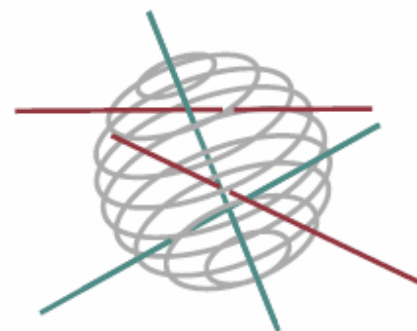


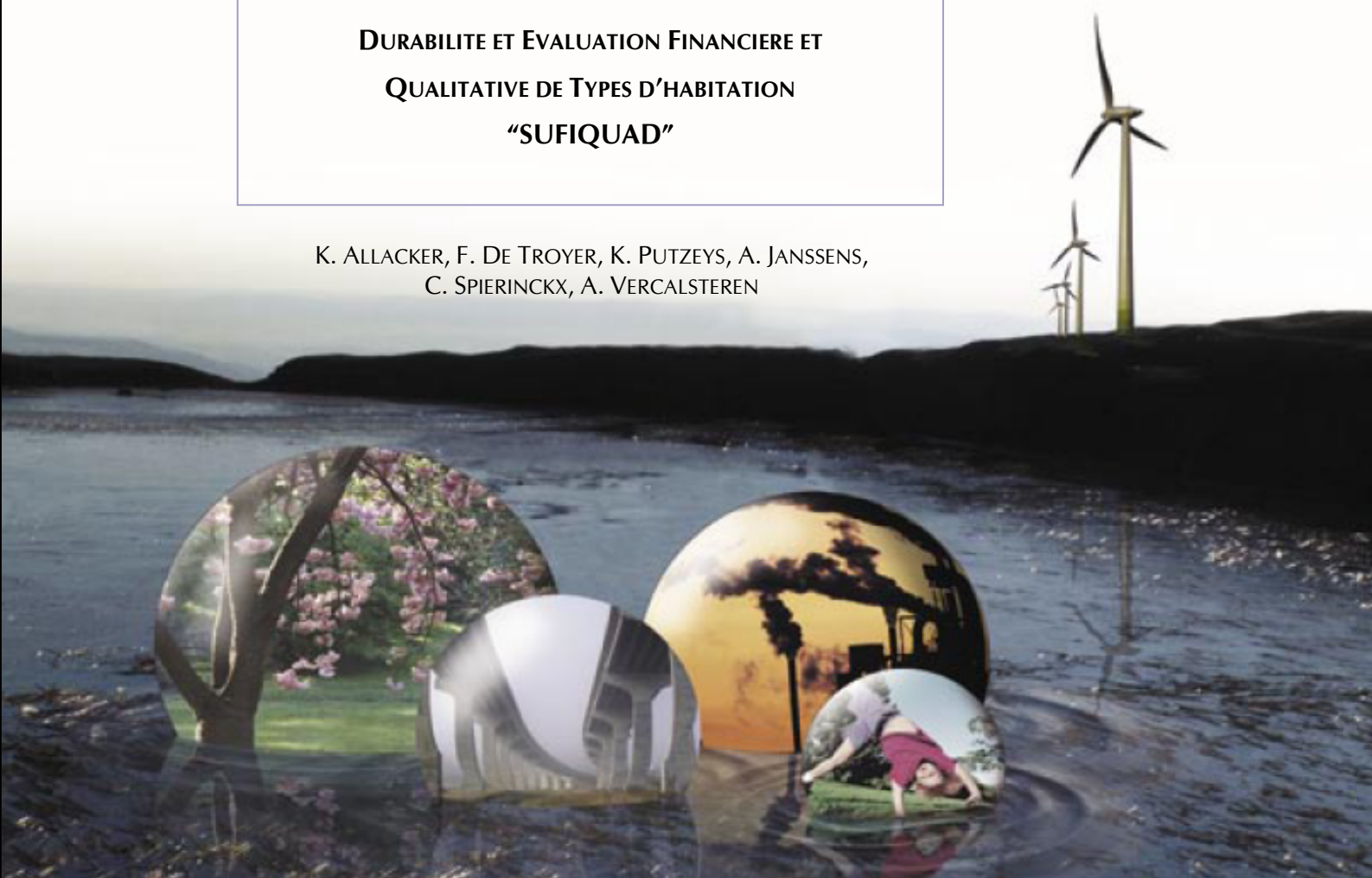
# SSD

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**DURABILITE ET EVALUATION FINANCIERE ET  
QUALITATIVE DE TYPES D'HABITATION  
"SUFIQUAD"**

K. ALLACKER, F. DE TROYER, K. PUTZEYS, A. JANSSENS,  
C. SPIERINCKX, A. VERCALSTEREN



ENERGY

TRANSPORT AND MOBILITY

AGRO-FOOD

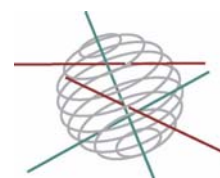
HEALTH AND ENVIRONMENT

CLIMATE

BIODIVERSITY

ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS

TRANSVERSAL ACTIONS



**Actions Transversales**



RAPPORT FINAL PHASE 1  
**RESUME**

**DURABILITE ET EVALUATION FINANCIERE ET  
QUALITATIVE DE TYPES D'HABITATION  
"SUFIQUAD"  
SD/TA/12A**



**Promoteurs**  
**Frank De Troyer**

K.U.Leuven  
Dept. ASRO  
Kasteelpark Arenberg 1  
B-3001 Leuven  
Tel. : +32 (0) 16 32 13 72  
Fax: +32 (0) 16 32 19 84  
e-mail: frank.detroyer@asro.kuleuven.be



**Johan Van Dessel**  
Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)

**Theo Geerken**  
Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO)



**Auteurs**  
Karen Allacker, Frank De Troyer – K.U.Leuven  
Katrien Putzeys, An Janssens – WTCB/CSTC  
Carolyn Spierinckx, An Vercalsteren - VITO

*Janvier 2009*



**BELGIAN SCIENCE POLICY**



Rue de la Science 8  
Wetenschapsstraat 8  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12  
<http://www.belspo.be>

Contact person: Marie-Carmen Bex  
+32 (0)2 238 34 81

Project Website : <http://www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?l=nl&COD=SD/TA/12A>

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference :

Karen Allacker, Frank De Troyer, Katrien Putzeys, An Janssens, Carolin Spierinckx, An Vercalsteren ***Durabilité et Evaluation Financière et Qualitative de Types D'habitation "SUFQUAD"***. Rapport final Phase 1 - Résumé. Brussels : Belgian Science Policy 2009 – 8 p. (Research Programme Science for a Sustainable Development)

En Belgique, comme dans d'autres pays, le secteur de la construction, dont le logement représente une part importante, est responsable d'une grande partie de l'impact environnemental total. Les approches actuelles en faveur d'un développement durable du secteur (du bâtiment et) du logement se concentrent de manière séparée sur les différents aspects (fournisseurs de matériaux, consommation d'énergie des utilisateurs finaux, etc.), omettant leurs complexes corrélations. Ces approches permettent une analyse détaillée mais empêchent tout objectif global, vu le manque de vue d'ensemble. Des stratégies sont donc nécessaires pour évoluer vers un développement durable du secteur de la construction et du logement en Belgique.

Le **but de cette recherche** est de tendre vers des habitations plus durables. La recherche part de la nécessité d'une approche intégrée dont l'objectif est une analyse spécifique pour différentes typologies de la durabilité des habitations, prenant en compte tous les aspects du développement durable. Elle analyse l'interaction complexe entre, d'une part, le choix d'une certaine typologie d'habitation, d'un mode de vie, de caractéristiques spatiales, de solutions techniques pour les éléments de construction et, d'autre part, les qualités et les conséquences financières et environnementales.

Afin d'encourager la prise de mesures par les acteurs du secteur du bâtiment et les domaines stratégiques connexes, le projet entend générer des résultats 'identifiables' plutôt que des déclarations générales. La recherche met, par conséquent, l'accent sur différentes typologies d'habitation. Des recommandations spécifiques pour chaque typologie devraient conduire à des mesures identifiables car elles sont liées plus directement à la situation personnelle de chacun.

Le but de cette recherche peut être brièvement résumé comme le développement et l'application d'une méthodologie visant à évaluer à la fois les coûts (financiers et environnementaux) initiaux et futurs et les avantages (qualités) de différents types d'habitation représentatifs du contexte belge. L'examen de plusieurs paramètres techniques, spatiaux et liés aux comportements des utilisateurs conduira à des recommandations identifiables pour les acteurs et jetteront les bases des politiques futures.

Pour atteindre cet objectif, différentes **étapes méthodologiques** ont été définies. D'abord, une proposition d'approche 'intégrée' a été formulée pour permettre l'évaluation de l'impact environnemental, du coût financier et des qualités des habitations. Ensuite, cette approche a été transposée en un instrument de travail et testée sur plusieurs types extrêmes d'habitations lors d'une troisième étape. Tant la méthodologie que l'instrument de travail ont été revus et actualisés en fonction de l'analyse de chaque type extrême d'habitation. La révision se poursuivra par ailleurs au cours de la deuxième phase du projet. Enfin, des types d'habitations représentatifs du parc immobilier belge ont été sélectionnés et seront analysés à l'aide de l'outil adapté lors de la deuxième phase du projet. Une première proposition contenant des recommandations stratégiques a été formulée à partir des résultats de l'analyse des types extrêmes. Elles seront revues et affinées à la fin de la deuxième phase.

Une proposition d'approche intégrée a été définie sur la base d'une analyse documentaire et de l'expérience des trois partenaires. Cette approche intégrée a abouti à une combinaison de différentes techniques existantes : des techniques classiques d'évaluation financière (LCC (Life Cycle Costing/coût du cycle de vie), évaluation de l'investissement, simulations du coût d'utilisation, etc.), des méthodes traditionnelles d'évaluation environnementale (LCA (Life Cycle Assessment/analyse du cycle de vie), coûts externes environnementaux) et une évaluation qualitative basée sur une MCA (Multi-Criteria Analysis/analyse multicritères).

Au début du projet, une étude documentaire a été réalisée sur l'expérience dans le cadre européen (mais également au sein d'autres pays intéressants) concernant à la fois les aspects méthodologiques et les mesures stratégiques en matière de construction durable. Les principales conclusions de cette étude sont résumées dans la 'Note relative à la recherche et à la normalisation en Europe' (126 pages). Deux conclusions importantes ressortent de ce

document : il existe de nombreux instruments concernant un des aspects de l'approche intégrée souhaitée, mais aucun d'eux ne recouvre tous les aspects. De plus, la plupart des outils disponibles sont des 'black boxes' ce qui a rendu impossible leur analyse détaillée. Concernant les mesures stratégiques, nous avons pu conclure que s'il existait des initiatives européennes, leur mise en œuvre variait d'un pays à l'autre.

Outre cette étude des méthodes existantes dans le cadre européen, une analyse documentaire des différents aspects du projet d'approche intégrée a été effectuée. Celle-ci portait sur la LCA et le LCC des bâtiments, l'évaluation qualitative des bâtiments et les méthodes d'optimisation de plusieurs critères. Sur la base de cette analyse documentaire et de l'expérience des partenaires, des décisions méthodologiques ont été prises et une proposition d'approche intégrée a été formulée. L'ensemble est résumé dans la 'Note relative à l'optimisation des aspects économique, environnemental et qualitatif' (130 pages). Très brièvement, l'approche intégrée consiste en une LCA et un LCC d'un bâtiment, exprimés par m<sup>2</sup> de superficie habitable par an, en utilisant la méthode par éléments pour le contrôle des coûts comme point de départ afin de structurer les données de l'objet complexe que constitue l'habitation. Comme deuxième angle d'analyse, les variables 'un habitant, par an' et 'un logement, par an' sont également considérées comme des unités fonctionnelles pour analyser l'importance de la dimension du logement sur les résultats. La qualité des habitations est exprimée par un score unique en réalisant une MCA, basée sur une méthode flamande existante qui a été adaptée dans le cadre de cette recherche. L'adaptation portait sur une actualisation des fonctions de notation et des facteurs de pondération. L'évaluation qualitative est considérée comme un pan essentiel de 'l'approche intégrée' car, au niveau des bâtiments, aucune unité fonctionnelle identique n'est définissable. Différentes typologies représentent différentes qualités, mais au sein d'une certaine typologie, il est possible d'obtenir des qualités différentes en fonction de la conception, de la taille, du choix des matériaux de construction, etc. Enfin, les trois aspects sont optimisés à l'aide d'une CBA (Cost-Benefit Analysis/analyse coûts/avantages) en recherchant le front de Pareto. Le coût total est évalué grâce à cette technique d'optimisation. Le coût total représente le coût financier ainsi que le coût environnemental, tant pour l'investissement que pour le coût durant l'utilisation. Les qualités ont également été prises en compte lors de cette optimisation. La transposition des impacts environnementaux en termes monétaires réduit le nombre de solutions sur le front de Pareto et fait donc partie de cette recherche.

Pour la transposition des impacts environnementaux en termes monétaires, une étude documentaire a été réalisée. L'approche basée sur les dommages générés par les impacts (« damage function approach ») a été retenue et des valeurs monétaires provenant de sources documentaires différentes ont été combinées afin de couvrir le maximum d'impacts. La méthode est donc dite "hybride". Les conclusions sont résumées dans la 'Note relative à l'évaluation monétaire des impacts environnementaux' (48 pages).

En ce qui concerne l'aspect LCA, il convenait de sélectionner une base de données appropriée. Une analyse des bases de données existantes a donc été effectuée, comme le résume la 'Note relative aux données LCA à l'appui du projet' (36 pages). L'analyse des bases de données existantes a montré, d'une part, qu'il n'existait pas de base de données spécifique au contexte belge et, d'autre part, qu'il n'y avait pas de base de données appropriée contenant des données pour les éléments de construction. Par contre, toutes les bases de données appropriées ne contiennent que des informations à propos des matériaux. Il a donc été proposé d'utiliser une base de données européenne des matériaux de construction. Nous avons jeté notre dévolu sur la base de données d'Ecoinvent. Cependant, lorsque les données faisaient défaut, d'autres bases de données ont été utilisées. A partir des données issues d'Ecoinvent, une base de données d'éléments de construction a alors été créée.

S'agissant de l'aspect LCC, une approche identique a été utilisée et, partant d'une étude documentaire, il a été décidé d'utiliser la base de données ASPEN pour les informations relatives aux coûts. Ce point est résumé dans le chapitre traitant des LCC dans la "Note relative à

l'optimisation des aspects économique, environnemental et qualitatif" et dans la "Note relative à la LCC" (15 pages). ASPEN est une base de données appropriée pour le cadre belge et contient des données relatives aux éléments de constructions et convient donc parfaitement à cette recherche. Il existe des données concernant tant les nouveaux bâtiments que les rénovations. Les prix de l'énergie et les variables économiques ont été extraits des statistiques officielles, tandis que les renseignements concernant les fréquences d'entretien et les remplacements proviennent d'une étude documentaire.

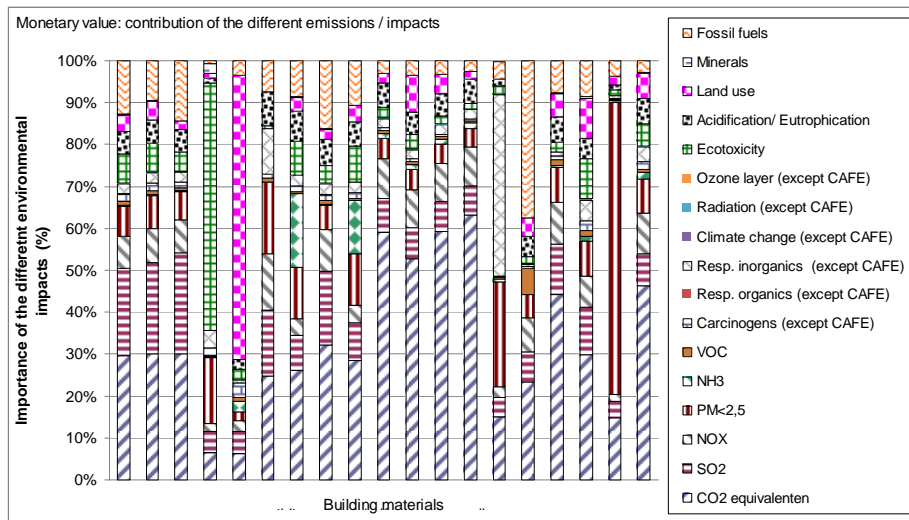
Lors d'une deuxième étape, la méthodologie a été transposée en une première version de l'instrument de travail (que seuls les partenaires utiliseront). Lors de la première étape, la structure générale de la feuille d'analyse a été définie et les données ont été collectées. Comme il manquait des informations spécifiques au cadre belge sur le plan des distances et des moyens de transport, une enquête limitée a été réalisée auprès des constructeurs belges pour connaître les informations spécifiques concernant le transport de produits vers le chantier de construction, le transport de déchets de construction et de démolition et le traitement en fin de vie des déchets de construction et de démolition.

En outre, l'évaluation qualitative a aussi été transposée en un instrument de travail. Cette transposition est détaillée dans la "Note relative à l'évaluation qualitative" (35 pages). Il a été choisi de transposer la méthode d'évaluation en deux fichiers séparés, un fichier "input" et un fichier "analyse" afin de permettre la révision ultérieure de la méthodologie et l'analyse de tous les fichiers d'input à l'aide de la nouvelle version de la méthode.

Enfin, une méthode de calcul a été choisie pour calculer la demande en chauffage des différentes habitations au cours de la phase d'utilisation. Différents outils disponibles ont été examinés et comparés, à savoir l'EPB (Energy Performance for Buildings/performance énergétique des bâtiments), l'EAP (Energy Advice Procedure/procédure d'avis énergétique) et l'EPC (Energy performance certificate/certificat de performance énergétique). Il est ressorti de cette comparaison que l'EPB semblait l'outil le plus approprié dans le cadre de cette recherche.

Lors d'une troisième étape, quatre types extrêmes d'habitations ont été sélectionnés : une maison individuelle et une maison mitoyenne, un appartement (tous des constructions neuves) et une maison mitoyenne rénovée. Après le choix des types d'habitations, différentes alternatives (extrêmes) pour les éléments de construction constitutifs furent définies et décrites en détail. Des installations techniques pour les différentes habitations furent par ailleurs sélectionnées. Tout ceci est résumé dans la "Note relative au choix des types extrêmes" (75 pages).

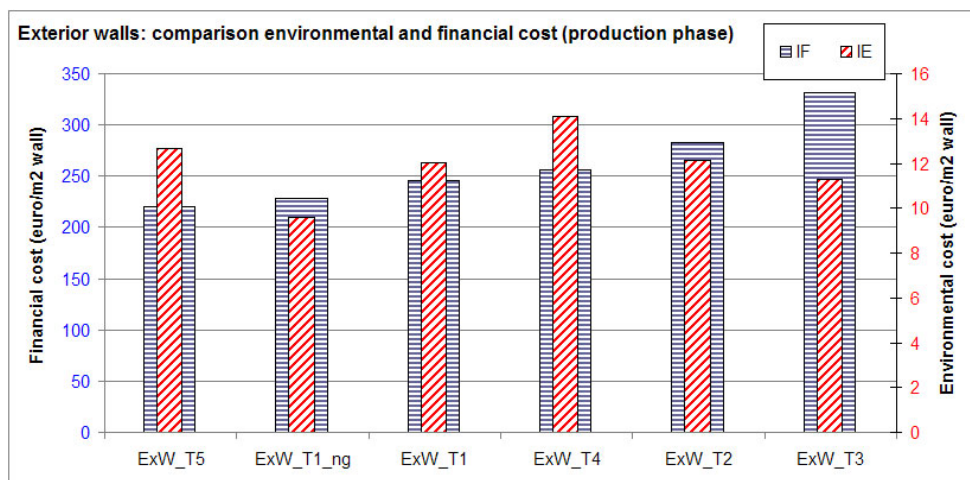
Dans une étape suivante, les types extrêmes d'habitations retenus ont été analysés. La méthodologie et l'instrument de travail furent tous deux affinés graduellement lors de leur application aux types extrêmes de logements. L'analyse a débuté par une analyse au niveau des matériaux, puis des éléments pour s'achever par le niveau du bâtiment. L'ensemble est détaillé dans la "Note finale relative aux cas extrêmes" (139 pages). La principale conclusion de l'analyse des matériaux (production de matériaux) est qu'il est important d'inclure dans l'analyse autant d'impacts environnementaux que possible.



Ceci est illustré par la figure ci-dessus, qui montre la contribution relative des différentes émissions et impacts environnementaux au coût environnemental total de chaque matériau (données pour la phase de production (« cradle to gate ») à tirées d’Ecoinvent, par kg de matériau). Le graphique peut suggérer un double comptage. Ce n’est cependant pas le cas. Les valeurs monétaires pour les émissions considérées (COV, NH3, PM<2,5, NOX, SO2 et équivalent CO2) ne sont pas incluses dans les autres impacts environnementaux considérés.

La figure nous permet de conclure que pour certains matériaux de construction, les coûts externes pour les équivalents CO2 sont responsables d’environ 60 % du total des coûts externes de tous les impacts environnementaux, mais pour d’autres matériaux, l’affectation du sol (65 %) ou les émissions de particule (70 %) prennent une part plus importante.

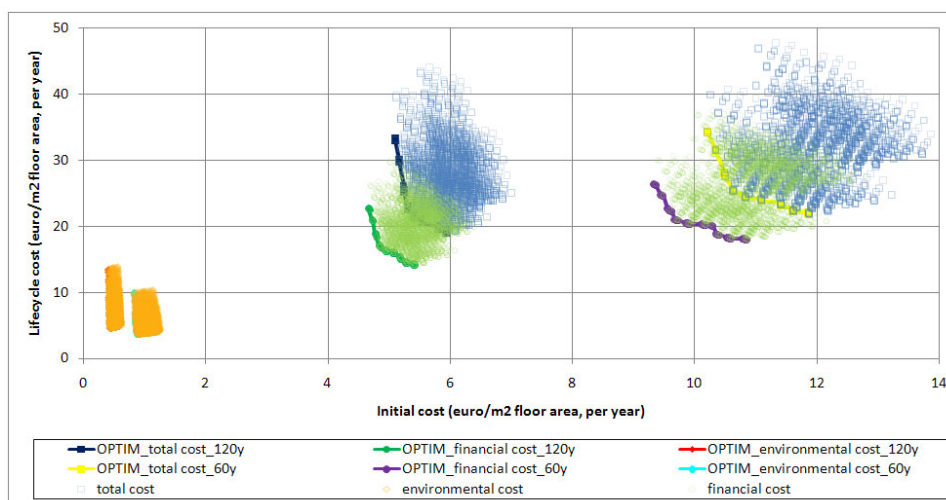
L’analyse au niveau des éléments (production et construction) a révélé deux aspects importants. Premièrement, les décisions basées sur des considérations d’ordre financier peuvent différer des décisions reposant sur le coût environnemental, comme l’illustre la figure ci-dessous. La figure montre le coût financier (bleu, hachure horizontale) et le coût environnemental (rouge, hachure oblique) par m2 de mur pour différentes alternatives de murs extérieurs. La figure montre, par exemple, qu’en fonction du coût financier la préférence va à la première alternative (ExW\_T5) plutôt qu’à la seconde (ExW\_T1\_ng), tandis que le contraire est vrai lorsque l’on tient compte du coût environnemental.



Deuxièmement, une analyse détaillée de la contribution des matériaux constitutifs des éléments analysés a révélé qu’il était impossible d’éliminer préalablement une partie des matériaux afin de réduire le temps de calcul. Par exemple, pour un mur extérieur, les attaches pour mur creux contribuent davantage à l’impact environnemental du mur que le plafonnage en plâtre. Cela est

surprenant au regard du nombre limité de kilos d’attaches comparé au plâtre. De plus, pour un plancher intermédiaire, les carreaux de céramique représentent 70 % environ de l’impact environnemental total, alors que l’on attendait plutôt à cela pour la structure porteuse.

Enfin, une analyse au niveau des bâtiments a été effectuée pour chacun des types extrêmes d’habitations. Une comparaison préliminaire des quatre logements a par ailleurs été effectuée.



Pour chacune des alternatives des habitations extrêmes, le coût initial et le coût du cycle de vie par m<sup>2</sup> de superficie par an ont été calculés et représentés graphiquement. Ceci a été réalisé pour le coût environnemental, le coût financier et la somme des deux. Deuxièmement, les solutions sur le front de Pareto ont été recherchées et analysées en détail. Les résultats sont montrés dans le graphique ci-dessus pour la maison mitoyenne nouvellement construite.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- les coûts pendant la phase d’utilisation sont dans pratiquement tous les cas les plus importants. On peut les répartir en frais de chauffage et en frais de nettoyage, d’entretien et de remplacement. Les résultats montrent que (dans le scénario retenu) les frais de chauffage sont plus importants que les frais de nettoyage, d’entretien et de remplacement pour certains des logements alternatifs, tandis que pour les autres alternatives, les deux postes sont presque d’égale importance ;
- en l’absence de données concernant le coût financier relatif à la démolition et au traitement en fin de vie, la phase du fin de cycle de vie n’a été que partiellement incluse dans l’analyse ;
- l’analyse des types extrêmes de logements a révélé que les éléments de construction qui contribuaient le plus au coût initial total étaient différents selon les types de logements ;
- le coût financier contribue davantage au coût total que le coût environnemental ;
- si, pour le coût environnemental, le chauffage est l’aspect le plus important, pour ce qui est du coût financier, le nettoyage, l’entretien et les remplacements sont les plus importants ;
- une optimisation du parc de logements basée sur le coût environnemental porterait d’abord sur le chauffage, alors qu’une optimisation basée sur le coût financier concernerait principalement les frais de nettoyage, d’entretien et de remplacement, suivis des coûts initiaux ;
- l’inclusion des coûts environnementaux dans les coûts financiers influencerait principalement les prix de l’énergie (40 %), alors qu’elle aurait une incidence moindre sur les coûts des matériaux (10 %) ;
- une différence de qualité est apparue entre les différents types de logements. La maison individuelle a obtenu le meilleur score moyen, suivie de la maison en mitoyenneté nouvellement construite, de la maison mitoyenne rénovée et de l’appartement ;
- les décisions basées sur les coûts financiers n’étaient pas identiques à celles reposant sur les coûts environnementaux, tandis que les décisions basées sur les coûts totaux correspondaient plus ou moins aux décisions basées sur les coûts financiers ;



- les solutions sur le front de Pareto basées sur l’optimisation des coûts étaient différentes des solutions sur le front de Pareto se rapportant à la qualité du logement ;
- le transport des habitants pendant la phase d’utilisation occasionne un coût environnemental et financier important, équivalant à plus de 60 % du coût de cycle de vie total. Ceci indique que la situation géographique du logement est également très importante.

De plus, une vue d’ensemble de la **stratégie et des initiatives actuelles** en matière de **construction durable dans le contexte belge** a été dressée à la demande de la Politique scientifique fédérale et du comité directeur. L’ensemble est résumé dans la “Note relative à la stratégie belge” (40 pages). Enfin, une première **proposition de recommandation stratégique** a été formulée sur la base de l’approche SuFiQuaD et des premiers résultats de l’application. Ceci est résumé dans la “Note intermédiaire relative à la préparation stratégique” (14 pages).

Pour préparer la deuxième phase, des **types d’habitations représentatifs** du contexte belge ont été **sélectionnés** d’après une étude documentaire. Tout ceci est détaillé dans la “Note relative au choix de types de logements représentatifs” (41 pages). Par ailleurs, des éléments de construction représentatifs ont été choisis et décrits dans la “Note relative au choix de types d’éléments représentatifs” (32 pages). Cela vaut également pour le choix des installations techniques, résumé dans la “Note relative aux solutions techniques” (21 pages). Les types d’habitations représentatifs seront analysés lors de la **deuxième phase** du projet. En fonction de ces résultats, un document reprenant des recommandations stratégiques sera rédigé.