

**IMPACTS (MACRO)ÉCONOMIQUES DES
BÂTIMENTS PASSIFS**

JOURNÉE DE LA CONSTRUCTION PASSIVE

PASSI'BREIZH

HÔTEL DE RENNES MÉTROPOLE

4 NOVEMBRE 2021

Philippe Outrequin

outrequin.philippe@gmail.com

La Calade

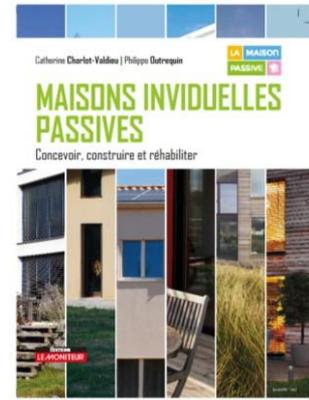
Aménagement durable et stratégies énergétiques

06 46 21 58 82



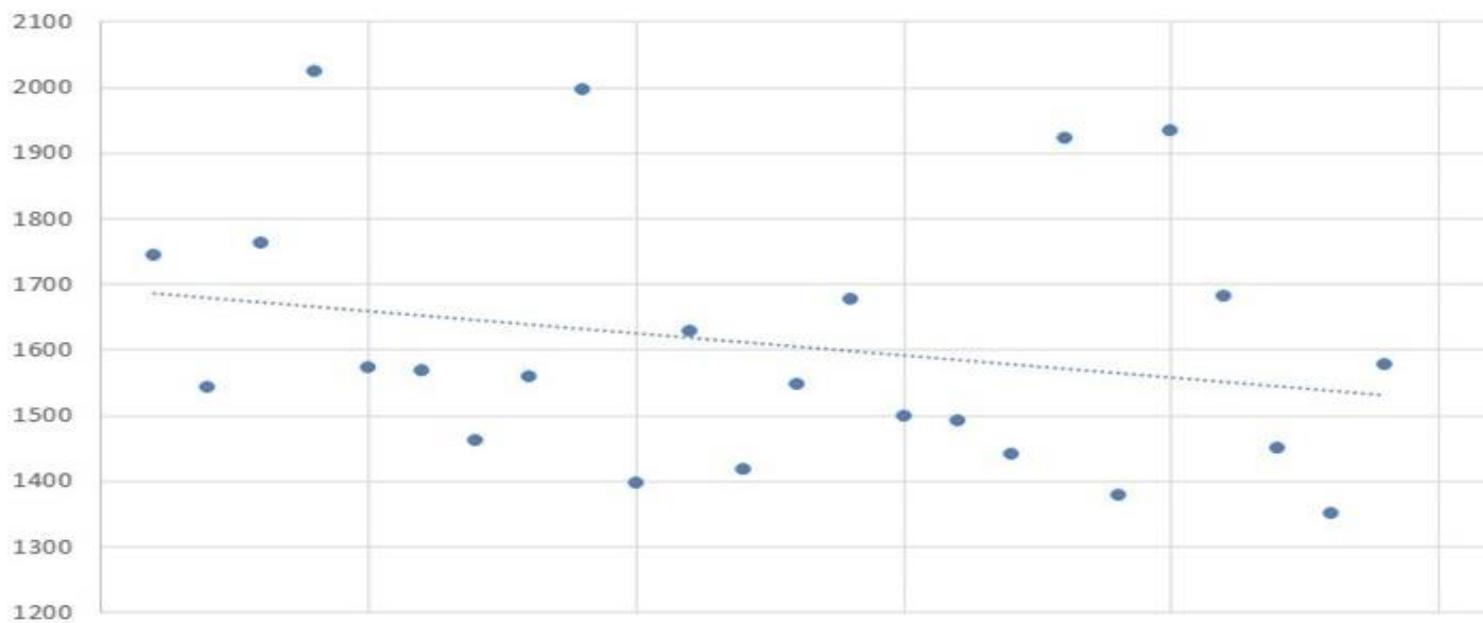
1 – COÛT DE CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS PASSIFS

- Des bâtiments passifs partout dans le monde
- Plus de 300 000 m² de bâtiments labellisés en France et environ 200 000 m² en cours de labellisation
- Environ 1,5 millions de m² de bâtiments avec le standard passif
- **Des coûts de construction de plus en plus compétitifs.**
- Surcoût de construction (**effet d'apprentissage, prime de risque, l'innovation**) estimé :
 - Entre 5 et 20 % pour les maisons individuelles, en moyenne 150 à 200 €/m² (*étude sur 190 maisons individuelles passives : 1 729 €/m² shab médian contre 1 574 €/m² pour les maisons RT 2012*) : le surcoût correspond à 6 à 9 m² de shab
 - Entre 5 et 15 % pour les logements collectifs, en moyenne 110 à 150 €/m² (*étude sur 28 opérations de construction de logements sociaux passifs : 1 575 €/m² shab médian contre 1 430 €/m² pour les logements conventionnels RT 2012 – 1 360 €/m² SU*)
 - Entre 0 et 10 % pour les bâtiments tertiaires (*données Bruxelles Capitale : surcoût de 0 à 4 %; pas de surcoût pour les gros projets en France*)
 - Estimation au Royaume Uni : 8 % de surcoût , 4 % avec le développement de la filière
 - Estimation de l'Agence de l'habitat de Pennsylvanie : pas de surcoût constaté



Un surcoût qui baisse dans le logement collectif (social)

Coût de construction de 24 opérations de logements sociaux passifs selon leur date de construction : Une tendance à la baisse, de 1 700 €/m² en 2011 à 1 500 €/m² shab en 2021



- **Estimation à partir d'une dizaine d'études de cas : 110 à 150 €/m² de surcoût**
 - Triple vitrage : 200 €/m² posé soit 35 €/m² shab
 - Ventilation double flux : 50 €/m² shab
 - Etanchéité à l'air : 5 €/m² shab
 - ITE par rapport à ITI : 60 €/m² de façade soit 25 à 40 €/m² shab
 - Economie sur les systèmes de chauffage : 10 à 25 €/m²
- **Un surcoût qui tend vers 100 €/m² shab : baisse des TV, meilleure maîtrise de la VMC DF et de l'ITE... et un raisonnement en coût global favorable**

Une absence de surcoût réel dans les bâtiments tertiaires

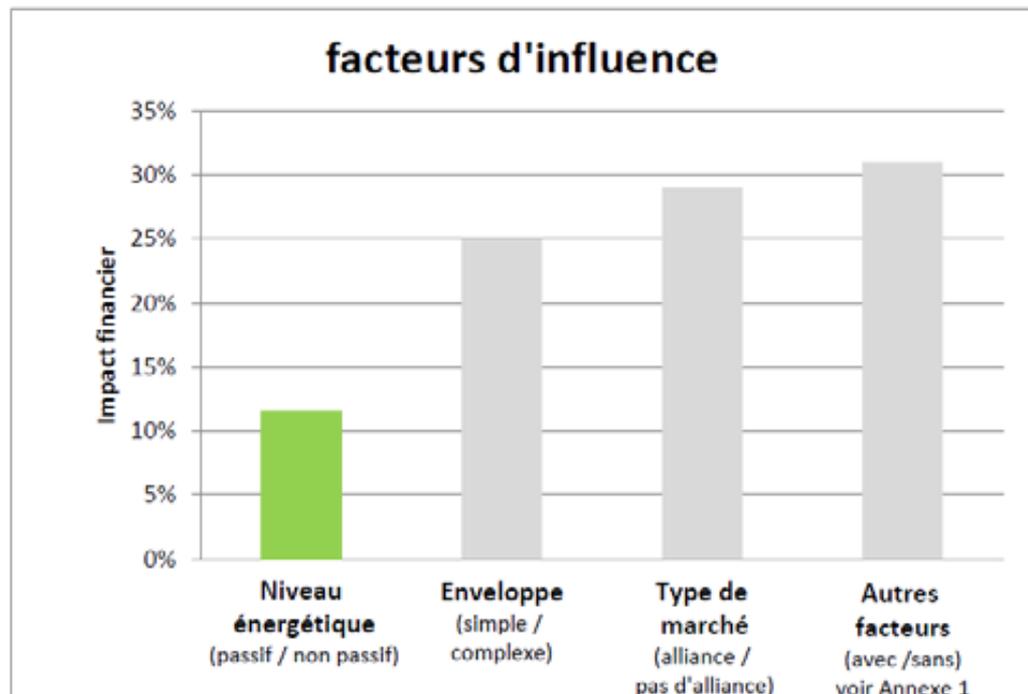
Un coût moyen inférieur à 2 000 € HT par m² SU avec de grands écarts

Coût de construction des bâtiments tertiaires									
Type	Localisation	Cépart.	Année	Nature	Surface PHPP en m ²	Surface m ²		Coût de construction en € HT	Ratio €/m ²
Magasins	Cholet	49	2013	Neuf	749	PHPP	749	375 647	502
Hôtel	Molenbeek-Saint Jean	Belgique	2013	Réno Friche industrielle		SU	8 714	7 595 000	872
Foyer d'hébergement et bureaux	Leuwarde	Pays-Bas	2012	Réno gendarmerie		SU	4 350	4 100 000	943
Bureau, galerie d'art, restaurant	Lustenau	Autriche	2013	Neuf		SU	2 242	2 130 000	950
CTM	La Roche-sur-Yon	85	2016	Neuf	1 270	PHPP	1 270	1 236 980	974
450 m ² Bureaux et 17 logements	Schaerbeek	Belgique	2014	Réno bât. Industriel		SU	2 857	3 304 209	1157
Bureaux	Saint Etienne	42	2012	Réno Friche industrielle	442	SU	517	640 000	1238
Bureaux et ERP	Ixelles	Belgique	2015	Neuf		SU	2 451	3 200 000	1306
6 bureaux, 13 logts, 1 commerce	Munich	Allemagne		Réno 3 immeubles 1890		SU	2 824	4 201 681	1488
Bureaux	Braine l'Alleud	Belgique	2016	Neuf		SU	6 000	8 970 000	1495
Bureaux	Ronchin	59	2011	Neuf + Réno bureaux		SU	24 145	37 000 000	1532
Collège	Villers-lès-Nancy	54	2017	Rénovation collège	2 830	SHON	4 220	6 700 000	1588
Bureaux	Ronchin	59	2011	Neuf	3 761	PHPP	3 761	6 164 279	1639
Ecole primaire	Ancenis	44	2010	Démolition + Neuf	1 864	SHON	2 363	3 941 000	1668
Hôpital	Colombes	92	2017	Neuf	901	SU	1 000	1 800 000	1800
Bureaux	Vannes	56	2013	Neuf		SU	3 300	6 000 000	1818
Petite enfance	Bouchain	59	2016	Neuf	314	SU	311	565 678	1819
Ecole primaire	Carvin	62	2012	Démolition + Neuf	1 851	SU	2 166	4 057 310	1873
Gîte	Chanteloup-les-Vignes	94	2010	Neuf	156	PHPP	156	296 400	1900
Hôtel 2*	Le Havre	76	2016	Neuf		SDP	2 306	4 450 000	1930
Crèche	Bruxelles	Belgique	2011	Neuf		SU	1 244	2 401 000	1930
Bureaux	Chaumont	52	2016	Neuf	1 119	SU	1 136	2 224 672	1958
Bureaux et ERP	Clermont-Ferrand	63	2016	Neuf		SDP	2 713	5 520 955	2035
Bureaux	Le Chatelard	74	2013	Réno logts en bureaux	555	après travaux	750	1 595 000	2127
Palais de Justice	Korneubourg	Autriche	2012	Neuf		SU	15 281	32 500 000	2127
Groupe scolaire	Phalempin	59	2017	Neuf	1 172	SU	1 378	3 209 236	2329
Centre aquatique	Bamberg	Allemagne	2011	Neuf	10 743	SU (93 500 m ³)	13 500	31 800 000	2356
Université	Leicester	Royaume-Uni	2016	Neuf		SU	12 836	31 521 739	2456
Hôtel 3*	Berchtesgaden	Allemagne	2015	Neuf		SU	3 480	8 560 000	2460
Bureaux ERP	Rouen	76	2018	Neuf	6 365	SU	7 800	20 184 000	2588
Prison	Korneubourg	Autriche	2012	Neuf		SU	12 442	32 500 000	2612
Maison de quartier	Londres	Royaume-Uni	2011	Réno bât. Industriel		après travaux	665	1 739 130	2615
Bureaux et ateliers	St Etienne de Rouvray	76	2014	Neuf	1 211	SHON	1 500	4 050 000	2700
Maison de retraite médicalisée	Innsbruck	Autriche	2015	Neuf		SU	7 406	20 000 000	2701
Musée	Ravensburg	Allemagne	2013	Neuf		SU (8300 m ³)	1 550	5 500 000	3548
Crèche	Nogent s/Marne	94	2014	Neuf	671	SU	770	2 930 000	3805
Maison d'hôte de luxe	St Martin de Bellevue	73	2016	Neuf	1 244	SDP	1 167	5 500 000	4713
							161 320	318 463 916	1974
								Ecart Type	844
Programme Batex	Bruxelles Capitale	Belgique	2012	Neuf (écoles, crèches, santé...)		SU	107 000	169 274 000	1582

Une analyse des surcoûts dans les immeubles collectifs à Bruxelles Capitale

Etude comparant des immeubles collectifs conventionnels et passifs construits à Bruxelles (2014) :

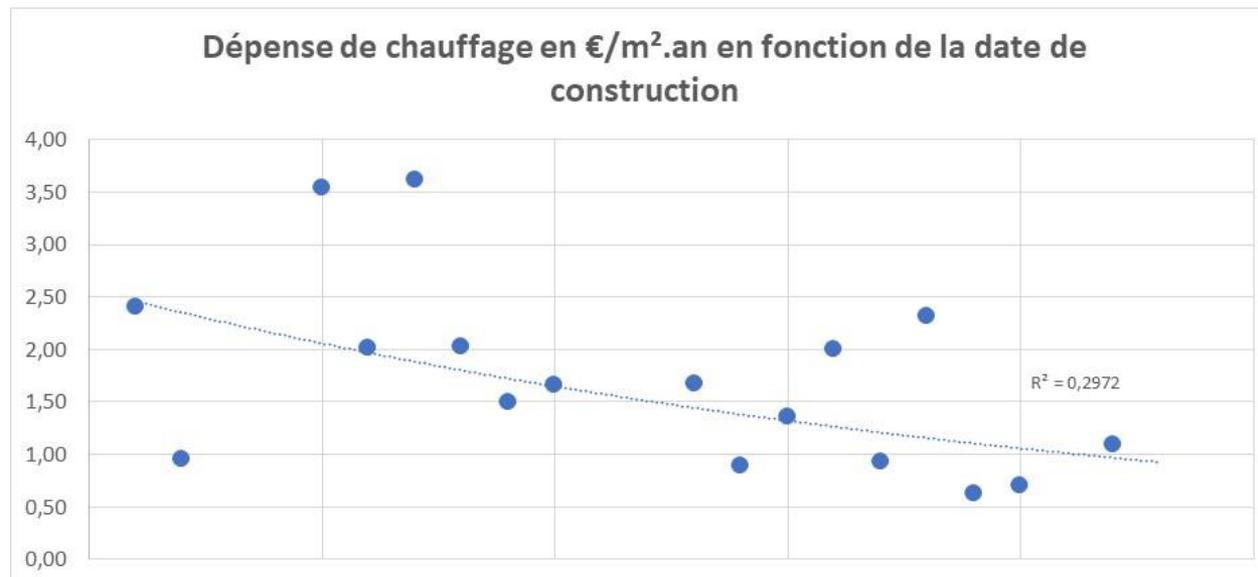
- L'énergie n'explique que 11,5 % des différences de coûts de construction entre immeubles
- Autres facteurs : complexité de l'enveloppe, types de marchés (gestion commune ou non des risques), choix des matériaux, choix du site, innovations



Source Pmp

2 – COÛT D'EXPLOITATION DES BÂTIMENTS PASSIFS

- Enquête menée sur 697 logements sociaux passifs construits par 12 bailleurs sociaux en France entre 2010 et 2018 (48 000 m² shab)
- Dépense moyenne de chauffage réellement payée par les locataires : 1,60 €/m² shab et par an pour notre échantillon et seulement **1,30 €/m² et par an pour les logements construits depuis 2014**
- **Une économie de pouvoir d'achat de 650 € par an pour les locataires de logements sociaux passifs** (par rapport à la moyenne nationale HLM).



QUELQUES PROJETS DE LOGEMENTS SOCIAUX PASSIFS

Plainfaing (88) Toit Vosgien	Rennes (35) Espacil	Montreuil (93) Osica
4 logements	40 logements	17 logements
Dépense réelles de chauffage pour un logement-type de :		
68 m ²	65 m ²	48 m ²
74 €/an soit 1,09 € /m ² .an	60 €/an soit 0,92 € /m ² .an	36 €/an soit 0,75 € /m ² .an
		

DES COÛTS D'EXPLOITATION RÉDUITS DANS LES BUREAUX

• Agence d'architecture Rivat



- Coût d'exploitation et d'entretien du bâtiment : 7 €/m² et par an pour l'ensemble des besoins : chauffage, électricité, entretien de la PAC et de la VMC double flux (y compris le remplacement des filtres).
- ... soit une dépense annuelle de 3 600 € pour un bâtiment de 517 m² (SU)
- La facture annuelle d'électricité est inférieure à 2800 €, soit 5,3 € par m² et par an.
- Le coût du chauffage s'élève à 1 €/m² et par an contre 2 €/m² et par an pour les services informatiques.

[iD-2720](#)

• Bureau d'Enertech



- Consommation réelle d'énergie : 3 600 kWh électrique par an, soit un ratio de 7 kWh/(m².an).
- **Optimisation de la bureautique** : utilisation d'ordinateurs portables qui consomment moins de 25 W par poste, paramétrage des imprimantes pour des veilles automatiques. Serveurs informatiques consommant moins de 50 W et éteints en dehors des heures d'utilisation.
- Interrupteur général coupant l'électricité sauf le système d'alarme en période d'inoccupation.
- Optimisation de l'éclairage : puissance de 2W/m²
- Dépense annuelle en électricité : 600 €, soit 1 € par m² et par an

DES EXEMPLES DE MAISONS INDIVIDUELLES



Lailé (Ille-et-Vilaine)

- Maison à ossature bois sur dalle béton livrée en 2015
- Surface habitable : 127 m²
- **Forte contrainte d'orientation liée au règlement du lotissement**
- Facture moyenne annuelle (au prix 2018) pour l'ensemble des besoins de la maison (*suivi de 2015 à 2018*) : 384 €/an (1 680 kWh électricité) soit **3,02 € TTC par an et par m² tous usages confondus**
- Source Vincent Gourvil

[iD-4482](#)



Gries (Bas-Rhin)

- Maison à ossature bois livrée en 2013
- Surface habitable : 154 m²
- Facture électrique moyenne annuelle (au prix 2018) pour l'ensemble des besoins de la maison (*suivi de 2013 à 2018*, 2861 kWh par an) : 310 € + 153 (abonnement) = 463 € par an soit **3,01 € TTC par an et par m² tous usages confondus**
- Chauffage seul (1 252 kWh par an): 140 € par an (0,91 € par an et par m²)
- Source KMO

[iD-3792](#)



Bruz (Ille-et-Vilaine)

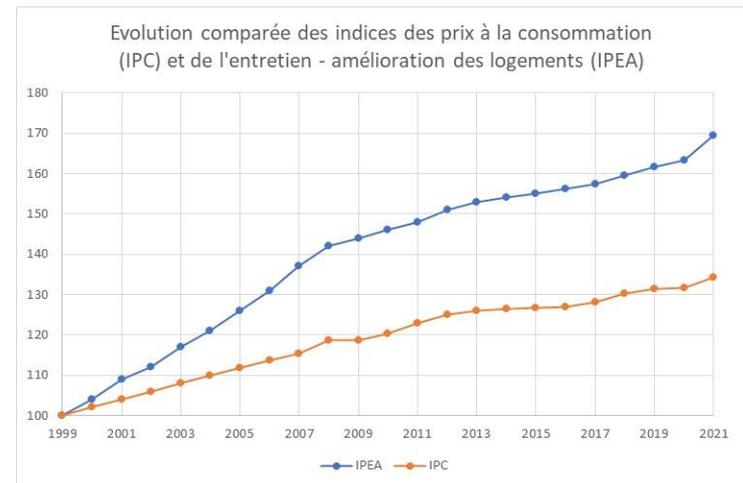
- Maison à ossature bois livrée en 2016
- Surface habitable : 150 m²
- *Facture électrique pour l'année 2018* pour l'ensemble des besoins de la maison : 503 € (2 430 kWh électricité + 1,2 stère bois) soit **3,35 € TTC par an et par m² tous usages confondus**
- Source Quinze A

3 – COÛT GLOBAL DES BÂTIMENTS PASSIFS

- Faire en sorte qu'un petit surcoût amène une économie différée durable
- Distinguons le coût global du bailleur de celui de l'occupant en se posant la question : est-ce la même personne ?

	Logement social		Propriétaire occupant ou couple bailleur/locataire
	Bailleur	Locataire	
Construction	Coût d'acquisition	loyers	Coût d'acquisition
Entretien - maintenance	part récupérable	charges	charges (copro, fournisseurs, entreprises)
	part non récupérable		
Fluides		charges directes ou indirectes	
Gros entretien, réparations	non récupérable		Travaux de renouvellement et d'amélioration
Valeur verte / résiduelle	peu probable		Lors de la vente

- *Selon une étude de 2018, pour la Bretagne, la valeur verte des maisons individuelles classées en A ou B est supérieure de 7 % à celles classées en C et de 14 % à celles classées en D. La valeur verte des appartements classés en A ou B est supérieure de 6 % à celles classées en C ou D.*
- Intérêt pour le bailleur social :
 - Limiter les charges (mission sociale, risque d'impayés)
 - Anticiper les risques d'augmentation future des coûts,
 - Allonger la durée de vie des équipements du bâtiment
- Intérêt pour l'occupant (locataire ou propriétaire) :
 - Limiter les charges y compris d'exploitation (énergie, eau)
 - Anticiper les risques d'augmentation des coûts

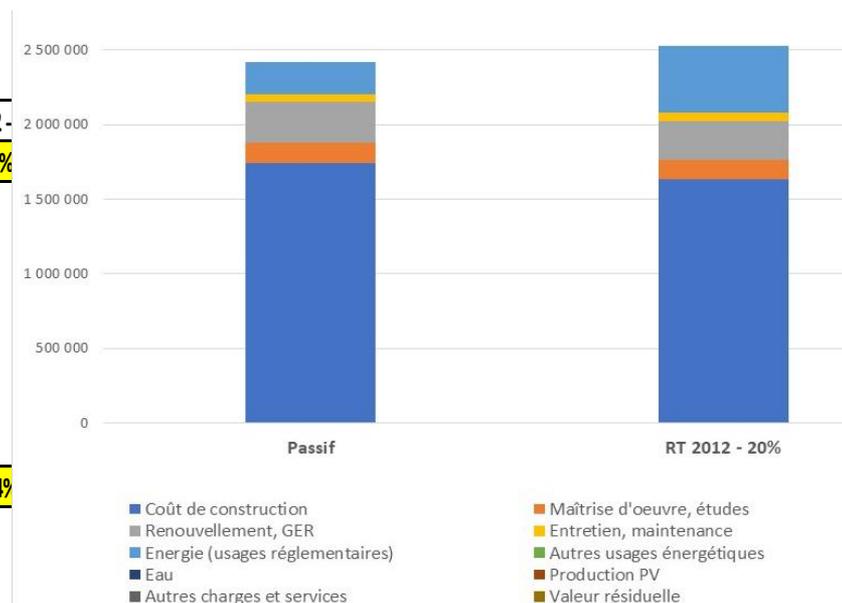


Un premier exemple d'analyse en coût global

- **MO : Habitat de Haute Alsace**
- MOe : Ajeance et Terranergie
- **18 logements à Wittenheim (1 102 m² shab)**
- Surcoût de la construction passive par rapport à RT 2012 – 20 % : 107 €/m² shab
- Caractéristiques de la construction passive : construction bois OSB et bardage bois, triples vitrages, VMC double flux, chaufferie bois
- Construction RT 2012 – 20 % avec chauffage individuel gaz

	Passif	RT 2012-20%	Surcoût en €/m ² shab
OSB	254,1	197,2	57,0
ITE	111,7	98,8	13,0
Finitions intérieures	134,4	130,3	4,1
Menuiseries extérieures	106,2	81,2	25,0
Génération de chauffage	29,8	52,8	-22,9
Emission de chaleur	41,8	48,8	-7,0
Ventilation	48,4	18,4	30,0
Autres coûts	850,9	850,9	0,0
Maîtrise d'œuvre	126,2	118,3	7,9
Total	1703,7	1596,7	107,0

€ actualisés	Passif		Sc. 1 / Sc 2 -
	Scénario 1	Scénario 2	
Coût de construction	1 739 214	1 630 076	6,7%
Maîtrise d'oeuvre, études	139 137	130 406	
Renouvellement, GER	273 387	261 382	
Entretien, maintenance	47 264	56 932	
Energie (usages réglementaire)	217 643	448 788	
Autres usages énergétiques	0	0	
Autres charges et services	0	0	
Valeur résiduelle	0	0	
COÛT GLOBAL DIRECT	2 416 645	2 527 584	-4,4%



- **Bilan en COUT GLOBAL : Economie de 4,4 %**

Source des données Terranergie et calculs effectués par La Calade (modèle CoGEP)

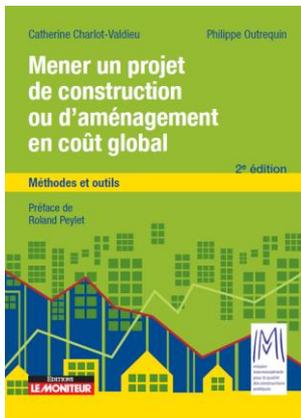
Un second exemple d'analyse en coût global

- **MO : Immobilière Atlantic Aménagement**
- MOe : Alterlab et Carbone 64
- **12 logements individuels (728,6 m² shab)**
- Surcoût de la construction passive par rapport à RT 2012 – 20 % : 137 €/m² shab soit + 7,6 %
- Caractéristiques de la construction passive : construction bois OSB et bardage bois, triples vitrages, VMC double flux, panneaux électriques
- Construction RT 2012 – 20 % avec chauffage individuel gaz
- Bilan en COUT GLOBAL : Economie de 1,3 %

	Passif	RT 2012	Surcoût en €/m ² shab
Structure	476,3	422,7	53,5
Isolation	93,3	0,0	93,3
Menuiseries extérieures	144,1	93,3	50,8
Finitions	164,7	178,4	-13,7
Chauffage	126,3	162,0	-35,7
Ventilation	53,5	30,2	23,3
Autres coûts	875,7	910,0	-34,3
Total	1933,8	1796,6	137,2

Source des données Carbone 64 et calculs effectués par La Calade

€ actualisés /m ² shab	Passif	RT 2012 - 20%	Passif / RT2012 - 20%
Coût de construction	1 934	1 797	7,6%
Maîtrise d'oeuvre, études	174	144	
Renouvellement, GER	317	326	
Entretien, maintenance	427	432	
Energie (usages réglementaires)	196	390	
Autres usages énergétiques	142	142	
COÛT GLOBAL DIRECT	3 190	3 231	-1,3%

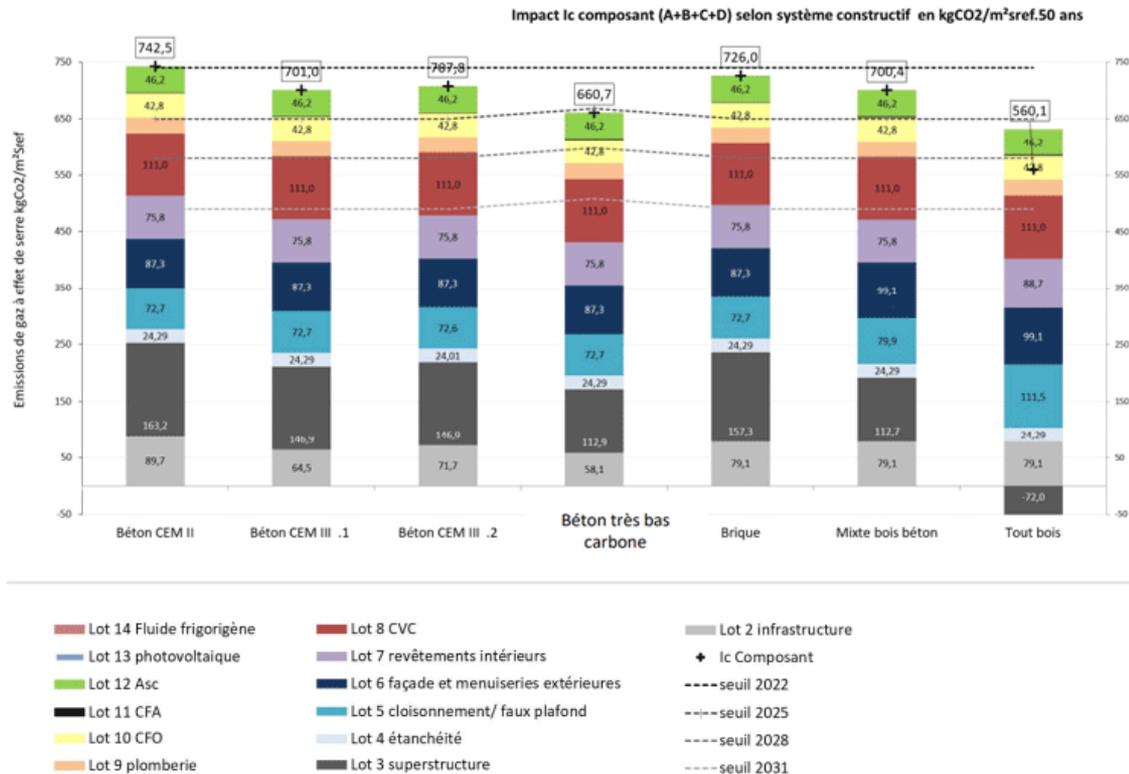


Analyse en coût global : un bénéfice dès lors que le surcoût ne dépasse pas 10 %

4 – BILAN CARBONE DES BÂTIMENTS PASSIFS

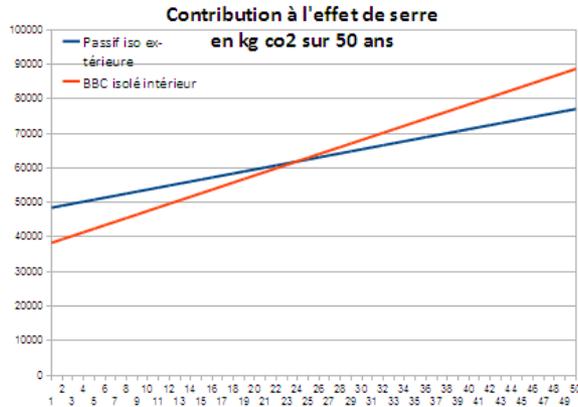
Exemple pour un immeuble collectif de l'indicateur IConstruction : aucun système constructif aujourd'hui ne respecte les seuils imposés dès 2028 et a fortiori 2031 (source Tribu Energie)

- Rappel : un bâtiment passif ne donne pas de consigne sur les matériaux de construction utilisés. Seuls la performance énergétique et le confort des occupants comptent
- Un bâtiment passif construit tout en béton aujourd'hui peut ne pas satisfaire les contraintes de la RE 2020
- Les bâtiments passifs vont évidemment s'adapter à la RE 2020... ou l'inverse...



QUEL BILAN CARBONE ?

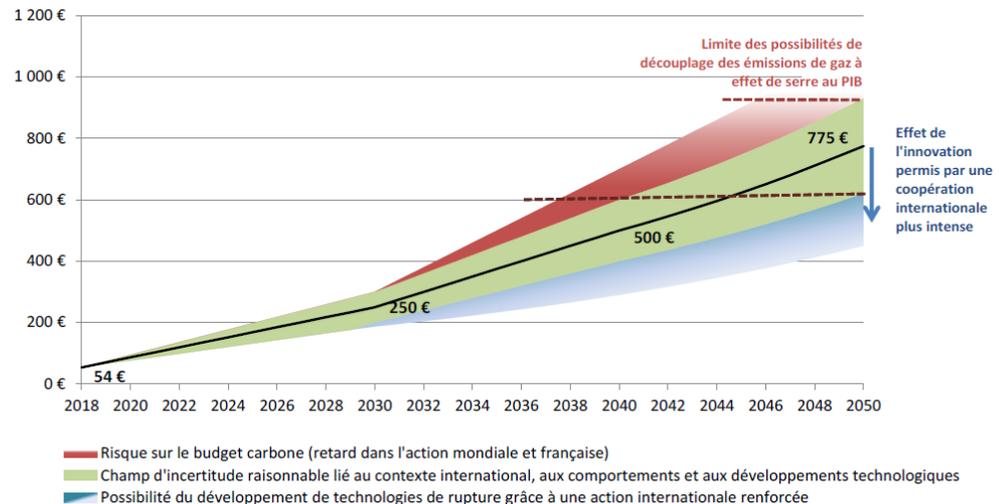
- Un bâtiment passif peut avoir un contenu en carbone plus élevé mais compensé par une moindre émission de carbone sur le cycle de vie du bâtiment



Source Fiabibat

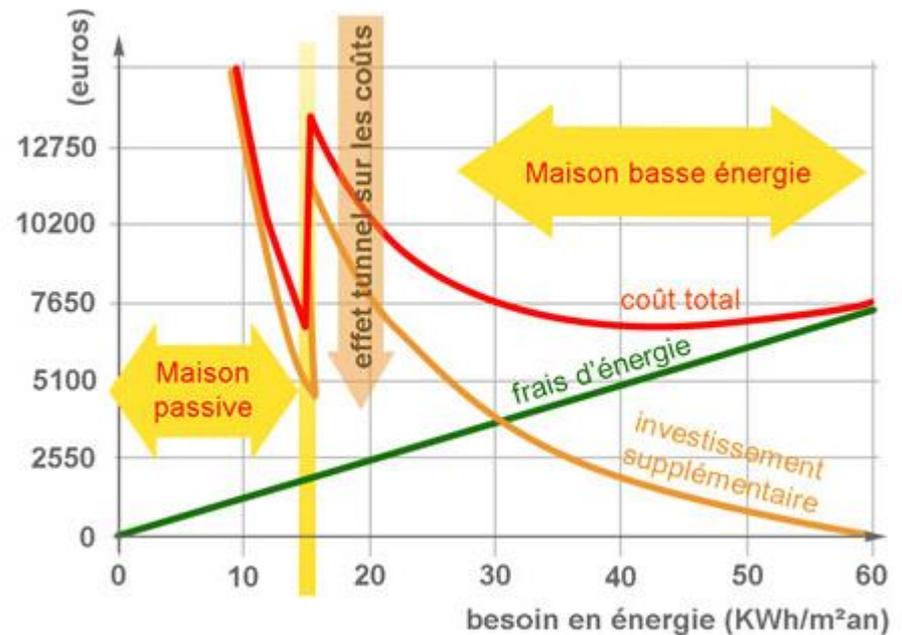
- Questions essentielles aujourd'hui :
 - Fiabilité des données de contenu carbone des différents matériaux de construction
 - Valeur économique donnée au carbone

Pour 2030, France Stratégie (commission Climat), rattachée au Premier Ministre, propose de retenir une valeur tutélaire de 250 € la tonne équivalent CO₂. A l'horizon 2050, cette valeur tutélaire serait fixée à 775 €/tonne équivalent CO₂. Cette valeur tutélaire signifie que toutes les actions entreprises d'ici 2030 dont le coût de la tonne de CO₂ évitée est inférieure à 250 €, doivent être réalisées, ceci pour être en cohérence avec l'engagement national.



5 – PASSIF VERSUS RE 2020

- La RE 2020 renforce le Bbio de 30 % par rapport au Bbio RT 2012 (grosso modo) → le surcoût estimé à la construction dû au Bbio serait de 3 % en collectif et de 6 % en individuel selon le Pôle Habitat de la FFB. Une étude commandée par le Sénat donne un surcoût du Bbio de 2 642 € pour un logement collectif, soit environ 40 €/m²... soit encore près de 40 % du surcoût estimé pour le passif (le passif correspond à une réduction de 50 % du Bbio RT 2012).
- Un autre élément du surcoût de la RE 2020 est le passage de la chaudière gaz à la PAC ou à des systèmes hybrides estimé entre 2 500 et 5 000 € par logement collectif (soit 35 à 70 €/m²). Une part importante de ce surcoût peut être évitée grâce à la réduction du besoin de chaleur du bâtiment passif.
- Le bâtiment passif vs RE 2020 ne va-t-il pas justifier ce schéma du PHI concomitant au développement de la démarche du passif ?



6 – ADAPTATION AU CLIMAT BRETON

- La Bretagne est vulnérable au changement climatique, probablement davantage sur le littoral (zones basses inondables), pour la ressource en eau (disponibilité au printemps) et pour certaines espèces sensibles au climat (batraciens, chauve-souris...)
- La hausse moyenne des températures en Bretagne a été de + 0,8°C à + 1,2°C sur la période 1989 - 2018

Prise en compte du réchauffement climatique dès la conception des bâtiments passifs

- Mise à jour des fichiers météo pour les stations de météo bretonnes (Brest, Rennes, Lorient et Saint-Brieuc) sur la période 2000 – 2019 afin de tenir compte du réchauffement récent du climat régional :

<https://lamaisonpassive.fr/phpp-nouvelles-donnees-meteo>

- Calcul du confort d'été dans le PHPP en fonction des données climatiques réchauffées avec une hausse de la température de + 1, + 2, + 3°C
- Outil de calcul qui sera directement intégré dans la feuille de calcul climatique dans le PHPP version 10 (disponible en 2022)
- Exemple pour un projet de labellisation (source La Maison Passive) : un bâtiment bien conçu pour aujourd'hui ne l'est plus dans une évolution future de la température → **Intègre la capacité de résilience du bâtiment**

Surchauffe sans système de climatisation

		Simulation du réchauffement climatique		
	PHPP > 25°C	+ 1°C l'été	+ 2°C l'été	+ 3°C l'été
Bâtiment A	1,40%	5%	11%	13%
Bâtiment B	1,50%	6%	12%	14%

7 – LA FORMATION ET L'ÉTAT DES FORCES

- Professionnels (architectes et BET) ayant un diplôme CEPH (Concepteur / Conseiller Bâtiment Passif) depuis moins de 5 ans ou l'ayant renouvelé : 324 personnes en France dont 35 en Bretagne (15 en Ille-et-Vilaine, 11 dans le Finistère, 6 en Côte d'Armor et 3 dans le Morbihan)
- Artisans ayant un diplôme CEPH – A depuis moins de 5 ans ou l'ayant renouvelé : 124 personnes en France dont 62 en Bretagne (19 dans le Morbihan, 17 dans le Finistère, 14 en Côte d'Armor et 12 en Ille-et-Vilaine)



Source LAMP

8 – COÛTS D'ACCOMPAGNEMENT À LA CONSTRUCTION PASSIVE

Des coûts limités :

• **L'architecte et la maîtrise d'œuvre**

- Selon des retours d'expérience, le surcoût de la maîtrise d'œuvre (compétente et bien formée au passif) est de l'ordre de 0,5 % du coût de construction. Des coûts supplémentaires peuvent être observés pour des bâtiments particulièrement complexes et dont le caractère passif est difficile à mettre en œuvre.
- Le surcoût de l'architecte concevant un projet passif est de l'ordre de 0,3 % à 0,5 % du montant des travaux : 0,2 à 0,3 % pour les schémas de détail, 0,1 à 0,2 % pour le suivi des travaux, leur bonne exécution relative notamment à l'étanchéité à l'air.
- Pour un projet de 2 000 € par m², le surcoût en amont est de l'ordre de 20 €/m².

• **La labellisation**

La labellisation représente un coût très modéré pour les bâtiments d'habitat collectif et tertiaires :

- Très gros bâtiment : coût de 1 à 2 € HT par m²
- Immeuble de logement collectif de 2 000 m² : de 4 à 5 € HT par m² soit 8 000 à 10 000 € HT – soit 0,3 % du coût de construction (coût variable selon la compacité et l'importance des menuiseries)
- Maisons individuelles : de 13 à 17 € HT par m²

(Source Association La Maison Passive et professionnels)

9 – QUELLE ARCHITECTURE ?

Des projets d'architecture ambitieux, passifs et durables

**Le projet de siège social passif BNP Paribas
Fortis rue Montagne du Parc à Bruxelles
(présenté au MIPIM 2017)**



Un projet de 65 000 m² de bureaux, 1 000 m²
de commerces et 2 200 m² d'équipements
collectifs sur la fiche Fortis

Source be Baumschlager Eberle (Paris)

**Tour Raiffeisen à Vienne : 20 000 m²
sur 20 étages, 900 employés,
construite en 2012**



Chauffage assuré par la chaleur perdue d'un
data center et refroidissement par l'eau de la
rivière

Source Hayde Architekten et Architekten Maurer & Partner

Le siège de Rouen Normandie Métropole



Source Agence Jacques Ferrier Architecture

Philippe Outrequin

Cité administrative de Lille



Surface 38 400 m² répartis en 5 bâtiments
pouvant accueillir 2 000 agents de l'Etat
Maitre d'ouvrage : l'Etat
Constructeur : Bouygues
Architectes Valode & Pistre et Coldefy
Coût du projet : 107 Millions €

Un bâtiment passif en vitrine d'un nouveau quartier

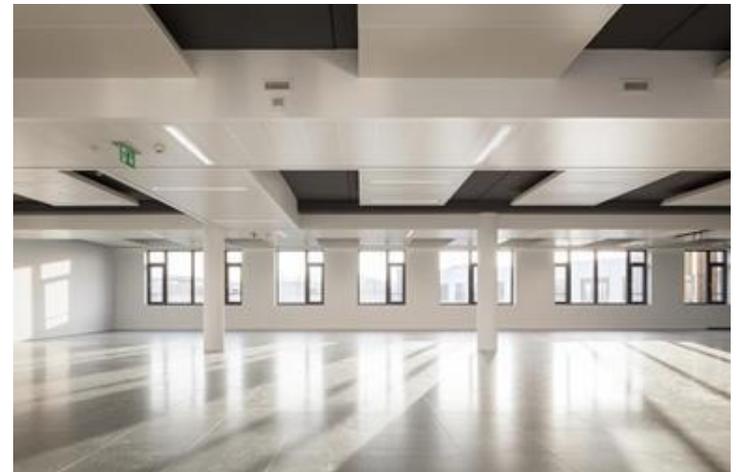
**Un bâtiment de bureaux d'affaires (6000 m²)
labellisés Passif et Breeam à Braine l'Alleud**



Entrée circulaire



Plateau de bureaux flexibles



Besoin de chauffage : 5 et 10 kWh/m².an
Étanchéité n50 = 0,5 et 0,4 vol/h
Énergie tous usages : 79,7 et 81 kWh/m².an

Source A2M, Bruxelles

« Un bâtiment durablement passif » (dans la durée et pour le bien-être) selon Sebastian Moreno-Vacca d'A2M (New York et Bruxelles)

Des projets passifs très complexes

- **A Francfort, le Klinikum Frankfurt Hoechst**
- Architecte Werner Traxler Richter; BET thermique : PHI
- Construction d'un hôpital certifié PassivHaus d'une surface de **61 000 m²** et de **664 lits employant 2 000 personnes.**
- **Ce projet correspond aux exigences de la Ville de Francfort qui impose que tous les bâtiments publics neufs soient construits avec le standard Passif.**
- Le PHI a directement participé à la conception du projet pour définir les conditions nécessaires pour que ce bâtiment atteigne les exigences du Passif.



Crédit photo Werner Traxler Richter



Philippe Outrequin

Un musée passif dans un quartier historique

Un musée au centre ville de Ravensburg (Bade-Wurtemberg)



Source Herz et Lang



La maison de la musique à Innsbruck

Salles de concert et conservatoire de musique à Innsbruck (Autriche)



Crédit photos Catherine Charlot-Valdieu



Source Erich Strolz

Bâtiment de 14 000 m²
livré en 2018

Recevant plus de 1000
personnes

*Photos des gaines de
ventilation et des
réservations*



Philippe Outrequin

La rénovation passive d'un bâtiment classé

Bureaux de l'agence d'architecture Rivat à Saint-Etienne (42)

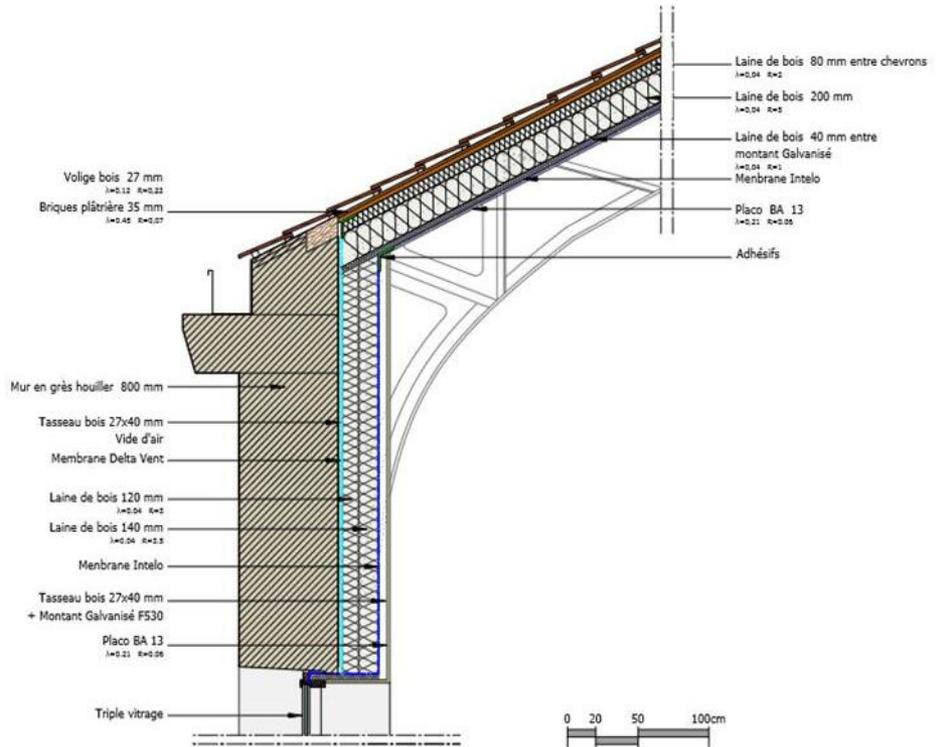
La transformation en bureaux d'une friche industrielle classée (Manufrance)



Un bâtiment classé devenu passif



La création d'une double peau interne :
la boîte dans la boîte



Le premier bâtiment EnerPHit Plus en France

Les bureaux du syndicat départemental d'énergie et des déchets (SDED) de Haute-Marne

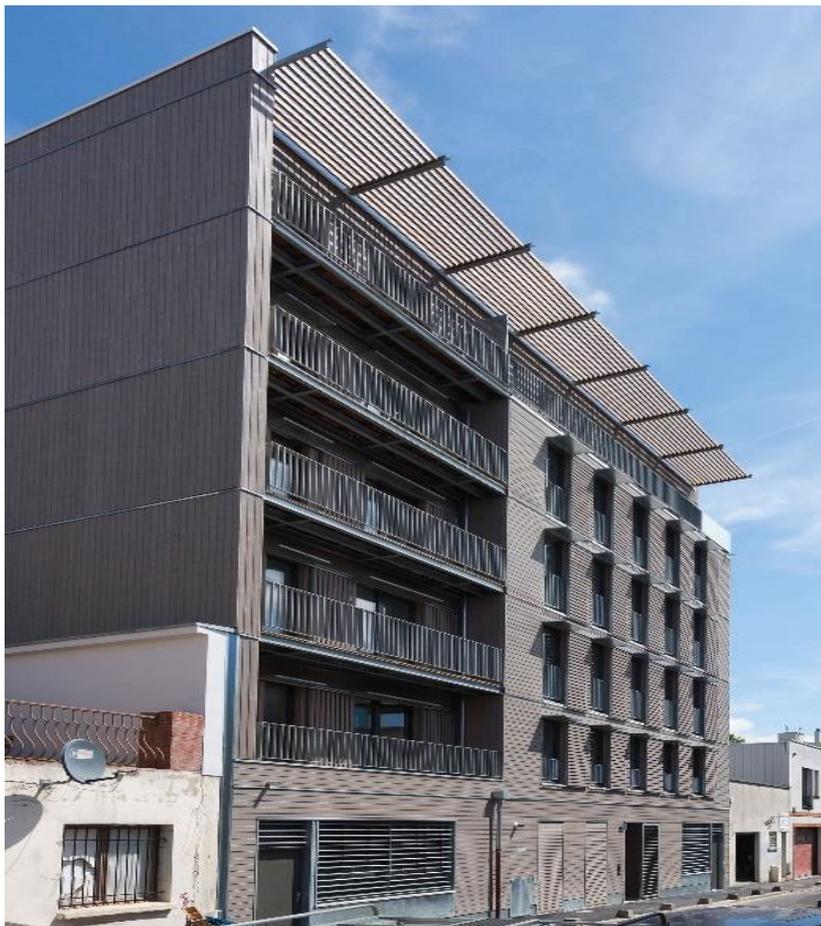
Réhabilitation d'un bâtiment de 1 200 m² à Chaumont (52)

Projet de réhabilitation conforme à l'avis de l'ABF, donnant une image valorisante de l'entrée de ville

- Structure en béton armé. Isolation par l'extérieur avec une ossature bois et 30 cm de ouate de cellulose, un pare-pluie en laine de bois et une finition bardage en fibrociment posé sur un double lambourrage en bois
- Isolation des soubassements jusqu'aux fondations (PSE)
- Châssis bois en triple vitrage certifiées PHI avec des BSO (sud) et des volets à pantographes motorisés (est et ouest) → optimisation des apports solaires
- VMC double flux à roue
- Chauffage : pompe à chaleur sur sondes géothermiques
- Poutres froides réversibles (bien adaptées au secteur tertiaire).



17 logements à ossature bois à Montreuil (93), Osica



Source SNI OSICA

Résidence Girard, livrée en 2016

Shab : 977 m²

Coût de construction : 1 782 € / m² SDP

Dépense annuelle de chauffage pour un logement de 48 m² (facturé) : 36 €

Dépense de chauffage et ECS par an et par m² : 2,98 €

18 logements passifs en bois et béton à Thionville (57)



Source ASP Architecture

Maître d'ouvrage : Batigere

Shab : 1 294 m²

Coût de construction : 1 629 € / m² SRE

Besoin de chauffage 14 kWh/m²

Consommation d'énergie tous usages : 94 kWh/m²

Dépense réelle pour le chauffage, l'ECS et la ventilation DF : 3 000 € pour l'immeuble soit 166 € par an et par logement

ZAC de la Fleuriaye, Carquefou (44)



Les deux bâtiments de CDC Habitat
(ex SAMO)

620 logements passifs et à énergie positive

Maitres d'ouvrage de la première tranche : Vilogia (110 logements), CDC Habitat (68 logements), Bouygues (140 logements en 8 bâtiments)

Systèmes constructifs : Bouygues : blocs coffrants Thermibloc (80 % copeaux de bois et 20 % ciment), Vilogia et CDC Habitat : béton

Coût de construction de CDC Habitat : 1 549 €/m² shab, de Vilogia : 1 720 €/m² shab

CONCLUSION : QUELS EFFETS DE LEVIER

- **Formation / sensibilisation des élus au passif et au coût global (vision à long terme) pour favoriser leur intégration dans les cahiers des charges**
- **Formation des services techniques (collectivités, y compris des services Urbanisme pour l'intégration du passif dans les PLH, PLU, Plans Climats, lotissements, etc. et bailleurs sociaux) et des chargés d'opération**
- **Formation des entreprises de construction (chantier) avec des plateformes techniques**
- **Donner confiance aux maîtres d'ouvrage** sur la possibilité de réduire la consommation pour le chauffage d'un facteur 10. Facteurs clés : échange d'expériences, démonstration par des réalisations concrètes, discussion avec les professionnels.

- ✓ Docteur en économie, économiste, consultant dans les domaines de l'énergie, du développement durable, des quartiers et aménagements durables
- ✓ Formateur Coût Global depuis 2011 (Cnfpt, Inet, Inset) et AMO Coût Global
- ✓ Membre de l'association La Maison Passive France (trésorier et animateur de la commission économique)
- ✓ Co-auteurs de nombreux ouvrages (Editions du Moniteur, Eyrolles, Territorial, L'harmattan) dont :
 - ✓ Urbanisme durable (2009, 2011)
 - ✓ Réhabilitation énergétique des logements (2011, 2018)
 - ✓ Coût global des bâtiments (2013, 2018)
 - ✓ Nouvelles Architectures Ecologiques (2016)
 - ✓ Bâtiments Passifs Tertiaires (2017)
 - ✓ Maisons individuelles passives (2019)
 - ✓ La transition énergétique des bâtiments publics (2020)

