

Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

**Le financement des investissements liés à la
performance énergétique des bâtiments et aux
installations photovoltaïques**
Étude de cas : l'ULB

Mémoire de Fin d'Études présenté par
NERINCX, Quentin
En vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Année Académique 2010-2011

Directeur : Prof. M. Degrez
Co-Directeur : Me A. Demoustiez

Je souhaite remercier Me Demoustier et
M. Overtus pour le temps qu'ils ont
consacrés et pour les conseils donnés.

Table des Matières

TABLE DES MATIÈRES	3
Table des figures et tableaux.....	5
RÉSUMÉ	6
INTRODUCTION.....	7
PARTIE 1 : APPROCHE THÉORIQUE.....	9
1. Introduction.....	9
2. La notion de performance énergétique	9
3. Le contexte réglementaire européen.....	9
4. Les barrières à l'adoption de mesures d'efficacité énergétique.....	10
4.1. Introduction.....	10
4.2. Barrières comportementales.....	11
4.3. Barrières organisationnelles	12
1.1.1. Priorité au « Core Business ».....	12
1.1.2. Cloisonnement des budgets	12
5. Typologie des méthodes de financement	13
5.1. Introduction.....	13
5.2. Instruments traditionnels	13
1.1.1. Financement interne	13
1.1.2. Endettement	14
5.3. Financement par des tiers	14
1.1.1. Crédit-bail ou leasing.....	14
1.1.2. Contrat de performance énergétique.....	15
5.4. Autres instruments possibles	17
5.5. Outils d'analyse financière	17
6. Les investissements en économie d'énergie.....	18
6.1. Introduction.....	18
6.2. Impacts d'une mauvaise performance énergétique des bâtiments	19
6.3. Typologie d'investissements liés à l'efficacité énergétique	20
1.1.1. Introduction	20
1.1.2. Caractéristiques des mesures architecturales	21
1.1.3. Les panneaux solaires photovoltaïques.....	23
1.1.4. Les pompes à chaleur	24
1.1.5. La cogénération	25
1.1.6. Les systèmes d'éclairage	25
6.4. Rentabilité des investissements liés à la performance énergétique.....	26
1.1.1. Introduction	26
1.1.2. Rentabilité estimée par les sources académiques.....	27
1.1.3. Rentabilités des investissements en efficacité énergétique selon des études de cas	28
6.5. A la recherche de l'optimum économique	29

PARTIE 3 : ANALYSE DE LA SITUATION DE L'ULB	32
1. Identification des acteurs	32
2. Mécanismes de décision au sein de l'ULB.....	32
3. Les règles fiscales applicables à l'ULB.....	33
3.1. Le statut de l'ULB	33
3.2. L'assujettissement à la TVA	33
3.3. La TVA et les certificats verts.....	33
3.4. Imposition, amortissements et déductions	34
 PARTIE 4. MÉTHODES DE FINANCEMENT PAR DOMAINE D'ACTION	35
1. Construction d'un outil d'analyse	35
1.1. Introduction	35
1.2. Le remboursement du capital par annuités constantes.....	36
1.3. Le remboursement du capital par amortissements constants	36
1.4. Le Leasing	37
1.5. Les contrats de performance énergétique.....	37
1.6. Critères de décision pour le choix d'une méthode de financement	38
2. Analyse des méthodes de financement par domaine d'action	39
2.1. Financer une installation photovoltaïque.....	39
1.1.4. Hypothèses spécifiques.....	39
1.1.5. De la pertinence de l'investissement	47
1.1.6. Financement complet par crédit.....	48
1.1.7. Financement complet par Leasing	49
1.1.8. Financement par tiers- investisseur.....	50
1.1.9. Conclusion	52
2.2. Investissements liés à la performance énergétique des bâtiments	53
1.1.1. Choix d'un bâtiment représentatif	53
1.1.2. Quels travaux d'isolation doivent-être envisagés ?.....	54
1.1.3. Cas du Bâtiment H.....	54
1.1.4. Hypothèses spécifiques.....	56
1.1.5. Financement bancaire traditionnel	58
1.1.6. Financement par tiers investisseur	59
2.3. Les pompes à chaleur	59
1.1.1. Faisabilité	59
1.1.2. Hypothèses spécifiques.....	61
1.1.3. Financement par crédit	62
1.1.4. Le tiers-investisseur.....	63
2.4. La cogénération	63
3. <u>Financement d'un projet global de performance sur un bâtiment</u>	63
1.1.1. Autofinancement	64
1.1.2. Financement par crédit	65
1.1.3. Financement par tiers-investisseur.....	66
 CONCLUSION	68
Bibliographie.....	70
Annexes	74

Table des figures et tableaux

Tableau 1 : Représentation des facteurs influençant l'adoption de mesures d'efficacité énergétique	11
Tableau 2: Ratios de consommation des bâtiments.....	19
Tableau 3: caractéristiques de différents types d'isolants.....	22
Tableau 4: Fonctionnement d'une PAC.....	24
Tableau 5 : Indices de performance de différents systèmes d'éclairage	25
Tableau 6: Retour sur investissements des investissements en économies d'énergie. Sources académiques.....	27
Tableau 7: Retour sur investissements des projets d'économies d'énergie. Études de cas	28
Tableau 8 : analyse d'un investissement	30
Tableau 9: Combinaisons optimales d'isolation	30
Table 10: Production électrique de l'installation sur base de PVGIS.....	44
Tableau 11: Financement d'une installation PV - Remboursements fixes	48
Tableau 12: Financement d'une installation PV - Remboursements variables	49
Tableau 13: Financement d'une installation PV - Leasing	50
Tableau 14: Financement d'une installation PV - Tiers Investisseur	51
Table 15 : Méthode de sélection d'un bâtiment	53
Tableau 16: Coefficient de transmission thermique des parois de l'enveloppe.....	55
Table 17: Détails des primes Énergie 2011 de la Région de Bruxelles-Capitale	56
Tableau 18 : Financement des investissements en performance énergétique – Remboursements fixes	58
Tableau 19: Cartographie des zones favorable à la géothermie	60
Tableau 20: Influence de la température sur le coefficient de performance.....	60
Tableau 21: financement d'une PAC - Remboursements fixes	62
Tableau 22: financement d'un projet global - autofinancement.....	65
Tableau 23: financement d'un projet global - remboursements fixes.....	66
Table 24: financement d'un projet global - tiers-investisseur	67

Résumé

Les organisations, et en particulier les établissements d'enseignement, sont soumis à des contraintes organisationnelles et budgétaires qui ne leur permettent pas nécessairement de prendre des décisions concernant les investissements en performance énergétique. Or, ce manque d'investissement entraîne, pour l'organisation, des coûts récurrents, souvent « invisibles » ou considérés comme négligeables, qui, pourtant, pourraient être alloués à des utilisations en lien direct avec la mission de l'université.

Plusieurs obstacles pénalisent les décisions d'investir dans des projets liés à l'efficacité énergétique des bâtiments. Des barrières comportementales d'abord. Les individus ou les organisations font preuve de scepticisme et sont réticents à s'impliquer pour des techniques qui ne sont pas bien comprises. Des barrières organisationnelles ensuite, où la multiplicité des acteurs impliqués dans la prise de décision, le fractionnement des budgets et le fait que les responsables des investissements n'ont, bien souvent, peu d'intérêt direct à promouvoir ce type de travaux, ralentissent la prise de décision et l'implication des acteurs.

L'ULB ne fait pas exception. Le mécanisme qui permet l'autorisation d'un investissement fait appel à de nombreux acteurs. De plus, le service Exploitation qui bénéficiera le plus des économies d'énergies n'a pas la responsabilité de mener les grands projets d'investissements.

Nous avons donc analysé les possibilités d'investissements réalisables dans le contexte de l'ULB. Pour ce faire, nous avons construit un outil d'analyse permettant de comparer plusieurs mécanismes de financement. Notre objectif est d'identifier une méthode permettant à l'ULB de bénéficier un maximum des gains d'énergie issus des projets afin que ceux-ci soient à même de couvrir les coûts du financement.

Nous avons limité l'étude à trois mécanismes de financements : l'emprunt bancaire traditionnel, le leasing et le contrat de performance énergétique, également appelé tiers investisseur.

Nous avons particulièrement ciblé notre étude sur les installations photovoltaïques. Pour les autres types d'investissements, nous nous sommes basés sur l'audit énergétique du bâtiment H réalisé en 2009.

Ce travail a mis en évidence un paradoxe : ce sont les investissements liés à la production d'énergie qui sont ceux qui permettent réellement un autofinancement. Dans ce cas, la méthode de financement permet de maximaliser l'investissement mais ne va pas être un obstacle à la rentabilité du projet. Or ces investissements permettent généralement moins d'économies d'énergie que des projets de performance énergétique d'un bâtiment. Ceux-ci sont handicapés par un retour sur investissement long qui a tendance à limiter le recours au tiers-investisseur et qui, en cas d'emprunt bancaire, ne se remboursent pas par eux-mêmes.

Il y a des possibilités pour limiter les investissements en fonds propres mais ces solutions ont comme contrepartie de limiter les gains. Il serait donc peut-être utile de réfléchir à des solutions différentes, permettant à l'ULB de mener une vraie politique d'amélioration énergétique de ses bâtiments, tout en bénéficiant de l'expérience de professionnels et en gardant une part plus importante des gains d'énergie. A cet égard, la création de Fedesco par les autorités fédérales belges peut servir d'exemple.

Introduction

Actuellement, la réduction de l'empreinte environnementale est un thème qui intéresse toutes les organisations. Que ce soit pour des raisons d'image, pour réduire la facture énergétique ou pour optimiser ses processus de fonctionnement, les organisations étudient et s'intéressent aux investissements possibles qui leur permettraient de diminuer leur impact carbone.

Cependant, force est de constater que, malgré un intérêt prononcé pour ces domaines, l'université agit relativement lentement pour mettre les investissements en économies d'énergie en œuvre. Or, les bâtiments représentent un potentiel de réduction de l'empreinte carbone important. Selon l'IBGE¹, ces derniers sont responsables à 70% des émissions de CO₂ à Bruxelles. Au niveau belge, 40% des émissions de CO₂ sont générées par nos bâtiments.

Dans ce cadre, il nous est apparu intéressant d'étudier les différents modes de financement possibles afin d'identifier des mécanismes et des investissements qui peuvent permettre de favoriser l'adoption de mesures d'investissement dans les économies d'énergies.

Notre approche se veut essentiellement basée sur la rentabilité des projets et le coût des modes de financement. Nous considérons donc que ces critères sont essentiels pour obtenir une décision d'investissement favorable. Nous nous éloignons donc volontairement d'une approche basée sur les réductions d'émissions de CO₂ que peuvent engendrer les éventuelles mesures d'efficacité énergétiques. En effet, si l'aspect de la réduction des émissions de CO₂ était essentiel dans la prise de décision, des projets générant une part importante de ces réductions auraient déjà été entrepris. Nous estimons donc que les décisions d'investissements ont d'autres facteurs déterminants, dont, pour une part importante, l'aspect financier.

Nous examinerons donc des mécanismes standards d'investissement, via des emprunts bancaires et nous les confronterons à des mécanismes basés sur les contrats d'énergies, couramment appelés « tiers-investisseurs ». Nous construirons un outil d'analyse pouvant permettre la comparaison de ces mécanismes sur base de critères financiers tels que la valeur actuelle nette (VAN), le taux de retour interne (TRI) ou le ratio de service de la dette (DSCR).

Dans une première partie, nous poserons la problématique dans le contexte des directives européennes sur la performance énergétique des bâtiments. Nous tenterons également une définition de l'efficacité et de la performance énergétique. Nous expliciterons les différents termes et concepts utilisés et enfin nous sélectionnerons certains investissements en économie d'énergie sur base de leur retour sur investissement attendu.

La deuxième partie abordera brièvement les spécificités de l'ULB en termes d'organisation, de structure et d'obligations comptables. Cela nous permettra d'évaluer les modes de décision et les éventuelles difficultés engendrées par l'organisation de l'Université.

Enfin, nous aborderons l'impact de différents modes de financement pour les

¹ Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement.

investissements en économies d'énergies. Nous poserons les hypothèses qui nous ont permis de réaliser notre outil de simulation. Nous détaillerons en particulier la question des installations photovoltaïques et aborderons les investissements liés à la performance énergétique des bâtiments à partir d'un audit énergétique réalisé par l'Université.

PARTIE 1 : Approche théorique

1. Introduction

L'objectif de cette partie est de définir les principaux concepts auxquels nous allons nous référer. Dans un premier temps, nous aborderons la notion de performance énergétique et nous poserons le cadre européen. Ensuite, nous étudierons les différents obstacles qui rendent l'adoption de mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments plus difficiles que d'autres investissements. Nous identifierons également les mécanismes de financement possibles ainsi que les outils permettant d'évaluer différents investissements. Enfin, nous développerons une typologie des investissements et nous estimerons, à partir d'ouvrages de référence, les optima économiques pour les différents types d'investissements.

2. La notion de performance énergétique

La notion de performance énergétique se retrouve dès 1974 avec la notion d'économie d'énergie². Cela renvoie à la réduction du gaspillage d'énergie. Il s'agit de pouvoir diminuer l'utilisation de l'énergie sans pour autant modifier nos comportements à long terme.

Dans les années 1980, en France, le concept est élargi avec la notion de maîtrise de l'énergie. On réfléchit donc à tout ce qui est en amont de la consommation d'énergie elle-même.

C'est dans la fin des années 1980 que le concept d'efficacité énergétique voit le jour. L'objectif ici étant de prendre en compte l'ensemble de la chaîne. Actuellement, avec l'Union Européenne, on parlera d'intelligence et d'efficacité énergétique qui englobe les énergies renouvelables et de performance énergétique quand on se préoccupe essentiellement du niveau d'isolation du parc immobilier.

3. Le contexte réglementaire européen

L'Union Européenne est fortement active dans la promotion de l'efficacité énergétique. C'est dans le cadre des institutions européennes que la stratégie 20/20/20 vise à réduire de 20% la consommation d'énergie primaire, à produire 20% de son énergie au moyen d'énergies renouvelables, d'ici 2020.

Dans ce cadre, une des mesures adoptée par l'Union Européenne est le vote de la directive 2010/31/EU du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments. Cette directive prévoit, entre autres, d'imposer un niveau de performance « presque neutre » à tous les nouveaux bâtiments et à toutes les rénovations d'ici 2020. En outre, elle impose des normes en termes de certification des bâtiments et demande aux bâtiments publics d'afficher leur niveau de performance de manière visible.

Cela démontre la volonté européenne de s'engager dans la stimulation de la performance

² LAPONCHE B, 2005, p. 64.

énergétique des bâtiments.

En Belgique, où la politique de l'énergie est régionalisée, nous pouvons voir les premiers effets des efforts européens. Les trois régions ont chacune adopté des décrets obligeant l'obtention d'un certificat énergétique pour tous les bâtiments loués ou vendus.

Les conséquences pour une institution comme l'ULB, qui possède un très grand parc immobilier, peuvent être importantes. En effet, il n'est pas exclu que les bâtiments qui ne sont pas énergétiquement performants subissent une perte de valeur sur le marché immobilier. Ce qui, en cas de volonté de transaction immobilière, pourrait avoir un effet sur certains actifs.

L'Europe donne donc le ton en matière de performance énergétique. Il est d'ailleurs plus que probable que les obligations de performance des bâtiments se renforcent encore dans les années à venir. En effet, l'aspect efficacité énergétique est le parent pauvre des objectifs 20/20/20. Ce qui va pousser la Commission Européenne à renforcer les obligations afin de pouvoir définitivement placer l'Europe dans la voie d'une moindre utilisation de l'énergie.

4. Les barrières à l'adoption de mesures d'efficacité énergétique

4.1. Introduction

L'efficacité énergétique est un des parents pauvres des mesures de réduction de notre dépendance aux énergies fossiles et de réduction de nos émissions de gaz à effet de serre. En effet, alors que la production d'énergie par des technologies renouvelables est mise en avant et stimulée par les autorités³, les mesures liées à l'efficacité énergétique tardent à produire des effets et à se concrétiser au sein de la population.

Nous pouvons donc mettre en avant un paradoxe de l'efficacité énergétique : malgré le fait qu'investir dans l'amélioration de l'efficacité énergétique est une démarche rationnelle, ce type d'investissement doit faire face à des réticences des décideurs et est souvent refusé par ces derniers. Ce concept a été, entre-autres, développé par Golove et Eto, qui arrivent à la conclusion que le marché seul ne permet pas d'arriver au résultat le plus socialement désirable⁴.

C'est ainsi qu'un récent sondage de l'*Union des Classes Moyennes* a mis en avant la préoccupation des entrepreneurs par rapport à l'augmentation des prix de l'énergie et en même temps la réticence de ces derniers à investir dans des mesures d'efficacité énergétique⁵.

Cette difficulté à promouvoir les mesures d'efficacité énergétique, malgré leur rentabilité⁶, peut s'expliquer par plusieurs facteurs⁷ :

³ Mesures fédérales : déductions fiscales pour investissements ; mesures régionales : certificats verts ; mesures européennes : aides et mise en place d'un cadre d'action dans le cadre des objectifs 20/20/20.

⁴ GOLOVE W.H., ETO J.H., 1996, p.145.

⁵ CONDIJS J., "Les prix de l'énergie plombent les PME", *Le Soir*, 10/06/2011.

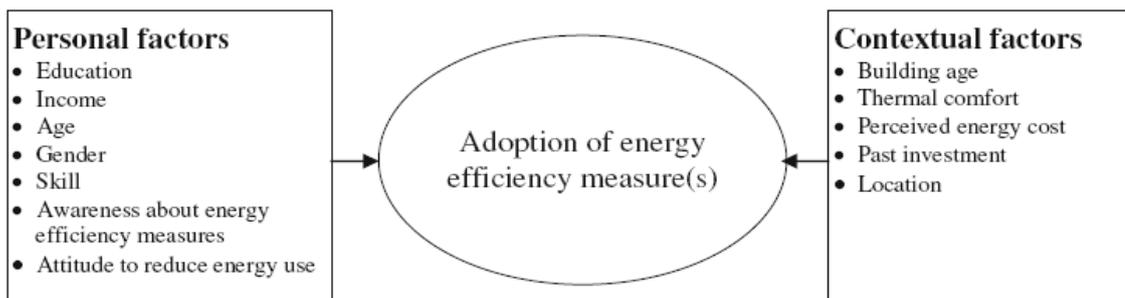
⁶ Cfr. Infra : La rentabilité des investissements en économie d'énergie.

⁷ Voir entre-autres NAIR G, GUSTAVSSON L. et MAHAPATRA K., 2010. ; AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K., 2010.

- Un plus grand impact des comportements individuels.
- Un retour sur investissement dilué, moins visible que dans le cas de la production d'énergies.
- Peur du changement des acteurs actuels du bâtiment et de la construction.
- Méconnaissance des techniques et applications

NAIR G. et alii (2010)⁸ ont ainsi identifié les principaux facteurs qui permettent de stimuler l'adoption de mesures d'économie d'énergie :

Tableau 1 : Représentation des facteurs influençant l'adoption de mesures d'efficacité énergétique



Nous retrouvons donc deux éléments principaux : les facteurs personnels tels que l'âge, la conscientisation ou les revenus, et des facteurs structurels tels que l'âge du bâtiment, le confort thermique, le coût perçu de l'énergie, les investissements déjà réalisés. Si ce sont des éléments importants pour stimuler les investissements, ces mêmes points, non gérés, constituent également des freins et des barrières qui retardent ou empêchent l'adoption de mesures liées aux énergies durables ou à l'efficacité énergétique. Nous pouvons regrouper ces barrières selon plusieurs catégories : comportementales, techniques, et organisationnelles.

Nous ne considérons pas ici les aspects de financement comme une barrière en soi. D'une part, nous remarquons que des projets rentables peuvent ne pas obtenir d'accord quant à leur exécution. Ce qui nous amène à considérer que d'autres aspects existent. Et d'autre part, nous aborderons les aspects de financement dans la deuxième partie de ce travail.

4.2. Barrières comportementales

A ces facteurs, nous pouvons ajouter le fait que les personnes et les organisations agissent selon une rationalité limitée⁹. Les individus et les organisations sont rationnels au sens où elles mènent les activités utiles à la poursuite d'un objectif. Mais cette rationalité est limitée par les contraintes de temps et de ressources. Ces contraintes entraînent les acteurs à développer des routines plutôt que de mener des analyses précises de leurs besoins.

Stern reprend l'exemple du temps de retour sur investissement fréquemment utilisé par les

⁸ NAIR G., GUSTAVSSON L., MAHAPATRA K., 2010, p.2960.

⁹ STERN P.C., 2009, p.95.

décideurs comme critère de décision. Or, ce critère n'est pas le plus adéquat pour évaluer de la pertinence d'un projet d'efficacité énergétique : il ne tient pas compte du fait que l'investissement va générer des économies bien après que le remboursement du projet ait été effectué et il ne permet pas de prendre en compte la valeur de l'argent à travers le temps.

De plus, les acteurs ne connaissent pas les mesures de performance énergétique efficaces. Ils restent sceptiques sur les performances de ces mesures tant qu'ils ne l'auront pas mis en place chez eux. Ils hésitent également à adopter des nouvelles technologies de peur qu'elles ne viennent briser leurs routines¹⁰.

4.3. Barrières organisationnelles

1.1.1. Priorité au « Core Business »

Les organisations valorisent peu la question énergétique. En effet, les organisations sont, actuellement, régulièrement confrontées à des obligations d'optimisation de leurs performances et de réduction de leurs coûts de fonctionnement. Mais dans le cadre de leur métier, la question de la facture énergétique n'est pas encore réellement une priorité.

Il sera donc difficile pour une organisation d'allouer un budget, qui pourrait servir à investir dans son métier propre, pour réaliser des investissements en économie d'énergie. La plupart du temps, les départements infrastructure des organisations devront donc fonctionner et maintenir les installations en état, sans réellement avoir les moyens financiers pour améliorer la performance de celles-ci. Cette préférence, à court terme, pour les investissements liés au « core business » a pour conséquence, à moyen et long terme, de pénaliser l'ensemble de l'organisation par une augmentation permanente des dépenses liées à l'énergie¹¹.

C'est ainsi que, à l'ULB, les dépenses énergétiques constituent environ 3 % du budget annuel¹². Soit 6 millions d'EURO. Cette situation est acceptée par les autorités, vu la relative faiblesse du montant. Hors, si l'on compare cette situation à la situation d'une entreprise privée, nous remarquons que ces dernières consacrent une part bien moins importante à leur facture énergétique. Il y a donc un réel potentiel d'économies pour l'université, qui pourrait, de cette manière dégager annuellement un budget supplémentaire pour développer son métier de base.

1.1.2. Cloisonnement des budgets

La plupart des organisations fonctionnent en séparant les budgets liés aux investissements des budgets d'entretien et de maintenance du patrimoine. Cela pose des difficultés par rapport à la consommation d'énergie, vu les liens qui existent entre le prix de la facture énergétique et les investissements réalisés dans les infrastructures. Souvent, le service en

¹⁰ CROSSLEY D., MALONEY M., WATT G., 2000.

¹¹ VINE E. et alii, 2003.

¹² Voir Annexes.

charge des investissements n'est pas celui qui va bénéficier de la réduction de la facture énergétique. Il n'aura donc pas un intérêt direct à favoriser des investissements liés à la performance énergétique.

Une étude réalisée par Énergie-Cité¹³ recommande¹⁴ de se réorganiser et de donner la responsabilité du contrôle de l'utilisation de l'énergie, du paiement des factures et de l'investissement dans l'amélioration de l'efficacité énergétique à une équipe intégrée.

5. Typologie des méthodes de financement

5.1. Introduction

Les modes de financements sont nombreux et variés. Le choix du mode de financement comprend des avantages et des inconvénients que nous avons relevés ici. Le choix du mode de financement est particulièrement crucial dans notre optique. Il est donc nécessaire de distinguer les caractéristiques de ceux-ci. L'objectif de cette partie est d'identifier les forces et faiblesses générales des modes de financements afin d'opérer une première sélection entre ceux-ci. L'objectif de ce travail étant d'identifier les modes de financements possibles et avantageux, dans le cas concret de l'ULB seuls des mécanismes existant en Belgique et relativement courants seront abordés. En effet il existe bien d'autres possibilités et modes de financement¹⁵, mais nous avons fait le choix de ne pas les comparer en raison de leur difficulté de mise en œuvre.

Nous reprendrons la distinction faite par M. Quicheron¹⁶ entre les instruments traditionnels et les financements par des tiers. Ceux-ci nous rajouterons des mécanismes hybrides, à créer, qui combinent certaines caractéristiques des deux modes de financement cités plus haut.

5.2. Instruments traditionnels

1.1.1. Financement interne

L'investisseur prend entièrement à sa charge le coût de l'investissement. Il garde de ce fait l'entièreté des économies réalisées et se rembourse sur celles-ci. La difficulté est que cet investissement arrive donc en concurrence avec d'autres investissements possibles et souhaitables. De plus, comme nous l'avons vu, l'efficacité énergétique ne faisant pas partie de la mission de l'organisation, celle-ci aura d'autant plus de difficultés à autoriser un tel investissement.

¹³ ENERGIES-CITES, 2004. Disponible sur le site http://www.display-campaign.org/IMG/pdf/contracting_performance_fr.pdf (consulté le 09/06/2011).

¹⁴ Leurs recommandations portent sur les municipalités locales. Cependant, les difficultés rencontrées sont souvent similaires entre les organisations. C'est pourquoi nous considérons ce conseil comme également applicable à une institution comme l'ULB.

¹⁵ Revolving Fund, Partenariat Public-Privé...

¹⁶ QUICHERON M., HECQ W., 2006.

1.1.2. Endettement

L'organisation a également la possibilité de contracter un emprunt auprès des banques ou d'une autre institution financière. De cette manière le coût de l'investissement est dilué sur la durée de l'emprunt. L'emprunt figure au bilan de l'organisation et celle-ci doit donner des garanties.

Il existe plusieurs types de remboursements d'un crédit possible : le remboursement fixe du capital, le remboursement variable du capital, les crédits Roll-Over. Ces types de méthodes ont des conséquences sur le montant des mensualités, et donc, sur l'analyse de la capacité de l'investissement à se rembourser sur lui-même. Nous détaillerons les modes de calcul dans la partie 3 de ce mémoire.

5.3. Financement par des tiers

1.1.1. Crédit-bail ou leasing

Nous reprenons la définition de leasing telle que donnée par M. M. Kohl¹⁷ :

« Le leasing est un contrat non résiliable et non translatif de propriété par lequel une société à caractère financier (lessor, ou donneur de leasing) s'engage à acheter ou à faire construire suivant les spécifications du cocontractant (lessee, ou preneur de leasing) un immeuble ou une installation à usage professionnel, et à lui en procurer la jouissance (en vertu d'un bail ordinaire ou emphytéotique) durant la période convenue (correspondant en principe à la durée de vie économique du bien), moyennant le paiement d'une redevance déterminée en fonction du capital investi par le lessor. Le contrat accorde en outre au lessee une option d'achat des biens loués à l'expiration du bail. »

Le leasing est donc adapté dans le cas d'immeubles ou d'installations, mais il n'est pas adapté pour des travaux de d'isolation ou de rénovation du bâti. En effet, ces travaux ne peuvent pas être dissociés du bâtiment dans lequel ils sont effectués. Cela ne permet donc pas un transfert de propriété.

Il faut distinguer le leasing mobilier du leasing immobilier¹⁸ :

Le leasing immobilier permet de financer des bâtiments industriels, commerciaux ou administratifs, qu'ils soient existants ou à construire. La société de leasing devient alors propriétaire du bien et conclut avec l'entreprise un contrat de location qui ne peut être résilié. En fin du contrat, l'entrepreneur a une option d'achat.

Le leasing mobilier est une technique de financement pour des véhicules, des biens d'équipement, du matériel, etc. La société de leasing achète le bien et le loue (cède le droit d'usage du bien) à l'entreprise pour une période en concordance avec la durée de vie attendue du bien. A la fin du contrat, l'entrepreneur a une option d'achat sur le bien.

Les différences avec les formules d'emprunt bancaires, est qu'il est nécessaire de passer un contrat devant notaire afin d'acter le transfert de propriété vers le preneur de leasing. Le leasing est donc un engagement entraînant des obligations supplémentaires.

Deux formules de leasing sont possibles :

¹⁷ KOHL B., 2009, p.65.

¹⁸ Agence Bruxelloise pour l'Entreprise, <http://www.abe-bao.be/myStart.aspx> (consulté le 30/06/2011).

- Le leasing financier (on-balance), qui s'effectue sur le bilan du donneur de leasing. Dans ce cas, le preneur paye des redevances au donneur de leasing. Ces redevances sont équivalentes aux redevances mensuelles correspondant à la valeur de l'immeuble ou de l'installation, augmentée des charges et des intérêts. A la fin de la période, une valeur résiduelle est définie. Le preneur enregistre à son bilan une dette vis-vis du donneur et dispose d'une option d'achat de cet immeuble ou de cette installation équivalente à la valeur résiduelle.
- Le leasing opérationnel (off-balance), le preneur du leasing est considéré comme un locataire du bien. Le propriétaire du bien, d'un point de vue comptable, est le donneur. L'avantage de ce type de formule est de libérer totalement le bilan du preneur.

Le leasing présente donc des avantages, mais également des points d'attention. Vu que la propriété du bien est transférée au preneur, celui-ci va le plus souvent demander des garanties afin de s'assurer que ce bien (dans le cas d'une installation) puisse bel et bien fonctionner pendant la durée prévue du contrat. En cas de litige, le leasing peut également entraîner des complexifications vu l'apparition d'un acteur supplémentaire, le preneur.

1.1.2. Contrat de performance énergétique

C'est un arrangement contractuel qui peut permettre à une organisation de bénéficier d'une garantie annuelle d'économie d'énergie. Les investissements sont remboursés à partir des économies réellement constatées. Le tiers investissement permet à l'organisation de financer des investissements dans l'efficacité énergétique sans mobiliser de fonds propres de manière importante et sans toucher à ses capacités d'endettement. Cette solution pourrait donc être une des possibilités permettant de dépasser certaines barrières organisationnelles mentionnées au chapitre 1. Selon l'IEPF¹⁹, un contrat de performance énergétique est :

« Un contrat de service par lequel une ESCO²⁰ fournit un service complet destiné à réaliser des économies d'énergie dans un bâtiment ou une entreprise. Il couvre généralement le financement des installations, les services professionnels requis pour la mise en œuvre du projet et la garantie que les économies d'énergie induites seront suffisantes pour rembourser l'ESCO dans un délai convenu à l'avance. L'entreprise ou l'organisme public peut donc s'assurer que son budget d'exploitation normal sera suffisant pour satisfaire ses engagements.²¹

Le contrat de performance énergétique permet donc de s'assurer de la performance de la solution d'investissement tout en veillant à ne pas utiliser de fonds propres pour les financer. Dans la pratique, ce mode de financement permet à l'organisation d'améliorer sa performance mais l'organisation doit déléguer à l'ESCO une part des gains des économies d'énergies.

Il existe plusieurs mécanismes de contrats de performance énergétique possibles :

¹⁹ Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie.

²⁰ Energy Services Compagnies : Entreprises livrant des services énergétiques. Une ESCO est donc une société qui fournit et/ou sous-traite toutes sortes de services énergétiques allant de l'audit énergétique à l'installation du matériel, tout en passant par la maintenance. La notion d'ESCO au niveau européen varie fortement en fonction du pays. En Belgique, nous identifions plusieurs entreprises principales : Johnson Control, Cofely, Daikin, ...)

²¹ IEPF, 2002.

- ⇒ Contrat d'économies d'énergie partagées: l'ESCO s'occupe du financement et prend à la fois les risques de performance et de crédit ; le client signe donc un contrat unique. Le partage des économies entre l'ESCO et le client doit faire l'objet d'une négociation et peut prendre plusieurs formes. Généralement, l'ESCO bénéficie de la plus grande part des économies au début du contrat afin de pouvoir rentabiliser son investissement. La part des économies conservées par le propriétaire du bâtiment, sur la durée totale du contrat, dépasse rarement les 50 %²². La propriété des équipements est généralement cédée à l'issue des contrats.
- ⇒ Contrat d'économies d'énergie garanties : avec cet arrangement, l'ESCO prend uniquement le risque de performance. Le client finance l'installation et l'ESCO s'occupe de la mise en œuvre et garantit les économies futures. Il s'agit donc ici d'un type de contrat plus classique qui permet surtout à l'investisseur de se prémunir contre les risques de son investissement.
- ⇒ Contrat type « First Out » : l'ensemble des économies d'énergie revient à l'ESCO et est utilisé pour couvrir le coût en capital, les intérêts et l'amortissement du prêt jusqu'au remboursement total. Les économies n'appartiendront donc au client que quand le projet sera intégralement remboursé. L'ESCO doit donc fixer à l'avance l'ensemble de ses coûts ainsi que sa marge bénéficiaire. L'inconvénient de ce type de contrat étant que le client n'a pas un intérêt direct à limiter sa consommation et à agir de manière à avoir la diminution voulue. En effet, il ne pourra commencer à obtenir les fruits des réductions qu'une fois l'ESCO payée, ce qui peut constituer un frein à l'efficacité de ces contrats.
- ⇒ Contrat de gestion de l'énergie : une proposition fréquente des ESCO pouvant permettre de réduire le coût de financement est de confier à cette entreprise le contrat de gestion et de maintenance de l'installation en question. L'ESCO se finance donc en partie par l'obtention d'un contrat de maintenance à long terme. Cette approche peut être intéressante mais est souvent peu réalisée dans la pratique. En effet, la plupart des organisations ont leurs propres contrats de maintenance, voire leurs propres équipes à même d'effectuer la maintenance des installations. Déroger à ces contrats est possible mais risque de se heurter à une résistance supplémentaire de la part des acteurs impliqués dans la prise de décision.

Actuellement, le concept développé par les ESCO n'est donc pas aussi développé que ce qui aurait pu être espéré. D'une part, il est difficile de trouver des partenaires pouvant combiner une solidité financière suffisante pour pouvoir financer les travaux requis, les compétences techniques nécessaires et une certaine volonté d'assumer les risques liés à cette manière d'investir.

²² NRC, 2003.

5.4. Autres instruments possibles

Ce type d'outils est le plus souvent fait sur mesure en fonction des besoins des gestionnaires des bâtiments. Il s'agira de faire appel à un investisseur extérieur, le tout couplé à l'un des mécanismes cités.

Actuellement le principe de la location de toiture est de plus en plus répandu. Par ce mécanisme, le propriétaire d'une toiture autorise à un investisseur le placement de panneaux solaires photovoltaïques sur son toit en échange d'une réduction de sa facture énergétique grâce à la production des panneaux solaires. L'investisseur place les panneaux à sa charge, ou en partie, et se remboursera sur les certificats verts produits. Le propriétaire et l'investisseur se mettent d'accord sur une échéance après laquelle les panneaux deviennent la pleine propriété du propriétaire. Ce mécanisme a l'avantage pour le propriétaire de voir une réduction directe de sa facture énergétique sans pour autant avoir à libérer du capital pour cela. Dans ce schéma, les marges libérées par la réduction de la facture énergétique devraient être réinvesties dans des investissements de performance énergétique.

5.5. Outils d'analyse financière

L'analyse des solutions de financement passe nécessairement par la définition d'indicateurs financiers. Une fois les investissements définis dans leurs aspects techniques, une fois le potentiel d'économies d'énergies réalisé, il est nécessaire de transcrire ces valeurs en données compréhensibles pour les investisseurs éventuels ou les agents financiers. Nous allons donc ici brièvement expliquer les indicateurs qui seront utilisés:

- **Temps de retour simple** : correspond à la durée d'exploitation nécessaire pour que les bénéfices du projet couvrent le montant de l'investissement. Ce critère ne prend pas en compte la notion d'actualisation, de même, il n'incorpore pas les revenus postérieurs à la date de récupération. Ce qui peut biaiser l'analyse de rentabilité d'un projet.
- **La valeur actuelle nette (VAN)** : permet de prendre en compte la préférence pour le présent d'un investisseur via un taux d'actualisation. C'est la somme des valeurs actualisées de chacun des flux de trésorerie associés au projet. Cet indicateur tient donc compte de la rémunération du capital à travers le temps et permet de comparer plusieurs projets.

$$V_{\text{ActuelleNette}} = \sum_{p=0}^{p=N} CF \cdot (1+t)^{-p} - I + VR$$

Avec

CF, flux de trésorerie (Cash Flow)

T, le taux d'actualisation,

N, le nombre total d'annuités,

I, le capital investi,

VR la valeur résiduelle (cette valeur est un flux de trésorerie qui pourrait être inclus dans la variable CF),

- **Le taux de rentabilité interne (TRI)** : est la valeur du taux d'actualisation par laquelle la VAN s'annule. Un projet est réalisé si le TRI de l'investissement est supérieur à son taux d'actualisation.

$$V_{ActuelleNette} = 0 = \sum_{p=1}^{p=N} \frac{CF_p}{(1 + TRI)^p} - I$$

Avec

- **CF_p** , montant du p-ième flux de trésorerie,
 - **P**, la date à laquelle le CF_p est encaissé,
 - **N**, le nombre de CF (hors investissement),
 - **I**, investissement initial (à la date 0)
 - et **TRI** le **taux de rentabilité interne** recherché.
-
- **Le taux de couverture de la dette (DSCR²³)** : Ce critère, principalement utilisé par les organismes de financement, permet d'évaluer dans quelle mesure le projet financé est à même de rembourser lui-même l'emprunt souscrit par l'investisseur. Pour ce faire, les revenus générés par le projet sont divisés par les intérêts et le remboursement du capital. Pour que le projet puisse s'autofinancer, il faudra donc obtenir un DSCR moyen supérieur à 1. Ce taux permet également d'identifier les années pour lesquelles le projet ne se finance pas par lui-même. C'est donc un outil d'évaluation important pour notre analyse car il nous permettra d'évaluer la part que l'université aura réellement à investir.

6. Les investissements en économie d'énergie

6.1. Introduction

Il peut paraître aisé de définir un investissement en économie d'énergie. En effet, la pose de double vitrage isolant, d'un système d'éclairage efficace ou de travaux d'isolation rentrent tous dans cette définition. Cependant, chaque investissement possède des caractéristiques et des rentabilités différentes.

Comme nous l'avons vu, une série de projets sont planifiés chaque année par le département responsable des investissements. Parmi ceux-ci se trouvent des investissements qui peuvent se retrouver dans la catégorie « performance énergétique » : placement de double vitrage pour remplacer du simple vitrage, pose de vannes thermostatiques, remplacement de l'éclairage. Il est donc nécessaire de distinguer des investissements faits dans le cadre de l'entretien et de la gestion des bâtiments en « bon père de famille », des investissements nécessaires à améliorer la performance énergétique des bâtiments. Les investissements que nous prenons en compte dans ce mémoire, sont donc des

23 Debt Service Coverage Ratio

investissements qui, sans apport financier exceptionnel, ne seraient pas acceptés dans le cadre des contraintes décisionnelles et financières de l'ULB.

Dans un premier temps, nous aborderons les impacts qu'une mauvaise performance énergétique des bâtiments peut avoir sur une organisation.

Nous identifierons ensuite les investissements ou les ensembles d'investissements qui sont considérés comme pouvant représenter un optimum économique.

Nous développerons enfin les types de travaux liés à la performance énergétique possibles et détaillerons leurs forces et leurs faiblesses afin de développer un tableau reprenant le temps de retour estimé de chaque type d'investissement.

6.2. Impacts d'une mauvaise performance énergétique des bâtiments

La conséquence la plus directe d'une mauvaise performance énergétique des bâtiments réside dans des frais d'exploitation plus élevés. En effet, sur un budget annuel de 238 millions d'EURO²⁴, l'université dépense 2.349.642 EURO en gaz et 3.323.148 EURO en électricité. Soit un total de 5.672.790 EURO pour l'année 2007, ce qui représente 2,38 % du budget total.

Ces frais sont repris chaque année dans le budget et peuvent donc être considérés comme « normaux ». La récurrence de ceux-ci peut en effet amoindrir la perception que ces dépenses sont un coût qu'il faut éviter. De plus, ils peuvent paraître négligeables par rapport au budget total de l'ULB. Ces perceptions sont des barrières importantes aux investissements liés à la performance énergétique. Hors, comme nous le voyons ci-dessous, une étude de l'ADEME a estimé que les ratios de consommation des bâtiments administratifs et des bâtiments scolaires se situent, en France, entre 7 EURO et 9 EURO du m². Les ratios de l'ULB sont eux de l'ordre 13,5 € du m² (données 2007)²⁵.

Tableau 2: Ratios de consommation des bâtiments²⁶

kWh/m ²	Type de bâtiment	Euros/m ²
151	Ecoles	7,2
155	Equipements socio-culturels	8,8
148	Equipements sportifs (hors piscines)	8,4
935	Piscines	38,3
153	Bâtiments administratifs	8,5
139	Locaux techniques	7,3
158	Equipements culturels	8,5

²⁴ ULB, *Rapport d'activité pour l'année civile 2007*, 70p.

<http://www.ulb.ac.be/ulb/greffe/documents/docs/RAPPORT-ACTIVITES-2007.pdf> (consulté le 10/07/2011).

²⁵ Voir le bilan énergie de 2007 en annexe.

²⁶ ADEME (et alii), 2000.

148	Salles polyvalentes	8,8
157	Maternelle	7,9
147	Groupe Scolaire	7
1873	Piscine (m ² de bassin)	138,8

Il y a donc des opportunités d'économies d'énergie que l'université pourrait saisir.

Outre les aspects budgétaires, il faut également prendre en compte les aspects patrimoniaux. En effet, avec l'application de la Directive Européenne sur la performance énergétique des bâtiments²⁷, il est fort possible qu'un bâtiment mal isolé subisse une perte de valeur. Plusieurs études²⁸ ont ainsi fait un parallèle entre le coefficient d'isolation du bâtiment et sa valeur. Nous avons donc des indications permettant de soutenir que la performance énergétique d'un bâtiment aura une incidence sur sa valeur. Cette tendance se renforcera lors de l'implémentation des directives européennes, obligeant toute nouvelle construction à être « presque énergétiquement neutre ».

Des bâtiments isolés de manière efficace seront également susceptibles d'augmenter la satisfaction des utilisateurs. En effet, les solutions d'isolation, de chauffage et d'éclairage permettent de maintenir une température constante dans le bâtiment, sans sensations de courants d'airs. De plus, si cela est couplé avec des systèmes de régulation de l'éclairage, les utilisateurs bénéficient d'un environnement de travail sain. Cela peut être susceptible d'augmenter la productivité des occupants et de diminuer les absences dues aux maladies²⁹.

Ne pas investir dans la performance énergétique des bâtiments va également à l'encontre des missions de l'université. L'ULB s'est engagée à « former des étudiants à une citoyenneté responsable ».

A l'heure actuelle, une part de plus en plus importante de nos responsabilités vis-à-vis de la société est dans la réduction de notre empreinte énergétique. L'ULB devrait donc avoir un rôle d'exemple et de moteur. En outre, les domaines liés à la performance énergétique sont probablement des secteurs qui connaîtront des évolutions importantes. En tant que pôle de recherche, l'ULB aurait une opportunité à utiliser ses ressources pour appliquer à son propre parc immobilier les résultats des recherches et des études réalisées en son sein.

6.3. Typologie d'investissements liés à l'efficacité énergétique

1.1.1. Introduction

Deux types de mesures d'économies d'énergie doivent être distingués : les mesures architecturales et les mesures technique d'installation.

- Les mesures architecturales sont axées sur les interventions en matière d'isolation, toits, façades et sols, ainsi que sur les interventions en matière de vitrage.

²⁷ Voir Partie 1.

²⁸ BROUNEN D, KOK N., MENNE J., 2009. EICHHOLTZ P., KOK N. et QUIGLEY J.M., 2009.

²⁹ ROULET C.-A. (et alii), 2006.

- Les mesures techniques d'installation se composent de différents systèmes pour le chauffage, l'éclairage, le refroidissement, la préparation de l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le traitement de l'air. Nous avons ici sélectionné les technologies étudiées sur base des propositions d'un audit énergétique du bâtiment H réalisé en 2009³⁰.

Cette distinction est importante pour plusieurs raisons. Il est en effet plus aisé, à l'heure actuelle d'investir au niveau technique. Ces investissements sont plus visibles, ils constituent une alternative durable aux modes de ventilation et de chauffage « traditionnels » et peuvent être intégrés dans une gestion normale du patrimoine immobilier, leur installation se faisant uniquement quand une des installations antérieures doit être remplacée. En outre, à l'heure actuelle, c'est au niveau des installations techniques que des solutions de financement « sur mesures » peuvent être apportées³¹.

En effet, la plupart des « Energy Services Compagnies » (ESCO) proposent des formules similaires au tiers investisseur avec garanties sur les performances enregistrées : les contrats de performance énergétique. Comme nous allons le voir, ces formules permettent à l'organisation de limiter son investissement de départ tout en diminuant sa consommation d'énergies primaires. Les diverses solutions proposées par les ESCO sont abordées au chapitre 2.2. traitant des types de modes de financement. Pour ces raisons, ce sont ces aspects qui, dans les cas de la rénovation, seront pris en compte, au détriment des investissements liés à l'infrastructure. Même si ces investissements sont indispensables pour mener à bien un vrai projet d'efficacité énergétique, ils souffrent d'un manque de visibilité et d'un manque de soutien de la part des gestionnaires des bâtiments. Les investissements liés à l'infrastructure doivent, comme nous le verrons faire l'objet de décisions et de budget à part, alors que des investissements liés aux techniques peuvent se réaliser dans le budget de maintenance et de remplacement normal prévu pour un bâtiment.

Nous allons détailler les caractéristiques de certaines mesures architectures et techniques qui seront abordées dans la partie 3 de ce travail.

1.1.2. *Caractéristiques des mesures architecturales*

La performance énergétique d'un bâtiment dépend d'une part de la qualité de son isolation et d'autre part des performances des installations de production et de gestion de l'énergie. Les caractéristiques d'un bon niveau d'isolation dépendent de divers facteurs : le type d'isolant, l'épaisseur de l'isolant, l'existence de ponts thermiques et l'étanchéité à l'air. Nous faisons le choix de rajouter dans cette catégorie les installations de ventilation d'un bâtiment. En effet, ce type d'installation ne produit pas d'énergie en tant que tel mais permet un renouvellement de l'air dans le bâtiment. A ce titre, ces installations permettent de garantir la qualité de l'air intérieur et elles réduisent le taux d'humidité de l'air. Elles aident donc, de cette manière à diminuer la quantité d'énergie nécessaire à chauffer la température intérieure.

³⁰ GEMS (2009), *Rapport d'audit énergétique – version modifiée P/R au département technique – Bâtiment H*. ULB, 39p.

³¹ Contact avec Johnson Control.

Les caractéristiques types des matériaux d'isolation

La performance des isolants est caractérisée par³² :

- Le coefficient de conductivité thermique - la valeur Lambda (W/m.K) : c'est la quantité de chaleur transférée en une unité de temps au travers d'un matériau d'une unité de surface et d'une unité d'épaisseur. Plus la valeur est basse, meilleure est la performance.
- La résistance thermique R (m².K/W) indique le niveau de résistance qu'offre une paroi au passage de la chaleur. La résistance thermique indique le niveau de résistance qu'offre une paroi au passage de la chaleur, plus la R est élevé, plus la déperdition de chaleur est faible.
- Le coefficient de transmission thermique au travers d'une paroi – valeur U (W/m²K) indique la quantité de chaleur que passe par seconde et par m² avec une différence de température de 1 °C des deux côtés de la paroi.

Les différents types d'isolants

Il existe différents types d'isolants. Les matériaux issus de matières naturelles (liège, chanvre...), les isolants à base de matières minérales (laine de roche, laine de verre...) et les isolants issus de la pétrochimie (polystyrène extrudé, polystyrène expansé...). Ci-dessous, nous avons repris un tableau de l'IBGE détaillant les caractéristiques de principaux types d'isolants³³ :

Tableau 3: caractéristiques de différents types d'isolants³⁴

Tableau 2 – Propriétés techniques des matériaux isolants	Conductivité de la chaleur λ (W/mK)	résistance à la diffusion de vapeur μ [-]	Ouvert à la vapeur?	Chaleur spécifique c (J/kgK)	Masse volumique (kg/m ³)	Coefficient de diffusion thermique (moyen) $\alpha = \lambda / \rho \cdot c$ (W.cm ² /J)	Inflammable?	Isolation acoustique	Durée de vie (an)
Laine de verre	0,035 - 0,040	1	⊖	800	25	0.0175	Non	⊕	>25
Laine de roche	0,037 - 0,040	1 - 5	⊖	800	40	0.0125	Non	⊕	>25
Verre cellulaire	0,040 - 0,048	infinie	⊕	840	120 - 180	0.0317	Non	⊖	>25
Perlite	0,046	5	⊖	900	50 - 80	0.0074	Non	⊖	-
Vermiculite	0,058	3	⊖	900	<100	0.0088	Non	⊖	-
Granulés de mousse de silicate	0,040	3	⊖	800	25	0.020	Non	-	-
Polystyrène expansé	0,028 - 0,040	20 - 100	⊕	1450	25 - 35	0.0064	Oui	⊕	>25
Polystyrène extrudé	0,027 - 0,034	150 - 300	⊕	1500	15 - 30	0.0080	Oui	⊕	>25
Polyuréthane	0,024 - 0,029	50 - 185	⊕	1200	20 - 40	0.0069	Oui	⊕	>25
Cellulose	0,035 - 0,040	1 - 2	⊖	1600 - 2150	35 - 50	0.0040	Auto-extinguible	⊖	25
Fibres de bois	0,040 - 0,055	5	⊖	2100	45 - 140	0.00014	Difficilement	⊖	-
Lin	0,040	1 - 2	⊖	1550 - 1660	20 - 35	0.0079	Difficilement	⊕	-
Chanvre	0,040	1 - 10	⊖	1600 - 1700	30 - 36	0.0070	Difficilement	⊕	-
Laine de mouton	0,035	1 - 2	⊖	1720	25	0.0093	Sans gaz toxique	⊕	-
Liège expansé	0,040	5 - 30	⊕	1670	110 - 190	0.0015	Difficilement	⊖	25

Une fois l'isolation améliorée et après avoir optimisé l'étanchéité à l'air, il faut veiller à la ventilation de l'espace. En effet, une mauvaise ventilation peut provoquer des phénomènes d'humidité. Il a été démontré que la consommation énergétique d'un bâtiment a tendance à

³² IBGE. <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=4662> (consulté le 05/07/2011)

³³ Ibid.

³⁴ Ibid.

augmenter avec la densité de son occupation³⁵. C'est une des raisons qui rendent les systèmes de ventilation mécanique de plus en plus indispensables dans les bâtiments énergétiquement performants et dans les grandes rénovations.

De plus, il est important de veiller à limiter les ponts thermiques. Un pont thermique est une brèche dans la barrière isolante du bâtiment. Outre la perte d'efficacité de l'isolation, les ponts thermiques peuvent provoquer de la condensation et la formation de moisissures ou de pourriture.

1.1.3. Les panneaux solaires photovoltaïques³⁶

Il existe plusieurs familles de panneaux solaires photovoltaïques en fonction des matériaux utilisés :

- Les panneaux monocristallins et polycristallins sont les panneaux les plus commercialisés. Ils ont une efficacité variant entre 10 et 18%. Les panneaux monocristallins sont un peu plus performants que les polycristallins.
- Les couches minces qui comprennent les cellules au silicium amorphe, polycristallin ou monocristallin, au tellure de calcium... Ces technologies ont une efficacité moindre (de 6 à 11%). De plus, il reste des questions par rapport à la dangerosité de certains composants, comme le tellure de cadmium, interdit en Europe pour tous les appareils électriques, sauf les cellules photovoltaïques.
- Les technologies organiques sont des cellules dont au moins la couche active est composée de molécules organiques. Il existe deux types de cellules de ce type, les cellules organiques moléculaires et les cellules organiques en polymères. Principalement étudiées pour pouvoir réduire les coûts de production, ces technologies n'ont pas encore atteint une longévité et une efficacité suffisantes pour des applications commerciales à grande échelle.

Outre les panneaux, un système photovoltaïque doit pouvoir transformer l'électricité du courant continu en courant alternatif. Pour ce faire, il est nécessaire d'installer des onduleurs. Le type et les caractéristiques des onduleurs vont avoir une influence sur la performance de l'installation³⁷.

La performance d'une installation est donc caractérisée par l'efficacité et la disposition de ses composantes:

- Les pertes liées au panneau (voir supra).
- L'ensoleillement et la température et les possibilités d'ombrages du lieu d'installation.
- Les pertes liées au placement et à l'inclinaison des panneaux.
- Les pertes électriques liées aux câbles.
- Les pertes au niveau de l'onduleur.

Une installation optimale pour une superficie utile définie, sera donc, à l'heure actuelle, le

³⁵ WANG J, XHANG X., 2010.

³⁶ IBGE. <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=4662> (consulté le 05/07/2011).

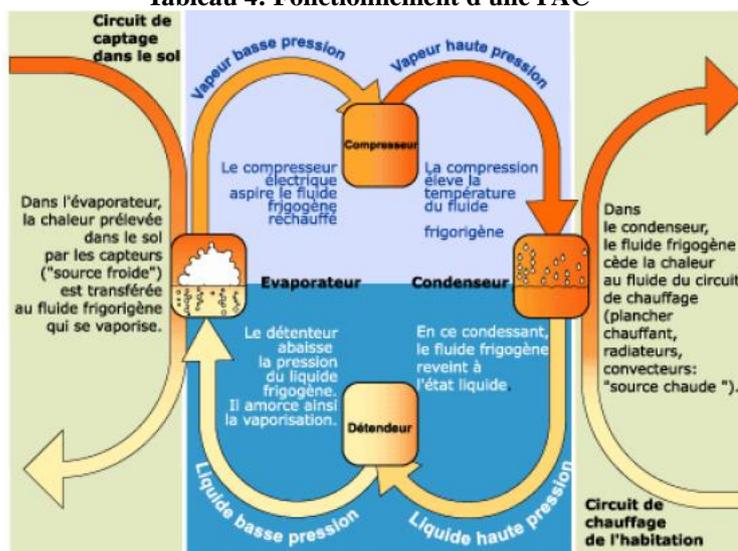
³⁷ Ibid.

placement de panneaux monocristallins, orientés le plus près possible du Sud à une inclinaison par rapport à l'horizontale qui n'est pas inférieure à 15° et qui se rapproche de 35° (optimum pour une orientation plein Sud), sans ombres, avec des onduleurs permettant une efficacité de conversion maximum.

1.1.4. Les pompes à chaleur³⁸

Une pompe à chaleur est constituée d'un circuit fermé dans lequel circule un fluide. Ce circuit est composé de quatre éléments principaux : un compresseur, un détendeur et deux échangeurs de chaleur (le condenseur et l'évaporateur). Le but étant de transférer l'énergie d'un milieu froid (source froide) à un milieu chaud (source chaude).

Tableau 4: Fonctionnement d'une PAC³⁹



Les performances de la pompe à chaleur sont caractérisées par un coefficient de performance (COP). Le COP est le rapport entre la chaleur fournie par le condenseur et l'électricité consommée pour la produire. Plus le COP est élevé, plus la pompe à chaleur est performante. Le COP est influencé par la différence et la stabilité de température entre la source froide et la source chaude, l'efficacité des échangeurs de chaleur et la consommation électrique du compresseur. Le COP varie au cours du temps en fonction des conditions de fonctionnement et il mérite d'être établi sur une longue période d'utilisation. Le COP saisonnier est donc le critère à considérer pour caractériser la pompe à chaleur.

La pompe à chaleur peut utiliser plusieurs sources pour chauffer le bâtiment : le sol, l'air et l'eau. Les pompes à chaleur utilisant les calories du sol grâce à des capteurs verticaux ont généralement un COP de 3 ou plus.

Il convient de faire une distinction entre les pompes à chaleur, utilisant l'énergie du sol mais dont la chaleur provient toujours du rayonnement solaire, de la géothermie profonde⁴⁰,

³⁸ IBGE. <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=4662> (consulté le 05/07/2011)

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Plusieurs communes utilisent la géothermie profonde comme source de chaleur (Bouillant – Guadeloupe,

utilisée pour alimenter des réseaux de chaleur. Nous n'aborderons pas ici la question de la géothermie profonde.

1.1.5. La cogénération⁴¹

La cogénération est une technique de production simultanée d'énergie électrique et de chaleur. Cela permet un rendement supérieur par comparaison avec des mécanismes de production séparés d'électricité et de chaleur. Il s'agit donc de récupérer la chaleur perdue lors de la production d'électricité, permettant d'économiser entre 15 et 20% d'énergie primaire.

La cogénération peut être appliquée pour plusieurs sources d'énergies : les moteurs à gaz, le biogaz ou diesel, les turbines à vapeur et les turbines à gaz. Les différentes technologies doivent être choisies en fonction des besoins énergétiques du bâtiment⁴².

1.1.6. Les systèmes d'éclairage

Les activités d'enseignement et de recherche ont besoin d'un système d'éclairage adapté. Il est donc important de favoriser l'apport de la lumière du jour. Idéalement, il ne suffit pas de remplacer des anciennes installations par des installations moins énergivores, mais de réellement repenser l'éclairage du bâtiment.

Il existe de nombreuses variétés de systèmes d'éclairage pouvant être utilisés. Les différents types de lampes et de luminaires ont des caractéristiques différentes qui vont être plus ou moins adaptées à l'usage de la pièce. C'est pourquoi l'identification des besoins est importante lors du choix du système d'éclairage.

Tableau 5 : Indices de performance de différents systèmes d'éclairage⁴³

Lampe	Watt (W)	Lumen (lm)	Efficacité (lm/W)	Couleur
Lampe incandescente	75	950	10-15	2600 - 3000
Lampe fluorescente compacte	15	810	50-60	5000 - 6000
Lampe fluorescente	36	2400	69-100	3200 - 7500
Lampe haute pression au sodium	100	10500	80-140	2000 - 3200
Lampe basse-pression au sodium	131	26000	150-200	1600

En outre, il existe des systèmes permettant de réguler la lumière du jour en fonction des besoins des occupants. Cela va des systèmes d'obturation de la lumière jusqu'aux systèmes de tunnels permettant de « transporter » la lumière du jour dans des pièces sans fenêtres.

Pour les bâtiments d'éducation, les systèmes de contrôle sont également intéressants. Ils sont constitués de senseurs permettant de détecter l'occupation de la pièce ou de senseurs permettant d'adapter l'intensité de l'éclairage en fonction des apports de la lumière du jour.

Paris,...)

⁴¹ IBGE et cours Michel Huart

⁴² <http://www.cogensud.be/pages/cogfra.htm>

⁴³ MAHLIA T.M.I, RAZAK H.A, NURSAHIDA M.A., 2011, p.1127.

6.4. Rentabilité des investissements liés à la performance énergétique

1.1.1. Introduction

Il est nécessaire de pouvoir évaluer la rentabilité des investissements à réaliser afin de pouvoir sélectionner les mesures de réductions qui ont le meilleur rapport coût/bénéfice. Ce rapport varie fortement selon le niveau d'isolation du bâtiment de référence. Nous allons donc comparer différents types d'investissement sur base de la typologie que nous avons développé dans le point 4.3.

Mesures architecturales :

- Isolation des murs
- Isolation des toitures
- Installation de toitures vertes
- Placement de vitrage isolant
- Ventilation mécanique avec échange de chaleur

Mesures techniques :

- Installations électriques « intelligentes »
- Installation de systèmes de cogénération
- Installation de panneaux solaire thermiques
- Installation de panneaux solaires photovoltaïques
- Pompes à chaleur

Nous avons repris ici le potentiel de rentabilité des investissements selon leur temps de retour et leur taux de rentabilité interne. Il s'agit du potentiel théorique, calculé sur base d'études⁴⁴. Cette évaluation va nous permettre de sélectionner les investissements qui nous semblent les plus appropriés pour l'ULB. Nous vous proposons dans un premier temps une vue synthétique des investissements possibles et de leur temps de retour.

Nous confronterons ensuite ce potentiel théorique aux résultats des études consultées concernant des cas concrets réalisés dans le monde. Ces cas ont été rassemblés dans le cadre du projet de l'Agence Internationale de l'Énergie : « Annexe 36 », qui rassemble des exemples d'investissements en efficacité énergétique dans les bâtiments destinés au secteur éducatif en Europe.

Nous sélectionnerons enfin les types d'investissements pour lesquels une analyse approfondie, basée sur la situation de l'ULB, sera effectuée.

⁴⁴ Entre-autres: OUYANG J., GE J., HOKAO K. 2009, ZHU L., HURT R., CORREA D., BOEHM R. 2009, AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K. 2010, GAYRAL, 2005, DE CONINCK R., VERBEEK G., 2005.

1.1.2. Rentabilité estimée par les sources académiques

Vu les différences de résultats obtenues par les études référencées, nous avons repris dans cette synthèse des ordres de grandeur. Ces différences doivent être soulignées. En effet, il n'existe pas de consensus sur la rentabilité des investissements en économie d'énergie. Ces derniers doivent donc être calculés au cas par cas selon la situation de l'organisation concernée. Cette approche rend donc essentielle l'analyse de la situation existante pour une bonne évaluation de la pertinence d'un investissement dans les domaines de l'efficacité énergétique.

Tableau 6: Retour sur investissements des investissements en économies d'énergie. Sources académiques

Investissement	Temps de retour (hors subsides)	Taux de rentabilité interne
Système d'éclairage	2 – 4 ans	20 – 40 %
Isolation de la toiture (20-30 cm)	15 – 25 ans	4 - 8 %
Isolation des murs (10 – 17 cm)	10– 20 ans	6 – 10 %
Placement de double vitrage (U max = 1.1)	15 – 20 ans	6 – 15 %
Cogénération	3 – 6 ans	20- 30 %
Système photovoltaïque	8 – 15 ans	6 – 10 %

Nous pouvons remarquer les importants écarts entre ces différentes valeurs. En effet, les différentes études consultées ne s'accordaient pas sur les valeurs à choisir pour étudier la rentabilité d'un investissement. Plusieurs paramètres importants peuvent influencer le calcul de la rentabilité économique : le prix de l'énergie, le taux d'actualisation, niveau de performance énergétique du bâtiment type choisi, le comportement supposé des habitants ou utilisateurs...

Il est donc difficile d'évaluer de manière théorique la rentabilité d'un investissement spécifique en économie d'énergie. Cette difficulté est probablement un facteur qui constitue une barrière supplémentaire aux investissements en économies d'énergie.

Pour pouvoir évaluer la rentabilité de l'investissement, il sera nécessaire d'effectuer des études poussées et d'accepter les hypothèses prises par les bureaux d'études. Hors ces hypothèses peuvent être discutées et amener à mettre en cause certains résultats des études. Il y a donc une réelle incertitude.

Malgré cela, nous pouvons identifier certaines tendances : ce sont les investissements liés à la production énergétique et à l'éclairage qui donnent les meilleurs temps de retour. Ce sont également ces investissements pour lesquels les différentes sources consultées obtenaient les temps de retour les plus similaires. Or ces investissements ne sont pas ceux qui

permettent d'économiser le plus d'énergie⁴⁵.

Les mesures d'isolation des toitures, le placement de vitrage super-isolant et l'isolation des murs permettent les meilleurs gains d'énergie. Malheureusement nous remarquons que ce sont des investissements qui cumulent plusieurs difficultés. D'une part, il est plus difficile d'évaluer leur rentabilité et d'autre part, leur retour sur investissement est moindre, principalement en raison de la non prise en compte, au niveau financier, des effets positifs d'une performance énergétique des bâtiments renforcée.

1.1.3. Rentabilités des investissements en efficacité énergétique selon des études de cas

Nous utilisons les résultats obtenus dans le cadre du projet de l'International Energy Agency « IEA ECBCS programme Annexe 36 ». Ce projet a comme objectif de fournir des outils et des lignes directrices permettant de faciliter l'adoption de mesures d'économies d'énergie dans les bâtiments éducatifs. Le projet veut donc donner des recommandations sur la mise en œuvre des mesures et identifier les mesures les plus intéressantes. Plus de 30 cas ont été étudiés, permettant de comparer les différentes mesures entre elles. Nous avons ci-dessous réalisé un tableau permettant de comparer les différentes mesures.

Tableau 7: Retour sur investissements des projets d'économies d'énergie. Études de cas

Investissement réalisés	PayBack	Gains €/m ² /an	Coût €/m ²
Éclairage performant et intelligent	5 ans	3	15
Isolation des murs par l'extérieur (10 cm polystyrène)	22 ans	6	124
Placement de vitrage isolant	18	4	70
Isolation des toitures (30 cm polystyrène)	20	3	62

Nous pouvons tout d'abord remarquer que les retours sur investissements de projets réalisés sont légèrement plus importants que ce que les études théoriques prévoient. Cet écart peut être dû à plusieurs facteurs. D'une part, les études théoriques ont tendance à surévaluer l'évolution du prix de l'électricité. La plupart de ces études prennent comme base un prix de l'électricité qui augmente de 5, voir de 10 % par an. Hors, suite à la crise économique de 2008, les prix n'ont pas augmenté dans cette proportion. D'autre part, les coûts des différents projets sont souvent plus élevés que ce que les études prévoient. Dans la pratique, il n'y a pas que les coûts liés aux travaux de performance énergétique qu'il faut prendre en compte. Ces projets ont des coûts supplémentaires liés aux nécessités de faire appel à des bureaux d'études et à des spécialistes afin de s'assurer que les économies prévues seront effectivement réalisées.

Les évaluations liées aux économies d'énergies sont elles plus similaires. Cette constatation

⁴⁵ AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K., 2010.

est positive car elle permet de pouvoir utiliser les modèles théoriques pour d'autres projets liés à la performance énergétique. Cependant, on peut remarquer que les économies d'énergies sont le plus similaires aux prévisions quand des systèmes de gestion et de contrôle (que ce soit de la ventilation, de l'éclairage, ou du chauffage) sont installés dans le bâtiment. En effet, de cette manière, il est possible d'éviter une augmentation relative de la consommation énergétique en raison des comportements des utilisateurs⁴⁶.

6.5. A la recherche de l'optimum économique

De nombreux articles et ouvrages scientifiques⁴⁷ traitent de l'optimum économique à atteindre lors d'investissements en économie d'énergie. Il est pertinent de remettre ces recherches dans leur contexte afin de pouvoir comparer la situation des bâtiments de l'ULB avec les bâtiments de référence pris en considération dans ces recherches. En effet, nous nous servons en grande partie des méthodes et approches reprises par ces études pour définir le potentiel d'investissements à réaliser dans nos deux bâtiments témoins.

De manière générale ces recherches se basent sur un bâtiment de référence. Ce bâtiment de référence doit être représentatif d'une large quote-part du parc immobilier visé. En effet, comme le soulignent De Conninck et Verbeeck (2005), ces bâtiments n'ont pas l'ambition de représenter la moyenne exacte du parc immobilier, vu les importantes disparités existantes.

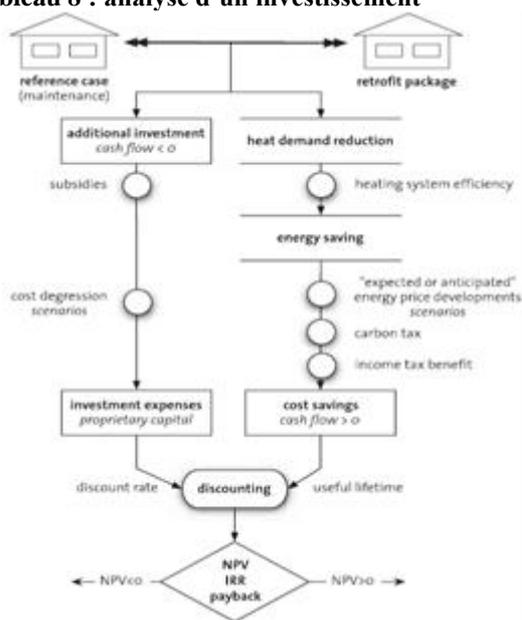
Nous reprenons ici la méthode de calcul de l'optimum économique telle que présentée par Amstalden (et alii)⁴⁸ :

⁴⁶ GOLOVE et ETO, 1996.

⁴⁷ DE CONINCK R., VERBEECK, G., 2005, MEINS E., MITAL S., ABIL U., 2008, JACOB, M., 2006, CLINCH J.P., HEALY J.D., 2001, AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K., 2010.

⁴⁸ AMSTALDEN R.W., KOST M., NATHANI C., IMBODEN D.M., 2007.

Tableau 8 : analyse d'un investissement



Nous remarquons donc qu'ici aussi, les retours seront calculés sur base d'un cas de référence et que les différents retours sont calculés à partir de celui-ci.

Le deuxième élément dont il faut tenir compte est une évaluation des prix de l'énergie. Ici aussi, la plupart des articles scientifiques basent leurs calculs sur des progressions des prix de l'énergie très optimistes, dans le sens où les prix sont estimés croître de manière raisonnable. De cette manière, les auteurs se couvrent de critiques éventuelles et évitent un biais certain dans l'analyse de rentabilité des investissements. Même s'il est probable que les prix de l'énergie soient appelés à augmenter plus que ce que les modèles d'évaluation de la rentabilité des investissements estiment⁴⁹, nous conserverons ici une approche conservative similaire dans notre évaluation.

Plusieurs études, basées sur le logement familial, ont cherché à identifier le mix d'isolation optimum. Nous reprenons ci-dessous une étude d'AUDENAER⁵⁰.

Tableau 9: Combinaisons optimales d'isolation

Type	Profitability criteria and components for most profitable combination of insulation				
	I (EUR)	CF (EUR/year)	PB (year)	IRR (%)	NPV (EUR)
Terraced dwelling	3286.20	459.72	7.17	21.85	10,279.47
Semi-detached dwelling	5247.94	590.09	8.93	17.83	12,164.71
Detached dwelling	7652.46	741.82	10.37	15.57	14,237.79

Type	Most profitable combination of insulation, related U-values, E-level and K-value					
	Facade (cm)	Roof (cm)	Floor (cm)	Glazing	E-level	K-value
Terraced dwelling	10	18	8	1.1	80	31
	0.34	0.29	0.30			
Semi-detached dwelling	10	24	12	1.1	80	31
	0.34	0.22	0.23			
Detached dwelling	15	18	12	1.1	80	30
	0.24	0.29	0.23			

⁴⁹ CREG, http://www.creg.be/pdf/Tarifs/E/evolprix_fr.pdf (consulté le 15/07/2011).

⁵⁰ AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K., 2010.

Les études consultées semblent converger vers un optimum économique qui serait de l'ordre du niveau K30 pour le degré d'isolation. Cela correspond en termes de matériaux à la pose de 20 cm d'isolant au niveau du toit, 12 cm d'isolant sur les murs et 10 cm d'isolation pour le sol. Cette dernière mesure ne nous semble pas réaliste dans une perspective de rénovation et ne fera donc pas l'objet d'analyses supplémentaires. Outre l'isolation, une attention particulière sera donnée à l'étanchéité à l'air et à la ventilation du bâtiment. Ces mesures semblent en effet avoir de très bons scores en termes de retour sur investissement. Il est donc important de les inclure dans notre analyse.

PARTIE 3 : Analyse de la situation de l'ULB

1. Identification des acteurs

Le Conseil d'administration de l'ULB est l'organe suprême, il possède le droit d'initiative dans tous les domaines. Il élabore les statuts, les règlements généraux, définit la politique et les objectifs de l'Université. C'est également lui qui établit et approuve le budget, les comptes, statue en dernier ressort et exerce la tutelle sur les organes décentralisés.⁵¹

Afin de faciliter sa mission, le Conseil d'administration a constitué des commissions permanentes, l'une d'entre elles, la Commission de la programmation et des investissements a pour mission d'agir comme organe consultatif pour les questions liées aux investissements à réaliser par l'ULB.

Le Département de l'Administration financière a pour mission, entre autres, le suivi du budget, des comptes annuels, la gestion financière du patrimoine immobilier.

Le service Programmation immobilière, au sein du département Bureau d'Études, est chargé de la planification et de la programmation des besoins immobiliers. Il s'assure de l'exécution de la politique arrêtée par le Conseil d'administration.

Le Département Infrastructure est l'entité responsable de la gestion des installations et des bâtiments de l'ULB. Il est divisé en deux parties : « Exploitation », responsable de la gestion technique et de la maintenance des bâtiments et « Projets et Constructions » qui ont la mission de gérer les grands travaux de rénovation et de construction.

La Coordination environnementale a pour objectif, entre autres, de contribuer à l'élaboration et de veiller à la cohérence de la politique environnementale de l'ULB. Pour les projets en liens avec les économies d'énergies dans les bâtiments, elle a pour mission de faciliter les projets et d'assurer le suivi des performances environnementales de l'ULB.

2. Mécanismes de décision au sein de l'ULB

Comme nous pouvons le constater, les acteurs impliqués dans la prise de décision sont nombreux. Cette multiplication des acteurs ne favorise pas l'adoption d'investissements en économies d'énergie. En effet, pour qu'une décision d'investissement soit prise, celle-ci doit avoir été prévue dans le budget du service « Projet et Constructions ». Ce budget doit être accordé par le Conseil d'administration, sur base des avis et de la guidance du Service de Programmation Immobilière, du Département de l'Administration financière, et de la Commission de la programmation et des investissements.

Or, il est fort probable, comme nous l'avons mentionné dans la première partie, que les intérêts des différents départements ne soient pas nécessairement identiques. Par exemple, l'intérêt premier du service d'Exploitation est de réduire le budget de l'exploitation. Pour ce faire, la réduction de la facture énergétique est une piste intéressante. Cet intérêt est partagé par la Coordination environnementale dont c'est la mission première. Par contre, l'intérêt premier du service Projets et Constructions est de pouvoir mener les projets planifiés dans le

⁵¹ *Statuts organiques de l'Université Libre de Bruxelles*, ULB, Service du Greffe, 4 juillet 2011. 26p.

budget prévu. Budget qui aura été réalisé sur base des planifications de la Programmation immobilière. Le service Projets et Constructions n'aura donc pas nécessairement comme premier critère de choix, les éléments liés à la performance énergétique des bâtiments.

Or, le patrimoine immobilier de l'ULB vieillit et plusieurs de ses bâtiments ont un besoin de rénovation. Cette obligation de rénovation est une opportunité pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments. Comme nous l'avons mentionné dans la partie traitant des impacts d'une mauvaise performance énergétique, l'ULB a une performance moyenne occasionnant de ce fait des coûts opérationnels pouvant être évités.

3. Les règles fiscales applicables à l'ULB

3.1. Le statut de l'ULB

L'université s'est vue accorder la personnalité civile par la Loi du 12 août 1911. C'est un Établissement d'Enseignement et de Recherche.

3.2. L'assujettissement à la TVA

A la suite d'une condamnation de l'Allemagne par la Cour de Justice des Communautés Européennes⁵², un nouveau système fiscal pour les universités a vu le jour.

Depuis le 1^{er} janvier 2008, les universités sont des assujettis mixtes partiels⁵³. Un assujettissement mixte à la T.V.A. se produit lorsqu'un assujetti effectue à la fois des opérations qui sont soumises à la T.V.A. et des opérations qui sont exemptées de la T.V.A.⁵⁴. C'est-à-dire que l'université peut avoir en même temps des activités soumises à la TVA, des activités exemptées et des activités dites hors champs. Les activités hors champs concernent essentiellement des programmes de recherche définis.

Pour les opérations à la sortie (l'ULB facture un service)

Trois catégories sont applicables : les travaux de recherche et toute autre prestation effectuée au profit de tiers. Dans ce cas la TVA est entièrement récupérée. Les prestations d'enseignement et toute autre opération qui y sont liées, sont exemptées de TVA. Pour les activités hors champs, la TVA n'est pas d'application à la sortie.

Pour les opérations à l'entrée (l'ULB paie un bien ou un service)

Pour le paiement des achats, l'ULB ne peut récupérer la TVA qu'à concurrence de 20%. Ce calcul est fait sur base du prorata entre la part des activités soumises à la TVA et des activités non soumises à la TVA⁵⁵.

3.3. La TVA et les certificats verts

A la suite de la décision administrative n° E.T. 113.522 du 26 février 2008, il a été confirmé que la vente de certificats verts, est soumise à la TVA au taux normal :

⁵² Arrêt C-287/00 de la CJCE du 20/06/2002. <http://curia.europa.eu>.

⁵³ Article 44 du Code de la TVA.

⁵⁴ Articles 39 à 42 inclus ou par l'article 44 Code de la TVA.

⁵⁵ Article 46, § 1 et 2 du Code de la TVA.

« (...) Au terme d'un examen attentif tant des caractéristiques intrinsèques des certificats verts que de la manière dont ils sont traités, sur le plan fiscal, dans les différents pays européens ayant opté pour la mise en place d'un tel système, force est de constater que les certificats verts s'apparentent plutôt à des droits similaires à des droits de licence et qu'il est incorrect d'en encore les considérer comme des titres négociables (autres que des actions et des obligations) visés par l'exemption de l'article 44, § 3, 10°, précité.

Ainsi, comme la cession des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (voir décision n° E.T. 109.133 du 16 mars 2005), la cession des certificats verts est une prestation de services visée à l'article 18, §1er, alinéa 2, 7°, du Code de la TVA. Cette cession est soumise à la TVA, au taux normal, lorsqu'elle est réputée se situer dans le pays conformément à l'article 21, § 2, ou § 3, 7°, a), du Code de la TVA. Aucune exemption n'est applicable en la matière. (...) »⁵⁶.

3.4. Imposition, amortissements et déductions

En tant qu'établissement d'enseignement et de recherche, l'ULB est exemptée d'impôts. Ce qui rend inexistante la possibilité de procéder à une déduction des investissements pour économies d'énergie telle qu'accordée par le gouvernement fédéral.

Dans le cas des amortissements, ils permettent de prendre en compte, d'un point de vue comptable, la durée de vie des installations, mais ils ne peuvent pas être pris en compte dans un calcul de rentabilité et de financement d'un projet d'efficacité énergétique.

⁵⁶ Décision administrative n° E.T. 113.522 du 26 février 2008.

Partie 4. Méthodes de financement par domaine d'action

1. Construction d'un outil d'analyse

1.1. Introduction

Afin de pouvoir évaluer les différentes propositions d'investissement de manière similaire, nous avons construit un outil d'analyse⁵⁷ permettant de prendre en compte un maximum de paramètres relatifs aux coûts et bénéfices d'un projet tout au long de sa durée de vie.

Dans un premier temps, il s'agit donc de définir les bénéfices apportés par l'investissement. Le calcul de ces bénéfices étant différent pour chacune des techniques proposées, nous allons détailler ces dernières dans les paragraphes suivants.

Ensuite, nous avons développé des grilles d'analyse pour deux modes de financement par emprunt : un mode via un remboursement du capital fixe et l'autre via un remboursement du capital variable. Nous avons également proposé une grille d'analyse pour les formules via leasing.

Pour les systèmes de tiers investisseur, nous avons repris les mêmes grilles d'analyse. En effet, le tiers-investisseur va, généralement, lui-même financer son investissement via un financement bancaire ou via des formules de leasing⁵⁸. Nous prenons donc comme hypothèse qu'un tiers investisseur doit, pour pouvoir financer un projet, avoir un taux de rentabilité lui permettant de rétribuer le propriétaire du bâtiment, de lui garantir un retour sur cet investissement et de couvrir les frais de la dette.

Nous avons enfin considéré les investissements générant des revenus sous forme de certificats verts ou de revente de l'électricité au réseau comme des projets à part, générant des bénéfices propres susceptibles d'être imposés. Il s'agit d'une hypothèse volontairement conservatrice qui a des impacts à long terme sur le projet. A côté de l'imposition, nous avons, par souci de cohérence, également pris en compte les possibilités d'amortissement de l'installation. Dans nos hypothèses, deux méthodes d'amortissement sont développées : l'amortissement constant et l'amortissement progressif. En outre, nous avons également pris en compte la déduction fiscale accordée aux entreprises pour des investissements liés aux économies d'énergies de 13,50 % ainsi que les primes accordées par la Région de Bruxelles-Capitale.

⁵⁷ Voir fichier électronique fournit en annexe

⁵⁸ Johnson Control. Données fournies en annexes.

1.2. Le remboursement du capital par annuités constantes

Cet emprunt est le type d'emprunt le plus courant pour les demandes de financement d'investissements. Il permet d'effectuer des remboursements constants et aide donc l'organisation emprunteuse à mieux gérer ses entrées et sorties de fonds. Ce type de mécanisme va faire peser la charge de l'emprunt au début de la période de remboursement. En effet, le capital sera remboursé de manière identique pour chaque période, ce qui entraîne une augmentation du montant à rembourser au début du prêt.

Cela peut créer une difficulté si l'on cherche un investissement qui puisse s'auto-rembourser rapidement. Il est donc important de pouvoir comparer plusieurs mécanismes de remboursement d'un emprunt bancaire.

Dans ce cas, on calcule le montant d'une annuité a en fonction du capital prêté K , du taux d'intérêt r et du nombre d'annuités N , grâce à la formule suivante :

$$a = \frac{K \times r}{1 - (1 + r)^{-N}}$$

1.3. Le remboursement du capital par amortissements constants

Dans ce cas, l'amortissement sera constant. Il s'agira donc d'abord de calculer le montant de ces amortissements via la formule :

$$Am = \frac{Ko}{N}$$

Où :

- Ko = la somme empruntée
- N = années
- r = taux de remboursement annuel

Les intérêts pour l'année i sont ensuite calculés :

$$I_i = r \frac{Ko(N - i + 1)}{N}$$

Enfin, les annuités a_i se déterminent par la formule :

$$a_i = a_1 - \left(Ko \times \frac{r}{N}\right) \times (i - 1)$$

L'effort porté au service de la dette sera, avec cette méthode, le plus important en fin de période de remboursement. En effet, ici, c'est le montant total (capital et intérêts) qui sera constant pendant l'entièreté de la période de remboursement. Or, la performance des investissements va elle, diminuer avec le temps et donc entraîner une baisse des revenus. La capacité de l'investissement à s'autofinancer va donc diminuer avec la durée du crédit. Le

montant qui sera payé annuellement sera variable en fonction du capital restant à rembourser.

1.4. Le Leasing

Les paiements de leasing sont constitués de deux parties :

- **les frais de dépréciation** : c'est la partie payée pour la perte de valeur due au vieillissement des installations financées. Ce calcul est basé sur l'entièreté de la durée du financement. Ces frais sont calculés de la façon suivante :

$$\text{Frais de dépréciation} = \frac{I - R}{N}$$

Les coûts du leasing seront donc moins élevés si la valeur résiduelle du financement augmente.

- **les frais de financement** : c'est la partie comprenant les intérêts sur l'investissement.

$$\text{Frais de financement} = (I + R) \times r$$

A ces deux éléments, il faut également rajouter les taxes et impôts éventuels.

Nous rappelons que le leasing consiste bien dans le transfert de la propriété juridique d'une installation à une société de Leasing, la propriété économique restant dans les mains de l'organisation bénéficiaire. Cette formule n'est donc pas adaptée pour des financements liés à la performance énergétique (isolation, éclairage) mais plutôt pour des installations de production d'énergie et de chaleur.

1.5. Les contrats de performance énergétique

Comme nous l'avons vu, il existe plusieurs possibilités de formules de tiers-investisseur. Pour le calcul de leurs coûts, nous partons du principe qu'il est nécessaire que l'investisseur puisse avoir un gain d'investissement réalisé. D'autre part, ce dernier va également chercher une source externe de financement sur une partie du projet afin de pouvoir bénéficier d'un effet de levier. Ce mécanisme est également plus coûteux du fait de frais de gestion plus élevés entraînés par les obligations de suivi de la performance et par l'existence d'une prime de performance.

C'est pourquoi le coût de financement du recours au contrat de performance énergétique est plus élevé (de 13% à 15% selon l'ICLEI⁵⁹) que celui relatif à l'utilisation d'instruments traditionnels.

Notre angle d'analyse part donc du tiers-investisseur lui-même. Nous allons donc dans un premier temps, tenter d'analyser la possibilité de gain qu'un tiers investisseur peut avoir de son projet, en tenant compte des limites et des contraintes de financement externe qu'il

⁵⁹ International Council on Local Environment Initiatives. C'est une association de villes, comtés et d'autorités locales, fondée en 1990, dont l'objectif premier est de promouvoir la mise en œuvre de politiques soutenables au niveau local.

peut obtenir.

Nous simplifions ici à l'extrême notre modèle. En effet, un calcul classique de tiers-investisseur basé sur les gains d'énergie du projet devra tenir compte des conditions de l'année climatique en cours. Pour ce faire, il sera nécessaire de prendre en compte la notion de degré-jour. Ce que nous ne ferons pas ici. Notre objectif est de pouvoir évaluer différentes possibilités de financements et non le schéma de rentabilité de l'investisseur éventuel.

Les conditions pour lesquelles nous avons estimé qu'il serait intéressant pour un tiers-investisseur de s'impliquer dans un contrat de performance énergétique de type « contrat d'économies partagées » sont les suivantes :

- ⇒ Financement : nous considérons que l'ESCO va chercher à financer au moins 80% du montant total de l'investissement via des sources externes (leasing s'il s'agit d'un bien mobilier ou emprunt bancaire traditionnel).
- ⇒ TRI : une ESCO acceptera un taux inférieur à un investisseur traditionnel, cependant, nous estimons que celui-ci ne devra pas être plus bas que 8% sur une période de 20 ans
- ⇒ VAN : dans tous les cas la VAN devra être positive.
- ⇒ Contrat d'entretien : un contrat d'entretien, s'il s'agit d'installations de chauffage ou de ventilation, devra être signé avec l'ESCO sur une période de 20 ans.
- ⇒ Assurance : dans notre modèle, l'ESCO a l'entière responsabilité des installations financées. Elle devra donc veiller à ce que les installations financées bénéficient des assurances tous risques nécessaires et soient également couvertes contre la perte éventuelle de revenus.

1.6. Critères de décision pour le choix d'une méthode de financement

Nous évaluons les modes de financement les plus adaptés pour la situation spécifique de l'ULB. Pour ce faire, nous allons dans un premier temps évaluer les économies d'énergie générées par les investissements réalisés. Ces économies d'énergies, et les primes éventuellement associées vont nous permettre d'évaluer un temps de retour sur investissement. Dans chaque cas, nous avons abordé la question du financement selon trois angles, un financement via emprunts, un financement en partie par emprunt et en partie par fonds propres et enfin, l'appel à un tiers investisseur. Pour ce dernier point, nous nous sommes basés sur des contacts menées auprès de Johnson Control et de Cofely Services afin de pouvoir estimer la manière dont ces deux entreprises abordent les questions liées aux contrats de performance énergétiques et à leur rôle de tiers-investisseur.

Nous avons classé ces trois possibilités selon plusieurs critères:

- Pertinence de l'investissement: le prix du kWh. L'investissement doit pouvoir avoir un prix au kWh sur 20 ans identique ou plus faible que le prix auquel l'université paie son énergie, indexation comprise. Si cette condition n'est pas remplie, l'analyse du mode de financement se limitera à une étude du point de vue d'un tiers-investisseur. Cependant, il est fort peu probable qu'une tierce-partie investisse pour un projet sans

réelle plus-value financière.

- Appel à des fonds propres: il est plus intéressant pour l'ULB de conserver ses fonds propres, une solution optimale de financement doit donc être une solution pour laquelle les fonds propres de l'ULB sont sollicités au minimum de leurs capacités, et ce, tout au long de la durée de vie de l'investissement. En cas de prêt, nous considérerons donc le DSCR pour évaluer dans quelle mesure l'investissement est capable de s'autofinancer.
- Le temps de retour sur investissement : en cas d'utilisation de fonds propres, le temps de retour sur investissement doit être suffisamment court que pour libérer les fonds nécessaires dans une période de 8 ans.
- La VAN doit être positive.
- Le DSCR doit être positif (pour un financement via ESCO).

Pour évaluer les retours sur investissements, nous avons utilisé les outils développés par la cellule Architecture et Climat de l'UCL dans le site internet *Énergie+*⁶⁰. Ces outils permettent d'évaluer les économies réalisées. Cela permet de nous donner une idée de ce que ces investissements peuvent apporter.

Il faut donc également considérer ces résultats pour ce qu'ils sont: des approximations qui peuvent aider les gestionnaires des bâtiments à approfondir la réflexion dans un sens ou dans l'autre. Pour une réelle étude de faisabilité, il sera nécessaire de faire appel à un bureau d'étude expérimenté qui pourra donner des mesures précises et qui, en cas de concrétisation de l'une ou l'autre de ces propositions, pourra également suivre la mise en œuvre et garantir les économies générées.

2. Analyse des méthodes de financement par domaine d'action

2.1. Financer une installation photovoltaïque

1.1.4. Hypothèses spécifiques

Même si, d'un point de vue énergétique, la technologie photovoltaïque n'est pas, à l'heure actuelle, l'énergie avec la meilleure performance⁶¹, elle possède des avantages techniques indéniables. En effet, il est relativement aisé d'installer des panneaux photovoltaïques. Leur placement peut se faire sur la plupart des toitures pouvant supporter leur poids (moyennant l'absence d'ombrage) et le rendement de ceux-ci peut être anticipé de manière fiable. Il faut néanmoins constater que, sans soutien des autorités via le système des certificats verts, les installations photovoltaïques ne seraient pas rentables⁶².

⁶⁰ http://www.energieplus-lesite.be/energieplus/page_1000.htm (consulté le 12/07/2011).

⁶¹ En effet, le prix au kWh du photovoltaïque est comparativement plus élevé. De la même manière à puissance installée équivalente, les panneaux photovoltaïques vont produire moins d'énergie utile que les autres modes de production d'énergies renouvelables courantes.

⁶² Voir Infra.

Nous avons détaillé les différentes hypothèses pour le calcul de la rentabilité et du financement de panneaux solaires photovoltaïques:

Caractéristiques de(s) l'installation(s)

- **Localisation**: nous avons envisagé le placement de panneaux solaires sur plusieurs bâtiments du campus du Solbosch, indépendamment de leur consommation spécifique. Ce sont donc plus les caractéristiques de solidité de la toiture, d'ombrage et d'orientation qui ont permis d'effectuer une sélection. En effet, grâce au fait que le campus forme un réseau électrique composé de trois points d'entrée, la part de production autoconsommée est à étudier sur la base des injections dans ces trois points d'entrée. C'est la consommation de l'ensemble du campus qui doit être prise en compte, et non la consommation d'un bâtiment en particulier.

Il faudra cependant prendre en compte les éventuelles adaptations à effectuer au niveau de cabines électriques afin de permettre des injections dans le réseau électrique⁶³.

- **Taille de l'installation**: la taille de l'installation dépend de la capacité des toitures, en tenant compte des ombrages et de la distance entre les panneaux. Cette distance est elle-même dépendante de l'inclinaison des panneaux. La distance nécessaire entre les panneaux peut se calculer via la tangente alpha et le sinus beta formés par ceux-ci.

Si l'on considère que l'angle minimum des rayonnements du soleil, pour que l'installation produise de l'électricité est de 17 degrés⁶⁴, et que l'inclinaison de nos panneaux par rapport à l'horizontale est de 20 degrés, il nous est possible d'estimer l'espace nécessaire entre deux panneaux pour éviter les ombrages. De plus, il faut également pouvoir calculer la place prise par le panneau en lui-même.

Nous avons utilisé Google Earth pour estimer la possibilité de placer des panneaux solaires sur les toitures du Solbosch⁶⁵. Nous avons estimé approximativement qu'un total de 2175 m² de surface est exploitable. Ce résultat est théorique. Une analyse sur place des toitures et de leur solidité est nécessaire. En effet, la toiture doit pouvoir supporter une charge supplémentaire d'environ 20 kg/m². C'est cependant cette valeur que nous conserverons comme base d'analyse.

Vu qu'un m² de toiture plate peu accueillir une puissance de 0,07 kWc⁶⁶, nous pouvons placer une puissance de 175 kWc sur les toitures de l'ULB⁶⁷.

- **Panneaux solaires monocristallins**: il s'agit des panneaux les plus représentés sur le marché. C'est une technologie fiable, existant depuis plus de 30 ans en Europe. Il faut

⁶³ Cette évaluation ne fait pas partie de notre étude sur le placement et le financement de panneaux photovoltaïques. Nous avons cependant mentionné un prix indicatif de 300 EUR/KWc en plus des frais de l'installation pour réaliser les éventuels travaux nécessaires.

⁶⁴ IBGE – Fiche technique Panneau solaire photovoltaïque. <http://www.ibgebim.be/index.htm> (consulté le 8/07/2011).

⁶⁵ Bâtiment NB : 175 m² potentiels – Bâtiment H : 475 m² potentiels – Bâtiment E1 : 1125 m² potentiels – Bâtiment F1 : 200 m² potentiels. Bâtiment S : 150 m² potentiels. Bâtiment D : 200 m² potentiels.

⁶⁶ Voir feuilles de calcul Excel fournies en annexe.

⁶⁷ Si l'Université voulait mener une politique économique d'investissement via les panneaux photovoltaïque, il serait possible de maximaliser les bénéfices de ces derniers par leur installation dans le parking Janson. Des panneaux, soutenu par des structures adaptées pourraient être placées au dessus des places de parking, augmentant la puissance installée et donc les bénéfices liés à l'exploitation de panneaux photovoltaïques.

néanmoins choisir le producteur avec soin. En effet, vu l'explosion du nombre de producteurs, la qualité des panneaux peut se révéler variable⁶⁸. Il faut donc éviter des marques présentes sur le marché depuis moins de 4 ans. Dans notre évaluation, nous avons repris les caractéristiques des panneaux « Suntech »⁶⁹ qui est un des principaux fournisseurs chinois.

- Dimensions: 0,99/1,655 m
- Puissance d'un panneau: 250 Wc
- Puissance pour 1 m² = 0,07 kWc
- Nombre de kWc pour 2175 m² = 175 kWc

Le choix d'un fournisseur chinois fait suite aux contacts pris avec des installateurs de centrales solaires photovoltaïques. La toute grande majorité de ceux-ci travaillent exclusivement avec des modules issus de Chine. Nous avons donc pris acte de cette réalité et avons, pour cet exercice, pris le plus important des fabricant chinois.

- Orientation et inclinaison des modules: Nous avons calculé l'espace utilisable sur les bâtiments concernés à partir du programme « Google Earth »⁷⁰. Nous avons tenu compte des ombrages et avons calculé les retraits par rapport à ceux-ci de manière conservative. Nous avons privilégié la performance des modules par rapport à un placement respectant l'orientation des toitures. Cela nous permet d'en obtenir le meilleur prix au kWc⁷¹. Nous avons donc pris comme hypothèse que l'ensemble des modules serait orienté le plus au Sud possible avec une inclinaison à 20°⁷².
- Onduleurs: la qualité des onduleurs peut entraîner une augmentation ou une diminution de la performance de l'installation. Ces données sont prises en compte dans le calcul de la production électrique.
- Vieillesse des modules: le producteur garantit la performance de ses modules dans le temps. Il y a, de manière standard, une garantie de performance qui s'élève à 90 % dans les 10 ans et 85% dans les 25 ans. Afin de simplifier nos calculs, nous considérons que les panneaux subissent une diminution de performance annuelle de 1%.
- Coût de l'installation: Nous avons repris un prix pratiqué dans le marché via des contacts avec des installateurs⁷³. Le prix proposé est donc un prix moyen ne tenant

⁶⁸ Un module photovoltaïque mal assemblé peut présenter des défauts sous forme de « hotspots » ou de délamination.

⁶⁹ Références Suntech : <http://www.suntech-power.com/> (consulté le 10/07/2011).

⁷⁰ Références Google Earth : <http://www.google.fr/intl/fr/earth/index.html> (consulté le 20/07/2011).

⁷¹ Nous distinguons ici une installation qualitative d'une installation quantitative. L'installation qualitative (que nous privilégions) cherche à obtenir le meilleur prix au kWc par une installation optimale, ne respectant pas nécessairement l'orientation du toit (pour des toitures plates) et avec des panneaux fortement inclinés (20° à 35°) ce qui entraîne un espacement plus important de ces derniers pour éviter les points d'ombre. L'installation quantitative va rechercher à installer le plus grand nombre de kWc sur une toiture. L'installation produira donc plus de kWh mais le coût de ce kWh sera plus élevé.

⁷² Nous prenons une orientation située à 10° du Sud afin de permettre une généralisation des différentes installations. Une inclinaison de 20° n'est pas optimale mais nous estimons que c'est un bon compromis entre les contraintes de stabilité et la volonté d'optimisation.

⁷³ Les installateurs contactés qui nous ont donné des prix de référence pour une installation de 175 kWc sont : *TriEco GreenSun, Eoluz, Futech, Solar Total, Edisson Energy, Nexten*. Il est à noter que ce sont principalement des installateurs situés dans la Région Flamande. En effet, la politique favorable en matière de certificats verts a permis le développement de nombreuses installations de taille industrielle. A contrario des

pas compte des évolutions sur le marché. Vu les modifications apportées au système des certificats verts et les diminutions de revenus qu'elles entraînent, il est fort probable que les installateurs diminuent également leurs prix pour garantir la rentabilité des modules.

Prix moyen d'une installation « industrielle » : 2100 €/kWc (hors TVA)

En parallèle, nous devons tenir compte de la situation spécifique de l'ULB (voir infra) et de la nécessité éventuelle d'effectuer des travaux sur le réseau du campus du Solbosch. Nous comptabilisons donc par prudence 300 €/kWc supplémentaires pour couvrir les travaux sur le réseau. Il s'agit donc ici d'un prix « tout compris ».

Prix « tout compris » : 2400 €/kWc (hors TVA)

Le prix a un impact important sur le niveau de rentabilité de l'installation. Les installateurs contactés nous ont confirmé une très forte tendance à la baisse du prix des panneaux photovoltaïques, notamment en raison de la diminution des aides des gouvernements au niveau mondial.

- **Production électrique** : La production théorique d'un module photovoltaïque s'élève à 1000 Wc/m²/an. Cela correspond à un ensoleillement standard⁷⁴. Or, cette situation idéale n'est pratiquement jamais réalisée. De plus, l'installation subit des pertes de performances dues aux câblages et à l'onduleur. Pour évaluer la production de manière réaliste, nous avons utilisé le logiciel PVGIS⁷⁵, qui prend en compte les différents paramètres qui jouent dans la performance de l'installation (l'orientation, les pertes de charge, ensoleillement...). Ce qui nous donne le résultat de :

811 kWh/kWc par an

C'est-à-dire que nous considérons que chaque kWc installé produit en moyenne sur une année 811 kWh.

Production et consommation électrique du Solbosch

Le campus forme un réseau électrique unifié réparti en trois points d'entrées⁷⁶. C'est à partir de ces points d'entrée que l'électricité est distribuée à l'ensemble des bâtiments. Cette organisation est importante pour le calcul de la rentabilité de l'investissement. En effet, il faudra s'assurer que les tableaux électriques distribuant le courant sont capables de supporter les installations photovoltaïques. Ce qui risque d'entraîner des coûts supplémentaires. De plus, il est important de pouvoir évaluer la part de production qui sera injectée dans le réseau SIBELGA et la part de production qui sera autoconsommée par l'ULB.

mécanismes de certificats verts qui étaient présents en Wallonie et à Bruxelles. On peut noter que la Région Flamande a modifié sa politique et rend les grandes installations moins avantageuses. Il y a donc une forte probabilité que les prix au kWc des modules photovoltaïques baissent encore pour palier le risque de diminution de la demande. En parallèle, la Région Bruxelloise a rendu les grandes installations plus intéressantes. Cela va permettre la création d'un réel marché à Bruxelles. Nous pouvons donc nous attendre à ce que le prix obtenu lors d'une négociation puisse être moindre que notre prix indicatif.

⁷⁴ Voir fiche technique des modules : 1000W/m² irradiation, température des modules de 25°C, AM 1.5g spectre conformément à EN 60904-3. Réduction moyenne d'efficacité de 2% à 200W/m² conformément à EN 60904-1.

⁷⁵ Références PVGIS : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pygis/> (consulté le 17/07/2011)

⁷⁶ Voir Annexes.

Vu les caractéristiques du réseau électrique de l'ULB, la production électrique de l'installation peut être entièrement autoconsommée. En effet, la consommation annuelle du campus du Solbosch s'élève à environ 14.000 MWh/an, tandis que la production électrique d'une installation photovoltaïque de 175 kWc produira 140 MWh/an. Cela ne constitue que 1% de la consommation électrique du campus.

De plus, les relevés des compteurs au niveau de nos trois points d'entrée nous indiquent que, au mois d'août, le moins demandeur en électricité, la puissance « quart-horaire »⁷⁷ est toujours, en journée (de 06h00 du matin à 20h00 le soir)⁷⁸, au moins de⁷⁹ :

- Point d'entrée H50 : 396 kW h
- Point d'entrée B157 : 136 kW
- Point d'entrée B87 : 388 kW

Si l'on multiplie ces puissances « quart-horaire », on peut obtenir une valeur de puissance par heure, et ainsi estimer la consommation en kWh. On obtient donc :

- Point d'entrée H50 : 1584 kWh
- Point d'entrée B157 : 544 kWh
- Point d'entrée B87 : 1552 kWh

Ces valeurs sont donc les consommations minimums mesurées par les compteurs. Comme nous pouvons le vérifier via le tableau ci-dessous⁸⁰, dans toutes les situations de consommation, la capacité d'absorber entièrement la production de l'ensemble de l'installation photovoltaïque.

⁷⁷ C'est l'enregistrement de la consommation de chaque quart d'heure du mois. Donnée Cellule Énergie – Département des Infrastructures.

⁷⁸ Ce qui correspond aux heures de production de l'installation photovoltaïque.

⁷⁹ Données de consommation de 2010 (voir annexes).

⁸⁰ Tableau issu de PVGIS – application internet développée dans le cadre du projet européen IIE, permettant d'évaluer la production d'électricité d'une installation photovoltaïque.

Table 10: Production électrique de l'installation sur base de PVGIS

Fixed system: inclination=20°, orientation=10°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	121.00	3740	0.84	26.0
Feb	260.00	7290	1.82	51.0
Mar	347.00	10700	2.48	76.8
Apr	523.00	15700	3.84	115
May	620.00	19200	4.68	145
Jun	605.00	18200	4.65	140
Jul	641.00	19900	4.96	154
Aug	569.00	17600	4.37	136
Sep	420.00	12600	3.15	94.5
Oct	288.00	8940	2.10	65.2
Nov	166.00	4980	1.17	35.2
Dec	94.40	2930	0.66	20.5
Yearly average	388	11800	2.90	88.2
Total for year	142000		1060	
E_d : Average daily electricity production from the given E_m : Average monthly electricity production from the given H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter H_m : Average sum of global irradiation per square meter PVGIS © European Communities, 2001-2010 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged				

C'est un aspect important dans le sens où nous pouvons considérer que tout kWh produit par l'installation est un kWh économisé par l'ULB. L'université achète son électricité à un prix de 81,45 € HTVA du MWh en heures pleines et de 39,15 € HTVA en heures creuses. A ce prix, il faut rajouter les taxes et les frais liés à la distribution. En reprenant les données de SIBELGA⁸¹, nous obtenons un prix tout compris de 184 €/MWh pour les heures pleines et de 114 €/MWh.

Les certificats verts

A l'heure où nous écrivons ces lignes, La Région de Bruxelles-Capitale est en cours de modification des règles d'octroi des certificats verts. Ces nouvelles règles sont moins défavorables aux grandes installations.

Le système en discussion prévoit que toute installation, indépendamment de sa taille, se verra accorder 5 certificats verts (CV) par MWh produit⁸², hors TVA.

⁸¹ SIBELGA, <http://www.sibelga.be/fr> (consulté le 13/07/2011).

⁸² Les petites installations (>10 KVA) bénéficieront de 7 CV par MWh produit.

Le prix du marché actuel tourne autour de 80 – 90 €/CV. Cependant, vu qu'il est difficile de prévoir l'évolution du prix de ces derniers, nous privilégions, de manière conservatrice, un prix de 65 €/CV, ce qui est équivalent au prix minimum garanti en Région Wallonne⁸³.

Le prix de revente de l'électricité sur le réseau de SIBELGA, qui tourne actuellement autour de 40 - 50 € du kWh.

Les coûts opérationnels

Outre les coûts de l'installation, il est nécessaire de prendre en compte les frais qui interviennent durant la vie de l'installation :

- **Frais d'entretien et de maintenance** : les installateurs contactés mentionnent, en moyenne, des frais équivalents à 5 €/kWc par an pour un contrat de maintenance partiel, ne comprenant pas le remplacement des onduleurs. Il peut monter jusqu'à 15 €/kWc par an pour un contrat « tout inclus ». Nous prenons l'hypothèse qu'un contrat partiel est suffisant, moyennant le remplacement des onduleurs après 10 ans.
- **Remplacement des onduleurs** : les onduleurs correspondent à +/- 10 % de l'installation. Leur durée de vie est d'en moyenne 10 ans et leur prix a une forte tendance à la diminution. Nous considérons donc que leur prix va diminuer parallèlement à l'inflation.
- **Assurances** : les assurances incendies (à l'exception des assurances pour particuliers) ne couvrent pas les dégâts qui peuvent advenir à l'installation. Des assurances supplémentaires doivent donc être souscrites. Le prix de ces assurances est évalué à 5 €/kWc par an⁸⁴.

Les primes dédiées aux économies d'énergie de la Région de Bruxelles-Capitale

La Région de Bruxelles-Capitale accorde des primes pour les installations photovoltaïques sous certaines conditions, dont une condition d'atteindre K60 pour les bâtiments existants et K15 pour les nouveaux bâtiments⁸⁵. A l'heure actuelle, les bâtiments de l'ULB ne correspondent pas à ces normes et ne peuvent donc pas prétendre à des primes. Notre volonté est d'ici, considérer le projet d'installation photovoltaïque comme indépendant d'autres projets d'efficacité énergétique. C'est pourquoi nous considérons qu'aucune prime ne peut être accordée.

Cependant, dans le cas d'un projet global, les conditions pourraient être réunies pour pouvoir accéder aux primes énergies de la région, augmentant la rentabilité du projet.

Les impôts, amortissements, déductions et TVA

L'université n'étant pas soumise à l'impôt, les gains issus du projet ne sont donc pas taxés. Il

⁸³ La Région de Bruxelles-capitale ne définit pas de prix minimum pour les certificats verts. Cependant, nous faisons l'hypothèse que ce prix ne devrait pas aller en deca du prix garanti en Région Wallonne.

⁸⁴ Source AG Assurances.

⁸⁵ Voir IBGE. <http://www.ibgebim.be/index.htm> (consulté le 10/06/2011).

n'est donc pas ici possible de bénéficier d'une déduction pour investissement en efficacité énergétique octroyée par le fédéral de 13.5 %. Nous prévoyons, dans notre modèle, une case pour les impôts et les déductions afin de pouvoir garantir un aspect dynamique et pouvoir comparer plusieurs solutions.

Par contre, l'université amortit ses dépenses faites dans le cadre d'investissements. Nous avons développé deux méthodes d'amortissement⁸⁶ : les amortissements dégressifs et les amortissements constants afin d'évaluer la méthode la plus profitable. Nous considérons que l'installation est amortie en 15 ans, tandis que les onduleurs sont amortis en 10 ans en raison de leur durée de vie plus limitée.

Comme nous l'avons vu supra, l'université est partiellement soumise à la TVA. Elle peut donc déduire 20% de la TVA des factures reçues. La TVA applicable à l'ULB est donc de 17%. Dans le cadre de la revente d'électricité ou de la vente de certificats verts, l'ULB applique une TVA de 21%.

Les taux d'actualisation, d'intérêt, d'inflation

Les taux d'intérêt choisis sont identiques pour chaque mode de financement bancaire. Pour le financement par tiers investisseur, il faut compter une contribution plus importante, le tiers investisseur devant également se rémunérer sur l'installation.

Le taux d'actualisation pour le calcul de la VAN est de 6%, ce qui correspond à un investissement relativement sûr⁸⁷.

L'inflation générale est évaluée à 3%, ce qui est une fourchette élevée. Cela nous permet de rester prudent et de faire évoluer les coûts relativement rapidement.

L'inflation des prix de l'énergie, est elle mise à 2%, ce qui sous-estime l'évolution réelle. A nouveau, cette hypothèse conservatrice permet de garantir la rentabilité de l'installation, indépendamment des aléas futurs.

Mécanismes de financement considérés

Plusieurs possibilités ont été analysées:

1. L'ULB fait appel à un financement bancaire traditionnel sur l'ensemble de l'installation. Nous avons développé deux hypothèses pour le mécanisme de financement par prêt : remboursement du capital soit fixe soit variable.
2. Financement via Leasing.
3. L'ULB recherche un tiers-investisseur pour financer le placement de l'installation. Cela peut également se faire via la création d'un Special Purpose Vehicle. C'est-à-dire, la création d'une société dont l'unique valeur réside dans la production des panneaux photovoltaïques. L'avantage de ce système étant une prise de risque plus faible de l'investisseur, mais également, un gain moindre pour l'université qui sera contrainte

⁸⁶ KHROUZ F., 2003.

⁸⁷ D'autres études privilégient un taux d'intérêt à 4 % pour des institutions d'intérêt public. Cependant, préférons prendre le taux de 6% afin de prendre en compte le coût d'opportunité que constitue l'investissement ainsi que le risque lié à la réalisation de l'installation.

de confier les droits d'exploitation de l'installation à ce tiers investisseur pendant un certain nombre d'années.

La solution optimale va donc être analysée sur base du TRI, de la VAN sur 20 ans et sur le DCSR définis précédemment.

1.1.5. De la pertinence de l'investissement

Avant de comparer les solutions de financement, il est important de placer l'investissement lui-même dans son contexte. L'investissement est-il pertinent ?

Pour répondre à cette question, sans que cette réponse soit trop influencée par le mode de financement, nous avons fait une comparaison du coût au kWh sur une durée de 20 ans⁸⁸ (nous avons pour ce faire pris des hypothèses conservatrices, ce qui nous permet de nous assurer une marge de sécurité).

Sommes des coûts (prêt, intérêts, maintenance,...) Somme de la production électrique

Nous remarquons que les différences de coûts au kWh en fonction du mode de financement ne varient que de 0,01 €/kWh. Nous estimons cette différence comme négligeable dans l'évaluation que nous faisons ici. Les outils financiers permettant d'évaluer la rentabilité de l'investissement (valeur actuelle nette – VAN ou le taux de rentabilité interne - TRI) sont fortement dépendants du mode de financement choisi. Ils seront donc abordés lors de l'analyse individuelle des méthodes de financement.

Sur une durée de vie de 20 ans, et sans compter les gains générés par les certificats verts, le coût total de l'installation au kWh est de 0,27 €/kWh. Cette donnée est à mettre en relation avec le coût actuel de 0,184 €/kWh en heures de pointe. Si l'on s'en tient aux données brutes (sans les certificats verts, la comparaison n'est pas en faveur de l'installation photovoltaïque.

De plus, pour l'installation photovoltaïque, les montants comprennent l'inflation, et l'ensemble des événements qui sont susceptibles de se produire pendant la durée de vie de l'installation. C'est donc un montant sans risques. Le prix de l'électricité sur le marché va lui varier en fonction de l'inflation générale mais également des événements futurs. Nous sommes donc face à une incertitude qui peut également peser sur la décision.

Si l'on intègre les gains issus de la vente de certificats verts (calculés à 65€ du certificat, soit 15€ de moins que le prix du marché actuel), nous obtenons un prix au kWh négatif de -0,14 €/kWh. Cette donnée joue indiscutablement en faveur de l'installation. Car, sur une période de 20 ans, chaque kWh produit par l'installation entraîne un gain financier pour l'université. Cela constitue un avantage non négligeable par rapport au prix du marché.

⁸⁸ En réalité, les fournisseurs procurent une garantie de performance couvrant 25 ans d'utilisation (voir fiche technique en annexe). Cependant, afin de rester dans une approche prudente, nous prenons comme base de comparaison, une durée de vie de 20 ans pour l'installation photovoltaïque.

1.1.6. Financement complet par crédit

Dans cette hypothèse, l'ULB finance le projet exclusivement par crédit. Nous avons en réalité tenu compte d'une injection de fonds propres de 0,5% de l'investissement pour des raisons techniques⁸⁹ afin d'inclure le montant des primes environnementales. Si l'université est dans les conditions pour percevoir les primes environnementales, nous avons donc considéré le capital fourni par l'ULB comme étant équivalent aux primes environnementales. Nous allons évaluer deux mécanismes de remboursement du crédit : remboursement variable du capital et remboursement fixe du capital.

Formule de remboursement variable du capital

Nous remarquons que dans les hypothèses prises, l'investissement se finance complètement par lui-même. Le retour sur investissement se fait donc dès la première année. Même les frais liés au crédit sont complètement couverts par les gains de l'installation, à l'exception de la dernière année de financement (DSCR négatif).

Nous obtenons pour la durée du crédit une VAN sur 20 ans de 170.878 € et un TRI sur 20 ans de 10,84%.

Ces résultats supposent que les règles d'attribution des certificats verts ne changent pas de manière rétroactive et que le prix de ces derniers ne descende pas en dessous de 65 €. Il s'agit donc d'un risque pris par l'ULB, qui est limité mais qu'il faut néanmoins ne pas perdre de vue.

Tableau 11: Financement d'une installation PV - Remboursements fixes

Résultats

VAN 20 ans 169.298 €
 TRI 20 ans 10,84%
 Payback 1 ans

Année	Production	CV (TVAC)	Gains injection et auto-consumération (TVAC)	Intérêts	Remb. Capital	Renouvellement des onduleurs	Coûts opérationnels	Revenues nettes annuelles	Gain/Déficit annuel	Payback	Service de la dette	DSCR
	MWh	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR
1	141,8	53.917	22.940	19.994	31.796	-	1.858	74.998	23.209	18.295	51.790	1,45
2	140,7	53.485	23.211	22.176	39.972	-	1.914	74.783	12.635	30.930	62.148	1,20
3	139,5	53.057	23.486	20.098	42.050	-	1.971	74.573	12.425	43.354	62.148	1,20
4	138,4	52.633	23.764	17.911	44.237	-	2.030	74.367	12.219	55.573	62.148	1,20
5	137,3	52.212	24.046	15.611	46.537	-	2.091	74.166	12.019	67.592	62.148	1,19
6	136,2	51.794	24.330	13.191	48.957	-	2.154	73.971	11.823	79.415	62.148	1,19
7	135,1	51.380	24.618	10.645	51.503	-	2.218	73.780	11.632	91.047	62.148	1,19
8	134,0	50.969	24.910	7.967	54.181	-	2.285	73.594	11.446	102.493	62.148	1,18
9	133,0	50.561	25.205	5.150	56.998	-	2.353	73.412	11.264	113.757	62.148	1,18
10	131,9	50.157	25.503	2.186	59.962	-	2.424	73.236	11.088	124.845	62.148	1,18
11	130,8	-	25.805	-	-	25.880	2.497	73.068	10.916	135.933	62.148	1,18
12	129,8	-	26.111	-	-	-	2.572	72.906	10.748	147.021	62.148	1,18
13	128,8	-	26.420	-	-	-	2.649	72.748	10.584	158.109	62.148	1,18
14	127,7	-	26.733	-	-	-	2.728	72.594	10.425	169.197	62.148	1,18
15	126,7	-	27.049	-	-	-	2.810	72.444	10.270	180.285	62.148	1,18
16	125,7	-	27.369	-	-	-	2.894	72.298	10.119	191.373	62.148	1,18
17	124,7	-	27.693	-	-	-	2.981	72.156	9.972	202.461	62.148	1,18
18	123,7	-	28.021	-	-	-	3.071	72.018	9.828	213.549	62.148	1,18
19	122,7	-	28.353	-	-	-	3.163	71.884	9.688	224.637	62.148	1,18
20	121,7	-	28.689	-	-	-	3.258	71.754	9.552	235.725	62.148	1,18
												Moyenne DSCR = 1,22

Le financement complet par crédit donne de très bons résultats et permet à l'ULB de ne pas prévoir un budget pour l'installation. Il reste que, en cas de modification législative et de

⁸⁹ Le calcul du TRI n'est possible que s'il y a, à la base, un investissement.

diminution du prix des certificats verts en dessous de 65 €, l'investissement pourrait se révéler moins rentable.

Formule de remboursement fixe du capital

Nous remarquons que la charge du capital se fait plus rapidement sentir au début de la période de remboursement. On remarque également une DSCR légèrement plus favorable (1.23 à la place de 1.22), ce qui nous indique que les charges de la dette sont légèrement moins élevées dans cette formule.

Tableau 12: Financement d'une installation PV - Remboursements variables

Résultats

VAN 20 ans 159.947 €
 TRI 20 ans 10,84%
 Payback 1 ans

Année	Production MWh	CV (TVA) EUR	Gains + injection et auto- consommation (TVA) EUR	Intérêts EUR	Remb. Capital EUR	Renouvellement des onduleurs EUR	Coûts opérationnels EUR	Revenues nettes annuelles EUR	Gain/Déficit annuel EUR	PayBack	Service de la dette	DSCR
1	141,8	53.917	22.940	19.822	48.649	-	1.858	74.998	6.527	1.613	68.471	1,10
2	140,7	53.485	23.211	21.521	48.649	-	1.914	74.783	4.613	6.226	70.170	1,07
3	139,5	53.057	23.486	19.050	48.649	-	1.971	74.573	6.874	13.100	67.699	1,10
4	138,4	52.633	23.764	16.579	48.649	-	2.030	74.367	9.140	22.240	65.227	1,14
5	137,3	52.212	24.046	14.107	48.649	-	2.091	74.166	11.410	33.650	62.756	1,18
6	136,2	51.794	24.330	11.636	48.649	-	2.154	73.971	13.686	47.336	60.285	1,23
7	135,1	51.380	24.618	9.165	48.649	-	2.218	73.780	15.967	63.303	57.813	1,28
8	134,0	50.969	24.910	6.693	48.649	-	2.285	73.594	18.252	81.555	55.342	1,33
9	133,0	50.561	25.205	4.222	48.649	-	2.353	73.412	20.542	102.097	52.871	1,39
10	131,9	50.157	25.503	1.751	48.649	-	2.424	73.236	22.837	124.933	50.399	1,45
11	130,8	-	25.805	-	-	25.880	2.497	23.308	- 2.572	122.361	-	-
12	129,8	-	26.111	-	-	-	2.572	23.539	23.539	145.900	-	-
13	128,8	-	26.420	-	-	-	2.649	23.771	23.771	169.671	-	-
14	127,7	-	26.733	-	-	-	2.728	24.004	24.004	193.676	-	-
15	126,7	-	27.049	-	-	-	2.810	24.239	24.239	217.915	-	-
16	125,7	-	27.369	-	-	-	2.894	24.475	24.475	242.390	-	-
17	124,7	-	27.693	-	-	-	2.981	24.712	24.712	267.102	-	-
18	123,7	-	28.021	-	-	-	3.071	24.951	24.951	292.053	-	-
19	122,7	-	28.353	-	-	-	3.163	25.190	25.190	317.243	-	-
20	121,7	-	28.689	-	-	-	3.258	25.431	25.431	342.674	-	-
Moyenne DSCR											= 1,23	

Dans cette hypothèse, les frais liés aux crédits se font plus ressentir au début de la période d'emprunt. C'est pourquoi, en cas de financement bancaire, une formule avec remboursements fixes sera privilégiée. Cela nous permettra de dégager plus rapidement des liquidités pour mener d'autres projets.

1.1.7. Financement complet par Leasing

Nous reprenons ici les mêmes taux d'intérêts que ce que nous avons utilisé pour le financement par crédit bancaire afin d'obtenir des résultats comparables.

Ici, les résultats sont fortement similaires aux résultats obtenus via crédit bancaire.

Tableau 13: Financement d'une installation PV - Leasing
Résultats

VAN 20 ans 171.842 €
 TRI 20 ans 10,84%
 Payback 1 ans

Année	Production	CV (TVAC)	Gain injection et auto-consumation (TVAC)	Intérêts	Remb. Capital	Renouvellement des onduleurs	Coûts opérationnels	Rentrées nettes annuelles	Gain/Déficit annuel	Payback	Service de la dette	DSCR
	MWh	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR
1	141,8	53.917	22.940	20.000	31.478	-	1.858	74.998	23.521	18.607	51.478	1,46
2	140,7	53.485	23.211	22.202	39.572	-	1.914	74.783	13.009	31.616	61.774	1,21
3	139,5	53.057	23.486	20.144	41.630	-	1.971	74.573	12.799	44.415	61.774	1,21
4	138,4	52.633	23.764	17.979	43.794	-	2.030	74.367	12.593	57.008	61.774	1,20
5	137,3	52.212	24.046	15.702	46.072	-	2.091	74.166	12.393	69.401	61.774	1,20
6	136,2	51.794	24.330	13.306	48.467	-	2.154	73.971	12.197	81.598	61.774	1,20
7	135,1	51.380	24.618	10.786	50.988	-	2.218	73.780	12.006	93.605	61.774	1,19
8	134,0	50.969	24.910	8.134	53.639	-	2.285	73.594	11.820	105.425	61.774	1,19
9	133,0	50.561	25.205	5.345	56.428	-	2.353	73.412	11.639	117.064	61.774	1,19
10	131,9	50.157	25.503	2.411	59.363	-	2.424	73.236	11.462	128.526	61.774	1,19
11	130,8	-	25.805	-	-	25.880	2.497	23.308	- 2.572	125.954	-	-
12	129,8	-	26.111	-	-	-	2.572	23.539	23.539	149.493	-	-
13	128,8	-	26.420	-	-	-	2.649	23.771	23.771	173.264	-	-
14	127,7	-	26.733	-	-	-	2.728	24.004	24.004	197.268	-	-
15	126,7	-	27.049	-	-	-	2.810	24.239	24.239	221.507	-	-
16	125,7	-	27.369	-	-	-	2.894	24.475	24.475	245.982	-	-
17	124,7	-	27.693	-	-	-	2.981	24.712	24.712	270.695	-	-
18	123,7	-	28.021	-	-	-	3.071	24.951	24.951	295.645	-	-
19	122,7	-	28.353	-	-	-	3.163	25.190	25.190	320.836	-	-
20	121,7	-	28.689	-	-	-	3.258	25.431	25.431	346.267	-	-

Moyenne DSCR = 1,22

Il est cependant nécessaire de rappeler que le leasing entraîne des coûts supplémentaires. Le principe du leasing est de confier l'installation à la société de leasing qui est donc légalement propriétaire de celle-ci. Il sera nécessaire de conclure un contrat devant notaire pour régler les droits d'exploitation de cette installation. De plus, à la fin de la période de leasing, l'organisation qui a exploité la propriété aura un droit de rachat de cette dernière. Dans nos hypothèses, nous avons considéré que la valeur résiduelle serait de 1% de l'investissement, ce qui est complètement absorbable par les gains de l'installation.

Il est également possible que plusieurs contrats doivent être signés, en effet, les installations étant situées sur des bâtiments différents, la société de leasing sera amenée à les considérer de manière séparée, augmentant les frais liés à cette formule de financement.

C'est pourquoi, à résultats comparables, nous privilégions la formule de financement bancaire à la formule de leasing.

1.1.8. Financement par tiers- investisseur

La faisabilité d'un financement par tiers-investisseur doit être abordée selon deux angles :

- Les bénéfices pour l'organisation faisant appel au tiers-investisseur
- Les bénéfices pour le tiers investisseur

Les bénéfices pour l'organisation sont constitués par un prix d'achat de l'électricité produite plus faible que le prix de vente du fournisseur du réseau et par, éventuellement, un dédommagement pour l'utilisation de la toiture par le tiers investisseur.

Nous estimons que, pour investir, un tiers investisseur devra obtenir un temps de retour sur son investissement de maximum 12 ans, ainsi qu'un TRI de minimum 6%. Ce tiers-investisseur se financera également en partie via emprunt mais sera en mesure de placer un minimum de 20% de fonds propres.

Nous avons effectué plusieurs simulations à partir de ces principes. Pour obtenir un équilibre

entre les exigences supposées du tiers-investisseur et du bénéficiaire nous avons obtenu les résultats suivants :

- Le prix d'achat de l'électricité produite sera de 70€/MWh.
- Il est possible de demander un droit pour le placement de l'installation de 15€/kWc, soit 2.625 € annuels.
- Le tiers-investisseur devrait financer 20% de l'investissement par fonds propres pour pouvoir obtenir un prêt.
- Son temps de retour sera de 5 ans
- Le TRI sera de 6,02% sur 20 ans

Tableau 14: Financement d'une installation PV - Tiers Investisseur
Résultats

VAN 20 ans 25.699 €
TRI 20 ans 6,02%
Payback 6 ans

Année	Production MWh	CV (T/VAC) EUR	Gains injection et auto- consommation(T/VAC) EUR	Intérêts EUR	Remb. Capital EUR	Renouvellement des onduleurs EUR	Coûts opérationnels EUR	Rentrées nettes annuelles EUR	Gain/Déficit annuel EUR	PayBack	Service de la dette	DSCR
1	141,8	53.917	9.925	13.809	21.961	-	6.090	57.752	21.982	- 84.000	35.770	1,61
2	140,7	53.485	10.043	15.316	27.607	-	6.273	57.256	14.332	- 62.018	42.924	1,33
3	139,5	53.057	10.162	13.881	29.043	-	6.461	56.758	13.835	- 47.686	42.924	1,32
4	138,4	52.633	10.282	12.371	30.553	-	6.655	56.260	13.337	- 33.851	42.924	1,31
5	137,3	52.212	10.404	10.782	32.142	-	6.854	55.761	12.838	- 20.514	42.924	1,30
6	136,2	51.794	10.527	9.110	33.813	-	7.060	55.261	12.338	4.662	42.924	1,29
7	135,1	51.380	10.652	7.352	35.571	-	7.272	54.760	11.836	16.498	42.924	1,28
8	134,0	50.969	10.778	5.503	37.421	-	7.490	54.257	11.333	27.831	42.924	1,26
9	133,0	50.561	10.906	3.557	39.367	-	7.715	53.752	10.828	38.660	42.924	1,25
10	131,9	50.157	11.035	1.510	41.414	-	7.946	53.245	10.322	48.981	42.924	1,24
11	130,8	-	11.165	-	-	-	8.184	2.981	2.981	51.962	-	-
12	129,8	-	11.297	-	-	-	8.430	2.867	2.867	54.829	-	-
13	128,8	-	11.431	-	-	-	8.683	2.748	2.748	57.578	-	-
14	127,7	-	11.567	-	-	-	8.943	2.623	2.623	60.201	-	-
15	126,7	-	11.704	-	-	-	9.212	2.492	2.492	62.693	-	-
16	125,7	-	11.842	-	-	-	9.488	2.354	2.354	65.047	-	-
17	124,7	-	11.982	-	-	-	9.773	2.210	2.210	67.257	-	-
18	123,7	-	12.124	-	-	-	10.066	2.058	2.058	69.315	-	-
19	122,7	-	12.268	-	-	-	10.368	1.900	1.900	71.215	-	-
20	121,7	-	12.413	-	-	-	10.679	1.734	1.734	72.949	-	-
Moyenne DSCR = 1,32												

Dans ces hypothèses, le tiers-investisseur aurait donc un intérêt économique à l'investissement.

L'ULB bénéficierait d'une déduction pour l'électricité produite (114 €/MWh en heures pleines et 44 €/MWh en heures creuses ainsi que de 15€/kWc, soit :

Bénéfice consommation 13.014 €/an
Droits d'installation 2.625 €/an
TOTAL 15.639 €/an

Ces conditions sont donc moins favorables à l'ULB. Il est cependant intéressant de noter que l'UCL, lors de l'installation d'unités de cogénération en 1999, a effectivement accepté le système du tiers-investisseur dans des conditions similaires⁹⁰. Cependant, l'UCL doit faire face à des obligations concernant ses émissions de CO2 plus contraignantes⁹¹.

⁹⁰Site internet de l'UCL. « Les spécificités du chauffage à l'UCL ». <http://www.uclouvain.be/38752.html>

⁹¹L'UCL est en effet dans le champ d'application des quotas d'émissions tels que définis par la Région Wallonne.

En outre, l'ULB ne prend aucun risque dans le projet. En effet, si celui-ci rencontre un problème majeur mettant gravement en péril sa rentabilité, les seuls inconvénients à supporter par l'ULB seraient de devoir acheter l'électricité produite par l'installation au prix de vente du fournisseur du réseau.

1.1.9. Conclusion

Nous faisons ici un récapitulatif des différentes méthodes de financement abordées. Le choix optimal sera l'option qui présente la VAN la plus positive, le TRI le plus faible et qui fait le moins appel aux fonds propres.

Des trois solutions proposées, la solution d'un financement par crédit avec remboursement du capital variable est la solution qui procure le retour sur investissement le plus rapide et qui, d'un point de vue économique est, de loin, le plus avantageux.

L'inconvénient de cette formule est que l'institution doit prendre à sa charge les risques de l'installation et en particulier, les évolutions possibles du prix des certificats verts.

A l'heure actuelle, et dans les limites hypothèses proposées, le recours à un tiers investisseur est clairement moins intéressant. Un des avantages du tiers investisseur est de permettre à l'institution bénéficiaire de ne pas mobiliser du capital propre. Or, comme nous l'avons vu, un crédit bancaire peut totalement couvrir l'investissement sans besoin d'injection de fonds.

Cependant, le recours au tiers-investisseur n'est pas désavantageux en soi. Certes, les bénéfices pour l'université sont moindres, mais les risques sont entièrement à charge du tiers-investisseur.

Nous remarquons donc que, si les solutions de financement par crédit sont, au niveau économique, les solutions les plus rentables, le choix de l'une ou l'autre possibilité dépend essentiellement de la volonté et de la vision des instances dirigeantes. Un tiers-investisseur reste donc possible à condition de modifier les hypothèses de départ et de réduire les exigences de gain.

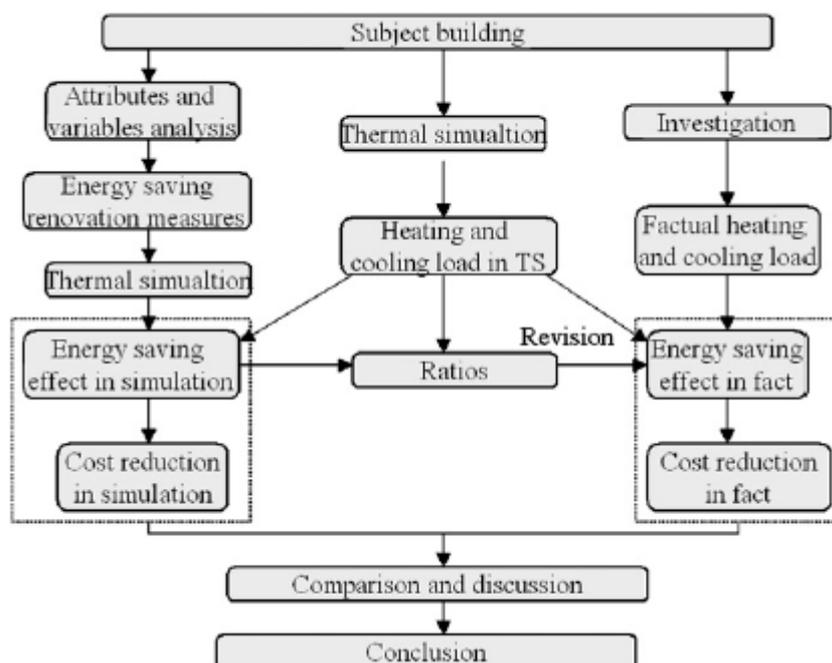
2.2. Investissements liés à la performance énergétique des bâtiments

1.1.1. Choix d'un bâtiment représentatif

Le choix des bâtiments s'effectue selon deux critères :

- Une grande consommation d'énergie
- Des plaintes répétées des utilisateurs.

Table 15 : Méthode de sélection d'un bâtiment⁹²



En effet, le premier critère est indispensable dans le cadre d'une recherche de financement. Pour pouvoir financer ces investissements, il faut pouvoir justifier un retour sur investissement raisonnable. Pour ce faire, les investissements à réaliser doivent être faits dans un bâtiment dont la performance énergétique est moins bonne que la moyenne.

Pour le calcul de la performance énergétique des bâtiments, nous allons reprendre la consommation de chaque bâtiment par m². Les bâtiments qui auront le plus mauvais score seront repris dans cette étude.

Le nombre de plaintes des utilisateurs est également un critère important. En effet, outre l'aspect économique, les investissements en économie d'énergie se justifient également par un impact positif pour ses occupants. Des bâtiments mieux ciblés au niveau énergétique peuvent accroître la productivité de leurs occupants grâce un meilleur confort d'utilisation⁹³.

⁹² DIAKAKI (et alii), 2008.

⁹³ ROULET C.-A. (et alii), 2006.

1.1.2. *Quels travaux d'isolation doivent-êre envisagés ?*

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre traitant l'optimum économique des travaux liés à la performance énergétique des bâtiments, le mixte le plus rentable réside dans une isolation combinée des murs, des sols, des plafonds, des fenêtres, ainsi que dans le placement d'un bon mécanisme de ventilation.

Nous partirons donc du principe qu'il faut considérer ce type de travaux comme un tout. Il est néanmoins possible de mener uniquement des travaux d'isolation des fenêtres et des toits, ces investissements se révélant les plus rentables lorsqu'ils sont faits de manière séparée. Dans le cadre de ce travail, nous partirons des constats et des propositions développées lors des différents audits externes des bâtiments. Nous en extrairons les données financières pertinentes et les confronterons avec notre modèle de financement.

Nous excluons ici les investissements concernant les conduites de chauffage. En effet, le temps de retour très court de ces dépenses permet au gestionnaire des bâtiments de prendre ces frais en tant que frais d'exploitation.

La gestion de l'éclairage correspond au placement de détecteurs de mouvements et de détecteurs de luminosité permettant de régler l'éclairage en fonction de l'occupation et de l'heure du jour. Nous nous baserons sur les données détaillées dans la première partie comme base pour évaluer les possibilités de financement des travaux liés à l'éclairage.

Le placement de vitrage isolant est dans certains cas assimilé à des dépenses liées à l'exploitation normale du bâtiment. Nous devons cependant les prendre en compte afin de pouvoir évaluer la rentabilité de l'ensemble des travaux menés.

1.1.3. *Cas du Bâtiment H*

Sélection du Bâtiment

Le bâtiment H est le bâtiment regroupant la *Faculté de Droit et de Criminologie*, des auditoriums, une bibliothèque et les secrétariats de la *Faculté des Sciences sociales et politiques* et de la *Solvay Brussels Schools of Economics an Management*. C'est donc un bâtiment remplissant des fonctions diverses et fortement utilisé.

D'un point de vue architectural, le bâtiment ne possède pas de caractéristiques patrimoniales. Il est donc possible d'y envisager des travaux de façade modifiant son aspect extérieur.

Sa consommation spécifique d'électricité est de 106,59 kWh/m² par an⁹⁴. Ce qui correspond à 8,53% de la consommation électrique du campus du Solbosch. C'est le 4^{ième} bâtiment le plus énergivore en électricité du campus.

En termes de chaleur, le bâtiment consomme 5,70 % de la production du Solbosch. Ce qui en fait le 4^{ième} bâtiment en importance d'utilisation de chaleur. La consommation spécifique

⁹⁴GEMS, 2009. Disponible en annexes.

n'est par contre pas la plus importante. Le bâtiment consomme 104,62 kWh/m². Soit la 10^{ième} consommation la plus importante.

Considérant l'importance de la consommation absolue du bâtiment, tant pour les besoins en électricité que pour les besoins de chaleur, vu la faisabilité, d'un point de vue architectural, de modifier l'aspect du bâtiment, et vu son usage typique pour une université, ce bâtiment nous apparaît comme adapté à notre simulation.

Pour effectuer notre analyse des méthodes de financement applicables pour les investissements en économies d'énergie dans ce bâtiment, nous utiliserons les résultats de l'audit de GEMS effectué en 2009.

Résultats de l'Audit

L'audit réalisé porte sur l'isolation du bâtiment et sur la mise en place de technologies de production d'électricité et de chaleur. Les documents fournis ne nous permettent pas d'évaluer la pertinence de la démarche entreprise, la méthode utilisée n'étant pas précisée.

Cependant, si nous confrontons les résultats obtenus avec les études référencées dans la première partie de ce travail, nous constatons des similitudes. Nous faisons donc ici l'hypothèse que les données de l'audit ont des bases assez fiables que pour pouvoir servir de première évaluation. Il ne s'agit, dans cette partie, que des données concernant les travaux liés à la performance énergétique du bâtiment. Il n'est donc pas ici question de mesure de production d'énergie.

Tableau 16: Coefficient de transmission thermique des parois de l'enveloppe⁹⁵

Type	Coefficient U W / m ² K	Evaluation
Murs		
Béton / Lambe d'air / Isolation / Béton	0,98	
Vitres		
Simple vitrages entrée du couloir	5,65	
Double vitrages étages	4,61	
Planchers		
Planchers à l'extérieur	1,89	
Planchers au dessus du sol	1,77	
Toitures		
Toiture plate / isolation	0,59	

Cependant, il nous manque l'évaluation concernant l'étanchéité à l'air. En effet, l'audit a estimé que 32 % des besoins en chauffage sont dus aux manquements dans l'étanchéité à l'air du bâtiment. Or, si des travaux globaux du bâtiment sont entrepris, il serait contre productif de ne pas attacher une importance particulière aux éléments d'étanchéité à l'air. Les études consultées⁹⁶ ont montré qu'une bonne étanchéité à l'air, couplée d'un mécanisme de ventilation forcée en double flux et éventuellement d'un puits canadien pour les amenées

⁹⁵ GEMS, 2009.

⁹⁶ Projet REDUCE, Annex 36, http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/matrix/matrix_main.html (visité le 15/07/2011)

d'air, permettent d'optimiser les investissements réalisés dans l'isolation et ont un temps de retour sur investissement court de l'ordre de 6 ans.

La proposition faite lors de l'audit, à savoir, veiller à l'étanchéité à l'air des châssis, est nécessaire mais pas suffisante. Il faut donc également veiller à l'ensemble de points pouvant créer une faille dans l'étanchéité à l'air du bâtiment. Si l'on mène des travaux globaux du bâtiment : châssis, murs, toitures et sols, il est possible de veiller à ce point sans frais significatifs supplémentaires.

Pour chaque proposition d'action, des prix indicatifs aux m² sont indiqués ainsi que des propositions de rentabilité et d'investissements. Nous avons confrontés ces données avec les différents modèles de financement.

1.1.4. Hypothèses spécifiques

- Amortissements : les investissements sont amortis sur 15 ans de manière dégressive. Vu que l'université est exemptée d'impôts, les avantages de l'amortissement ne seront pas visibles dans notre simulation. Les dépenses en investissement consacrées pour ces projets seront donc, d'un point de vue comptable amorties. Ce qui peut favoriser les propositions d'investissement en performance énergétique. Cependant, cet éventuel avantage n'est donc pas pris en compte dans notre simulation.
- Leasing : comme nous l'avons vu le leasing consiste à transférer la propriété juridique d'une installation à une société spécialisée. Vu qu'ici il s'agit de travaux de rénovation et non d'une installation spécifique, la formule du leasing est à exclure.
- Primes de la Région de Bruxelles-Capitale : l'attribution de primes est conditionnelle. Elles sont plafonnées à 200.000 € par bâtiment. Nous prenons donc en compte l'aide de la Région dans notre analyse. Ci-dessous un résumé des primes pour l'année 2011 :

Isolation du toit	15 €/m²
Isolation des murs extérieurs	35 €/m²
Isolation des sols	30 €/m²
Vitrage super isolant	10 €/m²
Bonus intercalaires	15 €/m ²
Bonus U < 1 m ² .K/W	15 €/m ²
Ventilation mécanique	30% de la facture

Table 17: Détails des primes Énergie 2011 de la Région de Bruxelles-Capitale

- Prix du gaz : nous nous sommes basé sur les données du bilan énergétique de 2009 disponible en annexe. Nous obtenons donc un prix moyen de 42 €/MWh pour l'injection de gaz.
- Performance du réseau de chaleur : nous devons également tenir compte de la performance du réseau de chaleur. En effet, l'énergie consommée par le bâtiment H ne tient pas en compte les pertes de performance dues au transport de la chaleur et à l'efficacité de la cogénération. Nous n'avons pas de données mesurées pour établir cette performance. Nous avons donc utilisé les données du bilan énergétique de 2008. Pour évaluer la performance, nous avons comparé la consommation totale du

campus du Solbosch au kWh/m² par la consommation spécifique au kWh/m² du bâtiment H. Le différentiel des deux données nous permet d'estimer la performance. Nous obtenons une valeur de 78,73%.

- Prix de l'électricité : afin de simplifier nos calculs, nous avons établis un prix moyen de l'électricité pour le campus du Solbosch. Nous avons les prix mentionnés dans la partie traitant de l'installation photovoltaïque et nous avons pondéré ces derniers en fonction du nombre d'heures pleines et d'heures creuses annuelles. Ce prix est donc moins élevé que ce qui est réellement payé. En effet, l'ULB a une consommation électrique plus importante en journée que pendant les heures creuses, augmentant en réalité le prix moyen réel payé. Cependant, nous conservons cette valeur conservative.

Consommation électrique du Bâtiment H (2008)⁹⁷ : 1.263.604 KWh

Prix électricité heures pleines : 184 €/MWh TVAC

Prix électricité heures creuses : 114 €/MWh TVAC

Nombre d'heures creuses annuelles⁹⁸ : 5025

Nombre d'heures pleines annuelles⁹⁹ : 3735

Cela nous donne un prix au MWh de 143,84 € en moyenne, que nous arrondissons à 144 €/MWh.

- Coûts opérationnels : Nous considérons qu'il n'y a pas de coûts opérationnels pour les travaux d'isolation. Par contre, en ce qui concerne l'éclairage, il est nécessaire de comptabiliser des coûts pour le remplacement des lampes. Nous n'avons pas de données qui nous permettraient d'évaluer ces coûts. La durée de vie d'une ampoule basse consommation étant de 10.000 heures et vu qu'il y a 3735 heures pleines sur une année, nous arrondissons cette valeur à 4000 heures, nous obtenons une durée de vie des ampoules des 2,5 ans. Les ampoules vont devoir donc être remplacées 4 fois sur dix ans. Nous considérons, sur cette base, que les frais d'entretiens seront équivalents à l'investissement divisé par 10. Cette valeur est donc subjective et ne nous permet qu'à donner une estimation de ce que peuvent être ces frais d'entretien.
- Investissement et gains liés au double vitrage et à l'isolation: nous reprenons ici les valeurs de l'audit énergétique
- Investissements et gains liés au remplacement du système d'éclairage: nous reprenons les valeurs mentionnées dans la première partie de ce travail.
- Travaux liés à la ventilation : nous n'avons pas de méthode suffisamment pertinente pour évaluer la rentabilité de ces investissements. Il est certain que le placement d'un système de ventilation contrôlée avec échange de chaleur peu fournir une plus-value non négligeable¹⁰⁰. Cependant nous ne considérerons pas cet investissement faute d'une base assez solide pour effectuer nos comparaisons.

⁹⁷ Voir Annexes.

⁹⁸ Nous avons repris les heures creuses équivalentes à la tranche horaire 22h – 7h00 en semaine ainsi que les jours fériés et week-end.

⁹⁹ Les heures pleines sont constituées des jours de semaines (hors jours fériés) de 7h00 à 22h00.

¹⁰⁰ WANG J, XHANG X., 2010.

1.1.5. Financement bancaire traditionnel

Les différents travaux envisagés entraineraient, selon l'audit et les données théoriques auxquelles nous nous sommes référés, une économie d'énergie de l'ordre de 2.000.000 kWh par an¹⁰¹.

Comme nous le voyons dans le tableau ci-dessous, les investissements proposés ne commencent à être rentabilisés qu'au bout de 16 ans. Ces investissements demanderaient à l'ULB de libérer, pendant dix ans des capitaux équivalents à 87.000 EUR la première année. Il s'agit donc de montants importants. L'investissement se paierait lui-même au bout de la 25^e année.

Vu les résultats négatifs de ces investissements, il s'avère peu utile de calculer la VAN et le TRI, qui ne peuvent être que négatifs.

Synthèse des investissements en performance énergétique

Année		Estimation kWh économisés	Gains réduction de conso	Intérêts	Remb. Capital	Coûts opérationnels	Gain/Déficit Annuel	Payback	Service de la Dette	DSCR	
0		INVESTISSEMENT RELATIVE (TVAC) =					-5.056 €				
1	2003307	83.246 €	76.268 €	69.985 €	24.342 €	-87.350 €	-92.407 €	146.253,60	0,57		
2	2003307	85.637 €	72.629 €	73.625 €	24.967 €	-85.583 €	-177.990 €	146.253,60	0,59		
3	2003307	87.457 €	68.801 €	77.453 €	24.967 €	-83.763 €	-261.753 €	146.253,60	0,60		
4	2003307	89.332 €	64.773 €	81.481 €	24.967 €	-81.888 €	-343.641 €	146.253,60	0,61		
5	2003307	91.263 €	60.536 €	85.718 €	24.967 €	-79.957 €	-423.598 €	146.253,60	0,62		
6	2003307	93.252 €	56.079 €	90.175 €	24.967 €	-77.968 €	-501.567 €	146.253,60	0,64		
7	2003307	95.300 €	51.390 €	94.864 €	24.967 €	-75.920 €	-577.487 €	146.253,60	0,65		
8	2003307	97.410 €	46.457 €	99.797 €	24.967 €	-73.810 €	-651.297 €	146.253,60	0,67		
9	2003307	99.584 €	41.267 €	104.986 €	24.967 €	-71.637 €	-722.933 €	146.253,60	0,68		
10	2003307	101.822 €	35.808 €	110.446 €	24.967 €	-69.398 €	-792.331 €	146.253,60	0,70		
11	2003307	104.128 €	30.065 €	116.189 €	24.967 €	-67.092 €	-859.424 €	146.253,60	0,71		
12	2003307	106.503 €	24.023 €	122.231 €	24.967 €	-64.718 €	-924.141 €	146.253,60	0,73		
13	2003307	108.949 €	17.667 €	128.587 €	24.967 €	-62.271 €	-986.413 €	146.253,60	0,74		
14	2003307	111.468 €	10.980 €	135.273 €	24.967 €	-59.752 €	-1.046.165 €	146.253,60	0,76		
15	2003307	114.063 €	3.946 €	142.308 €	24.967 €	-57.157 €	-1.103.322 €	146.253,60	0,78		
16	2003307	116.736 €	0 €	0 €	24.967 €	91.770 €	-1.011.552 €	-	-		
17	2003307	119.489 €	0 €	0 €	24.967 €	94.523 €	-917.029 €	-	-		
18	2003307	122.325 €	0 €	0 €	24.967 €	97.358 €	-819.671 €	-	-		
19	2003307	125.246 €	0 €	0 €	24.967 €	100.279 €	-719.392 €	-	-		
20	2003307	128.254 €	0 €	0 €	24.967 €	103.287 €	-616.105 €	-	-		
21	2003307	131.353 €	0 €	0 €	24.967 €	106.386 €	-509.719 €	-	-		
22	2003307	134.544 €	0 €	0 €	24.967 €	109.578 €	-400.141 €	-	-		
23	2003307	137.832 €	0 €	0 €	24.967 €	112.865 €	-287.276 €	-	-		
24	2003307	141.218 €	0 €	0 €	24.967 €	116.251 €	-171.025 €	-	-		
25	2003307	144.705 €	0 €	0 €	24.967 €	119.738 €	-51.287 €	-	-		
26	2003307	148.297 €	0 €	0 €	24.967 €	123.331 €	72.044 €	-	-		
27	2003307	151.997 €	0 €	0 €	24.967 €	127.031 €	199.074 €	-	-		
28	2003307	155.808 €	0 €	0 €	24.967 €	130.841 €	329.916 €	-	-		
29	2003307	159.733 €	0 €	0 €	24.967 €	134.767 €	464.683 €	-	-		
30	2003307	163.776 €	0 €	0 €	24.967 €	138.810 €	603.492 €	-	-		

Moyenne SCR = 0,63

Tableau 18 : Financement des investissements en performance énergétique – Remboursements fixes

De plus, l'emprunt bancaire entrainerait pour l'ULB, l'obligation de financer la dette au

¹⁰¹ Les données de l'audit mentionnaient des m³ pour le gaz. Afin d'obtenir les kWh, nous avons multiplié les m³ par 11. Cette valeur nous est donnée via Electrabel. Il s'agit d'une norme acceptée du secteur. Pour avoir une valeur exacte, il serait nécessaire de mesurer la densité et le potentiel énergétique du gaz fourni à l'ULB.

moyen de ses fonds propres pendant toute la durée de l'emprunt. Nous le voyons, la solution de financement traditionnel doit être écartée si l'on veut limiter l'apport de l'ULB.

1.1.6. *Financement par tiers investisseur*

Le financement via un tiers investisseur supposerait que cet acteur serait prêt à s'engager sur un période de 40 ans. Cette hypothèse nous semble irréaliste dans les contraintes de marché actuelles. En effet, un tiers-investisseur ne pourra pas obtenir un retour sur investissement plus important que ce à quoi l'ULB arrive via un financement par fonds propres. De plus, le contexte économique et la viabilité du tiers-investisseur n'est pas garantie sur une période de 40 ans. Une telle échéance imposerait la signature de clauses de sauvegardes pour lesquelles le risque de défaut du tiers investisseur serait assumé par l'ULB.

Nous devons donc ici, pouvoir trouver d'autres solutions pour pouvoir financer ce type d'investissement.

2.3. *Les pompes à chaleur*

L'audit énergétique de GEMS a étudié la faisabilité de l'installation d'une pompe à chaleur géothermique verticale. L'étude estime qu'une pompe à chaleur d'une puissance de 292 kW avec un coefficient de performance (COP) de 4,2 serait à même de fournir 80% de l'énergie pour le chauffage du bâtiment H, basé sur 1513 MWh annuel.

Nous considérons que les données fournies par l'audit sont correctes. Afin d'évaluer les possibilités de financement de cet investissement, nous confronterons les résultats selon deux hypothèses :

- L'investissement lié à la pompe à chaleur serait un investissement isolé. Les besoins énergétiques du bâtiment ne varient pas sensiblement.
- L'investissement fait partie d'un ensemble de mesures liées à la performance énergétique du bâtiment, les besoins résiduels de chaleur sont donc couverts par cette installation.

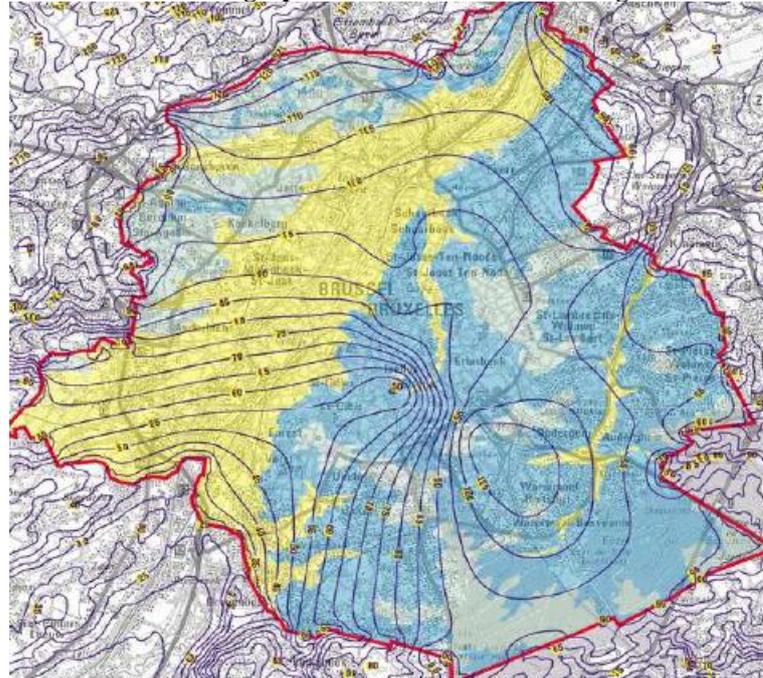
Il est à noter que, en utilisant les données fournies par l'audit et en reprenant les coûts de l'énergie transmis par la Cellule énergie, nous n'arrivons pas aux économies annoncées par GEMS. N'ayant pas d'informations sur la méthode utilisée pour faire ces calculs, nous conservons les données à titre indicatif, tout en sachant que les résultats doivent être fortement nuancés.

1.1.1. *Faisabilité*

Une étude réalisée par VITO, sur demande de l'IBGE¹⁰² a étudié la question de la promotion des pompes à chaleur dans la région de Bruxelles-Capitale. Nous voyons en bleu les zones définies comme favorables au développement de la géothermie :

¹⁰² DESMEDT J., HOES H., 2007.

Tableau 19: Cartographie des zones favorable à la géothermie

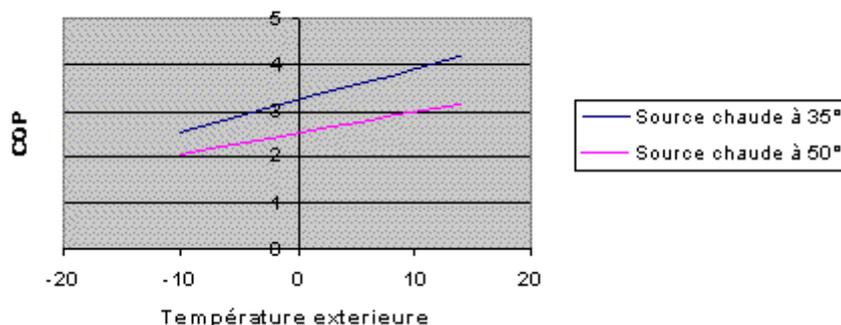


Le campus du Solbosch est donc dans une zone favorable à ce type de technologie.

L'audit prenait comme possibilité, le placement d'une pompe à chaleur d'une puissance de 292 kW via le percement de 36 puits de 106 m de profondeur sur une superficie totale de 1000 m², chaque puits étant séparé de 6 m. Il serait, pour cette solution, possible d'utiliser le terrain vert situé en face du bâtiment H. Des frais de réaménagement devront être comptés en supplément et le risque lié aux dommages pouvant être causés par les racines des arbres devra être analysé.

Vu l'espace exigé par cette solution, celle-ci ne pourrait pas devenir une solution standard pouvant être appliquée à tous les bâtiments. Il est nécessaire de disposer de suffisamment d'espace dans les environs proches et cette solution ne devrait être proposée que pour une approche globale de gestion énergétique des bâtiments.

Tableau 20: Influence de la température sur le coefficient de performance¹⁰³



¹⁰³ Énergie+, <http://www.energieplus-lesite.be/> (consulté le 15/07/2011).

Comme nous le voyons ci-dessus, la performance des pompes à chaleur augmente pour des besoins de basse température, il ne faudrait investir dans cette technologie que pour des bâtiments déjà bien isolés et pour lesquels il serait possible de remplacer le réseau de chauffage afin d'optimiser les possibilités de chauffer à faible températures.

1.1.2. Hypothèses spécifiques

Prix de l'installation

GEMS estime que le prix pour une installation de ce type s'élèverait à 549.288 €. Avec un coût annuel pour le fonctionnement de l'installation de l'ordre de 54.885 €. GEMS estime que 108.913 € annuels seront économisés pour le chauffage.

Par comparaison, le bordereau des prix réalisé par le Bureau d'Ingénieurs et Architecte ASPEN, nous indique que le prix pour une installation de 6 kW pour du chauffage et du refroidissement correspond à un investissement de 7.844 €. En appliquant cette indication à la puissance de notre installation fictive, nous obtenons un prix de 381.741 € HTVA.

Une autre base de comparaison nous est donnée par le Centre Urbain¹⁰⁴. Dans leur exemple, pour le placement de quatre forages de 40 mètres de profondeur et 160 mm de diamètre, tout compris, le prix s'élèverait à 15.250 € HTVA. Nous allons reprendre ces données et les appliquer à notre installation fictive :

Pour un forage de 100 m de profondeur, nous aurions un prix de 9531 € HTVA. Pour 36 forages, nous aurions donc le prix de 343.125 € HTVA.

Si nous ajoutons des frais pour des études de sol, de faisabilité et pour les modifications d'installation de chauffage, nous arriverions à un prix total qui serait de l'ordre de 500.000 €

Coûts

La consommation énergétique de la pompe à chaleur peut être estimée via son coefficient de performance. Dans notre cas, un coefficient de performance de 4,2 est supposé. Cela peut être traduit par le fait que 1 kWh d'électricité consommée permettra de fournir 4,2 kWh de chaleur. Vu que, dans notre exemple, la pompe à chaleur est capable de fournir 80% de l'énergie du bâtiment, nous pouvons en déduire, que la pompe à chaleur fournit 1.210 MWh d'énergie thermique annuelle. Pour ce faire, il sera donc nécessaire de consommer 302 MWh en électricité annuellement, soit une consommation électrique totale de 34.850 € annuellement.

A ces frais, il est nécessaire de rajouter l'entretien de la pompe à chaleur, coûts que nous estimons à 2.000 € annuels. En outre, un contrat de maintenance ainsi que des assurances et garanties devront être souscrites afin de limiter les risques de l'installation en question. Ces coûts sont estimés à 0,05% du montant de l'investissement pour les frais d'assurance et à 8 € par KW pour les frais d'entretien. Ce qui nous donne des montants de l'ordre de 2000 € pour chacun de ces postes.

¹⁰⁴ Le Centre Urbain, <http://www.curbain.be/> (consulté le 17/07/2011).

1.1.3. Financement par crédit

La problématique principale des investissements dans une pompe à chaleur réside dans la différence entre le prix du gaz et le prix de l'électricité. Vu que la chaleur produite par le gaz est ici substituée à l'électricité, le prix de cette dernière devient un facteur décisif qui, dans notre simulation va en défaveur de l'investissement dans une pompe à chaleur.

Résultats - Installation PAC - Bâtiment H

Année	Estimation kWh produits	Estimation gains PAC (dépendances élec - dépenses gaz)	Intérêts	Remb. Capital	Coûts opérationnels	Gain/Déficit Annuel	Payback	Service de la Dette	DSCR
0						INVESTISSEMENT RELATISE (TVAC) = -4.680 €			
1	992.247	15.688 €	17.732 €	34.632 €	4.000 €	-40.676 €	-45.356 €	52.363,92	0,30
2	990.263	16.439 €	15.874 €	34.632 €	4.120 €	-38.186 €	-83.543 €	50.505,54	0,33
3	988.282	16.406 €	14.015 €	34.632 €	4.244 €	-36.484 €	-120.027 €	48.647,18	0,34
4	986.306	16.373 €	12.157 €	34.632 €	4.371 €	-34.786 €	-154.813 €	46.788,82	0,35
5	984.333	16.341 €	10.298 €	34.632 €	4.502 €	-33.092 €	-187.905 €	44.930,45	0,36
6	982.364	16.308 €	8.440 €	34.632 €	4.637 €	-31.401 €	-219.306 €	43.072,08	0,38
7	980.400	16.275 €	6.582 €	34.632 €	4.776 €	-29.714 €	-249.021 €	41.213,71	0,39
8	978.439	16.243 €	4.723 €	34.632 €	4.919 €	-28.032 €	-277.052 €	39.355,35	0,41
9	976.482	16.210 €	2.865 €	34.632 €	5.067 €	-26.354 €	-303.406 €	37.496,99	0,43
10	974.529	16.178 €	1.007 €	34.632 €	5.219 €	-24.680 €	-328.086 €	35.638,62	0,45
11	972.580	16.146 €	0 €	0 €	5.376 €	10.770 €	-317.316 €	-	-
12	970.635	16.113 €	0 €	0 €	5.537 €	10.576 €	-306.739 €	-	-
13	968.693	16.081 €	0 €	0 €	5.703 €	10.378 €	-296.361 €	-	-
14	966.756	16.049 €	0 €	0 €	5.874 €	10.175 €	-286.187 €	-	-
15	964.823	16.017 €	0 €	0 €	6.050 €	9.967 €	-276.220 €	-	-
16	962.893	15.985 €	0 €	0 €	6.232 €	9.753 €	-266.467 €	-	-
17	960.967	15.953 €	0 €	0 €	6.419 €	9.534 €	-256.933 €	-	-
18	959.045	15.921 €	0 €	0 €	6.611 €	9.310 €	-247.624 €	-	-
19	957.127	15.889 €	0 €	0 €	6.810 €	9.079 €	-238.544 €	-	-
20	955.213	15.857 €	0 €	0 €	7.014 €	8.843 €	-229.701 €	-	-
21	953.302	15.826 €	0 €	0 €	7.224 €	8.601 €	-221.100 €	-	-
22	951.396	15.794 €	0 €	0 €	7.441 €	8.353 €	-212.747 €	-	-
23	949.493	15.762 €	0 €	0 €	7.664 €	8.098 €	-204.649 €	-	-
24	947.594	15.731 €	0 €	0 €	7.894 €	7.837 €	-196.812 €	-	-
25	945.699	15.699 €	0 €	0 €	8.131 €	7.568 €	-189.244 €	-	-

Moyenne DSCR = 0,25

Tableau 21: financement d'une PAC - Remboursements fixes

Comme nous le voyons dans cette simulation, la différence de prix entre le gaz et l'électricité ne permet pas de rentabiliser rapidement l'installation, même en tenant compte de l'apport de primes. Ici également, la solution de financement via emprunt bancaire nous semble à écarter.

Dans le cas d'un financement bancaire, l'université devra déboursier, en l'espace de 10 ans, la somme de 328.086 EUR pour rembourser l'emprunt, sans retour sur investissement avant 25 ans.

Si l'université finance elle-même l'investissement, le retour sur investissement est tout juste sous les 20 ans et l'investissement de base, primes déduites est de l'ordre de 351.000 EUR. Même dans ce cas, nous n'arrivons pas à rentabiliser l'installation avant 25 ans.

Nous remarquons ici un paradoxe pour ce type d'investissement. En effet, l'utilisation d'une pompe à chaleur permet une économie en kWh non négligeable, même si l'on tient compte de l'énergie nécessaire pour produire et transporter l'électricité nécessaire à son fonctionnement. Hors, financièrement, la différence entre le prix du gaz et le prix de l'électricité ne permet pas de réaliser ce type d'investissement.

1.1.4. *Le tiers-investisseur*

Le système du tiers-investisseur se prête particulièrement bien à ce type d'investissement. Mais le manque de certificats verts accordés à celui-ci rend le projet, tout comme pour le financement par emprunt bancaire, inefficace et impraticable.

Si, par un financement traditionnel, l'investissement ne se révèle pas financièrement pertinent, il est fort peu probable qu'un tiers investisseur fasse un investissement dans ce sens.

Cette problématique revient pour l'ensemble des investissements proposés. Dans le cas des pompes à chaleur, il s'agit très clairement d'un problème d'absence de mécanisme de soutien à cette technologie, ce qui pénalise fortement cette dernière, malgré le gain en termes d'énergie (kWh) que cette technologie peut engendrer.

2.4. *La cogénération*

L'audit du bâtiment H porte également sur la possibilité d'installer une unité de cogénération spécifique pour le bâtiment H. Cette proposition exclut la possibilité d'un investissement dans une pompe à chaleur géothermique.

Nous voyons dans l'étude réalisée une absence dans l'analyse. En effet, si l'on place une unité de cogénération spécifique pour le bâtiment H, il sera donc nécessaire d'effectuer des travaux d'amenée du réseau de gaz. Ces travaux ne sont pas repris dans le calcul effectué. De plus, à l'heure où les parties prenantes des questions environnementales¹⁰⁵ insistent sur l'efficacité des réseaux de chaleur, il nous semble peu efficace d'aller vers un retour en arrière.

Si l'option d'une cogénération a malgré tout été envisagée dans l'audit, c'est, comme nous l'avons souligné, en raison du rendement écologique de ce type d'installation.

C'est pourquoi, nous n'évaluerons pas le recours à la cogénération pour le bâtiment H. Pour des études futures, il serait intéressant d'étudier l'impact d'un remplacement de la cogénération centrale actuelle.

3. *Financement d'un projet global de performance sur un bâtiment*

Nous avons, dans les parties précédentes, étudié le financement de plusieurs installations ou techniques permettant d'améliorer la performance énergétique d'un bâtiment. Ces analyses ont mis à jour un paradoxe important, à l'heure actuelle, ce sont les investissements qui permettent le plus d'économies d'énergie (isolation du bâtiment) qui sont, financièrement

¹⁰⁵ Covenant of Mayors, http://www.eumayors.eu/index_en.html (consulté le 10/07/2011).

les moins favorables.

Nous allons donc regrouper plusieurs de ces investissements afin de voir si, en rassemblant les investissements rentables à court terme, comme la pose de modules photovoltaïques ou le remplacement des éclairages, nous pouvons rendre les aspects relatifs à l'isolation du bâtiment plus rapidement intéressants.

Nous ne prenons pas en compte la proposition de cogénération pour les raisons citées plus haut. De même, le placement d'une pompe à chaleur verticale ne sera pas envisagé. En effet, le différentiel entre le prix du gaz et le prix de l'électricité est trop important que pour que cet investissement puisse être financièrement viable, même si, une fois encore, du point de vue de la réduction énergétique, il a tout son sens.

Nous excluons de notre analyse les modes de financement par leasing. Comme nous l'avons mentionné, les travaux d'isolation ne se prêtent pas à ce type de financement. Il serait possible d'éventuellement recourir au leasing dans le cas d'une approche hybride comprenant une part d'investissement via tiers-investisseur et une autre part via leasing. Cette option ne sera cependant pas explorée afin de ne pas complexifier le modèle.

1.1.1. Autofinancement

Comme nous le voyons, l'option de financer les travaux par l'ULB elle-même est l'option qui procure un retour sur investissement le plus court, de l'ordre de 17 ans.

Cette option permet également de maximiser la valeur actuelle nette du projet. Il n'en demeure pas moins que cela occasionne, pour l'ULB, un effort important équivalent à la moitié de son budget énergie annuel.

Résultats - Projet Global

Année	Rentrées Installation Photovoltaïque	Rentrées E d'énergie	Coûts Opérationnels Photovoltaïque	Coûts Opérationnels E d'énergie	Coûts du mode de financement	Gain/Déficit annuel	Retour sur Investissement	Service de la dette	DSCR	VAN 25 ans	41.041 €
										TRI 25 ans	3%
0	INVESTISSEMENT TOTAL REALISE					-2.214.003					
1	76.856	71.075	1.858	12.171	0	133.902	-2.080.101	14.029	0,00		
2	76.697	73.154	1.914	12.483	0	135.453	-1.944.647	14.397	0,00		
3	76.543	74.974	1.971	12.483	0	137.063	-1.807.584	14.454	0,00		
4	76.397	76.849	2.030	12.483	0	138.732	-1.668.852	14.513	0,00		
5	76.257	78.780	2.091	12.483	0	140.463	-1.528.389	14.574	0,00		
6	76.124	80.768	2.154	12.483	0	142.256	-1.386.133	14.637	0,00		
7	75.998	82.817	2.218	12.483	0	144.114	-1.242.020	14.702	0,00		
8	75.879	84.927	2.285	12.483	0	146.037	-1.095.982	14.768	0,00		
9	75.766	87.100	2.353	12.483	0	148.029	-947.953	14.837	0,00		
10	75.660	89.339	2.424	12.483	0	150.091	-797.862	14.907	0,00		
11	25.805	91.645	28.377	12.483	0	76.589	-721.273	40.860	0,00		
12	26.111	94.019	2.572	12.483	0	105.075	-616.198	15.055	0,00		
13	26.420	96.465	2.649	12.483	0	107.753	-508.444	15.132	0,00		
14	26.733	98.985	2.728	12.483	0	110.506	-397.938	15.212	0,00		
15	27.049	101.580	2.810	12.483	0	113.336	-284.603	15.293	0,00		
16	27.369	104.253	2.894	12.483	0	116.245	-168.358	15.378	0,00		
17	27.693	107.006	2.981	12.483	0	119.235	-49.123	15.465	0,00		
18	28.021	109.842	3.071	12.483	0	122.309	73.186	15.554	0,00		
19	28.353	112.762	3.163	12.483	0	125.469	198.655	15.646	0,00		
20	28.689	115.771	3.258	12.483	0	128.719	327.374	15.741	0,00		
21	29.029	118.869	3.355	12.483	0	132.059	459.433	15.839	0,00		
22	29.372	122.061	3.455	12.483	0	135.487	590.482	15.940	0,00		
23	29.720	125.348	3.560	12.483	0	139.025	719.231	16.043	0,00		
24	30.072	128.734	3.667	12.483	0	142.656	861.887	16.150	0,00		
25	30.428	132.222	3.777	12.483	0	146.390	1.008.277	16.260	0,00		

Tableau 22: financement d'un projet global - autofinancement

Cette option reste difficile à promouvoir vu l'importance de la mise de départ exigée. Cela est donc financièrement positif mais politiquement difficile à promouvoir.

1.1.2. Financement par crédit

Nous prenons comme valeur de base un financement bancaire par amortissements constants. Ce qui nous donne le tableau suivant :

Résultats - Projet Global

Année	Rentrées Installation Photovoltaïque	Rentrées E d'énergie	Coûts Opérationnels Photovoltaïque	Coûts Opérationnels E d'énergie	Coûts du mode de financement	VAN 25 ans		Service de la dette	DSCR
						TRI 25 ans	NA		
0	INVESTISSEMENT TOTAL REALISE					-194.400			
1	76.856	71.075	1.858	12.171	198.044	-64.142	-258.542	212.073	0,70
2	76.697	73.154	1.914	12.483	208.401	-72.948	-331.490	222.798	0,67
3	76.543	74.974	1.971	12.483	208.401	-71.338	-402.828	222.856	0,68
4	76.397	76.849	2.030	12.483	208.401	-69.669	-472.498	222.915	0,69
5	76.257	78.780	2.091	12.483	208.401	-67.939	-540.436	222.976	0,70
6	76.124	80.768	2.154	12.483	208.401	-66.146	-606.582	223.039	0,70
7	75.998	82.817	2.218	12.483	208.401	-64.288	-670.870	223.103	0,71
8	75.879	84.927	2.285	12.483	208.401	-62.364	-733.234	223.170	0,72
9	75.766	87.100	2.353	12.483	208.401	-60.372	-793.606	223.238	0,73
10	75.660	89.339	2.424	12.483	208.401	-58.310	-851.916	223.309	0,74
11	25.805	91.645	28.377	12.483	146.254	-69.664	-921.581	187.114	0,63
12	26.111	94.019	2.572	12.483	146.254	-41.179	-962.759	161.309	0,74
13	26.420	96.465	2.649	12.483	146.254	-38.500	-1.001.260	161.386	0,76
14	26.733	98.985	2.728	12.483	146.254	-35.748	-1.037.007	161.465	0,78
15	27.049	101.580	2.810	12.483	146.254	-32.918	-1.069.925	161.547	0,80
16	27.369	104.253	2.894	12.483	0	116.245	-953.681	15.378	0,00
17	27.693	107.006	2.981	12.483	0	119.235	-834.446	15.465	0,00
18	28.021	109.842	3.071	12.483	0	122.309	-712.137	15.554	0,00
19	28.353	112.762	3.163	12.483	0	125.469	-586.667	15.646	0,00
20	28.689	115.771	3.258	12.483	0	128.719	-457.949	15.741	0,00
21	29.029	118.869	3.355	12.483	0	132.059	-325.890	15.839	0,00
22	29.372	122.061	18.177	12.483	0	120.773	-205.117	30.660	0,00
23	29.720	125.348	3.560	12.483	0	139.025	-66.091	16.043	0,00
24	30.072	128.734	3.667	12.483	0	142.656	76.565	16.150	0,00
25	30.428	132.222	3.777	12.483	0	146.390	222.955	16.260	0,00

Tableau 23: financement d'un projet global - remboursements fixes

Le temps de retour sur l'investissement est donc descendu à 23 ans. C'est une amélioration s'il l'on considère l'option de juste mettre en œuvre les investissements liés à la performance énergétique. Cependant, il restera à l'université à combler, pendant 10 ans un déficit s'élevant, au pire, à 70.000 € par an. Les gains issus de l'installation photovoltaïque ne parviennent donc pas à améliorer sensiblement la rentabilité de l'ensemble des travaux.

1.1.3. Financement par tiers-investisseur

Pour évaluer notre modèle de financement par tiers-investisseur, nous allons d'abord évaluer si le projet est éventuellement réalisable, dans la perspective de cet investisseur. Sachant que ce tiers-investisseur financerait les investissements à 40% par fonds propres en moyenne, et que le seul avantage de l'ULB serait une réduction de sa facture énergétique sur la production d'électricité générée par les panneaux solaires photovoltaïque (ce qui serait un minimum, déjà difficilement acceptable pour les autorités), on obtiendrait le résultat suivant :

Résultats - Projet Global

Année	Rentrées Installation Photovoltaïque	Rentrées E d'énergie	Coûts Opérationnels Photovoltaïque	Coûts Opérationnels E d'énergie	Coûts du mode de financement	Gain/Déficit annuel	VAN 25 ans TRI 25 ans		Service de la dette	DSCR
							-44.639 €	3%		
0	INVESTISSEMENT TOTAL REALISE					-756.924				
1	63.842	67.795	3.465	8.891	111.099	8.181	-748.743	123.455	1,07	
2	63.528	69.828	3.569	9.158	116.464	4.165	-744.577	129.191	1,03	
3	63.219	71.649	3.676	9.158	116.464	5.569	-739.008	129.298	1,04	
4	62.915	73.523	3.786	9.158	116.464	7.030	-731.978	129.409	1,05	
5	62.616	75.454	3.900	9.158	116.464	8.548	-723.431	129.522	1,07	
6	62.321	77.443	4.017	9.158	116.464	10.125	-713.305	129.639	1,08	
7	62.032	79.492	4.137	9.158	116.464	11.763	-701.542	129.760	1,09	
8	61.747	81.602	4.262	9.158	116.464	13.464	-688.078	129.884	1,10	
9	61.466	83.775	4.389	9.158	116.464	15.230	-672.848	130.012	1,12	
10	61.191	86.014	4.521	9.158	116.464	17.061	-655.787	130.143	1,13	
11	11.165	88.319	4.657	9.158	84.272	1.398	-654.389	98.086	1,01	
12	11.297	90.694	4.796	9.158	84.272	3.765	-650.623	98.226	1,04	
13	11.431	93.140	4.940	9.158	84.272	6.201	-644.422	98.370	1,06	
14	11.567	95.660	5.088	9.158	84.272	8.708	-635.714	98.518	1,09	
15	11.704	98.255	5.241	9.158	84.272	11.287	-624.427	98.671	1,11	
16	11.842	100.928	5.398	9.158	0	98.213	-526.214	14.556	0,00	
17	11.982	103.681	5.560	9.158	0	100.945	-425.269	14.718	0,00	
18	12.124	106.516	5.727	9.158	0	103.755	-321.514	14.885	0,00	
19	12.268	109.437	5.899	9.158	0	106.648	-214.866	15.057	0,00	
20	12.413	112.445	6.076	9.158	0	109.625	-105.241	15.234	0,00	
21	12.560	115.544	6.258	9.158	0	112.688	7.447	15.416	0,00	
22	12.709	118.736	6.446	9.158	0	115.840	123.287	15.604	0,00	
23	12.859	122.023	6.639	9.158	0	119.085	242.372	15.797	0,00	
24	13.011	125.409	6.838	9.158	0	122.424	364.795	15.996	0,00	
25	13.165	128.896	7.044	9.158	0	125.860	490.656	16.202	0,00	

Table 24: financement d'un projet global - tiers-investisseur

Le taux de retour interne est de 3%, tandis que la VAN est négative, avec un taux d'actualisation à 3%. Dans tous les cas, ces éléments permettent difficilement l'implication d'un tiers-investisseur. Même dans l'hypothèse où une entreprise serait prête à s'investir, compte tenu des gains réalisés grâce aux coûts opérationnels, il reste le fait que l'ULB ne pourrait pas profiter des économies d'énergies avant 25 voire 30 ans.

Cette solution est donc, à l'heure actuelle difficilement réalisable malgré ses attraits.

Conclusion

Les modes de financement des investissements sont multiples et variés. Ces modes ont chacun des caractéristiques propres qui les rendent plus ou moins intéressants aux yeux des investisseurs. De plus chaque type d'investissement ne permet pas nécessairement les mêmes modes de financement.

Nous avons vu que, sur base d'une analyse purement financière, l'emprunt bancaire classique, reste un moyen de financement externe relativement peu coûteux, permettant à certains projets d'économie d'énergie de se rembourser par eux-mêmes. Cependant, l'inconvénient d'un tel mode de financement est que les risques de l'installation sont à charge de l'investisseur.

Le financement par fonds propres permet de conserver l'ensemble des gains issus des projets. Cependant, pour ce faire, l'institution devra accepter de mobiliser des moyens pour des investissements qui ne font pas nécessairement partie de sa mission première. De plus, ici aussi, l'institution conserve le risque propre à l'installation.

Le mécanisme du leasing, intéressant dans le cas de sociétés privées soucieuses de ne pas alourdir leur bilan, n'est pas réellement pertinent pour une université vu les différences en terme de statut et de règles de financement.

Enfin, le mécanisme de tiers-investisseurs, dans le cas étudié, le contrat de performance énergétique, permet à l'institution de mener des investissements en économies d'énergie sans pour autant devoir mobiliser des moyens supplémentaires et en ayant des garanties sur le retour des investissements réalisés. Le revers de cette formule étant que le propriétaire des installations ne perçoit pas directement les bénéfices de celle-ci. En effet, ces derniers seront d'abord reversés au tiers-investisseur. De plus, ces mécanismes sont particulièrement adaptés à des investissements sur des installations techniques, et moins pour des investissements liés à l'isolation des bâtiments, ce qui reste notre préoccupation première, vu le contexte européen et les économies d'énergie pouvant être générées.

Par rapport à notre objectif qui était d'identifier une méthode de financement permettant de mener des projets d'efficacité énergétique des bâtiments sans pour autant utiliser des moyens propres et en ayant une part du retour sur investissement, nous pouvons constater qu'il n'existe pas de solution « miracle ». Les investissements les plus susceptibles d'être éligibles pour un financement via tiers-investisseurs sont également, si l'on en exclut le coût du risque, les projets qui seraient susceptibles de se rembourser par eux-mêmes via une formule d'emprunt classique.

Il reste que la solution de financement doit donc faire l'objet d'un choix de la part des décideurs de l'ULB. Dans la majorité des cas, le retour et les bénéfices des investissements liés aux économies d'énergie s'effectueront plusieurs années après que l'investissement soit réalisé. Une telle perspective nécessite une vision à long terme et une modification des modes de financement interne de l'université.

Il y a donc encore des obstacles à ces mécanismes, même si, d'un point de vue de la réduction de l'impact CO2 d'une organisation, ils sont très intéressants. C'est pourquoi il est probablement nécessaire de pouvoir réfléchir à d'autres pistes de financement. Ces pistes

ont été développées par d'autres universités, notamment en Allemagne et au sein de nos autorités fédérales, via la création de Fedesco.

L'inconvénient principal du tiers-investisseur étant le fait que les gains issus des économies d'énergies ne sont pas suffisamment récupérées par le propriétaire du bâtiment, il serait intéressant pour une institution comme l'ULB de créer une organisation indépendante dont l'objectif serait, à l'instar de Fedesco, d'investir dans des projets d'économie d'énergie pour les bâtiments de l'ULB. Comme nous l'avons vu dans la partie analysant les barrières à l'investissement, cette « Spin Off » pourrait se voir confier l'ensemble de la responsabilité énergétique de l'ULB. Elle serait donc directement responsable et se verrait également récompensée pour des mesures utiles d'économies d'énergie. Afin de garantir un accompagnement technique suffisant, il serait utile de demander la participation d'une ESCO qui pourrait prendre des parts dans cette nouvelle société. En outre, du point de vue des missions de recherche et d'éducation de l'ULB, il pourrait également y avoir des possibilités de partenariat avec les départements polytechniques pour le développement et l'analyse de projets.

Ce type de construction aurait l'avantage de s'affranchir des contraintes structurelles propres à une organisation de l'importance de l'ULB, tout en promouvant et en récupérant un maximum des économies d'énergies réalisées.

Cependant, il resterait nécessaire de pouvoir, au départ apporter un capital non négligeable afin de garantir que cette organisation fonctionne de manière efficace et optimale. En outre, il ne faut pas sous-estimer les coûts supplémentaires liés à la création d'une nouvelle organisation et à la gestion de ses ressources humaines.

En définitive, il existe plusieurs solutions pour permettre à l'ULB de diminuer l'impact environnemental de son parc immobilier. Les investissements possibles sont assez peu risqués et peuvent générer suffisamment de gains que pour, à moyen ou long terme, se rembourser eux-mêmes. Cependant, une telle approche nécessite une volonté de voir à long terme ce qui n'est pas toujours conciliable avec les contraintes financières à court terme. Il n'en demeure pas moins que, utilisés de manière adéquate, ces différents systèmes peuvent permettre à l'ULB, de mener une vraie politique de réduction de son empreinte énergétique. Ce qui, vu l'état des connaissances actuelles, pourrait probablement rentrer dans les objectifs premiers d'une organisation vouée à la recherche et à la formation pour les générations à venir.

Bibliographie

Études, livres et revues

- (2010), "Exclusive 2010 Green building Survey", *National Real Estate Investor and Retail Traffic*, Nov/Dec, Special Supplement, 8p.
- (2005), « Eco-logiques. Les bénéfices de l'approche environnementale », *Les Cahier de la Cambre – Architecture*, n° 4, 218p.
- ADEME, AITF, ATTF, EDF, GDF (2001), *Énergie et patrimoine communal – enquête 2000*, 130p.
- ALI M. (2008), "Energy efficient architecture and building systems to address global warming", *Leadership and Management in Engineering*, July, pp.112-124.
- AMSTALDEN R.W., KOST M., NATHANI C., IMBODEN D.M. (2007), « Economic potential of energy-efficient retrofitting in the Swiss residential building sector: the effect of policy instruments and energy prices expectations », *Energy Policy*, n°35, pp.1819-1829.
- AUDENAERT A., DE BOECK L., ROELANDTS K. (2010), « Economic analysis of the profitability of energy-saving architectural measures for the achievement of the EPB-standard », *Energy*, n°35, pp.2965-2971.
- AUDENAERT A., DE CLEYN S.H., VANDERCKHOVE B. (2008), « Economic analysis of passive houses and low-energy houses compared with standard houses », *Energy Policy*, n°36, pp.47-55.
- BAILLARGEON P., FERTIN R., LANGLOIS P. et LEONARD M (1996), *Les projets en efficacité énergétique et leurs possibilités de financement*, Cahier n°7 PRISME, Institut de l'Énergie et de la Francophonie,
- BARTELMUS P. (2008), *Quantitative eco-nomics. How sustainable are our economies*, Springer, 317p.
- BONAL J. et ROSSETI P. (dir.) (2001), *Énergies alternatives*, OmniSciences, 2^{ième} édition, 286p.
- BOULANGER P.-M., LUSSIS B. (2005), *Les barrières internes à l'efficacité énergétique : l'apport de la psychologie sociale*, IDD, 2005.
- BROUNEN D, KOK N., MENNE J. (2009), *Energy performance certification in the housing market; implementation and valuation in the European Union*, 24p. http://www.dgbc.nl/images/Energy_Performance_Certification_in_the_Residential_Sect.pdf (consulté le 4/04/2011).
- CASTLETON H.F., STOVIN V., BECK S.B.M., DAVISON J.B. (2010), « Green roofs: building energy saving and the potential retrofit », *Energy and Buildings*, n°42, pp.1582-1591.
- CLINCH J.P., HEALY J.D. (2001), « Cost-benefit analysis of domestic energy efficiency », *Energy Policy*, n°29, pp.113-124.
- CROSSLEY D., MALONEY M. et WATT G. (2000), *Developing mechanisms for promoting Demand-Side Management and energy efficiency in changing electricity businesses*, IEA-DSM, 309p.

- DE CONINCK R., VERBEEK G. (2005), *Analyse technico-économique de la rentabilité des investissements. Rapport Final*, Étude réalisée pour l'IBGE, 146p.
- DESMEDT J., HOES H. (2007), *Studie van de geothermische en hydrothermische technieken toepasbaar in Brussel*, VITO à la demande de l'IBGE, 26p. <http://www.brusselgreentech.be/userfiles/file/TerraEnergy-BIM-studie%20geothermie.pdf> (visité le 20/06/2011).
- DIAKAKI C., GRIGOROUDIS E., KOLOKOTSA D. (2008), « Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings », *Energy and Buildings*, n°40, pp.1747-1754.
- DOUKAS H., NYCHTIS C., PSARRAS J. (2009), « Assessing energy-saving measures in buildings through an intelligent decision support model », *Building and Environment*, n°44, pp.290-298.
- EICHHOLTZ P., KOK N. et QUIGLEY J.M. (2009), *Doing well by doing good? An analysis of the financial performance of green buildings in the USA*, RICS Research, 2009. 48p. http://www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=5763&fileExtension=PDF (consulté le 10/04/2011).
- ENERGIES-CITES (2004), *Partenariats public-privé. Contrats de performance : guide pour les municipalités*, 31p.
- ENTROP A.G., BROUWERS H.J.H, REINDERS A.H.M.E. (2010), « Evaluation of energy performance indicators and financial aspect of energy saving techniques in residential real estate », *Energy and Buildings*, n°42, pp.618-629.
- FUMO, N., MAGO P.J., CHAMRA L.M. (2009), « Energy and economic evaluation of cooling, heating and power systems based on primary energy », *Applied Thermal Engineering*, n°29, pp.2665-2671.
- GAYRAL L. (2005), *Gestion de l'énergie au sein du patrimoine bâti des collectivités territoriales européennes dans le cadre de la libéralisation des marchés. Étude économique des mécanismes financiers favorisant l'investissement dans l'efficacité énergétique*, Université Paris-Dauphine, t.1, 461p.
- GOLOVE W.H., ETO J.H. (1996), *Market barriers to energy efficiency: a critical reappraisal of the rationale for public policies to promote energy efficiency*, EOLBNL, University of California, 66p.
- HORSLEY A., CHRIS F., QUATERMASS B. (2003), "Delivering efficient buildings: a design procedure to demonstrate environmental and economic benefits", *Construction Management and Economics*, n°21, June, pp.345-356.
- IEPF (Institut de l'Énergie et de la Francophonie) (2002), *Les entreprises de services énergétiques*, Fiche technique, PRISME, 2p.
- *Investing in energy efficiency. Removing the barriers*, Energy Charter Secretariat, 2004, 140p.
- JACOB, M. (2006), « Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments. The case of the Swiss residential sector », *Energy Policy*, n°34, pp.172-187.
- JUAN Y., GAO P., WANG J. (2010), « A hybrid decision support system for sustainable

office building renovation and energy performance improvement », *Energy and Buildings*, n°42, 290-297.

- KHROUZ F. (2002), *Comptabilité Générale*, Collection du centre de comptabilité et contrôle de gestion – Ecole de Commerce Solvay, 297p.
- LAPONCHE B. (2002), « Les mots pour le dire, de l'économies à l'intelligence », *Les cahiers de Global Chance*, n°16, 127p.
- LAQUATRA J. (1987), *Energy efficiency in rental housing*, Socioeconomic Energy Research and Analysis Conference, US Department of Energy, 10p.
- LI D.H.W., LAM T.N.T., Chan W.W.H., MAK A.H.L. (2009), « Energy and cost analysis of semi-transparent photovoltaic in office buildings », *Applied Energy*, n°86, pp.722-729.
- LICHTENBERG A.J., (1977), « Energy efficiency and energy savings », *Energy*, Vol.2, pp.283-286.
- MAHDAVI A., DOPPELBAUER A.-M. (2010), « A performance comparison of passive and low-energy buildings », *Energy and Buildings*, n°42, pp.1314-1319.
- MAHLIA T.M.I., RAZAK H.A., NURSAHIDA M.A. (2011), "Life cycle cost analysis and payback period of lighting retrofit at the University of Malaysia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n°15, pp.1125-1132.
- MEINS E., MITAL S., ABIL U. (2008), *Financial and decision mechanisms for sustainable building on campuses*, Revised Working Paper from the ISCN Conference, 15p.
- NAIR G., GUSTAVSSON L., MAHAPATRA K. (2010), « Factors influencing energy efficiency investments in existing Swedish residential buildings », *Energy Policy*, n°38, pp.2956-2963.
- NRC (Natural Resources Canada) (1996), *Les options de financement dans les services de gestion de l'énergie*, Éléments du programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement du Ministère des approvisionnements et services canadiens. 143p.
- OIKONOMOU V., BECCHIS F., STEG L., RUSSOLILLO D. (2009), « Energy saving and energy efficiency concepts for policy making », *Energy Policy*, n°37, pp.4787-4796.
- OUYANG J., GE J., HOKAO K. (2009), « Economic analysis of energy-savings renovation measures for urban existing residential buildings in China based on thermal simulation and site investigation », *Energy Policies*, n°37, pp.140-149.
- QUICHERON M., HECQ W. (dir.), *Le rôle du tiers investisseur pour les investissements en efficacité énergétique dans les bâtiments du secteur tertiaire*, Mémoire de fin d'étude, ULB, 2006, 127p.
- REICHL J., KOLLMANN A. (2011), « The baseline in bottom-up energy efficiency and savings calculations – A concept for its formalization and a discussion of relevant options », *Applied Energy*, n°88, pp.422-431.
- ROBERTS S.D. (1995), « Environmentally and energy responsible universities? », *Applied Energy*, n°50, pp.69-83.
- ROULET C.-A., JOHNER N., FORADINI F., BLUYSSSEN P., COX C., FERNANDES O., MULLER B. et AIZLEWOOD C. (2006), « Perceived health and comfort in relation to energy use and building characteristics », *Building Research & Information*, n°34, pp.467-474.

- ROULET C.-A., JOHNER N., FORADINI F., BLUYSSSEN P., COX C., FERNANDES E. O., MÜLLER B., AIZLEWOOD C. (2006), « Perceived health and comfort in relation to energy use and buildings characteristics », *Building Research & Information*, 34, pp.467-474.
- SARESANA F., BRANDONI C., FELICIOTTI P., BARTOLINI C.M. (2011), « Energy and economic analysis of an ICE-based variable speed-operated micro-cogenerator », *Applied Energy*, n°88, pp.659-671.
- SORREL S. (et alii) (2000), *Reducing barriers to energy efficiency in public and private organizations – Final report*, Étude réalisée par le SPRU dans le cadre du programme Joule III, Environment and Energy, 214p.
- STERN P.C. (2009), « What psychologists know about energy conservation », *American Psychologist*, Winter, Vol., 27, No 2, pp.95-100.
- B. KOHL (2009), *Le bail et le leasing immobilier*, Anthémis, 382p.
- VINE E., HAMRIN J., EYRE N., CROSSLEY D., MALONEY M., WATT G. (2003), “Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses”, *Energy Policy*, n°31, pp.405-430.
- WANG J, XHANG X. (2010), « Influence of ventilation on energy consumption and carbon emissions in high occupant density building”, *International Journal of Energy and environment*, Vol.1, Issue 2, pp. 351-358.
- ZHU L., HURT R., CORREA D., BOEHM R. (2009), « Comprehensive energy and economic analysis on a zero house versus a conventional house », *Energy*, n°34, pp.1043-1053.

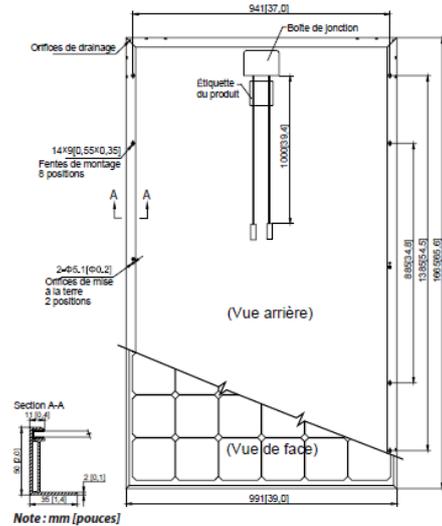
Sites internet

- Energie+, <http://www.energieplus-lesite.be/>.
- IBGE, <http://www.ibgebim.be/index.htm>.
- CREG, <http://www.creg.be/>.
- ADEME, <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96>.
- PVGIS, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- REDUCE – Annex 36,
http://www.annex36.com/eca/uk/03viewer/matrix/matrix_main.html.

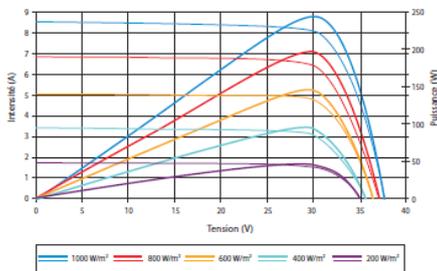
Annexes

Annexe 1 : Fiche Technique Suntech Wd 240-245

STP250S - 20/Wd
STP245S - 20/Wd



Courbes Intensité-tension et puissance-tension (245S-20)



Excellente performance dans les environnements à faible luminosité : à une intensité d'éclairement énergétique de 200 W/m² (AM 1,5, 25 °C), 95,5 % ou plus de l'efficacité STC (1000 W/m²) sont atteints

Caractéristiques de température

Température de fonctionnement nominale de la cellule (NOCT)	45±2 °C
Coefficient de température de Pmax	-0,45 %/°C
Coefficient de température de Voc	-0,34 %/°C
Coefficient de température d'Isc	0,050 %/°C

Cadre réservé au revendeur

Les spécifications peuvent être modifiées sans préavis

Caractéristiques électriques

Conditions de tests standard (STC)	STP250S-20/Wd	STP245S-20/Wd
Tension de fonctionnement optimale (Vmp)	30,7 V	30,5 V
Intensité de fonctionnement optimale (Imp)	8,15 A	8,04 A
Tension en circuit ouvert (Voc)	37,4 V	37,3 V
Intensité de court-circuit (Isc)	8,63 A	8,52 A
Puissance maximale en conditions de tests standard (STC) (Pmax)	250 W	245 W
Rendement du module	15,2%	14,8%
Température de fonctionnement du module	-40 °C à +85 °C	
Tension maximale du système	1000 V CC (IEC) / 600 V CC (UL)	
Calibre unitaire des fusibles en série/courant inverse	20 A	
Tolérance de puissance	0/+5%	

Conditions de tests standard (STC) : éclairement énergétique 1000 W/m², température du module 25 °C, AM=1,5. Meilleurs résultats dans un simulateur solaire de classe AAA (IEC 60904-9) utilisé, l'incertitude de mesure de puissance étant de +/- 3 %

NOCT	STP250S-20/Wd	STP245S-20/Wd
Puissance maximale à la température de fonctionnement nominale de la cellule (NOCT) (Pmax)	183 W	180 W
Tension de fonctionnement optimale (Vmp)	27,9 V	27,8 V
Intensité de fonctionnement optimale (Imp)	6,55 A	6,46 A
Tension en circuit ouvert (Voc)	34,4 V	34,3 V
Intensité de court-circuit (Isc)	6,96 A	6,89 A

NOCT : éclairement énergétique 800 W/m², température ambiante 20 °C, AM=1,5, vitesse du vent 1 m/s. Meilleurs résultats dans un simulateur solaire de classe AAA (IEC 60904-9) utilisé, l'incertitude de mesure de puissance étant de +/- 3 %

Caractéristiques mécaniques

Cellule solaire	Monocristalline 156 x 156 mm (6 pouces)
Nombre de cellules	60 (6 x 10)
Dimensions	1665 x 991 x 50 mm (65,6 x 39,0 x 2,0 pouces)
Poids	19,8 kg (43,7 lbs.)
Verre face avant	Verre trempé de 3,2 mm (0,13 pouces)
Châssis	Alliage d'aluminium anodisé
Boîte de jonction	Classe IP67
Câbles de sortie	TUV (2Pfg1169:2007), UL 4703, UL 44 4,0 mm² (0,006 pouces²), longueurs symétriques (-) 1 000 mm (39,4 pouces) et (+) 1 000 mm (39,4 pouces)
Connecteurs	Connecteurs quart de tour RADOX® SOLAR intégrés

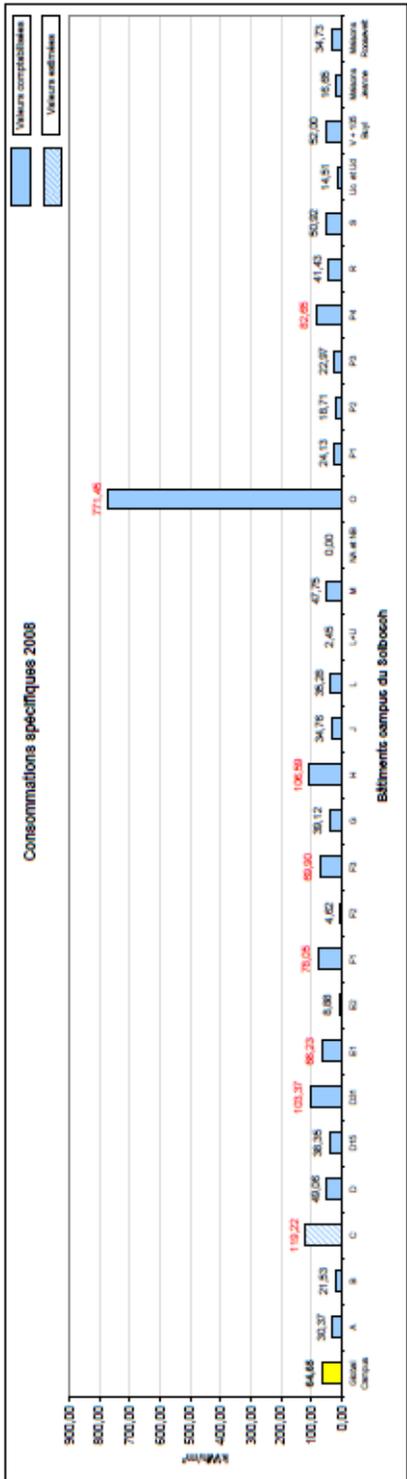
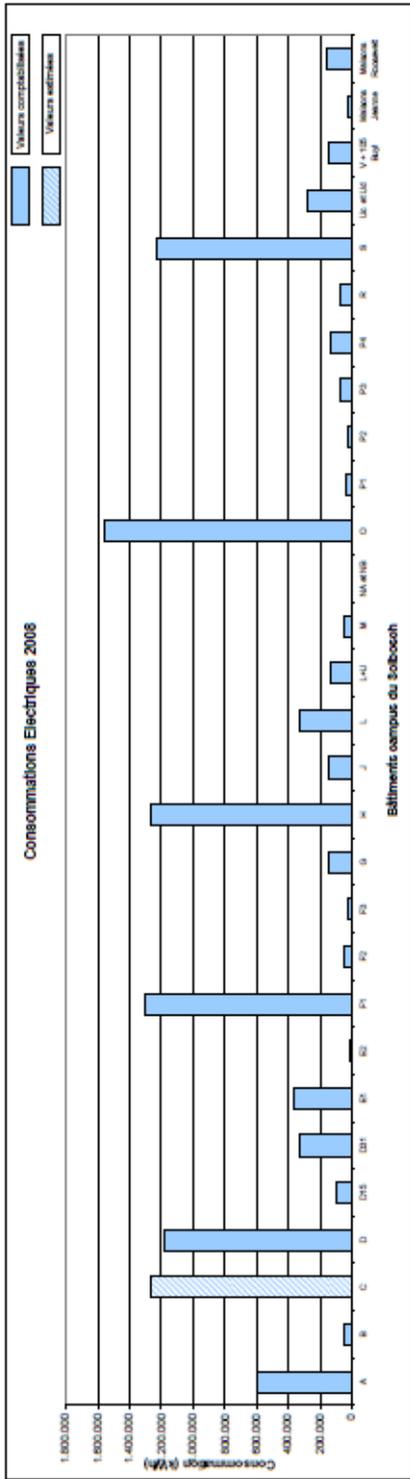
Configuration de l'emballage

Conteneur	20' GP	40' HC
Unités par palette	21	21
Palettes par conteneur	6	28
Unités par conteneur	126	588

Annexe 2 : Bilan des consommations du campus du Solbosch pour 2008

Consommations Electricité 2008									
Batiments distribués	N° de compteur	Consommations (kWh)	Surboites (m²)	Repartition des consommations	Consommations spécifiques (kWh/m²)	KWh-m²	Nombre de lits	KWh/lit	Remarques
A	55458505	502.617	19.843	4.07%	30.37	18.301.025			
B	55458501(380/220V)+55458514 (190/110V)	54.884	2.549	0.37%	21.53	1.181.739			
C	55458508 (380/220V)+55458515 (190/110V)	1.352.056	10.586	8.52%	119.22	150.463.676			Estimation, compteurs défectueux
D	55458513	1.179.672	24.046	7.86%	49.05	57.873.654			
D15		102.327	2.668	0.69%	38.35	3.524.593	93	1.000	
D31	55458500	330.359	3.195	2.23%	103.37	34.147.912	104	3.177	Chauffage électrique!
E1	55458512	369.160	5.959	2.49%	66.23	24.382.404			
E2	13.763	1.550	1.550	0.09%	8.88	122.207			
F1	55458509	1.305.756	16.730	8.82%	78.05	101.914.217	211	5.188	Compteur rigle, semble défectueux
F2	5112289	45.260	9.795	0.31%	4.62	209.113	227	199	
F3	9P2	25.163	360	0.17%	69.50	1.758.824			
G		142.187	3.635	0.96%	39.12	5.961.800			
H	55458507	1.263.604	11.655	8.53%	106.59	134.685.371			
I	55458497	144.243	4.150	0.97%	34.76	5.013.504			
L	55458494 (380/220V)	328.038	9.288	2.21%	35.28	11.573.242			
L+J	55458516 (190/110V)	130.368	53.273	0.88%	2.45	318.130			
M	55458495	46.314	970	0.31%	47.75	2.211.326			
NA et NE		0	13.724	0.00%	0.00	0			Compteur défectueux
O	55458503	1.557.555	2.019	10.52%	77.145	1.201.575.380			
P1	55458506	40.896	1.695	0.28%	24.13	996.812			
P2	55458498	30.857	1.649	0.21%	18.71	577.413			
P3	55458510	74.178	3.229	0.50%	22.97	1.704.049			
P4	55458499	137.193	1.650	0.93%	82.65	11.338.505			
P4	64414043	78.555	1.895	0.53%	41.43	3.254.688			
R		1.235.142	24.052	8.27%	50.92	62.379.392			
S	55458502	286.770	19.768	1.94%	14.51	4.160.109			
V + 05 Buj/	55458496 (380/220V)	152.374	2.930	1.03%	52.00	7.524.176			
V + 05 Buj/		29.337	1.762	0.20%	16.65	488.455			52 et 56
Maisons Jeanne	41185037-9041185038-90	156.952	4.521	1.05%	34.73	5.451.557			17, 19 et 21
Maisons Roseveit	84551025								
Global Compteurs		11.086.402	182.188	74,73%	60,75				
Cabine HT, BT Buj, Bilt. C	76326517	4.708.442	48.089	31,79%	97,91				
Cabine HT, 157 Buj, Bilt. D	76326517/76326970	2.789.802	42.215	18,63%	65,93				
Cabine HT, 50 Hoyer, Bilt. U	76326955	7.314.002	138.727	45,38%	52,72				
Global Campus		14.812.248	229.131		64,95				
Couvert par compteurs		Consommation	Surboite						
		74,73%	78,61%						

Remarques : - Absence de comptage pour les bâtiments V, T1, T2, T3, T4 et les Maisons Buj/ (105, 115, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 129, 133, 139, 141 et 153).
 - Comptage partiel pour les bâtiments U et L.
 - Comptage Bilt. Na/Nb relabé en Juin 2009.
 - Les compteurs rigle BT n'ont pas été pris en compte exceptés pour les bâtiments F2 et R.



Consommation chaleur 2008

Bâtiments distribués	N° du compteur	Consommations (kWh/ha)	Surfaces	Répartition des consommations	Consommations spécifiques (kWh/ha/m²)	kWh/m²	Nombre de lits	Remarques
A	3.206.054	340.860	10.843	1,57%	17,18	5.855.927,75		
B	2.507.468	275.310	2.540	1,26%	108,01	20.737.368,29		
C	3.281.519	856.334	10.560	3,93%	80,89	69.271.463,05		
D	4.776.540/8	2.647.317	24.048	12,16%	110,09	291.453.351,85		Estimation faite de données suffisantes
E1	2.507.467	700.200	5.550	3,26%	127,58	90.479.835,52		
E2	2.507.470	224.377	1.550	1,03%	144,69	32.451.724,34		2 compteurs (F1A et F1B), estimation faite de données suffisantes
F1	18.767.004-32815	2.702.477	18.730	12,46%	162,13	439.180.721,70	211	Estimation à titre indicatif sur base de relevés 2009, pas assez de données en 2008
H	3.281.518	1.240.500	11.855	5,10%	104,62	129.765.107,43		
J	2.526.250	724.780	4.150	3,53%	174,66	128.570.770,70		
L	2.672.165	0	0,000	0,00%	0,00	0,00		Compteur défectueux
M	4.877.708	144.919	870	0,61%	165,40	21.851.048,03		Estimation faite de données suffisantes
O	3.281.520	205.200	2.019	0,94%	101,68	20.875.522,24		
P1	1.517.177	51.517	1.695	0,24%	30,39	1.595.782,47		
P2	2.583.008	83.835	1.640	0,38%	50,72	4.241.851,96		
P3	4.776.550/8	461.574	3.220	2,12%	142,06	65.980.352,27		Estimation faite de données suffisantes
P4	2.507.469	221.031	1.660	1,02%	133,15	29.430.543,05		
S	2.526.249	1.358.200	16.924	6,24%	80,26	109.013.928,39		Compteur défectueux
T4	2.896.419	0	0,000	0,00%	0,00	0,00		
V	3.296.303	200.170	2.238	0,89%	92,46	19.549.637,58		
Maisons Buyl	2.533.555	272.620	6.331	1,25%	43,09	11.796.555,43		n°115, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 131, 133, 130, 141, 143, 145
Global complet		12.739.197	142.881	58,50%	89,19			

Chauffeur Centrale	4.000.807	5.008.330	100.190		26,81			
Condensation		16.690.842	100.190		87,66			Le rendement de la chaudière et du réseau considéré est de 70%
Global chauffeur		21.700.172	100.190		114,47			

Covert par compteurs	Consommation	Surface
	58,52%	75,13%

Consommation gaz 2008

Bâtiments distribués	N° du compteur	Consommations (kWh/ha)	Surfaces	Répartition des consommations	Consommations spécifiques (kWh/ha/m²)	kWh/m²	Nombre de lits	Remarques
D15	30114008	383.879	2.868	9,36%	143,68	55.253.461,11	63	Pas pour la chaudière, pas de relevé en 2008
E1B/2	000119	0	7.039	0,00%	8,82	1.301.950,23	211	Pas pour la chaudière, deux compteurs
F1	0114008-698135	147.596	16.730	40,06%	162,79	275.700.649,24	227	Compteur Régle
F2	9038355	1.643.400	9.796	5,07%	67,41	18.18.809,70		Estimation à titre indicatif sur base de relevés 2009, pas assez de données en 2008
G	0	245.020	3.635	29,77%	57,81	87.314.141,45		Compteur Régle
M/3	10433	1.008.025	13.764	9,20%	201,04	78.627.834,44		
R	8835608	381.164	1.899	8,55%	117,69	41.278.331,72		126, 133, 140, 153, 155 et appartements au 157, pas que pour le chauffage
Maisons Buyl	22.009.500-6102	201.467	2.978					Somme de compteurs régle J50-56-58-60 et 38
Maisons Jannée	168-0376173-04	950.727	2.080					n°17, 19, 21, 39 et 47, pas que pour le chauffage
Maisons Roosevelt	5035672-30001	857.085	5.975					
Global autre que chaudière		4.102.281	34.769		117,99			

Remarques : - La consommation des bâtiments D, F1, H, M, P3 et N/30 a été estimée suite de comptage suffisant.

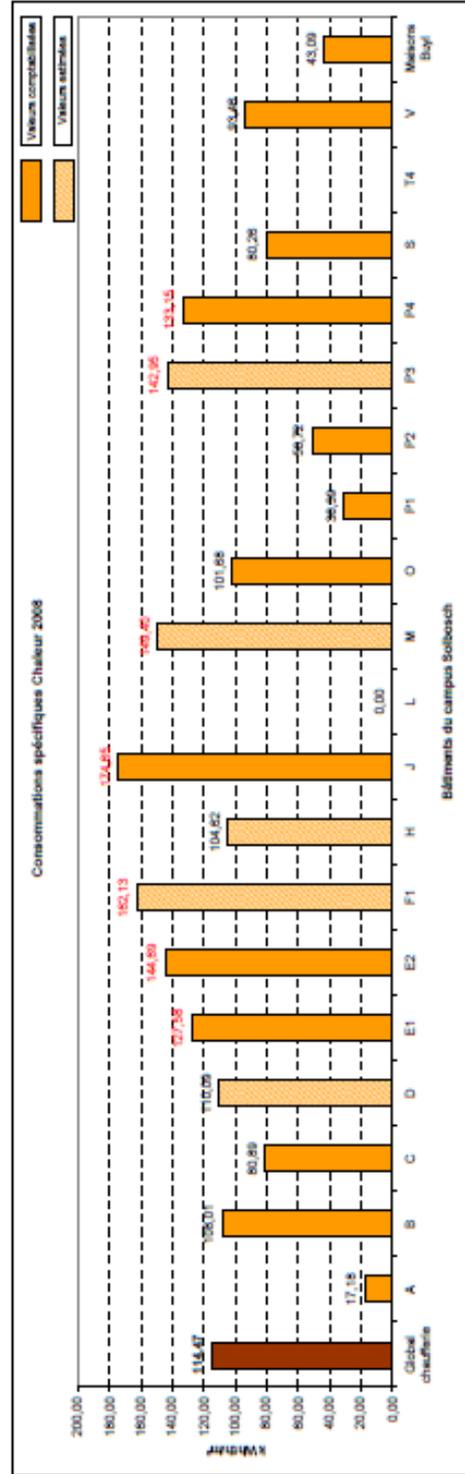
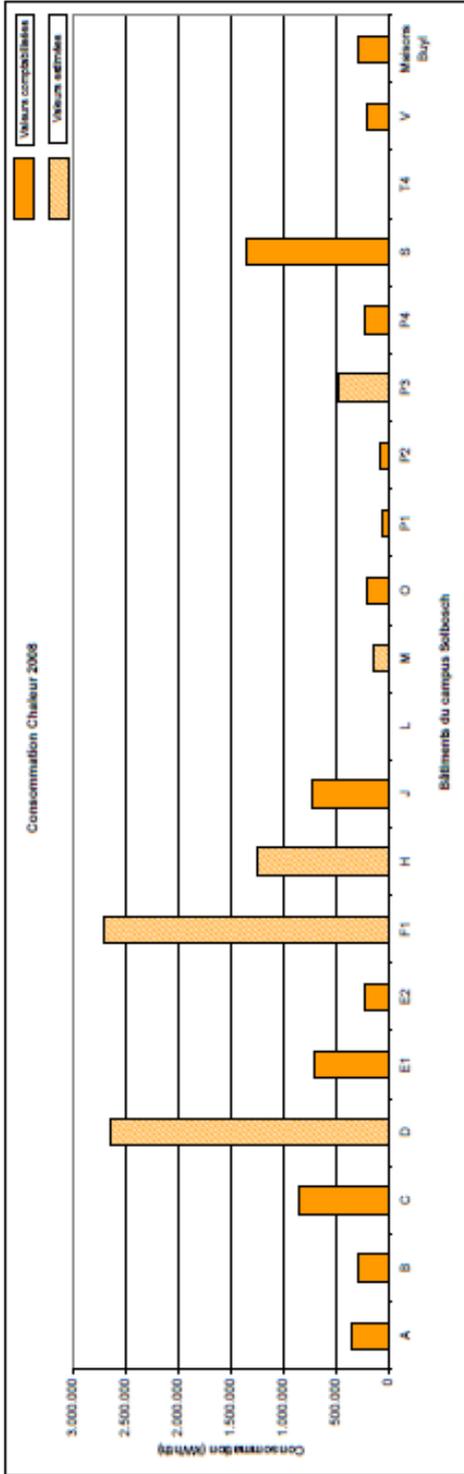
- Les surfaces du 155 av. Buyl et du 41, Roosevelt ne sont pas connues.

- Les compteurs des Bâtiments L et T4 sont défectueux.

- Absence de comptage pour les bâtiments U, F3, V, T2 et T3.

- Dans le global des consommations Gaz, ne sont repris que les bâtiments dont les consommations servent essentiellement au chauffage.

Consommation chaleur 2008



Annexes 3 : Feuilles de calculs des simulations réalisées (voir CD)

Annexes 4 : Audit Énergétique Bâtiment H (voir CD)