

LIVING LABS BRUSSELS RETROFIT

SYNTHESE DES ETUDES *COST-OPTIMUM*



CONTENTS

1.	Introduction.....	2
A.	contexte	2
B.	Cadre réglementaire	2
2.	Rappel de la notion de “cost optimum”	3
A.	Configuration « <i>cost-optimum</i> »	3
B.	Mesures écoénergétiques considérées.....	4
C.	Composition du coût global actualisé	4
D.	Analyse de sensibilité	6
E.	Approche micro/macroéconomique.....	6
3.	Description succincte des études régionales.....	8
A.	Etude de la REGION BRUXELLES CAPITALE.....	8
B.	Etude de la REGION WALLONNE	8
C.	Etude de la REGION FLAMANDE	9
4.	Comparaisons entre les régions	10
A.	Remarques générales.....	10
B.	Indicateurs de performance liés aux cas de <i>cost-optimum</i>	10
C.	Niveaux d’isolation redondants dans les cas <i>cost-optimum</i>	11
D.	Techniques redondantes dans les cas <i>cost-optimum</i>	11
5.	Conclusions.....	14

1. INTRODUCTION

A. CONTEXTE

Pour un ménage candidat à la rénovation, **le coût est un critère fondamental**. Pour évaluer si le niveau de performance énergétique projeté est rentable, une approche de type *cost-optimum* peut être utilisée. Contrairement à une approche basée sur les temps de retour, cette approche permet d'évaluer les investissements initiaux sur une période plus longue et de tenir compte de l'ensemble des coûts.

Concrètement, une approche de type « *cost-optimum* » (CO) consiste à rechercher **la combinaison de mesures écoénergétiques qui présente un coût total ou global actualisé (CTA ou CGA) le plus faible possible** sur une période d'évaluation fixée (généralement 30 ans pour le secteur résidentiel).

Dans le cadre du projet Living Labs Brussels Retrofit, le CSTC a réalisé une **étude de littérature comparative** des études « *cost-optimum* » les plus récentes qui ont été réalisées par chacune des 3 régions du pays pour le secteur résidentiel existant. Le présent document propose un résumé de cette étude.

Le document complet de cette étude est disponible sur simple demande à info@livinglabs-brusselsretrofit.be.

B. CADRE REGLEMENTAIRE

Au niveau européen, la directive sur la performance énergétique des bâtiments 2010/31/UE impose aux États membres de réaliser tous les 5 ans des études CO afin de déterminer si leurs exigences réglementaires correspondent auxdites configurations *cost-optimum*.

Deux documents officiels servent de référence :

- la **directive 2010/31/EU** qui impose la fixation des critères énergétiques sur base d'une optimisation du rapport coût/efficacité, et ce, tous les 5 ans.
- le **règlement délégué (UE) n°244/2012** qui permet de fixer la procédure pour la réalisation des études *Cost-Optimum*. Ce règlement est expliqué en détail dans la suite du présent document.

2. RAPPEL DE LA NOTION DE “COST OPTIMUM”

A. CONFIGURATION « COST-OPTIMUM »

La configuration dite « *cost-optimum* » ou « cost-optimale » correspond à **une combinaison de solutions architecturales et techniques qui permet d'améliorer la performance énergétique du bâtiment et qui offre, sur une période considérée, le coût global actualisé le plus faible.**

Associé à cette configuration, il existe un niveau de performance énergétique « *cost-optimum* » : il s'agit du niveau de performance énergétique qui entraîne le coût le plus bas au cours du cycle de vie économique estimé.

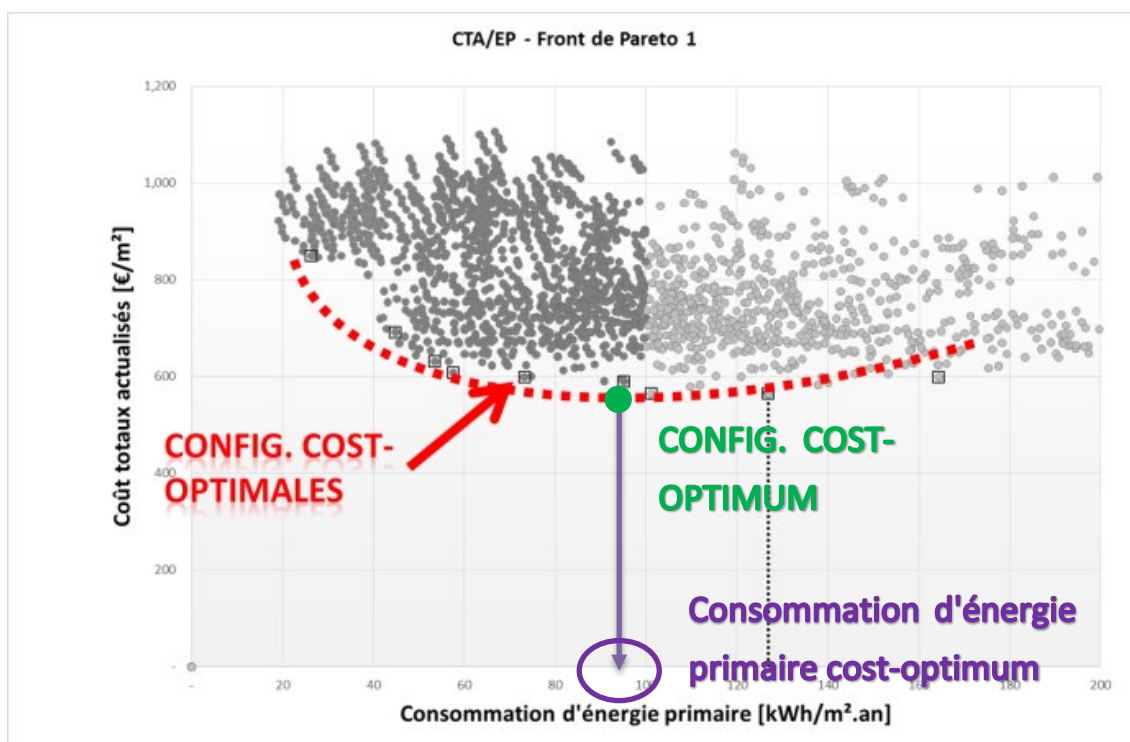
Il est pratique de présenter les résultats dans un graphique avec :

- en abscisse, la consommation d'énergie primaire (par exemple en kWh/m²/an),
- en ordonnée, le coût total actualisé (par exemple en €/m²).

Chaque configuration de mesures architecturales et techniques est représenté par un point à partir duquel on peut déduire une efficacité énergétique mais également le coût global sur l'entièreté de la période de calcul considérée.

Sur un tel graphique, les configurations cost-optimales apparaissent alors comme un front de Pareto : il s'agit des configurations présentant le coût total actualisé le plus faible pour chaque niveau de consommation d'énergie considéré.

La configuration *cost-optimum* est celle qui présente le coût global actualisé le plus faible. A partir de cette configuration, on peut déterminer quelle est la consommation d'énergie primaire *cost-optimum*.



B. MESURES ECOENERGETIQUES CONSIDEREES

A priori, il n'y a aucune limite quant aux mesures écoénergétiques à évaluer.

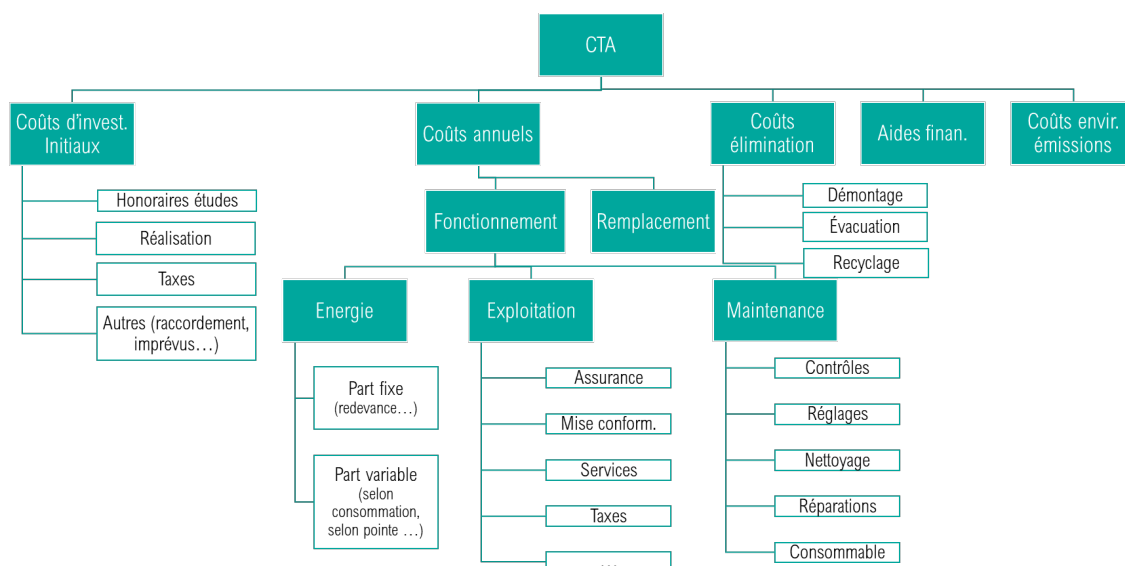
Néanmoins, toutes les combinaisons de mesures écoénergétiques ne sont pas idéales, réalistes ou techniquement possibles. C'est la raison pour laquelle le règlement parle toujours des « **mesures/groupes/variantes** ».

Etant donné que les méthodes PEB déterminent la consommation d'énergie primaire d'un logement tant pour le chauffage que pour l'eau chaude sanitaire, il est nécessaire de prévoir une génération chaleur pour ces 2 postes.

C. COMPOSITION DU COUT GLOBAL ACTUALISE

COUTS CONSIDERES

Le **coût global comprend plusieurs postes**. Ces postes sont décrits dans le règlement et synthétisés dans la figure suivante :



TAUX D'ACTUALISATION

Tous les coûts dont il est question ci-avant doivent être actualisés selon un taux défini comme hypothèse. **Ce taux a un impact important sur les résultats**. Les valeurs considérées par les régions pour le secteur résidentiel varient entre 1,3 et 5%.

COUT D'INVESTISSEMENT

La présente étude de littérature se focalise sur les cas de rénovation. A ce titre, les études font l'hypothèse que la situation de référence est fonctionnelle. Cela implique que la mise en place de mesures écoénergétiques (architecturales ou techniques) se présente donc comme un investissement pur.

Avec cette hypothèse, les études cost-optimum ont alors tendance à sous-évaluer l'intérêt des investissements dans des mesures écoénergétiques. En réalité, les travaux de rénovation sont souvent réalisés suite à des souhaits d'augmentation de confort, d'esthétisme, etc. Une part de l'investissement devrait donc

être décomptée, ce qui rendrait les mesures écoénergétiques plus rentables et favoriserait des rénovations plus ambitieuses.

Pour déterminer les coûts d'investissement, **plusieurs sources de données de prix ont été utilisées** par les différents auteurs pour réaliser leur mission cost-optimum : UPA, ABEX, Contact avec entreprises, ASPEN, "Normes de calcul et prix indicatifs pour la construction de logements" de Bouwunie ...

Ensuite, sur base des prix ainsi obtenus, chaque auteur a établi les coûts d'investissement des différentes combinaisons sur base d'une **valeur forfaitaire** ou en multipliant des **prix unitaires par des grandeurs physiques** propres au bâtiment étudié.

COUT DE L'ENERGIE

Les auteurs ont déterminé des prix de l'énergie et leur taux d'évolution en tenant compte des informations figurant à l'annexe II du règlement. Chaque région a réalisé **3 scénarii d'évolution du prix de l'énergie**.

GAINS ÉNERGÉTIQUES

Les gains énergétiques dépendent non seulement des mesures écoénergétiques mises en place mais également du comportement des utilisateurs vis-à-vis de celles-ci. Or, la méthodologie PEB utilisée dans les missions Cost-Optimum n'est ni capable ni destinée à estimer précisément les interactions dynamiques complexes entre le bâtiment, l'occupant et l'installation.

Seule l'étude de la région flamande a estimé que l'impact de la consommation réelle n'est qu'égal à 70% de la consommation estimée par la méthodologie PEB.

COUT DE REMPLACEMENT ET COUT D'ENTRETIEN

Les coûts de remplacement doivent être pris en compte dans les coûts globaux actualisés. Cela implique de **définir une durée de vie spécifique pour chaque mesure écoénergétique**.

Dans les 3 régions :

- ladite durée de vie a été déterminée sur base de la norme EN 15459 complétée, le cas échéant, par d'autres normes ou par l'expertise des prestataires de service.
- le coût de remplacement est identique au coût d'investissement initial.
- le coût d'entretien est également défini par de la norme EN 15459 éventuellement complété, le cas échéant, par d'autres normes ou par l'expertise des prestataires de service.

VALEUR RESIDUELLE

Lorsqu'une mesure écoénergétique présente une durée de vie supérieure à celle de la période d'évaluation, le coût global actualisé prend en compte la valeur résiduelle. Elle est évaluée par la **dépréciation linéaire du coût de l'investissement initial** ou de remplacement jusqu'au terme de la période de calcul et rapportée au début de la période de calcul.

AIDES FINANCIERES

Par aides financières, il est entendu les soutiens financiers octroyés aux candidats à la rénovation par différents niveaux de pouvoirs publics (niveau fédéral, régional, provincial, communal, ...).

Seule la région flamande a pris en compte les aides financières dans son étude micro-économique.

Les deux autres régions n'ont pas souhaité prendre en compte ces dernières pour ne pas perturber les conclusions des études *cost-optimum* même dans une approche micro-économique. Par ailleurs, ces aides sont particulièrement installables dans le temps. En effet, les montants octroyés et/ou leurs conditions d'octroi changent souvent d'une année à une autre.

PLUS-VALUE SUR LA VALEUR IMMOBILIERE

Seule la région wallonne a pris en compte la plus-value sur la valeur immobilière suite à la mise en place de mesures écoénergétiques. Cette intégration s'est faite directement au niveau du coût global actualisé.

CYCLE DE VIE ECONOMIQUE

La durée de vie économique « représente la durée de vie économique estimée restante du bâtiment lorsque des exigences en matière de performance énergétique sont fixées pour le bâtiment dans son ensemble ou la durée de vie économique estimée d'un élément de bâtiment lorsque des exigences en matière de performance énergétique sont fixées pour les éléments de bâtiment ¹».

Dans son annexe I - 4.2.8, le Règlement détermine la durée des cycles de vie économique à prendre en compte : « Les États -membres utilisent une période de calcul de **30 ans pour les bâtiments résidentiels** et publics et une période de calcul de 20 ans pour les bâtiments non résidentiels et commerciaux ».

D. ANALYSE DE SENSIBILITE

Une analyse de sensibilité des données d'entrée en matière de coûts est imposée par le règlement.

Elle a pour objet :

- **de déterminer les paramètres les plus importants** pour le calcul de l'optimalité en fonction des coûts,
- **d'analyser la robustesse des résultats** des études

Elle doivent porter à minima sur le taux d'actualisation (min. 2 variantes) et l'évolution des prix de l'énergie.

E. APPROCHE MICRO/MACROECONOMIQUE

Le calcul des coûts globaux actualisés peut se faire selon deux approches principales :

- **Approche « financière » ou « micro-économique »**. Il s'agit d'une approche principalement tournée vers l'investisseur privé. La taxe sur la valeur ajoutée (TVA) est prise en considération.

¹ Extrait de la DIRECTIVE 2010/31/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments - Article 2. Paragraphe 14.b

- **Approche « macro-économique »** : il s'agit d'une approche principalement tournée du point de vue sociétal. Elle tient compte du coût des émissions de CO2. Les prix à prendre en compte sont ceux hors taxes (dont la TVA), redevances et subventions.

Chaque état-membre doit établir ces calculs selon les 2 approches précitées mais il peut choisir de fonder sa politique sur l'approche qu'il estime la plus pertinente.

Le tableau ci-dessous reprend les approches retenues par chaque région.

Région	Type d'approche
RBC	Approche micro-économique
RW	Approche macro-économique
VG	Approche macro-économique

3. DESCRIPTION SUCCINCTE DES ETUDES REGIONALES

A. ETUDE DE LA REGION BRUXELLES CAPITALE

Les premières études de type *cost-optimum* avaient déjà été réalisées en 2005 et 2007.

L'étude considérée ici est celle réalisée en 2017 et qui se focalisait sur le parc résidentiel existant en Région Bruxelles-Capitale.

Dans cette dernière étude, **11 bâtiments de référence** ont été étudiés avec plus ou moins 2500 configurations architecturales et techniques pour chacun de ceux-ci.

La configuration *cost-optimum* a été comparée à 4 objectifs énergétiques différents :

- Niveau «**PEB 2017-BAN**». Il correspond à celui d'un bâtiment assimilé à du neuf (BAN) qui respecte un besoin net de chaud maximal (BNC) et une consommation d'énergie primaire maximale (CEP). Il est à noter que la valeur maximale de la CEP est variable en fonction de chaque cas : généralement comprise à 54kWh/(m².an) (soit 1.2 x 45kWh/(m².an)), cette valeur peut être corrigée par la compacité et le volume².
- Niveau « **consommation initiale - 80%** ». Avec un tel niveau de performance, il s'agit d'imposer que, après rénovation, le niveau de consommation d'énergie primaire soit réduit de 80% par rapport à celui du bâtiment dans sa configuration initiale. Ce niveau d'énergie a été fixé par les obligations de la stratégie de rénovation elle-même issue de la directive EE (2012/27).
- Niveau «**pacte énergétique**». Il correspond à une consommation d'énergie de 100kWh/(m².an) ce qui est équivalent à un certificat PEB de type C+.
- Niveau « **CEP max neuf** ». Il correspond à un niveau performance énergétique imposé des bâtiments neufs. Ce niveau varie en fonction de la géométrie et de la compacité de chaque bâtiment mais il est fixé dans l'étude à 45kWh/(m².an).

B. ETUDE DE LA REGION WALLONNE

En région wallonne, plusieurs versions d'étude *cost-optimum* ont également été réalisées.

La première étude a été réalisée en 2013 (étude « COZEB1 »). Elle a été amendée par l'étude « Cozeb-extension » en 2015 qui se concentrait sur les bâtiments existants.

L'étude a ensuite été revue complètement en 2018 (« COZEB2 ») en actualisant les résultats, en étendant le nombre de bâtiments étudiés et en impliquant davantage le secteur de la construction. C'est cette dernière étude qui a été retenue ici. Elle porte sur **28 bâtiments existants dont 13 maisons unifamiliales et 6 immeubles à appartements**.

Pour chaque bâtiment, il est présenté :

- Les hypothèses considérées dans l'installation existante de base, une valeur immobilière et les variantes étudiées ;
- Les combinaisons étudiées ;
- Le niveau de performance *cost-optimum* U max des parois ;
- Le niveau de performance *cost-optimum* EW / Espec ;

² Pour plus de détails, le lecteur peut se rendre sur le site suivant : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/vademecum2017-8-les-exigences-peb.html?IDC=10747>

C. ETUDE DE LA REGION FLAMANDE

Les premières études *cost-optimum* semblent être celles de 2012. Elles répondaient déjà aux articles 4 et 5 de la directive EPBD/2010. Des rapports spécifiques ont été réalisés pour les constructions neuves et pour celles existantes.

En 2015, les études de 2012 ont été révisées en distinguant, cette fois, les bâtiments résidentiels des non résidentiels.

Parmi ces études, il y a un **rapport spécifique pour la rénovation des bâtiments résidentiels**. C'est cette dernière étude qui a été retenue ici.

Elle porte sur **6 bâtiments résidentiels de type maison unifamiliale et 6 appartements**. Les appartements se trouvent/se situent dans le même immeuble. Ils présentent néanmoins chacun des surfaces déperditives différentes (appartement deux ou trois façades, appartement sur le sol, mitoyen ou sous toiture).

Pour chaque cas considéré, le rapport donne dans le chapitre résultat :

- Un graphique qui présente le coût total actualisé en fonction du E-peil ;
- Un tableau avec une sélection des points apparaissant sur le front de Pareto. Ce tableau permet de voir les valeurs chiffrées plus clairement et les mesures écoénergétiques associées ;
- Un graphique avec le montant de l'investissement en fonction de E-peil ;
- Une étude de sensibilité des paramètres économiques.

4. COMPARAISONS ENTRE LES REGIONS

A. REMARQUES GENERALES

Les **comparaisons qui suivent doivent être considérées avec une certaine retenue**. En effet, il reste délicat de comparer des résultats entre eux alors que ceux-ci découlent d'approches d'études distinctes :

- dans certaines régions, l'approche macroéconomique est utilisée alors que dans d'autres c'est l'approche microéconomique qui est retenue ;
- les hypothèses financières sont distinctes d'une région à une autre ;
- les cas de référence ne sont pas identiques (même si certaines typologies sont parfois relativement similaires d'une région à une autre). Ces cas de référence ont pourtant un impact très important sur les résultats ;
- dans certaines régions, les sources d'énergie renouvelables sont considérées alors que dans d'autres non ;
- ...

Par ailleurs, les résultats mentionnés ci-après présentent des moyennes et des moyennes pondérées.

- quand il est indiqué « valeur moyenne », il s'agit d'une simple moyenne algébrique effectuée sur l'échantillonnage de données présenté.
- lorsqu'il est indiqué « moyenne pondérée », il s'agit d'une moyenne dont un certain poids est attribué à chaque cas de l'échantillonnage en fonction d'une donnée (généralement, la représentativité du cas dans son échantillonnage).

B. INDICATEURS DE PERFORMANCE LIES AUX CAS DE *COST-OPTIMUM*

Trois indicateurs de performance liés au cas de *cost-optimum* ont été retenus :

- la consommation d'énergie primaire (CEP, E_{spec} , PEV),
- le coût total actualisé (CTA ou coût global actualisé CGA),
- l'investissement.

Maisons unifamiliales					
		RBC	RW	VG	Moyenne
CEP/PEV	kWh/m ² .an	117.67	157.00	111.67	149.60
min	kWh/m ² .an	96.40	96.00	60.00	112.48
max	kWh/m ² .an	153.37	203.00	156.00	183.67
CTA/CGA	€/m ²	393.15	1325.02	425.75	409.45
Investissement	€/m ²	153.85	284.59	262.49	233.64
Immeubles à appartements					
		RBC	RW	VG	Moyenne
Chauffage					
CEP/PEV	kWh/m ² .an	174.51	250.00	102.00	175.70
min	kWh/m ² .an	126.90	142.00	102.00	144.58
max	kWh/m ² .an	234.10	356.00	102.00	208.82
CTA/CGA	€/m ²	589.34	1235.19	477.54	533.44
Investissement	€/m ²	193.08	105.26	207.22	168.52

Dans les 2 tableaux qui précèdent, la moyenne effectuée sur le coût total actualisé ne tient pas compte des valeurs de la région wallonne puisque ces valeurs sont fort différentes des 2 autres régions. Pour rappel, cela est principalement dû au fait que **l'étude de la région wallonne a pris en compte la valeur immobilière du bâtiment** et des mesures écoénergétiques éventuellement mises en œuvre.

Il est important d'observer qu'il y a **une grande disparité dans les résultats à l'intérieur d'une même étude**. Cela est illustré par les valeurs minimales et maximales pour la consommation d'énergie primaire dans chaque région. Dans la plupart des cas, les résultats vont du simple au double.

C. NIVEAUX D'ISOLATION REDONDANTS DANS LES CAS *COST-OPTIMUM*

Dans les deux tableaux qui suivent, les valeurs U moyennes des cas *cost-optimum* pour chaque typologie de logement sont présentées.

Ces valeurs ont été obtenues par moyenne pondérée en fonction de la représentativité des logements pour la région wallonne et la région Bruxelles-Capitale. Pour la région flamande, ces valeurs sont obtenues sur une simple moyenne algébrique.

Maisons unifamiliales				
Parois	Valeur U moyennées [W/m ² K]			
	RBC	RW	VG	Moyenne
Toit	0.24	0.22	0.19	0.22
Mur extérieur	0.47	0.22	0.19	0.29
Sol	0.29	0.23	0.46	0.33
Fenêtre	3.05	1.43	1.79	2.09

Immeubles appartements				
Parois	Valeur U moyennées [W/m ² K]			
	RBC	RW	VG	Moyenne
Toit	0.12	0.235	0.20	0.19
Mur extérieur	0.74	0.22	0.55	0.50
Sol	0.24	0.42	0.13	0.26
Fenêtre	3.12	1.43	3.41	2.65

Comme pour les indicateurs de performance présentés plus haut, il est important de considérer que **les valeurs moyennes cachent des disparités importantes de résultat d'une typologie de bâtiments à une autre**.

D. TECHNIQUES REDONDANTES DANS LES CAS *COST-OPTIMUM*

Comme pour le niveau d'isolation, il est intéressant de mettre en évidence les techniques (chauffage, ventilation et source d'énergies renouvelables) qui apparaissent de façon redondante dans les cas désignés comme *Cost-Optimum*.

Maisons unifamiliales			
Chauffage	RBC	RW	VG
Générateur	100% des cas : chaudières gaz condensation.	> 65% des cas: chaudière gaz condensation. Dans 20 à 25% des cas: poêle buche +chauffe-eau instantané gaz)	> 80% des cas: chaudière gaz condensation.
Emetteurs	Dans tous les cas : radiateurs haute température ou existants	?	Dans tous les cas : radiateurs haute température ou existants
Ventilation			
Type	100% des cas : système C	Dans + de 60% des cas: C centralisé	Dans plus de 65% des cas : système C
Régulation	?	$f_{\text{reduc}} 0.43$	$f_{\text{reduc}} \text{ chauf. } 0.43,$ $F_{\text{reduc}} \text{ refroid. } 0.43,$ $m\text{-fact } 1.22,$ Puis. nom. ventilateur 44W
SER			
Type	dans 20% des cas : PV (2400Wp)	?	?

Immeubles à appartements			
Chauffage	RBC	RW	VG
Générateur	Petit immeuble : 75% des cas : chaudières gaz condensation murale double service. Grand immeuble : 100% des cas : production collective (gaz HR ou chaudière bois)	Majorité des cas: chaudière gaz condensation double service.	Production individuelle : chaudière gaz condensation murale double service Production collective : chaudière gaz condensation sur sol avec distribution combilus
Emetteurs	Dans tous les cas : radiateurs haute température ou existants	?	Dans tous les cas : radiateurs haute température ou existants
Ventilation			

Immeubles à appartements			
Chauffage	RBC	RW	VG
Type	100% des cas : système C	D (+/-30% des cas)	Dans 100% des cas : D
Régulation	?	F _{reduc} 0.43	f _{reduc} chauf. 0.43, F _{reduc} refroid. 0.43, m-fact 1.22, Puis. nom. ventilateur 44W
SER			
Type	>85% des cas : PV (! Risque de "fausser" les résultats	Jamais de SER présentes	?

En substance, cette analyse montre que dans les *configurations cost-optimum*:

- pour le chauffage, les systèmes traditionnels (chaudière gaz + radiateurs à haute température) sont souvent sollicités. Ce n'est évidemment vrai que si le gaz est disponible ;
- pour la ventilation, les systèmes « C » avec une régulation du débit sont privilégiés.

Pour les sources d'énergie renouvelables (SER), certaines régions n'ont pas souhaitées les considérer. En Région Bruxelles Capitale, les SER ont été considérées et les capteurs photovoltaïques apparaissent régulièrement dans les configurations « *cost-optimum* ».

5. CONCLUSIONS

Les missions *cost-optimum* que doivent réaliser les régions pour l'Europe sont très encadrées, entre autres grâce au règlement délégué (UE) n°244/2012 de la CE du 16/01/2012.

Malgré cet encadrement strict, **les résultats des 3 régions diffèrent très sensiblement**. Tant au niveau des indicateurs de performance énergétique qu'au niveau de l'isolation ou des techniques *cost-optimum*, il est donc **hasardeux de tirer des conclusions univoques**. En effet, les résultats varient d'une région à l'autre pour les raisons qui sont reprises plus haut.

De plus, les résultats à l'intérieur même de chaque mission *cost-optimum* varient aussi très clairement d'une typologie d'habitation à une autre. Il faut donc être prudent avec les moyennes présentées dans les résultats. Pour pouvoir utiliser au mieux les résultats pour un cas donné, **il est donc recommandé de tirer des conclusions au niveau de chaque typologie**.

En outre, les hypothèses réalisées sur **le taux d'actualisation et sur l'évolution du prix de l'énergie peuvent avoir un rôle non négligeable** sur les résultats et la définition des cas *cost-optimum*.

Enfin, **en considérant que la situation de référence est fonctionnelle, les études *cost-optimum* ont tendance à sous-évaluer l'intérêt des investissements dans des mesures écoénergétiques**. En réalité, les travaux de rénovation sont souvent réalisés suite à des souhaits d'augmentation de confort, d'esthétisme, etc. Une part de l'investissement devrait donc être décomptée, ce qui rendrait les mesures écoénergétiques plus rentables et favoriserait des rénovations plus ambitieuses.

