
Observatoire BBC

Les bâtiments Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013

Résidence étudiante – Arc en Meyran
MO : Crous Aix Marseille – Architecte : A+ Architecture
Bepos Effinergie 2013



Retour d'expérience

effinergie

Efficacité énergétique
et confort dans les bâtiments

Le contexte

L'échantillon étudié

Les caractéristiques architecturales

L'enveloppe

Les systèmes

**Les autres critères
L'ACV, l'écomobilité et les usages
mobiliers...**

La performance énergétique

La dimension économique

A retenir



L'OBSERVATOIRE BBC

Un outil pédagogique 2.0

www.observatoirebbc.fr

Un périmètre

Les projets labélisés Effinergie et lauréats d'appel à projets régionaux pour

- ✓ La construction : Bepos+ Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2017, BBC Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2013, Effinergie+ et BBC Effinergie
- ✓ La rénovation : BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Des objectifs

- ✓ Identifier et valoriser les opérations exemplaires
- ✓ Promouvoir les acteurs de la construction et de la rénovation
- ✓ Diffuser du contenu pédagogique
- ✓ Identifier des besoins de formation

Des fonctionnalités

- ✓ Moteur de recherche, géolocalisation, études et statistiques

Des partenaires

- ✓ Le Ministère du Logement
- ✓ L'ADEME
- ✓ Le Collectif Effinergie



Plus de 1 900 projets référencés

- 1 374 bâtiments référencés dans le neuf
 - 1024 BBC Effinergie
 - 192 Effinergie+
 - 139 Bepos Effinergie 2013
 - 10 BBC Effinergie 2017
 - 8 Bepos Effinergie 2017
 - 1 Bepos+ Effinergie 2017
- 535 bâtiments référencés dans la rénovation
 - 535 BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Le contexte de l'étude :

« Définir le périmètre et les objectifs de l'étude »

L'énergie et le bâtiment

Premier poste de consommation d'énergie en France, le secteur du bâtiment se situe au cœur du défi de la transition énergétique.

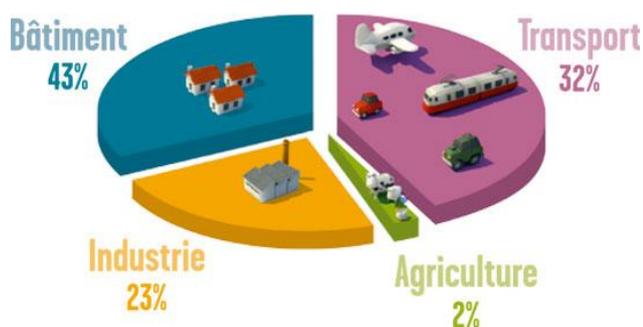


Figure 1 : Répartition de la consommation d'énergie en France – Source : Ministère de l'écologie et du développement durable

L'émergence du Bepos : Du Grenelle à la loi sur la Transition Énergétique Pour la Croissance Verte (TPCV)

La première notion de Bepos est apparue en 2005 lors de réflexions prospectives, entre le CSTB, l'Etat et les énergéticiens, sur la maîtrise de l'énergie à l'horizon 2025. Cependant, avant de mettre en œuvre le bâtiment à énergie positive, il sembla indispensable aux acteurs et aux institutionnels d'introduire une étape intermédiaire permettant la construction de bâtiments « sobres et efficaces » d'un point de vue énergétique. Cette étape fut la RT2012, inscrite dans la loi Grenelle 1 (article 4b) en 2009 et précédée par une phase d'expérimentation au travers de la création et du déploiement du label BBC-Effinergie, porté par l'association Effinergie. En parallèle, la loi Grenelle introduisait le concept de bâtiment à énergie positive en proposant la définition suivante : toutes constructions neuves présentant «une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable

produite dans ces constructions, notamment le bois-énergie ».

Dès 2011, Effinergie anticipa le lancement de la RT2012 et publia son label Effinergie+. Il avait pour objectifs de proposer :

- un niveau d'exigence renforcée sur la sobriété, l'efficacité énergétique et l'étanchéité à l'air du bâti,
- une amélioration des systèmes de ventilation et de la qualité de l'air en rendant obligatoire la mesure de la perméabilité des réseaux,
- un élargissement du périmètre d'étude énergétique en intégrant l'évaluation des consommations mobilières et autres usages de l'énergie, un calcul d'énergie grise et du potentiel d'écomobilité du bâtiment.

Deux années plus tard, l'association Effinergie présenta son label BEPOS-Effinergie 2013. Adossé aux exigences du label Effinergie+, ce nouveau référentiel permit de figer une définition partagée au niveau national. Il introduit la notion de bilan en énergie non renouvelable et imposa la mise en place de procédures de commissionnement.

En 2015, l'ADEME et l'association Effinergie s'associèrent afin de mutualiser leurs travaux respectifs et de poursuivre le référencement des opérations Bepos au sein d'un seul outil de capitalisation : l'Observatoire Bepos (www.observatoirebepos.fr).

En parallèle, l'Etat, au travers de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, eut la volonté d'élargir le périmètre d'étude des bâtiments de demain en proposant une

ambition nouvelle : « l'excellence énergétique et environnementale du bâtiment ». Le bâtiment de demain ne sera plus uniquement à énergie positive mais « positif et bas carbone ».

Le label Energie Positive et Réduction Carbone (E+C-)

Ainsi, après une année de concertation et fort des retours d'expériences de l'association Effinergie, la Ministre Emmanuelle Cosse lança, le 17 novembre 2016, le label E+C-.

Ce label invite les maîtres d'ouvrage volontaires à expérimenter les exigences de la réglementation de demain.

Les labels Effinergie 2017

Après plusieurs mois de travaux collaboratifs, trois nouveaux labels ont été lancés en mars 2017 par l'association Effinergie :

- Le BBC Effinergie 2017
- Le Bepos Effinergie 2017
- Le Bepos + Effinergie 2017

En effet, les retours d'expériences réalisés par l'Observatoire BBC sur les projets

Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 ont permis d'identifier des critères pertinents mais absents du nouveau référentiel E+C-. En conséquence, le Collectif Effinergie a souhaité proposer aux acteurs ayant la volonté de s'engager dans une démarche volontaire ces trois nouveaux labels qui renforcent les aspects de :

- sobriété et d'efficacité énergétique,
- qualité de vie et de confort,
- sensibilisation et d'appropriation du bâtiment par les utilisateurs.

Cette étude constitue un retour d'expériences sur les bonnes pratiques identifiées dans la construction de bâtiments Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013. Elle couvre la période 2012 – 2017 et tente de se projeter vers le futur. Une étude sur les projets Effinergie 2017 (Bepos + Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2017, et BBC Effinergie 2017) sera publiée sur le second semestre 2018.



Résidence Alizari - MO : Habitat 76 – Architectes : Atelier des deux anges - Bepos-Effinergie 2013

L'échantillon étudié

« Quelle méthode ? Comment caractériser l'échantillon étudié ? »

Les échantillons

Les typologies de bâtiments étudiés sont présentées ci-dessous.

LOT 1 : 3530 logements

55 logements en secteur diffus

29 opérations de maisons groupées, soit 455 logements

78 opérations en collectif, soit 3020 logements

LOT 2 : 10 444 logements

213 opérations de logements collectifs, soit 10 444 logements Effinergie+

LOT 3 : 30 logements

30 logements Effinergie+ en secteur diffus

La méthodologie

Organisé en comité technique et de pilotage, l'Observatoire organise la collecte des opérations auprès :

- Des organismes certificateurs : Certivéa, Céquami, Promotelec Services, Cerqual et Prestaterre Certifications. Ces acteurs ont permis d'identifier des projets BEPOS-Effinergie 2013 et Effinergie+.
- Des Régions de France et des Directions Régionales de l'ADEME afin d'identifier les projets lauréats d'appels à projets avec un niveau d'exigence équivalent aux référentiels Effinergie.
- De la presse spécialisée
- Les salons et conférences : lors des participations aux différents salons ou conférences, Effinergie a identifié de nouveaux bâtiments.

L'échantillon étudié se compose de 3 lots principaux

- Lot 1 : 162 projets Bepos Effinergie 2013 et Effinergie+ sur lesquels on dispose des études thermiques et des fiches XML associées
- Lot 2 : 213 projets collectifs Effinergie+ dont on dispose uniquement des fiches XML.
- Lot 3 : 30 projets de maisons individuelles en secteur diffus Effinergie+ dont on dispose uniquement des fiches XML.

L'étude propose une analyse technico-économique des solutions mises en œuvre sur l'ensemble de ces lots. Cependant, suivant les paramètres étudiés, la taille de l'échantillon pourra être différente.

Enfin, avant toutes analyses, il s'avère indispensable de s'assurer de la représentativité de l'échantillon au regard des opérations référencées au niveau national.

A la lecture du graphique ci-après, l'échantillon (lots 1 à 3) et l'ensemble des projets certifiés en France possèdent une clé de répartition des usages relativement similaire. En effet, le secteur résidentiel représente 81% (échantillon) à 83% (ensemble des projets) dans les deux bases étudiées.

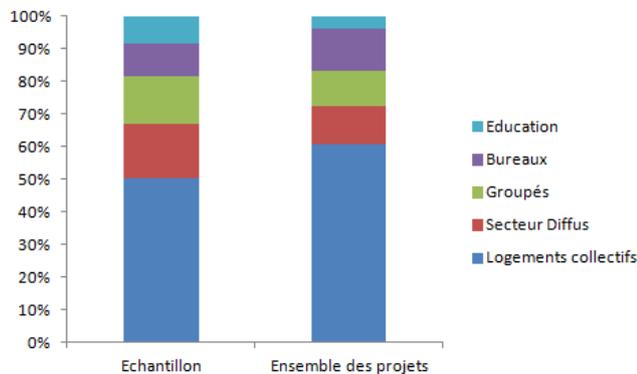


Figure 3 : Répartition des bâtiments par usages

Dans le secteur résidentiel, les opérations collectives sont légèrement sous représentées dans l'échantillon (-9 pts) par rapport à l'ensemble des projets au détriment des logements en secteur diffus. Dans le secteur tertiaire, les bâtiments d'éducation sont surévalués dans l'échantillon (+6 pts), notamment pour les projets Effinergie+.

2. Les zones climatiques

Dans les grandes masses, l'échantillon est représentatif de l'ensemble des projets certifiés en France en termes de répartition géographique. En effet, la zone H1 regroupe l'essentiel des opérations identifiées (74% sur l'ensemble des projets) ou étudiées (58% dans l'échantillon). Les autres opérations se répartissent ensuite entre les zones H2 (22% à 35%) et H3 (4% à 7%).

L'analyse par zone climatique révèle une sous représentation de la zone H1a (-22 points) et une sur représentation de la zone H1c (+10 points) dans notre échantillon.

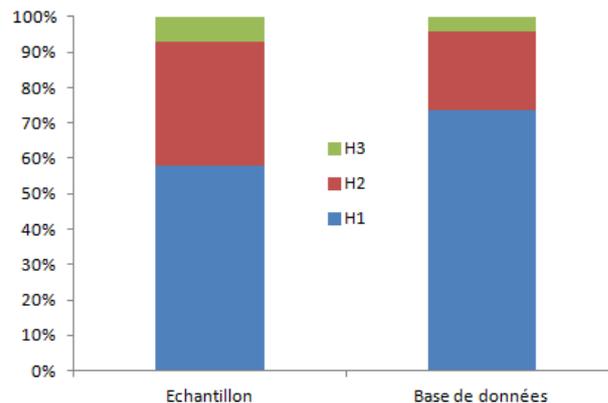


Figure 4 : Répartition des bâtiments par zones climatiques

Regard sur l'ensemble des projets certifiés

Les zones climatiques présentant des densités de population et des surfaces hétérogènes, les analyses du nombre et de la répartition des opérations ne permettent pas de mettre en exergue le dynamisme territorial de la construction Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013. Il s'avère pertinent d'analyser ces chiffres au regard du nombre d'habitants et de la densité de population. Ainsi, le tableau ci-dessous, met en lumière que la zone H1 présente la plus forte densité d'opération au m² mais le plus faible nombre d'opérations par millions d'habitants.

Zone climatique	Nb opérations	Nb opérations par 10 000 km ²	Nb opérations par Millions d'habitants
H1	939	35,5	24,5
H2	280	12	50
H3	55	12	39

Figure 5 : Nombre de projets par surface et par nombre d'habitants dans chaque zone climatique

Par ailleurs, une analyse par région permet d'affiner les tendances présentées ci-dessus. Sur note échantillon, 80% des opérations certifiées Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 sont répartis sur 6 régions à savoir les régions Ile de France (26%), Nouvelle Aquitaine (20%), Occitanie (14%), Auvergne-Rhône-Alpes (9%), Hauts de France (7%) et Normandie (6%).

3. L'origine des projets

Les projets référencés dans l'Observatoire sont principalement issus :

- des appels à projets pilotés par les Directions Régionales de l'ADEME et les Régions de France,
- des projets certifiés.

Pourquoi s'intéresser à l'origine des projets ?

Les différents retours d'expériences publiés par l'Observatoire BBC ont mis en lumière l'influence de l'origine du projet sur les solutions techniques mises en œuvre et donc sur l'interprétation des résultats. Trois principaux facteurs peuvent motiver les choix retenus :

- Le contenu des référentiels des appels à projet : certains référentiels intègrent des bonus ou des aides financières spécifiques notamment pour l'installation d'un chauffage au bois, pour l'utilisation d'écomatériaux, pour une production d'ECS solaire, pour la production locale d'électricité, pour la mise en œuvre d'innovations techniques.
- Le profil des candidats
- Le choix de solutions techniques déployées dans le cadre d'une

« massification de l'exemplarité énergétique » inhérente au nombre important de projets certifiés (682 000 logements BBC-Effinergie, 47 000 logements Effinergie+,...) par rapport aux centaines de lauréat des appels à projets.

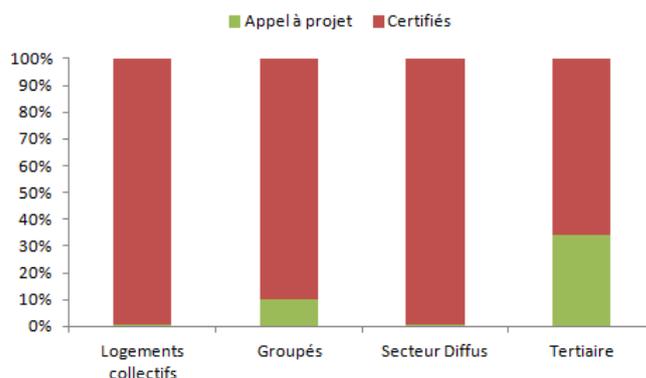


Figure 6: Répartition des projets par origine

On constate que sur notre échantillon, les logements collectifs et individuels en secteur diffus sont exclusivement issus de la certification. Seuls, quelques maisons individuelles groupées (10%) et 30% des bâtiments tertiaires ont été lauréats d'appels à projets. Il sera intéressant d'étudier l'influence de l'origine du projet sur ces deux derniers usages.

Caractéristiques architecturales

« Surface, compacité, hauteur des bâtiments ...»

Maison témoin – Constructeur : La Bocaine - Bepos-Effinergie 2013



1. La surface

Les maisons individuelles en secteur diffus se caractérisent par une surface moyenne de 118 m² SRT, valeur supérieure à la surface moyenne constatée en France (source INSEE). La surface habitable est de l'ordre de 98,2 m².

En parallèle, les opérations de logements groupés concernent en moyenne des projets de 950 m² SRT regroupant 11 logements. En conséquence, la surface moyenne de chaque

logement est de 92 m² SRT, soit 75 m² de surface habitable.

Shon RT (m ²)	Nb. Projets	Min	Moyenne	Max
Maison individuelle diffus	87	72	118	192
Maisons groupées	71	105	950	3570
Collège	9	6878	22086	13345
Logements collectifs	246	157	3450	11892

Figure 7 : Tableau des surfaces par type de bâtiments

Enfin, les logements collectifs étudiés ont une surface moyenne par logement de 75 m² SRT, soit 61 m² de surface habitable. Chaque opération possède 54 logements en moyenne. Il existe une deuxième famille de logements collectifs qui correspondent aux logements étudiants. Ils se caractérisent par une surface inférieure à 25 m².

2. L'architecture

Les bâtiments Bepos référencés présentent des caractéristiques architecturales diversifiées et dépendent, entre autres, du sens donné au projet :

- Bâtiment exemplaire à valeur patrimoniale
- Bâtiment « vitrine » d'un constructeur (maison témoin), pour un élu,...
- Bâtiment anticipant la massification des bâtiments dits « Bepos » et visant un optimum technico-économique

La forme des bâtiments est aussi impactée par la surface de toiture requise pour atteindre le niveau Bepos Effinergie 2013.

3. Les niveaux

Le nombre de niveaux des opérations dépend du type de bâtiments. Ainsi, 57% des maisons individuelles sont de plain-pied. Les maisons avec un étage concernent 40% des projets étudiés.

En collectif, 87% des opérations ont moins de 5 étages.

A titre d'information, 57% des bureaux possèdent 2 ou 3 étages. Les bureaux de plain pied ne regroupent que 20% des opérations étudiées. Enfin, plus de 19% des bureaux Bepos ont plus de 7 étages. A contrario, les bâtiments d'enseignements primaires se caractérisent

par des structures de plain pied (40%) ou avec un étage (28%). Plus précisément, 100% des bâtiments scolaires étudiés ont moins de 3 niveaux.

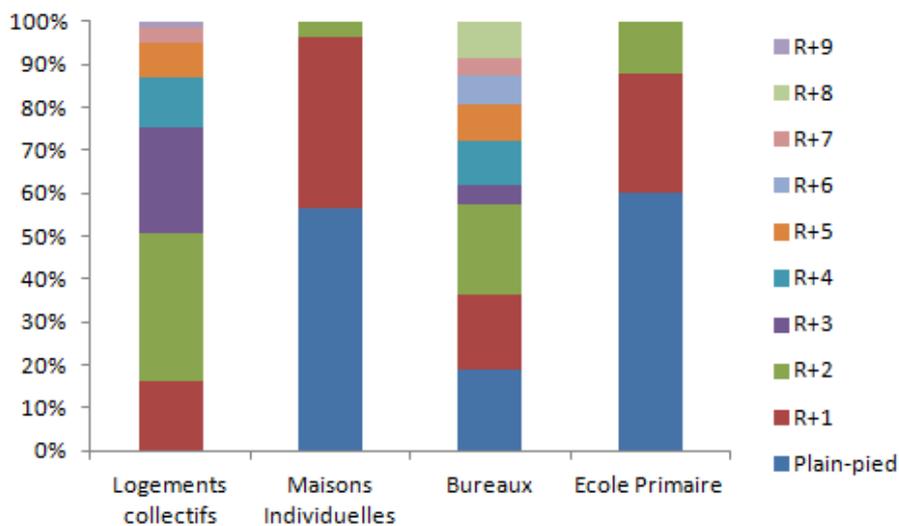


Figure 8 : Répartition du nombre de niveaux par types de bâtiments

4. La compacité¹

Sur notre échantillon, les bâtiments présentent des compacités différentes suivant l'usage des bâtiments. Ainsi, les maisons individuelles et les écoles primaires ont une valeur de compacité plus importante que les bureaux et logements collectifs. Ce résultat est à mettre en regard de l'analyse précédente sur le nombre d'étage des bâtiments Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013.

Par ailleurs, l'écart type des logements collectifs (0,41) et des écoles primaires (0,46) est plus faible que celui des maisons individuelles (0,76) ou des bureaux (0,68). Ce résultat illustre les diversités architecturales et de formes observées notamment sur les projets de maisons individuelles.

Compacité	Nb. Projets	Min	Moyenne	Max
Bureaux	50	0,2	1,5	2,9
Ecole Primaire	29	0,5	2,16	3
Logements collectifs	81	0,7	1,3	2,6
Maison individuelle	82	0,2	2,17	4,5

Figure 9 : Compacité des bâtiments

¹ Définie comme le ratio entre la surface des parois extérieures (AT) et la surface de référence (SRT, SHON RT, ..) suivant les réglementations

L'enveloppe

« Quel matériau ? Quel isolant ?... »

Opération Ginko – MO : Bouygues immobilier - Architecte : Devillers & Associés SARL

Bepos Effinergie 2013



1. Matériau et système constructif

Sur l'ensemble des projets étudiés (n=163), on note une grande diversité des matériaux de construction utilisés.

Cependant, les constructions en béton (49 opérations), en parpaings (45 opérations) et en ossatures bois (33 opérations) sont majoritaires. Deux facteurs semblent influencer le choix du matériau de construction :

- **le type du bâtiment**: la construction en béton semble être privilégiée pour les logements collectifs (55%), alors

que les maisons individuelles sont principalement construites en parpaings (58%).

- **l'origine du projet** : quel que soit le type de bâtiments, les lauréats d'appel à projet utilisent plus l'ossature bois que les projets certifiés.

Ce constat avait déjà été identifié dans les précédentes études publiées par l'Observatoire BBC.

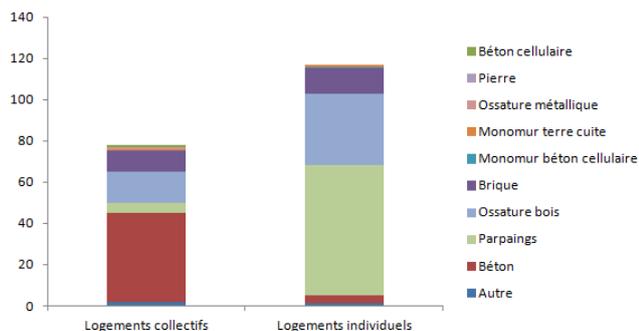


Figure 10 : Nombre de projets par types de bâtiments et par matériau de construction

2. Les parois extérieures

Les logements collectifs (n=78)

Au sein de notre échantillon, l'habitat collectif est principalement construit en béton (55%). Les autres projets sont construits en ossature bois (19%) ou en briques (13%).

Afin de limiter les pertes par les ponts thermiques, les opérations en béton (n=43) sont principalement isolées par l'extérieur (65%). Certaines opérations bénéficient d'une isolation par l'intérieur et par l'extérieur (16%). Elles utilisent principalement des isolants de type « plastique alvéolaire » ou des laines minérales.

Pour les constructions en ossature bois (n=15), différentes solutions ont été mises en œuvre :

- isolation par l'extérieur ou doublage intérieur en complément de l'isolation entre les montants,
- isolation entre les montants

Enfin, les opérations en briques (n=10) ont été aussi bien isolées par l'intérieur (n=5) que par l'extérieur (n=5).

Les maisons individuelles (n=117)

Dans notre échantillon, les maisons individuelles sont majoritairement construites en parpaings (52%). La part des constructions en ossature bois (30%) ne varie pas suivant le type de bâtiment. Enfin, les constructions en briques qui représentent en

moyenne près de 10% des logements individuels étudiés, varient de 11% en secteur diffus à 7% en groupés.

En parallèle, ces logements individuels sont principalement isolés par l'intérieur, notamment dans le secteur diffus (83%).

Enfin, la principale association « matériau – isolant – système constructif » en maisons individuelles en secteur diffus est le trio « Parpaings – Isolation par l'intérieur – Laine minérale » mis en œuvre dans 47% des projets étudiés.

3. Les toitures

Les logements collectifs (n=70)

Notre échantillon présente une majorité de bâtiments collectifs avec une toiture terrasse (57%). En parallèle, 33% des projets étudiés sont pourvus d'une toiture en pente. Enfin, 5% des projets sont équipés d'une toiture métallique.

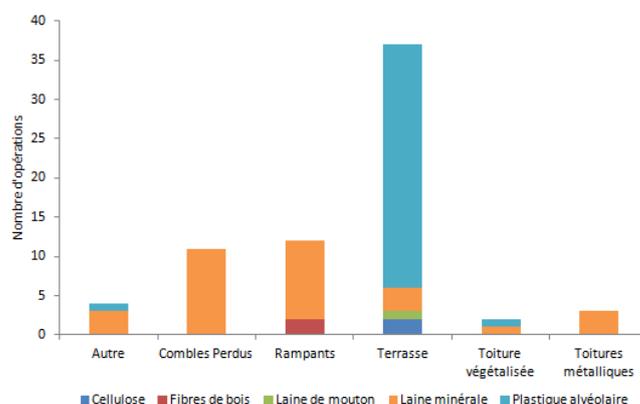


Figure 11 : Type de toiture et isolation associées logements collectifs

Les toitures terrasses des logements collectifs sont isolées majoritairement par l'extérieur avec des plastiques alvéolaires (80%). Quelques projets ont été isolés avec de la laine minérale (n=4/39) ou des éco-matériaux (n=3/39).

En parallèle, les toitures en pente sont isolées avec de la laine minérale (91%).

Enfin, les éco-matériaux ne sont utilisés que dans 5% des toitures étudiées (terrasses, toiture végétalisée, ...).

Les maisons individuelles (n=85)

Sur notre périmètre d'étude, 75% des maisons individuelles en secteur diffus sont pourvues de toitures en pente (combles et rampants). En parallèle, 15% d'entre elles sont construites avec une toiture terrasse.

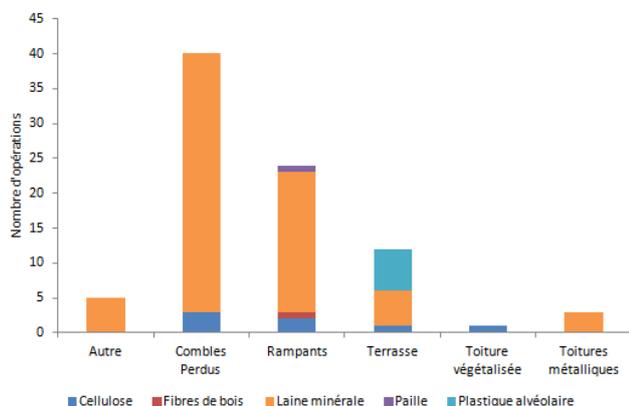


Figure 12: Type de toiture et isolation associées en maisons individuelles

Comme en logements collectifs, les toitures en pente sont isolées en très grande majorité avec de la laine minérale. Quelques projets ont isolé leurs toitures avec des éco-matériaux (ouate de cellulose, fibres de bois, paille), mais le taux de pénétration de ces isolants demeure inférieur à 10%. Par ailleurs, ces isolants n'ont été mis en œuvre, à l'exception d'un projet certifié, que dans le cadre d'appels à projets régionaux ciblant leurs aides sur les volets « énergétiques » et « éco-matériaux ». Dans le cas des toitures terrasses, deux types d'isolants sont principalement utilisés : le plastique alvéolaire (polyuréthane principalement) et la laine minérale.

4. Les planchers bas

Les logements collectifs (n=70)

Au sein de l'échantillon étudié, on relève une grande diversité de plancher bas. En effet, les immeubles collectifs sont construits principalement sur terre-plein (41%), des parkings ou sous-sol (18%) ou des vides sanitaires (13%).

Les planchers bas sur terre plein sont principalement composés d'une dalle de béton de 15 à 20 cm d'épaisseur isolée

avec du plastique alvéolaire (90%). Il s'agit le plus souvent d'une isolation en polyuréthane de 8 à 10 cm d'épaisseur ou en polystyrène (extrudé ou expansé) de 10 à 14 cm d'épaisseur.

Sur notre périmètre d'étude, les planchers bas sur sous-sol et parking sont isolés avec 3 grands principes :

- Une dalle de béton de 20 à 25 cm d'épaisseur isolée avec 13 à 18 cm de laine de roche,
- Une dalle en béton avec 8 à 10 cm de polyuréthane,
- Une dalle en béton de 20 à 25 cm d'épaisseur isolée avec du polystyrène.

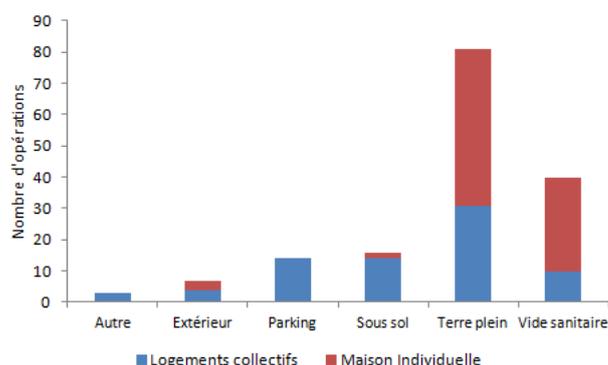


Figure 13: Type de planchers par bâtiments

Les maisons individuelles (n=85)

L'échantillon présente une majorité de maisons individuelles construites sur terre plein (59%). En parallèle, 35% des projets sont construits sur un vide sanitaire. On note que les maisons individuelles groupées sont plus majoritairement construites sur terre plein que les maisons en secteur diffus.

Les planchers bas sur terre plein sont principalement (71%) composés d'une dalle de béton de 12 à 20 cm isolée avec 8 à 12 cm de polyuréthane. Les autres projets sont isolés avec du polystyrène expansé ou extrudé. Aucun éco-matériau n'est utilisé pour isoler les planchers bas sur terre plein.

Les planchers bas sur vide sanitaire sont composés principalement d'hourdis béton ou d'entrevous moulés en polystyrène.

5. Les baies vitrées

Les menuiseries

Sur notre échantillon de logements collectifs et individuels (n=149), 89% des projets sont équipés de menuiseries à double vitrage et 11% de menuiseries à triple vitrage.

Les doubles vitrages (n=133) sont montés principalement sur des châssis en PVC (55%) et en aluminium à rupteurs de ponts thermiques (31%). Les menuiseries en bois sont mises en œuvre sur 12% des projets étudiés.

Au sein de notre échantillon, on constate que les menuiseries en aluminium à rupteurs de ponts thermiques sont davantage déployées dans les maisons individuelles (42%) que dans le collectif (19%). En parallèle, les menuiseries bois sont installées dans 18% des logements collectifs alors qu'elles ne représentent que 7% dans les maisons individuelles.

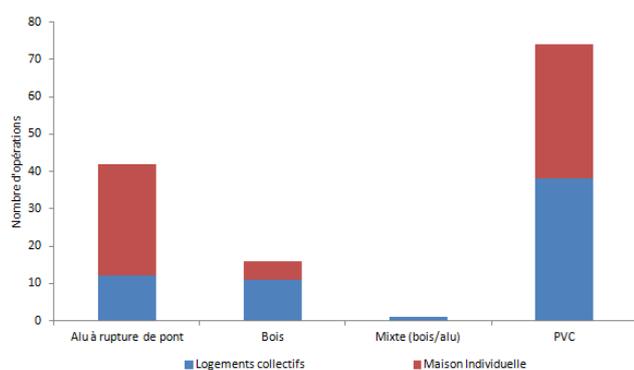


Figure 14 : Type de menuiseries par bâtiments

Les fenêtres à triples vitrages (n=16) sont principalement présentes en zone H1 (n=9 sur 16 projets), et notamment en zone H1a et H1c. Leurs châssis sont principalement en PVC (n=9 sur 16 projets). On en retrouve aussi en bois (n=4 sur 16 projets) et en bois/aluminium (n=3 sur 16 projets).

L'ensemble de ces fenêtres est majoritairement équipé de volets roulants (78%).

La surface vitrée

Le ratio entre la surface vitrée et la surface habitable est de l'ordre de 19% dans le secteur résidentiel. Il était de l'ordre de 13% en RT2005. Il varie

- de 16% à 37% en maisons individuelles,
- de 16% à 27% en logements collectifs.

L'augmentation de la surface vitrée contribue à améliorer le confort de vie des habitants en favorisant un éclairage naturel. Par ailleurs, elle contribue à améliorer la performance énergétique du bâtiment. Ainsi, en augmentant les apports solaires, les surfaces vitrées permettent de diminuer les besoins en chauffage et en éclairage, et donc de réduire le Bbio.

Les orientations

Sur notre échantillon de maisons individuelles (n=78), on constate une surface vitrée au Sud plus importante par rapport aux autres orientations. En effet, en moyenne, 53% de la surface vitrée est exposée au Sud pour 23% au Nord, 14% à l'Ouest et 10% à l'Est.

En parallèle, en logements collectifs (n=80), on note que l'exposition des fenêtres au Sud est privilégiée (39% de la surface vitrée) mais inférieure à celle observée en maisons individuelles (53% de la surface vitrée) à cause des contraintes inhérentes aux parcelles.

Note : En l'absence de protections solaires, une forte exposition des baies au soleil peut favoriser les surchauffes.

6. Les pertes thermiques

Sur l'échantillon étudié (n=119 projets de logements collectifs et individuels), les pertes thermiques sont principalement dues aux baies vitrées (35%).

Les maisons individuelles (n=67)

Dans les maisons individuelles (n=67), les seconds postes de déperditions sont les murs extérieurs (24%) et les planchers bas (16%), les pertes par ponts thermiques représentant 14% des pertes totales.

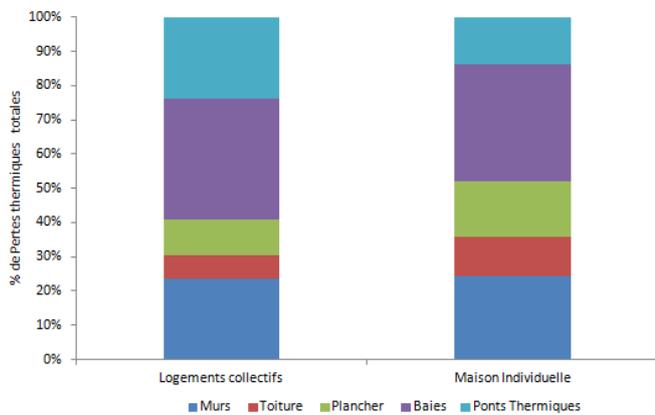


Figure 15 : Répartition des pertes thermiques par types de bâtiments

Les logements collectifs (n=52)

Sur notre échantillon étudié, les postes les plus déperditifs, après les baies, sont les murs extérieurs (24%) et les ponts thermiques (24%). Les pertes par planchers bas (10%) et par toiture (7%) représentent moins de 20% des pertes totales.

Logiquement, plus le bâtiment possède d'étages, plus la part des pertes par les ponts thermiques est importante. Ainsi, elle passe de

- 12% pour les maisons de plain pied à plus de 16% pour les maisons à étages,
- 21% pour les immeubles en R+1 à 27% pour les R+5.

Enfin, les niveaux du ratio de transmission thermique linéique moyen global - Ratio Psi - des ponts thermiques du bâtiment et le coefficient de transmission thermique linéaire moyen - Psi9 - se situent bien en deçà des exigences réglementaires.

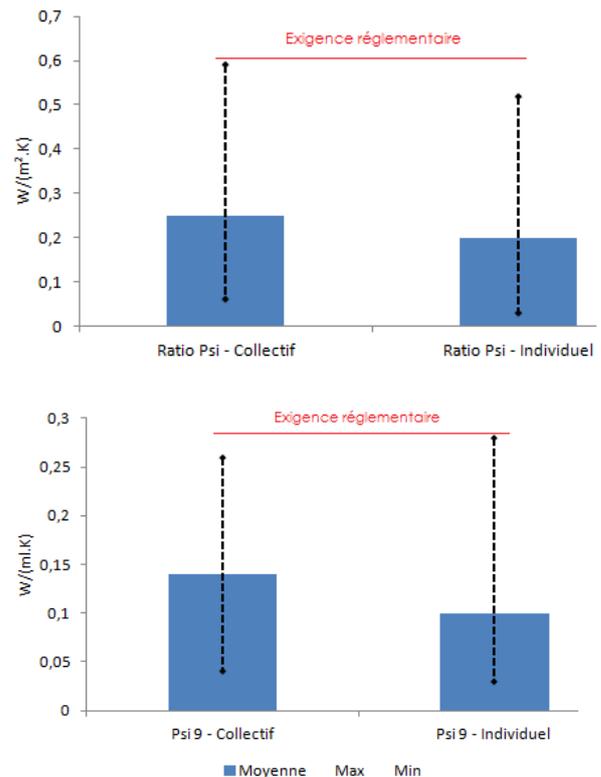


Figure 16 : Ratio Psi et Psi 9 par types de bâtiments

7. L'étanchéité à l'air

Règles Effinergie et résultats

L'étanchéité à l'air des bâtiments étudiés est performante.

En effet, sur 61 maisons individuelles étudiées, la moyenne du Q4 mesurée se situe à $0,29 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, soit 27% en dessous de l'exigence du label Effinergie+ ($0,40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) et plus de 51% en dessous de l'exigence RT 2012 ($0,60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$).

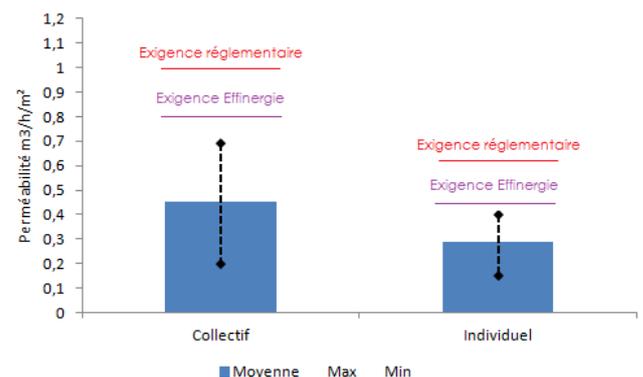


Figure 17: Perméabilité par types de bâtiments

En collectif, la performance moyenne se situe autour de 0,45 m³/h/m² sur les 25 projets étudiés, soit 43% en dessous de l'exigence du label Effinergie+ (0,80 m³/h/m²) et 55% en dessous de l'exigence RT 2012 (1,00 m³/h/m²).

8. Les performances thermiques

En maisons individuelles (n=85)

Sur notre échantillon, les planchers hauts présentent des niveaux de résistances moyens les plus élevés (R : 8,4 m².K/W). Ils sont supérieurs à ceux observés dans les projets BBC Effinergie (R : 7,7 m².K/W). Certains projets ont isolé leurs toitures avec des résistances avoisinant les 12 (m².K)/W. La résistance des murs extérieurs se situent autour de 5,2 (m².K)/W. Elle était de 4,5 (m².K)/W en BBC Effinergie. Enfin, les planchers bas sur terre plein et vide sanitaire ont une résistance équivalente, située autour de 6 (m².K)/W.

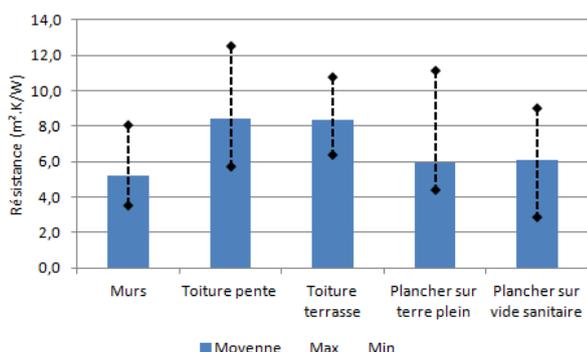


Figure 18: Résistances des parois en logements individuels

En logements collectifs (n=76)

Les constats sont relativement similaires en logements collectifs.

De manière générale, les principaux enseignements sont :

- Les niveaux de résistance des projets Effinergie+ et BEPOS-Effinergie 2013 sont supérieurs aux projets certifiés BBC-Effinergie, confirmant la volonté de renforcer la qualité de l'enveloppe thermique afin de limiter

les besoins à couvrir par des énergies renouvelables.

- La définition du label BEPOS-Effinergie 2013, instaurant un garde-fou (le niveau Effinergie+), limite la variabilité des résistances. En effet, la plage des résistances relevée sur les projets BEPOS-Effinergie 2013 est réduite par rapport à celles des projets BBC-Effinergie.

9. Le Bbio

Règles Effinergie

Les labels Effinergie+ et Bepos-Effinergie imposent un gain de 20% par rapport à l'exigence réglementaire.

Résultats

Bbio	Nb projets	Bbio projet	Bbio max	Ecart (pts)	Gain (%)
Logement collectif	247	44,8	70,12	25	36,7%
Maison individuelle diffus	85	45,5	62,8	17	28,0%
Maisons groupées	71	51,5	77,7	26	34,4%

Figure 19 : Niveau et gain Bbio par types de bâtiments

Les gains constatés sur notre échantillon sont de l'ordre de 28% (en secteur diffus) à 36% (logements collectifs) par rapport à l'exigence réglementaire. Plus précisément, les équipes projets ne se contentent pas de converger vers l'exigence de -20% par rapport au Bbiomax réglementaire mais dépassent l'exigence des labels.

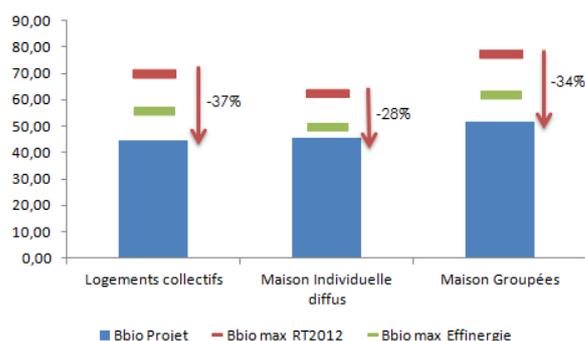


Figure 20 : Niveau de Bbio suivant le type de bâtiment

Les systèmes

« Quelle énergie de chauffage et ECS ? Quelle ventilation ?... »



Maison Gautheron - –Constructeur : Les Maisons de Loire

Bepos-Effinergie 2013

1. Le chauffage

En maisons individuelle (n=125)

Premier enseignement :

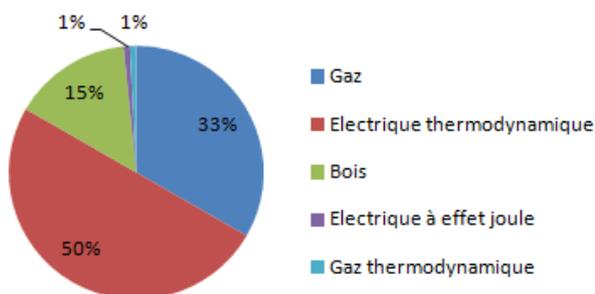


Figure 21: Répartition de l'énergie de chauffage en maisons individuelles

Sur notre échantillon les maisons individuelles sont principalement chauffées

à l'électricité (50%), au gaz (33%), et au bois (15%).

Deuxième enseignement : Cette clé de répartition dépend du type de maisons individuelles et de l'origine du projet.

En effet, les maisons individuelles groupées (n=29) sont principalement chauffées par une solution au gaz (n=16/29) ou au bois (n=11/29) alors que les solutions thermodynamiques sont majoritairement installées dans les maisons en secteur diffus (n=62/96).

Par ailleurs, dans le cadre des maisons individuelles groupées, les bâtiments issus d'appels à projets régionaux (n=7) sont majoritairement chauffés au bois alors que les projets certifiés (n=22) sont équipés majoritairement d'une solution au gaz.

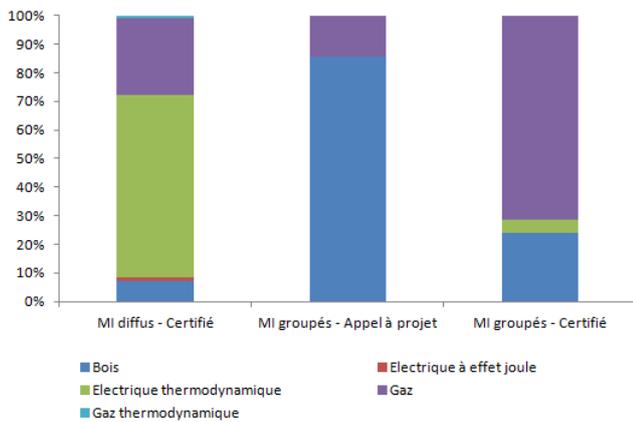


Figure 22 : Répartition des l'énergie de chauffage en fonction du type de maisons et de l'origine du projet

Par ailleurs, il est intéressant de constater que le type de labels (Bepos Effinergie 2013 ou Effinergie+) n'influence pas la clé de répartition de l'énergie de chauffage dans le secteur diffus certifié.

Troisième enseignement : Une influence de la zone climatique sur l'énergie de chauffage utilisée.

Afin d'éliminer les paramètres impactant la clé de répartition (l'origine et le type de bâtiment), l'étude se focalise uniquement sur les maisons individuelles en secteur diffus certifiées (n=101). En parallèle, seules les zones H1a, H2b et H3 seront étudiées car les autres zones climatiques n'ont pas assez de projets pour être représentatives.

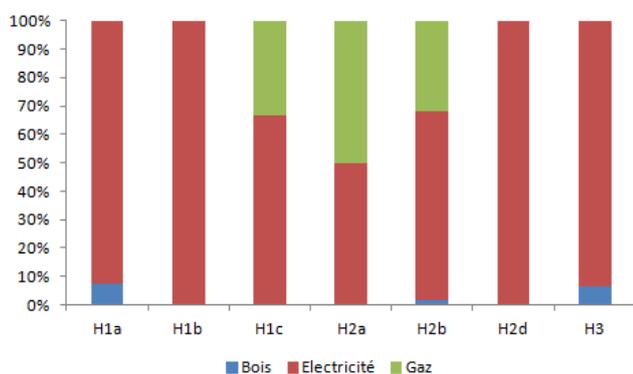


Figure 23 : Répartition de l'énergie de chauffage par zone climatique pour les maisons individuelles certifiées en secteur diffus

On constate le chauffage à l'électricité est majoritairement utilisé en zone H1a et H3. A contrario, seule la zone H2b possède des projets chauffés au gaz. Par ailleurs, les clés

de répartition sont relativement similaires dans les zones H1 et H2.

En logements individuels l'émission de chaleur est réalisée principalement par 3 types d'émetteurs :

- 43% par des radiateurs,
- 25% par des planchers chauffants
- 24% par un couple associant plancher chauffant et une solution à effet joule (convecteurs, panneaux rayonnants, sèches serviettes,..)

Les logements collectifs (n=78)

Premier constat : Le chauffage au gaz (n=45) est majoritaire dans les opérations de logements collectifs Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013. Cependant, le taux identifié sur notre échantillon (58%) est inférieur à celui observé dans nos précédentes études sur les projets BBC Effinergie (79%).

En effet, 58% des opérations sont chauffées au gaz. Ces projets sont équipés de chaudière gaz à condensation dans 50% des cas et leur puissance moyenne avoisine les 22 kW. En parallèle, 35% des opérations possèdent une chaudière gaz collective. Enfin, 15% des bâtiments sont raccordés à une chaufferie inter-bâtiment.

En parallèle, 19% des projets sont raccordés à un réseau de chaleur urbain et 13% sont chauffés au bois. Les solutions à effet joule (5%) et thermodynamique (3%) demeurent minoritaires.

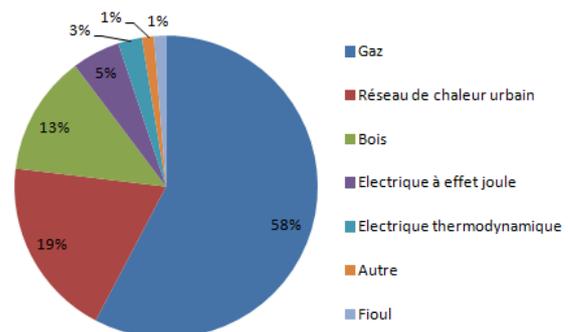


Figure 24 : Répartition de l'énergie de chauffage en logements collectifs

Deuxième constat : L'émission de chaleur est assurée par des radiateurs dans 83% des projets qu'elle que soit l'énergie de chauffage.

Ils sont équipés de robinets thermostatiques.

Troisième constat : La clé de répartition de l'énergie de chauffage n'est pas influencée par l'origine du projet, mais par sa localisation.

En effet, que ce soit lors d'appel à projet (64%) ou dans le cadre d'une certification (57%), le chauffage au gaz demeure majoritaire.

Cependant, l'énergie de chauffage varie en fonction de la zone climatique. Ainsi, les bâtiments raccordés à un réseau de chaleur urbain sont principalement situés en zone H1, et notamment en zone H1c.

Quatrième constat : Les projets Bepos Effinergie 2013 et Effinergie+ semblent avoir des clés de répartition d'énergie de chauffage différentes.

En effet, alors que 70% des projets Effinergie+ sont chauffés au gaz, on constate que ce taux chute à 25% en Bepos-Effinergie 2013. De manière générale, les projets Bepos-Effinergie 2013 semblent présenter une plus grande diversité de solutions énergétiques que les projets Effinergie+.

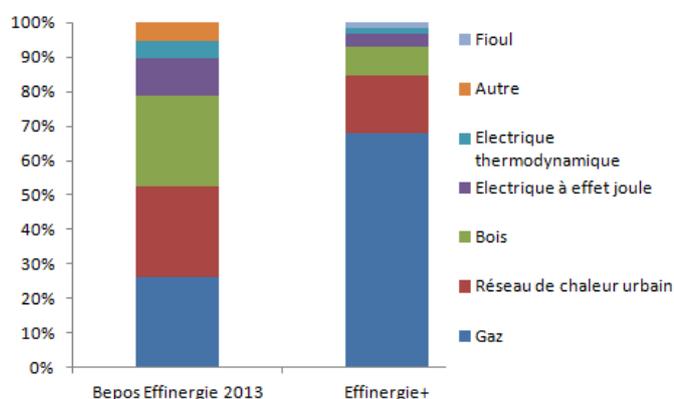


Figure 25 : Répartition de l'énergie de chauffage en fonction du label Effinergie

2. La production d'ECS

En maisons individuelle (n=125)

Premier constat : L'énergie d'ECS dépend de l'énergie de chauffage choisie

Dans le secteur diffus (n=102), les maisons chauffées par une solution thermodynamique (n=75), ont principalement installé une pompe à chaleur à double service air/eau ou un ballon thermodynamique qui assure le chauffage et la production d'ECS (n=71). Les autres projets (n=3) ont installé une chaudière gaz à condensation (n=1) ou une solution solaire pour produire l'ECS.

En parallèle, les maisons en secteur diffus chauffées par une chaudière gaz (n=24) ont fait le choix de conserver la chaudière pour la

production d'ECS

(n=16), d'installer

une solution solaire

avec un appoint gaz

(n=3) ou de

produire l'ECS par

une solution thermodyn

amique air/eau

(n=5).

Enfin, dans le cas d'un chauffage au bois (n=10), le maître d'ouvrage, a ajouté un appoint électrique (effet joule) dans les salles d'eau, et produit son ECS avec une solution solaire (n=3) ou thermodynamique (n=7).

Le cas particulier de la solution chaudière hybride gaz

Dans le cas du projet de [Mr et Mme Verchay](#), un système de chauffage associant une pompe à chaleur air / eau et une chaudière gaz à condensation, piloté par un boîtier de gestion intelligent assure la production de chaleur et d'ECS.

En parallèle, sur notre échantillon de maisons individuelles groupées chauffées au gaz (n=20), 50% des opérations (n=10) ont installé une solution solaire avec un appoint gaz. Les autres projets ont fait le choix de

conserver la chaudière au gaz pour la production d'ECS (n=6) ou d'installer un ballon thermodynamique (n=4).

Par ailleurs, les maisons groupées chauffées au bois (n=11) ont principalement installé une solution solaire avec appoint bois (n=4) ou conservé le générateur au bois pour la production d'ECS (n=4). Enfin, certains projets (n=3) ont installé un ballon thermodynamique.

A titre d'information, les installations solaires étudiées se caractérisent par

- Une surface moyenne des capteurs de l'ordre de 2,8 m²
- Des ballons de 195 à 300 litres

En logements collectifs

Premier constat : La production d'ECS est majoritairement produite par la chaudière gaz directement ou en appoint d'un système solaire.

En effet, les logements collectifs (n=78) chauffés au gaz (n=45) utilisent dans 60% des projets le même générateur pour la production d'ECS (n=27). En parallèle, des solutions solaires collectives ont été installées (n=14) avec un appoint gaz dans certains projets.

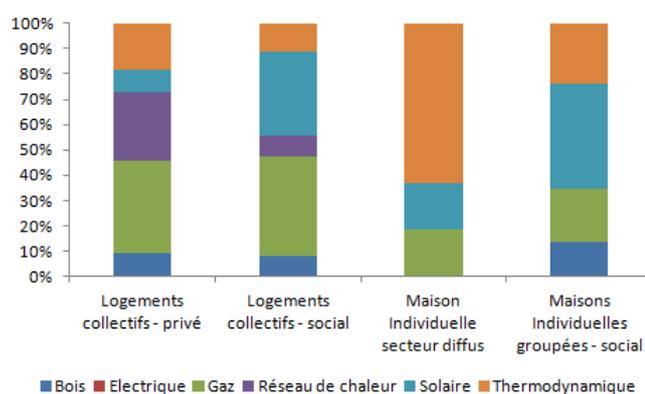


Figure 26 : Répartition de l'énergie d'ECS en fonction du type de logement

Deuxième constat : La production d'ECS par une solution solaire est plus développée dans le secteur social que dans le privé.

En effet, alors que le pourcentage de bâtiments équipés d'une solution gaz demeure proche dans le social et dans le privé (36 à 39%), la part du solaire est bien

plus importante dans le parc social (33%, n=21 sur 63) que dans le privé (10%, n=1 sur 11).

Troisième constat : Au sein du parc social, l'origine du projet a un impact sur le choix de l'énergie de l'ECS.

En effet, alors que les logements sociaux utilisent le gaz pour produire l'ECS dans 40% des projets, ce taux chute à 22% dans le parc social certifié en faveur du développement de la solution solaire (n=16 sur 54, soit 30%).

3. Les systèmes de ventilation

Premier constat : La ventilation mécanique hygroréglable de type B est très majoritairement mise en œuvre dans les projets résidentiels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013.

En effet, plus de 80% des logements sont équipés de cette solution. La ventilation double flux représente moins de 15% des installations dans le secteur collectif. Par ailleurs, l'efficacité théorique moyenne de l'échangeur est de l'ordre de 89%.

A titre de comparaison, les solutions de ventilation double flux sont principalement déployées dans le secteur tertiaire.

Deuxième constat : L'origine du projet n'a pas d'influence sur le choix des solutions mises en œuvre.

Troisième constat : La zone climatique semble influencer le taux d'installation de ventilations double flux.

Ainsi, hormis la zone H2c qui ne présente aucun projet avec une ventilation double flux, et les zones H2d et H2a qui n'avaient pas un nombre assez significatifs de projets, 17% (H1b) à 21% (H1a et H1c) des projets sont équipés d'une ventilation double flux en zone H1.

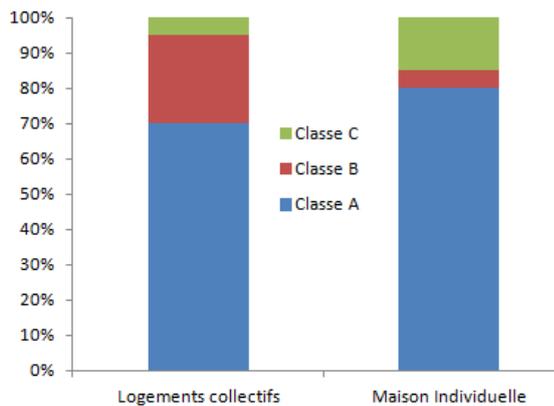


Figure 27 : Classe d'étanchéité mesurée des réseaux de ventilation par type de bâtiments

4. Les réseaux de ventilation

Règles Effinergie

L'étanchéité des réseaux doit être au minimum de classe A pour les projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013

Depuis, le 1er février 2017, une pré-inspection, des vérifications fonctionnelles et des mesures fonctionnelles aux bouches de ventilation et une mesure d'étanchéité à l'air des réseaux doivent être réalisées conformément au protocole PROMEVENT et à son guide..

A ce jour, sur 45 opérations étudiées et mesurées, 75% atteignent la classe A. En parallèle, 15% des projets atteignent la classe B et 10% la classe C.

5. La production locale d'électricité

Premier constat : Mise à part quelques exceptions, la production locale d'électricité est assurée par des panneaux photovoltaïques.

En effet, sur l'ensemble des projets Bepos Effinergie 2013 (n=69), 98% sont équipés de panneaux photovoltaïques.

En parallèle, certains projets ont étudié ou installé des systèmes de production de chaleur par

- Cogénération sur moteur gaz à récupération d'énergie (Le Mess),

- Cogénération avec appoint séparé (Lycée Lucie Aubrac),
- Cogénération gaz avec production électrique de 20 kW (Résidence le Sundeck).

Enfin, un projet a installé une éolienne (Maison Toutou).



Figure 28 : Maison Toutou – Bepos-Effinergie 2013 – Mas Provence

Deuxième constat : Les rendements des panneaux photovoltaïques s'améliorent au fil du temps.

En effet, les rendements sont passés de 13,8% sur les projets BBC-Effinergie à 17,7% sur les opérations Bepos-Effinergie 2013, soit une amélioration de 25%.

Rendement	BBC-Effinergie	Effinergie+	Bepos-Effinergie
Logement collectif	15%	15%	18,8%
Maison individuelle	12,6%	15,2%	16,7%
Moyenne	13,8%	15,6%	17,7%

Figure 29 : Rendement des panneaux photovoltaïques

Troisième constat : Une majorité des projets (66%) sont équipés de panneaux monocristallins dans le secteur résidentiel.

Ce taux varie en fonction du type de bâtiment. En effet, il atteint 80% en logements collectifs (n=18 sur 22 opérations) alors qu'il chute à 55% en maisons individuelles (n=17 sur 31 opérations).

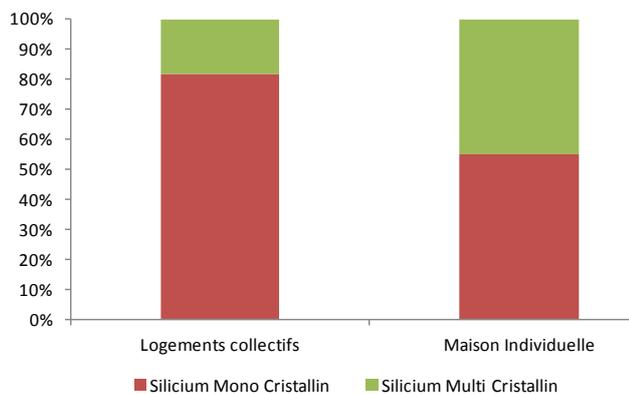


Figure 30 : Répartition des typologies de panneaux photovoltaïques pour les projets Bepos Effinergie 2013

La surface de panneaux

En première approche, afin de caractériser l'installation photovoltaïque nécessaire pour atteindre le niveau Bepos Effinergie 2013, nous avons étudié le ratio entre la surface de panneaux et la Shon ou la Shon RT suivant les projets. Ce ratio évolue de 10% (collectif) à 28% (maisons individuelles). Cependant, cette analyse ne prend pas en compte la surface de toiture disponible.

Rendement	Maison dffus	Collectif
Nb Projets	19	22
Surface PV	44 m ²	243 m ²
Puissance crête	7,2 kWc	46,7 kWc
% Shon RT couverte	28%	10%
% Surf PV/Surf Toiture	43%	47%
Rendement	16,7%	18,8%

Figure 31 : Caractéristiques des installations photovoltaïques pour les projets Bepos-Effinergie 2013

Une deuxième approche consiste à étudier le ratio entre la surface de panneaux photovoltaïques et une estimation de la surface de toiture (Shon RT divisée par le nombre de niveaux). La surface de panneaux photovoltaïques, nécessaire à l'obtention du label Bepos Effinergie 2013, représente alors 43% (maison en secteur diffus) à 47% (collectif) de la surface de toiture.

Les autres critères

« L'ACV est elle prise en compte ? La mobilité ?... »



Ynfluences Square - Bâtiment "BelvY". Architecte : Herzog & de Meuron - Effinergie +

1. Les « autres usages »

Rappel du contexte

Les calculs réglementaires ne prennent en compte que 5 usages : le chauffage, l'éclairage, les auxiliaires, le refroidissement et la production d'eau chaude sanitaire. Ces usages ne sont que partiels, et ne regroupent pas toutes les consommations présentes sur la facture énergétique. D'autres consommations, dites spécifiques contribuent aux dépenses énergétiques du bâtiment, à savoir :

- les appareils ménagers tels que le lave-linge, le lave vaisselle, le réfrigérateur, le congélateur, les ordinateurs,
- les écrans de télévision, le lecteur de CD/DVD,
- les modems et autres box qui sont en fonctionnement nuit et jour.
- la consommation continue de tous les chargeurs et petits transformateurs (téléphone, ...).
- toutes les veilles des appareils arrêtés,
- les éclairages extérieurs, des communs et des parkings
- les ascenseurs

- les pompes de piscine et autres usages ...
- ...

Les consommations liées à ces usages sont relativement variables et peuvent être significatives. Elles peuvent être la conséquence des choix de vie, du comportement des usagers, mais aussi des décisions technico-économiques des équipes dans les différentes phases du projet.

Règles Effinergie

Pour mémoire, les labels Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013 ont rendu obligatoire l'évaluation de ces autres usages.

Résultats

Sur un échantillon de 43 **maisons individuelles**, la consommation des autres usages est estimée entre 48,5 et 52,3 kWhep/m².an selon la prise en compte du comportement théorique, dit « vertueux » ou « normal », des habitants. A titre de comparaison, le référentiel Bepos Effinergie 2013 impose une valeur forfaitaire de 70 kWhep/m².an pour ces usages. En parallèle, la méthode de calcul du label E+C- de l'Etat a pris une valeur forfaitaire de 74,8 kWhep/m².an.

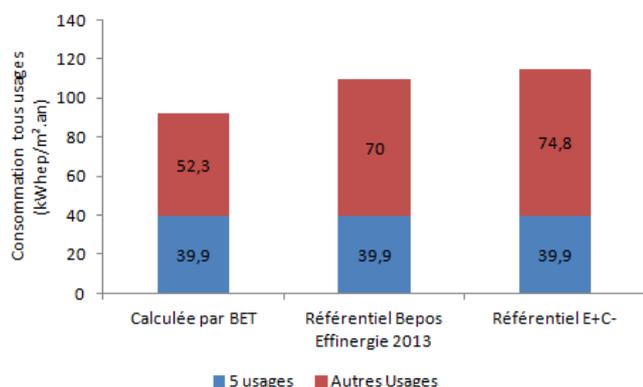


Figure 32 : Consommation tous usages sur les projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 en logements individuels suivant les méthodes d'estimation des autres usages

Ces écarts d'environ 20 kWhep/m².an ont un impact significatif sur le dimensionnement de la production locale

d'électricité dans le cadre d'un projet à énergie positive.

En parallèle, la consommation moyenne prenant en compte tous les usages, i.e les 5 usages réglementaires et les autres usages, semble approcher les 92 kWhep/m².an. Le rapport entre la consommation tous usages et la consommation des 5 usages réglementaires sur cet échantillon est de 2,3.

En logements collectifs, l'analyse porte sur 24 projets. Elle permet d'évaluer la consommation des autres usages entre 65,3 et 73,8 kWhep/m².an.

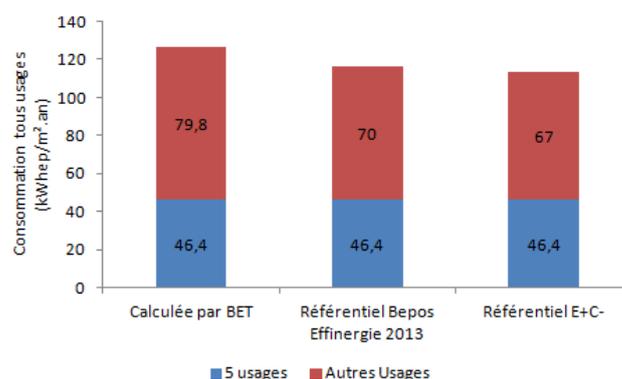


Figure 33 : Consommation tous usages sur les projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 en logements collectifs suivant les méthodes d'estimation des autres usages

En excluant, les projets concernant les logements étudiants qui ont un niveau de consommation inférieur de part leur dimensionnement et leurs usages spécifiques, les estimations s'élèvent de 67 à 79,8 kWhep/m².an. A titre d'information, les logements étudiants ont une consommation liée aux autres usages estimée à 26,1 kWhep/m².an.

Ainsi, sur le périmètre des logements collectifs, la consommation tous usages est estimée en moyenne autour de 125 kWhep/m².an. Le rapport entre la consommation tous usages et la consommation des 5 usages réglementaires sur cet échantillon est de 2,7.

Les calculs réalisés par les bureaux d'études pour les logements collectifs sont supérieurs aux valeurs forfaitaires mentionnées dans les référentiel Effinergie (70 kWhep/m².an) et E+C- de l'Etat (67 kWhep/m².an).

Une analyse des méthodes d'évaluation sur les 74 projets permet de mettre en lumière les enseignements suivants :

- Le périmètre d'étude varie entre les projets. Ainsi, certains postes ne sont pas pris en compte dans certains projets (hotte de cuisine, four de cuisine, téléphone, ordinateur,...)
- L'estimation des puissances par postes varie entre les projets en fonction des méthodes utilisées.

En effet, les évaluations des consommations réalisées par les bureaux d'études se basent sur des sources et des données différentes, à savoir :

- Le bureau d'étude Enertech,
- Les études Topten,
- Les sites de distributeurs d'équipements électroménagers
- Les programmes Restart et Save.

En conséquence, les consommations liées aux autres usages, pour un comportement donné, par exemple dit « normal », varient d'un projet à l'autre.

A titre d'exemple, en logements individuels, ces consommations peuvent varier de 27 à 85,6 kWhep/m².an. Cependant, on notera que 90% des estimations sont comprises entre 36 et 66 kWhep/m².an.

Face à ces constats, il serait intéressant

- de confronter les hypothèses prises dans les référentiels E+C- et Effinergie à des mesures réelles pour valider les consommations par postes,
- de partager une définition commune des périmètres pris en compte.

2. L'écomobilité

Rappel du contexte

L'implantation des bâtiments au sein de leur environnement est un enjeu majeur dans les politiques d'urbanisme et de transport. Les labels BBC-Effinergie et BBC-Effinergie rénovation, développés par Effinergie permettent de concevoir un bâtiment efficace sur le plan énergétique mais ne valorisent pas la situation géographique de ce bâtiment. Son emplacement et son insertion dans la ville sont pourtant très importants puisqu'ils entraînent des consommations d'énergie liées aux déplacements de ses occupants. Ainsi, la situation géographique d'un bâtiment et les infrastructures de mobilités associées ont un impact sur les consommations d'énergies liées aux déplacements des ses occupants. En conséquence, l'association Effinergie a développé l'outil « [Ecomobilité Effinergie](#) » en partenariat avec le CSTB, le soutien de l'association Qualitel et de la Caisse des Dépôts et Consignations. Cet outil permet d'estimer les consommations énergétiques engendrées par les déplacements des utilisateurs d'un bâtiment et de les sensibiliser.

Règles Effinergie

Pour mémoire, le label Effinergie+ recommande et le label Bepos-Effinergie 2013 impose une évaluation des consommations d'énergie liées aux déplacements des utilisateurs du bâtiment.

Résultats

On note que la recommandation du calcul d'écomobilité dans le label Effinergie+ est peu suivie de faits. En effet, moins de 15% des projets Effinergie+ ont réalisé un calcul d'écomobilité.

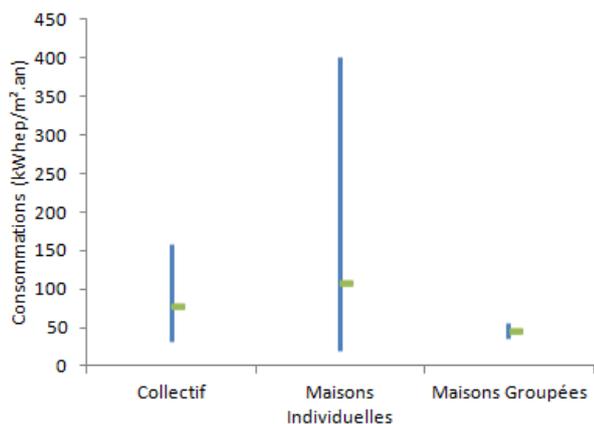


Figure 34 : Consommations énergétiques liées aux déplacements des habitants par types de bâtiments

Les consommations d'énergie liées aux déplacements des habitants des opérations Bepos-Effinergie 2013 semblent varier de 19 kWhep/m².an à 400 kWhep/m².an suivant l'usage du bâtiment, le contexte urbain et les infrastructures de transport mises en place.

Elles se situent en moyenne :

- 79 kWhep/m².an pour les logements collectifs (n=18 opérations)
- 110 kWhep/m².an pour les logements individuels (n=26 opérations)

On constate une forte disparité des consommations liées aux déplacements en maisons individuelles. Ce résultat est lié à la multitude de situations observées en logements individuels : maisons isolées en campagne, maisons en centre ville urbain, présence ou absence de transport en commun, ... En logements collectifs, la dispersion est plus faible, mettant en lumière une réflexion en amont sur l'intégration du bâtiment dans son contexte urbain.

La voiture demeure le mode de transport privilégié quel que soit le type de bâtiments. Elle représente 68% (maisons groupées) à 78% (maisons individuelles et logements collectifs) des déplacements.

On note que les consommations énergétiques liées aux déplacements en transport en commun sont plus importantes pour les habitants des logements collectifs (13%) et des logements groupés (19%). Ce

constat est d'autant plus vrai pour les constructions de centre ville.

Cependant, l'usage de la voiture redevient la norme dès que les bâtiments sont construits dans des pôles secondaires et en l'absence d'étude de mobilité en phase programmation permettant d'anticiper les déplacements et les infrastructures associées.

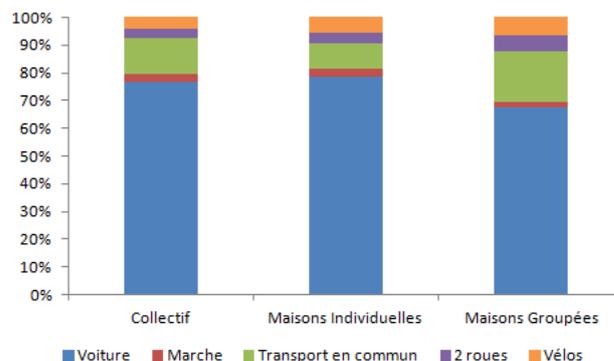


Figure 35 : Répartition modale des déplacements

Certains projets ont proposé des actions concrètes pour améliorer l'écomobilité de leur projet. A titre d'exemples :

- Possibilité de recharger des voitures ou des vélos électriques,
- Mise à disposition d'une flotte de véhicules électriques en auto-portage,
- Maison à proximité d'une aire de covoiturage,
- Création d'un local vélo sécurisé,
- Possibilité de garer un vélo sur la parcelle ou à moins de 50 m,
- Création d'une aire multimodale dans un parc scientifique,
- Choix du terrain en fonction de dessertes par transport en commun (tramway, gare RER, gare SNCF,...)

Cependant peu de projets ont proposé une approche globale de l'écomobilité en réalisant une étude traitant les 10 thèmes abordés par l'outil « Ecomobilité » :

- Covoiturage
- Ecomobilité scolaire
- Transport collectif
- Modes doux
- Econduite
- Choix et maintenance des véhicules
- Ne pas se déplacer ou limiter les déplacements
- Urbanismes, aménagement et réglementation
- Optimisation des collectes et livraisons des marchandises
- Plan de déplacements Entreprise, ...

3. L'accompagnement et la sensibilisation

Rappel du contexte

Isabelle Moussaoui, chercheuse en sociologie chez EDF Recherche et Développement, résume en quelques phrases les enjeux liés aux économies d'énergie : « Une conception prenant en compte davantage les usages et les occupants, une exploitation intégrant médiation et réciproques ajustements, des actions dans le temps basées sur le volontariat et la construction d'objectifs négociés, un retour concret auprès des occupants sur les effets des actions mises en œuvre, la reconnaissance d'une responsabilité et d'une capacité d'action partagées par plusieurs acteurs (et non pas une focalisation sur la responsabilité de l'utilisateur final), une prise en compte des besoins d'appropriation et de personnalisation des occupants, et une acceptation du libre-arbitre et d'une certaine diversité de mises en pratique, sont autant d'éléments qui permettraient une meilleure co-définition de la performance énergétique par tous les acteurs partie prenante et une réussite partagée pour son atteinte ». (Source : [Concours Cube 2020](#))

Résultats

Les principaux moyens de sensibilisation demeurent la communication de guides, livrets aux futurs usagers et l'affichage des consommations énergétiques. Pour mémoire, dès 2012, les labels Effinergie+ et BEPOS-Effinergie 2013, ont imposé un affichage des consommations et la communication d'un guide à destination des occupants.

Ces démarches demeurent la plupart du temps passives et les futurs usagers ne sont pas suffisamment impliqués en amont du projet. L'accompagnement aborde le volet technique et n'intègre pas assez la dimension sociologique.

Quelques exemples d'actions concrètes :

- Affichage des consommations : [Maison Hanau](#),
- Dans plusieurs projets de logements collectifs, les locataires peuvent accéder à leurs données de consommation (consommations globales, journalières, évolution de leur consommation) et des éléments de budget (dépenses liées à leurs consommations) sur internet ou depuis un écran placé dans leur logement,
- Communication de notice, livret : [Ecole Chengdu](#),
- Pilotage des équipements par les usagers : [Remses](#),
- Implication des usagers dans la conception,
- Mise en place d'un stage de sensibilisation,
- Accompagnement par un sociologue : [Habitat Audois](#),
- Mise en place d'un projet pédagogique avec l'implication des enfants et professeurs, formation du personnel et des agents de maintenance dans le cadre de la construction d'une école

- Mise en place d'un projet social autour du jardin partagé, de l'entretien des espaces extérieurs et mise en relation des occupants: [Les Héliades](#)

4. L'impact environnemental

Rappel du contexte

L'énergie grise pour les anciennes constructions était négligeable du fait de l'importance de l'énergie d'usage (énergie consommée durant la phase d'exploitation du bâtiment). Or, de nos jours cette énergie d'usage est extrêmement réduite et la plupart des actions vise cette réduction. Ainsi, la part de l'énergie grise des matériaux de construction devient prédominante et il convient d'utiliser des matériaux dont la fabrication ne demande que peu d'énergie et qui ne demande pas un long acheminement. Ceci permet également de réduire l'empreinte carbone des bâtiments. Ce point est illustré par la figure suivante :

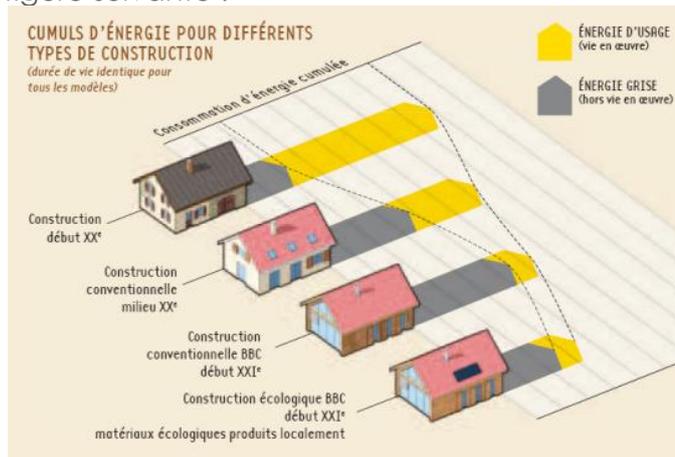


Figure 36 : Illustration de l'importance de l'énergie grise - Source : Document CAUE et Créabois – Assise de l'énergie grise (Avril 2011 – Grenoble)

Règles Effinergie

Pour mémoire, le label Effinergie+ recommande et le label Bepos-Effinergie 2013 impose une évaluation des consommations d'énergie liées aux cycles de vie des matériaux de construction. La méthode d'évaluation doit être conforme

à la norme NF EN 1597.

Résultats

Comme pour l'écomobilité, l'énergie grise des projets Effinergie+ est peu évaluée par les équipes projets. Seuls, les projets certifiés Bepos Effinergie 2013 ont été étudiés.

16 opérations résidentielles ont communiqué des rapports ou des données qualifiées. On relève une grande disparité dans la qualité, la mention des hypothèses de calcul et la précision des conclusions dans les rapports communiqués.

Par ailleurs, la durée de vie des projets varie entre les projets (Les Bourderies-Be Positive : 100 ans, Ecolocost et Arc de Meyran: 80 ans, Résidence Espéria : 60 ans, Ginko : 50 ans), ainsi que les périmètres étudiés. Il est alors difficile de comparer les opérations entre elles.

L'équipe projet du programme l'Île Rouge a réalisé une étude d'énergie grise détaillée réalisée à partir des FDES et PEP présents dans la base INIES. Le bureau d'étude a pu évaluer la consommation en énergie grise à 39 kWh/m².an et des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 9 kg eq CO₂/m².an démontrant qu'il était possible de faire un bâtiment à énergie positive et à faible impact environnemental. Par ailleurs, l'étude met en lumière que le lot « Gros Œuvre » est le plus consommateur d'énergie grise et le plus émetteur de gaz à effet de serre.

Des réserves sur la méthode

Certains bureaux d'études ont constaté un manque d'information et données disponibles nécessaires pour réaliser une évaluation pertinente, notamment sur les produits et équipements (Ecolocost, Arc de Meyran, Île Rouge,...). Ainsi, le bureau d'étude en charge de l'évaluation des consommations en énergie grise sur le projet de l'Île Rouge mentionne dans sa conclusion le nombre restreint de PEP décrivant les équipements techniques et le peu d'équipements répertoriés. En conséquence, les équipements de

chauffage, de production d'ECS et les panneaux photovoltaïques n'ont pas été pris en compte dans l'étude. En parallèle, le bureau d'étude sur le projet « Ginko – Les voiles du Lac » émet des réserves sur ses conclusions en pointant les données environnementales génériques relatives à l'installation photovoltaïque.

L'évaluation de l'impact environnemental : un outil d'aide à la décision en cours d'apprentissage

Sur certains projets de construction (siège social, groupe scolaire, ...), le calcul d'énergie grise a été utilisé comme un outil d'aide à la décision en phase conception.

Les performances énergétiques

« Quels niveaux de consommation ? Quels sont les postes les plus consommateurs ?... »



La Fontchaudière – MO : OPH Angoumois – Effinergie +

1. Le label Effinergie+

Rappels des exigences

En résidentiel la consommation sur les 5 usages réglementaires du projet (Cep projet) doit être inférieure de 20% par rapport à la consommation maximale réglementaire (Cep RT2012). Cette exigence se traduit par

- $Cep\ projet < 0,8 \times Cep\ RT2012 = Cep\ max\ label$

Résultats

Sur notre échantillon de 364 bâtiments, les consommations énergétiques sur les 5 usages sont de 22% à 40% inférieures à l'exigence de la RT2012.

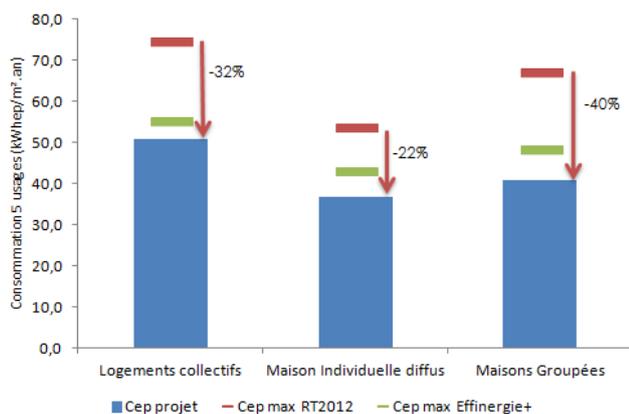


Figure 37 : Consommation énergétique par types de bâtiments

En logements individuels, le niveau moyen de consommation est de l'ordre de 41 kWh/m².an pour les logements groupés et 36,7 kWh/m².an dans le secteur diffus. En logements collectifs, le niveau moyen de consommation est de l'ordre de 50,9 kWh/m².an.

Par ailleurs, dans le secteur résidentiel, les consommations d'énergie liées au chauffage et à la production d'ECS représentent 80% de la consommation totale quel que soit le type de bâtiment. Les postes éclairages et ventilation regroupent 8 à 9% chacun de la consommation totale, devant les auxiliaires qui ne représentent que 2%.

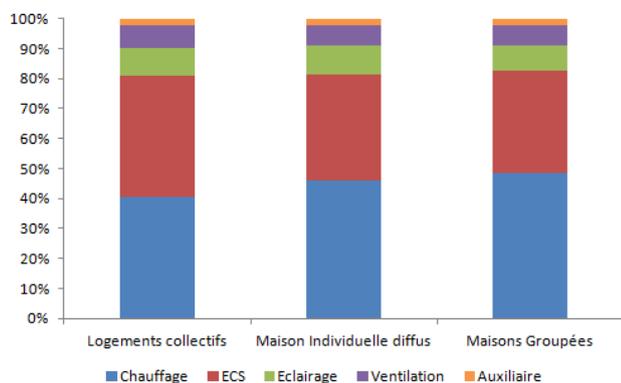


Figure 38 : Décomposition de la consommation énergétique pour les projets Effinergie+

Ainsi, la consommation de chauffage atteint 20 kWh/m².an en collectif et en maisons groupées. Elle descend à 16 kWh/m².an pour les maisons individuelles en secteur diffus. En parallèle, la consommation d'ECS varie de 12

kWh/m².an en diffus à 21 kWh/m².an en collectif.

Par ailleurs, en anticipant la notion de bâtiment à énergie positive et en intégrant l'ensemble des usages, évalués à 70 kWh/m².an dans le label Effinergie+, le chauffage ne représente plus que 15 à 18% de la consommation totale.

A titre informatif, la contribution aux énergies renouvelables en maisons individuelles est de 13 kWh/m² SHON RT.an et de 15,7 kWh/m² SHON RT.an dans les logements collectifs.

2. Le label Bepos Effinergie 2013

Rappels des exigences

Le label Bepos Effinergie 2013 impose comme pré-requis le respect du label Effinergie+ afin d'assurer une certaine sobriété du bâtiment.

En conséquence, cette exigence se traduit par deux contraintes sur le niveau de consommation

- Une consommation inférieure (Cep) de 20% par rapport à l'exigence réglementaire en résidentiel, soit
 - o Cep projet < 0,8 * Cep RT2012 = Cep max label
- Une consommation hors production locale d'électricité inférieure au seuil défini ci-dessous :
 - o Cep projet < Cep max label + 12

En parallèle, un bilan en énergie non renouvelable doit être inférieur à un écart autorisé qui prend en compte le contexte urbain (densité, masque urbain,...), la zone climatique et le type de bâtiment. [Pour plus d'information](#)

Résultats

La consommation des projets Bepos Effinergie

En moyenne, les logements collectifs (n=19) Bepos Effinergie 2013 atteignent un niveau de consommation de -25,5 kWh/m².an et

les maisons individuelles en secteur diffus (n=16) de -73,1kWhep/m².an. On note une grande dispersion autour de ces valeurs moyennes, notamment en collectif.

En logements collectifs et individuels, la consommation des projets sans prendre en compte la production locale d'électricité se situe autour de 43 kWhep/m².an, soit 30% en dessous de l'exigence du label.

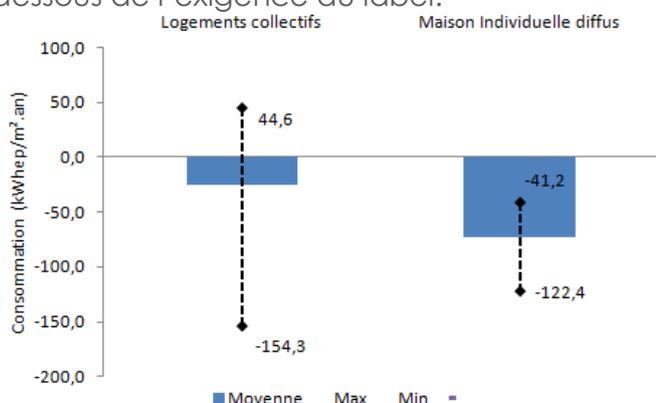


Figure 39 : Consommation énergétique des bâtiments Bepos Effinergie sur les 5 usages de la RT2012

Par ailleurs, on constate que le niveau de consommation sur les 5 usages (hors production locale d'électricité) est inférieur pour les projets visant un label Bepos Effinergie 2013 que pour les projets Effinergie+ équipés d'une installation de production locale d'électricité. Ce constat met en évidence l'importance de coupler une exigence sur la sobriété (Effinergie+) et sur le bilan en énergie non renouvelable (Bepos Effinergie 2013) afin d'optimiser les performances énergétiques du bâtiment.

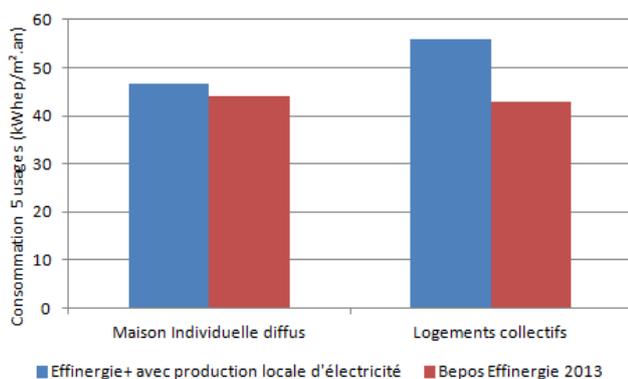


Figure 40 : Consommation sur les 5 usages par types de labels

Le bilan en énergie non renouvelable

En maisons individuelles, le bilan en énergie non renouvelable est proche de zéro (3,9 kWhep/m².an). Cependant, il varie de -52 kWhep/m².an à 70,6 kWhep/m².an. Cette dispersion est due à différents facteurs :

- L'exigence du label liée à la zone climatique : 3 des 4 projets ayant les bilans les plus négatifs se situent en zone H3.
- La volonté du maître d'ouvrage de construire un bâtiment démonstrateur et exemplaire. En effet, au sein de la même région (Pays de la Loire), 2 projets présentent des bilans en énergie non renouvelable totalement différents pour la même exigence sur l'écart autorisé :
 - o Bilan Eprn Projet #1 : -52,3 kWhep/m².an
 - o Bilan Eprn Projet #2: 2,67

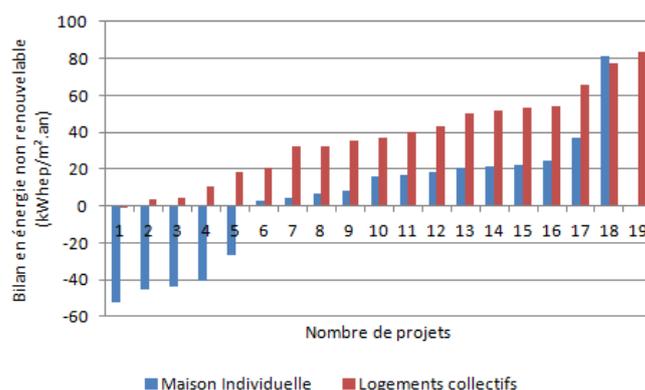


Figure 41 : Bilan en énergie non renouvelable (Eprn) pour les projets Bepos Effinergie 2013

En logements collectifs, le bilan en énergie non renouvelable se situe au dessus de la valeur relevée en maisons individuelles et atteint en moyenne 37,6 kWhep/m².an. Pour les projets Bepos Effinergie 2013, l'exemplarité énergétique se mesure en comparant le gain et/ou la différence entre le « bilan du projet » et l'« écart autorisé » : plus la différence ou le gain sera important, plus le projet aura été au-delà de l'exigence du label.

	Bilan projet	Ecart autorisé kWhep/m ² .an	Différence kWhep/m ² .an	Gain (%)
Logements Collectifs	37,6	45,9	-8,3	21%
Maisons Individuelles	3,9	18	-14,1	32%

Figure 42 : Gain entre le bilan et l'écart autorisé pour les projets Bepos-Effinergie 2013

En collectifs, mis à part 3 projets, l'ensemble des projets étudiés (n=19) ont des bilans projets proches de l'écart autorisé. En effet, la différence, entre le bilan et l'écart autorisé, symbolisant l'exemplarité énergétique, sur ces 16 projets est en moyenne de -3 kWhep/m².an.

Ce résultat traduit une volonté du maître d'ouvrage de converger vers l'exigence sans toutefois la dépasser outre mesure. On est dans une recherche de l'optimum technico-économique.

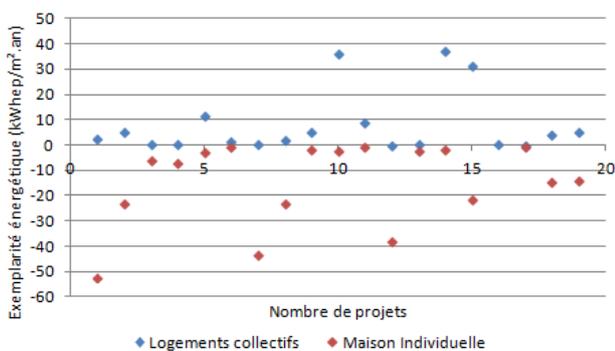


Figure 43 : Exemplarité énergétique des bâtiments Bepos Effinergie 2013

A contrario en maisons individuelles, l'exemplarité moyenne (-14,1 kWhep/m².an) est le résultat d'une multitude de situations différentes, ou se côtoient projets visant l'optimum technico-économique, l'exemplarité maximale d'un point de vue énergétique, la maison témoin...

3. Du Bepos-Effinergie 2013 vers le label E+C-

Le 17 novembre 2016, l'Etat a lancé l'expérimentation pour la construction de bâtiments exemplaires qui préfigure la future réglementation environnementale. Le label « Bâtiments à énergie positive et

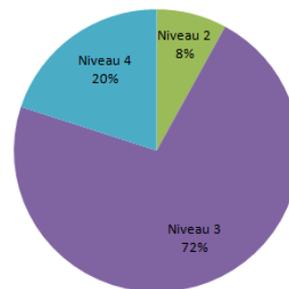
réduction Carbone » (E+C-) intègre des exigences en matière d'énergie (4 niveaux) et d'émissions de gaz à effet de serre (2 niveaux).

Ce label reprend la philosophie du bilan en énergie non renouvelable du label Bepos-Effinergie 2013 sur le volet énergie. Cependant, l'ensemble des exigences du label Bepos-Effinergie 2013 n'a pas été repris.

En conséquence, l'association Effinergie a publié 3 nouveaux labels s'adossant à l'expérimentation E+C- mais complétés par des exigences supplémentaires. [Pour plus d'information.](#)

Afin d'évaluer les différences entre les référentiels E+C- et Bepos Effinergie 2013, une vingtaine de projets conçus avec le référentiel Bepos Effinergie 2013 ont été simulés avec la méthode de calcul de l'expérimentation E+C-.

Quelle équivalence entre un label Bepos-Effinergie et E+C- ?



72% des projets Bepos-Effinergie 2013 atteignent le niveau 3. En parallèle, 20% des projets sont des Bepos de niveaux 4 et seulement 8% ont un niveau 2.

Figure 44 : Répartition des labels Bepos-Effinergie 2013 par niveaux du label E+C-

Deuxième constat : Sur notre échantillon de 25 opérations, le niveau atteint dépend du type de bâtiment. En effet, seuls quelques bâtiments d'enseignement atteignent le niveau 4. En parallèle, l'ensemble des 8 projets issus du secteur résidentiel ont un niveau 3. Enfin, un bâtiment sur 6 opérations de bureaux atteint le niveau 2.

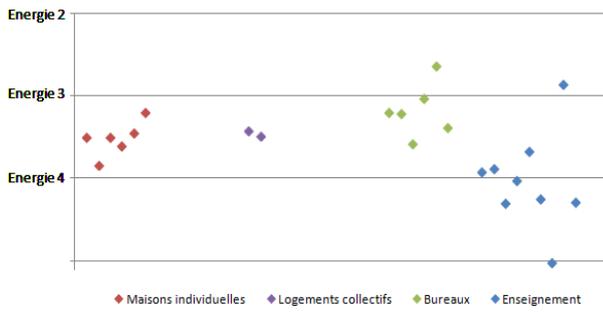


Figure 45 : Répartition des labels Bepos-Effinergie par types de bâtiments et par niveaux du label E+C-

Troisième constat : Grâce à la modulation géographique de l'exigence sur l'écart autorisé, des projets construits en zones H1b, H1c et H3 ont atteint le niveau 4.

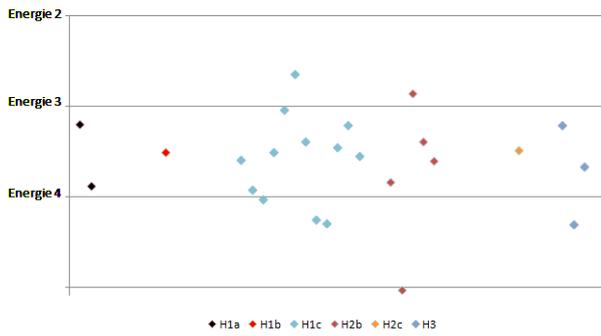


Figure 46 : Répartition des labels Bepos-Effinergie 2013 par zone climatique et par niveaux du label E+C

En parallèle, les projets atteignent les niveaux 2, 3 et 4 dans chaque zone climatique (H1c, H2b, H3). Ce constat semble être le fruit du dimensionnement du label Bepos-Effinergie qui prend en compte

dans son écart autorisé la zone climatique. Il sera intéressant de suivre les projets conçus avec la nouvelle méthode de l'Etat, qui ne prend pas en compte ce paramètre dans le calcul de l'exigence du label E+C-.

Quatrième constat : La compacité du bâtiment semble avoir une influence sur l'atteinte des différents niveaux. En effet, sur les 14 bâtiments tertiaires étudiés, on constate une corrélation entre la compacité moyenne par niveau et le niveau énergétique du label.

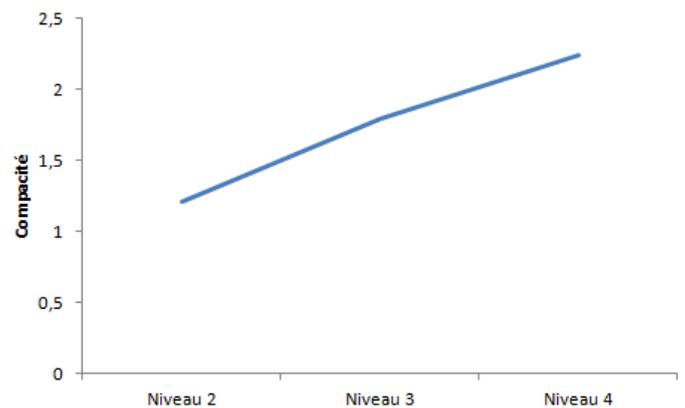


Figure 47: Corrélation entre la compacité moyenne des bâtiments Bepos-Effinergie 2013 et le niveau énergétique atteint en tertiaire

Par ailleurs, ce constat semble être illustré par la forme des bâtiments par niveaux énergétiques:

- **Niveau 4 :**



- **Niveau 2 et limite basse niveau 3**



Les bâtiments Bepos Effinergie 2013 qui atteignent un niveau énergétique 4 dans l'expérimentation E+C- semblent avoir une emprise au sol plus importante que les bâtiments ayant un niveau énergétique 2 et 3. Les bâtiments étudiés ont été conçus avec le référentiel Effinergie qui prend en compte une pondération de la production

de référence en fonction du nombre de niveaux. Cette pondération étant absente dans le référentiel du label E+C-, il sera intéressant d'étudier l'influence de ce changement avec le nouveau label de l'Etat.

Thématique	BEPOS Effinergie 2013	Référentiel Energie-Carbone	Commentaires
Le bilan en énergie primaire	Bilan tous usages	Bilan tous usages avec calcul de l'autoconsommation	
L'écart autorisé	Ecart pondéré par le nombre de niveaux du bâtiment, le type de bâtiment et la zone climatique	Ecart pondéré par le type de bâtiment	Le référentiel E+C- risque de favoriser la construction de bâtiments moins compacts avec une grande surface de toiture
Cep avec production locale d'électricité	Pré-requis Effinergie+ Cep projet < 0,8*Cepmax Exigence identique pour le collectif et le logement individuel	Respect de la RT2012 Cep projet < Cepmax Dérogation à 57,5 kWhep/m ² .an en collectif	Sobriété et efficacité énergétique inférieure pour le référentiel E+C-
Bbio	Bbio projet < 0,8* Bbiomax	Bbio projet < Bbiomax	Pas d'amélioration par rapport à la RT2012
Production	Coefficient Energie primaire/finale de la production exportée égale à 2,58	Production autoconsommée + Coefficient Energie primaire/finale de la production exportée égale à 2,58 pour les 10 premiers kWhep/m ² .an puis 1	
Perméabilité bâti	Individuel < 0,4 Collectif < 0,8 Tertiaire < 0,8 si surface < 3000 m ²	Individuel < 0,6 Collectif < 1 Tertiaire : valeur par défaut ou mesure	Pas d'amélioration par rapport à la RT2012
Ventilation	Respect du protocole de contrôle Effinergie – En attente du protocole Promevent	valeur par défaut ou justification	Pas d'amélioration par rapport à la RT2012
Bureaux d'études	Qualifiés ou certifiés		Fiabilité des études et des retours d'expériences renforcée dans le label Effinergie
Commissionnement	Mise en place d'un commissionnement		Fiabilisation des consommations en exploitation dans le label Effinergie
Information aux usagers	Guides et affichage		Appropriation du projet par les futurs usagers dans le label Effinergie
Mobilité	Calcul des consommations avec l'outil Ecomobilité		Impact des consommations liées aux transports évalué dans le label Effinergie
Volet environnemental	Calcul d'énergie grise	Expérimentation carbone	

Figure 48 : Tableau comparatif entre le label Bepos-Effinergie 2013 et le label E+C-

La dimension économique

« Quel est le montant des travaux ? Existe-t-il des aides ?



Avant propos

Les montants des travaux communiqués sont exprimés en euros hors taxe, hors VRD et par m² de SHON, SHONRT, ... suivant les réglementations en vigueur.

1. Les projets Effinergie+

Une analyse macroscopique du montant des travaux permet d'identifier une fourchette de prix pour la construction d'opérations Effinergie+ en France.

Montant des travaux HT/m ²	Nb projets	Min	Moyenne	Max
Maison individuelle diffus	6	868 €	1 042 €	1 193 €
Maisons groupées	11	906 €	1 083 €	1 283 €
Logements Collectifs	29	710 €	1 185 €	1 776 €

Figure 49 : Montant moyens des travaux HT, hors VRD de projets Effinergie+

En maisons groupées (n=11)

Une analyse sur les projets de maisons individuelles groupées met en évidence que le lot « Clos couvert » concentre la majeure partie des dépenses. Le lot « systèmes CVC, sanitaires et électriques » représente moins de 20% des dépenses totales, à l'exception de deux projets qui ont installé une centrale photovoltaïque sur le toit de leurs bâtiments.

En logements collectifs (n=29)

Une analyse par lots a été réalisée sur 25 projets Effinergie +

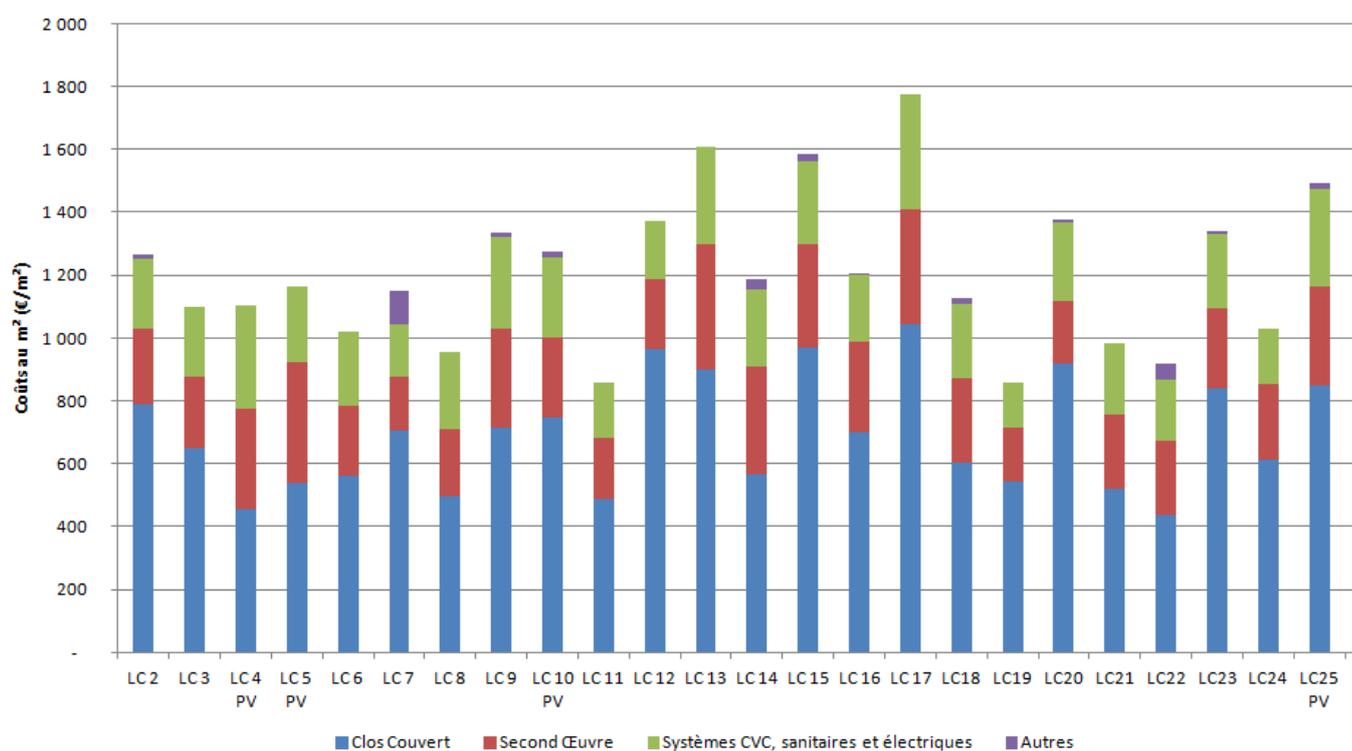


Figure 50 : Coûts au m² des différents lots dans les projets collectifs Effinergie+

Le lot « Clos couvert » varie de 439 à 1045 € HT/m². Cependant, certaines opérations (LC17 et LC12) intègrent des frais de terrassement dans le sous-lot « gros œuvre » augmentant le coût au m². En parallèle, les projets se situant dans la fourchette basse (LC8, LC11 et LC22) ont des particularités réduisant l'impact du « clos couvert » :

- LC22 : opération collective de co-maîtrise d'ouvrage entre deux bailleurs sociaux afin d'optimiser les solutions techniques et les coûts liés à deux opérations menées de front.
- LC11 : opération construite en briques monomurs et non en béton comme les autres opérations, absence d'isolation par l'extérieur,...

En parallèle, le lot « Second Œuvre » est compris entre 172 et 397 € HT/m². Son montant varie suivant principalement les solutions techniques et les matériaux mis en œuvre.

Le lot « Système CVC, Sanitaires et électriques » évolue entre 146 et 369 € HT/m². Les projets équipés de panneaux photovoltaïques ont un lot « Système CVC, sanitaires et électriques » parmi les plus élevés (LC4, LC5, LC10 et LC25).

A titre informatif, le lot « Autres » intègre les coûts liés aux ascenseurs et portes de garages.

2. Les projets Bepos-Effinergie 2013

Une analyse macroscopique du montant des travaux permet d'identifier une fourchette de prix pour la construction d'opérations Bepos Effinergie 2013 en France.

Montant des travaux HT/m ²	Nb projets	Min	Moyenne	Max
Maison individuelle diffus	4	1 282 €	1 497 €	1 931 €
Logements Collectifs	8	971 €	1 147 €	1 278 €

Figure 51 : Montant moyens des travaux HT, hors VRD de projets Bepos Effinergie 2013

En maison individuelle (n=4)

L'analyse porte sur 4 maisons Bepos-Effinergie 2013 livrées. Les montants communiqués sont basés sur des factures.



Figure 52 : Maison La Bocaine – Maison Grellier – Maison Hanau – Maison Ecolocost

Le montant des travaux s'élève en moyenne à 1 497 € HT, hors VRD. Ils varient entre 1 283 € et 1 931 € HT, hors VRD.

La part du photovoltaïque représente en moyenne 10% (de 6% à 14%) du montant des travaux suivant les opérations et le niveau d'exemplarité énergétique.

kWhep/m ² .an	Bilan énergétique	Ecart autorisé	Exemplarité énergétique
Maison La Bocaine	-52,3	0	-52,3
Maison Grellier	-43,5	0	-43,5
Maison Ecolocost	21,7	24,7	-3
Maison Hanau	18	25,1	-7,1

Figure 53 : Exemplarité énergétique en maisons individuelles

Ces projets intègrent des coûts :

- liés au choix architecturaux (maisons témoin) : Maison La Bocaine, Maison Greillier et Maison Hanau
- liés à l'exemplarité énergétique du projet qui varie d'un projet à l'autre (investissement photovoltaïque notamment)

En logements collectifs (n=11)

L'étude est basée sur 11 opérations de logements collectifs Bepos-Effinergie 2013. Les montants communiqués sont basés sur des factures et sur des devis en phase consultation des entreprises.

Le montant des travaux s'élève en moyenne à 1 147 € HT, hors VRD.

La part du photovoltaïque représente de 3% à 9% du montant des travaux suivant les opérations et le niveau d'exemplarité énergétique.

Les logements collectifs semblent converger vers un compromis technico-économique en ne cherchant pas à aller au-delà de l'exigence mais en visant le seuil de l'exigence.

La collecte et l'analyse des données économiques sont confrontées à deux principales difficultés :

- la communication du montant des travaux par les acteurs demeure problématique malgré les nombreuses sollicitations sur cette thématique. En effet, la confidentialité est le principal argument avancé par les acteurs pour ne pas communiquer les informations malgré l'intérêt croissant suscité par ce type de données
- la volatilité constatée du montant moyen des travaux en fonction des choix technologiques, de l'exemplarité énergétique, de l'implantation géographique, de la situation du marché local, et de la complexité architecturale... : l'approche multifactorielle du montant des travaux.

En conséquence, toute communication agrégeant des données économiques sur les opérations étudiées nécessite d'être accompagnée par une approche pédagogique et transparente.

3. Les aides financières

En 2018, l'Etat ne propose pas d'incitations financières pour la construction de bâtiments à énergie positive.

En parallèle, certaines régions, membres de l'association Effinergie, ont intégré des aides régionales sur les labels de l'association et le label E+C-. Afin d'accompagner les acteurs de l'acte de construire, Effinergie a développé un outil qui permet d'identifier les financements régionaux, en partenariat avec la Caisse des Dépôts et Consignation. [Pour plus d'informations](#)

A retenir

Lancés dès 2011 et 2013, les labels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 ont eu pour vocation de proposer à la filière du bâtiment une démarche volontaire permettant d'aller au-delà des réglementations thermiques en vigueur, d'accompagner les professionnels et d'anticiper les enjeux à venir (l'écomobilité, les usages spécifiques, l'énergie grise, l'analyse environnementale, ...). Véritables courroies de transmission entre le label BBC-Effinergie et la future réglementation thermique et environnementale, ces labels se sont déployés sur le territoire national depuis 7 ans. Quels en sont les principaux enseignements ?

Les bâtiments Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 en France : Quel usage ? Quelle dynamique ? Où les trouver ?

Au 31 mars 2018, près de 50 000 logements sont concernés par ces deux labels. La barre symbolique des 1 000 opérations Effinergie+ en logement collectif, soit 47 600 logements, a été franchie au premier trimestre 2018. En parallèle, près de 3 000 logements Bepos Effinergie 2013 (logements collectifs et maisons individuelles) sont en cours de certification sur le territoire national. Ces projets concernent principalement des logements collectifs (73% des opérations et 95% des logements sont en cours de certification).

La zone H1 regroupe l'essentiel des opérations Effinergie+ (74%) et Bepos Effinergie 2013 (70%). Les autres opérations se répartissent ensuite entre les zones H2 (21% à 24% respectivement en Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013) et H3 (5% à 6%). Les zones climatiques présentant des densités de population et des surfaces hétérogènes, les analyses précédentes ne permettent pas de mettre en exergue le dynamisme territorial de la construction Effinergie + et Bepos Effinergie 2013. Ainsi,

- la zone H1 est la zone climatique la plus dynamique au regard du nombre d'opérations Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 construits par 10 000 km² (35 opérations par 10 000 km²). Les autres zones climatiques ont une densité proche de 12 opérations par 10 000 km².
- la zone H2 est la zone climatique la plus dynamique au regard du nombre d'opérations Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 construits par million d'habitants (50 opérations par million d'habitants). Les autres zones climatiques ont une densité de l'ordre de 24 (zone H1) et 39 (zone H3) opérations par million d'habitants.

Les enseignements et perspectives

➤ Premier enseignement : Une diversité des solutions mises en œuvre

Les labels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 fixant principalement des exigences de résultats, une grande variété de combinaisons architecturales et techniques permet d'être certifié.

➤ Deuxième enseignement : Priorité sur la sobriété et l'efficacité

La sobriété et l'efficacité énergétique sont les maîtres mots de la construction permettant de s'inscrire dans une trajectoire de bâtiments à énergie positive. En effet, les bâtiments étudiés présentent

- **une enveloppe performante:**
 - o des résistances de parois supérieures aux projets réglementaires,
 - o des ponts thermiques identifiés et traités,

- un compromis entre le dimensionnement des surfaces vitrées (19% de la surface habitable), une exposition optimisée des baies au sud (39% en collectif à 53% en individuel) et une prise en compte du confort d'été pour garantir un confort d'usage aux habitants,
- une étanchéité à l'air du bâti mesurée performante variant en moyenne de 0,3 m³/h/m² (logements individuels) à 0,45 m³/h/m² (logements collectifs),
- **des systèmes énergétiques adaptés et correctement dimensionnés**
 - une qualité de l'air intérieur évaluée au travers d'un test d'étanchéité à l'air des réseaux de ventilation et de débits à réception,
- **un niveau de consommations sur les 5 usages optimisés**
 - une consommation hors production locale d'électricité de l'ordre de 37 kWhep/m².an (logements individuels) à 51 kWhep/m².an (logements collectifs),

➤ **Troisième enseignement : Prendre en compte les nouveaux enjeux : Les usages spécifiques, la mobilité et dans un premier temps l'énergie grise**

Depuis 2011, les bâtiments Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 intègrent des exigences progressives et complémentaires qui s'inscrivent dans une trajectoire d'exemplarité énergétique et environnementale à horizon 2020.

Dans un premier temps, l'évaluation des consommations liées aux **usages spécifiques** a permis de sortir du cadre réglementaire théorique et de mettre en perspective de nouveaux enjeux. Estimée entre 52 kWhep/m² Shon RT.an (logements individuels) et 79 kWhep/m² Shon RT.an (logements collectifs), elles sont équivalentes voire supérieures aux consommations sur les 5 usages réglementaires. Elles deviennent un enjeu énergétique à part entière et doivent être prises en compte systématiquement.

Dans un second temps, le **calcul d'énergie grise**, obligatoire dans les projets Bepos Effinergie 2013, a permis d'appréhender les projets sous un nouvel angle. Malgré des difficultés à comparer les projets, des interrogations sur les hypothèses de calcul,le calcul d'énergie grise a permis la sensibilisation des acteurs à une nouvelle dimension environnementale.

Enfin, **l'approche éco-mobilité**, promue dans les deux labels, permet de s'extirper de l'échelle du bâtiment pour prendre en compte son environnement urbain et les interconnexions à construire ou à renforcer - l'objectif étant de les intégrer le plus en amont possible dans une conception programmatique.

Chaque projet Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 doit être l'occasion de partager ces thématiques avec les équipes projets. A ce jour, ces approches demeurent secondaires pour les maîtres d'ouvrage par rapport à la performance énergétique du bâtiment. Un travail de pédagogie (explication des enjeux sous-jacents, adaptation du discours technique à une sémantique du quotidien, ..), d'accompagnement et de communication seront nécessaires pour faire évoluer ces critères perçus parfois comme des contraintes vers des outils d'aides à la conception et à la décision.

➤ **Quatrième enseignement : Maitriser les coûts de construction**

A titre indicatif, les montants des travaux hors taxe, hors VRD pour les projets Effinergie+ sont présentés ci-dessous :

Montant des travaux HT/m ²	Nb projets	Min	Moyenne	Max
Maison individuelle diffus	6	868 €	1 042 €	1 193 €
Maisons groupées	11	906 €	1 083 €	1 283 €
Logements Collectifs	29	710 €	1 185 €	1 776 €

En Bepos Effinergie 2013, les prix moyens sont de l'ordre de 1 497 € HT/m² en logements individuels et 1 147 € HT/m² en logements collectifs.

Cependant, le principal enseignement de cette étude serait : « Un projet - Un objectif – Un montant des travaux associé ». En effet, il s'avère que le montant des travaux dépend :

- De l'objectif du projet : maison témoin, bâtiment symbole d'une mandature, projet expérimental, projet anticipant une massification, ...
- Des enjeux architecturaux du projet
- De l'exemplarité énergétique : Est-ce que l'équipe projet souhaite converger vers l'exigence (logique constatée dans les logements collectifs et certaines maisons individuelles) ou dépasser l'objectif (bâtiment démonstrateur, vitrine,...) ?
- Des innovations du projet.
- De sa localisation,
- ...

➤ **Cinquième enseignement : ...vers le label E+C- et les labels Effinergie 2017**

Le label E+C-, lancé par l'Etat en novembre 2016 et délivré dans le cadre de l'expérimentation des bâtiments à énergie positive et réduction carbone, s'est inspiré du label Bepos-Effinergie 2013 pour le volet énergétique. Il a repris la philosophie du bilan énergétique et la prise en compte de l'ensemble des usages. A ce jour, les opérations Bepos-Effinergie 2013 se situent principalement dans les niveaux 3 (72%) et 4 (20%) du label E+C-. Cependant, certaines exigences du label Bepos-Effinergie 2013 n'ont pas été reprises dans le référentiel de l'Etat.

Elles nécessiteront un suivi particulier dans le cadre de l'expérimentation. Le volet sobriété et efficacité (Cep-20% et Bbio-20%) sont absents du label E+C-, ainsi que la prise en compte des contextes urbains (nombre de niveaux des bâtiments) et des spécificités territoriales (zones climatiques) pour la production locale d'électricité. En parallèle, le renforcement de l'étanchéité à l'air du bâti et le contrôle des systèmes de ventilation, intégrés dans les labels Bepos-Effinergie 2013 et Effinergie+, permettant de répondre à un enjeu de santé publique (la qualité de l'air intérieur) et de durabilité de la construction, n'ont pas été intégrés dans le label E+C-.

Enfin, le volet carbone du label E+C- permet d'élargir le périmètre d'étude, initialement ciblée sur l'énergie grise dans les référentiels Effinergie.

En conséquence, l'association Effinergie a publié les labels Bepos+ Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2017 et BBC-Effinergie 2017 afin de soutenir la démarche E+C- tout en intégrant les critères identifiés ci-dessus pendant la phase d'expérimentation.

➤ **Sixième enseignement : Du bâtiment vers le quartier**

L'étude des projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 à l'échelle du bâtiment est une étape nécessaire mais pas une fin en soi. Elle permet d'identifier les enjeux et les nouvelles contraintes (mobilité, énergie grise, impact environnemental,...) liés à ce type de construction. Seul un changement d'échelle (îlot, quartier,...) permettrait de transformer ces contraintes en opportunités :

- La mobilité, associée aux transports, se définit et s'organise aux niveaux des quartiers et de la ville.
- La diversité des usages (bureaux, enseignements, habitation, ...) au sein d'un îlot permet d'avoir une utilisation complémentaire de l'énergie disponible.
- La mutualisation des espaces de toitures et des équipements de production de chaleur/froid sur le parc existant au sein d'un quartier multiplie les opportunités pour la généralisation des bâtiments Bepos.
- ...