

Etude exploratoire de l'impact climatique de la construction et consommation énergétique d'une « Maison Idéale » par rapport à une maison traditionnelle



Mai 2014

Contenu

Introduction.....	3
Approche méthodologique	4
1. Méthodologie utilisée:	4
2. Construction des scénarios pour la phase de construction	5
Résultats.....	7
1. Comparaison des émissions de la construction et de la structure de la maison	7
2. Comparaison des émissions dues à la consommation énergétique	11
Conclusion	13
ANNEXE	14

Introduction

L'objectif de cette étude exploratoire est d'étudier, de calculer et de comparer les émissions de CO₂ liées à la construction d'une « Maison Idéale » et d'une « maison traditionnelle ». Les émissions de CO₂ liées à la consommation énergétique durant une période de 20 ans seront également calculées et comparées. L'idée principale est d'identifier et de quantifier les réductions d'émissions de CO₂ atteintes en optant pour une « Maison Idéale » plutôt qu'une maison traditionnelle, tant lors de la phase de construction que pendant l'occupation de la maison. Seuls les éléments qui expliquent la différence seront pris en compte. Afin de simplifier l'étude, les éléments identiques aux deux constructions ne vont donc pas être considérés.

Deux types de calcul vont donc effectués :

- ❖ Construction et structure : la différence d'émissions de CO₂ émises lors du chantier (différence de durée de chantier, de transport, etc.) et les matériaux de la maison (par exemple, bois versus béton)
 - $\Delta_{\text{construction}}$: tCO₂ du scénario de base (« maison traditionnelle ») – tCO₂ scénario « Maison Idéale ».
- ❖ Consommation et pertes d'énergie dues à l'infiltration des deux types de maison :
 - $\Delta_{\text{consommation}}$: tCO₂ consommation énergétique sur 20 ans « maison traditionnelle » – consommation énergétique et pertes d'infiltration sur 20 ans « Maison Idéale ».

Approche méthodologique

1. Méthodologie utilisée

- ❖ Le calcul des différences d'émissions lors de la phase de construction entre les deux scénarios mentionnés prend en compte, d'une part, les données d'activités suivantes :

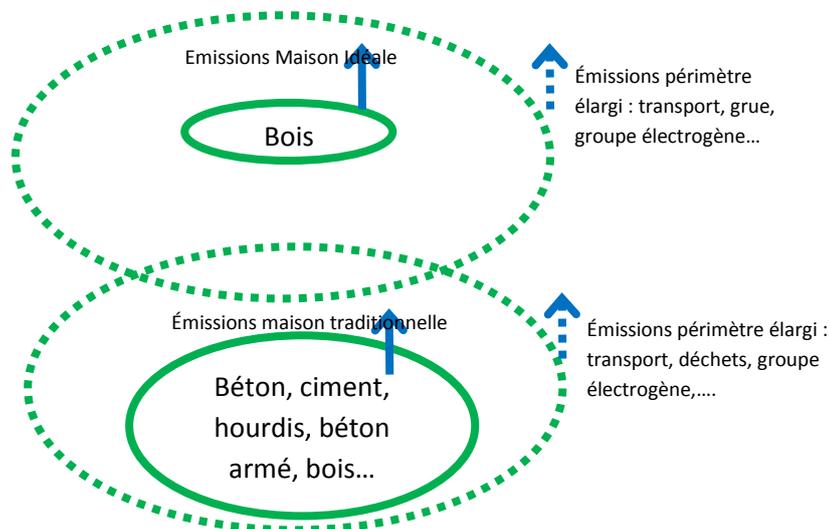


D'autre part, l'étude prend en compte les facteurs d'émission associés à ces activités sont issus de la méthode Bilan Carbone de l'ADEME, Version 7.1.1 (l'Agence de la Maîtrise de l'Energie et de l'Environnement). Cet outil permet la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données facilement disponibles au sein de l'organisation. Il est conforme aux principes de comptabilité des gaz à effet de serre utilisés par les Nations-Unies (UNFCCC) et à la norme ISO 14064.

- ❖ En ce qui concerne la comparaison des consommations d'énergie et des émissions associées, deux comparaisons vont être effectuées :
 - La Maison Idéale a un K20 et sera comparée avec une maison traditionnelle de même coefficient d'isolation thermique, mais avec une étanchéité à l'air différente, due à l'utilisation de béton, par rapport au bois (3 renouvellements d'air par heure par rapport à 0,7 renouvellement d'air par heure).
 - La Maison Idéale sera comparée à une maison traditionnelle de plus faible coefficient d'isolation thermique, K32.

2. Etablissement des scénarios pour la phase de construction

Afin de faciliter la comparaison, les deux scénarios doivent être clairement définis et identifiés. Ils peuvent être schématisés comme suit:



Hypothèses de base communes aux deux types de maison:

- ❖ La maison est située à Namur, à l'emplacement du palais des expositions : avenue Sergent Vithroff, 5000 Namur.
- ❖ La maison est une « 4-façades » avec une surface au sol de 165 m² (sans compter le garage).
- ❖ Les composantes similaires aux deux types de construction ne seront pas prises en compte. L'objectif est de calculer les réductions d'émissions que suppose la Maison Idéale, par rapport à une maison traditionnelle. C'est donc une approche « différentielle » qui est adoptée.

La « Maison Idéale » :

- ❖ Spécificité des matériaux de structure:
 - Utilisation de panneaux « lamellés collés » pour les murs extérieurs et les cloisons, en provenance de l'usine DERIX Dam 63, 41372 Niederkruchten – Germany (soit à 159 km de Namur).
 - Utilisation de panneaux de toiture Unidek : Usine Unidek, Scheiweg 26, 5421 XL Gemert – Pays Bas (soit à 188 km de Namur).
- ❖ Montage :
 - 1 journée à 2 hommes pour installer les lisses de sol
 - 1 équipe de 4 hommes pour le montage des panneaux de bois et de toitures pendant 3 jours.
 - Les équipes viennent de Jemeppe s/Sambre
 - 2 transports en provenance d'Allemagne (Derix)
 - 1 transport en provenance des Pays-Bas (Unidek)

- 1 groupe électrogène pendant 4 jours (consommation diesel : 5l/heure¹).
- 1 grue de montage de 35 tonnes pendant 2 jours (hypothèse : moteur de 205 kW²)

❖ Métré bois :

- Murs extérieurs et cloisons : $366.38\text{m}^2 = 35.17\text{ m}^3$
- Poutres : $33.27\text{ ml} = 1.5\text{m}^3$
- Planchers 1^{er} : 165.5m^2 (12cm épaisseur) = 19.86 m^3
- Planchers grenier : 165.5 m^2 (6.3cm d'ép)= 10.42 m^3
- total : 66.88m^3

Le scénario de base : la maison traditionnelle :

❖ Spécificité des matériaux de structure :

- Fabrication des blocs : Béton de la Lomme, rue de la Dolomie à Rochefort (à 53 km de Namur)
- Fabrication des hourdis béton : Roosens béton, rue Wauters 152 à Familleureux (à 53 km de Namur)

❖ Montage :

- Murs blocs : 366.38m^2 de 14 cm d'épaisseur = 46 jours soit 1 équipe de 4 hommes pendant 12 jours : (hypothèse : densité du béton : $1,5\text{ t/m}^3$).
- Poutres : $33.27\text{ml} = 1,5\text{ m}^3$ de béton armé: 2 jours à 4 hommes.
- Planchers hourdis $165.5\text{m}^2 = 2$ jours à 4h0+ couche de béton : $18,3\text{ m}^3$ de béton;
- Gitage plancher grenier $165.5\text{m}^2 = 2$ jours à 4h0 ;
- Poutres bois plancher grenier : $6,9\text{ m}^3$ de bois;
- Charpente 134m^2 (= 30 DM3 de bois par m^2 de charpente⁴) : 2 jours à 4 hommes;
- Isolant, gyproc et finitions intérieures : 4 jours à 4 hommes. Ces matériaux ne sont pas pris en compte car ils se retrouvent également dans les panneaux UNIDEK. Seul le travail des équipes va être comptabilisé et la charpente (voir ci-dessus).
- Transports :
 - 3 pour blocs (camion grue, 53 km) ;
 - 1 pour matériel (échafaudage, bétonnière, 10 km),
 - 1 pour sable et ciment (10km),
 - 1 poutre (10 km);
 - 1 hourdis (53 km);
 - 2 béton (centrale à Jambes 3km) ;
 - 1 pompe à béton (10 km) ;
 - 1 gitage bois et panneaux de planchers (10 km) ;
 - 1 charpente (10 km) ;
 - 1 gyproc et isolant (négociant en matériaux à distance inférieure à 10km) ;

¹ <http://groupe-electrogene.comprendrechoisir.com/comprendre/groupe-electrogene-chantier>

² <http://www.translev.com/img/LIEBHERR%2035T.pdf>

³ <http://www.belblock.be/fr/masse-volumique.html>

⁴ http://www.cndb.org/pdf/CNDB/TELECHARGEMENTS/Comment_evaluer_le_cubage_de_bois.pdf

- 1 évacuation chutes (10 km) et déchets;
- 1 reprise du matériel (10 km).

Soit 15 transports au total.

- o 1 générateur – groupe électrogène pendant tout le chantier = 24 jours (hypothèse : consommation : 5 litres de diesel par heure⁵) ;
- o Mise en décharge des déchets de maçonnerie, mortier, bloc,...soit un total de 8 tonnes.

Résultats

1. Comparaison des émissions de la construction et de la structure de la maison

Remarques préalables :

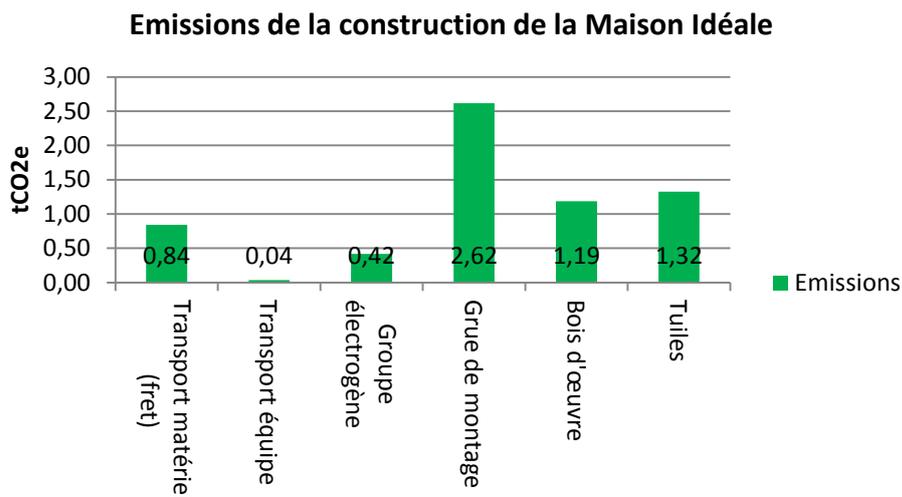
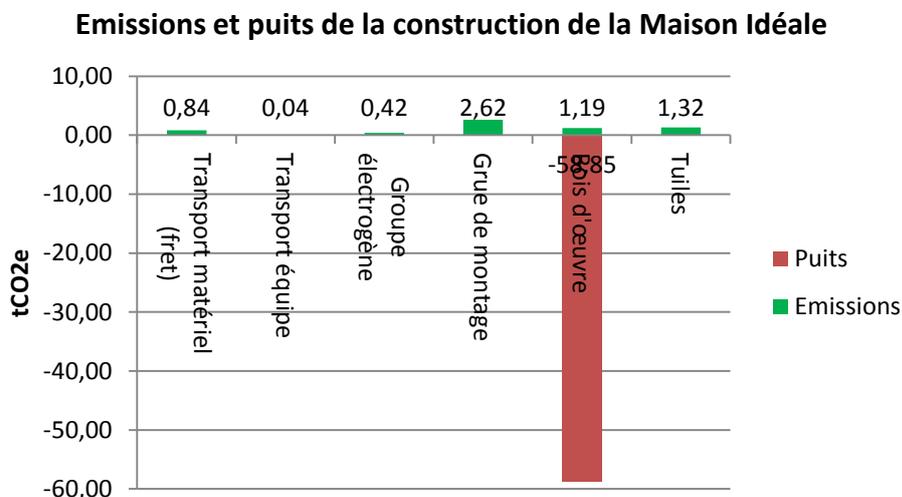
Comme l'objet de l'étude est de pouvoir comparer les émissions liées aux deux types de maisons, les sources d'émissions qui se retrouvent dans les deux cas ne seront en principe pas prises en compte. C'est le cas des éléments des panneaux d'isolation de la toiture. Nous émettons l'hypothèse que ceux-ci se retrouvent dans les deux cas. La seule différence au niveau du toit, outre le temps de construction et le transport, est la charpente, nécessaire dans une maison traditionnelle.

De plus, nous allons considérer que le bois utilisé pour la construction est un puits de carbone, selon les lignes directrices du Bilan Carbone, car il absorbe le CO₂ de l'atmosphère lors de sa croissance. Lorsqu'il est coupé, il conserve le CO₂ absorbé et d'autres arbres sont replantés lorsqu'il s'agit de forêts bien gérées. Le Bilan Carbone considère que les forêts européennes le sont car les replantations compensent le bois coupés. De plus, une deuxième condition existe quant à la durabilité du bois. En effet, si le bois est utilisé pour une courte durée, le carbone sera relâché à la fin de sa courte vie et ne constitue donc pas un puits. Dans le cas d'une construction durable, tel qu'une maison, on considère donc que la durée de vie est assez longue pour pouvoir le considérer comme un puits.

⁵ <http://groupe-electrogene.comprendrechoisir.com/comprendre/groupe-electrogene-chantier>

Maison Idéale

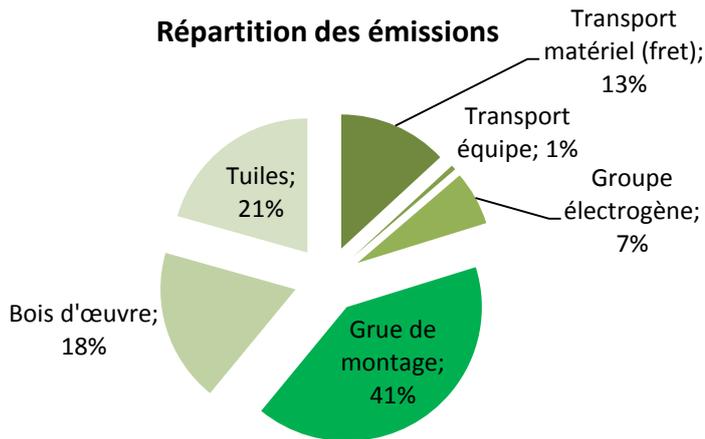
Le graphique suivant permet de visualiser les émissions et puits de CO₂ de la Maison Idéale :



Le total des émissions s'élève à 6,43 tCO₂ et le total du CO₂ absorbé par le bois permettant sa construction s'élève 58,85 tCO₂. Ces résultats sont à prendre avec précaution, car seuls les éléments permettant de calculer la différence avec une maison traditionnelle ont été considérés. En effet, les éléments d'isolation de la toiture ne sont pas pris en compte car ils sont supposés être identiques à ceux d'une maison traditionnelle (il est à noter que les briques, poutres et planchers sont toutefois considérés dans les deux cas).

Les émissions nettes s'élèvent donc -52,42 tCO₂.

Les émissions (hors puits) se répartissent comme suit :



On peut voir que les émissions liées à la grue de montage, à la fabrication des tuiles et du bois d'œuvre représentent ensemble 80% des émissions totales. Le transport de matériel, en provenance d'Allemagne et des Pays Bas représente quant à lui seul 13% des émissions.

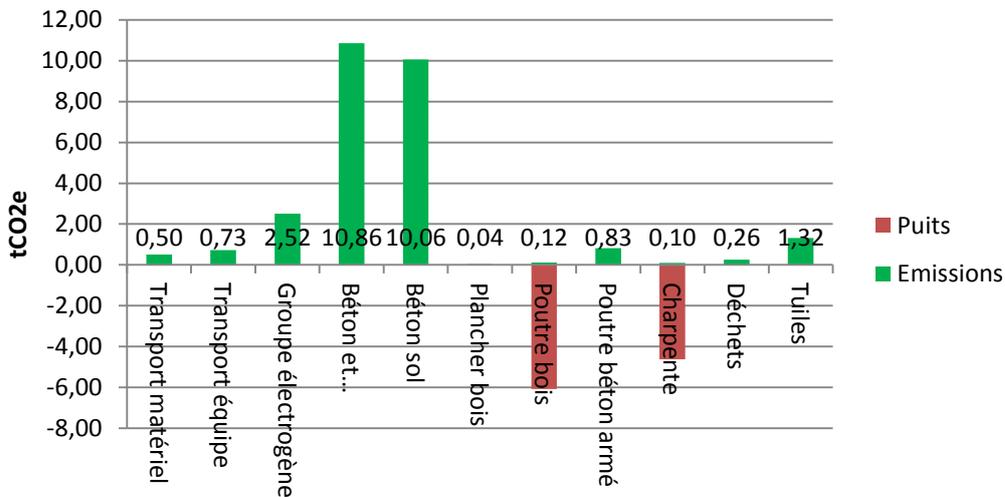
Maison traditionnelle :

La maison traditionnelle présente de nombreux désavantages en termes d'émissions de CO₂, en comparaison avec une Maison Idéale :

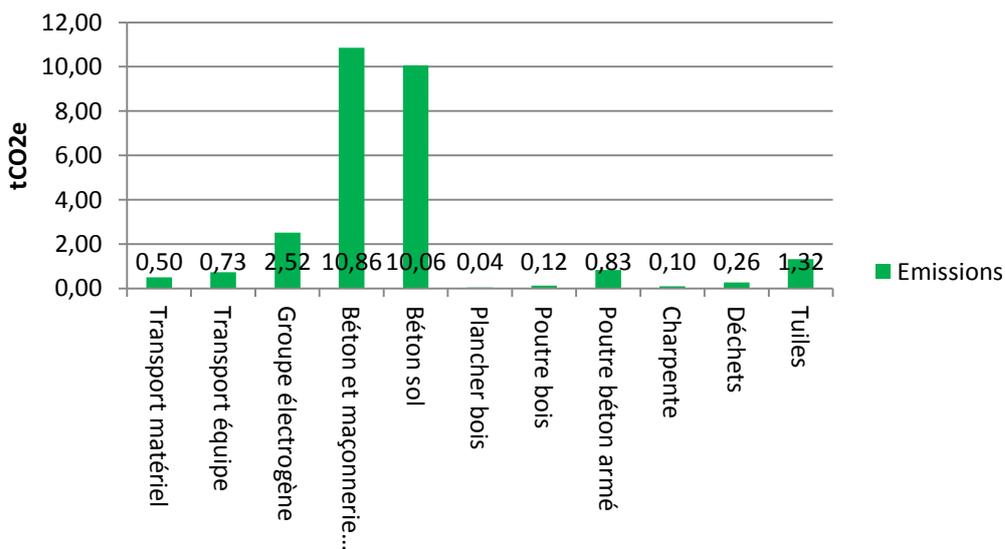
- Le chantier dure 24 jours, au lieu de 2-3 jours : ce qui implique plus de déplacements des équipes, plus d'utilisation du groupe électrogène.
- Les matériaux utilisés : la structure est faite de blocs de béton, ce qui émet 2,4 fois plus de CO₂ que le bois lors de sa fabrication. Les poutres et le sol du rez-de-chaussée sont en béton armé, ce qui émet 10 fois plus de CO₂ que les poutres en bois.
- Toiture : tel qu'expliqué comme remarque préliminaire, dans le cas de la Maison Idéale, les panneaux utilisés (UNIDEK) sont autoportant et ne nécessitent pas de charpente (à l'exception de deux appuis faitage et sablière). On considère dans le cas de la maison traditionnelle une charpente de 134 m².

Les émissions et absorptions de CO₂ s'élèvent à 27,34 tCO₂ et -10,69 tCO₂ respectivement et sont représentées dans le graphique ci-dessous:

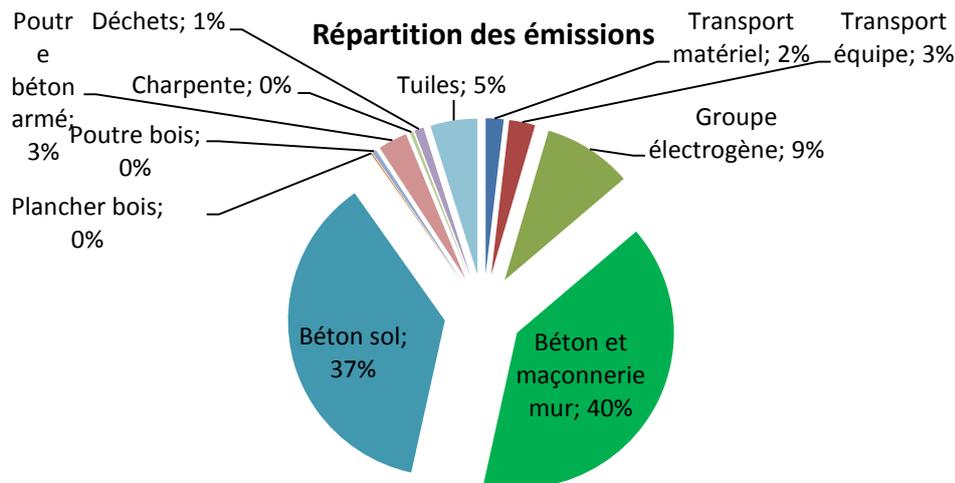
Emissions et puits de la construction de la maison traditionnelle



Emissions de la construction de la maison traditionnelle



La répartition des émissions est représentée dans le graphique ci-dessous :



Contrairement à la maison idéale, la plus grande source des émissions de CO₂ provient des matériaux utilisés pour la structure (blocs de béton et maçonnerie, béton armé pour le sol rez-de-chaussée). Les émissions dues au transport du matériel sont sensiblement moins élevées car celui-ci est produit localement (contrairement aux panneaux de bois produits en Allemagne). Cependant, la durée du chantier, en comparaison avec une Maison Idéale, augmente certaines émissions, telles que celle liées à l'utilisation d'un groupe électrogène (9% du total).

Différence

Opter pour une Maison Idéale, au lieu d'une maison traditionnelle permettrait de diminuer les émissions de 20,91 tCO₂, ce qui représente une diminution de 76,48 %, par rapport à une Maison Idéale. Si l'on considère les émissions nettes, c'est-à-dire en prenant en compte les puits de carbone, une Maison Idéale permettrait de diminuer les émissions de 69,07 tCO₂.

2. Comparaison des émissions dues à la consommation énergétique

Une analyse de consommation énergétique a été effectuée, sur base des mesures de la maison mentionnées en Annexe 1 calculées selon les plans fournis par le bureau d'architecte Art sur Cours sprl. Les dimensions disponibles en Annexe 1 ne sont pas les mêmes que celles utilisées pour la partie de construction, car les données de mètres de bois n'étaient pas disponibles pour le plan utilisé. Les premiers calculs ont été effectués en considérant que les deux maisons avaient le même niveau d'isolation thermique K20. La différence va être déterminée par les différentes étanchéités à l'air, respectivement 0,7 et 3 renouvellements d'air par heure. Ensuite, les calculs ont également été effectués pour une maison traditionnelle d'étanchéité K32.

Les calculs ont été effectués grâce à la méthode de calcul du PEB (2013).

L'énergie totale annuelle nécessaire dans les deux types de maisons avec un K20 et avec un K32 est présentée dans le tableau suivant:

Energie finale	Maison idéale K20 (n50=0,7/h)	Maison traditionnelle K20 (n50=3,0/h)	Maison traditionnelle K32 (n50=3,0/h)
Chauffage (kWhe)	1.805	2.468	4.666
Froid (kWhe)	887	841	367
Ventilateurs + pompes (kWhe)	1.002	1.002	1.002
Eau chaude (kWhe)	1.734	1.734	1.734
Total (kWhe)	5.427	6.044	7.769
Cout total annuel (0,2 Euro/kWh)	1.086 Euro	1.209 Euro	1.554 Euro
kCO₂ (0,196 kgCO₂/Mwh⁶)	1.063,69	1.184,62	1.522,72

La différence de perte due à l'infiltration de l'air extérieur a également été quantifiée:

Energie finale	Maison idéale K20	Maison traditionnelle K20/K32
Étanchéité à l'air	0,7 h ⁻¹	3,0 h ⁻¹
Pertes de chaleur par infiltration (kWht)	399	1710
Pertes de chaleur par infiltration (kWhe)	234	1005

Les conclusions suivantes peuvent être tirées pour les maisons étudiées :

- Si l'on compare l'énergie utilisée dans une maison étanche à l'air (0,7 h⁻¹ of 1,0 m³/h/m²) avec une habitation pour laquelle moins d'attention a été accordée à l'étanchéité (3,0 h⁻¹ of 4,2 m³/h/m²), la différence des coûts de l'énergie atteint environ 120 euros par an. La différence en émissions de causée par la réduction d'énergie est d'environ 120 kg CO₂ par an. Sur une durée de 20 ans, la différence en coûts énergétiques s'élèvent donc à 2.400 euros (120x20) et la différence dans l'emprunte carbone est de 2,4 tCO₂. En réalité, la différence dans le prix de l'énergie va être probablement plus élevée en vue de la hausse attendue de l'énergie.
- Si l'on compare la consommation d'énergie d'une maison étanche à l'air (0,7 h⁻¹ of 1,0 m³/h/m²) et bien isolée (K20) avec une habitation moins étanche (3,0 h⁻¹ of 4,2 m³/h/m²) et moins isolée (K32), la différence en coûts énergétiques est d'environ 470 euros par an. La différence dans l'emprunte carbone due à la différence de consommation d'énergie atteint 459 kgCO₂/an. Sur 20 ans, cela correspond à une différence de couts de 9.400 euros et une différence d'emprunte carbone de 9.180 kgCO₂. En réalité, la différence dans le prix de l'énergie va être probablement plus élevée en vue de la hausse attendue de l'énergie.

⁶ International Energy Agency, 2013 : CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights

Conditions des calculs:

Type production de chaleur	Pompe à chaleur type air/air (COP : 3,5)
Type système de ventilation	Double flux – système D (rendement : 0,9)

Conclusion

La différence en émissions annuelles due à la consommation d'énergie entre une Maison Idéale et une maison traditionnelle, toutes deux de K20, est donc de 120 kg de CO₂ par an.

La différence des émissions due à la construction et à la structure de la maison est de 69,07 tCO₂ (si l'on prend en compte les puits de carbone) et de 20,91 tCO₂ si l'on prend en compte seulement les émissions.

Si l'on totalise sur 20 ans ces émissions, nous arrivons donc à une différence de 23,31 tCO₂, lorsqu'on considère seulement les émissions, et de 71,47 tCO₂ lorsque les puits de carbone sont également pris en compte.

Si l'on compare la Maison Idéale avec une maison traditionnelle de K32, la différence sur 20 ans s'élève donc à 30,09 tCO₂ ou à 78,25 tCO₂ si on prend en compte les puits de carbone.

La Maison Idéale n'est pas seulement intéressante du point de vue environnemental, mais également financier : si on choisit en 2014 de faire construire une Maison Idéale au lieu d'une habitation traditionnelle avec un K32, cela impliquerait une économie de près de 9,360 euros sur 20 ans, sans compter la très probable augmentation du prix de l'énergie.

Si l'on opte quand même pour une nouvelle maison bien isolée (K20), l'étanchéité à l'air plus importante d'une Maison Idéale peut quand même mener à des économies d'élevées à 2.460 Euros sur 20 ans.

Remarque importante : ces calculs sont basés sur les hypothèses et conditions exposées ci-dessus. Les résultats donnent donc juste un ordre de grandeur de la performance générale des différentes maisons.

ANNEXE

I. Mesures de la maison (basées sur les plans du bureau d'architecte Art sur Cour sprl) pour le calcul selon la méthodologie PEB

fenêtres (dans les murs)

	m ²
N	1,12
S	19,57
E	4,00
O	6,12

murs (excl. fenêtres)

	m ²
N	48,68
S	30,24
E	50,00
O	47,88

fenêtres (dans les toitures)

	m ²
N	0
S	0
horizontal	0

toitures (sans fenêtres)

	m ²
N	68,28
S	68,28
horizontal	

sols

	m ²
horizontal	98,95

Volume

	m ³
	602,15

II. Détails calculs construction Maison Idéale

Maison idéale									
Transport									
Transport matériel		Hypothèse 11 à 19 tonnes							
				Aller-retour	Trajets	Distance totale	FE véhicule vide	FE véhicule plein	kCO2
Panneaux:	159	KM		2	4	636	0,681	0,98	528,20
Toiture	188	KM		1	2	376	0,681	0,98	312,27
Déplacement équipes									
				Aller-retour	Trajets	Distance totale	FE transport		kCO2
lisses sol	19	KM		1	2	38	0,248		9,42
Toiture	19	KM		3	6	114	0,248		28,27
Total déplacement	878,16	kgCO2							
Groupe électrogène chantier									
l/h	heures	consommation totale		FE diesel		kCO2			
5	32	160		2,62		419,2			
Grue									
Facteur l'utilisation		75%							
puissance kW	énergie mécanique	énergie calorifique (25%)		FE diesel (kgCO2/kwh)		kCO2			
205,00	3.280,00	9.840,00		0,27		2.617,44			
Matériel									
Bois		hypothèse: forêts bien gérées et structure qui durent 1 siècle							
m3	Conversion	Tonne		FE fabrication	FE puits	FE total	Emissions		
66,88	0,48	32,10			1.833,33	-1.833,33	-58.854,40		
66,88	0,48	32,10		37,00		37,00	1.187,79		
Tuile: béton									
m2	FE (kgCO2/m2)	kgCO2							
136,56	9,7	1324,632							
TOTAL	-52,43	tCO2							
Résumé (avec puits)									
	Emissions	Puits		%					
Transport matériel (fret)	0,84			13%					
Transport équipe	0,04			1%					
Groupe électrogène	0,42			7%					
Grue de montage	2,62			41%					
Bois d'œuvre	1,19	-58,85		18%					
Tuiles	1,32			21%					
Total	6,43	-58,85		-52,43					

III. Détails calculs construction maison traditionnelle

MAISON TRADITIONNELLE								
Transport matériel								
Hypothese	11 à 19 tonnes							
			Aller-retour	Trajets	Distance total	FE véhicule vide	véhicule ple	kCO2
Blocs bétons	53	KM	3	6	318	0,681	0,98	264,10
Matériel	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
Sable et ciment	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
Pompe à béton	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
poutre	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
hourdis	53	KM	1	2	106	0,681	0,98	88,03
béton	3	KM	2	4	12	0,681	0,98	9,97
gitage bois	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
charpente	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
Isolant	3	KM	2	4	12	0,681	0,98	9,97
évacuation chute	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
reprise matériel	10	KM	1	2	20	0,681	0,98	16,61
Total								504,94
Transport équipe								
			Aller-retour	Trajets	Distance total	FE transport		kCO2
Murs blocs	19	KM	12	24	456	0,248		113,09
Poutres	19	KM	2	4	76	0,248		18,85
Planchers	19	KM	2	4	76	0,248		18,85
Gitage plancher	19	KM	2	4	76	0,248		18,85
Charpente	19	KM	2	4	76	0,248		18,85
Isolant	19	KM	4	8	152	0,248		37,70
Total déplacement	731,12	kgCO2						
Groupe électrogène chantier								
I/h	heures	combustion t	FE diesel	kCO2				
5	192	960	2,62	2.515,20				

Matériel									
Mur de béton									
Matériel	m3/m2	Conversion	Tonne	FE fabrication	Unite	kgCO2			
Blocs de béton	51,2932	1,5	76,9398	88	kgCO2/t	6.770,70			
Mur en maçonnerie	368,38			11,1	kgCO2/m2	4.089,02			
Plancher bois: grenier: lamelle de bois: 12 mm									
m3	Conversion	Tonne	FE fabrication	FE puits	FE total	Emissions			
1,99	0,48	0,95	37,00		37,00	35,27			
Plancher: 1er étage: hourdis et béton									
Matériel	volume théorique	vide	plume total m	conversion	tonnes	FE fabrication	kgCO2		
Béton	28,135	35%	18,29	1,5	27,43	366,7	10.059,18		
Poutre grenier:bois									
m3	Conversion	Tonne	FE fabrication	FE puits	FE total	Emissions			
6,90	0,48	3,31	37,00		37,00	122,54			
6,90	0,48	3,31		1.833,33	-1.833,33	-6.072,00			
Poutre premier étage: béton armé									
m3	Conversion	Tonnes	FE	Emissions					
1,50	1,50	2,25	367,00	825,75					
Charpente									
m2	dm3/m2	m3	Conversion	Tonne	FE fabrication	FE puits	FE total	Emissions	
134,00	40,00	5,36	0,48	2,57	37,00		37,00	95,19	
134,00	40,00	5,36	0,48	2,57	37,00	1.833,33	-1.796,33	-4.621,61	
Tuile: béton									
m2	FE (kgCO2/m2)	kgCO2							
136,56	9,7	1324,632							
Déchets									
Tonnes	FE (kgCO2/t)	Emissions							
8	33	264							
Total emissions									
	27.337,55	kgCO2							
	27,34	tCO2							
Résumé									
Résumé	Emissions	Puits	%						
Transport matériel	0,50		2%						
Transport équipe	0,73		3%						
Groupe électrogène	2,52		9%						
Béton et maçonnerie	10,86		40%						
Béton sol	10,06		37%						
Plancher bois	0,04		0%						
Poutre bois	0,12	-6,07	0%						
Poutre béton armé	0,83		3%						
Charpente	0,10	-4,62	0%						
Déchets	0,26		1%						
Tuiles	1,32		5%						
TOTAL	27,34	-10,69	16,64						

IV. Détails calculs consommation énergétique

K20			K20			K32		
MAISON TRADITIONELLE (en kWh)			MAISON IDEALE (en kWh)			MAISON TRADITIONELLE (en kWh)		
énergie brute, chauffage	4270 kWh		énergie brute, chauffage	3122 kWh		énergie brute, chauffage	8073 kWh	
énergie nette, chauffage	13336 kWh		énergie nette, chauffage	2709 kWh		énergie nette, chauffage	7003 kWh	
pertes de transmission	6836 kWh		pertes de transmission	6836 kWh		pertes de transmission	10850 kWh	
pertes de ventilation (double flux)	1705 kWh		pertes de ventilation (double flux)	1705 kWh	0,196	pertes de ventilation (double flux)	1705 kWh	
pertes d' infiltration	1710 kWh	335,16	pertes d' infiltration	399 kWh	78,18222	pertes d' infiltration	1710 kWh	
	198 euro	256,9778		46 euro			198 euro	
énergie finale, chauffage	2.468 kWhe		énergie finale, chauffage	1.805 kWhe		énergie finale, chauffage	4.666 kWhe	
énergie finale, froid	841 kWhe		énergie finale, froid	887 kWhe		énergie finale, froid	367 kWhe	
énergie finale, ventilateurs+pompes	1.002 kWhe		énergie finale, ventilateurs+pompes	1.002 kWhe		énergie finale, ventilateurs+pompe	1.002 kWhe	
énergie finale, eau chaude sanitaire	1.734 kWhe		énergie finale, eau chaude sanitaire	1.734 kWhe		énergie finale, eau chaude sanitaire	1.734 kWhe	
énergie finale, totale	6.044 kWe		énergie finale, totale	5.427 kWe		énergie finale, totale	7.769 kWe	
coût totale	1.209 euro		coût totale	1.085 euro		coût totale	1.554 euro	
énergie primaire, chauffage	6.170 kWhe,p	41%	énergie primaire, chauffage	4.512 kWhe,p	33%	énergie primaire, chauffage	11.666 kWhe,p	60%
énergie primaire, froid	2.102 kWhe,p	14%	énergie primaire, froid	2.216 kWhe,p	16%	énergie primaire, froid	919 kWhe,p	5%
énergie primaire, ventilateurs+pompe	2.505 kWhe,p	17%	énergie primaire, ventilateurs+pompes	2.505 kWhe,p	18%	énergie primaire, ventilateurs+pom	2.505 kWhe,p	13%
énergie primaire, eau chaude sanitaire	4.334 kWhe,p	29%	énergie primaire, eau chaude sanitaire	4.334 kWhe,p	32%	énergie primaire, eau chaude sanita	4.334 kWhe,p	22%
	15.111 kWhe,p			13.567 kWhe,p			19.423 kWhe,p	
étanchéité à l'air: 3,0 renouvellements d'air par heure (test de 50Pa entre la pression intérieure et extérieure)			étanchéité à l'air: 0,7 renouvellements d'air par heure (test de 50Pa entre la pression intérieure et extérieure)			étanchéité à l'air: 3,0 renouvellements d'air par heure (test de 50Pa entre la pression intérieure et extérieure)		