

# **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

## **Comprendre et chiffrer la « *green value* »**

**Aurélien CHAZEL**

**Master GESIIC**

*Septembre 2009*

Directeur du Mémoire : Martin HOESLI



# REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement les personnes suivantes, classées par ordre alphabétique :

- ◆ Monsieur Pierre GIUDICELLI, professeur émérite de l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, co-fondateur du master GESIC, pour ses conseils pertinents
  
- ◆ Monsieur Martin HOESLI, professeur de gestion financière de l'immobilier dans le master GESIC, pour avoir accepté d'être le directeur de ce mémoire et m'avoir conseillé dans ma définition de sujet
  
- ◆ Monsieur Arnaud RAYE, « asset manager », pour m'avoir permis de réaliser l'étude de cas en cherchant un bâtiment adapté
  
- ◆ Mademoiselle Audrey SCOFFONI, pour sa relecture attentive et ses conseils avisés



# NOTICE ANALYTIQUE

<b>AUTEUR</b>	CHAZEL	Aurélien	
<b>TITRE</b>	<b>Comprendre et chiffrer la « green value »</b>		
<b>DIRECTEUR DE MEMOIRE</b>	HOESLI Martin		
<b>COLLATION</b>	Nombre de pages du rapport : 96	Nombre d'annexes 8	Nombre de réf. biblio. 59
<b>MOTS CLES</b>	« green value », méthode hédoniste, analyse systémique, capitalisation, actualisation des cash-flows futurs, analyse multicritère		
<b>TERMES GEOGRAPHIQUES</b>	France, Paris		
<b>RESUME</b>	<p>Plusieurs études hédonistes récentes ont confirmé qu'un immeuble tertiaire américain certifié, <i>ceteris paribus</i>, possède une valeur vénale plus élevée qu'un immeuble non certifié: ce phénomène a été appelé « green value ». Les études déjà parues ne permettent ni de cerner le sens précis du terme « green value », ni de comprendre comment se forme ce phénomène. Pourtant, cette notion n'est pas seulement la résultante d'une amélioration de la valeur vénale d'un immeuble et de nombreux paramètres semblent entrer en jeu : l'image de marque, la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, la productivité des employés,...</p> <p>Dans cette étude, une réflexion globale sur la notion de « green value », tentant de cerner son mécanisme de formation et s'essayant à une définition, a été proposée. C'est l'objet de la première partie du rapport : <b>comprendre la « green value »</b>. L'univers de l'immobilier d'entreprise étant un univers complexe avec de multiples acteurs et enjeux associés à la thématique de la « green value », les outils de la systémique ont été utilisés afin de mener cette réflexion. La principale conclusion de cette analyse est que la « green value » correspond certes à un gain de performance financière sur l'actif immobilier mais est avant toute chose synonyme de diminution du risque d'obsolescence.</p> <p>Dans la deuxième partie de l'étude, intitulée <b>chiffrer la « green value »</b>, des pistes concrètes de prise en compte de la « green value » ont été proposées. Pour cela, un immeuble tertiaire a été étudié. Après l'établissement de trois scénarios de réhabilitations énergétiques, plus ou moins ambitieux, les économies d'énergie et les primes de risque associées ont été chiffrées. Les valeurs finales diffèrent peu suivant la méthode utilisée : capitalisation ou actualisation des cash-flows futurs. Les « green values » s'échelonnent de 6 à 15% pour les valeurs vénales et de 2 à 5 % pour les valeurs locatives. Plus que les résultats en eux-mêmes, l'analyse des incertitudes sur les paramètres d'entrée du modèle est importante. Elle révèle que, avec un intervalle de confiance de 95%, les valeurs vénales varient de ± 5 millions d'euros. Dans ce cadre, les résultats trouvés sur la « green value » restent d'une importance relative. Ces remarques soulignent toute l'importance de la bonne observation du marché de l'immobilier afin de limiter les incertitudes des paramètres d'entrée des modèles.</p> <p>Enfin, une analyse multicritère a été réalisée à l'aide d'ELECTRE II. Celle-ci a permis de classer les différents scénarios par rapport à des critères préalablement définis. Ce type d'analyse devrait considérablement se développer dans les prochaines années. En effet, face au développement de l'immobilier « durable », la rentabilité d'un projet ne sera plus le critère de décision principal.</p>		



# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>COMPRENDRE LA « GREEN VALUE »</b>	<b>3</b>
1. L'émergence de la « green value »	3
2. Approche systémique de la « green value »	15
<b>CHIFFRER LA « GREEN VALUE »</b>	<b>37</b>
1. Diagnostic technique	37
2. Evaluation immobilière avec prise en compte de la « green value »	46
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'AMELIORATION</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>71</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>75</b>

# LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: analyse du système étudié .....	18
Figure 2: légende de la figure 1 .....	19
Figure 3: matrice d'analyse structurelle .....	24
Figure 4: plan influence dépendance.....	25
Figure 5:matrice directe, stratégie "core" (les autres matrices sont présentées en annexe A)...	26
Figure 6: plan influence dépendance des relations directes pour les trois stratégies .....	27
Figure 7: évolution de la position des variables suivant la stratégie adoptée par le propriétaire.	28
Figure 8: plan influence dépendance des relations directes pour la stratégie "opportunistic" .....	30
Figure 9: interprétation de la signification des variables dans le cas des relations directes, stratégie "opportunistic" .....	31
Figure 10: plan influence dépendance pour les relations indirectes et la stratégie "opportunistic" .....	32
Figure 11: interprétation de la position des variables pour les relations indirectes, stratégie "opportunistic" .....	33
Figure 13: vue de l'enveloppe du bâtiment en façade sud-est .....	37
Figure 14: état des surfaces d'un étage courant .....	38
Figure 15: consommations globales du bâtiment de référence et du bâtiment étudié .....	39
Figure 16: répartition des consommations par poste .....	39
Figure 17: consommations par poste et dépenses associées .....	41
Figure 18: programme de travaux du scénario 1.....	42
Figure 19: programme de travaux du scénario 2.....	44
Figure 20: programme de travaux du scénario 3.....	45
Figure 21: références locatives dans le secteur des bureaux dans la ville concernée.....	48
Figure 22: répercussion des économies sur la valeur locative (cas avec trois locataires).....	49
Figure 23: répercussion des économies sur la valeur locative (cas avec 1 locataire) .....	49
Figure 24: estimation de la part des économies de charges dans la "green value" .....	50
Figure 27: estimation de la "green value" pour les valeurs locatives (cas avec trois locataires).	51
Figure 28: estimation de la "green value" pour les valeurs locatives (cas avec 1 locataire) .....	51
Figure 29: évaluation du risque d'obsolescence.....	53
Figure 30: évaluation du risque macroéconomique.....	53
Figure 31: évaluation du risque environnemental.....	53
Figure 32: évaluation du risque de construction .....	53
Figure 33: évaluation du risque de liquidité .....	54
Figure 34: évaluation du risque de gestion (cas avec trois locataires).....	54
Figure 35: évaluation du risque de gestion (cas avec un locataire).....	54
Figure 36: évaluation du risque financier.....	54
Figure 37: évaluation du risque législatif .....	54
Figure 38: calcul des taux de capitalisation (cas avec trois locataires).....	55
Figure 39: estimation de la "green value" (cas avec trois locataires) .....	55
Figure 40: estimation de la "green value" vénale (cas avec un locataire) .....	55
Figure 41: évaluation des incertitudes sur les valeurs vénales (cas avec trois locataires) .....	56
Figure 42: évaluation des incertitudes sur les valeurs vénales (cas avec un locataire) .....	57



Figure 43: intervalle de confiance à 95,4% sur les valeurs vénales hors droits (€) (cas avec trois locataires) .....	57
Figure 44: intervalle de confiance à 95,4 % sur les valeurs vénales hors droits (€) (cas avec un locataire).....	57
Figure 45: calcul du taux de vacance en cas de départ.....	59
Figure 46: évaluation par la méthode des cash-flows - scénario 3 (cas avec 3 locataires).....	60
Figure 47: estimation de la "green value" (cas avec trois locataires).....	61
Figure 48: estimation de la "green value" (cas avec un locataire) .....	61
Figure 49: choix des critères pour l'analyse multicritère.....	62
Figure 50: matrice des évaluations .....	62
Figure 51: matrice de concordance globale .....	63
Figure 52: matrice de discordance .....	63
Figure 53: seuils de discordance.....	63
Figure 54: test de non circuit .....	64
Figure 55: test de concordance faible .....	64
Figure 56: test de concordance fort.....	64
Figure 57: test de non discordance .....	64
Figure 66: matrice des relations directes, stratégie "value-added" .....	77
Figure 67: matrice des relations directes, stratégie "opportunistic".....	77
Figure 68: plan de masse d'un étage courant du bâtiment étudié (MANEXI I, 2009) .....	78
Figure 69: besoins en rafraîchissement et en chauffage (MANEXI II, 2009).....	79
Figure 70: calcul des économies d'énergie liées aux panneaux photovoltaïques (calcul réalisé sur <a href="http://www.tecsol.fr">www.tecsol.fr</a> ) .....	80
Figure 71: calcul des déperditions actuelles du bâtiment.....	81
Figure 72: calcul des déperditions du bâtiment après isolation par l'extérieur des murs des façades non vitrées .....	83
Figure 73: calcul des déperditions du bâtiment après remplacement des doubles vitrages.....	84
Figure 74: calcul des déperditions après isolation du plancher bas.....	85
Figure 75: principe du mur trombe .....	86



# INTRODUCTION

La commission mondiale sur le développement et l'environnement donne dans le rapport Brundtland en 1987 la définition suivante du développement durable: « *un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ». L'émergence de la problématique du réchauffement climatique de la planète pose la question du bâtiment dit « durable ». En effet, selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), les émissions de GES<sup>1</sup>, chiffrées à 8,6 milliards de tonnes en 2004 pourraient doubler d'ici 2030 (UNEP<sup>2</sup>, 2008). Pour exemple, d'après la Commission de Coopération Environnementale, le bâtiment serait actuellement responsable de plus d'un tiers des émissions de gaz à effet de serre du continent nord-américain (CCE<sup>3</sup>, 2008). Les consommations d'énergie du secteur du bâtiment sont aussi inquiétantes puisqu'elles représentent entre 30 et 50% des consommations énergétiques mondiales (UNEP, 2008).

Le secteur est d'autant plus ciblé par des objectifs d'amélioration que des technologies sont d'ores et déjà disponibles et permettraient de limiter considérablement l'impact des bâtiments sur le réchauffement climatique. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre pourrait être contenue à 11,4 milliards de tonnes en 2030 selon un rapport de l'IPCC<sup>4</sup>. De tous les secteurs étudiés (transport, agriculture, industrie, déchets,...), le bâtiment semble posséder le plus grand potentiel d'économies d'énergie. La réduction potentielle des consommations énergétiques serait comprise entre 30 et 50 % (UNEP, 2008).

Les enjeux au niveau national sont considérables : réduction de la facture et de la dépendance énergétique, rénovation du parc de bâtiments, développement du secteur du bâtiment, amélioration de l'image du pays à l'international... Ainsi, les Etats ont commencé à mettre en place des politiques ambitieuses de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des consommations d'énergie en matière de bâtiment. Par exemple, la France a rendu obligatoire l'établissement d'un diagnostic de performance énergétique lors de la vente ou de la construction de tout bâtiment clos et couvert, quel que soit son usage. Le Grenelle Environnement a aussi été l'occasion d'établir un plan d'actions en faveur de l'écologie dans le bâtiment.

L'introduction de ces problématiques a induit de nombreux changements dans le secteur du bâtiment. Les investisseurs se posent ainsi de multiples questions. Dans quelle mesure l'immobilier « durable » peut-il être rentable ? Comment prendre en compte les critères de durabilité dans l'évaluation immobilière ? Quelques études hédonistes [(KOK, 2009), (MILLER, 2008), (FUERST, 2008)] ont déjà tenté de répondre à ces questions. Elles ont toutes confirmé qu'un immeuble tertiaire américain certifié, *ceteris paribus*, possède une valeur vénale plus élevée qu'un immeuble non certifié: ce phénomène a été appelé « *green value* ». A première vue, on peut s'essayer à la définition suivante : *valorisation supplémentaire apportée par le biais d'un actif grâce à la simple relation qui le lie à des facteurs de développement durable*. Mais les

---

<sup>1</sup> **GES** : Gaz à effet de serre. Composants gazeux qui contribuent par leurs propriétés physiques à l'effet de serre, processus naturel de réchauffement de la planète.

<sup>2</sup> **UNEP** : United Nations Environment Programme. Ce programme joue, au sein des Nations Unies un rôle de catalyseur, défenseur, instructeur et facilitateur oeuvrant à promouvoir le développement durable de l'environnement à travers le monde.

<sup>3</sup> **CCE** : Commission de Coopération Intergouvernementale. Organisation internationale créée en 1994 par le Canada, le Mexique et les Etats-Unis dans le cadre de l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement.

<sup>4</sup> **IPCC** : Intergovernmental Panel of Climate Change. Organisme fondé à l'initiative de l'United Nations Environment Programme (UNEP) et de la World Meteorological Organization (WMO) afin de développer les recherches scientifiques sur le changement du climat et ses conséquences socio-économiques.

études déjà parues ne permettent ni de cerner le sens précis du terme « *green value* » ni de comprendre comment se forme ce phénomène. Cette notion n'est pas seulement la résultante d'une amélioration de la valeur vénale d'un immeuble et de nombreux autres paramètres semblent entrer en jeu : l'image de marque, la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, la productivité des employés,...

La première ambition de cette étude est de proposer une réflexion globale sur la notion de « *green value* », en tentant de cerner son mécanisme de formation et en s'essayant à une définition approfondie. C'est l'objet du premier paragraphe du rapport : **comprendre la « *green value* »**. Après avoir présenté la méthodologie et les résultats des différentes études menées sur la « *green value* », les interrogations et les attentes des différents acteurs de l'immobilier d'entreprise autour du sujet ont été étudiées. La notion de « *green value* » est ensuite approfondie grâce à une analyse systémique. Cette partie a pour but de développer, à terme, une vision commune de ce que peut être la « *green value* ».

La deuxième ambition de ce rapport est de proposer aux experts, évaluateurs de biens immobiliers, et aux investisseurs, des pistes concrètes de prise en compte de la « *green value* ». C'est l'objet du second paragraphe du rapport : **chiffrer la « *green value* »**. Pour cela, un bâtiment tertiaire privé a été étudié. Couplé à un diagnostic technique, visant l'amélioration de la performance énergétique de l'immeuble, une évaluation immobilière s'interrogeant plus particulièrement sur la question de la « *green value* » a été menée.

# COMPRENDRE LA « GREEN VALUE »

Dans cette partie, nous proposons une réflexion globale sur la « *green value* », l'objectif final étant de comprendre son mécanisme de formation et son essence. Les premières études faisant état de la « *green value* » sont d'abord présentées, ainsi que les interrogations des différents acteurs de l'immobilier d'entreprise. Une analyse, se servant des outils de la systémique, est ensuite proposée.

## 1. L'EMERGENCE DE LA « GREEN VALUE »

### 1.1 La recherche en marche sur le sujet de la « green value »

Plusieurs études ont déjà confirmé un lien quantitatif entre développement durable et valeur vénale ou locative à la hausse. Ces études ont été menées aux Etats-Unis sur des immeubles tertiaires. Ce sont toutes des études statistiques basées sur la méthode hédoniste. Le paragraphe suivant permet de comprendre tout d'abord le principe de la méthode hédoniste et ensuite les différences entre ces études très ressemblantes.

#### 1.1.1 Principe de la méthode hédoniste

La méthode hédoniste peut servir pour l'estimation de nombreux biens : automobiles, ordinateurs, œuvres d'art, vins millésimés,... Cette méthode est également utilisée pour estimer la valeur de biens immobiliers. Elle est basée sur le principe que l'offre et la demande de biens hétérogènes comprennent une offre et une demande pour chaque attribut de ces biens. L'offre et la demande de biens immobiliers sur le marché sont observables tandis que l'offre et la demande de chaque caractéristique ne l'est pas. On parle d'offre et de demande implicites.

L'acquéreur d'un bien immobilier achète les différentes composantes de ce bien et le prix de l'immeuble est donné par la somme du prix des composantes. Les prix implicites se mesurent par l'utilisation de modèles de régression multiple : il convient, pour un échantillon de biens vendus sur le marché au cours d'une période donnée, de recueillir l'information concernant le prix de la transaction ainsi que les valeurs des caractéristiques considérées dans le modèle de régression. On utilise alors un modèle du type :

$$\frac{P}{m^2} = \alpha + \beta_1 C_1 + \beta_2 C_2 + \dots + \beta_m C_m + \varepsilon$$

$\alpha$  = ordonnée à l'origine

$\beta_i$  = prix d'une unité de la caractéristique  $i$

$C_i$  = caractéristique  $i$

$\varepsilon$  = terme résiduel (terme d'erreur)

Deux types de caractéristiques doivent être distinguées : celles pour lesquelles une mesure existe (surface, distance au centre ville,...) et celles pour lesquelles aucune mesure n'existe (qualité du paysage environnant, qualité de la vue,...). L'achat se base aussi sur la perception des consommateurs. La dimension psychologique prend alors toute son importance. La prise en compte de la « *green value* » entre dans cette problématique puisqu'il peut exister plusieurs moyens de la caractériser. Ainsi un bien peut être valorisé par des éléments mesurables et objectifs : la consommation d'énergie d'un appartement, ses émissions de gaz à effet de serre, la présence ou l'absence de double vitrage, l'exposition au sud ou au nord,... Il peut aussi être valorisé par des éléments difficilement mesurables et subjectifs : la perception de la pollution des terrains avoisinants, la beauté des paysages alentours, l'impression de se sentir proche des

espaces verts,... Tous ces facteurs vont influencer sur le jugement des individus et vont plus ou moins valoriser le bien immobilier.

Un problème se pose alors pour le deuxième type de caractéristiques : quelle méthodologie employer pour prendre en compte la subjectivité ?

Plutôt que d'essayer de quantifier l'influence de chaque facteur (consommations, image de marque, productivité,...) sur le prix total, la piste largement explorée ces dernières années par les chercheurs pour caractériser la « *green value* » a été d'observer par régressions multiples l'impact de la certification des bâtiments. Par la suite, nous analysons ces différentes études.

## 1.1.2 (MILLER and al., 2008) : une première étude remise en cause

### 1.1.2.1 Le principe de l'étude

L'étude (MILLER and al; 2008) se présente comme l'une des premières études s'interrogeant de manière globale sur la « *green value* ». En effet, à l'époque, la plupart des études réalisées sur le sujet étaient des études de cas comme par exemple celle de la RICS Canada (RICS Canada, 2005). Le principe de l'étude est de comparer des données immobilières provenant des Etats-Unis. La base de données appartenant à CoStar<sup>5</sup> peut être considérée comme la base de données la plus importante en matière d'immobilier d'entreprise aux Etats-Unis (332 000 bâtiments). Parmi ces données figurent des immeubles de bureaux certifiés ENERGY STAR<sup>6</sup>, des immeubles de bureaux certifiés LEED<sup>7</sup> sans distinction entre les différents niveaux de label et des immeubles non certifiés.

### 1.1.2.2 Une première approche

En première approche, l'étude montre, en analysant les valeurs de ventes de biens certifiés et de biens non certifiés comparables, qu'un bien certifié LEED est vendu 64% plus cher et loué 36% plus cher qu'un bien non certifié. Pour un bien certifié ENERGY STAR, les chiffres sont respectivement de 27% et 9%. Ces résultats ont été obtenus en appliquant un filtre à la base de données. Ce modèle est appelé « *peer selection model* ». Seuls les bâtiments présentant les caractéristiques suivantes ont été étudiés :

- immeubles de classe A<sup>8</sup> seulement, de plus de 200,000 sq. ft., soit plus de 18 580 m<sup>2</sup>
- immeubles d'au moins 5 étages
- immeubles construits après 1970
- immeubles avec plusieurs locataires

<sup>5</sup> **Costar** : Commercial Real Estate Information Company. Fondé en 1987, Costar fournit des informations sur l'immobilier d'entreprise aux Etats-Unis et au Royaume Uni.

<sup>6</sup> **ENERGY STAR** : ENERGY STAR était à la base un programme gouvernemental américain chargé de promouvoir les économies d'énergie aux Etats-Unis. Soutenu financièrement par l'U.S. Environmental Protection Agency et l'U.S. Department of Energy, il a pris la forme d'un label pouvant être décerné à différents produits tels que les ordinateurs, les éclairages, les immeubles de bureaux, les maisons,... Le label a ensuite été étendu aux constructions neuves en 1993.

La méthode de certification est fondée sur une étude de benchmarking. En effet, les bâtiments susceptibles d'obtenir le label ENERGY STAR aux Etats-Unis sont les bâtiments, dont la performance énergétique se situe dans le premier quart des performances nationales. En Octobre 2008, 5 709 bâtiments avaient été certifiés aux Etats-Unis, dont 2 230 immeubles de bureaux.

<sup>7</sup> **LEED (LEED, 2004)** : Leadership in Energy and Environmental Design. Le LEED est un système nord-américain de standardisation de bâtiments à haute qualité environnementale créé en 1998 par le US Green Building Council, United States Green Building Council, une association fondée en 1993 réalisant la promotion des bâtiments « durables ».

Selon le système LEED, un bâtiment peut atteindre quatre niveaux : certifié, argent, or ou platine. Le système LEED peut être appliqué aussi bien aux bâtiments neufs qu'aux bâtiments rénovés. Son système d'évaluation est basé sur une notation selon six grandes catégories : innovations, qualité de l'environnement intérieur, aménagement écologique des sites, gestion efficace de l'eau, énergie et atmosphère, matériaux et ressources. En Octobre 2008, 1 703 bâtiments avaient été certifiés LEED aux Etats-Unis.

<sup>8</sup> **Classe A** : Les immeubles de classe A bénéficient d'une excellente situation et accessibilité, de locataires de qualités. Les matériaux de l'immeuble sont concurrentiels avec ceux d'immeubles neufs.

### 1.1.2.3 Analyse des types de locataires

Parallèlement, les types de locataires ont aussi été analysés afin de pouvoir appliquer le filtre. Ainsi, on se rend compte que les cabinets d'avocats constituent la majeure partie des locataires de bâtiments certifiés tandis que la proportion d'entreprises de transport signant ce type de baux est inférieure à la moyenne nationale.

### 1.1.2.4 Une seconde approche : la méthode hédoniste

Une approche alternative, plus approfondie, a été employée et un modèle hédoniste a été élaboré par régressions multiples.

$$\frac{\text{Prix}}{\text{Surface}(sqft)} = \alpha + \beta_1 \text{Age} + \beta_2 \text{ES} + \beta_3 \text{LEED} + \beta_4 \text{Hauteur} + \beta_5 \text{CBD} + \beta_6 \text{Année} + \beta_7 \text{Ville} + \varepsilon$$

ES et LEED sont des variables valant 1 ou 0, représentant l'appartenance ou non du bâtiment évalué à l'un ou l'autre des labels. Les coefficients  $\beta_i$  ont été fixés par régression multiple.

Ainsi on peut comparer deux bâtiments ayant des caractéristiques totalement équivalentes mis à part la certification. Les résultats de cette étude hédoniste montrent qu'un bien certifié LEED est vendu 9,9 % plus cher qu'un bien non certifié. Pour un bien certifié ENERGY STAR, ce chiffre passe à 5,3%. Les résultats sont donc très différents de la première méthode employée.

### 1.1.2.5 Des critiques

Scott Muldavin, directeur du « *Green Building Finance Consortium*<sup>9</sup> », a donné son analyse de la première version de cette étude (MULDAVIN, 2008). Plus que n'importe quelle étude quantitative (méthode hédoniste ou méthode par comparaison), il apparaît intéressant pour ce type d'acteur, qui aide les investisseurs à analyser l'intérêt d'un placement dans un bien « durable », de comprendre les comportements des locataires. Pour lui, l'étude aurait dû prendre en compte dans les deux modèles les différents niveaux de certification afin de mieux cerner l'impact du développement durable sur la valeur. De plus amples discussions concernant les limites de l'analyse statistique auraient aussi dû être menées. Les difficultés à sélectionner des biens comparables et la faible taille de l'échantillon auraient ainsi dû être soulignées. Il est aussi dommage que le modèle hédoniste n'ait pas été développé pour les loyers.

## 1.1.3 (KOK and al., 2009) : un point de départ pour chiffrer l'apport de l'image de marque

### 1.1.3.1 Principe de l'étude

Kok, Eichholtz et Quigley ont utilisé la même base de données initiale pour mener une étude hédoniste (KOK and al., 2009). 893 groupes de bâtiments ayant des localisations similaires (moins de 0,2 sq. miles) ont été créés. Dans chaque groupe, figure au moins un bâtiment certifié ENERGY STAR ou LEED et au moins un bâtiment non certifié. En moyenne, chaque groupe contient 12 bâtiments.

Deux équations, différentes du modèle précédent, ont servi de base à l'étude :

$$(2a) \quad \log R_{in} = \alpha + \beta_i X_i + \sum_{n=1}^N \gamma_n c_n + \delta g_i + \varepsilon$$

<sup>9</sup> « *Green Building Finance Consortium* » : groupement américain d'associations et d'entreprises liées à l'immobilier dont le but affiché est de permettre au monde de l'immobilier d'appréhender le risque et la performance financière des « *green buildings* ».

$$(2b) \quad \log R_{in} = \alpha + \beta_i X_i + \sum_{n=1}^N \gamma_n c_n + \sum_{n=1}^N \delta_n [c_n g_i] + \varepsilon$$

$R_{in}$  représente le loyer par m<sup>2</sup> (1a) ou le prix de vente par m<sup>2</sup> (1b) de l'immeuble  $i$  dans le groupe  $n$ .

$X_i$  est le vecteur des caractéristiques de l'immeuble  $i$ .

$c_n$  vaut 1 si l'immeuble  $i$  est situé dans le groupe  $n$  et vaut 0 sinon.

$g_i$  vaut 1 si l'immeuble  $i$  a été certifié

Les autres coefficients ont été déterminés par régression linéaire multiple.

Différentes caractéristiques ont été choisies : bâtiment certifié, LEED, Energy Star, taille de l'immeuble, classe de l'immeuble, taux de chômage, âge du bâtiment, bâtiment rénové, nombre d'étages, équipements, année de vente.

Plusieurs régressions ont été effectuées, dont notamment une à partir des loyers observés et une à partir des prix des immeubles vendus entre 2004 et 2007, soit 1 617 bâtiments non certifiés et 199 certifiés. Les modèles basés sur les loyers des immeubles se fondent sur une base de données de 8 182 immeubles dont 694 certifiés.

### 1.1.3.2 Résultats

Les résultats varient suivant le modèle mais permettent de conclure que la certification d'un bâtiment a un impact positif sur la valeur locative ou vénale. Les sur valeurs dues à la certification sont de l'ordre de 6% pour les valeurs locatives et de 16 % pour les valeurs vénales. Un effet significatif de la certification ENERGY STAR est trouvé tandis que la certification LEED ne semble pas apporter de valeur supplémentaire, ce qui est un résultat contraire à l'étude précédente.

L'étude montre également que l'impact de la « *green value* » est plus important, que ce soit en valeur locative ou en valeur vénale, dans les marchés, dans lesquels les loyers sont moins élevés.

### 1.1.3.3 Vers un chiffrage de l'apport de l'image de marque

Par ailleurs, la « *green value* » varie considérablement suivant le bâtiment. La sur valeur d'une certification est plus importante lorsque les coûts de chauffage et de climatisation sont plus élevés. Cette étude a donc tenté de différencier l'effet sur les valeurs vénales de la performance énergétique et du label en lui-même. Ceci a été réalisé en incluant dans les modèles hédonistes un vecteur prenant en compte les caractéristiques climatiques des zones dans lesquelles se situent les immeubles. Ainsi il a été montré qu'une diminution des consommations énergétiques de 10% permettrait une augmentation de 2% de la valeur vénale. Ce type d'approche pourrait servir de point de départ pour une étude cherchant à déterminer les gains liés à l'image de marque associée au bâtiment.

### 1.1.4 (FUERST, McALLISTER, 2008) : une étude moins significative

Enfin, une dernière étude de ce type est parue (FUERST, McALLISTER, 2008). Elle compare aussi les transactions réalisées sur des bâtiments certifiés ENERGY STAR et LEED. Là encore, il a été démontré que les bâtiments certifiés bénéficient d'une survalorisation. Mais les résultats sont encore différents des deux premières études. Basée sur un échantillon de 292 transactions sur immeubles certifiés ENERGY STAR et 30 sur des immeubles certifiés LEED, l'étude montre des survalorisations respectives de 10 % et 31 %.

Ces résultats, très optimistes par rapport aux deux autres études, sont tout de même sujets à caution puisque l'analyse statistique a été réalisée sur une base de données moins importante.



### 1.1.5 Analyse de l'intérêt des études

Les études hédonistes, explicitées précédemment, confirment toutes la présence de la « *green value* ». Cependant, les résultats de ces études sont très différents même si les bases de données initiales étaient similaires. Tout dépend donc de l'utilisation qui est faite de la base de données et du choix du modèle de régression.

Ces résultats semblent donc encore loin d'être probants. Ils peuvent toutefois être considérés comme un bon point de départ pour la détermination de la « *green value* ». De nombreuses autres études semblables devraient suivre et des améliorations significatives dans ce secteur devraient se faire sentir. L'impact de la certification ne devrait plus être la seule influence mesurée : la détermination de l'impact de l'image de marque, de la performance énergétique du bâti ou du confort procuré aux utilisateurs, par exemple, sont des pistes d'amélioration. Afin de pouvoir utiliser la méthode hédoniste, la prise en compte de ces effets doit avant tout passer par un système normalisé de « *benchmarking* », qui permettrait de classer les bâtiments entre eux vis-à-vis de chaque variable.

Il serait profitable que des études de ce type sur des immeubles européens voient le jour. Le problème majeur de la méthode hédoniste est la difficulté de disposer de bases de données importantes. Les acteurs européens de l'immobilier d'entreprise doivent donc s'attacher à rassembler ces bases de données. Un autre inconvénient important est que la valorisation déterminée par cette méthode est valable pour des bâtiments standards. On voit donc, dans ce contexte, l'intérêt d'avoir recours à d'autres méthodes pour estimer la « *green value* ». Cependant, les résultats de ces études peuvent être d'excellents indicateurs pour les experts immobiliers et leur servir d'ordre de grandeur.

L'objectif de la partie suivante est de comprendre les interrogations des différents acteurs (experts, utilisateurs, investisseurs,...) de l'immobilier d'entreprise vis-à-vis de l'immobilier « durable » et plus particulièrement la « *green value* ».

## 1.2 Des questions sur l'immobilier « durable » et sur la « *green value* »

### 1.2.1 Un manque de données pour les investisseurs

#### 1.2.1.1 Un manque d'informations sur la rentabilité des énergies renouvelables

Une étude comportementale suisse (OSCHLIES, 2007) a mis en évidence les critères de choix des investisseurs lorsqu'ils décident d'effectuer des placements dans le secteur des énergies renouvelables. Les critères clés avancés par les investisseurs sont en premier lieu la rentabilité attendue, mais aussi le type d'énergie (solaire puis éolien) et surtout l'existence d'une prescription extérieure, par exemple celle d'autres analystes financiers. En revanche, le degré de maturité de la technologie est un critère de moindre importance. Pour ces acteurs, les réglementations favorables aux énergies renouvelables et l'existence de fortes subventions ne semblent pas être des critères déterminants.

Il est important de retenir de cette étude que les investisseurs ne sont pas assez confiants en eux-mêmes pour baser leurs décisions d'investissement dans le secteur des énergies renouvelables sur leur propre jugement. Ainsi, la nouveauté et la complexité du secteur exigent que des recherches approfondies en finance soient menées afin d'offrir une base de décisions aux investisseurs. Il est donc essentiel de fournir aux investisseurs des informations sur la rentabilité d'immeubles « durables ».

### 1.2.1.2 L'immobilier « durable » : une préoccupation croissante pour les investisseurs

Une étude américaine (GVA Grimley<sup>10</sup>, Autumn 2008) a montré que 18% des investisseurs considèrent que, pour un choix d'investissement immobilier, des facteurs de développement durable n'ont aucune importance, 58% pensent qu'ils en ont tandis que 24% attachent autant d'importance à ces facteurs qu'à d'autres. Ils sont donc une grande majorité à tenir compte du développement durable dans leurs transactions. Pourtant, seulement 25% des investisseurs déclarent tenir compte de tels critères dans leurs calculs d'évaluations immobilières. Ce constat montre que la recherche en matière de « *green value* » n'en est qu'à ses débuts.

Par ailleurs, ils ne sont que 21% à établir des critères de développement durable lorsqu'ils gèrent un portefeuille immobilier.

Enfin, pour les investisseurs interrogés, les trois facteurs les plus importants pour un bâtiment durable sont la consommation énergétique, l'accès aux transports en commun et les émissions en gaz à effet de serre.

Cette étude montre clairement, en la comparant à celle de l'année 2007, que l'immobilier « durable » devient une préoccupation importante pour les investisseurs. Il apparaît aussi évident qu'ils se posent des questions quant à la « *green value* ». Dans quelle mesure l'immobilier durable peut-il être rentable ? Comment prendre en compte les critères de durabilité dans l'évaluation immobilière ?

### 1.2.1.3 Des initiatives tout de même en matière d'investissement socialement responsable (ISR<sup>11</sup>)

Face à ces questionnements et cet attentisme de la majorité des investisseurs, on voit aussi quelques sociétés de gestion se lancer, à l'image d'UFG, qui a créé le premier OPCI dédié à l'ISR (UFG, 2009).

Cette société de gestion justifie son choix par le besoin des investisseurs de bénéficier d'une poche ISR dans leur allocation d'actifs permettant ainsi de se prémunir contre un risque d'obsolescence<sup>12</sup> très présent surtout en temps de crise. Une matrice de décision et de notation ISR est appliquée à chaque actif sélectionné. Cette matrice est composée de trois dimensions : la dimension environnementale à 50%, la dimension sociale à 25% et la dimension sociétale à 25%.

Ce choix peut aussi s'expliquer par la tendance générale du marché français de l'ISR. Alors que 2008 a été marquée par la baisse des marchés et par des décollectes importantes, l'ISR a connu une croissance de 37% pour atteindre 30 milliards d'euros d'encours tous types de gestion et de classe d'actifs confondus (NOVETHIC, 2008). Même si ce chiffre est très faible par rapport aux sommes investies en gestion traditionnelle, il semble que l'ISR soit une valeur refuge. Pour l'année 2008, seul l'ISR des particuliers a diminué.

## 1.2.2 Des constructeurs pragmatiques...

Au début des préoccupations environnementales, l'approche des entreprises générales a été très pragmatique, considérant certes que le développement durable véhicule une image de marque positive de l'entreprise mais n'étant pas prêts à investir pour aller plus loin dans la démarche.

---

<sup>10</sup> **GVA Grimley** : Société internationale produisant des études à visées innovantes sur l'immobilier.

<sup>11</sup> **ISR** : Investissement socialement Responsable. Certains voient en l'ISR l'application financière du concept de développement durable. Adapté de l'anglo-saxon SRI, l'ISR est un investissement prenant en compte des critères extra-financiers (environnement, social, éthique de gouvernance d'entreprise,...) sans toutefois occulter la performance financière.

<sup>12</sup> **Obsolescence** : Ce terme désigne la capacité du bâtiment à répondre à la demande du marché. Le risque d'obsolescence est inévitable pour tous les bâtiments mais peut s'exprimer à travers différents degrés.

Par exemple, Eric Mazoyer, directeur général délégué de Bouygues Immobilier, a déclaré (BUSINESS IMMO, Juillet 2008): « *Quand nous avons commencé à nous intéresser à la « norme HQE<sup>13</sup> », nous avons pris nos dix dernières opérations et les avons passés au crible. On s'est aperçu que nos immeubles étaient labellisables. Dès lors, nous avons décidé d'aller plus loin.* ».

Aujourd'hui, pour soigner l'image de son entreprise, respecter la réglementation ne suffit plus. Les constructeurs doivent proposer des immeubles en avance sur la réglementation au moment de leur livraison alors que l'opération a débuté depuis longtemps. Il semble donc que des réglementations contraignantes aient pour effet d'accélérer considérablement les performances des bâtiments en matière de développement durable.

### 1.2.3 ...guidés par le contexte réglementaire ?

Ces dernières années, les textes réglementaires en matière de développement durable se sont multipliés.

Au niveau mondial, le protocole de Kyoto oblige la France, à l'horizon 2012, à stabiliser ses émissions de gaz à effet de serre au niveau de 1990 (UNEP, 2008). La part majoritaire des sources d'électricité « sans carbone » nous contraint à porter nos efforts de réduction sur le bâtiment, qui est responsable de 25% de nos émissions : c'est le « facteur 4 ».

Au niveau européen, de nombreuses directives ont vu le jour pour répondre à l'ambition, fixée par le plan d'action pour l'efficacité énergétique, de réduction des consommations d'énergie de 20% d'ici 2020 : directive sur les contrats de performance énergétique (CE, 2006), directive sur la performance énergétique des bâtiments (CE, 2002),...Un point impactant par exemple l'immobilier d'entreprise est que les travaux de rénovation importants exécutés dans les bâtiments existants dépassant une certaine taille doivent constituer une occasion de prendre des mesures rentables pour améliorer la performance énergétique. On parle de travaux de rénovation importants lorsque le coût total de la rénovation est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment, à l'exclusion de la valeur du terrain sur lequel le bâtiment est sis. La valeur du bâtiment était de 1 100 € HT/m<sup>2</sup> SHON<sup>14</sup> en 2008.

Comme pour ce principe applicable depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, ces directives se sont vues traduites sur le plan national mais l'engagement français leur est antérieur. Depuis 1974, les autorités nationales statuent sur les performances énergétiques attendues des bâtiments tertiaires, entre autres, au travers de RT<sup>15</sup>. Les constructions neuves ont ainsi aujourd'hui l'obligation de satisfaire les exigences de consommation d'énergie fixées par la RT 2005. La prochaine RT prévue est la RT 2010. Une RT pour les bâtiments anciens devrait aussi voir le jour. Par ailleurs, le DPE<sup>16</sup> (ADEME<sup>17</sup>, 2008) oblige chaque vendeur, et donc les investisseurs, à faire réaliser un rapport technique mentionnant entre autres les consommations d'énergie primaire du bâtiment et ses émissions de gaz à effet de serre. Le Grenelle Environnement a aussi défini des objectifs précis en matière de performance énergétique des bâtiments. Pour les bâtiments neufs tertiaires, l'objectif est une consommation d'énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>.an dès fin 2010. En 2020, l'ensemble des constructions neuves devra être à énergie

---

<sup>13</sup> **HQE**: Haute Qualité Environnementale. Développée par l'Association HQE, la Haute Qualité Environnementale était en fait à l'origine une démarche globale volontaire et non une norme, un label ou une certification. Suite au succès de la démarche, notamment auprès des collectivités territoriales, une certification a vu le jour : HQE® (Association HQE®, 2005). Trois certifications existent : « NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® » lancée début 2005, « NF Maison Individuelle – Démarche HQE® » depuis mai 2006, « NF Logement – Démarche HQE® » lancée en décembre 2007. Elles concernent des opérations neuves comme des opérations de réhabilitation ou de rénovation. En 2008, 59 certifications HQE Bâtiments tertiaires avaient été accordées en Ile de France. En 2009, près de 700 000 m<sup>2</sup> de bureaux HQE pourraient être réalisés, soit près de 44% des livraisons de l'année. 900 000 m<sup>2</sup> sont déjà programmés pour 2010 (DTZ, Mai 2009). La citation montre bien l'amalgame qui peut être réalisé entre norme, certification et label.

<sup>14</sup> **SHON**: Surface Hors Oeuvre Nette.

<sup>15</sup> **RT**: Réglementation thermique.

<sup>16</sup> **DPE** : Diagnostic de Performance Energétique

<sup>17</sup> **ADEME** : Agence De l'Environnement et de l'Energie. L'ADEME participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

positive. En ce qui concerne le parc existant, l'objectif général est tout aussi ambitieux avec une baisse de la consommation énergétique de 38% à l'horizon 2020, notamment grâce à des incitations financières. Grenelle 2 prévoit notamment le renforcement de la vérification de prise en compte de la RT.

La liste de ces textes, non exhaustive, montre en tout cas qu'un réel élan s'est créé autour du bâtiment « durable » et que l'action du propriétaire est de plus en plus contrainte. Par ailleurs, les incitations pour les « bons élèves » et les contraintes pour les « mauvais » sont croissantes. Ceci devrait avoir pour effet de créer d'importants écarts entre les bâtiments neufs ou réhabilités et les autres. Nous devrions donc assister à une augmentation du phénomène de « *green value* », d'autant plus importante que les possibilités de démontrer la qualité du bâtiment et de valoriser son image sont nombreuses : démarches (HQE, PASSIVHAUS), certificats (HQE®, BREEAM, ENERGY STAR, LEED,...), labels (HPE<sup>18</sup>, Effinergie, Minergie).

#### 1.2.4 Des utilisateurs convaincus, dans l'attente de l'engagement des propriétaires

Une étude (ARD/DTZ, 2009), réalisée entre décembre 2008 et janvier 2009 sur plus de 50 entreprises franciliennes comptant plus de 50 salariés, a aussi démontré le questionnement des utilisateurs sur la « *green value* ».

52% des entreprises interrogées pensent qu'un immeuble « durable » génère un surcoût de loyer de 5 à 10%. 50% pensent que les économies de charges possibles sont de l'ordre de 10 à 15%. Les résultats assez disparates montrent que les sondés manquent d'informations.

Les utilisateurs semblent donc être dans l'attente de rapports précis, chiffrant les gains possibles du développement durable. Ceux-ci sont déjà convaincus de notre responsabilité sociale à agir en faveur du développement durable mais ne veulent pas être les seuls à payer la facture. Les utilisateurs ont témoigné d'un désir de voir les propriétaires d'immeubles labellisés s'engager sur des coûts d'exploitation inhérents à l'immeuble. En effet, les calculs de consommation théoriques ne reflètent pas toujours bien la réalité car les consommations dépendent au final beaucoup du comportement des usagers. Le comportement humain représenterait un tiers des coûts d'exploitation (DTZ, Mai 2009). Devant le manque de recul sur les immeubles « durables », aucun acteur ne semble prêt à s'engager.

#### 1.2.5 Le rôle moteur des commercialisateurs

Les commercialisateurs (Jones Lang Lasalle, DTZ, CBRE,...) ont tout intérêt à encourager des démarches de développement durable. En effet, rémunérés à hauteur de 15% du loyer annuel lors d'une transaction locative, ils pourraient augmenter significativement leur chiffre d'affaires si la « *green value* » venait à se confirmer. Ils jouent donc leur rôle de conseil auprès des utilisateurs et des propriétaires. Ils tentent de recueillir l'opinion des utilisateurs (ARD/DTZ, 2009) et de réunir des groupes de travail afin d'être force de proposition (DTZ, Mai 2009). Ainsi, 20 propositions ont été faites, dans le livre blanc de l'immobilier durable, à l'attention des pouvoirs publics, de l'Etat et des collectivités territoriales.

On retiendra quelques-unes de ces propositions qui pourraient avoir un impact sur le phénomène de « *green value* » :

- Définir rapidement (avant 2011) un échéancier pour la réalisation des travaux de mise en conformité du parc existant, et préciser en fonction de leur nature qui du propriétaire ou du locataire en aura la charge financière.

Cette mesure pourrait permettre d'adapter le parc ancien aux nouvelles techniques de construction et donc de réduire l'écart entre les bâtiments neufs ou réhabilités et les autres bâtiments. Les bâtiments non concernés par les réhabilitations seront sûrement dévalorisés. Il y a une accentuation de la « *green value* ».

---

<sup>18</sup> HPE : Haute Performance Energétique. Label français dont le contenu et les conditions d'attribution ont été définis par arrêté.

- Adapter dès à présent une fiscalité incitative (les pénalités n'intervenant pas avant 2012) pour ceux qui rénovent un bâtiment et/ou pour ceux qui l'exploitent : exonération partielle des taxes bureaux, taxes foncières, etc...
- Inciter les collectivités locales à baisser le prix des charges foncières destinées à la promotion durable
- Instaurer une prime pour les utilisateurs et propriétaires les moins polluants
- Instaurer une prime sous forme d'aménagements fiscaux au profit des promoteurs et/ou propriétaires en fonction de la performance couple loyer-charges de leurs immeubles

D'un point de vue général, les incitations sous formes fiscales ou sous formes de primes pourraient avoir pour effet d'encourager certains acteurs réticents à se lancer et accroître le phénomène de « *green value* ». D'un point de vue particulier, toute forme d'incitation fiscale ne peut qu'améliorer la rentabilité, et donc la « *green value* ».

- Faire figurer de manière synthétique le prévisionnel des charges dans le bail et en garantir le montant, en contrepartie d'une « charte » comportementale d'exploitation
- Engager le promoteur et/ou le propriétaire à assurer les performances et le suivi d'exploitation du bâtiment pendant une période probante (deux ans ?)

Ces mesures auraient pour effet d'initier un cercle vertueux entre le propriétaire et le locataire, le bail étant basé sur des performances du bâtiment précises. Ceci pourrait avoir pour effet une répartition de la « *green value* ». Le locataire pourrait en effet négocier, lors d'une réhabilitation par exemple, que les économies sur les coûts d'exploitation soient réparties.

- Créer un « benchmark » des comportements et des habitudes (consommation d'énergie par secteur d'activité)

Ceci pourrait engendrer une meilleure connaissance de la part des experts de la qualité de l'immeuble évalué. La « *green value* » pourra donc mieux être prise en compte, soit par la méthode hédoniste, soit par une autre méthode.

## 1.2.6 La « *green value* »: une préoccupation croissante pour la RICS<sup>19</sup>

### 1.2.6.1 Une étude soulignant la difficulté à chiffrer la « *green value* »

Dès 2005, la RICS Canada publiait déjà une étude sur la « *green value* » et s'interrogeait sur son mécanisme de formation (RICS Canada, 2005). Plusieurs idées sont à retenir de cette étude menée au Canada.

Les coûts d'exploitation liés à la consommation d'énergie des immeubles représentent environ 30% des coûts d'exploitation totaux. En comparant les loyers nets moyens des immeubles canadiens, on s'aperçoit qu'ils représentent 61% des dépenses réalisées par les utilisateurs. Les coûts d'exploitation se chiffrent donc à hauteur de 39%, dont 30% correspondent aux consommations d'énergie. Si l'on ajoute à cela le fait que les coûts immobiliers dans une entreprise représentent entre 10 et 15% des dépenses totales, on se rend compte de l'importance relative des consommations d'énergies. Ainsi, une réduction de 20% des consommations d'énergie entraînerait une réduction comprise entre 0,2 et 0,6% des dépenses totales. Par ailleurs, si, par le jeu de l'indexation, le loyer augmente très fortement, par exemple de 10% comme entre le troisième trimestre 2007 et le troisième trimestre 2008 (DTZ, Mai 2009), les économies de charges deviennent un argument moins convaincant. Par contre,

<sup>19</sup> **RICS :** Royal Institution of Chartered Surveyors. La RICS est une organisation professionnelle internationale regroupant 89 000 membres et possédant 50 associations nationales. Les rôles principaux de la RICS sont de réglementer et promouvoir la profession, maintenir d'excellents niveaux de formation et de professionnalisme, protéger les clients et les consommateurs grâce à un code de déontologie strict, fournir des conseils, une analyse et une assistance impartiaux. Environ 400 bulletins de recherche sont publiés chaque année par cette association. Son avis est donc primordial pour les professionnels de l'immobilier.

en période de crise, ceci peut permettre aux utilisateurs de se protéger contre un éventuel renchérissement des coûts énergétiques.

Il est précisé dans ce document que la « *green value* » est la résultante de plusieurs bénéfiques : délais de commercialisation réduits, loyers et valeur de l'actif plus élevés, moins de rotation des locataires entraînant un taux de vacance réduit, donc des taux de capitalisation réduits aussi, des coûts de maintenance réduits, une meilleure productivité des employés, une meilleure fonctionnalité entraînant des coûts d'aménagements réduits. Notons que la productivité est un facteur plus déterminant qu'il n'y paraît. En effet, une étude (CATS, 2003) a chiffré les économies potentielles liées à l'augmentation de productivité, provenant d'une meilleure santé des employés. Celles-ci seraient comprises entre 43 et 235 milliards de dollars par an aux Etats-Unis. Une étude américaine (USGBC<sup>20</sup>, 2002) évalue l'amélioration de la productivité dans un immeuble « durable » entre 6 et 26%.

Les arguments utilisés par les personnes n'admettant pas l'existence de la « *green value* » ont aussi été identifiés : coût de l'investissement initial, manque de connaissance des propriétaires et manque de recul dans le domaine du développement durable, bénéfiques seulement pour l'utilisateur, réglementations pas assez contraignantes. L'étude, après avoir analysé plusieurs cas d'immeubles durables, se conclut en soulignant le fait que le bénéfice revenant à l'occupant est clairement identifié, celui revenant à l'investisseur est plus difficile à quantifier.

#### 1.2.6.2 Un groupe de réflexion travaillant en partie sur la « *green value* »

En France, la RICS a mis en place depuis peu un groupe de réflexion sur le développement durable (RICS France, 2009). Un des six thèmes abordé dans ce groupe est « Méthode d'évaluation, valorisation des immeubles performants ».

La question de la « *green value* » est donc fondamentale pour la RICS, qui a déjà engagé plusieurs études sur le sujet.

### 1.2.7 La « *green value* » : une évolution du rôle des évaluateurs ?

Une des études de la RICS (REED, 2008) s'interroge d'ailleurs sur le rôle des évaluateurs immobiliers dans la perception de la « *green value* ». Les experts immobiliers ont un rôle considérable à jouer dans ce domaine de part leur connaissance du marché. L'auteur s'est donc interrogé sur la manière de prendre en compte l'augmentation de valeur vénale lors de la revente et la diminution des coûts d'exploitation tout au long de la vie du bâtiment. A ces bénéfiques, il faut aussi ajouter la diminution du risque d'obsolescence.

Deux écoles s'affrontent sur ce sujet. Certains disent que le rôle des experts immobiliers est de reconnaître les caractéristiques de développement durable et de les incorporer en anticipant dans la valorisation. D'autres pensent que l'expert ne doit se référer qu'au marché et ne doit intégrer une sur valorisation qu'à condition qu'elle soit effectivement observée dans les différentes transactions du marché. C'est la différence entre le prix et la valeur, qui reste tout de même la notion prépondérante en matière d'expertise.

De toute façon, il apparaît clairement que cette tendance est déjà observée sur le marché. Mais la prise en compte de la « *green value* » se heurte à plusieurs obstacles. Le manque de connaissance de l'effet sur la valeur empêche tout d'abord les experts de différencier les notions de prix actuel et de valeur du bâtiment. Ceci s'illustre par le nombre d'articles relativement peu important sur le sujet. Un autre problème majeur est que les caractéristiques de marché varient énormément suivant la localisation. Ceci complique donc la tâche de l'expert. La prise en compte de facteurs comme l'amélioration de l'image de marque, la diminution de l'absentéisme, la diminution de la rotation des employés ou la capacité à attirer et retenir un locataire est problématique pour les experts, qui doivent, rappelons-le, arriver à des conclusions similaires.

---

<sup>20</sup> **USGBC** : United States Green Building Council. Association fondée en 1993 réalisant la promotion des bâtiments « durables ». Son nom est associé à la certification LEED évoquée plus haut.

Ceci s'explique par le fait que ces facteurs ne sont pas mesurables. Les experts doivent donc réfléchir à des moyens pour les intégrer tout de même dans l'évaluation. Ceci les forcera, à l'avenir, à décomposer et expliciter tous leurs raisonnements.

### 1.2.8 Conclusion

En conclusion, il est intéressant de retenir que toutes les études hédonistes ont la même conclusion : les bâtiments tertiaires certifiés aux Etats-Unis bénéficient d'une survalorisation. Celles-ci varient considérablement suivant la méthode employée, le type de certification, le bâtiment et la taille du marché. La survalorisation en valeur vénale varie de 5 à 30%, tandis que celle en valeur locative ne dépasse pas 6%, même si ce résultat est à nuancer. En effet, seule une étude (KOK and al., 2009) a réussi à démontrer un lien entre valeur locative et certification. Il reste, pour l'instant, difficile d'intégrer des paramètres plus précis comme l'image de marque, la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, la productivité des employés. Ceci passerait, pour les paramètres quantifiables, par la récolte de nombreuses données et par l'établissement d'un système de classification par rapport à ces variables.

Par ailleurs, l'analyse des interrogations liées à l'immobilier « durable » et à la « *green value* » nous montre qu'une dynamique est en train de se créer. Sous l'effet des réglementations notamment, les constructeurs, les utilisateurs, les commercialisateurs et les gestionnaires d'actifs semblent convaincus de l'utilité d'avoir recours au développement durable mais manquent de rapports chiffrés pour passer à l'action, surtout dans l'ancien où les réglementations sont moins contraignantes que dans le neuf. Ceci semble jouer un rôle déterminant dans la formation de la « *green value* ». Des différences majeures pourraient se créer entre les bâtiments, qui auront bénéficié de véritables réhabilitations énergétiques et ceux qui deviendront obsolètes.

Enfin, la profession d'expert immobilier est à un tournant. Il sera très important à l'avenir de distinguer les notions de prix et de valeur. Pour cela et pour mieux prendre en compte la « *green value* », les experts et les investisseurs ont besoin d'études leur permettant de mieux la comprendre. C'est l'objectif du prochain paragraphe qui propose une réflexion globale sur le mécanisme de formation de la « *green value* ».





## 2. APPROCHE SYSTEMIQUE DE LA « GREEN VALUE »

Dans cette partie, nous proposons une réflexion sur la notion de « *green value* ». Quelle est sa définition ? Quel est son mécanisme de formation ? Comme il l'a été vu au paragraphe précédent, l'univers de l'immobilier d'entreprise est un univers complexe avec de multiples acteurs et de multiples enjeux associés à la thématique de la « *green value* ». Nous pensons que ce terrain est propice à l'utilisation des outils de la systémique, dont nous détaillerons le principe plus loin.

### 2.1 Essai de définition de la « *green value* »

#### 2.1.1 Définition générale

La « *green value* » est un concept nouveau. Tenter de le définir n'est pas tâche aisée. A première vue, on peut s'essayer à la définition suivante : *valorisation supplémentaire apportée par le biais d'un actif grâce à la simple relation qui le lie à des facteurs de développement durable*. La notion de « *green value* » est extrêmement large et ne se limite pas à l'immobilier ou à la finance. Nous nous limiterons dans ce rapport à l'étude des actifs immobiliers.

#### 2.1.2 La notion de développement durable

Cette première définition de la « *green value* » fait référence au développement durable. Cette notion étant souvent galvaudée, il convient de comprendre ce qu'elle signifie.

La commission mondiale sur le développement et l'environnement donne dans le rapport Brundtland en 1987 la définition suivante du développement durable: « *un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* ». L'économie, le social et l'écologie sont les trois piliers du développement durable. Un projet ne sera en accord avec la notion de développement durable que s'il tente de mettre en avant les trois pôles sans privilégier l'un par rapport à l'autre.

Dans ce contexte, quid de la « *green value* » ? La « *green value* » et le développement durable sont-ils si étroitement liés ? Nous voyons trois différences essentielles qui distinguent les deux concepts :

- Le développement durable exige de ne privilégier aucun pôle par rapport à l'autre. Or, par essence, la « *green value* » met en avant le pôle économie. Ainsi, il est facile d'imaginer qu'un facteur comme la consommation d'énergie, appartenant aux deux pôles environnement et économie, tende à valoriser le prix d'un bien par le concept de « *green value* ». Par contre, il est moins aisé de penser qu'un facteur comme la mixité sociale, appartenant au pôle social, fasse partie du concept de « *green value* ». D'ailleurs, ce facteur aurait tendance, suivant les individus, à soit valoriser, soit dévaloriser le prix d'un bien. Il apparaît alors difficile de parler de « *green value* ». Les pôles sociaux et environnementaux ne sont donc abordés qu'à la condition de permettre le développement d'avantages économiques.
- La notion de développement durable semble plus figée que la notion de « *green value* ». Cette dernière est avant tout le résultat de la rencontre entre une offre et une demande. Les critères de sélection d'un bien, et en particulier la perception que peut avoir la société du « *green* », et les rentabilités du marché immobilier sont fluctuants et dépendent des périodes et des lieux. La *valorisation supplémentaire* est donc le résultat d'un processus dynamique et spécifique au secteur géographique d'appartenance du bien considéré.
- Le long terme est privilégié dans le développement durable. Les calculs de coût global d'un projet sont parfois réalisés, pour un bâtiment, sur des périodes d'environ 40 ans. Au contraire, dans la « *green value* », les propriétaires doivent être satisfaits. Or, chacun aura un comportement différent concernant les durées de détention du bien immobilier. Pour certains, l'objectif est d'acquérir un logement : l'horizon temps est ici à long terme. D'autres acquièrent des actifs immobiliers dans un objectif

d'investissement. La durée de détention du bien dépendra de la stratégie d'investissement. Ceci se traduit par exemple dans les types de durée de vie des titres non cotés : « core », « value-added », « opportunistic ». Celles-ci sont influencées entre autres par le niveau de risque acceptable et la rentabilité moyenne attendue par chaque investisseur. Par ailleurs, compte tenu de la difficulté à estimer les rentes futures d'un immeuble, une des méthodes d'évaluation, la méthode des cash-flows futurs actualisés, nécessite des prévisions, qui sont réalisées traditionnellement sur des périodes finis de 5 ou 10 ans

Les concepts de développement durable et de « green value » sont donc bien distincts. Il est évident que les objectifs recherchés sont différents. Malgré les différences remarquées ci-avant, il importe de mettre en lumière que la « green value » est une notion dérivée du développement durable. C'est, par exemple, le parfait accomplissement d'une démarche de développement durable qui permettra de bénéficier d'une certification et consécutivement d'une augmentation de valeur vénale. Pourtant, cette même entreprise voudra, dans la plupart des cas, privilégier les avantages économiques aux avantages sociaux et environnementaux découlant d'une opération de construction ou réhabilitation.

Ceci met bien en lumière toute la complexité de la compréhension de la « green value ». C'est pourtant bien la maîtrise des fondements de ce concept qui permettra aux investisseurs d'élaborer de véritables stratégies et méthodes d'évaluation. Dans la littérature, les chercheurs semblent avoir conscience de la différence entre les mots « green » et « sustainable » mais les emploient, pour l'instant indifféremment. Il est donc proposé dans cette étude une réflexion globale sur la « green value » afin de tenter de combler cette lacune.

## 2.2 Choix de l'approche systémique

Née aux Etats Unis au début des années 50, connue et pratiquée en France depuis les années 70, l'approche systémique nous permettra ici d'avoir une vision originale de la « green value » et de proposer une véritable réflexion sur ses fondements.

La définition de la systémique, donnée par l'AFSCET<sup>1</sup> (Association Française des Sciences des Systèmes Cybernétiques, Cognitifs et Techniques) est la suivante : « Nouvelle discipline qui regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste [...] » (AFSCET, 2003). De nombreux exemples d'applications existent, aussi bien en biologie, en écologie, en économie, en management des entreprises, urbanisme, aménagement du territoire,... L'idée est de saisir toute la complexité du système. Pour ceci l'utilisation d'un certain nombre d'outils comme le langage graphique et des modèles aussi bien qualitatifs que quantitatifs est nécessaire. Cette approche force à naviguer sans cesse entre connaissance et pratique. Tout l'intérêt de cette démarche est d'être ambitieuse et prudente. Elle oblige à ne pas sous-estimer la complexité du système étudié. C'est donc pour ces raisons que l'approche systémique a été privilégiée dans cette étude.

## 2.3 Etude systémique

### 2.3.1 Définition et analyse du système étudié

#### 2.3.1.1 Socle théorique

La base de toute approche systémique consiste à étudier un système. Joël de Rosnay et Jacques Lesourne s'accordent tous deux à dire (AFSCET, 2003) qu' « un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique ». Joël de Rosnay va même plus en loin en stipulant que

---

<sup>1</sup> AFSCET : Association Française des Sciences des Systèmes Cybernétiques. L'AFSCET s'est fixé pour mission d'être un lieu d'échange où peuvent être confrontés pratiques et enseignements issus d'horizons divers. Ces échanges sont ancrés dans la Systémique, démarche de pensée issue de la théorie de l'Information et de la Cybernétique.

celui-ci est « *organisé en fonction d'un but* » (DE ROSNAY, 1975). Deux autres définitions mettent l'accent sur des notions complémentaires (DURAND, 2006). Pour Ladrière, le système est un « *objet complexe, formé de composants distincts reliés entre eux par un certain nombre de relations* ». Enfin, pour Morin, c'est une « *unité globale organisée d'inter-relations entre éléments, actions ou individus* ». Retenons donc quatre éléments fondamentaux : interaction, globalité, organisation et complexité.

Sous un aspect structurel, un système comprend quatre composants : une frontière, des éléments, un réseau de relations et des réservoirs qui permettent de stocker des matières, de l'énergie, des produits, de l'information, de l'argent. Sous son aspect fonctionnel, le système comporte des flux, des centres de décision, des boucles de rétroaction et des délais de réponse. Le système comporte aussi des entrées et des sorties, plus ou moins nombreuses suivant que le système est fermé ou ouvert sur l'extérieur. En réalité, le système fermé n'est qu'un concept théorique et on ne peut rencontrer que des systèmes ouverts.

### 2.3.1.2 *Caractérisation et analyse du système étudié*

#### ***But du système***

Le système étudié est un système social et plus précisément une organisation. Elle se définit par un but : la maximisation du profit relatif à un actif immobilier, et plus particulièrement la maximisation du profit « *green* ». Nous supposons que tout son fonctionnement repose sur cet objectif rationnel.

#### ***Délimitation du système***

Nous nous limiterons au cadre juridique et financier français. Ceci constitue une simplification importante de la réalité car les résultats et les réflexions ne seront donc pas valables pour les autres pays même si d'un pays industrialisés à l'autre, les cadres juridiques et financiers se ressemblent.

Nous nous limiterons aussi dans les bâtiments étudiés. Nous l'avons vu précédemment, en matière de développement durable, la réglementation future sera très contraignante vis-à-vis des constructions neuves. L'obsolescence se créera donc surtout sur les bâtiments anciens, qui n'auront pas été adaptés aux évolutions technologiques récentes. Le système étudié concernera donc la gestion de bâtiments anciens afin de comprendre comment la survalorisation peut se former. Nous écarterons de notre étude par la suite, en justifiant notre choix, les logements. Nous limiterons aux locaux de bureaux, commerces, entrepôts et locaux d'activité, bases de l'immobilier d'entreprise.

Ce système est ouvert à l'extérieur. Les valeurs vénales et locatives sont particulièrement soumises au comportement des autres acheteurs, propriétaires et locataires.

#### ***Centres décisionnels***

L'organisation possède un centre de décision principal, caractérisé par l'élément propriétaire. Cette hypothèse est une simplification partielle de la réalité dans la mesure où le décisionnaire final reste le propriétaire mais est fortement influencé par les objectifs du locataire. En effet, il tentera toujours de maintenir une relation positive avec son locataire dans l'objectif d'assurer sa rente le plus longtemps possible et de ne pas subir une vacance et des frais de commercialisation en cas de départ du locataire.

Le propriétaire est aussi influencé par les réglementations émises par l'Etat ou ses entités décentralisées. Ces réglementations peuvent parfois être très contraignantes. Ce centre peut donc être qualifié de centre décisionnel secondaire.

Ainsi, nous avons considéré dans notre étude le système suivant. Les pages suivantes permettent d'analyser le fonctionnement du système. C'est sur la base de ces réflexions que nous pourrons par la suite comprendre le mécanisme de formation de la « *green value* »

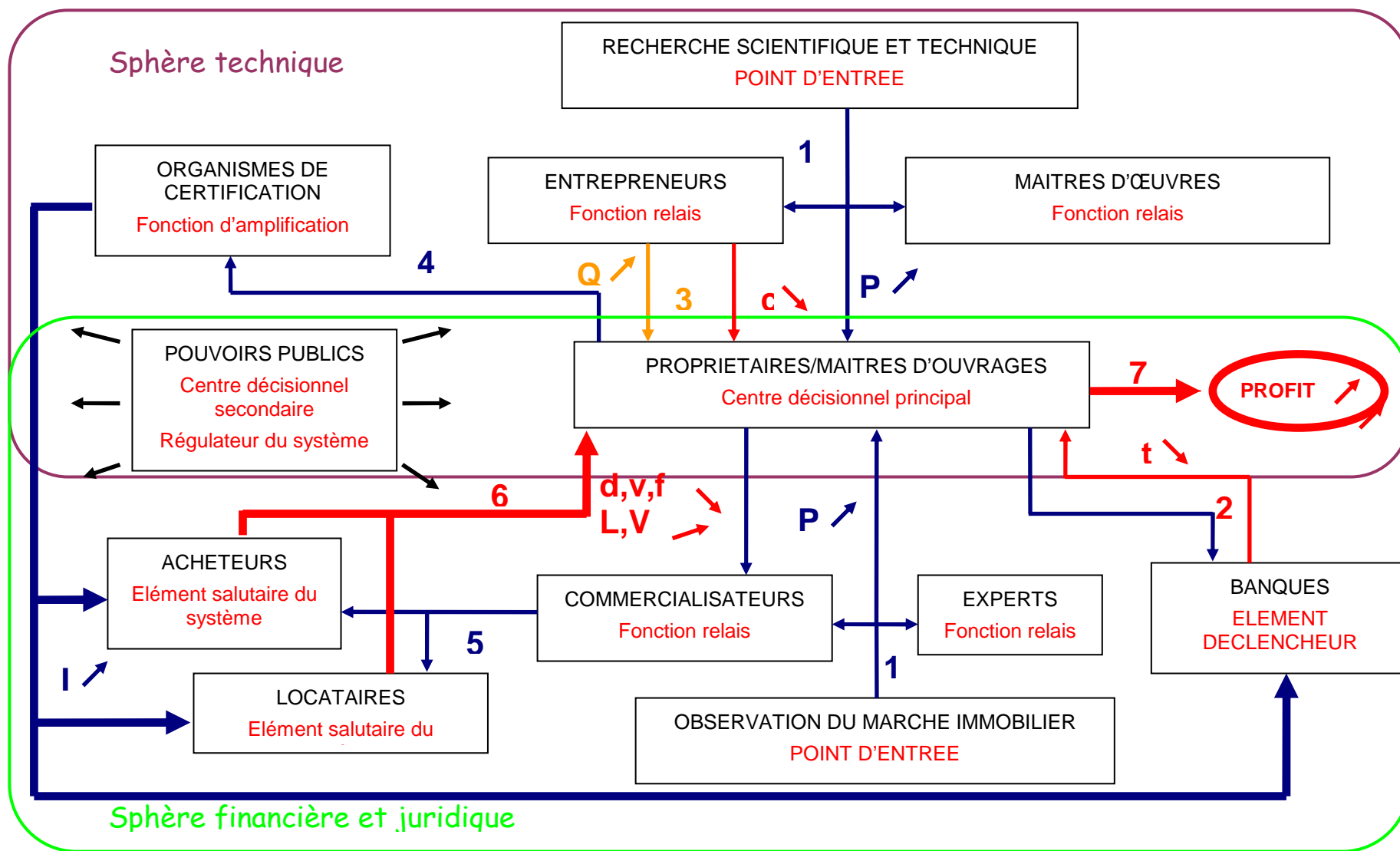


Figure 1: analyse du système étudié

LEGENDE





	Diffusion d'informations démontrant la fiabilité technique, juridique et financière du projet
	Mise en œuvre technique d'innovations pouvant œuvrer pour une sur valorisation
	Revenus locatifs et valeur de revente plus élevés, délais de commercialisation moins élevés, taux de vacance moins élevé moins de frais de commercialisation, négociations de baux facilitées, moins de franchises, moins de charges pour le bailleur,...
	Taux d'emprunt plus compétitif
<b>t</b>	Taux d'emprunt
<b>P</b>	Preuve prouvant la fiabilité technique, juridique et financière du projet
<b>Q</b>	Qualité technique du bâtiment
<b>I</b>	Qualité de l'image reflétée bâtiment aux yeux du public
<b>d</b>	Délais de commercialisations
<b>v</b>	Taux de vacance
<b>f</b>	Frais de commercialisations
<b>L</b>	Loyer
<b>V</b>	Valeur de revente
<b>c</b>	

Figure 2: légende de la figure

## Analyse du système

### Le propriétaire

Le propriétaire peut prendre diverses formes. Suivant celle-ci, le propriétaire sera soumis à différentes contraintes, poursuivra différents objectifs en terme de profit, acceptera différents niveaux de risques et évoluera dans un environnement d'acteurs différent. Il apparaît donc, à ce stade, intéressant de distinguer différentes catégories de propriétaires. Nous pouvons simplifier le sujet en élaborant trois hypothèses de détention d'immeubles :

- Détention directe d'immeubles
- Détention indirecte d'immeubles via un OPCI<sup>1</sup> ou une SCPI<sup>2</sup>. Il existait en juin 2009 130 SCPI. Leur patrimoine immobilier à fin 2007 est évalué à 17 milliards d'euros (IEIF<sup>3</sup>, juin 2009). En 2008, les investissements des SCPI représentaient 20% des investissements totaux en immobilier d'entreprise (ATISREAL, Juin 2009). Par ailleurs, il existait fin 2008 60 OPCI. Leur capitalisation était estimée à 6 milliards d'euros. Vu la jeunesse de ce type de fonds, il est difficile d'avancer un chiffre en matière de patrimoine immobilier. Toutefois, on peut raisonnablement penser que le patrimoine immobilier correspond à moins de la moitié du patrimoine des SCPI.
- Détention indirecte d'immeubles via des sociétés immobilières cotées par exemple une SIIC<sup>4</sup>. Il existait en juin 2009 68 sociétés immobilières cotées dont 46 SIIC (IEIF, juin 2009). A fin 2007, le patrimoine immobilier des sociétés cotées représentait environ 85 milliards d'euros, dont 53% était situé en Ile de France, 23% en province et 24 % à l'étranger.

Différents types d'actifs immobiliers peuvent être ciblés :

- Immobilier d'entreprise soit les bureaux, les commerces, les locaux d'activités et les entrepôts. Alors qu'en 2007, près de 31 milliards d'euros avaient été investis en immobilier d'entreprise, seulement 15 milliards ont été investis en 2008. Ces investissements sont répartis comme suit : 64% pour les bureaux, 4% pour les locaux d'activités, 7% pour les commerces, 6% pour les entrepôts et 19% pour les services. 58% de ces investissements ont été réalisés par des étrangers (ATISREAL, Janvier 2009). La taille moyenne des transactions réalisées en 2009 en immobilier d'entreprise était de 26 millions d'euros (CBRE, 2009).
- Les logements. Le prix moyen d'un lot individuel neuf était d'environ 245 000 euros. Il y avait en France en 2005 30,7 millions de logements dont environ 84% était des résidences principales (IEIF, 2009).

A l'intérieur de chaque hypothèse de détention d'immeubles, différents acteurs peuvent intervenir en tant que propriétaire et poursuivre différents buts :

- Des particuliers. En 2008, le patrimoine immobilier des ménages français se composait pour une large partie d'immeubles résidentiels. En effet, 3 080 milliards d'euros étaient dédiés au logement détenu directement tandis que seulement 220 milliards d'euros étaient dédiés à des bâtiments non résidentiels détenus directement (INSEE, 2008). Il est couramment admis que le logement représente environ 75 % du patrimoine des français. Il est difficile de connaître la part d'investissement dédié à l'immobilier dans la détention indirecte pour cet acteur car

---

<sup>1</sup> OPCI : Organisme de Placements Collectifs en Immobilier

<sup>2</sup> SCPI : Société Civile de Placement en Immobilier

<sup>3</sup> IEIF : Institut de l'Epargne Immobilière et Foncière. Organisme et de recherche indépendant dont la vocation est de fournir des informations, des analyses et des prévisions sur les marchés et les investissements immobiliers en France et en Europe.

<sup>4</sup> SIIC : Société d'Investissement Immobilier Cotée

les sommes globales de leurs placements sont souvent confondues avec leurs placements non immobiliers.

- Des investisseurs institutionnels : banques, compagnies d'assurance, caisses de retraite, fonds communs de placement,...En 2008, les investissements des assurances/mutuelles représentaient 20% des investissements totaux en immobilier d'entreprise (ATISREAL, Juin 2009). En 2007, seulement 3% de l'investissement global des institutionnels était porté sur de l'immobilier résidentiel, soit environ 930 millions d'euros (IEIF, 2009). En terme de patrimoine immobilier, les actifs gérés par les sociétés d'assurance françaises s'élevaient en 2006 à 43,2 milliards d'euros (IEIF, 2007). La gestion des actifs immobiliers chez ces investisseurs est souvent organisée en trois types de métiers. La gestion technique est effectuée par le « *facility manager* », qui s'occupe de la maintenance, des travaux, des services sur le site et de la relation au quotidien avec les occupants et les prestataires. La gestion locative est effectuée par le « *property manager* », qui gère l'ensemble de la relation contractuelle avec le locataire : contentieux, renouvellement de bail, suivie des encaissements, mise en location,... Enfin l'« *asset manager* » gère les actifs immobiliers en fonction de critères et d'objectifs financiers.
- Des entreprises utilisatrices ou non de leur patrimoine immobilier. Les biens détenus par des entreprises et les biens d'investissement sont chiffrés à environ 2 300 milliards de dollars en Europe. Un potentiel d'externalisation de ces biens de 51,7 milliards d'euros en Europe entre 2006 et 2010 est envisagé (HOESLI, Août 2008).
- L'Etat représente un très important propriétaire d'actifs immobiliers. Les administrations publiques françaises détenaient 42,4% du patrimoine immobilier national en actifs hors logement (HOESLI, Août 2008).

Ces trois formes de détention et ces différentes classifications d'acteurs ou d'actifs immobiliers ne représentent pas l'ensemble des cas pouvant être rencontrés mais l'objectif est bien ici de simplifier la réalité.

L'analyse précédente nous permet de tirer quelques conclusions. Il est intéressant de noter que le logement est un actif à part, qui semble détenu en majeure partie par des particuliers, aux problématiques bien différentes des autres acteurs cités. Son prix unitaire est bien moins élevé que la taille moyenne des transactions réalisées en immobilier d'entreprise même si le patrimoine immobilier global français est composé en majeure partie de logements. Ceci nous amène à effectuer une simplification : le système étudié ne concernera pas les logements. Le mécanisme de formation de la « *green value* » sera donc uniquement étudié sur les locaux majoritairement échangés dans le cadre de l'immobilier d'entreprise : bureaux, commerces, locaux d'activité, entrepôts.

### **L'acheteur**

L'acheteur permet au propriétaire d'accomplir son but, c'est-à-dire établir un profit en revendant le bien. Il est aussi le point de sortie du système, l'acteur par lequel le système cesse d'exister (en tout cas pour le profit du propriétaire considéré). Les attentes de l'acheteur en terme d'immobilier « durable » seront déterminantes à ce titre afin de maximiser les revenus tirés de la revente de l'immeuble. Ces comportements sont dépendants du comportement des autres propriétaires et acheteurs du marché et de la bonne santé de l'économie réelle et monétaire.

### **Le locataire**

Le locataire est le deuxième acteur qui permet au système d'accomplir son but, c'est-à-dire établir un profit. En effet, c'est un des deux acteurs du système qui ne reçoit pas de flux financiers de la part du propriétaire mais qui en fournit. Le propriétaire doit donc entretenir une excellente relation avec le locataire afin de parvenir à son but : maximiser les revenus locatifs tout en évitant un départ qui engendrerait des frais et un délai de commercialisation. Les attentes du locataire en terme d'immobilier « durable » seront, là encore, déterminantes à ce titre, afin de maximiser les revenus locatifs et donc le profit.

### **Organismes de certification**

Les organismes de certification peuvent faciliter l'identification par les locataires ou les acheteurs d'une meilleure image de marque ou d'une meilleure qualité technique du bâtiment. Ils ont donc une fonction d'amplification.

### **Les banques**

Les banques constituent l'élément déclencheur du système, le point d'entrée. Ce sont elles qui prêtent l'argent nécessaire à l'acquisition ou à la réhabilitation d'un actif immobilier si le futur propriétaire ne possède pas la somme requise. Le propriétaire doit ensuite rembourser la somme initialement prêtée, avec des intérêts. Sans cette somme, aucun projet n'est possible. Une part importante du profit peut être réalisée grâce aux banques si le taux de rendement net de l'actif est supérieur au taux d'emprunt exigé par la banque : c'est « l'effet de levier ». Au contraire, si l'inverse se produit (c'est le « coup de massue »), l'effet peut être dévastateur et empêcher de réaliser des profits. Le taux d'emprunt est donc déterminant dans le système. Il est la conséquence de la santé économique mondiale, qui influe sur les marges que s'octroient les banques mais aussi sur le taux de base. D'un projet à l'autre, il différera en fonction des garanties apportées.

### **Les conseils juridiques et financiers du propriétaire**

Ces conseils sont de deux ordres dans notre système : commercialisateurs et experts. Ces deux entités ont la particularité d'être à la fois conseil du propriétaire et du locataire. Cette particularité est très marquée chez les commercialisateurs, qui ont même, la plupart du temps, un service expertise au sein de leur société. Certains experts sont indépendants, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent sur une même affaire intervenir pour le locataire et le propriétaire. Par contre, ils peuvent intervenir indifféremment soit pour le propriétaire, soit pour le locataire.

Ces acteurs, de part leurs connaissances, permettent le fonctionnement du système dans des conditions normales de marché. Si augmentation ou diminution des valeurs vénales ou locatives il doit y avoir, celles-ci seront connues par les commercialisateurs ou les experts. Ces acteurs sont cesse à la recherche d'une meilleure connaissance du marché. Mais ils ne peuvent intégrer les variations du marché instantanément. Un délai, plus ou moins important, peut donc être observé entre les variations effectives du marché et la prise en compte de celles-ci.

Dans un objectif de profit, les commercialisateurs ont un rôle important à jouer. C'est leur bonne communication qui entraînera des délais plus courts et la diminution du taux de vacance. Les experts, en estimant les actifs à leur valeur de marché, contribuent à faciliter les négociations. Le seul frein qui peut s'exercer et empêcher les acteurs de jouer leur rôle de facilitateur, serait leur manque de connaissance et de recul. La qualité de l'observation du marché est donc un élément déterminant qui détermine le comportement de ces acteurs. C'est d'ailleurs pour cette raison que les grands commercialisateurs possèdent en leur sein un service recherche. Schématiquement, ces acteurs peuvent soit faciliter le fonctionnement du système, soit le freiner. Ils ont une fonction de relais.

### **Les conseils techniques du propriétaire**

Les architectes et les bureaux d'études ont un rôle à jouer en matière d'innovation. C'est leur bonne connaissance des nouveaux produits, plus efficaces, moins chers, qui peut permettre de réaliser des profits plus importants. Ils peuvent aussi permettre une meilleure organisation du chantier, et donc des délais et des coûts de travaux moins importants. Ce sont aussi leurs bons conseils qui engendrent un comportement du bâtiment conforme aux attentes initiales. Comme pour les conseillers juridiques et financiers, leur action est conditionnée par une bonne connaissance des nouvelles techniques de construction. C'est celles-ci qui peuvent amener une valeur ajoutée à un bâtiment. L'action de la recherche en matière de création de nouvelles techniques de construction et de transcription de leur fonctionnement apparaît donc comme un élément essentiel, surtout en matière de développement durable. Pour toutes ces raisons, les conseils techniques ont une fonction relais dans le système.

### **L'entrepreneur**

Comme les architectes et les bureaux d'études, les entrepreneurs ont un rôle à jouer en matière d'innovation. Leur action est là encore conditionnée par une bonne connaissance des



nouvelles techniques de construction. Leur bonne organisation peut permettre d'accélérer les travaux et donc de diminuer les coûts d'investissement d'éventuels travaux.

L'entrepreneur, comme les conseillers techniques, semble être à la base du profit, ou en tout cas d'une sur valorisation par rapport à un autre bâtiment. Sans différenciation technique, il ne peut y avoir sur valorisation. Ceci constitue un point d'entrée du système, aboutissant à une survalorisation et donc à un plus grand profit.

### **L'Etat**

Comme nous l'avons vu précédemment, l'Etat élabore les réglementations s'appliquant aux différents acteurs du système. Il occupe une fonction de régulation du système. Celle-ci s'exprime à travers les réglementations mais aussi à travers les taxes qu'il met en place (taxe foncière, TVA, droits d'enregistrement, taxes locales,...).

Un des objectifs de l'Etat, par les réglementations, peut être d'accélérer la prise en compte par les acteurs d'innovations. En ce sens, il contribue à la sur valorisation et donc au profit. Mais en mettant tous les acteurs sur la même ligne de conduite, il uniformise la qualité des immeubles. De plus, les profits (revenus fonciers, plus values) sont taxés. Cette taxe peut ensuite être redistribuée, par exemple pour encourager la recherche. L'Etat a donc une position difficile à analyser vis-à-vis du profit.

Une de ses caractéristiques importantes est aussi d'être le seul acteur, avec le propriétaire, à intervenir dans les deux sphères.

### **Conclusion de l'analyse**

Nous pouvons compléter les enseignements du système par les remarques suivantes :

- Les acteurs semblent répartis en deux groupes bien distincts : la sphère juridique et financière et la sphère technique. Le propriétaire se trouve à la limite entre ces deux sphères. Le système de fonctionnement des investisseurs institutionnels les amène à distinguer plusieurs métiers (« *facility manager* », « *asset manager* », « *property manager* ») permettant de naviguer entre la diversité des sujets. Il semble que ces deux sphères communiquent très peu. Que se passe-t-il si le propriétaire n'a pas les moyens de disposer en son sein de trois collaborateurs de ce type ? Dans ce cadre, il apparaît utile de pouvoir bénéficier de conseillers extérieurs aux compétences diverses (techniques, financières, juridiques) permettant d'épauler les propriétaires. Ainsi, la dernière partie de ce mémoire est consacrée à une étude de cas visant à assembler les éléments de ces deux sphères et à proposer un conseil multidisciplinaire facilitant l'approche globale nécessaire en matière de développement durable.
- Les particuliers et l'Etat semblent être deux types de propriétaires vraiment différents des autres que nous ne prendrons plus en compte dans la suite de l'étude. En effet, pour faciliter l'analyse, il apparaît préférable de les écarter. Les particuliers possèdent 75% de leur patrimoine en logement, souvent en résidence principale, et l'Etat utilise bon nombre de ses infrastructures (école, mairie, gymnase,...). Ces deux acteurs sont donc dans une logique d'utilisation, qui serait incompatible avec notre analyse de la « *green value* » par rapport aux investisseurs.
- Deux éléments semblent essentiels dans le processus de maximisation du profit : la stimulation de la recherche visant à produire de nouvelles techniques de construction et à les interpréter et l'amélioration de l'observation du marché immobilier. La bonne diffusion de ces éléments semble tout aussi indispensable (communication par articles ou conférences, formations,...)
- Nous avons pu identifier plusieurs points clés sur lesquels il faut travailler pour améliorer le profit : augmentation du revenu locatif, de la valeur de revente de l'immeuble, diminution du coût et des délais de travaux, diminution des délais et frais de commercialisation, diminution du taux de vacance, diminution du taux d'intérêt pour l'emprunt, augmentation du rendement de l'immeuble loué, diminution du risque d'obsolescence du bâtiment, amélioration de l'image de marque, augmentation de la productivité des employés, augmentation de la qualité technique de l'immeuble...

### 2.3.2 Analyse structurelle du système

#### 2.3.2.1 Socle théorique

L'objectif de cette analyse est de réduire la complexité du système à ses variables essentielles, de mettre en évidence le degré d'implication des variables et de repérer les variables jouant un rôle fondamental pour la compréhension de l'évolution qualitative du système.

Pour cela, une représentation matricielle est utilisée : la matrice d'analyse structurelle. Son remplissage en s'appuyant sur les conclusions de l'analyse précédente.

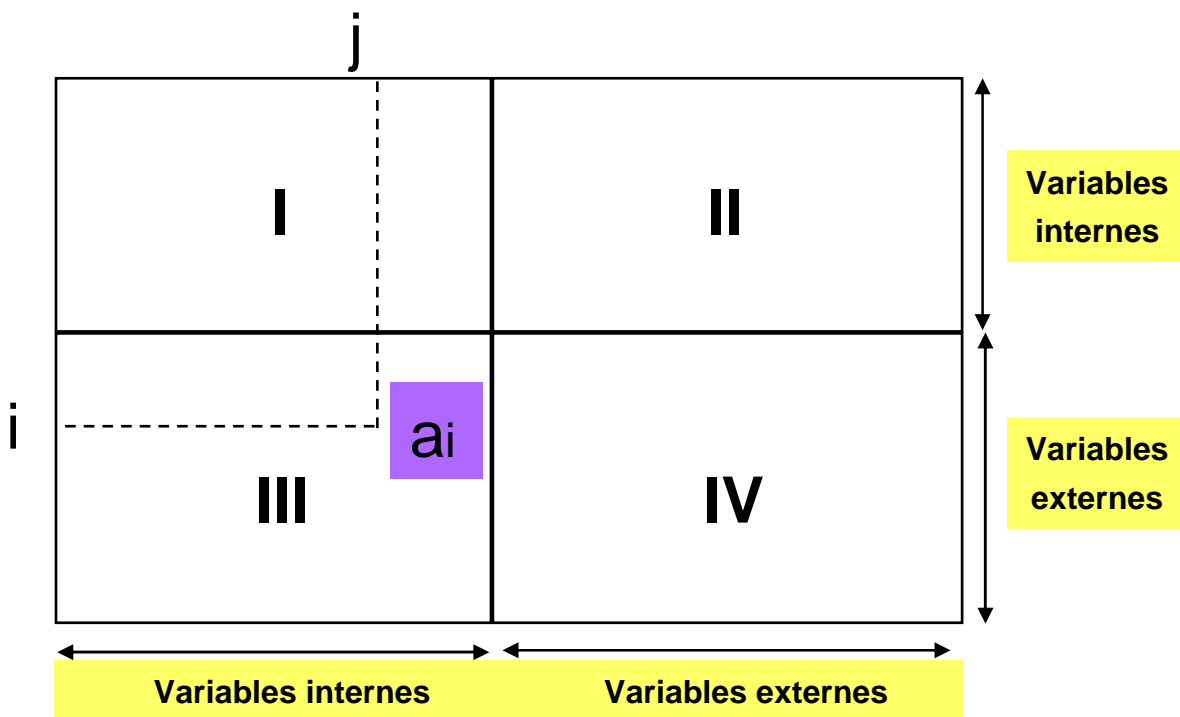


Figure 3: matrice d'analyse structurelle

La matrice est ensuite remplie de la manière suivante :

$$a_{ij} = 1 \text{ si } i \text{ agit directement sur la variable } j, a_{ij} = 0 \text{ sinon}$$

La méthode Mic-Mac consiste à prendre en compte l'intensité de la relation entre deux variables  $i$  et  $j$  en effectuant un remplissage quantitatif :

$$a_{ij} = 3 \text{ si la relation est forte, } 2 \text{ si la relation est moyenne, } 1 \text{ si la relation est faible et } 0 \text{ si la relation est inexistante}$$

L'influence ou la motricité de la variable  $i$  est déterminée par la formule :

$$Influence_i = \sum_j a_{ij}$$

La dépendance quantifie la sensibilité d'une variable aux changements du système. Elle s'exprime à travers la formule suivante :

$$Dépendance_j = \sum_i a_{ij}$$

L'ensemble des variables représentées sur un graphique, avec pour ordonnée leur influence normée et pour abscisse leur dépendance normée, constitue le plan influence-dépendance. On peut alors donner une signification aux variables et identifier leur rôle dans le système.

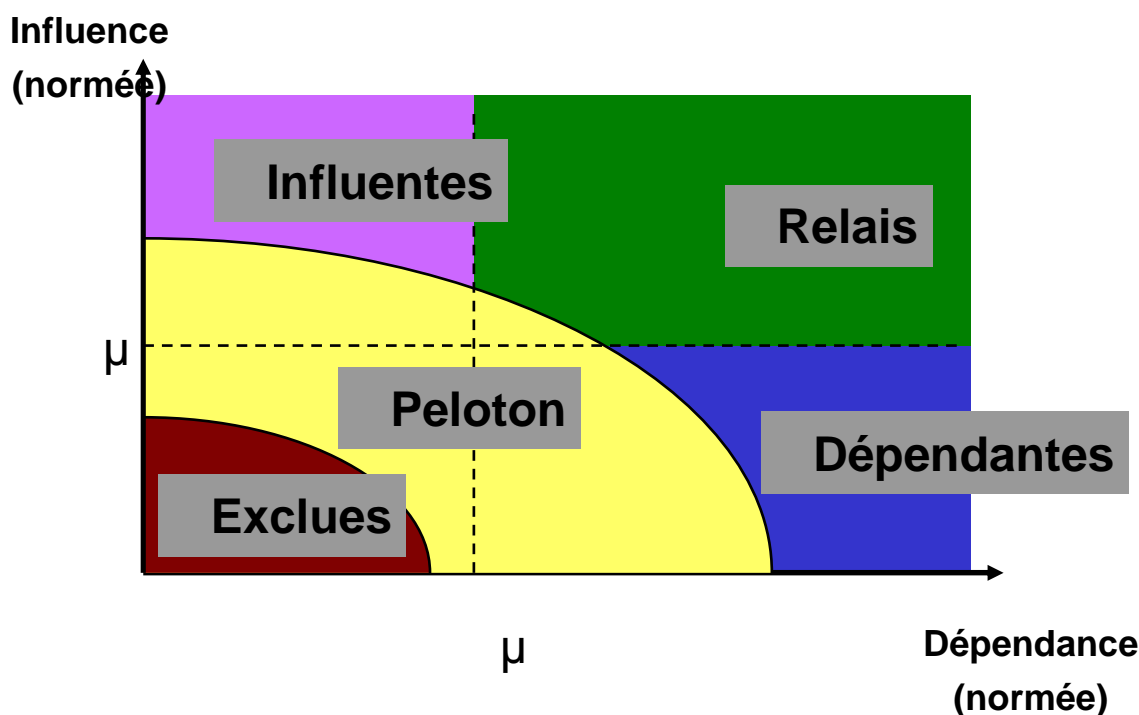


Figure 4: plan influence dépendance

Le schéma précédent ne prenait en compte que les relations directes entre variables (i agit sur j) mais pas les relations indirectes (i agit sur k- k agit sur j). Pour identifier ce type de relation et avoir un classement indirect, il convient de multiplier la matrice directe à la puissance souhaitée. Par exemple, en multipliant la matrice par elle-même, on prendra en compte les chemins et boucles de longueur 2. Afin d'arriver à une analyse intéressante du système, il faut multiplier les matrices entre elles jusqu'à stabilité.

L'objectif de l'analyse structurelle est de mettre en évidence l'organisation globale du système, et plus particulièrement les aspects contre intuitifs du comportement du système. Elle possède de nombreuses limites, comme le choix des variables très subjectif au départ qui peut fausser l'analyse. L'aspect quantitatif de la méthode Mic-Mac est aussi très subjectif et son importance doit rester très relative. Cependant, cette analyse est l'occasion de cadrer la réflexion autour du comportement du système et du rôle de chaque variable.

### 2.3.2.2 Analyse structurelle

Après la définition du système, l'analyse de celui-ci a montré que plusieurs variables jouent un rôle clef dans la maximisation du profit. L'idée est maintenant de comprendre leur rôle dans l'optique de la formation d'un profit « green ».

#### **Choix des variables et remplissage de la matrice directe**

Suite au travail de recherche bibliographique et d'analyse du système visant à maximiser les profits, plusieurs variables susceptibles d'agir sur la « green value » ont été choisies. Ces variables ont ensuite été classées dans la matrice d'analyse structurelle.

Pour le remplissage de la matrice, le problème principal est que chaque propriétaire a un comportement différent. Par exemple, un fonds d'investissement, s'il a l'occasion de bénéficier de la « green value », préférera que celle-ci se traduise par un risque moindre sur l'actif, et par des revenus réguliers assurés. Au contraire, un autre fonds aura peut-être plus tendance à privilégier des revenus plus importants et à prendre un risque. La méthodologie employée consiste donc à se placer dans la peau du centre décisionnel principal, soit le propriétaire, et à faire des hypothèses sur la force des relations entre les variables. On peut dégager trois types de stratégies pour un actif immobilier : « core », « value-added », « opportunistic ». Chaque

stratégie de gestionnaire d'actifs a fait l'objet du remplissage d'une matrice afin de comprendre le rôle des variables dans chaque stratégie. L'intensité des relations est fixée à 3 pour une relation directe forte, 2 pour une intensité moyenne et 1 pour une intensité faible.

- *core* : l'investisseur opte pour une stratégie à long terme, pour un effet de levier faible. Il choisira la plupart du temps d'investir dans des immeubles, qui ne nécessitent pas de réhabilitations lourdes et donc d'engager le moins de travaux possibles. Cette stratégie correspond au risque le plus faible. Dans toutes ses actions, l'investisseur cherche à minimiser le risque : il privilégiera une faible rotation de ses locataires et des revenus réguliers à des loyers élevés. Paradoxalement, ses visées long termes le poussent à diminuer le risque d'obsolescence de son actif et donc à investir.
- *value-added* : l'investisseur opte pour une stratégie moyen terme, pour un effet de levier modéré. Il choisira des immeubles nécessitant des améliorations pouvant amener à une meilleure valorisation de l'immeuble. Cette stratégie correspond à un risque intermédiaire.
- *opportunistic* : c'est l'approche la plus risquée. Les immeubles détenus nécessitent initialement de lourdes réhabilitations. Le rendement peut, par contre, être plus élevé. Son approche court terme peut l'empêcher de bénéficier de tous les bénéfices de la « green value », et notamment du risque d'obsolescence. Des trois acteurs, c'est pourtant lui qui devrait le plus en profiter, du fait de son investissement initial dans des travaux de réhabilitation plus importants.

Ces hypothèses, ainsi que l'analyse du système, nous ont permis de remplir les matrices des trois types de propriétaires.

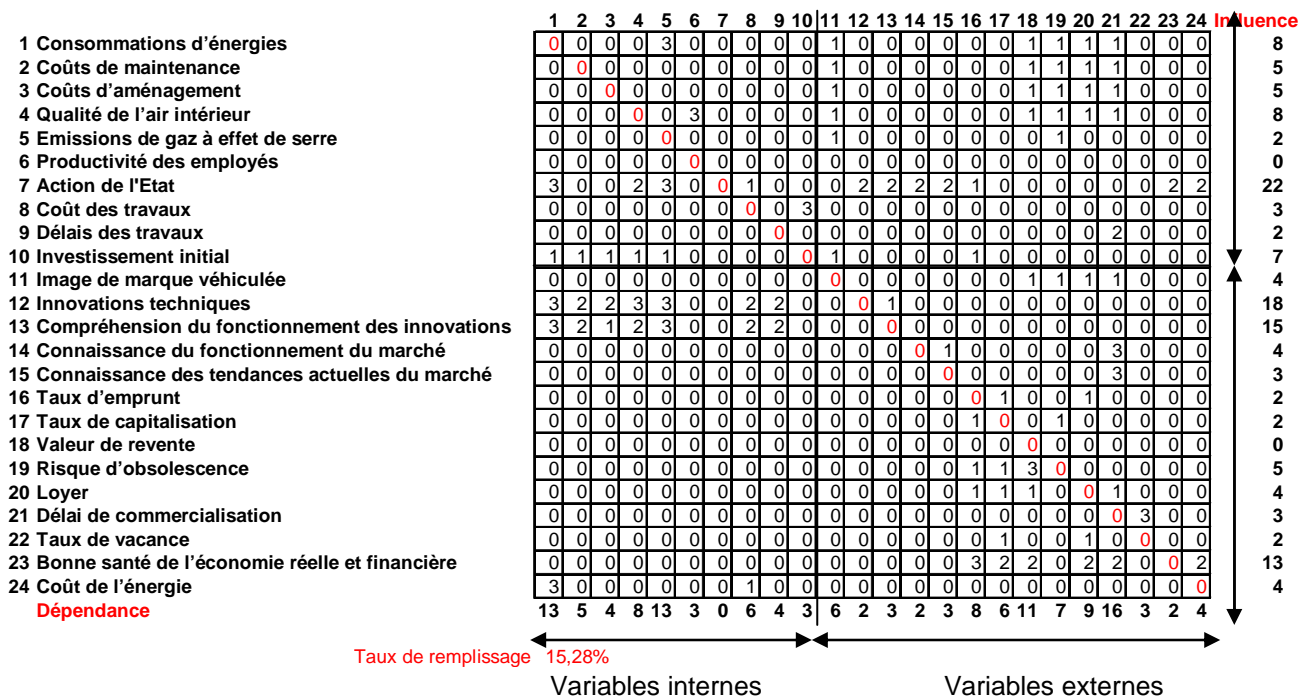


Figure 5: matrice directe, stratégie "core" (les autres matrices sont présentées en annexe A)

### Interprétations des matrices des relations directes et de leur évolution

Le schéma suivant permet de visualiser le déplacement des variables dans le plan Influence-Dépendance en fonction de la stratégie. Notons que les frontières entre les différentes fonctions (et couleurs) des variables ne sont pas forcément adaptées. En effet, ces frontières sont norma-

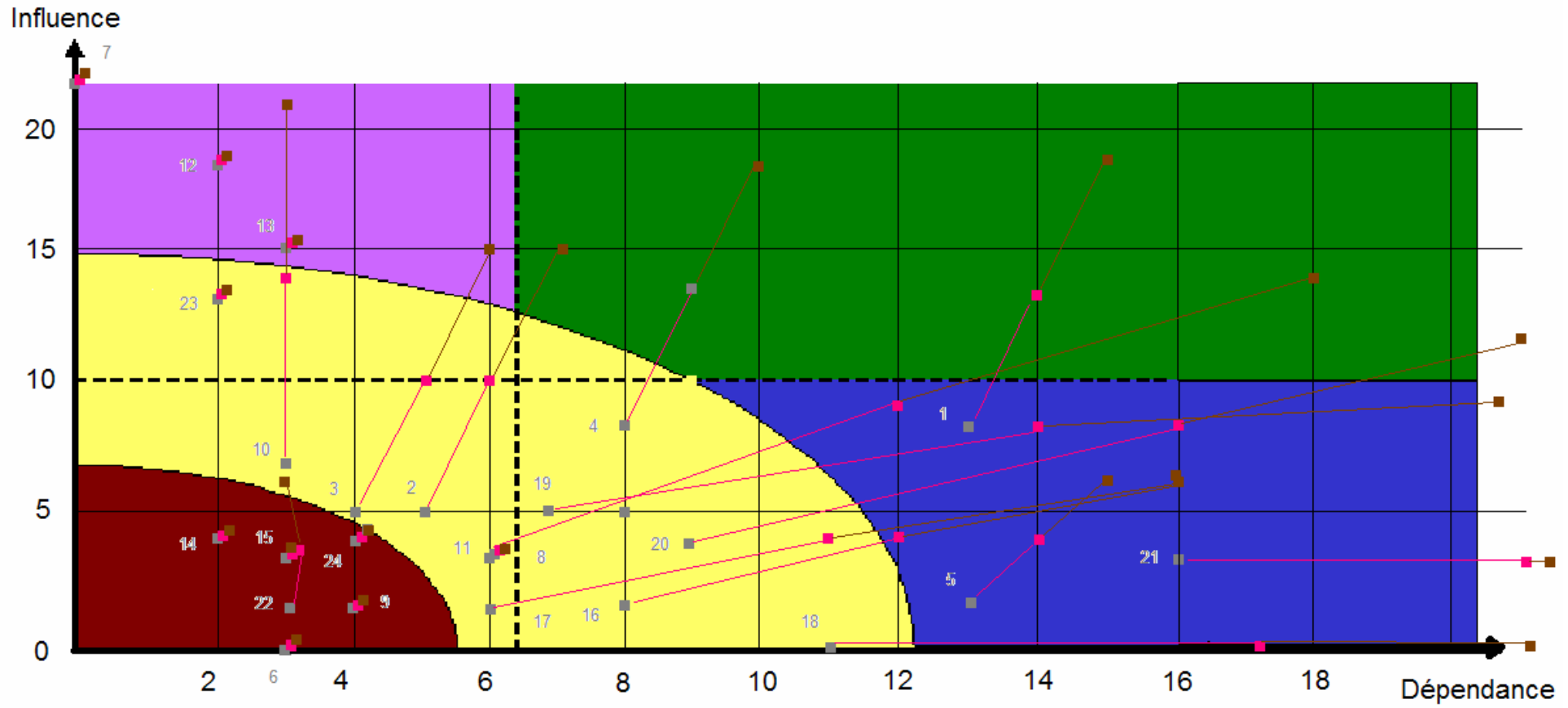


Figure 6: plan influence dépendance des relations directes pour les trois stratégies

-lement déterminées par les moyennes des dépendances et influences. Or, ici, comme il y a plusieurs matrices de relations directes, il y a plusieurs frontières possibles. Ce n'est donc pas parce qu'une variable de la stratégie « core » a une faible dépendance par rapport à une variable de la stratégie « opportunistique » qu'elle ne sera pas dépendante.

Cependant, ce schéma est utile pour identifier les variables qui évoluent en fonction de la stratégie. Certaines évoluent dans le sens de l'influence, d'autres dans le sens de la dépendance et d'autres dans le sens du relais. Pour les variables qui n'évoluent pas, leur importance sera relativement grande pour la stratégie « core » et diminuera pour les stratégies « value-added » et « opportunistique ».

Pas d'évolution	Evolution		
	Influence	Dépendance	Relais
Productivité des employés	Investissement initial	Taux d'emprunt	Consommations d'énergies
Action de l'Etat	Taux de vacance	Taux de capitalisation	Coûts de maintenance
Coût des travaux		Valeur de revente	Coûts d'aménagement
Délais des travaux		Risque d'obsolescence	Qualité de l'air intérieur
Innovations techniques		Délai de commercialisation	Emissions de gaz à effet de serre
Compréhension du fonctionnement des innovations		Loyer	Image de marque véhiculée
Connaissance du fonctionnement du marché			
Connaissance des tendances actuelles du marché			
Bonne santé de l'économie réelle et financière			
Coût de l'énergie			

Figure 7: évolution de la position des variables suivant la stratégie adoptée par le propriétaire

On peut aussi dire que les variables qui n'évoluent pas évoluent dans le sens de l'autonomie. Les variables autonomes forment des points satellites, elles ne sont pas directement au coeur du système, elles sont moins influentes et moins dépendantes que la moyenne, elles en sont décalées, distantes, elles n'engagent pas à grand chose du point de vue du système. Ceci ne veut pas dire que ces variables sont autonomes mais plutôt que leur importance devient plus faible.

Les variables qui évoluent dans le sens de l'influence acquièrent en fonction de la stratégie de plus en plus d'importance. Elles exercent une influence de plus en plus nette, elles ont une emprise sur le système par stimulation ou par freinage, elles sont peu dépendantes. Ces variables, qui sont l'investissement initial et le taux de vacance, sont en fait le point de départ de la « green value ». Ce sont les variables sur lesquelles le propriétaire peut agir, par sa stratégie plus ou moins ambitieuse. Notons l'importance relative de la variable taux de vacance, pour laquelle l'évolution n'est pas très importante. L'investissement initial est donc le levier d'action principal du propriétaire pour essayer d'aboutir à la « green value ».

Les variables évoluant dans le sens de la dépendance sont déterminées par beaucoup de facteurs du système. Elles sont en quelque sorte l'aboutissement du système, l'incarnation de son objectif : la maximisation du profit « *green* ». Plus l'action du propriétaire est importante (investissement initial, taux de vacance faible et donc bonne gestion des locataires), plus l'importance de ces variables prend de l'ampleur. La « *green value* » se caractériserait donc par un ensemble de paramètres sur lesquels le propriétaire peut agir par le biais de l'investissement initial : faible taux d'emprunt, faible taux de capitalisation, augmentation de la valeur de revente, diminution du risque d'obsolescence, diminution du délai de commercialisation et augmentation du loyer. Notons toutefois le fait que le loyer évolue à la fois dans le sens de la dépendance et du relais.

Les variables évoluant dans le sens du relais sont en quelque sorte des pivots du système. Elles peuvent aussi bien être des points d'amplification comme des points d'absorption. Ces variables sont donc capitales pour l'aboutissement du système. Par son action, le propriétaire augmente l'influence et la dépendance de ces variables et donc ses chances de bénéficier de la « *green value* ».

### ***Interprétations des matrices des relations indirectes***

La stratégie « *opportunistic* » semble être celle qui permet au propriétaire d'influer le plus sur le système. Pour notre étude, elle est donc particulièrement intéressante puisqu'elle permet de comprendre la formation de la « *green value* ». Nous avons donc essayé d'interpréter les variables du système dans le cadre de cette stratégie, tout d'abord pour le plan influence-dépendance des relations directes puis pour le plan influence-dépendance des relations indirectes. La matrice indirecte a été obtenue en élevant à la puissance 5 la matrice des relations directes. Cette puissance correspondait en effet au seuil de stabilité du système, c'est-à-dire le degré à partir duquel les positions des variables ne changeaient plus. Les influences et dépendances ont ensuite été normées dans le but que les moyennes des influences et dépendances des deux matrices soient égales.

Pour les deux interprétations, les points du plan influence-dépendance sont regroupés en patatoïdes. La signification de la proximité de ces variables est ensuite analysée dans deux tableaux

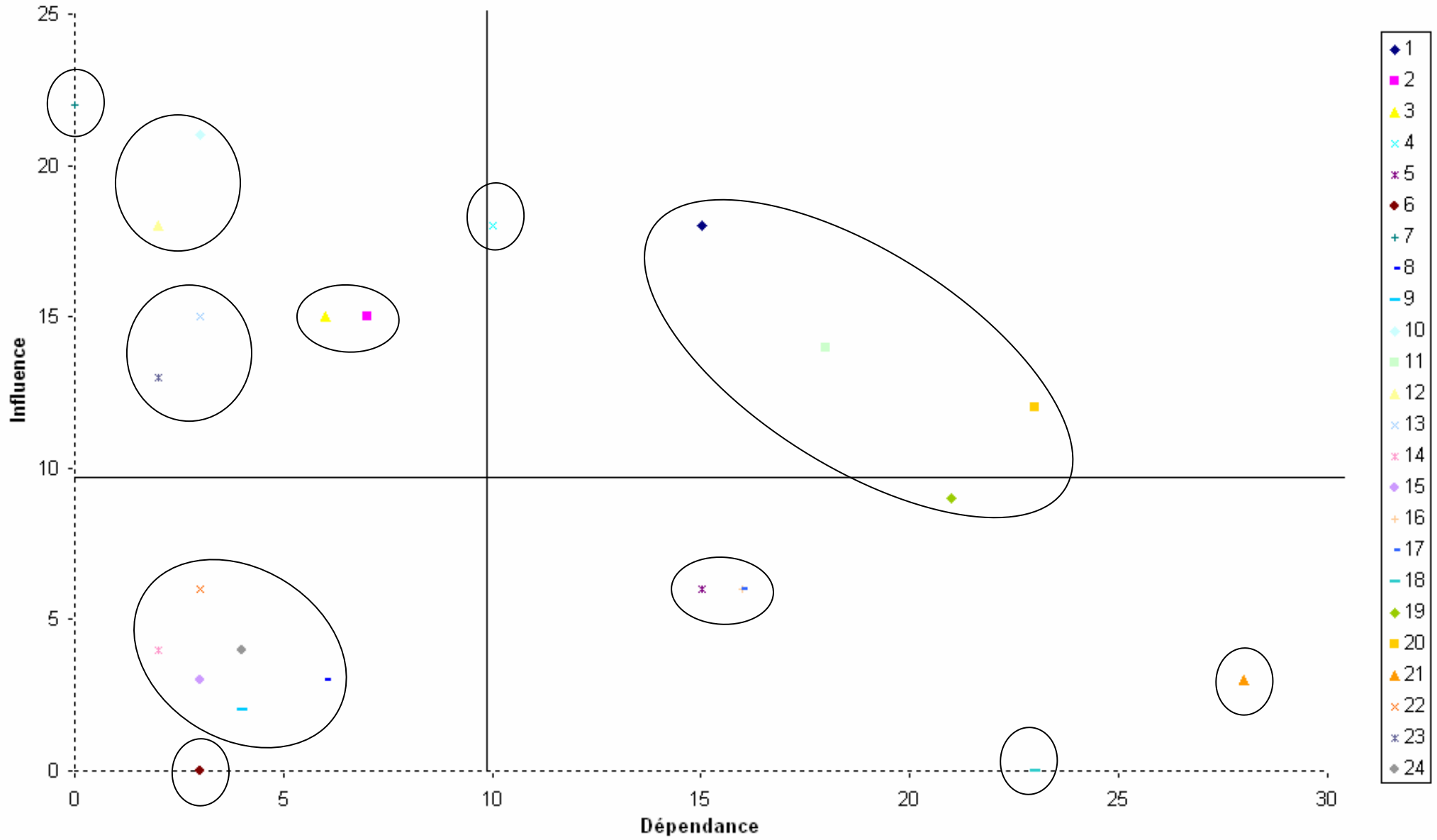


Figure 8: plan influence dépendance des relations directes pour la stratégie "opportunistic"



Variables	Qualificatif	Interprétation générale
Consommations d'énergies	enjeux	variables de passage obligé point de basculement du système
Risque d'obsolescence		
Loyer		
Image de marque véhiculée		
Emissions de gaz à effet de serre	retombées intermédiaires	indicatrices secondaires de la performance du système
Taux de capitalisation		
Taux d'emprunt		
Délai de commercialisation	résultantes	indicatrices principales de la performance du système
Valeur de revente		
Productivité des employés	exclus	variables autonomes, hors système
Taux de vacance	appuis	rôle de mesures d'accompagnement
Coût des travaux		
Délais des travaux		
Connaissance du fonctionnement du marché		
Connaissance des tendances actuelles du marché		
Coût de l'énergie		
Qualité de l'air intérieur	levier	variable à travers de laquelle on peut agir sur le système la marge de manœuvre reste limitée par les variables déterminantes
Coûts de maintenance	leviers	variables au travers desquelles on peut agir sur le système la marge de manœuvre reste limitée par les variables déterminantes
Coûts d'aménagement		
Action de l'Etat	déterminants	variables d'entrée du système les influences sur ces variables sont difficiles elles causent ou freinent l'évolution du système
Investissement initial	déterminants	variables d'entrée du système les influences sur ces variables sont difficiles elles causent ou freinent l'évolution du système
Innovations techniques		
Compréhension du fonctionnement des innovations	conditions	leurs réalisations facilitent l'évolution du système
Bonne santé de l'économie réelle et financière		

Figure 9: interprétation de la signification des variables dans le cas des relations directes, stratégie "opportunistic"

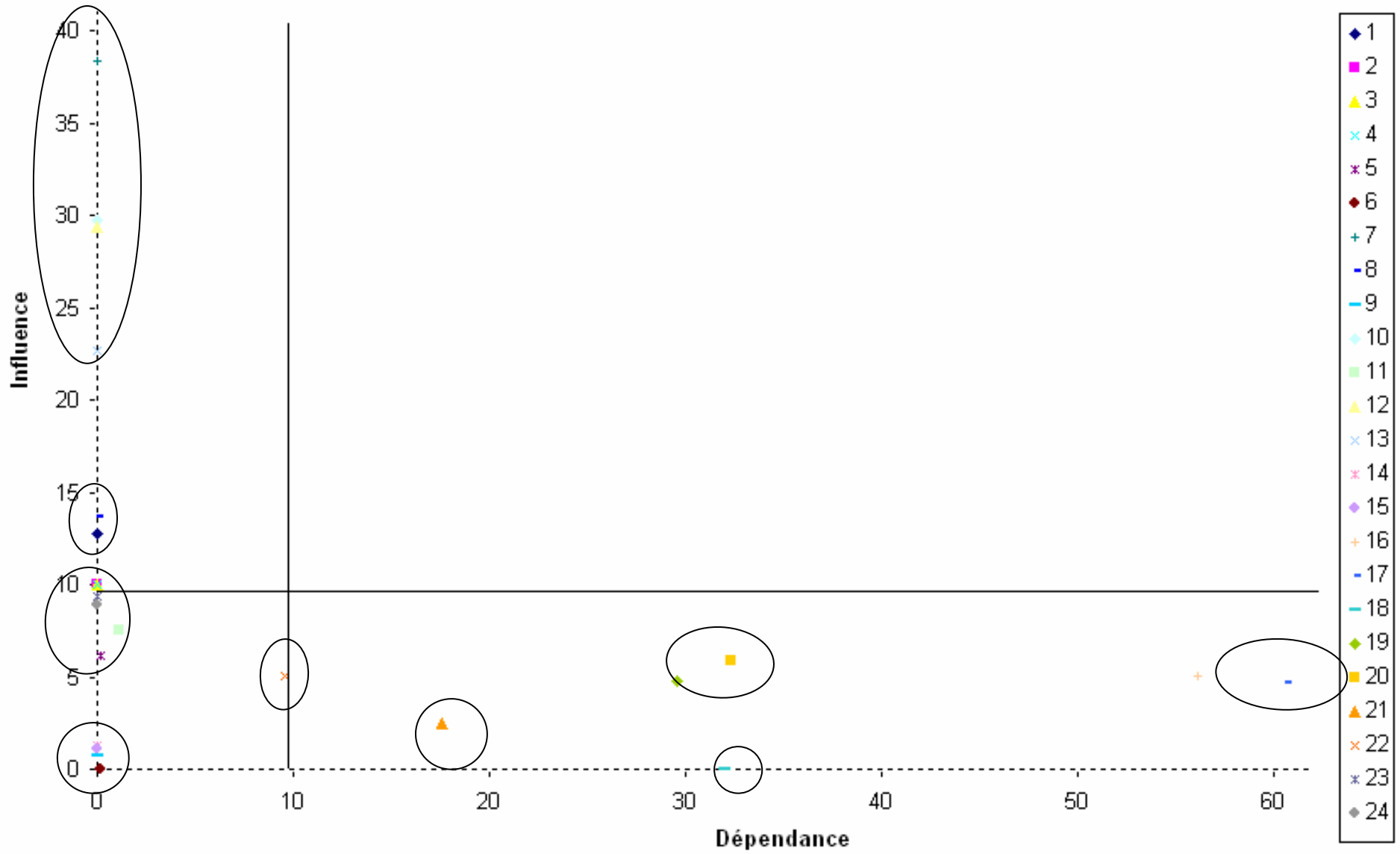


Figure 10: plan influence dépendance pour les relations indirectes et la stratégie "opportunistic"

Variables	Qualificatif	Interprétation générale
Délai de commercialisation Taux de vacance	retombées intermédiaires	indicatrices secondaires de la performance du système
Valeur de revente Risque d'obsolescence Loyer	perspectives structurelles	ouvrent des perspectives du système, des visées
Taux d'emprunt Taux de capitalisation	résultantes	indicatrices principales de la performance du système
Délai de commercialisation	retombées intermédiaires	indicatrices secondaires de la performance du système
Productivité des employés Délais des travaux Connaissance des tendances actuelles du marché Connaissance du fonctionnement du marché	exclus	variables autonomes, hors système
Emissions de gaz à effet de serre Image de marque véhiculée Coût de l'énergie Consommations d'énergies Coût des travaux Coût d'aménagement Coût de maintenance	prémises	variables qui précèdent, "prolégomènes"
Compréhension du fonctionnement des innovations Investissement initial Action de l'Etat Innovations techniques	déterminants	variables d'entrée du système les influences sur ces variables sont difficiles elles causent ou freinent l'évolution
Qualité de l'air intérieur Bonne santé de l'économie réelle et financière	conditions	leurs réalisations facilitent l'évolution du système

Figure 11: interprétation de la position des variables pour les relations indirectes, stratégie "opportunistic"

Les interprétations des variables sont assez différentes suivant que les relations sont indirectes ou directes. Les relations directes donnent une lecture du système assez classique. A notre avis, plusieurs conclusions sont à retenir de cette interprétation :

- ◆ le propriétaire peut agir sur le système par un investissement initial important et par une bonne gestion des locataires. Ceci est une condition déterminante pour aboutir à la « green value ».
- ◆ le propriétaire est soumis à l'action de l'Etat. Celle-ci est déterminante. Elle peut freiner ou accélérer considérablement l'évolution du système et donc l'aboutissement à la « green value ». L'action de l'Etat peut se traduire par des mesures incitatives ou contraignantes, visant à favoriser le développement des « green buildings ». Son action peut aussi être d'encourager la recherche. Sur ce point, le développement d'innovations techniques semble être le point le plus important, déterminant pour la bonne évolution du système. En second lieu, figure la compréhension du fonctionnement de ces innovations, sans lesquelles aucune projection vers l'avenir ne pourra être réalisée. La fiabilité des prédictions semble importante puisqu'un projet pilote ne remplissant pas ses objectifs n'encouragera pas le développement de projets similaires. La compréhension du fonctionnement du marché et la connaissance des tendances actuelles du marché semblent moins importantes que les précédentes connaissances. Enfin, la bonne santé de

l'économie est une condition facilitant l'évolution du système. Mais l'Etat ne peut avoir qu'une influence limitée sur cette variable.

- ◆ La « *green value* » s'exprime principalement à travers deux variables : un délai de commercialisation faible et une valeur de revente élevée. En second lieu, viennent un taux de capitalisation et un taux d'emprunt moins élevés. Ces quatre variables sont les plus représentatives de la « *green value* ».
- ◆ La baisse des émissions de gaz à effet de serre n'est pas forcément un objectif visé par le propriétaire mais la recherche de la « *green value* » devrait le conduire à ce type de résultat.
- ◆ Certaines variables représentent des passages obligés pour le système. Sans celles-ci, on ne peut aboutir à la « *green value* ». La diminution des consommations d'énergie et l'amélioration de l'image de marque véhiculée sont les deux plus importantes. Un loyer plus élevé et une diminution du risque d'obsolescence sont aussi plus des relais dans le système que des démonstrations de la « *green value* ».
- ◆ La productivité des employés est une variable exclue du système. Son importance, au regard de la « *green value* » est donc très relative.

L'interprétation des relations indirectes mène à des conclusions différentes, parfois contre intuitives. L'analyse systémique trouve ici tout son sens. La prise en compte des relations indirectes conduit à la diminution du nombre de variables relais. Les variables possèdent soit un caractère dépendant soit un caractère influent. Pour pouvoir agir sur la « *green value* », il faudra donc se demander comment agir sur les variables les plus influentes. Les variables les plus dépendantes constituent la démonstration de la « *green value* ». Retenons plusieurs conclusions sur ce qui est différent par rapport à l'interprétation précédente :

- ◆ La compréhension du fonctionnement des innovations techniques acquiert une plus grande importance avec la prise en compte des relations indirectes.
- ◆ La qualité de l'air intérieur est une variable possédant une influence importante avec la prise en compte des relations indirectes.
- ◆ Plusieurs variables, placées dans l'interprétation précédente en variables relais, possèdent maintenant une influence plus marquée que leur dépendance. C'est notamment le cas de la baisse des consommations d'énergie, de l'amélioration de l'image de marque, de la diminution des émissions de gaz à effet de serre, des coûts de travaux, maintenance et aménagement. Ceci permet de souligner qu'il est plus difficile d'influer sur ces variables et de faire en sorte qu'elles se réalisent. Une fois ces variables accomplies, il apparaît plus simple de profiter de leur influence.
- ◆ Parmi les variables dépendantes, les indicatrices principales de la « *green value* » sont maintenant la diminution du taux de capitalisation et du taux d'emprunt. On peut interpréter ce changement par le fait que ces deux variables concernent plus d'acteurs que d'autres variables : meilleure valeur de revente, loyer plus élevé, délai de commercialisation plus court, taux de vacance moins élevé ou risque d'obsolescence plus faible. Toutes ces variables sont maintenant des indicatrices secondaires de la performance du système. Nous l'avons vu plus haut, la « *green value* » concerne de nombreux acteurs aussi bien techniques que financiers. Il semble qu'un consensus de cette multitude d'acteurs autour des qualités techniques et financières d'un bâtiment soit démontré dans la diminution du taux d'emprunt et du taux de capitalisation. Ces deux variables représentent directement ou indirectement la diminution du risque d'obsolescence relié au bâtiment.

## 2.4 Remarques sur les limites de l'analyse

L'analyse systémique est généralement plus performante si elle est précédée de débats dans un groupe de réflexion. Ici, les matrices des relations directes ont été remplies par l'auteur, qui ne peut avoir une vision aussi globale qu'un groupe de réflexion bénéficiant de l'apport de différents spécialistes.

De même, il convient d'être prudent quant aux chiffres proposés dans l'analyse. L'objectif est plutôt de réfléchir au comportement du système que d'obtenir des résultats chiffrés formels.

## 2.5 Conclusions de l'approche systémique

**Au début de ce paragraphe, nous avons tenté de définir la « green value » : valorisation supplémentaire apportée par le biais d'un actif grâce à la simple relation qui le lie à des facteurs de développement durable.**

Nous avons tout d'abord bien pu identifier que les notions de développement durable et de « green value » étaient certes reliées mais différentes. L'approche systémique nous a permis de développer un raisonnement global et de préciser notre compréhension de la « green value ». Un des points importants relevé est le système complexe dans lequel évoluent de nombreux acteurs, dont les objectifs ne sont parfois pas les mêmes. Il a notamment été relevé une scission importante entre deux sphères, rarement en relation l'une avec l'autre : la sphère technique d'une part et la sphère juridique et financière d'autre part.

Par ailleurs, l'approche systémique a permis de démontrer que la « green value » s'exprime au travers de nombreuses variables (et non seulement d'une valeur vénale plus élevée) : augmentation du loyer, diminution des délais de commercialisation, amélioration de la valeur de revente, taux de vacance moins élevé. Tous ces paramètres identifient la présence de la « green value » par une meilleure performance financière de l'actif immobilier. Mais notre analyse nous a mené à identifier une autre forme de gain consécutif à la « green value ». Celle-ci permet de bénéficier d'un risque moins élevé. Ceci se traduit par la diminution du risque d'obsolescence, engendrant, un taux d'emprunt et de capitalisation moins élevés. La prise en compte du facteur risque dans la « green value » semble donc prépondérante, au-delà même de la performance financière de l'actif immobilier. L'importance de ce gain n'est visible, dans notre analyse, que lorsqu'un consensus se forme autour des qualités techniques et financières du bâtiment. Ce consensus autour de nombreux acteurs, issus de différents domaines, ne peut être obtenu qu'au bout d'un certain temps.

L'analyse systémique nous a aussi permis de mettre en avant les différentes possibilités d'influer sur la « green value ». Il a tout d'abord été démontré que les stratégies « core » et « value-added » étaient moins performantes que la stratégie « opportunistic ». En effet, l'investissement initial pour réaliser d'éventuels travaux de réhabilitation est particulièrement important pour aboutir à la « green value ». C'est un des paramètres déterminants du système étudié, sans lequel il apparaît impossible de bénéficier de la « green value ». Or le propriétaire adoptant une stratégie « opportunistic » est le plus enclin à consentir un investissement initial important. L'autre variable la plus influente est l'action de l'Etat, qui peut s'avérer déterminante aussi bien par des mesures incitatives que contraignantes. La recherche de nouvelles techniques de constructions, moins énergivores, et leur compréhension sont aussi deux paramètres déterminants sur lesquels il faut agir pour faciliter la « green value ».

**Les conclusions principales de l'analyse systémique nous amènent donc à repenser notre définition de la « green value » pour un actif immobilier : amélioration de la performance financière d'un actif immobilier mais surtout diminution du risque d'obsolescence relié à cet actif grâce à la simple relation qui le lie à des facteurs de développement durable.**

Après avoir adopté une approche systémique, très théorique, nous allons tenter de voir comment celle-ci peut aider les investisseurs ou les experts pour un cas concret d'évaluation d'immeuble. C'est l'objet de la deuxième partie de l'étude : chiffrer la « green value ».



# CHIFFRER LA « GREEN VALUE »

Dans cette partie, une expertise immobilière tenant compte de la « *green value* » a été réalisée. Elle concerne un immeuble tertiaire du patrimoine « privé », situé en banlieue ouest parisienne et possédant une Surface Hors Œuvre Nette (SHON) de 6 984 m<sup>2</sup>. L'objectif de cette partie est de s'appuyer sur l'analyse systémique et de proposer des moyens permettant la prise en compte de la « *green value* ». Cette étude de cas est avant tout prétexte pour l'étude de prise en compte de la « *green value* ».

Comme il l'a été démontré dans l'analyse systémique, la sphère technique d'une part et la sphère financière et juridique d'autre part sont rarement en rapport l'une avec l'autre. L'idée est donc de s'appuyer sur un audit énergétique réalisé sur cet immeuble pour pouvoir le valoriser par la suite. Cette partie s'organisera donc en deux paragraphes : l'audit énergétique<sup>26</sup> et l'évaluation immobilière avec prise en compte de la « *green value* ».

## 1. DIAGNOSTIC TECHNIQUE

### 1.1 Descriptif technique sommaire

#### 1.1.1 Le bâti

L'enveloppe du bâtiment est en voile béton avec parement vitré et acier, pour le sud-est. Un enduit a été posé pour la façade nord-ouest. L'isolation se fait par l'intérieur avec 8 cm de polystyrène.

La photographie suivante montre une vue de la façade sud-est. L'annexe B contient le plan d'un étage courant, avec l'orientation du bâtiment.



Figure 12: vue de l'enveloppe du bâtiment en façade sud-est

Les menuiseries sont en PVC<sup>27</sup>. Les vitrages sont doubles (4/12/4) sans isolation thermique renforcée. La protection solaire est assurée par des stores blancs à lamelle.

<sup>26</sup> Nota : La « *green value* » comme exposé dans le chapitre précédent, ne se résume pas à l'aspect énergétique du bâtiment. Toutefois, afin d'en simplifier l'évaluation de l'impact cet aspect sera privilégié. En effet, l'aspect sociologique, tel que le confort des résidents, est moins aisément « chiffrable » et nécessiterait une enquête auprès des habitants. Cependant, nous tenterons de prendre en compte cet aspect dans la partie « évaluation immobilière ».

<sup>27</sup> **PVC:** Polychlorure de vinyle.

Le plancher haut est une toiture terrasse inversée isolée par 10 cm de polyuréthane. Le plancher bas est une dalle béton donnant sur des parkings. L'isolation est réalisée en sous face par un flocage d'une épaisseur d'environ 3 cm.

### 1.1.2 Les équipements

Le chauffage et la production d'ECS<sup>28</sup> sont assurés par le réseau de chaleur urbain. La puissance nominale de la sous-station est de 630 kW.

Quatre groupes frigorifiques produisent la climatisation tandis que deux CTA<sup>29</sup> permettent une ventilation simple flux sans récupération d'air chaud. L'extraction d'air est réalisée par des bouches auto réglables dans les sanitaires.

L'éclairage artificiel est permis par des tubes fluorescents dans les bureaux et des spots halogènes dichroïques dans les sanitaires.

## 1.2 Etat des surfaces

La surface totale est développée sur 5 niveaux de bureaux, rez-de-chaussée inclus. Notons aussi la présence de 3 niveaux réservés au stationnement et d'un restaurant inter entreprise<sup>30</sup>.

Chaque étage développe une SHON d'environ 1 397 m<sup>2</sup>. D'après le plan d'étage courant, qui nous a été fourni (Annexe A), la répartition des surfaces est réalisée de la manière suivante :

Utilisation	Surface (m <sup>2</sup> )
Bureaux	1 165,7
Sanitaires	40,3
Local technique	34,0
Accueil/ascenseur	113,2
Escaliers	43,6
<b>Total</b>	<b>1 396,8</b>

Figure 13: état des surfaces d'un étage courant

Précisons que cet état des surfaces a été réalisé par nos soins, et non par un expert géomètre. Celui-ci a pour finalité d'établir un avis sur la valeur vénale et locative mais ce rapport ne pourra avoir une valeur contractuelle.

## 1.3 Résumé de l'audit énergétique (MANEXI I et II, 2009)

### 1.3.1 Performance réglementaire du bâtiment

La performance énergétique a tout d'abord été évaluée en termes d'écart avec le niveau imposé par la réglementation énergétique imposée aux constructions neuves (RT 2005). Une simulation de la consommation conventionnelle du bâtiment étudié, Cep<sup>31</sup>, a été réalisée, à l'aide du logiciel CLIMAWIN version 1.2, et comparée à la consommation d'un bâtiment dit de « référence », Cep réf<sup>32</sup>, consommation maximale de celui-ci s'il était construit aujourd'hui.

<sup>28</sup> **ECS:** Eau Chaude Sanitaire

<sup>29</sup> **CTA:** Centrale de Traitement d'Air, permettant éventuellement de chauffer, refroidir, filtrer ou humidifier l'air vicié.

<sup>30</sup> **RIE:** Restaurant Inter Entreprise.

<sup>31</sup> **Cep:** Consommation énergétique conventionnelle d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire (hors blocs sanitaires) et l'éclairage des locaux.

<sup>32</sup> **Cep réf :** Consommation énergétique conventionnelle que le bâtiment ne serait pas autorisé à dépasser s'il était construit aujourd'hui.



Cep	202 kWep/m <sup>2</sup> .an
Cep réf	144 kWep/m <sup>2</sup> .an
(Cep - Cep réf)/Cep réf	41%

Figure 14: consommations globales du bâtiment de référence et du bâtiment étudié<sup>33</sup>

Le résultat Cep, trouvé par le bureau d'études, est étonnement faible pour ce type de bâtiment. Nous nous appuyons tout de même sur la répartition des consommations par postes de dépenses. Ceci nous permet de comprendre que les postes susceptibles d'être améliorés sont le chauffage, la ventilation et l'éclairage.

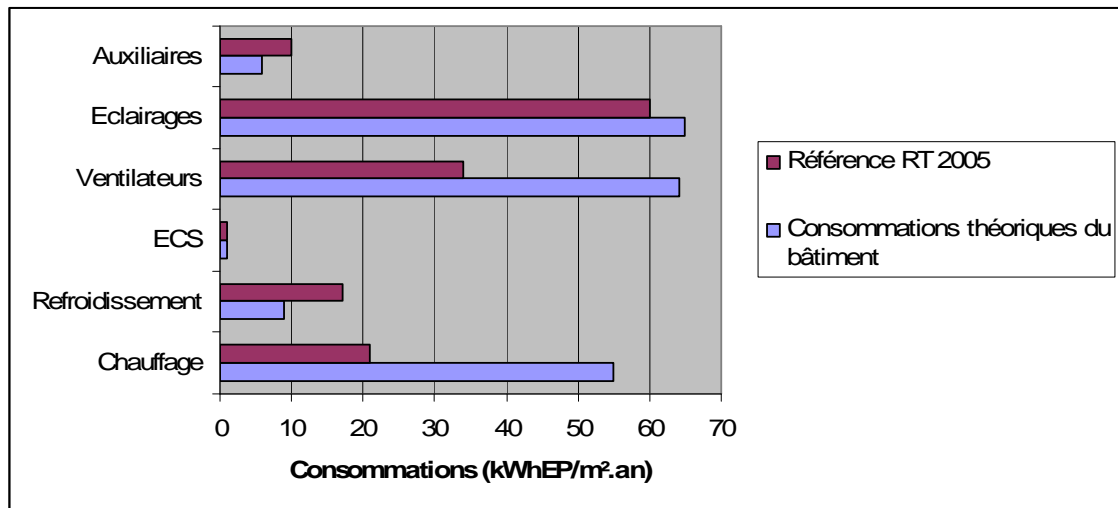


Figure 15: répartition des consommations par poste

En ce qui concerne le chauffage, l'écart constaté s'explique essentiellement par des déperditions par transmission et ventilation<sup>34</sup>. Le bâtiment souffre des défauts suivants :

- ◆ Pas de récupération de chaleur pour les CTA
- ◆ Débit de renouvellement d'air supérieur à la réglementation
- ◆ Isolation intérieure facilitant les déperditions par ponts thermiques<sup>35</sup>
- ◆ Isolation pas suffisante
- ◆ Absence de programmation centralisée des ventilo-convecteurs qui entraîne un fonctionnement permanent de certains d'entre eux

Le poste ventilation est largement défavorisé par les éléments suivants :

- ◆ Pas de programmation du fonctionnement des ventilo-convecteurs, dont la consommation représente 80% de la consommation de ce poste
- ◆ Débit de renouvellement d'air supérieur à la réglementation

<sup>33</sup> EF : Energie finale. Energie livrée chez le consommateur pour son utilisation finale.  
 EP : Energie primaire. Energie disponible dans la nature avant toute transformation

<sup>34</sup> Pertes par infiltration : Energie consommée pour chauffer l'air qui s'introduit à cause des défauts d'étanchéité  
 Pertes par transmission : Pertes par conduction thermique à travers les murs, les fenêtres, le plancher haut, bas,...  
 Pertes par ventilation : Energie consommée pour chauffer l'air neuf introduit en remplacement de l'air vicié

<sup>35</sup> Ponts thermiques : Élément conducteur de la chaleur reliant accidentellement deux parties d'une construction destinées à être isolées l'une de l'autre. Les ponts thermiques nuisent à une bonne isolation des habitations.

- ◆ Consommations électriques moyennes des ventilateurs supérieurs à la réglementation

La surconsommation en éclairage est principalement due au plus grand ratio puissance au mètre carré (17 W/m<sup>2</sup> contre 12 en référence). La présence d'halogènes est une cause de ce ratio élevé. Des ampoules à basses consommations seraient donc à privilégier. Cependant, les halogènes ne sont présents que dans les sanitaires.

En conclusion, la qualité intrinsèque du bâtiment est moins bonne que celle d'un bâtiment neuf.

### 1.3.2 Etude de la consommation réelle

Seules les factures d'électricité ont pu être fournies par l'exploitant, les consommations correspondant au réseau de chaleur (100% gaz) ont du être estimées à l'aide du logiciel ClimaWin. Au final, il a été conclu que la consommation du bâtiment était de 521 kWhEP/m<sup>2</sup>SHON.an<sup>36</sup>, ce qui traduit une nette différence avec le calcul RT 2005, pour lequel Cep était égal à 202 kWhEP/m<sup>2</sup>SHON.an.

Ceci s'explique de plusieurs manières :

- ◆ Le coefficient Cep ne prend pas en compte toutes les consommations du bâtiment (parc informatiques, serveurs, chambres froides, appareils de cuisson,...). Il est donc normal que ces deux consommations soient différentes.
- ◆ Les hypothèses d'occupation ne sont pas les mêmes que celles définies dans la RT 2005 : température supérieure à 19°C en hiver, plage d'occupation du bâtiment plus large en réalité.
- ◆ La RT 2005 se place dans l'hypothèse que les matériels installés correspondent aux exigences 2005. Hors ceux-ci ont été installés 10 ans plus tôt (1994) et sont donc intrinsèquement moins performants. De plus, selon le mode d'exploitation, il se peut que cette dégradation des performances soit plus importante.

Au-delà des caractéristiques constructives du bâtiment, l'amélioration énergétique passe avant tout par des actions de maîtrise de l'énergie (matériel peu consommateur, gestion rationnelle de l'énergie, action de sensibilisation,...). Il est intéressant de remarquer que 47% de la consommation totale est composée des équipements (serveurs, bureautique et autres équipements dont le RIE), qui permettent également de chauffer les locaux mal isolés.

Si l'isolation n'est pas renforcée et que les équipements et les usages sont améliorés, le système de chauffage devra produire plus de chaud. Les propriétaires s'exposeraient alors à un fort risque de mécontentement des utilisateurs. En effet, si le système n'est pas en capacité de produire plus de chaud, des inconforts en hiver devraient se faire sentir.

Notons que la consommation du bâtiment reste nettement inférieure à la moyenne des bâtiments de sa typologie. Cette comparaison est établie à l'aide de la nomenclature IPD<sup>37</sup>, qui recensait 220 immeubles de bureaux en France en février 2009. Le bâtiment est classé dans la catégorie « haute fonctionnalité technique » principalement grâce à la présence d'un RIE. Ce classement est discutable étant donné que la classification ne tient pas compte de la consommation des différents matériels, qui peut certes être aussi élevée pour les autres immeubles.

### 1.3.3 Coûts énergétiques

L'objectif de ce paragraphe est de cibler les coûts associés à chaque poste de consommation. Les émissions de gaz à effet de serre sont aussi indiquées.

<sup>36</sup> kWhEP/m<sup>2</sup>SHON : Consommation en kilowattheure d'énergie primaire par surface hors œuvre nette et par an.

<sup>37</sup> IPD : Investment Property Databank. Société fournissant aux acteurs du marché de l'immobilier divers produits d'analyse du marché (benchmark, étude de marché, indices, outils d'aide à la décision...)

	Consommation totale en énergie finale (Mwhef/an)	Consommation totale en énergie primaire (Mwhep/an)	Energie associée	Ratio de consommation en énergie primaire (kWhpep/m².an)	Emissions de gaz à effet de serre (kgeqCO2/m².an)	Dépenses annuelles (€)
<b>Chauffage</b>	247	247	gaz-réseau urbain	35	13	13 709
<b>Rafraîchissement</b>	133	343	électricité	49	2	14 284
<b>Eclairage</b>	222	573	électricité	83	3	23 843
<b>Bureautique</b>	310	800	électricité	114	4	33 294
<b>Serveurs</b>	187	482	électricité	69	2	20 084
<b>Autres équipements</b>	171	441	électricité	63	2	18 365
<b>ECS</b>	9	9	gaz-réseau urbain	1	0	500
<b>Ventilateurs</b>	209	539	électricité	77	3	22 447
<b>Auxiliaires</b>	17	44	électricité	6	0	1 826
<b>Autres postes</b>	58	150	électricité	23	1	6 229
<b>Total</b>	<b>1 563</b>	<b>3 628</b>		<b>520</b>	<b>30</b>	<b>154 580</b>

Figure 16: consommations par poste et dépenses associées

Conformément au décret du 15 septembre 2006 sur les DPE, les prix de l'électricité et du réseau de chaleur ont été pris égaux respectivement à 0,1074 €/kWh<sub>ef</sub> et 0,0555 €/kWh<sub>ep</sub>. Par ailleurs, conformément au même décret, les coefficients de conversion en kg eq CO<sub>2</sub> ont été pris égaux à 0,084 pour l'électricité et 0,384 pour le réseau de chaleur. Notons que tous les temps de retour sur investissement sont calculés sans aides. Ceci constitue une approximation dont nous nous accommoderons dans le cadre d'une étude, dont le but est essentiellement de proposer des méthodes de prise en compte de la « green value »

### 1.3.4 Retour de la campagne de mesure

Une campagne d'enregistrement des appels de puissance a montré que des actions inutiles pendant les horaires d'inoccupation avaient lieu :

- ◆ Consommations des ventilo-convecteurs pendant le week-end
- ◆ Démarrage intempestif des groupes frigorifiques pendant la nuit et le week-end entraînant une usure plus rapide des parties mécaniques.

### 1.3.5 Propositions d'amélioration

Au regard de cette analyse, plusieurs pistes d'amélioration ont été ciblées. La partie « bâtie » n'a pas été l'objet d'améliorations car les temps de retour sur investissements ont été jugés très élevés. Nous reviendrons dans la suite du rapport sur ce point. En effet, avec la prise en compte de la « green value », les temps de retour sur investissements peuvent être considérablement abaissés.

Les auteurs de l'audit ont donc choisis de proposer une solution d'amélioration à moindre coût. Les propositions suivantes ont été formulées :

- ◆ La mise en place d'un récupérateur de chaleur permettrait d'abaisser la consommation réelle du bâtiment de 2%. L'investissement serait de l'ordre de 15 000 € et le temps de retour sur investissement de 4 ans.
- ◆ L'extinction la nuit et le week-end des ventilo-convecteurs n'aurait aucun coup et permettrait d'abaisser la consommation réelle de 12% environ. Ce résultat ayant été relevé dans (MANEXI II, 2009), nous ne savons pas si ce gain de consommation prend en compte la ventilation nocturne en été, actuellement présente, permettant d'abaisser la température intérieure du bâtiment sans climatisation et qui constitue donc un inconvénient pour cette proposition d'amélioration.

- ♦ La sensibilisation des occupants sur les consignes de température (21°C au lieu de 23°C en hiver), sur les veilles hors occupation n'aurait qu'un coup modéré, qui n'a pas été évalué, mais permettrait d'abaisser les consommations réelles de 12%. A titre d'exemple, une campagne de sensibilisation des occupants dans un immeuble de bureau avec courbes de charge avant et après sensibilisation, représentait lors d'une étude conduite auprès de 120 personnes (avec réunion commune et passage dans chaque bureau pour information) près de 12'000€. Tout dépend de la nature de la sensibilisation pouvant aller du simple prospectus à l'évaluation réelle du gain par courbe de charge. Afin de modifier significativement les usages, nous pensons que cette campagne devra revêtir une certaine ampleur. Avec le chiffre précisé précédemment, on pourrait chiffrer le coût de cette mesure à environ 32 000 €, étant donné qu'il y a 320 utilisateurs dans ce bâtiment. Cependant, le coût de cette campagne étant difficile à évaluer et dépendant fortement de la volonté du décideur, nous retiendrons la proposition de MANEXI de ne pas chiffrer ce coût. Ce point constitue donc une approximation dans notre étude technique.

## 1.4 Etablissement de scénarii de réhabilitation

Les propositions faites dans l'audit énergétique sont minimalistes. Afin d'entreprendre une véritable démarche « développement durable », il convient d'envisager des propositions supplémentaires plus ambitieuses même si leur temps de retour sur investissement n'est pas favorable en première approche. Trois scénarii plus ou moins ambitieux sont donc envisagés, un peu à la manière des trois types de stratégie d'investissement que l'on peut rencontrer : « core », « value-added » et « opportunistic ». Les temps de retour sur investissement au regard des économies réalisées dans chaque scénario sont ensuite chiffrés.

### 1.4.1 Scénario 1 : stratégie « core »

Cet investisseur souhaite ne pas engager de réhabilitation lourde et donc le moins de travaux possibles.

Il optera donc vraisemblablement pour la solution proposée dans l'audit énergétique permettant, à moindre coût, de réaliser des économies d'énergie importantes, sur les postes les plus énergivores.

Programme des travaux	Poste ciblé	Coût (€)	Economies d'énergie attendues (MWh/ea/an)	Diminution des dépenses annuelles (€)	Temps de retour sur investissement (années)	Economies d'énergie attendues (kWh/ea/m².an)	Economies en émissions de gaz à effet de serre (kgCO2/m².an)
Récupération de chaleur	Chauffage (ventilation)	15 000	-72,6	-4027,1 €	4	-10,4	-4,0
Extinction des ventilo-convecteurs	Ventilation	0	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
Changement des usages	Rafraîchissement Chauffage Equipements Eclairage	0	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
<b>TOTAL</b>		<b>15 000</b>	<b>-410,1</b>	<b>-40274,0 €</b>	<b>0,4</b>	<b>-135,1</b>	<b>-8,0</b>

Figure 17: programme de travaux du scénario 1

Dans ce scénario, il est choisi de privilégier l'action sur les déperditions par ventilation. Ce choix est judicieux dans la mesure où elles génèrent 61% des dépenses en chauffage (MANEXI II, 2009). Cependant, la troisième proposition de changement des usages visant à engager une action de maîtrise de l'énergie sur les utilisateurs sans améliorer l'isolation peut s'avérer risqué pour le propriétaire. Ceci sera donc pris en compte dans l'analyse de risque réalisée dans l'évaluation immobilière.

### 1.4.2 Scénario 2 : « *value-added* »

Cet investisseur choisira des immeubles nécessitant des améliorations pouvant amener à une meilleure valorisation de l'immeuble. Sur ce type d'immeuble, il n'hésitera donc pas à se lancer dans des travaux plus onéreux, ne nécessitant toutefois pas de réhabilitation lourde, avec par exemple à la clé un établissement de permis de construire.

Commençons par imaginer le programme de travaux que cet investisseur pourrait réaliser. L'amélioration du bâti permettra de limiter les déperditions par transmission de l'enveloppe. Réaliser des travaux sur le bâti peut paraître être un non sens au regard des forts investissements à consentir et de la faible part des pertes par transmission par rapport aux déperditions totales. En effet, elles représentent 36% des consommations de chauffage (MANEXI II, 2009), l'enveloppe du bâtiment étant isolée. En isolation du bâti, les temps de retour sur investissement peuvent être très intéressants à condition que l'immeuble soit mal isolé. Mais ceci est très important pour assurer le bon fonctionnement des actions de maîtrise de l'énergie. Nous proposons donc de renforcer l'isolation du bâti avec:

- ◆ L'isolation par l'extérieur des murs avec de l'enduit chanvre/chaux pour la façade nord-ouest (voir annexe E pour les calculs d'économies)
- ◆ Le remplacement des vitrages actuels par des vitrages peu émissifs (voir annexe F pour les calculs d'économies), qui amélioreront également le confort visuel durant la période estivale.
- ◆ L'isolation du plancher bas par 10 cm supplémentaires de polyuréthane (voir annexe G pour les calculs d'économies)

L'isolation du plancher haut nous semble suffisante (10 cm de polyuréthane) et les pourcentages de déperditions associées le prouvent (voir annexe D), c'est pourquoi nous n'avons pas proposé de solution d'amélioration.

Une autre amélioration intéressante aurait pu être le remplacement des ampoules actuelles par des ampoules à basse consommation. Cependant, nous souhaitons limiter les dépenses et essayer de proposer un scénario avec un investissement raisonnable. Or, le coût de l'investissement dans des ampoules basse consommation serait considérable. L'efficacité des tubes fluorescents, utilisés dans les bureaux, est satisfaisante : classe énergétique A avec une efficacité supérieure à 50 lumen/W. Nous choisissons donc de ne pas mettre en place cette solution, dont l'intérêt serait surtout quantifiable pour les sanitaires.

Pour calculer les économies d'énergie liées à ces améliorations, un calcul de déperditions a été développé. Nous tenons à préciser que ceci n'étant pas l'objectif du mémoire, des calculs simplifiés ont été réalisés. Ceux-ci sont détaillés en annexe (voir annexe D).

Par ailleurs, compte tenu de la présence d'un parement vitré en façade sud-est, il peut être intéressant de réaliser un mur trombe. Ceci permettra d'éviter les déperditions et les besoins de rafraîchissement l'été. (voir annexe H pour le principe). Les calculs d'économies d'énergie n'ont pas été réalisés précisément car ils nécessiteraient l'utilisation de logiciels de simulation dynamique. Le coût de cette solution est difficile à évaluer mais devrait rester raisonnable, étant donné les faibles travaux à réaliser.

Programme des travaux	Poste ciblé	Coût (€)	Economies d'énergie attendues (MWh/ea/an)	Diminution des dépenses annuelles (€)	Temps de retour sur investissement (années)	Economies d'énergie attendues (kWh/ea/m².an)	Economies en émissions de gaz à effet de serre (kgeqCO2/m².an)
Récupération de chaleur	Chauffage (ventilation)	15 000 €	-72,6	-4027,1 €	4	-10,4	-4,0
Extinction des ventilo-convecteurs	Ventilation	0 €	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
Changement des usages	Rafraîchissement Chauffage Equipements Eclairage	0 €	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
Isolation du plancher bas	Chauffage (transmission)	21 000 €	-32,6	-1814,9 €	12	-4,7	-1,8
Isolation par l'extérieur des trois façades non vitrées	Chauffage (transmission)	107 000 €	-32,7	-1814,9 €	59	-4,7	-1,8
Remplacement des doubles vitrages	Chauffage (transmission et infiltration)	113 000 €	-17,1	-949,1 €	119	-2,4	-0,9
Mur trombe	Chauffage (ventilation) Rafraîchissement	non chiffré					
<b>TOTAL</b>		<b>256 000 €</b>	<b>-492,5</b>	<b>-44852,7 €</b>	<b>5,7</b>	<b>-146,9</b>	<b>-12,6</b>

Figure 18: programme de travaux du scénario 2

Même avec l'investissement conséquent dans l'isolation du bâti et sans prise en compte des aides de l'Etat, le temps de retour global du projet reste très intéressant. Ce projet semble de plus moins risqué que le précédent puisque les nouvelles isolations du bâti amélioreront le ressenti des usagers : l'action de changement des usages a donc plus de chances d'aboutir.

### 1.4.3 Scénario 3 : « opportunistic »

Cet investisseur est susceptible de réaliser de lourdes réhabilitations. Il faut donc envisager cette possibilité et essayer de cerner les enjeux attenants à travers une approche globale (financière, technique et juridique).

Au regard des fortes consommations d'électricité, de l'importante surface de toiture terrasse et de l'absence de masques proches, la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques peut s'avérer intéressante. Le calcul simplifié des économies associées aux panneaux est réalisé en annexe C. Les coûts de maintenance et les aides financières n'ont notamment pas été pris en compte.

Programme des travaux	Poste ciblé	Coût (€)	Economies d'énergie attendues (MWh/ea/an)	Diminution des dépenses annuelles (€)	Temps de retour sur investissement (années)	Economies d'énergie attendues (kWh/ea/m².an)	Economies en émissions de gaz à effet de serre (kgeqCO2/m².an)
Récupération de chaleur	Chauffage (ventilation)	15 000 €	-72,6	-4027,1 €	4	-10,4	-4,0
Extinction des ventilo-convecteurs	Ventilation	0 €	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
Changement des usages	Rafraîchissement Chauffage Equipements Eclairage	0 €	-168,7	-18123,4 €	immédiat	-62,3	-2,0
Isolation du plancher bas	Chauffage (transmission)	21 000 €	-32,6	-1814,9 €	12	-4,7	-1,8
Isolation par l'extérieur des trois façades non vitrées	Chauffage (transmission)	107 000 €	-32,7	-1814,9 €	59	-4,7	-1,8
Remplacement des doubles vitrages	Chauffage (transmission et infiltration)	113 000 €	-17,1	-949,1 €	119	-2,4	-0,9
Mur trombe	Chauffage (ventilation) Rafraîchissement	non chiffré					
Installation de panneaux photovoltaïques	Postes utilisant l'électricité	200 000 €	-31,8	-10452,0 €	19	-11,8	-1,6
<b>TOTAL</b>		<b>456 000 €</b>	<b>-524,3</b>	<b>-55304,7 €</b>	<b>8,2</b>	<b>-158,7</b>	<b>-14,2</b>

Figure 19: programme de travaux du scénario 3

D'autres améliorations peu coûteuses pourraient également être apportées à ce scénario : aménagement d'un parc de vélo, réalisation d'un bilan carbone, espace détente pour les occupants permettant d'améliorer leur confort. Ces améliorations seront un bon moyen pour le propriétaire de communiquer autour de la démarche entreprise.

Le temps de retour sur investissement de ce scénario est de 8,2 ans, ce qui reste très compétitif et envisageable pour un investisseur « opportuniste ».

#### 1.4.4 Conclusion

D'autres améliorations plus ambitieuses auraient pu être apportées : panneaux solaires sur la façade sud-est, pompe à chaleur,... Une location de la toiture terrasse pour le photovoltaïque aurait aussi pu être envisagée. Mais l'idée était d'essayer de garder des temps de retour sur investissement qui ne décourageraient pas les propriétaires.

Au final, nous obtenons trois programmes de travaux plus ou moins ambitieux. Les temps de retour sur investissement sont de 0,4, 5,7 et 8,2 ans. Les investissements varient entre 15 000 et 456 000 € et sont, nous semble-t-il, représentatifs de ce que pourraient investir différents types de propriétaires dans le cadre de la réhabilitation d'un immeuble livré dans les années 1990.

Notons que ces valeurs sont largement inférieures à 25 % de la valeur du bâtiment, hors prix du terrain. En effet, d'après l'arrêté du 18 décembre 2007 sur les études de faisabilité, cette valeur serait évaluée à 1 100 € HT/m² SHON, soit 7 682 400 € HT. Le bâtiment n'est donc pas soumis aux obligations d'études de faisabilité définies par l'arrêté du 18 décembre 2007.

## 2. EVALUATION IMMOBILIERE AVEC PRISE EN COMPTE DE LA « GREEN VALUE »

### 2.1 Description de l'environnement de l'ensemble immobilier

#### 2.1.1 Environnement général

Livré en 1994, cet immeuble à usage de bureaux comporte 5 niveaux et 3 niveaux de parkings. Il est situé en banlieue Ouest de Paris, dans le secteur péri-défense (Nanterre, Courbevoie, Puteaux, Rueil-Malmaison, Suresnes).

#### 2.1.2 Desserte en transports en commun

La commune est desservie par de multiples transports en commun :

- ◆ Transilien à 50 m environ de l'immeuble
- ◆ Tramway T2 à 300 m environ de l'immeuble
- ◆ 10 lignes de bus à 50 m environ de l'immeuble

Notons toutefois que la commune ne dispose pas de stations de métro.

### 2.2 Situation locative

Trois locataires sont présents dans l'immeuble. Pour des raisons de confidentialité, les clauses des baux en cours, les noms des locataires et les loyers payés ne peuvent être divulgués. Par conséquent, nous émettrons certaines hypothèses pour notre étude. Nous considérerons que chaque locataire dispose d'un tiers de la surface totale, soit 2 328 m<sup>2</sup> par locataire. Nous supposerons aussi que les échéances des trois baux ne sont pas coordonnées. Ainsi, le locataire n°1 sera le preneur d'un bail, ayant pour échéance le 1<sup>er</sup> septembre 2012. Les locataires n°2 et n°3 auront des baux avec des échéances plus tardives : 1<sup>er</sup> septembre 2015 et 1<sup>er</sup> septembre 2018. Ces approximations constituent une limite du cas pratique : un ou plusieurs étages seraient utilisés par plusieurs locataires, ce qui est assurément un désavantage et n'est pas le cas en réalité.

### 2.3 Appréciation de la « green value »

Avant de proposer des pistes de prise en compte de la « green value », nous allons nous attacher à décrire le contexte de marché dans lequel se situe le bien étudié. Nous tenterons de le valoriser dans son état actuel, puis nous donnerons des avis d'évolution de valeur en fonction des différents scénarii de réhabilitation explicités plus haut.

#### 2.3.1 Etude de marché

##### 2.3.1.1 Contexte général en Ile de France

L'objectif de ce paragraphe est d'identifier les différentes grandes zones tertiaires en Ile de France et leur tendance immobilière afin de comprendre la démarche que pourrait avoir un utilisateur en recherche de bureaux. Notre étude nous a amené à distinguer plusieurs grands secteurs géographiques : Paris et sa couronne Ouest et le reste de la première couronne. Nos sources pour ce paragraphe seront (DTZ, Juillet 2009), (DTZ, Avril 2009), (CB RICHARD ELLIS 2, 2009).



## Le marché dominé par l'Ouest et Paris

La forte volonté de réduction des coûts et de rationalisation des surfaces en 2008 s'est traduite par une évolution de la géographie des transactions. Les déménagements de Paris vers la proche banlieue ont été nombreux afin de profiter des opportunités proposées notamment dans le croissant Ouest qui a enregistré une demande placée<sup>38</sup> supérieure à celle de la capitale. Ceci est un phénomène rare et démontre bien la tendance actuelle du marché de l'immobilier. Mais Paris n'est pas pour autant « désertée ». La grande majorité des entreprises déjà implantées optent pour des renégociations de baux plutôt qu'un déménagement global. Paris et sa périphérie Ouest sont donc les secteurs les plus prisés. Mais, suite à une année de transition soutenue par des transactions sur des grandes surfaces, initiées en 2007, l'avenir apparaît incertain.

### Le reste de la première couronne Nord (DTZ, Avril 2009)

La première couronne parisienne constitue une zone de report pour les grands utilisateurs parisiens ou de l'ouest parisiens désireux de diminuer leurs coûts immobiliers. D'ailleurs, les premières couronnes Est, Sud et Nord cherchent à attirer ces acteurs par le biais de programmes neufs de grandes surfaces. Leur proximité à Paris et leur bonne desserte en transports en commun sont aussi des avantages indéniables.

### Contexte au 2<sup>ème</sup> trimestre 2009 (DTZ, Avril 2009)

En Ile de France, le 2<sup>ème</sup> trimestre 2009 a connu une performance moyenne, ce qui peut apparaître comme positif au regard des dernières tendances du marché immobilier. Ceci souligne encore plus l'incertitude qui plane autour du marché ces derniers temps. La demande placée de bureaux en Ile-de-France est restée quasi stable avec environ 400 000 m<sup>2</sup> de surfaces commercialisées. L'offre immédiatement disponible a dépassé 3,2 millions de m<sup>2</sup> soit un taux de vacance de 6,4 % avec des micros marchés très nettement sur offreurs.

En revanche, la baisse des loyers prime a été confirmée. A part à La Défense où ils se sont stabilisés, les prix ont chuté de manière importante : - 20 % à Paris QCA<sup>39</sup> en un an, -10 % dans le croissant Ouest... Cette baisse devrait se poursuivre selon toute vraisemblance au second semestre 2009, sous l'effet important des livraisons. L'évolution des loyers de seconde main est plus contrastée : - 10 % en un an dans le QCA, +2,5 % en première couronne.

#### 2.3.1.2 Contexte à Péri Défense (DTZ, Avril 2009)

Une seule opération s'est concrétisée au premier trimestre 2009 dans le secteur Péri-Défense : l'acquisition par SILIC auprès de SLOUGH ESTATES (SEGRO) de "Reflets Défense", un immeuble de seconde main de 5 800 m<sup>2</sup> dont 3 800 m<sup>2</sup> de bureaux à Nanterre, entièrement loué par le CONSEIL GENERAL DES HAUTS-DE-SEINE dans le cadre d'un bail ferme jusqu'en 2015. Le prix de la transaction était d'environ 25 millions d'euros.

En ce qui concerne les locations, le volume transacté du secteur Péri Défense suit une tendance baissière, avec 63 000 m<sup>2</sup> placés entre janvier et juillet 2009, à comparer à plus de 130 000 m<sup>2</sup> au 1<sup>er</sup> semestre 2008 qui fut particulièrement dynamique. Les commercialisations sur ce territoire, qui s'étaient pourtant bien maintenues au 1<sup>er</sup> trimestre 2009 (environ 53 300m<sup>2</sup>) se sont significativement ralenties au cours du 2<sup>ème</sup> trimestre 2009 avec à peine 9 700 m<sup>2</sup> placés.

Le loyer prime<sup>40</sup> de Péri Défense a chuté de 380€/m<sup>2</sup>/an fin 2008 à 330€/m<sup>2</sup>/an début 2009. Les taux de rendement prime sont, quant à eux en augmentation. Alors qu'ils se situaient à 6,5% au quatrième trimestre 2008, ils étaient positionnés dans une fourchette de 7 à 7,5 % pour la fin du premier trimestre 2009. Le loyer moyen des immeubles de seconde main, dans ce secteur, se situe à 246€/m<sup>2</sup>/an, ce qui constitue une légère baisse.

<sup>38</sup> **Demande placée :** Ensemble des transactions, à la location ou à la vente, réalisées par des utilisateurs finaux, y compris les précommercialisations, les clés en main et les opérations pour compte-propre

<sup>39</sup> **QCA :** Quartier Central des Affaires. Secteur de Paris regroupant le 8<sup>ème</sup> arrondissement et une partie 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 9<sup>ème</sup>, 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> arrondissements.

<sup>40</sup> **Loyer prime :** Moyenne du premier quartile des valeurs les plus élevées après élimination des valeurs aberrantes (occurrences inférieures à deux).

Plusieurs transactions ont eu lieu sur des immeubles de grande superficie. CAP GEMINI déménagera sur 14 700 m<sup>2</sup> quai Marcel Dassault à Suresnes, immeuble d'UFG, pour 480 €/m<sup>2</sup>/an. MANPOWER a choisi un immeuble neuf ; l'entreprise s'installera sur 14 300 m<sup>2</sup> dans l'immeuble de GENERALI, "Euréka" à Nanterre (32 800 m<sup>2</sup> au total tout juste livrés).

De nombreuses libérations et de nouvelles livraisons ont largement gonflé le stock de Péri Défense, qui est passé d'à peine 150 000 m<sup>2</sup> fin juin 2008 à près de 230 000 m<sup>2</sup> un an après. Le taux de vacance est d'ailleurs assez important en comparaison de la moyenne francilienne puisqu'il se situe à 10,6 %. Dans le même temps, le quartier d'affaires de La Défense, entame une phase de pénurie d'offre. Le secteur de Péri Défense devrait profiter de ce contexte pour bénéficier du report des grands utilisateurs.

### 2.3.1.3 Références locatives dans le secteur des bureaux dans la ville de localisation de l'immeuble

Afin d'affiner notre connaissance du marché des bureaux, nous avons cherché à réunir les transactions locatives réalisées depuis le début de l'année 2009.

Date de la transaction	Adresse	Surface louée (m <sup>2</sup> utiles)	Valeur locative (€ HT/m <sup>2</sup> .an)	Commentaires
T2 2009		125	220	Rénové
T2 2009		466	220	Etat d'usage
T2 2009		224	217	Rénové
T2 2009		109	230	Etat d'usage
T2 2009		101	149	Etat d'usage
T1 2009		92	230	Neuf
T1 2009		14 735	480	Renové
T1 2009		99	240	Etat d'usage
T1 2009		106	235	Renové
T1 2009		198	230	Etat d'usage
T1 2009		970	155	Renové
T1 2009		160	230	Etat d'usage
T1 2009		106	250	Neuf
T1 2009		361	196	Etat d'usage
T1 2009		2 121	220	Etat d'usage
T1 2009		245	240	

Figure 20: références locatives dans le secteur des bureaux dans la ville concernée

### 2.3.2 Valorisation avec prise en compte de la « green value »

Dans cette partie, nous utiliserons deux méthodes pour déterminer la valeur vénale de l'immeuble : la méthode par capitalisation et la méthode par l'actualisation des cash-flows futurs. Plus que les résultats, c'est avant tout les analyses de sensibilité et la compréhension des paramètres impactant sur la « green value » qui importent. Avant cela, nous déterminerons la valeur locative de marché du bien étudié. En second lieu, nous évaluerons le risque lié à l'immeuble, paramètre déterminant pour la suite des calculs.

#### 2.3.2.1 Valeurs locatives de marché

##### Principe de la méthode

Pour déterminer la valeur locative de l'immeuble, nous avons utilisé une méthode par comparaison.

Cette méthode repose sur la recherche d'informations sur des transactions récentes pour des biens de nature comparable situés dans un secteur géographique proche. Ceci a été réalisé

dans l'étude de marché. La qualité de la valorisation repose donc sur une unité de lieu et de temps qui est très difficile à mettre en place avec certitude. Ceci est d'autant plus difficile que la transparence du marché est limitée et que nous ne connaissons pas exactement les caractéristiques des biens dont nous avons trouvé les références de transaction.

L'objection fondamentale que l'on pourrait faire à cette méthode est qu'elle se fonde sur le passé, alors que les acquéreurs qui peuvent s'intéresser à un bien le font en fonction d'une valeur présente et d'un gain attendu dans l'avenir. L'avantage indéniable de cette méthode est qu'elle est fondée sur la réalité du marché.

### Valeur locative du bien dans l'état technique actuel

Les caractéristiques techniques du bien, dans son état actuel, comparées aux caractéristiques des immeubles références, nous amènent à penser que sa valeur locative est d'environ 320 € HT/m<sup>2</sup>.an, pour une surface de 2 328 m<sup>2</sup>. En effet, cet immeuble, en très bon état et plutôt récent, est très bien situé et bénéficie de toutes les prestations nécessaires pour un immeuble de bureaux (RIE, parkings,...). Les loyers moyens et les loyers relevés dans les références sont donc, selon nous, en deçà de la valeur locative de ce bien. Si le bien était loué dans sa totalité à un même locataire, sa valeur locative pourrait être améliorée du fait du manque d'offre pour les grands utilisateurs. Dans ce cas, celle-ci se rapprocherait plus de 350 € HT/m<sup>2</sup>.an.

Nous allons maintenant tenter d'évaluer la valeur locative de l'immeuble si celui-ci bénéficiait des programmes de réhabilitation énoncés plus haut. Pour prendre en compte la « green value », nous allons supposer que la survalorisation est composée de deux parties bien distinctes :

- ◆ les économies d'énergie, et donc de charges, que l'on peut répercuter sur le loyer en l'augmentant. Ces économies sont mesurables ; l'augmentation de loyer l'est donc aussi.
- ◆ la sur valeur liée à l'image de marque et au meilleur confort des utilisateurs, qu'un utilisateur est prêt à payer. Cette survalorisation n'est pas mesurable.

### Valeur locative en cas de réhabilitation – répercussion des économies d'énergie

Les tableaux ci-dessous montrent comment le bailleur, par ailleurs réalisateur de l'investissement relatif à la réhabilitation énergétique, peut répercuter les économies de charges, payées par le locataire, sur le loyer en l'augmentant. Les deux cas d'occupation totale par un locataire et d'occupation par trois locataires sont étudiés.

Etat technique	Dépenses annuelles (€)	Loyer annuel (€)	Loyer (€ HT/m <sup>2</sup> .an)	Survalorisation
Actuel	154 579,8	2 234 880,0	320,0	0,0%
Scénario 1	114 305,8	2 275 154,0	325,8	1,8%
Scénario 2	109 727,1	2 279 732,7	326,4	2,0%
Scénario 3	99 275,1	2 290 184,7	327,9	2,5%

Figure 21: répercussion des économies sur la valeur locative (cas avec trois locataires)

Etat technique	Dépenses annuelles (€)	Loyer annuel (€)	Loyer (€ HT/m <sup>2</sup> .an)	Survalorisation
Actuel	154 579,8	2 444 400,0	350,0	0,0%
Scénario 1	114 305,8	2 484 674,0	355,8	1,6%
Scénario 2	109 727,1	2 489 252,7	356,4	1,8%
Scénario 3	99 275,1	2 499 704,7	357,9	2,3%

Figure 22: répercussion des économies sur la valeur locative (cas avec 1 locataire)

### Valeur locative en cas de réhabilitation – impact de l'image de marque

La difficulté vient de l'évaluation de la survalorisation liée à l'image de marque et au confort. Cependant, les recherches déjà effectuées sur la « green value » peuvent nous aider. Il a été démontré que la sur valeur locative totale pour des immeubles de bureaux américains certifiés ENERGY STAR était d'environ 6% (KOK, 2009). Cherchons à déterminer la part de survalorisation due aux économies de charges pour notre immeuble.

En cas de réhabilitation lourde, qui permettrait de mettre l'immeuble au niveau d'immeubles certifiés, la valeur locative serait nettement améliorée et pourrait passer à environ 400 € HT / m<sup>2</sup>.an. Loué dans sa totalité, l'immeuble aurait alors, selon nous, une valeur locative d'environ 480 € HT / m<sup>2</sup>.an. 6 % de ces loyers seraient dus à la survalorisation. Supposons que ces bâtiments consomment 150 kWhEF / m<sup>2</sup>.an (toutes certifications confondues : or, argent, bronze). Selon le référentiel IPD 2008, qui repose sur 220 immeubles, la moyenne des consommations totales des immeubles de bureaux serait de 311 kWhEF / m<sup>2</sup>.an. A l'image de l'immeuble étudié, nous supposons que 16% de cette consommation concerne des consommations de gaz et que 84% de ces consommations concernent des consommations d'électricité. Le tableau suivant indique la survalorisation en loyer que cela induirait sur l'immeuble étudié par répercussion des économies de charges, dans le cas où il serait cédé dans sa totalité au même locataire. Seules les économies de charges sont prises en compte. Ceci nous permet d'avoir une idée de la part de survalorisation due à l'image de marque et au confort et de la part due aux économies de charges.

Etat technique	Dépenses annuelles (€)	Loyer annuel (€)	Loyer (€ HT/m <sup>2</sup> .an)	Survalorisation
Bâtiment certifié	103 729,2	3 352 320,0	480,0	3,4%
Etat standard (moyenne IPD)	215 065,1	3 240 984,0	464,1	0,0%

Figure 23: estimation de la part des économies de charges dans la "green value"

La part de « green value » due aux économies de charges serait donc de 3,4 %. Celle liée à l'image de marque et au confort serait donc de 2,6 %, soit une somme de 87 000 €/an.

Sur une échelle de 1 à 10, nous pouvons classer les différents scénarii en termes d'image de marque véhiculée et de confort des utilisateurs. Peu d'améliorations visibles sont apportées au premier scénario. De plus, les réductions de température pendant les heures de travail peuvent augmenter la sensation de froid des utilisateurs. L'apport des panneaux solaires photovoltaïques est fort en terme d'image de marque et il sera possible de communiquer autour de cette amélioration, c'est pourquoi le scénario 3 est valorisé par rapport aux deux autres. Il n'est toutefois pas au niveau d'un bâtiment certifié. Enfin, le scénario 2 ne possède pas d'améliorations majeures visibles et bénéfiques à l'image de marque. En revanche, l'amélioration en termes de confort des usagers sera importante par rapport au scénario 1.

Ces constats nous amènent à estimer la classification des différents scénarii sur l'échelle de la manière suivante :

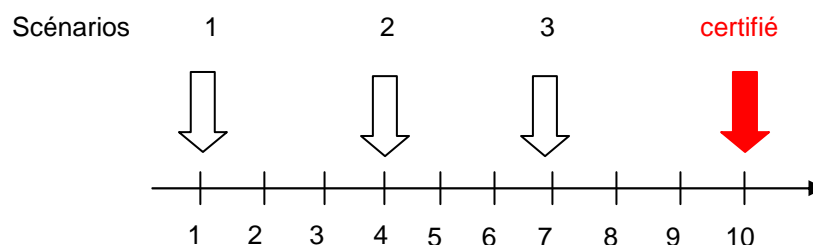


Figure 24: classification des scénarios en fonction de l'image de marque et du confort des utilisateurs

Par conséquent, nous supposons que le scénario 1, par exemple, obtient une « green value » liée à l'image de marque et au confort égale à 10% de celle du scénario de référence, soit 8 700 €/an, soit en loyer 1€ HT/m².an.

Les tableaux suivants récapitulent les valeurs locatives obtenues dans chaque cas.

Etat technique	Répercussion des économies de charges		Image de marque et confort		Green Value
	Loyer (€ HT/m².an)	Survalorisation	Loyer (€ HT/m².an)	Survalorisation	
Actuel	320,0	0,0%	320,0	0,0%	0,0%
Scénario 1	325,8	1,8%	327,0	0,4%	2,2%
Scénario 2	326,4	2,3%	331,4	1,6%	3,8%
Scénario 3	327,9	2,4%	336,7	2,7%	5,1%

Figure 25: estimation de la "green value" pour les valeurs locatives (cas avec trois locataires)

Etat technique	Répercussion des économies de charges		Image de marque et confort		Green Value
	Loyer (€ HT/m².an)	Survalorisation	Loyer (€ HT/m².an)	Survalorisation	
Actuel	350,0	0,0%	350,0	0,0%	0,0%
Scénario 1	355,8	1,6%	357,0	0,4%	2,0%
Scénario 2	356,4	1,8%	361,4	1,4%	3,3%
Scénario 3	357,9	2,3%	366,7	2,5%	4,8%

Figure 26: estimation de la "green value" pour les valeurs locatives (cas avec 1 locataire)

### 2.3.2.2 Méthode par capitalisation

#### Principe

Cette méthodologie est basée sur une évaluation des revenus attendus du bien immobilier, qui sont sauf exception, des loyers. Il est couramment admis que la valeur d'un bien dépend des revenus qu'il procure.

Pour simplifier, on suppose que :

- ◆ Que le revenu ou loyer net est constant,
- ◆ Qu'il est perçu en un nombre d'années qui tend vers l'infini.

En supposant que le montant du loyer net est connu, ou peut être évalué facilement par comparaison, l'appréciation du taux de capitalisation constitue la base de l'évaluation. La valeur vénale, notée V, est alors égale, si l'on note r le taux de capitalisation et L le loyer, à :

$$V = \frac{L}{r}$$

L'appréciation du taux de capitalisation peut se faire en confrontant les taux de capitalisation pratiqués sur le marché, ce qui revient à faire appel à nouveau à la méthode par comparaison. Nous pensons qu'une réflexion plus en profondeur sur la nature du taux de capitalisation est nécessaire. En effet, par analogie avec le modèle de croissance de Gordon, utilisé pour les placements en actions, le taux de capitalisation devrait être égal à la rentabilité exigée par les investisseurs pour ce type de placement (CMPC) moins le taux de croissance du revenu (g).

Il est fortement préconisé d'utiliser pour g, un taux inférieur au taux d'inflation et de ne pas anticiper de croissance rapide, qui serait alors extrapolée à l'infini.

Le Coût Moyen Pondéré du Capital (CMPC aussi appelé WACC) correspond à la moyenne pondérée du coût du financement par emprunt et du coût du financement par capitaux propres.

$$CMPC = k_D(1-t)\frac{D}{V} + k_E\frac{E}{V}$$

$k_D$  : coût du financement par dette. Ce coût est assez facile à déterminer en observant le coût des emprunts.

$\frac{D}{V}$  : part relative du financement par la dette

$k_E$  : coût du financement par capitaux propres. Ce coût est supérieur au coût du financement par dette. En effet, le propriétaire subit le risque d'exploitation en plus du risque financier. Il est donc égal au coût de la dette plus une prime de risque. Celle-ci peut être déterminée par analogie avec le modèle d'évaluation des actifs financiers (MEDAF) postulant une relation linéaire entre le risque et la prime de risque. Afin de limiter la subjectivité de l'analyse, nous utiliserons des grilles de classement en fonction de critères liés aux caractéristiques du bien étudié et à ses potentialités d'évolution dans le temps.

$\frac{E}{V}$  : part relative du financement par capitaux propres

$t$  : taux d'imposition. Nous considérerons dans notre modèle que  $t$  est nul, c'est-à-dire que la charge d'intérêt générée par la dette n'est pas fiscalement déductible.

Nous pourrions aussi intégrer dans cette formule une part relative aux aides versées par l'Etat. Ceci n'a pas été réalisé dans le modèle et constitue une approximation. Ceci ne pourrait avoir pour effet que d'augmenter la « *green value* ». En ne tenant pas compte des aides, nos résultats finaux fourniront la « *green value* » résultant des seules conditions de marché.

### Application de la méthode

Les loyers ont été déterminés dans le paragraphe précédent. Nous supposerons que les travaux relatifs aux scénarios présentés peuvent être effectués en site occupé. Ceci ne devrait pas poser de problème étant donné qu'il ne s'agit pas, dans chaque cas, d'une réhabilitation lourde. Par contre, il n'est pas dit que les locataires acceptent de payer plus cher qu'avant. Le simple argument de la diminution des charges leur importe peu puisqu'elle sera répercutée sur une augmentation de loyer. Pour faciliter les négociations, nous supposerons que le bailleur accepte de partager les économies de charges avec le locataire. Seulement la moitié des économies de charges seront répercutées en augmentation du loyer.

La difficulté majeure dans cette partie vient donc de la détermination du taux d'actualisation. L'étude de marché nous a indiqué que les taux prime étaient situés, à la fin du premier trimestre 2009, dans une fourchette comprise entre 7 et 7,5 %. Le taux de capitalisation que nous allons trouver devrait donc logiquement se trouver au-dessus de cette fourchette.

Nous prendrons  $g$  égal à 1,8%, soit la moyenne de l'inflation annuelle depuis 1991.

Pour les parts de financement relatifs à la dette, nous pourrions les différencier en fonction de la stratégie des investisseurs. Cependant, l'objectif de l'étude étant d'identifier la « *green value* », nous n'introduirons pas de différences à ce niveau et considérerons, qu'en cette période de crise, tous les propriétaires sont endettés à 25%.

La détermination du taux d'emprunt et de la prime de risque a été réalisée après avoir effectué une analyse de risque du projet. Les risques attachés au projet sont nombreux :

- ◆ Risque d'exploitation : risque que les revenus n'évoluent pas de la manière attendue (suite à une modification de l'offre, de la demande, à des modifications macro économiques). Nous distinguerons donc deux types de risque : le risque d'obsolescence et le risque macroéconomique. Dans notre cas, nous pouvons considérer que le risque d'obsolescence est plus faible pour un immeuble ayant subi une réhabilitation énergétique. Mais les scénarios 2 et 3 ne correspondent pas à des réhabilitations permettant d'amener le bâtiment au niveau des bâtiments les plus récents, c'est pourquoi le risque reste « moyen ». Le risque

macroéconomique est « très fort » en cette période de forte incertitude sur les marchés.

Risque d'obsolescence	faible	moyen	fort	très fort
Actuel			x	
Scénario 1			x	
Scénario 2		x		
Scénario 3		x		

Figure 27: évaluation du risque d'obsolescence

Risque macroéconomique	faible	moyen	fort	très fort
Actuel				x
Scénario 1				x
Scénario 2				x
Scénario 3				x

Figure 28: évaluation du risque macroéconomique

- ◆ Risque environnemental : risque qu'un élément lié à l'environnement du bien ait un impact négatif sur celui-ci (autoroute, trafic aérien,...). L'environnement du bâtiment étudié, situé proche de Paris dans une zone fortement urbanisée, permet d'envisager un risque faible dans les quatre cas.

Risque environnemental	faible	moyen	fort	très fort
Actuel	x			
Scénario 1	x			
Scénario 2	x			
Scénario 3	x			

Figure 29: évaluation du risque environnemental

- ◆ Risque lié à la construction : risque liés aux défauts éventuels du bâtiment. Il est plus probable de rencontrer des défaillances techniques des équipements si aucune amélioration n'est apportée au bâtiment. En effet, le fonctionnement en permanence des équipements peut les amener à s'user plus rapidement. Le bâtiment va de plus entrer dans une période, durant laquelle les coûts de maintenance vont augmenter.

Risque de construction	faible	moyen	fort	très fort
Actuel				x
Scénario 1			x	
Scénario 2			x	
Scénario 3			x	

Figure 30: évaluation du risque de construction

- ◆ Risque de liquidité : risque lié au compromis à trouver entre rapidité de la transaction et montant de la transaction. Il est plus probable que les délais de commercialisations soient plus courts dans les cas du scénario 3, compte tenu de la demande qui devrait être croissante sur ce type d'immeubles. Ce risque est particulièrement présent pour l'immobilier direct, beaucoup moins liquide que toute autre forme de placement. Le fait que l'immeuble soit un immeuble de bureaux joue aussi.

Risque de liquidité	faible	moyen	fort	très fort
Actuel				x
Scénario 1				x
Scénario 2				x
Scénario 3			x	

Figure 31: évaluation du risque de liquidité

- ◆ Risque de gestion : risque lié à la nécessité d'effectuer une certaine publicité pour louer le bien, à la nécessité de suivre les encaissements. Dans tous les cas, ce risque nous semble modéré, compte tenu des qualités de localisation du bien et du sérieux des locataires. Cependant, le fait de posséder plusieurs locataires peut être un inconvénient non négligeable, c'est pourquoi nous faisons la distinction entre les deux situations. Le plus fort risque des scénarios 2 et 3 est lié aux loyers perçus plus importants.

Risque de gestion	faible	moyen	fort	très fort
Actuel		x		
Scénario 1		x		
Scénario 2			x	
Scénario 3			x	

Figure 32: évaluation du risque de gestion (cas avec trois locataires)

Risque de gestion	faible	moyen	fort	très fort
Actuel	x			
Scénario 1	x			
Scénario 2		x		
Scénario 3		x		

Figure 33: évaluation du risque de gestion (cas avec un locataire)

- ◆ Risque financier : risque lié au recours à la dette qui augmente la volatilité des cash-flows nets. Dans tous les cas, on considère qu'on a un faible taux d'endettement (25%), le risque est donc faible.

Risque financier	faible	moyen	fort	très fort
Actuel	x			
Scénario 1	x			
Scénario 2	x			
Scénario 3	x			

Figure 34: évaluation du risque financier

- ◆ Risque législatif : risque lié aux lois qui peuvent avoir un impact sur l'immeuble. Ce risque est présent ici : augmentation de la taxe foncière, lois renforcées sur les économies d'énergie, révision du POS en PLU,...

Risque législatif	faible	moyen	fort	très fort
Actuel				x
Scénario 1				x
Scénario 2				x
Scénario 3				x

Figure 35: évaluation du risque législatif

Les grilles d'analyse précédentes nous permettent de calculer la prime de risque dans chaque cas. Une case « faible » rapporte 25 points de base, une case « moyen » rapporte 50 points de base, une case « fort » rapporte 75 points de base et une case « très fort » rapporte 100 points de base. Ainsi, nous avons pu calculer les primes de risque des différentes situations.



Si les banques ont le même raisonnement, celles-ci seront plus disposées à accorder des taux avantageux aux situations les moins risquées. Ainsi, nous modulerons le taux d'emprunt en prenant 5% pour la situation la moins risquée, observation faite des conditions de crédit actuelles pour un taux fixe et un emprunt de longue durée.

	Prime de risque	Coût de la dette	Coût des capitaux propres	Taux de capitalisation
Actuel	5,8%	5,3%	11,1%	7,8%
Scénario 1	5,5%	5,2%	10,7%	7,5%
Scénario 2	5,5%	5,1%	10,6%	7,4%
Scénario 3	5,3%	5,0%	10,3%	7,1%

Figure 36: calcul des taux de capitalisation (cas avec trois locataires)

Les taux de capitalisation sont cohérents. En effet, ceux-ci devraient se situer au dessus de la fourchette 7-7,5%, qui correspond aux taux prime. Mais il faut noter que cette fourchette était valable au premier trimestre 2009. Depuis, les taux d'emprunts ont baissé et les taux de capitalisation aussi. Nous pouvons ainsi calculer les valeurs vénales hors droit en intégrant des frais d'acquisition de 6,2%.

	Taux de capitalisation	Loyer (€ HT/m².an)	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value
Actuel	7,8%	320,0	26 936 406,8	0,0%
Scénario 1	7,5%	324,1	28 311 694,9	5,1%
Scénario 2	7,4%	328,2	28 813 176,6	7,0%
Scénario 3	7,1%	332,7	30 198 348,4	12,1%

Figure 37: estimation de la "green value" (cas avec trois locataires)

	Taux de capitalisation	Loyer (€ HT/m².an)	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value
Actuel	7,6%	350,0	30 186 162,8	0,0%
Scénario 1	7,3%	354,1	31 724 310,7	5,1%
Scénario 2	7,2%	358,2	32 292 179,6	7,0%
Scénario 3	7,0%	362,7	33 864 032,4	12,2%

Figure 38: estimation de la "green value" vénale (cas avec un locataire)

Les investissements initiaux, permettant de réaliser les travaux, ont été déduits des valeurs vénales hors droits. On s'aperçoit que les « green value » s'échelonnent entre 5 et 12 % environ. Ces résultats sont comparables aux résultats trouvés dans les études hédonistes.

### Analyses de sensibilité

Afin de comprendre l'impact de nos choix sur les valeurs finales, il est intéressant d'effectuer des analyses de sensibilité. Nous avons établi une valeur haute et une valeur basse pour la valeur vénale et la green value en faisant varier les paramètres avec des incertitudes qui nous semblent adaptées :

- ◆ Taux de croissance : ± 0,4%
- ◆ Valeurs locatives : ± 10 € HT/m².an
- ◆ Primes de risques : ± 0,5%
- ◆ Coût de la dette : ± 0,3%

Nous supposons les autres incertitudes négligeables.

Plusieurs méthodes existent pour prendre en compte les incertitudes lors de mesures : la méthode de type A qui consiste à effectuer un grand nombre de mesurages successifs de la même grandeur, la méthode de type B basée sur l'analyse du modèle mathématique de la mesure et la loi de propagation des incertitudes et la méthode de Monte-Carlo (CHOCAT, 1997).

L'objectif est ici d'adapter l'une de ces méthodes pour prendre en compte l'incertitude sur les paramètres choisis, et donc le risque que soit tout ne se passe pas comme prévu, soit les paramètres choisis ne soient pas exacts. Ceci a déjà été réalisé avec la méthode de Monte-Carlo [(HOESLI, Juin 2005), (HOESLI, Avril 2006)]. Cette approche est très performante mais nécessite un logiciel adapté. Elle est surtout utile pour la méthode des cash-flows. Pour la méthode par capitalisation, les calculs, moins complexes, permettent de passer par la méthode de type B.

Un autre avantage de la méthode de Monte-Carlo est qu'elle permet à l'évaluateur de choisir les lois de distribution que suivent les variables. Ici, en utilisant la méthode de type B, nous supposons que les variables suivent la loi normale et qu'elles ne sont pas corrélées entre elles, ce qui constitue une approximation. En effet, comme souligné dans (HOESLI, Avril 2006), il existe des corrélations entre paramètres. Par exemple, le taux de croissance et le coût de la dette. Ces corrélations nous semblent faibles et très difficilement quantifiables, c'est pourquoi nous utiliserons cette méthode.

Ainsi, l'incertitude type d'une grandeur Y, dépendant de variables  $X_k$ , s'écrit :

$$u(Y)^2 = \sum_{k=1}^n u(X_k)^2 \left(\frac{\partial f}{\partial X_k}\right)^2$$

L'incertitude type de la valeur vénale s'écrira donc :

$$u(V)^2 = \frac{u(L)^2}{r^2} + \frac{L^2 u(r)^2}{r^4}$$

avec  $u(L)^2 = 10^2$

En notant c le taux de croissance et  $p_r$  la prime de risque, on obtient :

$$u(r)^2 = u(CMPC)^2 + u(c)^2$$

$$u(r)^2 = \frac{D^2}{V^2} u(k_D)^2 + \frac{E^2}{V^2} u(k_E)^2 + u(c)^2$$

$$u(r)^2 = \frac{D^2}{V^2} u(k_D)^2 + \frac{E^2}{V^2} u(k_D)^2 + \frac{E^2}{V^2} u(p_r)^2 + u(c)^2$$

avec  $u(k_D)^2 = 0,3^2$

$$u(p_r)^2 = 0,5^2$$

$$u(c)^2 = 0,4^2$$

En développant les calculs, nous obtenons :

	Taux de capitalisation	Loyer (€ HT/m².an)	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value	u(V)
Actuel	7,8%	320,0	26 936 406,8	0,0%	2 187 420,2
Scénario 1	7,5%	324,1	28 311 694,9	5,1%	2 388 207,1
Scénario 2	7,4%	328,2	28 813 176,6	7,0%	2 483 812,8
Scénario 3	7,1%	332,7	30 198 348,4	12,1%	2 724 761,8

Figure 39: évaluation des incertitudes sur les valeurs vénales (cas avec trois locataires)

	Taux de capitalisation	Loyer (€ HT/m <sup>2</sup> .an)	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value	u(V)
Actuel	7,6%	350,0	30 186 162,8	0,0%	2 511 601,0
Scénario 1	7,3%	354,1	31 724 310,7	5,1%	2 744 302,3
Scénario 2	7,2%	358,2	32 292 179,6	7,0%	2 853 124,4
Scénario 3	7,0%	362,7	33 864 032,4	12,2%	3 132 892,3

Figure 40: évaluation des incertitudes sur les valeurs vénales (cas avec un locataire)

Ainsi nous pouvons déterminer l'intervalle comprenant 95.4% des valeurs vénales hors droits. Le facteur multiplicatif, pour obtenir l'incertitude élargie à partir de l'incertitude type, est égal à 2.

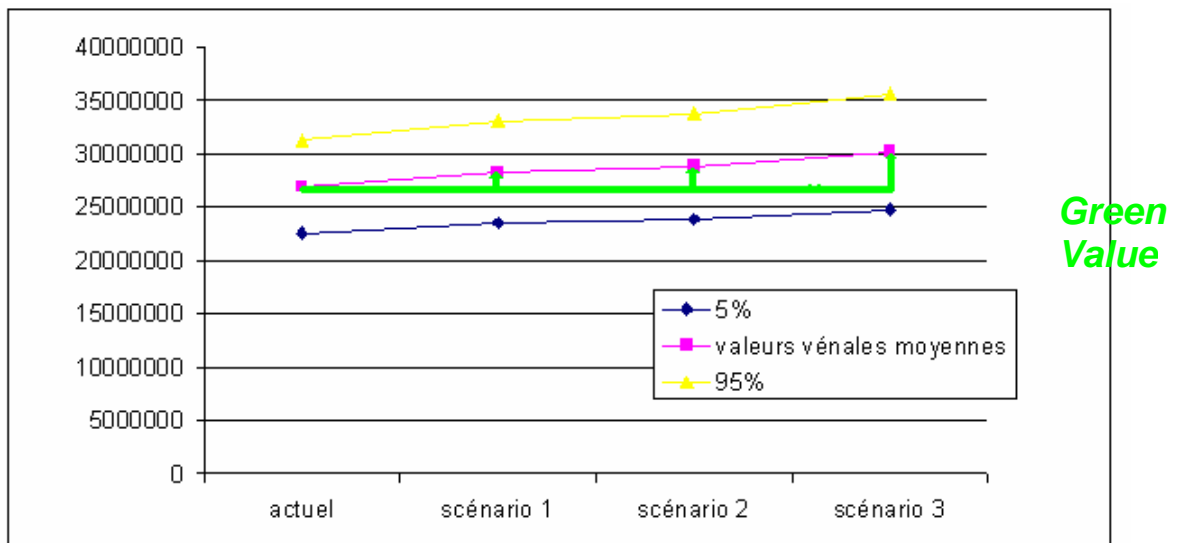


Figure 41: intervalle de confiance à 95,4% sur les valeurs vénales hors droits (€) (cas avec trois locataires)

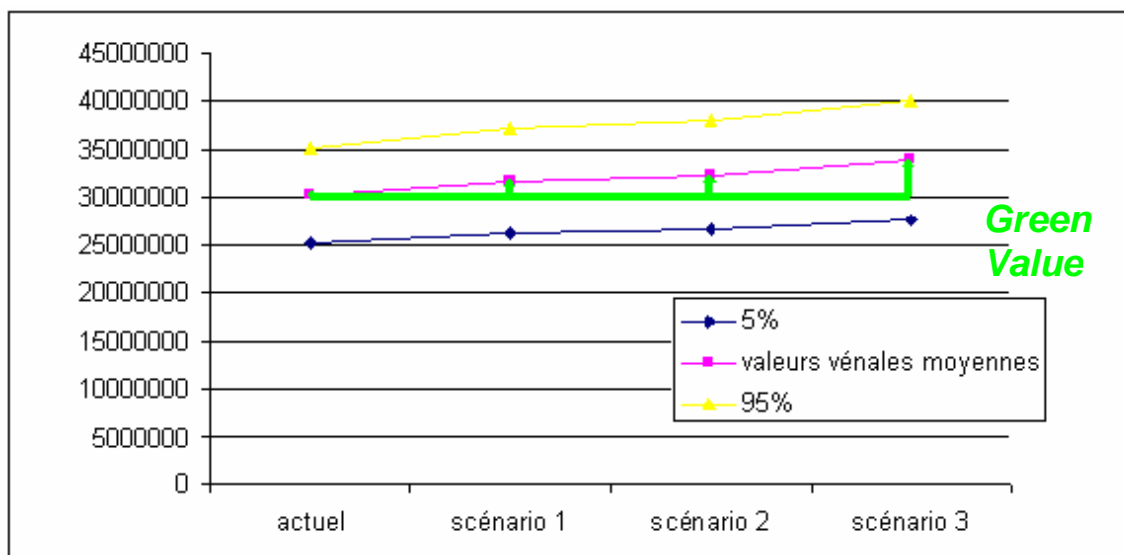


Figure 42: intervalle de confiance à 95,4 % sur les valeurs vénales hors droits (€) (cas avec un locataire)

Nous observons de grandes différences entre les valeurs vénales basses et hautes.

## Conclusion

L'utilisation de la méthode par capitalisation nous a permis d'observer la formation de la « green value ». Celle-ci est d'environ 12% pour le scénario 3.

Nous avons observé par ailleurs que, à cause des incertitudes sur les valeurs d'entrée, des différences importantes peuvent être observées sur les valeurs finales. Il convient donc d'accorder une importance relative aux « green values » trouvées tant les incertitudes sur les valeurs de sortie sont grandes.

Ceci vient en partie de la méthode, qui introduit une grande dépendance par rapport au taux d'actualisation. Une faible variation de ce paramètre introduit une grande différence de valeur vénale. Essayons donc d'utiliser une autre méthode pour valoriser ce bien.

### 2.3.2.3 Méthode par actualisation des cash-flows futurs

#### Principe

On définit le prix d'un actif immobilier comme la somme des revenus nets attendus pendant une période donnée et de la valeur résiduelle de vente à l'issue de cette période. En actualisant les cash-flows nets prévisionnels et la valeur résiduelle à un taux approprié, on obtient la valeur vénale actuelle :

$$V_0 = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + \text{taux})^t} + \frac{VR_T}{(1 + \text{taux})^T}$$

avec T l'horizon de la prévision, taux le taux d'actualisation et VRT la valeur résiduelle du bien à la fin de l'horizon de la prévision.

Nous prendrons T égal à 10 ans. L'intérêt de la méthode réside dans la réflexion menée sur les loyers et les charges. Certaines hypothèses peuvent être introduites (changement de locataire, réalisation de travaux, évolution des facteurs locaux...etc) Par contre, il s'agit de faire une projection dans un futur relativement éloigné, ce qui constitue une limite de la méthode.

Les deux principales difficultés de la méthode résident dans l'établissement du taux d'actualisation et de la valeur résiduelle.

Le taux d'actualisation correspond à la rentabilité exigée par les investisseurs pour ce type de placement, c'est-à-dire en considérant le risque du placement et les alternatives de celui-ci. Cette rentabilité doit au moins être égale au coût des financements, ce qui conduit à calculer le coût moyen pondéré du capital (CMPC).

Pour le calcul de la valeur résiduelle, on procède à un calcul par capitalisation en réfléchissant au taux de capitalisation et au loyer à prendre en compte au niveau de l'année T+1.

#### Application de la méthode

Nous avons pris les mêmes taux d'actualisation et de capitalisation que ceux calculés dans le paragraphe précédent. Les loyers de base sont aussi les mêmes, c'est-à-dire qu'on suppose toujours que les économies de charges sont partagées entre le bailleur et le preneur. La valeur résiduelle a été calculée avec les loyers de la dixième année, qui ont évolué avec le même taux de croissance qu'au paragraphe précédent.

Nous avons supposé que chaque locataire occupe un tiers de la surface totale. Les échéances des baux des locataires se succèdent tous les 3 ans : année 3, année 6 et année 9. Nous avons envisagé un départ à chaque échéance de bail. Certes, cette hypothèse est pessimiste mais elle nous permet d'envisager le pire des cas. Notons que, pour le cas avec un seul locataire, nous supposerons que le bail prendra fin à la sixième année. Le tableau suivant indique la manière avec laquelle le taux de vacance a été calculé. Une variation sur les délais de commercialisation a été introduite pour tenir compte de la diminution du risque d'obsolescence.

SI DEPART			
	Délais de commercialisation (mois)	Taux de vacance annuel (1 locataire)	Taux de vacance annuel (3 locataires)
Actuel	9	75%	25%
Scénario 1	8	67%	22%
Scénario 2	7	58%	19%
Scénario 3	6	50%	17%

Figure 43: calcul du taux de vacance en cas de départ

En cas de départ, des frais de commercialisation ont été intégrés, égaux à 15% du loyer annuel. En cas de départ d'un locataire, le loyer de l'année suivante est revalorisé, c'est-à-dire qu'on ne considère plus que les économies de charges sont réparties entre le bailleur et le preneur. Les loyers sont alors égaux aux loyers présentés dans le paragraphe sur la valeur locative.

Des honoraires de gestion égaux à 3% du loyer annuel ont été pris en compte, ainsi que des provisions pour gros travaux, égaux à 10 €/m<sup>2</sup> la première année et revalorisés chaque année avec le taux de croissance. Des travaux sont réalisés à chaque départ. Ceux-ci ont été pris égaux à 100€/m<sup>2</sup>.

Le tableau suivant montre comment la valeur vénale a été calculée pour le scénario 3 avec trois locataires. Le principe étant le même, les tableaux de cash-flows des autres cas n'ont pas été intégrés aux annexes dans un souci de concision.

Taux de croissance des loyers	1,80%
Taux d'actualisation	8,94%
Taux de capitalisation sortie	7,14%
Honoraires de gestion taux	3,00%
Nombre d'années	10

En €	Année 0 (2009)	Année 1 (2010)	Année 2 (2011)	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Taux de vacance		0,00%	0,00%	17%	0,00%	0,00%	17%	0,00%	0,00%	17%	0,00%
Loyer potentiel total de bureaux		2 365 432	2 408 010	2 451 354	2 505 378	2 550 475	2 596 383	2 653 562	2 701 326	2 749 949	2 810 466
Frais de commercialisation				61 284			64 910			68 749	
Honoraires de gestion		70 963	72 240	61 284	75 161	76 514	64 910	79 607	81 040	68 749	84 314
Investissement pour travaux	456 000			245 599			259 101			273 346	
Provision pour gros travaux		71 097	72 377	73 680	75 006	76 356	77 730	79 130	80 554	82 004	83 480
Loyer net annuel	<b>-456 000</b>	<b>2 223 372</b>	<b>2 263 393</b>	<b>1 600 949</b>	<b>2 355 211</b>	<b>2 397 604</b>	<b>1 697 002</b>	<b>2 494 825</b>	<b>2 539 732</b>	<b>1 798 777</b>	<b>2 642 672</b>

	Bureaux
Valeur vénale du bien en année 10	39 376 059
Valeur vénale année 10 actualisée	16 728 546
Valeur actualisée des flux de loyers nets	14 042 907

<b>Valeur vénale nette acquéreur</b>	<b>30 315 454 €</b>
Droit et frais de vente 6,2%	1 769 829 €
<b>Valeur vénale nette vendeur</b>	<b>28 545 625 €</b>

Figure 44: évaluation par la méthode des cash-flows - scénario 3 (cas avec 3 locataires)

Ainsi, nous avons pu évaluer la « green value » pour les différents scénarios.

	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value
Actuel	24 730 107	0,0%
Scénario 1	26 352 683	6,6%
Scénario 2	26 998 574	9,2%
Scénario 3	28 545 625	15,4%

Figure 45: estimation de la "green value" (cas avec trois locataires)

	Valeur vénale hors droits (€)	Green Value
Actuel	27 895 638	0,0%
Scénario 1	29 663 892	6,3%
Scénario 2	30 419 028	9,0%
Scénario 3	32 164 106	15,3%

Figure 46: estimation de la "green value" (cas avec un locataire)

Nous nous apercevons que les valeurs vénales évaluées par la méthode des cash-flows futurs sont inférieures à celles évaluées par la méthode par capitalisation. Toutefois, les valeurs obtenues par la méthode des cash-flows restent comprises dans l'intervalle de confiance, déterminé dans le paragraphe précédent. Ceci s'explique par les délais de commercialisation et la revalorisation des loyers qui n'étaient pas pris en compte dans la méthode précédente.

### Analyses de sensibilité

Il apparaît difficile de réaliser une analyse des incertitudes avec la méthode de type B. En effet, les calculs de la méthode des cash-flows futurs actualisés sont plus complexes que ceux de la méthode par capitalisation. Les calculs d'incertitude types, par la méthode de type B, seraient donc très fastidieux. Le moyen le plus adapté pour réaliser une analyse d'incertitudes serait d'utiliser la méthode de Monte-Carlo comme cela a déjà été réalisé dans d'autres études [(HOESLI, Juin 2005), (HOESLI, Avril 2006)].

Ceci n'a pas été réalisé dans le cadre de ce rapport, dont le but était avant tout de comprendre la formation de la « green value ». Toutefois, ce type de démarche ne peut que bénéficier pour une meilleure évaluation.

Dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la « green value », il nous semble aussi intéressant d'adopter une vision globale et d'effectuer une analyse multicritère.

## 2.4 Analyse multicritère

L'analyse multicritère proposée dans ce rapport s'appuie sur la méthode ELECTRE II (MAYSTRE, 1994). Elle se divise en 10 étapes, l'objectif final étant de classer les trois scénarios les uns par rapport aux autres en fonction de critères préalablement établis.

Ceci nous permettra de proposer une méthode alternative à la comparaison des projets. En effet, aujourd'hui, les choix des investisseurs sont réalisés en grande partie avec la VAN<sup>41</sup> de chaque scénario. Le seul critère pris en compte est la rentabilité économique du projet. Avec l'analyse multicritère, et la méthode ELECTRE II par exemple, il y a possibilité d'intégrer des critères de qualités techniques, de diminution du risque... Ces critères sont pourtant essentiels c'est pourquoi nous pensons que ce type de méthode peut être utilisée à l'avenir par les décideurs.

<sup>41</sup> VAN : Valeur actuelle nette. Flux de trésorerie actualisé représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les investisseurs. La VAN est notamment très utile dans la comparaison de projets d'investissement.

### 2.4.1 Choix des critères

Nous avons choisi 6 critères qui nous semblent être de bons indicateurs d'aide à la décision : l'investissement de départ, le temps de retour sur investissement, la réduction de consommations d'énergie primaire, l'augmentation de valeur locative, l'augmentation de valeur vénale (cas avec trois locataires et évaluation par la méthode des cash-flows futurs actualisés) et la prime de risque.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Investissement	15 000 €	256 000 €	456000 €
Temps de retour sur investissement	0,4	5,7	8,2
Réduction des consommation d'énergie primaire (kWhEP/m <sup>2</sup> .an)	-135,1	146,9	158,7
Augmentation de la valeur locative	2,2%	3,6%	5,2%
Augmentation de la valeur vénale	6,6%	9,2%	15,4%
Prime de risque	5,5%	5,5%	5,3%

Figure 47: choix des critères pour l'analyse multicritère

Le choix de ces critères et l'importance à leur accorder sont purement arbitraires. Nous prendrons ici le cas d'un propriétaire souhaitant prendre en compte ces critères et leur donner une importance égale. Il va de soi que chaque investisseur est différent et que chaque analyse doit être réalisée avec des critères qui lui sont propres.

### 2.4.2 Analyse multicritère

#### 2.4.2.1 Etape 1 : famille des actions

Notons A(3) la famille des actions potentielles : [Scénario 1, Scénario 2, Scénario 3]

#### 2.4.2.2 Etape 2 : famille des critères

Notons C(6) la famille des critères : [Investissement, Temps de retour sur investissement, Réduction des consommations d'énergie primaire, augmentation de la valeur locative, augmentation de la valeur vénale, Prime de risque]

#### 2.4.2.3 Etape 3 : poids des critères

Notons P(6) l'ensemble des poids des critères, c'est-à-dire les critères que nous choisissons de privilégier. Nous choisissons, dans notre cas, de donner des poids égaux à chaque critère. Chaque poids est donc égal à 1/6.

#### 2.4.2.4 Etape 4 : matrice des évaluations

La matrice des évaluations est la suivante :

	Investissement	Temps de retour sur investissement	Réduction des consommation d'énergie primaire (kWhEP/m <sup>2</sup> .an)	Augmentation de la valeur locative	Augmentation de la valeur vénale	Prime de risque
<b>Scénario 1</b>	15 000 €	0,4	-135,1	2,2%	6,6%	5,5%
<b>Scénario 2</b>	256 000 €	5,7	-146,9	3,6%	9,2%	5,5%
<b>Scénario 3</b>	456 000 €	8,2	-158,7	5,2%	15,4%	5,3%

Figure 48: matrice des évaluations



2.4.2.5 Etape 5 : indices de concordance

Cette étape consiste à déterminer les indices de concordance. Notons le scénario i a<sub>i</sub>. Nous avons établi la matrice de concordance globale à partir de la formule suivante :

$$C_g [a_i][a_k] = \frac{1}{\Pi} \sum_1^m p_j c(a_i, a_k)$$

c(a<sub>i</sub>, a<sub>k</sub>) vaut 1 lorsque l'action i est préférée à l'action k. Dans notre cas, Π vaut 3.

Au final, l'indice de concordance d'une action i sur une action k est la somme des poids pour lesquels l'action i est soit équivalente soit supérieure à l'action k, divisée par la somme totale des poids. Ainsi, la matrice de concordance globale est la suivante :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario 1	-	0,11	0,11
Scénario 2	0,22	-	0,11
Scénario 3	0,22	0,22	-

Figure 49: matrice de concordance globale

A la vue de cette matrice, nous pouvons fixer les seuils de concordance faibles et forts à 0,14 et 0,18.

2.4.2.6 Etape 6 : matrice de discordance

Les coefficients présents dans la matrice de discordance correspondent à la différence entre chaque coefficient de la matrice des évaluations. Si un critère est inférieur à un autre, la coefficient de discordance est égal à 0.

	1	2	3	4	5	6
(a1,a2)	0	0	11,8	1,4	2,6	0
(a1,a3)	0	0	23,6	3	8,8	0,2
(a2,a1)	241 000	5,3	0	0	0	0
(a2,a3)	0	0	11,8	1,6	6,2	0,2
(a3,a1)	441 000	7,8	0	0	0	0
(a3,a2)	200 000	2,5	0	0	0	0

Figure 50: matrice de discordance

2.4.2.7 Etape 7 : seuils de discordance

Cette étape consiste à fixer les seuils de discordance en faisant la moyenne des coefficients de la matrice de discordance. A la vue des valeurs obtenues pour la matrice précédente, nous décidons de fixer les seuils de discordance de la manière suivante :

	1	2	3	4	5	6
Seuils de discordance	294 000	5,2	15,7	2	5,9	0,2

Figure 51: seuils de discordance

2.4.2.8 Etape 8 : test de non circuit

$$\phi [a_i][a_k] = \frac{\sum_1^m p_j c(a_i, a_k)}{\sum_1^m p_j (1 - c(a_i, a_k))}$$

Si  $\phi[a_i][a_k]$  est supérieur ou égal à 1, alors on entre dans la matrice la mention vrai.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario 1	-	FAUX	FAUX
Scénario 2	VRAI	-	FAUX
Scénario 3	VRAI	VRAI	-

Figure 52: test de non circuit

2.4.2.9 Etape 9 : tests de concordance faible et forte, test de non discordance

L'objectif est ici de comparer les coefficients des matrices de concordance et discordance par rapport aux différents seuils : concordance faible, forte et discordance. La case récolte un « VRAI » si le coefficient est supérieur au seuil. Dans le cas de la discordance, c'est l'inverse.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario 1	-	FAUX	FAUX
Scénario 2	VRAI	-	FAUX
Scénario 3	VRAI	VRAI	-

Figure 53: test de concordance faible

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario 1	-	FAUX	FAUX
Scénario 2	VRAI	-	FAUX
Scénario 3	VRAI	VRAI	-

Figure 54: test de concordance fort

	1	2	3	4	5	6
(a1,a2)	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI
(a1,a3)	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX
(a2,a1)	VRAI	FAUX	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI
(a2,a3)	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX
(a3,a1)	FAUX	FAUX	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI
(a3,a2)	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI

Figure 55: test de non discordance

2.4.2.10 Etape 10 : classements direct et indirect

Il y a sur classement fort ou faible si et seulement si :

- le test de concordance fort (ou faible selon le sur classement) est vrai
- le test de non discordance est vrai quelque soit le critère
- le test de non circuit est vrai

Ainsi, nous obtenons les diagrammes de sur classement faibles et forts.



Figure 56: diagrammes de surclassement faible et fort

Nous réalisons maintenant l'algorithme de classement direct (classement des actions de la meilleure à la moins bonne) :

Initialisation  $k = 1$

$D1 = \{\text{ensemble des sommets sans antécédents dans le graphe fort}\} = \{a1, a3\}$

$U1 = \{\text{ensemble des sommets de } D1 \text{ reliés entre eux dans le graphe faible}\} = \{\}$

$B1 = \{\text{ensemble des sommets de } U1 \text{ non surclassés dans le graphe faible}\} = \{a1, a3\}$

$(D1-U1) \cup (B1) = \{a1, a3\}$

$k = 2$  : on élimine  $a1$  et  $a3$  et on recommence.

Ainsi, on obtient :

$(D2-U2) \cup (B2) = \{a2\}$

**Dans l'ordre, le classement direct nous donne :**

**1 – a1, a3**

**2 – a2**

Nous réalisons maintenant l'algorithme de classement indirect (classement des actions de la moins bonne à la meilleure) :

On exploite dans cet algorithme les diagrammes de sur classement avec les arcs inversés :



Figure 57: diagrammes indirects faible et fort

Initialisation  $k = 1$

$D1 = \{\text{ensemble des sommets sans antécédents dans le graphe fort}\} = \{a1, a2\}$

$U1 = \{\text{ensemble des sommets de } D \text{ reliés entre eux dans le graphe faible}\} = \{\}$

$B1 = \{\text{ensemble des sommets de } U \text{ non surclassés dans le graphe faible}\} = \{a1, a2\}$

Ainsi  $(D1-U1) \cup (B1) = \{a1, a2\}$

$k = 2$  : on élimine  $a1$  et  $a2$  et on revient à l'étape de définition de  $D$ .

$(D2-U2) \cup (B2) = \{a3\}$

**Dans l'ordre, le classement indirect nous donne :**

**1 – a3**

**2 – a2, a1**

Le graphe de Simmons nous permet de visualiser le classement final établi. En abscisse, on présente le classement direct, et en ordonnée le classement indirect.

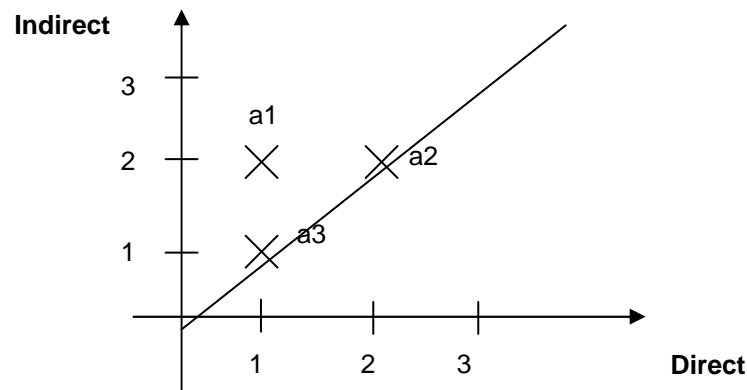


Figure 58: diagramme de Simmons

On comprend que les actions se trouvant proches du coin inférieur gauche correspondent aux meilleures actions. Dans notre cas, le meilleur scénario correspondrait donc au scénario 3.

Notons cependant que plus les actions se trouvent près de la diagonale, plus elles peuvent bénéficier d'un jugement solide. Ainsi, le classement du scénario 1, qui récolte des classements différents et ne se trouve pas sur la diagonale, comporte une incertitude, notamment liée aux deux premiers critères. En augmentant les seuils de discordance, on s'aperçoit que le scénario 2 et le scénario 3 sur classent le scénario 1. La difficulté à juger le classement du scénario 1 est donc bien réelle.

Toutefois, nous voyons l'intérêt de cette méthode d'analyse multicritère, qui peut être un complément efficace du calcul de la VAN, permettant le choix du scénario le plus rentable. Un investisseur souhaitant respecter le principe de développement durable pourrait très bien différencier trois types de critères : les critères économiques, sociaux et écologiques, en accordant la même importance à ces trois groupes. Pourquoi ne pas intégrer alors dans les critères économiques, la VAN ?

## 2.5 Conclusion

Cette étude de cas a été l'occasion de présenter différents moyens de prendre en compte la « green value », le principe général à retenir étant selon nous de savoir conjuguer approche technique et financière.

Après l'établissement de trois scénarios de réhabilitations énergétiques, nous avons pu chiffrer les économies d'énergie, et donc de charges du locataire, et les temps de retour sur investissement associés. Ces trois scénarios correspondent aux approches de trois types d'investisseur : « core », « value-added » et « opportunistic ».

Le loyer de l'immeuble dans son état actuel a ensuite été évalué grâce à une analyse technique des qualités du bâtiment et à l'observation du marché de l'immobilier. La répercussion des économies de charges sur une augmentation de loyer nous a permis d'obtenir la « green value » locative relative à l'amélioration énergétique. Grâce aux études hédonistes déjà parues, nous avons aussi évalué la part de « green value » locative relative à l'image de marque et au confort associés à l'immeuble. Nous avons ensuite évalué la valeur vénale de l'immeuble grâce à deux méthodes : la méthode par capitalisation et la méthode des cash-flows futurs actualisés. Une analyse du risque associé aux différents scénarios a été menée, ce qui nous a permis d'émettre des hypothèses sur le taux de capitalisation, le taux d'emprunt et les délais de commercialisation. Les « green values » vénales ont donc pu être déterminées.

Les valeurs trouvées diffèrent peu suivant la méthode utilisée. Les valeurs vénales sont de l'ordre de 25 à 30 millions d'euros. Les « green values » s'échelonnent de 6 à 15%. Plus que les résultats en eux-mêmes, l'analyse des incertitudes sur les paramètres d'entrée du modèle est importante. Celle-ci a été conduite grâce à la méthode de type B pour la première valorisation par capitalisation. Elle révèle que de faibles incertitudes sur les valeurs d'entrée entraînent de

grandes différences sur les résultats. Avec un intervalle de confiance de 95%, les valeurs vénales varient de  $\pm 5$  millions d'euros. Dans ce cadre, les résultats trouvés sur la « *green value* » restent d'une importance relative. Cette analyse pourrait aussi être menée pour la valorisation par actualisation des cash-flows futurs avec la méthode de Monte-Carlo. Ces remarques soulignent toute l'importance de la bonne observation du marché de l'immobilier.

Enfin, une analyse multicritère a été réalisée avec ELECTRE II. Celle-ci a permis de démontrer que, par rapport aux critères choisis arbitrairement (investissement, temps de retour sur investissement, réduction des consommations d'énergie, augmentation du loyer, augmentation de la valeur vénale et prime de risque), le scénario 3 semblait le plus adapté. Nous pensons que ce type d'analyse va se développer dans les prochaines années. En effet, face au développement considérable de l'immobilier durable, la rentabilité d'un projet ne sera plus l'unique critère de décision. La notion de développement durable prône d'ailleurs la prise en compte des critères écologiques, économiques et sociaux, sans qu'aucun d'entre eux ne soit privilégié. Les investisseurs ne suivront sûrement pas cette approche mais une analyse multicritère leur permettra d'intégrer d'autres critères que la rentabilité dans leur réflexion.



# CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION

Ce rapport a été l'occasion de faire le point sur la prise en compte de la « *green value* » dans le monde de l'immobilier. L'essentiel des travaux de recherches internationaux menés aujourd'hui sont des études hédonistes portant sur des immeubles de bureaux américains. Elles permettent de chiffrer l'impact de la certification de bâtiments sur les valeurs locatives et vénales. Face à ce constat, une approche différente a été adoptée dans ce rapport.

Une réflexion globale a été conduite, replaçant le bâtiment dans son système d'action complexe, avec sa multitude d'acteurs et d'enjeux. Cette analyse systémique a permis de mener une réflexion sur le rôle des actions des acteurs sur la « *green value* ». Plusieurs conclusions intéressantes se sont dégagées. Il a notamment été démontré la scission trop importante entre la sphère technique et scientifique et la sphère juridique et financière. Par ailleurs, l'approche systémique a permis de démontrer que la « *green value* » s'exprime au travers de nombreuses variables traduisant une meilleure performance financière de l'actif immobilier. Mais le gain le plus intéressant consécutif à la « *green value* » semble bien être la diminution du risque d'obsolescence entraînant des taux d'emprunt et de capitalisation moins élevés. La prise en compte du facteur risque dans la « *green value* » semble donc prépondérante, au-delà même de la performance financière de l'actif immobilier. Une définition de la *green value* a donc été avancée : ***amélioration de la performance financière d'un actif immobilier mais surtout diminution du risque d'obsolescence relié à celui-ci grâce à la simple relation qui le lie à des facteurs de développement durable.***

Une étude de cas sur un immeuble de bureaux situé en banlieue ouest parisienne a ensuite été développée. Après l'établissement de trois scénarios de réhabilitations énergétiques, nous avons pu chiffrer les économies d'énergie et les temps de retour sur investissement associés. Ces scénarios seraient en réalité déterminés par un bureau d'études techniques qui pourrait chiffrer les économies d'énergie avec moins d'incertitudes que ce qui a été réalisé dans cette étude. En effet, plusieurs simplifications ont été réalisées : calcul statique, pas de prise en compte des aides financières et des coûts de maintenance.

La « *green value* » a ensuite été déterminée sur les valeurs locatives, entre autres par répercussion des économies d'énergie, et sur les valeurs vénales, grâce aux méthodes par capitalisation et par actualisation des cash-flows futurs. Les valeurs trouvées diffèrent peu suivant la méthode utilisée. La « *green value* » sur la valeur vénale est d'environ 6 % pour le premier scénario, 9 % pour le deuxième et 15 % pour le troisième. La « *green value* » sur la valeur locative varie entre 2 et 5 % suivant le scénario étudié. Une analyse multicritère a aussi été proposée afin de montrer qu'il était possible de prendre en compte d'autres critères de décision que la rentabilité. Le développement de l'immobilier durable devrait avoir pour conséquence une utilisation accrue de ce type de méthode. Au regard des critères choisis arbitrairement (investissement, temps de retour sur investissement, réduction des consommations d'énergie, augmentation du loyer, augmentation de la valeur vénale et prime de risque), le scénario 3 a semblé être le plus adapté. Plus que les résultats en eux-mêmes, l'étude de cas a mis en évidence les incertitudes importantes entourant les valeurs finales trouvées et l'importance d'une bonne observation du marché immobilier.

Cette connaissance du comportement du marché est actuellement trop peu importante, en France, en matière de « *green value* ». Toutes les études hédonistes déjà parues portent sur des immeubles américains. Elles sont pourtant indispensables pour donner des ordres de grandeur de « *green value* » et observer les tendances du marché. Ceci montre d'ailleurs une faille indéniable du rapport : ne disposant pas de données françaises, les valeurs locatives ont été calculées sur la base des données américaines obtenues par la méthode hédoniste. Les hypothèses émises sur le taux de capitalisation, le taux d'emprunt et les délais de

commercialisation auraient aussi gagnées en qualité si la réflexion avait été basée sur des différences entre immeubles réellement observées.

La compréhension du fonctionnement du marché et la connaissance de ses tendances avaient été considérées, dans l'analyse systémique directe, comme des variables d'appuis. L'étude de cas semble pourtant montrer que sans la qualité de ces deux variables, l'expert ne peut chiffrer la « *green value* » qu'avec d'importantes incertitudes. Nous identifions donc, ici, un point faible de l'analyse systémique qui mériterait d'être pris en compte dans une prochaine analyse. En effet, sans un avis fiable des experts, les propriétaires continueront à s'interroger sur la « *green value* » et hésiteront à investir dans des immeubles durables.

Un enjeu majeur des prochaines années consistera donc à doter le marché immobilier d'un puissant outil d'observation de la « *green value* ». La première étape de l'observation consisterait à réaliser un classement des immeubles, par exemple à la manière du code de l'environnement lancé par IPD. La classification d'IPD s'appuie sur des mesures quantitatives (niveau de consommation d'énergie, d'eau et niveau de production des déchets) et des mesures qualitatives. Cette classification peut considérablement aider les experts dans la détermination de la prime de risque et de la qualité générale du bâtiment. Malheureusement, cette démarche prometteuse n'est pas encore assez développée. En février 2009, 220 immeubles avaient été recensés. Le nombre d'informations à collecter est considérable et montre l'étendue du travail à réaliser pour développer cette base de données.

La deuxième étape pourra être de collecter d'autres types d'informations plus classiques : surface, présence de parkings, présence d'un RIE, certification, loyer pratiqué, valeur de vente, délais de commercialisation, taux de capitalisation, ... Si le nombre d'immeubles recensés dans la base de données est suffisant, des études hédonistes pourront alors être menées. Les impacts d'une certification HQE ou d'une meilleure performance énergétique sur les loyers, les valeurs de revente, les délais de commercialisation ou les taux de capitalisation seront chiffrés. Ceci permettra aux experts de mieux connaître les réactions du marché face au développement de l'immobilier durable et donc de chiffrer la « *green value* » avec une moins grande incertitude.

Ces améliorations demandent l'adhésion et la collaboration de la majorité des acteurs de l'immobilier d'entreprise. Mais l'enjeu de pouvoir mieux chiffrer la « *green value* » est considérable.



# BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, Mars 2008**, *Le diagnostic de performance énergétique*, Le Grenelle Environnement
- AFSCET, Septembre 2003**, *L'Approche systémique : de quoi s'agit-il ?*, Synthèse des travaux du Groupe AFSCET, « Diffusion de la pensée systémique », 11p.
- ARD/DTZ, 2009**, *Enquête ARD/DTZ sur l'immobilier tertiaire HQE en Ile de France*, 19 p.
- ASSOCIATION HQE, Avril 2005**, *La certification Démarche HQE, La position de l'Association HQE en 10 questions/réponses*, 5 p.
- ATISREAL, Janvier 2009**, *L'investissement en France*, 5 p.
- BUSINESS IMMO, Juillet 2008**, *La révolution verte est en marche*, 75 p.
- CATS Greg and al., October 2003**, *The Costs and Financials Benefits of Green Buildings, A Report to California's Sustainable Task Force*, 134 p.
- CB RICHARD ELLIS, 2009**, *Real Estate Investments in France*, Annual Report, 20p.
- CB RICHARD ELLIS 2, 2009**, *Les bureaux en Ile de France*, Rapport annuel, 20p.
- CCE, Mars 2008**, *Communiqué : la CCE favorise les bâtiments écologiques pour faciliter une plus grande réduction des émissions de CO<sub>2</sub> en Amérique du Nord*, Montréal
- CE, 2002**, *Directive 2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments*
- CE, 2006**, *Directive 2006/32/CE du Parlement Européen et du Conseil du 5 avril 2006 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques et abrogeant la directive 93/76/CEE du Conseil*
- CHOCAT B.**, 1997, *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*, Ed. Tec et Doc, Lavoisier – Paris. 1120 p.
- COSSART Laurence**, Novembre 2007, *Démarches, labels, normes et certifications*, DGUGHC/MAD, 15p.
- DE ROSNAY Joël**, 1975. *Le microscope. Vers une vision globale*. Ed du Seuil, 346 p.
- DTZ Consulting & Research, Août 2006**, *Money into Property : Global 2006 Overview*, DTZ Londres
- DTZ, Avril 2009**, *Le marché des bureaux dans la première couronne Est*, Premier trimestre 2009, 6 p.
- DTZ, Avril 2009**, *Le marché des bureaux dans la première couronne Nord*, Premier trimestre 2009, 6 p.
- DTZ, Avril 2009**, *Le marché des bureaux dans la première couronne Sud*, Premier trimestre 2009, 6 p.
- DTZ, Avril 2009**, *Le marché des bureaux en Péri Défense*, Premier trimestre 2009, 6 p.
- DTZ, Mai 2009**, *Le livre blanc de l'immobilier durable*, 52 p.
- DTZ, Juillet 2009**, *Le marché des bureaux au deuxième trimestre 2009*, 10 p.
- DURAND Daniel, 2006**, *La systémique*. Collection Que sais-je ? Ed PUF, 126 p.
- ESC Montpellier, HABCHI, OGUEY, PLAS, REA, 2008**, *L'éthique du bien être*, 10 p.
- FUERST, McALLISTER, 2008**, *Green Noise or Green Value? Measuring the Price Effects of Environmental Certification in Commercial Buildings*, University of Reading, City University of New York
- GRENELLE 1, 28 octobre 2008**, *Mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement. Projet de loi adopté par l'Assemblée Nationale en première lecture*
- GRENELLE 1, Mars 2008**, *Comité Opérationnel n°1 : Bâtiments neufs privés et publics. Rapport final présenté au ministre du MEEDDAT par Alain Maugard.*
- GRENELLE 1, Février 2008**, *Comité Opérationnel n°3 : Rénovation des bâtiments existants. Rapport présenté au ministre du MEEDDAT par Philippe Pelletier.*

- GRENELLE 2, 7 janvier 2009**, *Projet de loi portant engagement national pour l'environnement. Texte soumis à la délibération du conseil des ministres.*
- GRENELLE 2, 7 janvier 2009**, *Projet de loi portant engagement national pour l'environnement. Exposé des motifs.*
- GUIDE ISO/CEI 2**
- GVA GRIMLEY, Autumn 2008**, *Research Bulletin, From Green to Gold 2008, A unique insight into sustainable investment attitudes*
- HOESLI Martin, Août 2008**, *Investissement immobilier, Décision et gestion du risque*, Editions Economica, 230 p.
- HOESLI Martin, BENDER André, JANI Elion, Avril 2006**, *Apport des simulations de Monte-Carlo à l'évaluation immobilière*, Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation, Université de Genève, 13 p.
- HOESLI Martin, BENDER André, JANI Elion, June 2005**, *Monte Carlo Simulations for real estate valuations*, Université de Genève, 32 p.
- HQE Association, Novembre 2001**, *Définition explicite de la qualité environnementale. Référentiel des caractéristiques HQE*, 26p.
- HQE Association, Novembre 2001**, *Du système de management environnemental pour le maître d'ouvrage concernant des opérations de construction, adaptation ou gestion des bâtiments*, 18p.
- IEIF, Juin 2009**, *Les fonds immobiliers français*, 4 p.
- IEIF, 2007**, *Le marché immobilier français 2007-2008*
- IEIF, 2009**, *Les chiffres clés*, disponible sur [www.ieif.fr](http://www.ieif.fr)
- INSEE, 2008**, *Comptes de patrimoine des ménages*, Tableau excel, 1 p.
- JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2002**, *Directive 2002/91/CE du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments*, 7 p.
- KOK N., EICHHOLTZ P., QUIGLEY J.M., Janvier 2009**, *Doing Well By Doing Good? Green Office Buildings*, Universités de Maastricht et de Berkeley, 48 p.
- LEED, Décembre 2004**, *Système d'évaluation des bâtiments écologiques – Pour nouvelles constructions et rénovations importantes*, Version 1.0, Canada
- MANEXI I, 2009**, *Rapport de synthèse d'audit énergétique*, 10 p.
- MANEXI II, 2009**, *Rapport détaillé d'audit énergétique*, 27 p.
- MAYSTRE Lucien Yves, PICTET Jacques, SIMOS Jean, 1994**, *Méthodes multicritère ELECTRE*, Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale
- MILLER N., SPIVEY J., FLORANCE A., Juillet 2008**, *Does Green Pay Off ?*, CoStar Study, 23 p.
- MULDAVIN, Juin 2008**, *Quantifying "green" value: assessing the applicability of the costar studies*, Green Building Finance Consortium, 16 p.
- NATIONS UNIES, 1998**, *Protocole de Kyoto à la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques*, 24 p.
- NOVETHIC, 2008**, *Chiffres 2008 et analyse du marché français de l'ISR*, 20 p.
- ORDONNANCE, 2004**, *Ordonnance n°2004-559 du 17 juin 2004 sur les contrats de partenariat*
- OSCHLIES Mélanie, 21 novembre 2007**, *A Behavioral Finance Perspective on Sustainable Energy Investment Decisions*, Master's Thesis, University of St. Gallen, 95 p.
- PLAN CLIMAT, 22 juillet 2004**, *Discours pour la présentation du Plan Climat*, disponible sur [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)
- PLAN CLIMAT, 2004**, *Face aux changements climatiques, Agissons ensemble*, Contexte et Plan d'action, 89 p.
- PREBAT, Janvier 2008**, *Intégration des parois solaires composites dans l'enveloppe d'un bâtiment*, ADEME, ANR et Université d'Artois, 39 p.
- REED Richard, 2 décembre 2008**, *Encouraging the uptake of sustainable buildings and the role of the property valuer*, Deakin University, 8p.

**Réseau Habitat et Développement, Octobre 2006**, *Eco-fiche sur l'isolation*, 15p.

**RICS France, 2009**, *Conférence: recommandations de la RICS en matière de développement durable*, Eric JANSSEN, 11p.

**RICS Canada, 2005**, *Green Value: The profitable Environment, Value Can Make Green Buildings Irresistible*, 67p.

**SAUVANT Alain, ROUCHAUD Didier, Octobre 2001**, *Localisation des bureaux en Ile de France : influences de la desserte par le RER, de la distance et de la fiscalité locale*, 8 p.

**SOUDRY, Septembre 2000**, *La valeur juridique des normes*, Travail et Sécurité n°599, p.12-13

**UFG, 2009**, Interview de Marc Bertrand, directeur général d'UFG REIM, Le Figaro, 1p.

**UNEP (United Nations Environment Programme), 2008**, *The Kyoto Protocol, the Clean Development Mechanism, and the Building and Construction Sector*

**US Green Building Council, 2002**, *Making the business case for high performance green buildings*, 16 p.



# ANNEXES

**ANNEXE A : MATRICES DES RELATIONS DIRECTES**

**ANNEXE B : PLAN DE MASSE D'UN ETAGE COURANT**

**ANNEXE C : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE**

**ANNEXE D : CALCUL DE DEPERDITIONS**

**ANNEXE E : ISOLATION PAR L'EXTERIEUR DES MURS (TROIS FAÇADES)**

**ANNEXE F : REMPLACEMENT DES DOUBLES VITRAGE**

**ANNEXE G : ISOLATION DU PLANCHER BAS PAR DU POLYURETHANE**

**ANNEXE H : REALISATION D'UN MUR TROMBE**



# ANNEXE A: MATRICES DES RELATIONS DIRECTES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Influence
1 Consommations d'énergies	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	13
2 Coûts de maintenance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	10
3 Coûts d'aménagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	10
4 Qualité de l'air intérieur	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	13
5 Emissions de gaz à effet de serre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
6 Productivité des employés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Action de l'Etat	3	0	0	2	3	0	0	1	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	22
8 Coût des travaux	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9 Délais des travaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
10 Investissement initial	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14
11 Image de marque véhiculée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	0	0	0	9
12 Innovations techniques	3	2	2	3	3	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
13 Compréhension du fonctionnement des innovations	3	2	1	2	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
14 Connaissance du fonctionnement du marché	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	4
15 Connaissance des tendances actuelles du marché	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
16 Taux d'emprunt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	4
17 Taux de capitalisation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	4
18 Valeur de revente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Risque d'obsolescence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	7
20 Loyer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	0	0	0	8
21 Délai de commercialisation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
22 Taux de vacance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	4
23 Bonne santé de l'économie réelle et financière	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	2	2	0	0	2	13
24 Coût de l'énergie	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Dépendance	14	6	5	9	14	3	0	6	4	3	12	2	3	2	3	12	11	17	14	16	22	3	2	4	

Taux de remplissage 15,45%

Figure 59: matrice des relations directes, stratégie "value-added"

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Influence
1 Consommations d'énergies	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	18
2 Coûts de maintenance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	15
3 Coûts d'aménagement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	15
4 Qualité de l'air intérieur	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	18
5 Emissions de gaz à effet de serre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6
6 Productivité des employés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Action de l'Etat	3	0	0	2	3	0	0	1	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	22
8 Coût des travaux	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9 Délais des travaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
10 Investissement initial	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	21
11 Image de marque véhiculée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	0	0	0	0	14
12 Innovations techniques	3	2	2	3	3	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
13 Compréhension du fonctionnement des innovations	3	2	1	2	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
14 Connaissance du fonctionnement du marché	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	4
15 Connaissance des tendances actuelles du marché	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
16 Taux d'emprunt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	6
17 Taux de capitalisation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	6
18 Valeur de revente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 Risque d'obsolescence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	9
20 Loyer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	3	0	0	0	12
21 Délai de commercialisation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
22 Taux de vacance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	0	0	0	6
23 Bonne santé de l'économie réelle et financière	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	2	2	0	0	2	13
24 Coût de l'énergie	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Dépendance	15	7	6	10	15	3	0	6	4	3	18	2	3	2	3	16	16	23	21	23	28	3	2	4	

Taux de remplissage 15,45%

Figure 60: matrice des relations directes, stratégie "opportunistic"

## ANNEXE B : PLAN DE MASSE D'UN ETAGE COURANT



Figure 61: plan de masse d'un étage courant du bâtiment étudié (MANEXI I, 2009)



## ANNEXE C : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

Le calcul suivant a été réalisé à l'aide de l'outil disponible sur le site de TECSOL, qui utilise une méthode de calcul simplifiée (statique). L'objectif n'est pas de réaliser une étude détaillée sur la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques mais bien d'avoir un ordre de grandeur. Ainsi, les coûts de raccordement au réseau ainsi que les éventuelles aides de l'Etat n'ont pas été pris en compte. Les coûts associés au permis de construire obligatoire dans ce cas n'ont pas été calculés non plus.

Nous avons décidé d'orienter les panneaux à 30°, les besoins en électricité étant présents tout au long de l'année. Le tableau suivant montre d'ailleurs les besoins en chauffage (gaz-réseau urbain) et en rafraîchissement (électricité). En ajoutant les besoins d'électricité pour les autres équipements qui se font sentir toute l'année, on s'aperçoit que la situation est particulièrement adaptée à la pose de panneaux photovoltaïques, puisque les besoins sont présents, surtout en été.

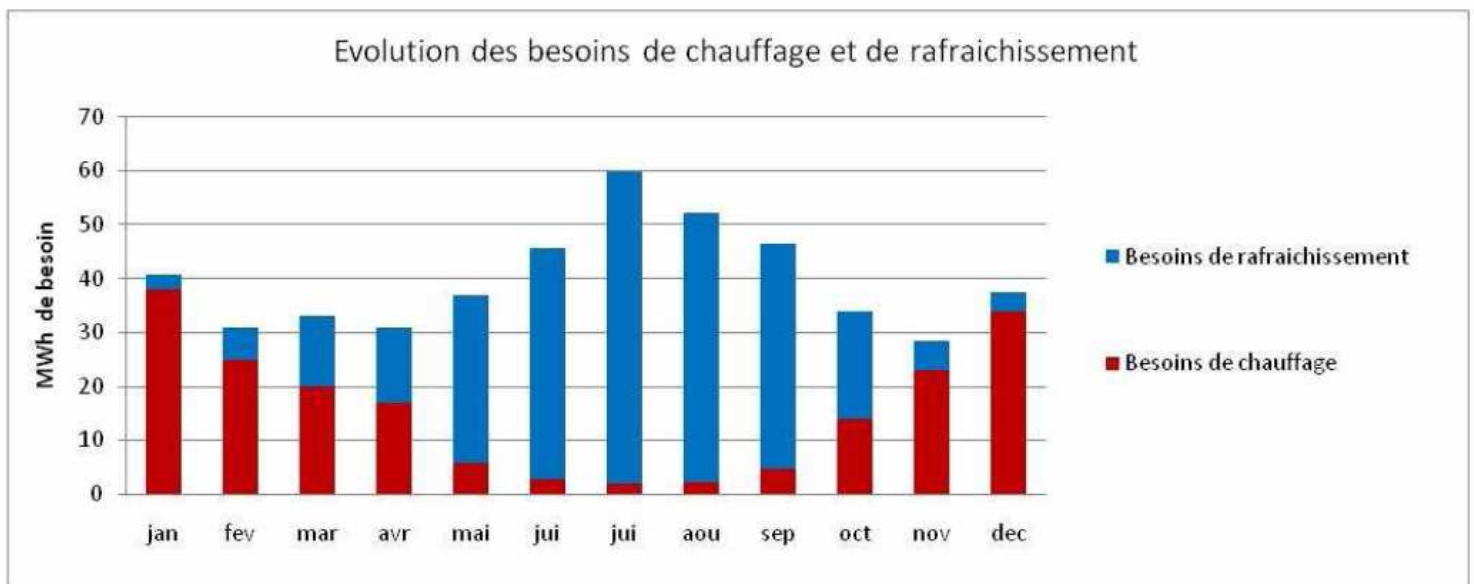


Figure 62: besoins en rafraîchissement et en chauffage (MANEXI II, 2009)

La règle dite des « 4h », utilisée pour le dimensionnement d'installations photovoltaïques, nous indique qu'il est possible d'installer une surface d'environ 300 m<sup>2</sup> de panneaux solaires inclinés à 30°.

<i>Nom du PROJET</i>	
<i>Station Meteo</i>	<i>Paris</i>
<i>Latitude du lieu</i>	<i>48 49</i>
<i>Capteur type</i>	<i>multicristallin</i>
<i>Orientation</i>	<i>0 /Sud</i>
<i>Inclinaison</i>	<i>30 /horizontale</i>
<i>Surface utile</i>	<i>300 m2</i>
<i>Puissance crete</i>	<i>34,5 kWc</i>

<i>Mois</i>	<i>Energie solaire recue plan horizontal Wh/m2.j</i>	<i>Energie solaire recue plan des capteurs Wh/m2.j</i>	<i>Electricite produite par le systeme kWh/mois</i>
<i>Janvier</i>	<i>836</i>	<i>1174</i>	<i>941</i>
<i>Février</i>	<i>1557</i>	<i>2061</i>	<i>1493</i>
<i>Mars</i>	<i>2669</i>	<i>3199</i>	<i>2566</i>
<i>Avril</i>	<i>4036</i>	<i>4390</i>	<i>3408</i>
<i>Mai</i>	<i>4730</i>	<i>4769</i>	<i>3826</i>
<i>Juin</i>	<i>5290</i>	<i>5188</i>	<i>4028</i>
<i>Juillet</i>	<i>5549</i>	<i>5538</i>	<i>4442</i>
<i>Août</i>	<i>4705</i>	<i>4981</i>	<i>3996</i>
<i>Septembre</i>	<i>3343</i>	<i>3881</i>	<i>3013</i>
<i>Octobre</i>	<i>2044</i>	<i>2649</i>	<i>2125</i>
<i>Novembre</i>	<i>1116</i>	<i>1613</i>	<i>1252</i>
<i>Décembre</i>	<i>663</i>	<i>941</i>	<i>755</i>
<i>Total energie (kWh/an)</i>			<i>31843</i>
<i>Total CO2 evite (kg/an)</i>			<i>11463</i>
<i>Productivite (kWh/kWc.an)</i>			<i>923</i>
<i>Estimation du montant de la vente annuelle au reseau (EUR HT/an)</i>			
<i>modules poses ou superposes</i>	<i>...</i>	<i>10452</i>	<i>modules integre au bati</i>
			<i>... 19162</i>
<i>Tarif 2009 : 32,823 ctsEuro/kWh</i>		<i>Tarif 2009 : 60,176 ctsEuro/kWh</i>	

Figure 63: calcul des économies d'énergie liées aux panneaux photovoltaïques (calcul réalisé sur [www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr))

Le coût moyen des panneaux photovoltaïque est d'environ 6 000 €/kWc. Nous avons ici besoin d'une puissance crête de 34,5 kWc. Le coût des panneaux raccordés au réseau sera donc d'environ 200 000 €.

Ainsi, l'installation permettrait de produire 11,8 kWhEP/m².an et de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 1,6 kgeq CO2/m².an.

L'installation des panneaux solaires ne serait, dans notre cas, pas éligible à la prime d'intégration au bâti. Les économies annuelles seraient donc d'environ 10 500 €, soit un temps de retour sur investissement de 19 ans.

## ANNEXE D : CALCUL DE DEPERDITIONS

Nous avons décidé de ne pas utiliser de méthodes ou outils de simulation dynamique (Pleiades Comfie, TRNSYS,...). Nous nous limiterons à une approche globale annuelle du fonctionnement thermique du bâtiment. De nombreuses méthodes statiques et outils existent (méthode 3CL/logiciel 3CL DPE, RT 2005/ClimaWin,...). La méthode 3CL donne des consommations conventionnelles tandis que ClimaWin et la RT2005 sont conçus pour évaluer les performances des bâtiments neufs. Dans le premier cas, l'approche nous paraît trop grossière pour l'étude que nous menons. Dans le deuxième cas, elle apparaît trop détaillée et fastidieuse. En effet, l'utilisation de ClimaWin nécessite, comme l'exige la RT 2005, d'entrer toutes les surfaces de parois local par local, tous les ponts thermiques,...

Nous avons donc choisi d'utiliser une méthode plus rapide que la RT2005 et nous semble-t-il plus adaptée à l'étude que la méthode 3 CL. Cette méthode est inspirée de la RT 2005, de la méthode 3CL, pour les valeurs des conductances thermiques et de la RT 1974, pour le principe de réaliser un calcul pour l'enveloppe. Les calculs sont détaillés ci-après.

	Surface (m <sup>2</sup> )	Composition	U (W/m <sup>2</sup> /K)	Déperditions (W/K)	Pourcentage
Plancher bas	1 397	Dalle béton sur parkings+flocage en sous face de 3 cm	0,63	884	25%
Plancher haut	1 397	Toiture terrasse+isolation avec 10cm de polyuréthane	0,23	317	9%
Murs trois façades non vitrées	1 425	Structure voile béton+enduit+isolation avec 8cm de polystyrène expansé	0,34	482	14%
Murs façade sud-est	825	Parement vitré+structure voile béton+10 cm de lame d'air+isolation avec 8cm de polystyrène expansé	0,14	118	3%
Parois vitrées trois façades non vitrées	375	Vitrages 4/12/4 sans isolation thermique renforcée	2,35	881	25%
Parois vitrées façade sud-est	375	Vitrages 4/12/4 sans isolation thermique renforcée+air+parement vitré	0,23	84	2%
Ponts thermiques				785	22%
Ventilation				5 936	
<b>TOTAL</b>				<b>9 489</b>	

Figure 64: calcul des déperditions actuelles du bâtiment

Les ponts thermiques élevés, fixés forfaitairement, sont la traduction de l'isolation thermique par l'intérieur. Le pourcentage des déperditions dans les bâtiments non isolés ou isolés par l'extérieur est moins important.

Plusieurs hypothèses ont été utilisées pour calculer la conductance thermique (U en W/m<sup>2</sup>.K) :

- ◆ Les conductivités ont été prises égales à 0,025 W/m.K pour le flochage en sous-face du plancher bas supposé équivalent à du polyuréthane, 0,025 W/m.K pour le polyuréthane, 0,032 W/m.K pour le polystyrène.
- ◆ Les conductances ont été prises égales à 2,63 W/m<sup>2</sup>.K pour la dalle béton du plancher bas, 2,5 W/m<sup>2</sup>.K pour la toiture terrasse, 2,2 W/m<sup>2</sup>.K pour les murs en béton en supposant l'épaisseur du mur de 35 cm, 4,95 W/m<sup>2</sup>.K pour le parement vitré, équivalent du vitrage simple métallique, 2,35 W/m<sup>2</sup>.K pour les doubles vitrages 4/12/4 sans isolation thermique renforcée.
- ◆ La surface des fenêtres pour les deux grandes façades a été calculée en supposant que la hauteur des fenêtres est de 2 m et en comptabilisant 37,5 m de fenêtres par façades par étage.
- ◆ La façade sud-est a été modélisée en supposant qu'une lame d'air de 10 cm était présente entre le parement vitré et la paroi. La conductivité thermique de l'air a été prise égale à 0,0262 W/m.K

Les déperditions par ventilation sont égales à 63% des déperditions totales. Ce chiffre est légèrement plus élevé que celui estimé par Manexi (MANEXI II, 2009), qui était d'environ 60%. Il a été calculé en prenant un renouvellement de l'air de 1 volume/heure et en supposant que la hauteur sous-plafond était d'environ 2,5m, soit un volume total pour l'immeuble de 17 460 m<sup>3</sup>.

Le rendement global de l'installation, multiplication des rendements de distribution, d'émission, de génération et de régulation peut être pris égal en première approximation à 0,8.

Il est précisé dans le rapport d'audit énergétique qu'actuellement la température de consigne est d'environ 23°C et qu'il n'y a pas de consigne d'abaissement de température. Hors occupation, les locaux se trouvent en dérive de température. Considérant ces données et n'ayant pas plus d'informations sur la chaufferie et le bâtiment, nous prendrons le coefficient d'intermittence égal à 0,8.

Généralement, on peut compter 2°C d'apports internes en habitations. Or, ici, le nombre élevé d'équipements de bureautique et de serveurs, laisse penser que ce chiffre est plus élevé. Afin de tenir compte de cette caractéristique, nous nous référerons donc aux degrés jours<sup>42</sup> base 16 et non 18, comme cela est habituellement réalisé. La moyenne des degrés jours base 16 pour les années 2004, 2005 et 2006 est de 1 909.

Avec ces hypothèses, nous obtenons une consommation de chauffage annuelle de :

$$C = 24 \times I \times D \times DJ / 1000 \times R$$

$$C = 434\,730 \text{ kWhEP/an soit environ } 62 \text{ kWhEP/m}^2\text{SHON.an}$$

Ce chiffre est proche de celui trouvé dans le rapport d'audit énergétique (MANEXI II, 2009). La consommation de chauffage avait alors été estimée avec CLIMAWIN à 53 kWhEP/m<sup>2</sup>.an.

Nous retiendrons donc ce chiffre et ce modèle pour calculer les économies d'énergie engendrées par les améliorations.

<sup>42</sup> **Degrés jours :** Valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli. Ils servent en général à évaluer les dépenses en énergie pour le chauffage ou la climatisation.

## ANNEXE E : ISOLATION PAR L'EXTERIEUR DES MURS (TROIS FAÇADES)

Nous proposons d'isoler les murs des trois façades non vitrées par l'extérieur par un enduit chaux-chanvre (Tradical 70) de 10 cm ( $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Ceci aura aussi pour intérêt de limiter considérablement les ponts thermiques, de l'ordre de 30 à 40% de déperditions en moins. Une amélioration du confort est souvent obtenue par suppression de l'effet de paroi froide que pouvait procurer auparavant la faible température de surface des parois mal isolées.

Nous avons estimé le coût de l'isolation par l'extérieur à environ 107 k€. En effet, le coût au  $\text{m}^2$  serait d'environ 75 € (Réseau Habitat et Développement, 2006).

Un nouveau calcul des déperditions de l'enveloppe permet de chiffrer les économies d'énergie.

	Surface ( $\text{m}^2$ )	Composition	U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	Déperditions (W/K)	Pourcentage
Plancher bas	1 397	Dalle béton sur parkings+flocage en sous face de 3 cm	0,63	884	31%
Plancher haut	1 397	Toiture terrasse+isolation avec 10cm de polyuréthane	0,23	317	11%
Murs trois façades non vitrées	1 425	Structure voile béton+enduit+isolation avec 8cm de polystyrène expansé+enduit	0,16	231	8%
Murs façade sud-est	825	Parement vitré+structure voile béton+10cm de lame d'air+isolation avec 8cm de polystyrène expansé	0,14	118	4%
Parois vitrées trois façades non vitrées	375	Vitrages 4/12/4 sans isolation thermique renforcée	2,35	881	31%
Parois vitrées façade sud-est	375	Vitrages 4/12/4 sans isolation thermique renforcée+air+parement vitré	0,23	84	3%
<b>Ponts thermiques</b>				<b>323</b>	<b>11%</b>
Ventilation				5 936	
<b>TOTAL</b>				<b>8 775</b>	

Figure 65: calcul des déperditions du bâtiment après isolation par l'extérieur des murs des façades non vitrées

Sans prise en compte des améliorations apportées dans le scénario 1, la nouvelle consommation est de 402 048 kWh/an soit une économie de 32 682 kWh/an, soit par an, 1 814 €. Le temps de retour de cette amélioration est très élevé, comme prévu : il est chiffré à 59 ans.

Rappelons que nous ne tenons toutefois pas compte des aides éventuelles versées par l'Etat.

## ANNEXE F : REMPLACEMENT DES DOUBLES VITRAGE

Nous proposons de faire effectuer le remplacement des fenêtres existantes par des fenêtres équipées de doubles vitrages à faible émissivité.

Avec des fenêtres équipées de vitrages peu émissifs, les besoins de chauffage se trouvent allégés et la consommation d'énergie correspondante est diminuée.

Le coefficient de transmission thermique de ces fenêtres, en supposant l'installation de volets roulants, sera pris égal à  $U=1,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Nous avons estimé le coût de ce type de fenêtres à 150 €/m<sup>2</sup> (Réseau habitat et développement, 2006). Le remplacement de l'ensemble des 750 m<sup>2</sup> d'huisseries reviendra donc à 113 k€.

	Surface (m <sup>2</sup> )	Composition	U (W/m <sup>2</sup> /K)	Déperditions (W/K)	Pourcentage
Plancher bas	1 397	Dalle béton sur parkings+flocage en sous face de 3 cm	0,63	884	36%
Plancher haut	1 397	Toiture terrasse+isolation avec 10cm de polyuréthane	0,23	317	13%
Murs trois façades non vitrées	1 425	Structure voile béton+enduit+isolation avec 8cm de polystyrène expansé+enduit	0,16	231	9%
Murs façade sud-est	825	Parement vitré+structure voile béton+10cm de lame d'air+isolation avec 8cm de polystyrène expansé	0,14	118	5%
Parois vitrées trois façades non vitrées	375	Vitrages 4/12/4 peu émissifs	1,50	563	23%
Parois vitrées façade sud-est	375	Vitrages 4/12/4 peu émissifs+air+parement vitré	0,21	80	3%
Ponts thermiques				271	11%
Ventilation				5 936	
<b>TOTAL</b>				<b>8 401</b>	

Figure 66: calcul des déperditions du bâtiment après remplacement des doubles vitrages

L'économie annuelle de chauffage est estimée à 17 164 kWh/ef. Le temps de retour est alors de 118 ans.

## ANNEXE G : ISOLATION DU PLANCHER BAS PAR DU POLYURETHANE

Nous proposons d'isoler le plancher bas par 10 cm de polyuréthane en supposant la conductivité thermique du polyuréthane égale à 0,025 W/m.K.

Nous avons estimé le coût de l'isolation par l'extérieur à environ 21 k€. En effet, le coût au m<sup>2</sup> serait d'environ 15 € (Réseau Habitat et Développement, 2006).

Un nouveau calcul des déperditions de l'enveloppe permet de chiffrer les économies d'énergie.

	Surface (m <sup>2</sup> )	Composition	U (W/m <sup>2</sup> /K)	Déperditions (W/K)	Pourcentage
Plancher bas	1 397	Dalle béton sur parkings+flocage en sous face de 3 cm+10 cm de polyuréthane	0,18	250	14%
Plancher haut	1 397	Toiture terrasse+isolation avec 10cm de polyuréthane	0,23	317	18%
Murs trois façades non vitrées	1 425	Structure voile béton+enduit+isolation avec 8cm de polystyrène expansé+enduit	0,16	231	13%
Murs façade sud-est	825	Parement vitré+structure voile béton+10 cm de lame d'air+isolation avec 8cm de polystyrène expansé	0,14	118	7%
Parois vitrées trois façades non vitrées	375	Vitrages 4/12/4 peu émissifs	1,50	563	32%
Parois vitrées façade sud-est	375	Vitrages 4/12/4 peu émissifs+air+parement vitré	0,21	80	5%
Ponts thermiques				193	11%
Ventilation				5 936	
<b>TOTAL</b>				<b>7 688</b>	

Figure 67: calcul des déperditions après isolation du plancher bas

Sans prise en compte des améliorations apportées dans le scénario 1, la nouvelle consommation est de 352 249 kWh/an soit une économie de 32 633 kWh/an, soit par an, 1 811 €. Le temps de retour de cette amélioration est beaucoup plus intéressant car la conductance thermique initiale était la plus élevée : il est chiffré à 14 ans.

## ANNEXE H : REALISATION D'UN MUR TROMBE

Expliquons tout d'abord le principe d'un mur trombe. Il s'agit d'un vitrage suivi d'une lame d'air et d'un mur en béton. Des ouvertures hautes et basses sont réalisées dans le mur afin de créer une circulation d'air par thermosiphon<sup>43</sup> entre la lame d'air et l'air du local à chauffer.

L'air chauffé dans la lame d'air pénètre par les ouvertures supérieures dans la pièce. Il se refroidit au contact de l'air du local et, une fois rafraîchi, revient par les ouvertures inférieures dans la lame d'air. En l'absence de rayonnement solaire, le flux convectif<sup>44</sup> s'inverse pouvant provoquer un refroidissement accéléré de la pièce. Pour éviter cela, il est alors nécessaire de disposer des clapets à fermeture manuelle ou automatique. Notons qu'il n'est pas nécessaire d'isoler la dalle béton, l'objectif étant de profiter de l'inertie<sup>45</sup> de celle-ci, en été comme en hiver.

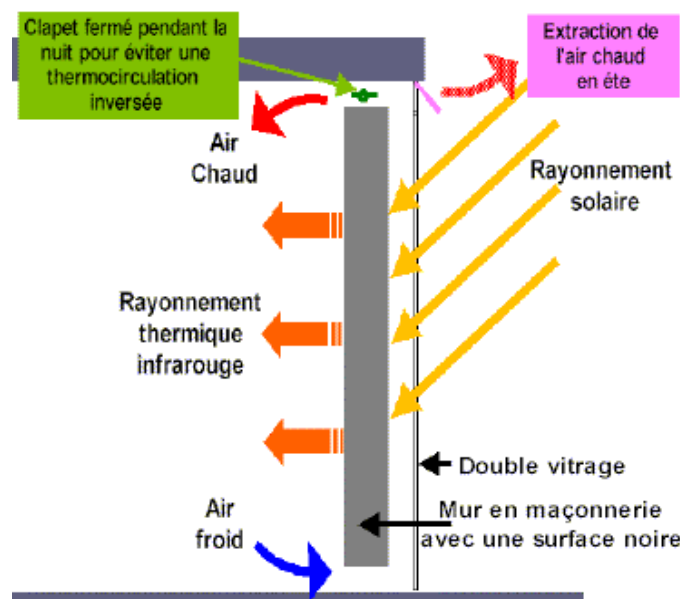


Figure 68: principe du mur trombe

Il est très difficile de chiffrer par un modèle simplifié les gains énergétiques possibles avec ce type d'améliorations. Pour ceci, un logiciel de simulation dynamique serait plus adapté (PREBAT, 2008). Toutefois, les gains énergétiques estimés par ces méthodes semblent très satisfaisants, de l'ordre de 150 kWhEP/m<sup>2</sup>.an. Les modifications à apporter au bâtiment pour obtenir ce type d'installation sont réalisables pour un prix qui ne devrait pas être exorbitant. Les gains devraient être importants sur la consommation d'électricité (rafraîchissement en été). En hiver, des gains seront aussi réalisés sur les consommations de chauffage en jouant sur l'inertie du mur.

Avec la possibilité de réaliser un investissement plus important, on pourrait même imaginer fixer des panneaux solaires photovoltaïques à la place du parement vitré et ainsi réaliser un mur capteur.

<sup>43</sup> **Thermosiphon :** Une circulation par thermosiphon signifie que la circulation de chaleur est réalisée naturellement grâce à la différence de températures sans pompes ou autre dispositif.

<sup>44</sup> **Flux convectif :** La convection est un des trois modes de transfert thermique avec la conduction et le rayonnement. Ce mode de transfert thermique est réalisé dans un fluide avec un déplacement global de matière. La conduction est provoquée par une différence de température entre deux régions d'un même milieu, ou entre deux milieux en contact et se réalisant sans déplacement global de matière. Le rayonnement est un processus d'émission ou de transmission d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique, soit une perturbation des champs électriques et magnétiques.

<sup>45</sup> **Inertie thermique :** capacité d'un bâtiment à stocker et à déstocker de l'énergie dans sa structure, quelle que soit la saison. Elle définit la vitesse à laquelle le bâtiment se refroidit ou se réchauffe. Elle permet d'amortir les variations de température intérieure.