

Etude de sensibilité sur le moteur de calcul réglementaire RE 2020 – VERSION PROVISoire

Version moteur de calcul :

RT 2012 : V8.1

RE 2020 : R_346_B_278 et R_379_B_12 (du 03/09/2020)

15 septembre 2020 – V0

Les bureaux d'études



Chargés de mission :

Bastide Bondoux	POUGET Consultants	TRIBU Energie
Hala Rochdi h.rochdi@bastide-bondoux.com	Thomas Lemerle thomas.lemerle@pouget-consultants.fr David Lebannier david.lebannier@pouget-consultants.fr	Clément BRION clement.brion@tribu-energie.fr Laurent Mazie Laurent.mazie@tribu-energie.fr

Consortium des mandataires

Les BET ont établi des devis pour chaque mandataire sur la base d'un cahier des charges générale approuvé par l'ensemble des mandataires.



Références des devis des études :

BET	REFERENCE BET
TRIBU ENERGIE	D-TE-ET-2019/00256 Le 17/12/2019
POUGET CONSULTANT	18C235 Le 12/12/2019
BASTIDE BONDOUX	PRO2101912061-1 Le 09/12/2019

SOMMAIRE

1.	PRESENTATION DE L'ETUDE	4
1.1.	PRESENTATION DES COMMANDITAIRES DE CETTE ETUDE.....	4
2.	SYNTHESE DE L'ETUDE	5
2.1.	POINTS D'ATTENTION IDENTIFIES.....	5
2.2.	LES RESULTATS DE CALCUL POUR LA MAISON INDIVIDUELLE	7
2.3.	LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	8
2.4.	LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE BATIMENT DE BUREAUX	9
2.5.	LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE BATIMENT D'ENSEIGNEMENT.....	10
3.	LISTE DES TICKETS REMONTES AU CSTB PENDANT L'ETUDE	11
4.	PRESENTATION DE L'ETUDE	11
4.1.	NOTE D'AIDE A LA COMPREHENSION DES RESULTATS :	12
4.2.	LE CAHIER DES CHARGES DE L'ETUDE.....	12
4.3.	BATIMENT TERTIAIRE ENSEIGNEMENT :.....	22
5.	ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LA MAISON INDIVIDUELLE	25
5.1.	L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020.	25
5.2.	LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH).	32
5.3.	ETUDE SUR L'INFLUENCE D'UNE MODULATION DE LA SHAB POUR LA MAISON R+C	44
5.4.	ANALYSE DES RESULTATS SUITE AUX PROPOSITIONS DE LA DHUP.	45
6.	ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LE LOGEMENT COLLECTIF	61
6.1.	L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020	61
6.2.	LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)	65
6.3.	ANALYSE DES RESULTATS SUITE AUX PROPOSITIONS DE LA DHUP.	70
7.	ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LES BUREAUX	80
7.1.	L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020	80
7.2.	LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)	85
7.3.	PRESENTATION DES RESULTATS DES VARIANTES PERFORMANCE EN BUREAU	89
8.	ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : ENSEIGNEMENT.....	97
8.1.	L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020	97
8.2.	LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)	99
8.3.	PRESENTATION DES RESULTATS DES VARIANTES PERFORMANCE EN SCOLAIRE	104

Avant-propos.

Au début du mois de juin 2020, la DHUP a annoncé officiellement la possibilité pour des tiers de réaliser des études de sensibilité avec le nouveau moteur de calcul RE 2020, sous réserve de sa validation des cahiers des charges.

Le moteur de calcul pour lancer cette étude n'a été disponible qu'à partir du 27 juin 2020, sans connaître les scénarios proposés lors de la concertation de juillet 2020 sur les niveaux d'exigences. Les résultats de cette étude ont été majoritairement réalisés avec le moteur de calcul RE 2020 R_346 et quelques variantes ont été mises à jour à la sortie du nouveau moteur de calcul R_379 du 03/09/2020 - pour un rendu d'étude demandé au plus tard pour le 15 septembre. Pour la partie tertiaire, toutes les simulations ont dû être mises à jour avec la dernière version transmise du moteur de calcul (R_379) étant donné l'impact considérable sur les résultats des bugs rencontrés (en particulier sur l'éclairage) sur la version précédente du moteur de calcul.

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. PRESENTATION DES COMMANDITAIRES DE CETTE ETUDE

Le consortium de cette étude a été initialement créé en juin 2018 pour réaliser des études sur un nouvel indicateur du confort d'été proposé par la DHUP nommé la DIES.

Dès le mois de décembre 2019, le consortium a souhaité prolonger ses analyses avec le moteur de calcul RE 2020 en proposant à la DHUP le cahier des charges de cette étude. C'est donc une suite logique de la dynamique des précédents travaux.

La pluralité des acteurs qui composent le consortium implique un fonctionnement neutre, impartial et transparent. Les études financées par le consortium ont pour objectif de permettre un débogage optimal du moteur complet sans visées mercantiles.

- Commanditaires : CIMbéton, Collectif Isolons la Terre Contre le CO₂, EDF, FFTB, FILMM, IGNES, UNICLIMA.
- Bureaux d'études réalisant les simulations : Bastide Bondoux en maison individuelle, Pouget Consultants en logement collectif, Tribu Energie en bureau et en enseignement.

Présentation des commanditaires de l'étude :

- **CIMbéton** : centre d'information sur le ciment et ses applications béton. Il a pour mission de faire connaître les progrès techniques des ciments et des bétons dans tous les secteurs de la construction, bâtiment, travaux publics, génie civil.
- **Collectif Isolons la Terre contre le CO₂** : regroupement d'industriels avec pour objectif de participer activement à la lutte contre le réchauffement climatique (ALDES – HIRSCH Isolation – KP1 - LAFARGE HOLCIM France - PLACOPLATRE - SAINT-GOBAIN ISOVER - SAINT-GOBAIN PAM Bâtiment France – UNILIN - VELUX).
- **EDF** : Leader mondial des énergies bas carbone, le groupe EDF rassemble tous les métiers de la production, du commerce et des réseaux d'électricité.
- **FTTB** : La Fédération Française des Tuiles et Briques est le porte-parole de la filière terre cuite qui regroupe 85 entreprises, artisanales ou très industrialisées.
- **FILMM** : Syndicat des laines minérales, il a pour mission de représenter les industriels français de laines minérales manufacturées.
- **IGNES** : Industries du Génie Numérique, Energétique et Sécuritaire fédère et représente 60 entreprises industrielles de toute taille, basées en France et en Europe.
- **UNICLIMA** : le syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques, il compte 87 sociétés ou groupes leaders sur leurs marchés ce qui fait du syndicat le représentant légitime de la profession.

2. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

2.1. POINTS D'ATTENTION IDENTIFIÉS :

▪ RESIDENTIEL

ENERGIE :

- RCR : On constate des variations difficilement explicables en fonction de l'altitude du projet et de la performance de l'enveloppe.

CONFORT D'ÉTÉ

- La prise en compte de la séquence caniculaire uniquement dans le calcul des DH et pas dans le calcul du Bbio et du Cep peut causer des variations contraires entre deux variantes.
- On constate des valeurs élevées de Bfr et de Cfr et très peu d'impacts de certaines solutions passives sur ces deux indicateurs alors même que ces optimisations ont un effet sensible sur les DH. Cela crée une lisibilité difficile sur l'indicateur du « confort d'été » puisque de nombreuses améliorations ont un impact sur les DH sans en avoir sur les Bfr et la climatisation fictive. Cela impacte significativement les calculs de Bbio et de Cep.
- Création d'un effet de seuil avec l'introduction de l'exigence sur les DH dans les cas $>$ à 350 DH et la prise en compte de la climatisation fictive.

▪ TERTIAIRE

ENERGIE :

- Lorsque l'on améliore le niveau d'isolation, le gain sur le chauffage se trouve parfois contrebalancé par l'augmentation des consommations de froid. Cela conduit en bureaux (et de manière générale sur l'ensemble des bâtiments) à diminuer voire annuler le gain sur le Cep lorsque l'on améliore le niveau de prestations thermiques de l'enveloppe.

CONFORT D'ÉTÉ

- Descendre en-dessous du seuil de déclenchement de la clim fictive (350 DH) est selon la zone climatique très facile (H2a) ou au contraire totalement impossible (H3).
- **Le seuil bas ne sera pas suffisant pour inciter à l'optimisation du confort d'été pour les zones les plus chaudes, la fixation d'un seuil « haut » permettant de le faire est donc primordial.**
- Effet de seuil très important (jusqu'à 34 kWh/m².an en scolaire en zone H3 dans notre étude) sur le Cep entre un bâtiment avec $DH \geq 350$ et $DH < 350$, même pour des projets quasi similaires (ex : $DH=349$ et $DH=351$) en raison de l'annulation des consommations de climatisation fictive pour les projets avec $DH < 350$.
- **Ce point nécessite une attention particulière lors du calage des seuils. Il sera nécessaire de bien prendre en compte la possibilité de descendre ou non en-dessous du seuil de déclenchement selon le type de bâtiment, la zone climatique et l'altitude mais également tenir compte de la courbe d'apprentissage des BET et des industriels.**
- La prise en compte des systèmes de rafraîchissement passif (ex : rafraîchissement adiabatique, brasseurs d'air, puits climatiques) n'est pas optimale :
 - Non prise en compte en bâtiment non climatisé lorsque $DH > 350$,
 - Pris en compte systématiquement en bâtiments climatisés.
- **Demande de prise en compte également pour les bâtiments non climatisés lorsque les DH sont $>$ à 350.**
- Les solutions en matière de confort d'été sont difficiles à généraliser pour une même zone climatique compte tenu de leur découpage. Par exemple, des brasseurs d'air seront certainement suffisants pour assurer un confort d'été satisfaisant pour un bâtiment de bureaux situé le long des côtes de la Manche (ex : Le Havre) tandis qu'ils ne le seront peut-être pas pour un même bâtiment construit à Paris. Et pourtant, il s'agit de la même zone climatique (H1a). Cela risque de poser des difficultés pour le calage des seuils.

→ La prise en compte a minima d'un fichier météorologique spécifique pour les projets situés à moins de 10 km du littoral, comme c'était le cas pour le calcul de la Tic en RT2012, pourrait être pertinente à cet effet, à condition également de moduler le Cepmax, pour une même zone climatique, entre intérieur/littoral.

▪ METHODE

- La maison avec un comble aménagé est en difficulté par rapport aux autres typologies de maison : la surface de référence ne prend pas en compte les surfaces < 1 m 80 alors que cette typologie de maison permet de limiter la consommation d'espace.
 - Le logement collectif utilisé pour cette étude est un bâtiment peu compact (surfaces déperditives totales/SHAB du bâtiment présenté = 1,5), une attention particulière doit être apportée pour l'introduction d'un facteur de compacité.
 - Pour le calcul du Bfr, comme signalé par l'intermédiaire d'un courrier du 31 juillet 2020 signé par plusieurs membres du consortium (CIMbéton, Collectif Isolons la Terre contre le CO2, FFTB, FILMM, IGNES), les calculs semblent réalisés fenêtres fermées la nuit en été dans tous les logements, neutralisant ainsi toutes les solutions passives de valorisation de la fraîcheur nocturne et augmentant artificiellement les besoins de froid. Nous regrettons que dans le calcul du Bfr ce type de solutions passives pour le confort d'été ne soient pas mieux prises en compte.
Avec de tels calculs, **le Bfr est optimisable uniquement avec des actions permettant de réduire les apports solaires.**
 - Les résultats des Analyses de Cycle de Vie présentés dans cette étude ne peuvent être comparés avec les seuils proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet. En effet, cette étude ayant été commanditée en amont de la concertation, les caractéristiques des bâtiments simulées ne convergent pas avec celles des bâtiments des modélisateurs du GT.
Les différences sont les suivantes :
 - La sélection des données environnementales suit la logique du choix du plus grand nombre de valeurs spécifiques (FDES industriels),
 - Le lot 2 a été saisi intégralement : fondations + infrastructure. Le GT modélisateur ne prenait en compte que l'impact des fondations, l'infrastructure devant être intégrée par la suite sous forme de modulation,
 - Le lot 9 n'a pas été saisi de manière détaillée mais forfaitairement. Il en découle, en ACV dynamique, un lot 9 égal à zéro (pas de calcul des valeurs forfaitaires en dynamique),
 - En ACV statique, les lots 10 et 11 ont été saisi de manière forfaitaire, contrairement aux études GTM qui ne les ont pas pris en compte durant les premières phases du groupe de travail. Ce choix de garder les lots 10 et 11 visibles s'est fait au regard de leurs impacts que nous jugeons très importants.
- **Par conséquent ces études ACV, permettent d'affiner la définition des modulations liées à l'infrastructure et de fournir des résultats avec un maximum de données environnementales spécifiques.**
- Le choix de la méthode d'ACV dite « Dynamique » ne fait pas consensus entre les participants de cette étude. Avec la méthode d'ACV dite « Dynamique », les étapes de fin de vie ont une contribution plus faible aux impacts globaux du bâtiment que les étapes de production et construction. Les émissions lors des phases de production et de construction sont connues, les émissions en fin de vie reposent uniquement sur des hypothèses. Par justesse scientifique, l'application des facteurs dynamiques spécifiques à chaque substance doit être réalisée au niveau des flux élémentaires, et non au niveau de l'indicateur d'impact agrégé à partir d'un seul facteur. A ce jour l'intérêt du stockage temporaire du carbone fait toujours l'objet d'un débat dans la communauté scientifique. Aucune norme internationale ou européenne ne le prend en compte, et aucun règlement européen concernant l'empreinte carbone ne le mentionne. Il existe donc un consensus international (et notamment européen), traduit au sein de la norme ISO 14067:2018, sur le fait que le stockage temporaire du carbone ne doit pas être pris en compte dans l'empreinte carbone des bâtiments.

2.2. LES RESULTATS DE CALCUL POUR LA MAISON INDIVIDUELLE :

- **Indicateur Bbio** : En maison individuelle, le Bbio moyen d'une maison RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 92 points, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc conduire à une valeur inférieure.**

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio pour la maison R+C de :

- Bbio – H1a – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +60% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +128% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La part du Bfr représente plus d'un 1/3 du Bbio total en zone H3, les modèles de MI utilisées dans cette étude sont représentatifs des modèles des maisons RT2012 actuelles. L'ajout du Bfr amorce l'obligation d'une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.

- **Indicateur Cep** : En maison individuelle, le Cep moyen d'une maison RT 2012 transposée dans le moteur de calcul RE 2020 se situe entre 65 et 68 kWhEP/m².an.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de pour la maison R+C de :

- Cep – H1a – RE2020 : +31% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +44% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

La part du Cfr représente plus d'un presque 1/4 du Cep total en zone H3, les modèles de MI utilisées dans cette étude sont représentatifs des modèles des maisons actuelles RT 2012. La climatisation fictive prise en compte dans le Cfr est liée à l'indicateur Degrés Heures (DH) d'inconfort pour son déclenchement et au Bfr pour son calcul.

→ On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...)

- **Les DH** : Présentation de l'évolution de l'indicateur DH pour les maisons RT 2012 transposées dans le moteur RE 2020, toutes typologies de MI confondues :
 - Zone H1a : de 605 à 904 DH,
 - Zone H2b : de 562 à 1006 DH,
 - Zone H3 : de 1177 à 2059 DH.

Aucune des variantes de base « RT 2012 » se situe sous le seuil proposé par la DHUP de 350 DH. Mais plusieurs éléments ont attiré notre attention, outre la correction de bugs, dont certains ne sont toujours ni corrigés, ni expliqués. Ce manque d'information quant à l'exactitude des corrections nous a inquiété au plus haut point.

L'action des brasseurs d'airs sur les DH est toujours très fortement valorisée en comparaison aux résultats de l'étude « Etude de sensibilité sur l'indicateur DH avec l'introduction d'une séquence caniculaire dans le fichier météo RE2020 » du 13 janvier 2020. Les brasseurs apparaissent comme un moyen très simple de réduire drastiquement l'inconfort, notamment en zone H3. Si le seuil DH max à 1250 DH est retenu pour définir ce qu'est un bâtiment non réglementaire, l'ajout de brasseurs d'air en zone H3 va dans certains cas suffire pour rendre le bâtiment réglementaire.

Il y a donc un risque à généraliser les brasseurs d'air et conduire à la mise en place d'un système de climatisation a posteriori.

Pour certaines zones climatiques il est possible avec des combinaisons d'améliorations sur le confort d'été d'être sous le seuil de 350 DH. Cela ouvre donc un droit à consommer plus par rapport à un bâtiment n'atteignant pas ce seuil.

2.3. LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE LOGEMENT COLLECTIF :

- Indicateur Bbio : Au regard des résultats obtenus sur les LC Base RT 2012, on peut considérer qu'un Bbio pour la zone H2b de 100 points correspond au niveau des prestations de la RT 2012.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le LC « *gaz individuel* » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +108% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le LC « *Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel* » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +25% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +61% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +96% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

- Le Bbio moyen d'un Logement Collectif RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 100 points en zone H2b, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**
- La part du Bfr représente 42% du Bbio total en zone H3. **L'ajout du Bfr amorce l'obligation d'une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.**
- Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des Logements Collectifs optimisés, conçus de manière à limiter l'inconfort en été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

- Indicateur Cep : Au regard des résultats obtenus sur les Logement collectifs RT 2012, on peut considérer qu'un Cep pour la zone H2b de 92 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations standard de la RT 2012.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le LC « *gaz individuel* » :

- Cep – H1b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +108% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le LC « *Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel* » :

- Cep – H1a – RE2020 : +25% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +61% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +96% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

- La part du Cfr représente plus d'un presque 1/4 du Cep total en zone H3.
- Pour la fixation des exigences réglementaires, il est primordial d'utiliser des Logements Collectifs optimisés, conçus de manière à limiter l'inconfort en été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax.
- On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...).

- **L'indicateur DH évolue tous systèmes confondus :**

- En zone H1b : Logement traversant de 395 à 463 DH - Logement non-traversant de 594 à 639 DH,
- En zone H2b : Logement traversant de 439 à 500 DH - Logement non-traversant de 800 à 839 DH,
- En zone H3 : Logement traversant de 950 à 1079 DH - Logement non-traversant de 2295 à 2397 DH.

Les logements traversant en zone H3 ont un nombre de DH inférieur à la proposition d'un seuil max en DH de 1250.

Les logements non-traversant en zone H3 ont un nombre de DH supérieur à la proposition d'un seuil max en DH de 1250.

- **Le respect très difficile du seuil de DH max en zone H3 interroge. Il apparait que l'ensemble des logements collectifs non traversants devront être équipés de brasseurs d'air et de protections mobiles automatiques afin d'être considérés**

comme conformes au seuil maximal mais ils ne pourront pas être qualifiés de logements confortables vis-à-vis du confort d'été (sauf s'il n'y a pas d'exigence sur les DH lorsque de la climatisation réelle est installée). Ce point nécessitera beaucoup de pédagogie auprès des concepteurs et des usagers...

2.4. LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE BATIMENT DE BUREAUX

- Indicateur Bbio : Au regard des résultats obtenus sur les bureaux « standard », on peut considérer qu'un Bbio pour la zone H2b de 103 points correspond au niveau des prestations actuelles.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le Bureau « variantes standards » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +44% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +59% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +141% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le Bureau « variantes optimisées » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +38% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +254% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +101% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

→ Le Bbio moyen d'un bâtiment de bureau RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 104 points en zone H2b, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**

→ La part du Bfr représente 51% du Bbio total en zone H3 contre 19% en zone H1a pour les variantes standards.

→ Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

- Indicateur Cep : Au regard des résultats obtenus sur les bureaux « standard », on peut considérer qu'un Cep pour la zone H2b de 73 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations actuelles.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le Bureau « PAC Air/Eau Climatisé » :

- Cep – H1b – RE2020 : +17% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +14% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +13% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour le Bureau « PAC Air/Eau » :

- Cep – H1a – RE2020 : +32% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +77% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

→ En bureau, le Cep moyen transposé dans le moteur de calcul RE 2020 est de 73 kWhEP/m².an en zone H2b.

→ La part du Cfr représente presque 1/3 du Cep total en zone H3 contre 10 % en zone H1a pour les variantes avec « PAC Air / Eau ».

→ Pour la fixation des exigences réglementaires, il est primordial d'utiliser des bureaux optimisés, conçus de manière à limiter l'inconfort en été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax.

- **L'indicateur DH évolue tous systèmes confondus pour les cas « béton - standards » :**

- En zone H1a : bureaux de 508 à 653 DH,

- En zone H2b : bureaux de 681 à 953 DH,
- En zone H3 : bureaux de 2456 à 2930 DH.

2.5. LES RESULTATS DE CALCUL POUR LE BATIMENT D'ENSEIGNEMENT

- Indicateur Bbio : Au regard des résultats obtenus sur le bâtiment d'enseignement « standard », on peut considérer qu'un Bbio pour la zone H2b de 90 points correspond au niveau des prestations actuelles.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le bâtiment d'enseignement « variantes standards » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +35% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +52% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +212% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le bâtiment d'enseignement « variantes optimisées » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +76% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +104% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +328% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

→ Le Bbio moyen d'un bâtiment d'enseignement RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 90 points en zone H2b, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**

→ La part du Bfr représente 62% du Bbio total en zone H3 contre 22% en zone H1a pour les variantes standards.

→ Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

- Indicateur Cep : Au regard des résultats obtenus sur le bâtiment d'enseignement « standard », on peut considérer qu'un Cep pour la zone H2b de 69 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations actuelles.

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le bâtiment d'enseignement « PAC Air/Eau Climatisé » :

- Cep – H1b – RE2020 : +24% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +14% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +32% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour le bâtiment d'enseignement « PAC Air/Eau » :

- Cep – H1a – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +101% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

→ Pour le bâtiment d'enseignement, le Cep moyen transposé dans le moteur de calcul RE 2020 est de 69 kWhEP/m².an en zone H2b.

→ La part du Cfr représente 43% du Cep total en zone H3 contre 13 % en zone H1a pour les variantes avec « PAC Air / Eau ».

→ Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments d'enseignement optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax

- **L'indicateur DH évolue tous systèmes confondus pour les cas « béton - standards » :**

- En zone H1a : bureaux de 520 à 620 DH,
- En zone H2b : bureaux de 698 à 932.5 DH,
- En zone H3 : bureaux de 2502 à 2921 DH.

3. LISTE DES TICKETS REMONTES AU CSTB PENDANT L'ETUDE

▪ Bugs remontés et corrigés :

- RCR = 1% avec chaudière gaz collective
 - Bug corrigé : RCR = 0%
- RCR = 0% avec CET individuel
 - Bug corrigé : RCR = 5-10%
- RCR = 1 à 2% avec chaudière gaz individuelle
 - Bug corrigé : RCR = 0%
- Volets-roulants + gestion automatique
 - Bug corrigé : inversion des colonnes dans la matrice de gestion automatique
- Eclairage : lorsque l'on découpeait un local en plusieurs locaux plus petits, les consommations d'éclairage augmentaient sans raison
- Protections solaires : lorsque l'on renseignait la présence d'une deuxième protection mobile, les degrés-heure augmentaient
- RCR non nul pour l'assemblage : chaudière gaz double service + PV

▪ Bugs remontés et non corrigés :

- Impact carbone des fluides frigorigènes (différence trop importante entre statique et dynamique).

4. PRESENTATION DE L'ETUDE

Le domaine d'étude comprend 3 usages et 6 bâtiments :

- Maison individuelle :
 - 1 maison en 1N d'environ 89.49 m² de SHAB
 - 1 maison en R+C d'environ 100,9 m² de SHAB
 - 1 maison en R+1 d'environ 100,9 m² de SHAB
- Immeuble collectif :
 - 1 immeuble de 40 logements d'environ 2 120m²
- Tertiaire :
 - 1 bâtiment de bureaux de 4000m²
 - 1 bâtiment d'enseignement primaire de 2800m²

Pour chaque typologie de bâtiment nous réaliserons les analyses suivantes :

▪ Impact du changement de moteur de calcul RT 2012 – RE 2020 :

A partir de différents cas de référence qui respectent les exigences réglementaires de la RT 2012, définis dans le cahier des charges, les impacts du changement de moteur de calcul sur les indicateurs Bbio et Cep sont analysés. Le BET a donc modélisé le même bâtiment (à prestations techniques identiques) avec le moteur réglementaire de la RT2012 et le futur moteur réglementaire de la RE2020.

▪ Analyse sur le confort d'été :

Différentes variantes sur le confort d'été sont analysées afin de connaître leurs impacts sur les DH, le Bfr (Bbio Froid) et le Cfr (Cep froid). Dans un second temps, le BET a réalisé des combinaisons de variantes ayant un impact sur le confort d'été pour appréhender l'objectif de la DHUP du non déclenchement de la climatisation fictive en dessous de 350 DH.

▪ Analyse des résultats des variantes par rapport aux propositions de la DHUP :

Cette étude a été lancée sans connaître les scénarios et options proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet 2020 sur les niveaux d'exigences. L'objectif de cette partie est d'analyser comment sont positionnées les variantes par rapport aux propositions des scénarios pour les seuils. L'analyse est décomposée en trois parties, il sera observé le positionnement pour la zone climatique H2b :

- Des cas de base qui respectent la RT 2012,
- Des variantes dites « recherche de performance » (améliorations des performances par rapport aux cas de base RT 2012),
- Des variantes « systèmes constructif » (béton, brique et bois).

4.1. NOTE D'AIDE A LA COMPREHENSION DES RESULTATS :

Dans ce rapport les bâtiments appelés :

- « Base RT 2012 » sont les bâtiments qui respectent les exigences de la RT 2012.
- « Cep » ou « Bbio » sont les variantes dites « recherche de performance », avec des améliorations par rapport aux cas RT 2012.
- « Système Constructif » sont des bâtiments avec trois systèmes constructifs différents mais avec des performances énergie équivalentes. Trois modes constructifs ont été étudiés : béton, brique et bois.

Les indicateurs sont exprimés dans les unités suivantes :

- Bbio en points,
- Cep en kWhEP/m².an,
- CepNR en kWhEP/m².an,
- RCR en %,
- Eges Energie en kgeqCO₂ / m².an,
- Eges PCE statique (hors lot 1) A + B + C kgeqCO₂ / m²,
- Eges PCE Total Statique (Eges PCE + Eges Energie x 50) kgeqCO₂ / m²,
- Les Degrés Heures d'inconfort en °C.h ,
- Les coûts en € HT fourni/posé : on calcule la différence de coût par rapport à une variante de référence, ils sont exprimés en €/m² de SHAB pour le résidentiel et de SU pour le tertiaire.

4.2. LE CAHIER DES CHARGES DE L'ETUDE

4.2.1. ORGANISATION DE CE CAHIER DES CHARGES :

Ce cahier des charges est segmenté selon les trois typologies d'étude : Maison Individuelle – Logement Collectif – Tertiaire : Bureau et Enseignement.

Pour chaque typologie les BET réaliseront les analyses suivantes :

1. Recherche de performance :
 - Objectif respect RT2012 (calculs énergie + carbone),
 - Objectif Respect RT2012 - 20% Cep et 50 points Bbio (calculs énergie),
 - Objectif : respect Cep base 45 kWhEP/m².an (calculs énergie – uniquement pour le collectif).
2. Variantes Systèmes constructifs (calculs énergie + carbone),
3. Variantes Confort d'été (calculs énergie),
4. Analyse économique (concerne l'ensemble des cas sauf confort d'été)
 - Calcul des surcoûts d'investissement d'une variante par rapport à la base.
 - Calcul des coûts d'exploitation d'une variante par rapport à la base.

4.2.2. MAISON INDIVIDUELLE

Les typologies de maisons individuelles :

- Maison de plain-pied (1N) :

DONNEES TECHNIQUES	
Surface habitable	100 m ²
S-RT	120 m ²
Ratio de baies	16,7 %
Typologie	1N – 4 Pièces principales – 1 Salle de bains – 1 Salle d'eau / cellier – 1 WC



- Maison avec combles aménagés (R+C) :



DONNEES TECHNIQUES	
Surface habitable	100 m ²
S-RT	118 m ²
Ratio de baies	17,1 %
Typologie	R+C – 4 Pièces principales – 1 Salle de bains – 0 Salle d'eau / cellier – 2 WC

- Maison avec toiture terrasse (R+1) :

DONNEES TECHNIQUES	
Surface habitable	107 m ²
S-RT	132 m ²
Ratio de baies	19,1 %
Typologie	R+1 – 4 Pièces principales – 2 Salle de bains – 1 Salle d'eau / cellier – 2 WC



Pour les modèles de base et hors variante spécifique, les hypothèses de calculs sont prises comme suit :

- Zones climatiques : H1a, H2b et H3
- Plancher bas :
 - VS-SC Vide-sanitaire isolé sous chape (entrevous non-isolants)
- Modes constructifs :
 - Ventilation simple-flux Hygroréglable de type B avec réseau standard (par défaut);
 - Perméabilité = 0,6 ;
 - Orientation = moyenne ;
 - Altitude < 400 m ;
 - Aucun masque proche ou lointain.

4.2.2.1. RECHERCHE DE PERFORMANCE :

Liste des cas selon les systèmes et le zones climatiques :

Systèmes Chauffage + ECS	Zone Climatique	R+C	R+1	1N
Chaudière gaz + Rad + CET Air extérieur	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
PAC Air/Eau 2 services + Plancher NO + Rad N1	H1a	1	1	1
	H2b	1	1	1
	H3	1		
PAC Air/Air Gainable + Climatisation + CET Air extérieur	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
PAC Air/Air Monosplit + Appoint + CET Air extérieur	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1	1	1
Poêle granulés + appoint- chauffe-eau thermo	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
PAC/Chaudière hybride	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
Chauffage Effet Joule + CE thermodynamique	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
Chauffage Effet Joule + CE thermodynamique + PV	H1a	1		
	H2b	1		
	H3	1		
Chauffage + ECS GAZ + PV	H1a	1		
	H2b	1		
	H3			
TOTAL		26	3	3

Les systèmes seront choisis par le BE (solution dont la performance est représentative)

▪ **Objectif Respect RT2012 :**

Cep projet ≤ Cepmax avec base 50 kWhep/m².an

Bbio ≤ Bbio max avec base 60

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	0	0

▪ **Objectif Respect Cep (système représentatif) RE2020 - 20%**

Les variantes seront optimisées pour atteindre l'objectif suivant :

Cep projet RE2020 ≤ Cep (système représentatif) RE2020 – 20%

Systèmes représentatifs :

- Pac Air/Eau double service pour les zones H1a et H2b,
- Pac Air/Air monosplit pour la zone H3

Le bâti sera optimisé avec à minima un Bbio projet de base 50 pour atteindre le niveau Cep et en dernier recours ajout de PV seulement si renforcer l'isolation au maximum ne suffit pas.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

▪ **Objectif Respect RT2012 – Bbio 40 points**

Bbio projet ≤ Bbiomax RT 2012 40 points – 3 maisons – 3 zones climatiques – 1 système.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

Système = PAC Air/Eau 2 services

4.2.2.2. VARIANTES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

Maisons : 1N - R+C - R+1

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système :

- Pac Air/Eau double service pour les zones H1a et H2b,
- Pac Air/Air monosplit pour la zone H3

Le lot 8 sera calculé en détaillé.

2 niveaux de performances :

- Avec un bâti optimisé RT2012 (Cep projet ≤ Cepmax avec base 50 kWhep/m².an et Bbio ≤ Bbio max avec base 60)
- Avec un bâti optimisé Cep projet RE2020 ≤ Cep (système représentatif) RE2020 – 20%

3 modes constructifs : (2 variantes à réaliser car un mode constructif est déjà utilisé en base)

- Maçonnerie courante : parpaing,
- Maçonnerie isolante : brique,
- Ossature bois.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

4.2.2.3. VARIANTES CONFORT D'ETE

Maisons : 1N - R+C - R+1

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système :

- Pac Air/Eau double service pour les zones H1a et H2b,
- Pac Air/Air monosplit pour la zone H3

1 niveau de performance :

- Avec un bâti optimisé RT2012 (Cep projet ≤ Cepmax avec base 50 kWhep/m².an et Bbio ≤ Bbio max avec base 60)

Variantes confort d'été
Inertie très légère
Occ. manuelles non motorisées
Occ. automatiques - matrice IGNES
Occ. manuelles motorisées
Puits climatique + DF + bypass
Brasseurs d'air
PAC Air/Air monosplit réversible
PAC Air/Air gainable réversible
Persiennes
Persiennes + brasseurs d'air
Occ. automatiques + brasseurs d'air
Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air

- Etude sur la sensibilité d'un renforcement / dégradation de la résistance thermique des isolants sur l'indicateur DH.
- Etude sur la sensibilité de l'ouverture des baies sur l'indicateur DH :
Ajout d'une variante ouverture des baies « mode automatique ».
 - 3 maisons individuelles,
 - 3 zones climatiques,
 - Inertie importante et inertie faible.

Objectif : réalisation d'un comparatif mode manuel / mode automatique.

4.2.2.4. ANALYSE DE L'IMPACT DE LA SURFACE DE REFERENCE POUR LA MAISON AVEC DES COMBLES AMENAGEES

Contribution pour la mise au point de modulation des exigences pour les maisons à comble aménagé, disposant de surfaces correspondant à un volume chauffé de hauteur sous plafond inférieure à 1,8 m. Conformément à la recommandation des copilotes du GC 1 suite à la réunion de concertation du 21/02/19, et liée aux choix de la SHAB comme surface de référence pour le calcul des indicateurs énergie et environnement dans le résidentiel.

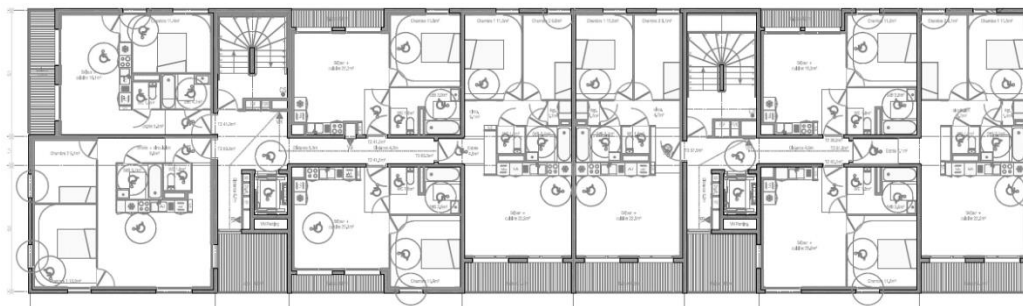
4.2.2.5. ANALYSE ECONOMIQUE

Cette partie concerne tous les cas sauf les variantes sur le confort d'été.

- Calcul des surcoûts d'investissement d'une variante par rapport à la base.
- Calcul des coûts d'exploitation d'une variante par rapport à la base.

4.2.3. LOGEMENTS COLLECTIFS

Typologie : reprise du bâtiment de l'étude « Confort d'été ».



Descriptif	R+6
	Plancher sur commerce (RDC)
	Toiture terrasse
SHAB (m²)	2 119
SRT (m²)	2 709
S vitrée (m²)	559,7 (26%)

Pour les modèles de base et hors variante spécifique, les hypothèses de calculs sont prises comme suit :

4.2.3.1. RECHERCHE DE PERFORMANCE :

Liste des cas selon les systèmes et le zones climatiques :

- **Zone climatique :** H1b, H2B, H3.
- **Systèmes :**
 - GI
 - GC + CET coll
 - EJ + CET ind
 - EJ + CET coll
 - PAC 2 u collective (Système ZE PAC de AUER)
 - RCU + MTA

- PAC hybride (si la solution est cohérente)

Les systèmes seront choisis par le BE (solution dont la performance est représentative)

▪ **Objectif Respect RT2012 :**

Cep projet ≤ Cepmax avec base 57.5 kWhep/m².an
 Bbio ≤ Bbio max avec base 60

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

▪ **Objectif : respect d'un niveau RE2020 équivalent RT2012 - 20% (Cep max base 45 kWhep/m².an)**

Cep projet ≤ Cepmax RE2020 équivalent à un Cepmax RT2012 base 45 kWhep/m².an
 Le bâti sera optimisé avec à minima un équivalent « Bbio base 50 en RT2012 » pour atteindre le niveau Cep et en dernier recours ajout de PV seulement si renforcer l'isolation au maximum ne suffit pas.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

▪ **Objectif : respect d'un niveau RE2020 équivalent RT2012 - 13% (Cep max base 50 kWhep/m².an)**

Cep projet ≤ Cepmax RE2020 équivalent à un Cepmax RT 2020 base 50 kWhep/m².an
 Le bâti sera optimisé avec à minima un équivalent « Bbio base 50 en RT2012 » pour atteindre le niveau Cep et en dernier recours ajout de PV seulement si renforcer l'isolation au maximum ne suffit pas.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

▪ **Objectif Respect RT2012 – Bbio 40 points**

Bbio projet ≤ Bbiomax RT 2012 40 points – 3 zones climatiques – 1 système (Gaz individuel).

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

4.2.3.2. VARIANTES SYSTEMES CONSTRUCTIFS :

Logement collectif

Zones climatiques : H1b - H2b – H3

Système : cas de base projet

Le lot 8 sera calculé en détaillé.

2 niveaux de performances :

- Objectif : respect d'un niveau équivalent RT2012 - 20% (Cep max base 45 kWhep/m².an)
- Objectif : respect d'un niveau RE2020 équivalent RT2012 - 13% (Cep max base 50 kWhep/m².an)

3 modes constructifs : (2 variantes à réaliser car un mode constructif est déjà utilisé en base)

- Béton,
- Maçonnerie isolante,
- CLT bois.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

4.2.3.3. VARIANTES CONFORT D'ETE

Logement collectif

Zones climatiques : H1b - H2b – H3

Système : cas de base projet

Le lot 8 sera calculé en détaillé.

1 niveau de performance : respect d'un niveau RE2020 équivalent RT2012 - 20%

Variantes confort d'été	
Bbio RT12 base 50	Permeabilité = 0,6
Bbio RT12 base 40	Orientation Est-Ouest
Inertie ITE	Facteur solaire (Sw=0,42)
Inertie bois (CLT)	Retrait des masques (balcons)
Diminution surf. Fenêtres	Milieu urbain très dense (masques)
Vitrage contrôle solaire	Bois
BR2-BR3	Bois + persiennes + 1 brasseur
Occultations perméables (persiennes, 50%)	Bois + persiennes + 1 brasseur + chape/carrelage
Occultations perméables (100%)	Bois + persiennes + 3 brasseurs
Occultations manuelles motorisées	Bois + VR auto + 1 brasseur
VR automatique IGNES	Bois + BSO auto + 1 brasseur
100% traversant	Béton iti forte
SF auto	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur
Brasseur salon	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur + 100% traversant
Brasseurs salon + chambres	

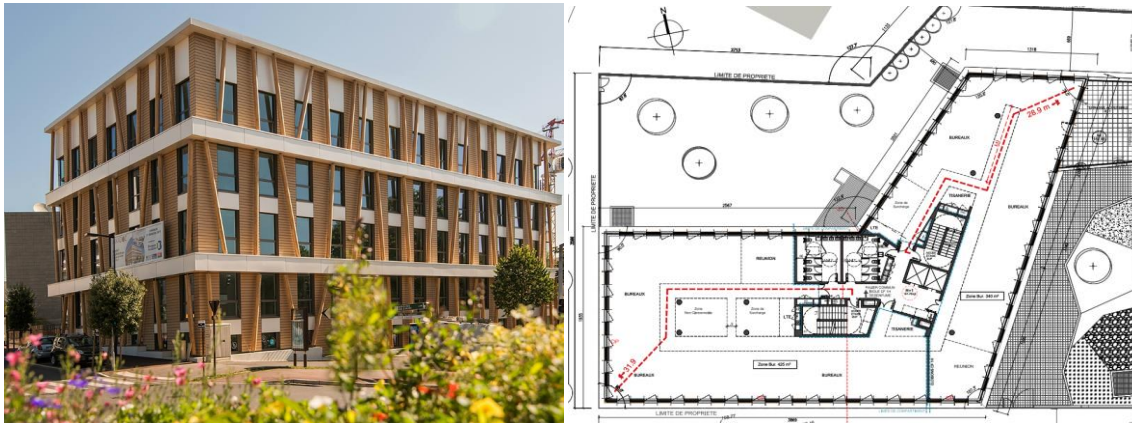
	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

4.2.3.4. ANALYSE ECONOMIQUE

Cette partie concerne tous les cas sauf les variantes sur le confort d'été.

- Calcul des surcoûts d'investissement d'une variante par rapport à la base.
- Calcul des coûts d'exploitation d'une variante par rapport à la base

4.2.4. BATIMENT TERTIAIRE BUREAUX



Bureaux	
Descriptif	R+4
	Plancher sur parking souterrain
	Toiture terrasse
S. utile (m ²)	4124
SRT (m ²)	4537
S. vitrée (m ²)	822 m ² (35%)
Mode constructif	Béton + ITE

4.2.4.1. RECHERCHE DE PERFORMANCE :

Liste des cas selon les systèmes et les zones climatiques :

- **Zone climatique :** H1a, H2b, H3.
- **Systèmes :**
 - DRV
 - Chiller
 - RCU
 - Avec et sans climatisation
- **Bâtiment standard :**

Un niveau d'isolation standard sera défini correspondant aux pratiques courantes RT2012 pour l'ensemble des systèmes. Ces prestations devront permettre d'atteindre à minima le niveau RT2012 (Bbio, Cep) pour l'ensemble des systèmes. Si besoin, les prestations pourront différer légèrement selon la zone climatique, le système énergétique et le classement CE1/CE2 du bâtiment (avec/sans climatisation).

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

▪ **Bâtiment optimisé**

Un niveau d’isolation optimisé sera défini correspondant aux meilleures pratiques actuelles disponibles pour l’ensemble des systèmes. Ces prestations correspondent par exemple à celles rencontrées dans le cadre des labels de performance énergétique les plus exigeants.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

4.2.4.2. VARIANTES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

Bureau

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système : Chiller

Le lot 8 sera calculé en détaillé.

2 niveaux de performances :

- Avec un bâti standard RT2012
- Avec un bâti optimisé

3 modes constructifs : (2 variantes à réaliser car un mode constructif est déjà utilisé en base)

- Structure béton dalle/refend/murs porteurs
- Poteaux poutres + façades rideaux
- Ossature bois ou CLT à définir

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

4.2.4.3. VARIANTES CONFORT D’ETE

Dans le cas d’un bâtiment climatisé, les systèmes de rafraichissement passif ne sont pas valorisables (DH en Th-DB). Par conséquent, les systèmes de rafraichissement passif seront modélisés sur la version non climatisée du bâtiment.

Bureau

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système : cas de base projet

1 niveau de performances :

- Avec un bâti standard RT2012

Variante confort d'été	Variante confort d'été
Base	occultation matrice suntracking
BR2	occultation non motorisée
BR3	occultation sunis store bureau
Brasseurs	ouverture automatique
Casquette	Puits clim
Couleur claire murs	Rafraichissement adiabatique
Couleur claire TT	Rat_I
inertie moyenne	Rouv 0
Inertie très légère	Rouv 0,4
Inertie très lourde	SF
occultation automatique	Surventilation noct
occultation matrice profession IGNEs	vitrage à contrôle solaire

4.2.4.4. ANALYSE ECONOMIQUE

Cette partie concerne tous les cas sauf les variantes sur le confort d’été.

- Calcul des surcoûts d’investissement d’une variante par rapport à la base.
- Calcul des coûts d’exploitation d’une variante par rapport à la base

4.3. BATIMENT TERTIAIRE ENSEIGNEMENT :

Le bâtiment sur lequel les simulations sont réalisées est initialement composé de plusieurs zones : enseignement, restaurant, salle de sport et logement gardien au 2^e étage. Pour les besoins de l’étude, les zones restaurant, salle de sport et logement gardien ont été supprimées afin de ne conserver que la zone enseignement.

Caractéristique de la zone enseignement étudiée	
Surface utile (SU)	2828
Surface de plancher (SDP)	2960
Surface thermique au sens de la RT (S _{RT})	3110

Plan masse du bâtiment (incluant les zones restauration et salle de sport) :



4.3.1.1. RECHERCHE DE PERFORMANCE :

Liste des cas selon les systèmes et le zones climatiques :

- **Zone climatique :** H1a, H2b, H3.
- **Systemes :**
 - PAC R/R avec et sans clim
 - PAC R/O avec et sans clim
 - Chaudière gaz
 - Effet joule
 - RCU
- **Bâtiment standard :**

Un niveau d’isolation standard sera défini correspondant aux pratiques courantes RT2012 pour l’ensemble des systèmes. Ces prestations devront permettre d’atteindre à minima le niveau RT2012 (Bbio, Cep) pour l’ensemble des systèmes. Si besoin, les prestations pourront différer légèrement selon la zone climatique et le système énergétique.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

- **Bâtiment optimisé**

Un niveau d’isolation optimisé sera défini correspondant aux meilleures pratiques actuelles disponibles pour l’ensemble des systèmes. Ces prestations correspondent par exemple à celles rencontrées dans le cadre des labels de performance énergétique les plus exigeants.

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

4.3.1.2. VARIANTES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

Enseignement

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système : Chiller

Le lot 8 sera calculé en détaillé.

2 niveaux de performances :

- Avec un bâti standard RT2012
- Avec un bâti optimisé

3 modes constructifs : (2 variantes à réaliser car un mode constructif est déjà utilisé en base)

- Structure béton dalle/refend/murs porteurs
- Poteaux poutres + façade bois
- Ossature bois
- Brique

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	O

4.3.1.3. VARIANTES CONFORT D’ETE

Enseignement

Zones climatiques : H1a - H2b – H3

Système : Chiller

1 niveau de performances :

- Avec un bâti standard RT2012

Variante confort d'été
Base
BR2
BR3
brass_air+cntrl_sol+csqt_sol+surv-noct
brasseur d'air
casquette solaire
facteur solaire parois opaque clair clair
facteur solaire parois opaque sombre sombre
inertie moyenne
Inertie très légère
Inertie très lourde
occultation automatique
occultation matrice profession IGNES

Variante confort d'été
occultation matrice suntracking
occultation non motorisée
occultation sunis store bureau
ouverture automatique
puits climatique
rafraichissement adiabatique
ratio apport interne
ratio ouverture baies 20%
ratio ouverture baies 80%
simple flux
surventilation nocturne
toiture végétalisée
vitrage à contrôle solaire

	Energie	Carbone
Calculs Energie et carbone	O	X

4.3.1.4. ANALYSE ECONOMIQUE

Cette partie concerne tous les cas sauf les variantes sur le confort d'été.

- Calcul des surcoûts d'investissement d'une variante par rapport à la base.
- Calcul des coûts d'exploitation d'une variante par rapport à la base

5. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LA MAISON INDIVIDUELLE

Pour la maison individuelle, comme indiqué dans le cahier des charges, l'analyse porte sur trois typologies :

- MI R+C : maison individuelle avec combles aménagés,
- MI R+1 : maison individuelle avec toiture terrasse,
- MI 1N : maison individuelle de plain-pied (avec des combles perdus).

5.1. L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020.

L'objectif de cette partie est d'avoir une première image pour un bâtiment standard, qui respectent les exigences de la RT 2012 (c'est-à-dire Bbio projet < Bbio max et Cep projet < à Cep max) entre les deux moteurs de calcul.

Le travail du BET a consisté dans un premier temps à modéliser les bâtiments avec le moteur RT 2012 (version 8.1), en cherchant à être au plus près des exigences réglementaires, puis de recréer ce même bâtiment avec les mêmes prestations dans le moteur RE 2020.

Nous présenterons les résultats détaillés du Bbio, du Cep et de leur décomposition. Nous présenterons d'abord les résultats des Systèmes « représentatif », puis les variantes « tous systèmes » (Chauffage + Eau chaude Sanitaire).

Liste des systèmes de référence (SR dans la suite de ce rapport) :

- Zone H1a : PAC Air/Eau 2 Services,
- Zone H2b : PAC Air/Eau 2 Services,
- Zone H3 : PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET.

5.1.1. IMPACT SUR L'INDICATEUR BBIO

PRESENTATION DES RESULTATS SUR LE BBIO

L'ensemble des résultats sur l'indicateur Bbio (Bbio RT 2012 et Bbio RE 2020) sont disponibles en annexe. Cette analyse synthétise les évolutions du Bbio pour les systèmes de référence pour les trois typologies de MI.

- Présentation Bbio MI R+C : maison individuelle avec combles aménagés : système « Pac Air / Eau 2 Services » pour les trois zones climatiques.

Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour la maison R+C (pour les cas de références, qui respectent les exigences Cep projet ≤ Cepmax RT 2012 + Bbio ≤ Bbio max RT 2012) l'influence du changement de moteur de calcul sur le Bbio selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

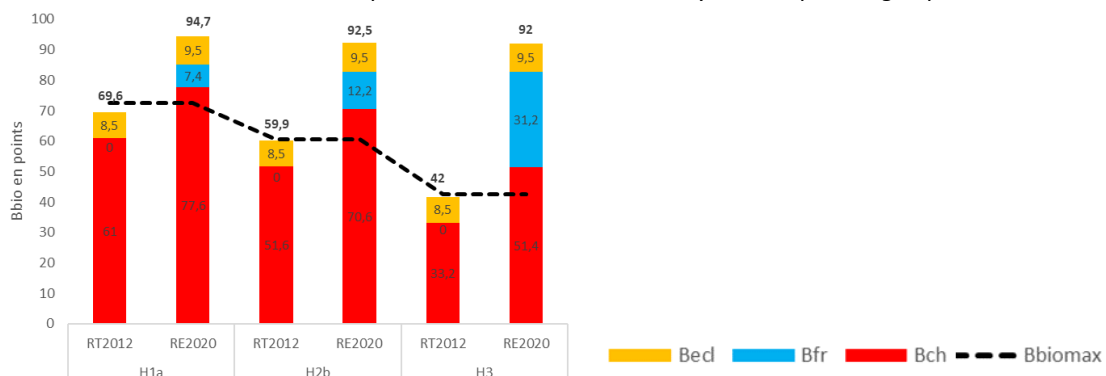


Figure 1 : Comparaison pour la maison individuelle R+C des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

- Présentation Bbio MI R+1 : maison individuelle avec toiture terrasse :
 /!\ Systèmes « Pac Air / Eau 2 Services » en H1a et H2b – « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » en zone H3
Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour la maison R+C (pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$) l'influence du changement de moteur de calcul sur le Bbio selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

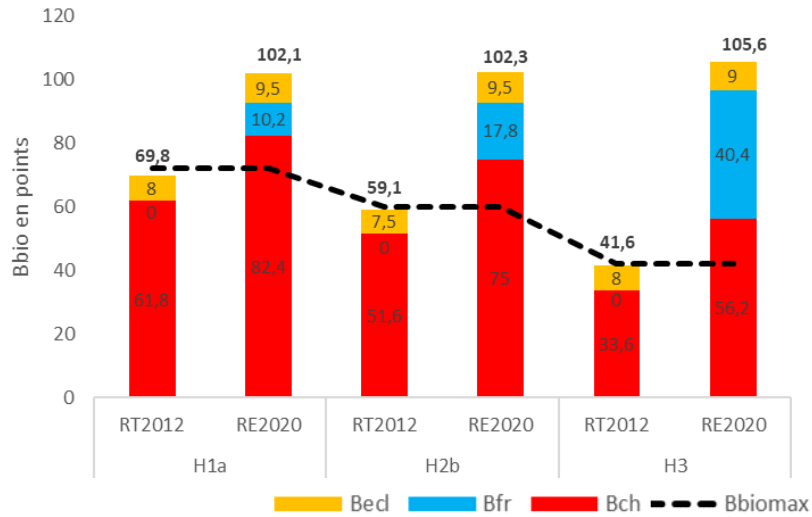


Figure 2 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques..

- Présentation Bbio MI 1N : maison individuelle de plain-pied (avec des combles perdus) :
 /!\ Systèmes « PAC Air / Eau 2 Services » en H1a et H2b – « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » en zone H3
Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour la maison R+C (pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$) l'influence du changement de moteur de calcul sur le Bbio selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

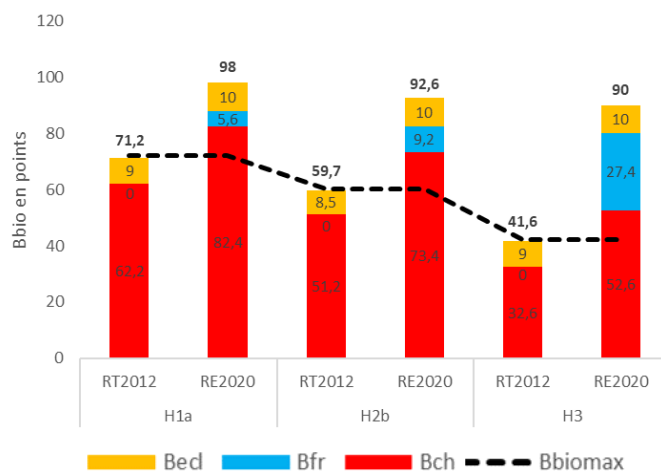


Figure 3 : Comparaison pour la maison individuelle 1N des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

ANALYSE SUR L'EVOLUTION DE L'INDICATEUR BBIO

La comparaison des Bbio projet entre les deux versions de moteur de calcul réglementaire montre une augmentation du Bbio avec le moteur RE 2020, plusieurs facteurs expliquent les évolutions :

▪ **Augmentation du Bbio :**

- Changement de surface : RT 2012 utilisation de la SRT - RE 2020 utilisation de la SHAB.
Explications : pour un même bâtiment, en RE 2020 on divise les consommations avec un dénominateur (la SHAB) plus petit qu'en RT 2012 (la SRT) ce qui augmente artificiellement les besoins. Les déperditions restent identiques que l'on utilise la SHAB ou la SRT.
- Le changement des fichiers météo : l'augmentation du Bch (Bbio Chaud) est plus forte que l'impact du changement de surface, ce qui signifie que l'inconfort en période hivernale est plus marqué avec les nouveaux fichiers météo (hiver plus rigoureux sur la période de référence),
- Prise en compte systématique des besoins de froid (Bfr) en RE 2020 ce qui n'était pas le cas dans la RT 2012 : l'ajout du Bfr augmente le Bbio. Il peut représenter jusqu'à 1/3 de l'indicateur en zone H3, ce qui signifie que les projets RE 2020 vont devoir travailler pour cette zone climatique à la fois le confort d'hiver et d'été.

▪ **Baisse du Bbio :**

- La modification de l'algorithme d'éclairage naturel crée une baisse du Becl. Attention le graphique montre une augmentation du Becl entre les deux versions de moteur de calcul. En réalité si l'on prend en compte l'influence du changement de surface de référence (SRT -> SHAB) l'indicateur baisse.

→ Le changement de moteur de calcul et de la méthode de calcul, avec l'intégration du Bfr, montre un Bbio moyen très proche entre les trois zones climatiques qui annule l'effet d'escalier de la RT 2012 (par effet d'escalier on entend les différences entre les zones climatiques).

Par exemple en RT 2012, il y avait plus de 20 points d'écart de Bbio entre la zone H1a et H3. Avec le moteur RE 2020 les Bbio moyens pour ces deux zones sont proches de 90 points pour cette typologie de MI.

Il apparaît logiquement que :

- Les besoins de chaud sont plus importants pour les zones H1a et H2b qu'en zone H3,
- Les besoins de froid sont plus importants pour la zone H3 qu'en zone H1a et H2b.

CONCLUSIONS SUR L'INDICATEUR BBIO EN MI

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour la maison R+C :

- Bbio – H1a – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +60% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +128% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour la maison R+1 :

- Bbio – H1a – RE2020 : +46% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +72% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +154% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour la maison 1N :

- Bbio – H1a – RE2020 : +38% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +55% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +117% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La décomposition du Bbio moyen RE 2020 est résumée dans le tableau suivant :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Bbio RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Bbio RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 », toutes typologies de MI confondues sur trois zones climatiques (hors variantes « Effet Joule + CET » et « Effet Joule + CET + PV »).

	Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020		
			Bch %	Bfr %	Becl %
H1a	60	94	80%	9%	11%
H2b	49	91	74%	14%	12%
H3	32	92	54%	36%	11%

Tableau 1 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) - toutes typologies de MI confondues et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).

- En maison individuelle, le Bbio moyen d'une maison RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 92 points, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc conduire à une valeur inférieure.**
- La part du Bfr représente plus d'un 1/3 du Bbio total en zone H3, les modèles de MI utilisées dans cette étude sont représentatifs des modèles des maisons RT2012 actuelles. **L'ajout du Bfr amorce l'obligation d'une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.**
- Pour la fixation des exigences règlementaire, il est donc primordial d'utiliser des maisons optimisées pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

Nous verrons dans la suite de l'étude qu'optimiser le confort d'été (DH) ne signifie pas optimiser le Bfr.

5.1.2. IMPACT SUR L'INDICATEUR CEP

PRESENTATION DES RESULTATS SUR LE CEP

- Présentation Bbio MI R+C : maison individuelle avec combles aménagés : système « PAC Air / Eau 2 Services » pour les trois zones climatiques.

Comment lire ce graphique : ce graphique présente et compare pour la maison R+ C (pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep\ projet \leq Cepmax\ RT\ 2012 + Bbio \leq Bbio\ max\ RT\ 2012$) l'influence du changement de moteur de calcul sur le Cep selon 3 zones climatiques Le $Cepmax\ RT\ 2012$ est symbolisé par la ligne pointillée noire.

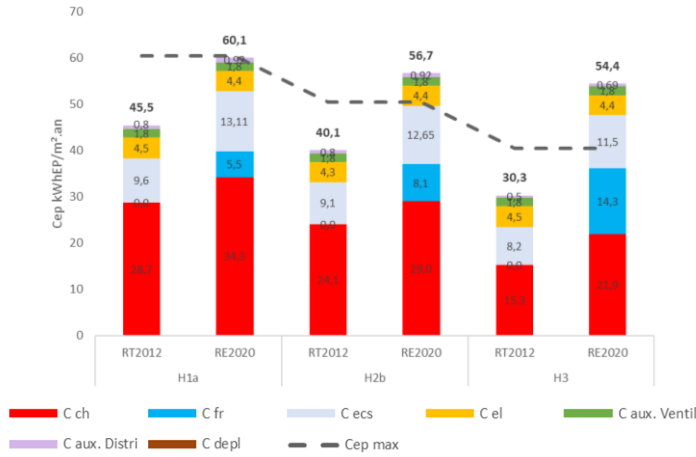


Figure 4 : Comparaison pour la maison individuelle R+C des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

- Présentation Cep MI R+1 : maison individuelle avec toiture terrasse :
 /!\ Systèmes « Pac Air / Eau 2 Services » en H1a et H2b – « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » en zone H3
 Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour la maison R+1 (toiture terrasse) (pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep\ projet \leq Cepmax\ RT\ 2012 + Bbio \leq Bbio\ max\ RT\ 2012$) l'influence du changement de moteur de calcul sur le Cep selon 3 zones climatiques Le $Cepmax\ RT\ 2012$ est symbolisé par la ligne pointillée noire.

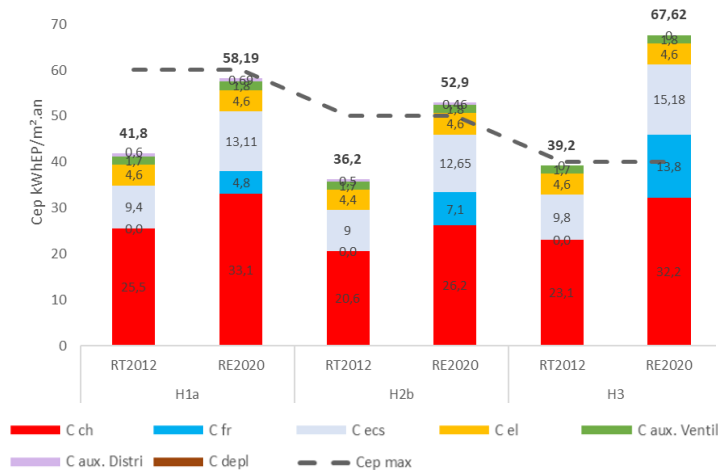


Figure 5 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

- Présentation Cep MI 1N : maison individuelle de plain-pied (avec des combles perdus) : /!\ Systèmes « PAC Air / Eau 2 Services » en H1a et H2b – « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » en zone H3
Comment lire ce graphique : ce graphique présente et compare pour la maison 1N (combles perdus) (pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$) pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$, l'influence du changement de moteur de calcul sur le Cep selon 3 zones climatiques Le $Cep_{max RT 2012}$ est symbolisé par la ligne pointillée noire.

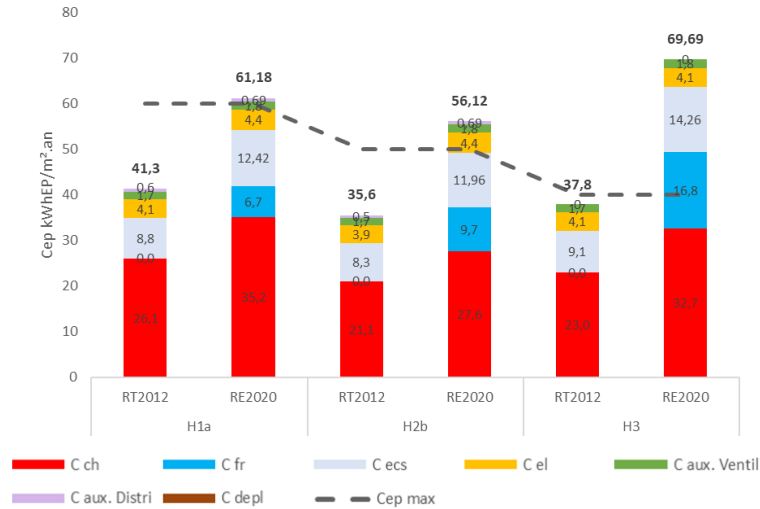


Figure 6 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

ANALYSE SUR L'EVOLUTION DE L'INDICATEUR CEP

La comparaison des moyennes des Cep projet entre les deux versions de moteur de calcul réglementaire montre une augmentation du cep avec le moteur RE 2020. Plusieurs facteurs expliquent cette augmentation (explications similaires à celles pour le Bbio) :

- Augmentation du Cep :**
 - Changement de surface : en RT 2012 la SRT¹, en RE 2020 la SHAB. Pour un même bâtiment en RE 2020 on divise les consommations avec un dénominateur (la SHAB) plus petit qu'en RT 2012 (la SRT) ce qui augmente artificiellement les besoins, les déperditions restent identiques que l'on utilise la SHAB ou la SRT.
 - Les nouveaux fichiers météo combinés avec une consigne chauffage en période arrêt > à 48 h (7 °C → 16 °C) font augmenter le Cch (Cep Chauffage)
 - La modification de la consigne en froid (28 °C → 26 °C) fait augmenter la consommation du Cfr (dans le cas des bâtiments climatisés)
 - L'introduction d'une climatisation fictive en cas de dépassement du seuil de DH d'inconfort fait augmenter le Cfr. On constate pour l'ensemble des variantes « base RT 2012 » que les DH sont supérieurs au seuil bas d'inconfort de 350 DH ce qui ajoute le Cfr dans le Cep.
- Baisse du Cep :**
 - ↘ : Modification de l'algorithme éclairage naturel conduit à une baisse des consommations Cel
 - ↘ ↗ : La modification des besoin d'ECS et de la température de l'eau conduit à des baisses ou des augmentations du Cecs en fonction de la zone climatique.

Le changement de moteur de calcul et de la méthode, avec l'intégration de la consommation de climatisation fictive dans le Cfr, montre un Cep projet moyen très proche entre les trois zones climatiques qui annule l'effet d'escalier de la RT 2012. Par

¹ http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/20150615_srt_habitation_1.1.pdf

exemple en RT 2012 il y avait 15 kWhEP/m².an d'écart entre la zone H1a et H3, avec le moteur RE 2020 les Cep projets moyens pour ces deux zones sont distants de 5 kWhEP/m².an en moyenne.

Il apparait logiquement que :

- Les consommations de chaud sont plus importantes pour les zones H1a et H2b qu'en zone H3,
- Les consommations de froid sont plus importantes pour la zone H3 qu'en zone H1a et H2b.

CONCLUSION SUR L'INDICATEUR CEP EN MI

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour la maison R+C :

- Cep – H1a – RE2020 : +31% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +44% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour la maison R+1 :

- Cep – H1a – RE2020 : +48% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +58% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +84% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour la maison 1N :

- Cep – H1a – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +46% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +73% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

La décomposition du Cep moyen RE 2020 est de :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Cep RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Cep RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 » toutes typologies de MI confondues sur trois zones climatiques (hors variantes « Effet Joule + CET » et « Effet Joule + CET + PV »).

	Répartition du Cep RE 2020								
	Moyenne Cep RT 2012	Moyenne Cep RE 2020	Cch en %	Cfr en %	Cecs en %	Cecl en %	Caux. Ventilation en %	Caux. Distrib en %	C Deplact en %
H1a	62	68	59%	8%	23%	7%	3%	1%	0%
H2b	52	64	54%	13%	23%	7%	3%	1%	0%
H3	42	65	45%	22%	22%	7%	3%	0%	0%

Tableau 2 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) - toutes typologies de MI confondues et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).

- En maison individuelle, le Cep moyen d'une maison RT 2012 transposée dans le moteur de calcul RE 2020 se situe entre 65 et 68 kWhEP/m².an.
- La part du Cfr représente presque 1/4 du Cep total en zone H3, les modèles de MI utilisées dans cette étude sont représentatifs des modèles des maisons actuelles RT 2012.
- La climatisation fictive prise en compte dans le Cfr est liée à l'indicateur Degrés Heures (DH) d'inconfort pour son déclenchement et au Bfr pour son calcul. Ce point est à analyser avec l'indicateur DH. En effet, si pour certaines zones climatiques il est possible d'être sous le seuil de 350 DH, cela donnera un droit à consommer plus par rapport à un bâtiment n'atteignant pas ce seuil. En aucun cas le respect du confort d'été ne peut être un droit à consommer plus.
- Pour la fixation des exigences règlementaires, il sera important d'utiliser des maisons optimisées pour limiter la part du Bfr et donc du Cfr. Nous verrons dans la suite de l'étude qu'optimiser le confort d'été (DH) ne signifie pas optimiser le Bfr et le Cfr.

5.2. LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH).

Dans cette partie sont présentés :

1. Les DH des cas de base,
2. Impact unitaire sur les DH, le Bfr et de Cfr de variantes (liste voire cahier des charges),
3. Combinatoires de variantes pour améliorer le confort d'été (objectif atteinte des 350 DH),
4. L'influence du niveau de performance de l'isolation sur le confort d'été (DH, Bfr et Cfr),
5. L'influence de l'automatisation des baies sur le confort d'été.

5.2.1. LES DH DES CAS DE BASE

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des valeurs des DH (minimales - moyennes et maximales) pour l'ensemble des variantes RT2012 sur les 3 zones climatiques selon le type de maison.

	H1a			H2b			H3		
	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max
1N	660	722	894	562	638	857	1177	1317	1709
R+1	637	707	904	588	687	956	1286	1420	1816
R+C	605	662	927	594	665	1006	1344	1462	2059
Moyenne	634	697	908	581	663	940	1269	1400	1861

Tableau 3 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques

Les variantes RT 2012 étant des bâtiments avec des prestations courantes, on constate qu'aucun cas est sous le seuil des 350 DH. Cela démontre principalement que les bâtiment RT 2012 n'étaient pas optimisés pour assurer le confort d'été.

L'indicateur DH évolue toutes typologies de MI confondues :

- En zone H1a : de 605 à 904 DH,
- En zone H2b : de 562 à 1006 DH,
- En zone H3 : de 1177 à 2059 DH.

L'amplitude sur le nombre de DH est forte entre les zones climatiques « chaude » et « froide ». Logiquement, la zone H3 a plus d'inconfort que les zones H1a et H2b. Etonnamment la zone H2b est en moyenne moins inconfortable en été que la zone H1a (663 DH contre 697 DH en moyenne), alors que le Bfr est lui plus faible en zone H1a qu'en zone H2b. Nous pouvons supposer que la période caniculaire a été plus forte en zone H1a qu'en zone H2b alors qu'un été courant est visiblement plus chaud en zone H2b qu'en zone H1a (ce que montre l'indicateur Bfr).

Ce niveau de DH élevé devrait permettre de bien discriminer les solutions pouvant améliorer le confort d'été.

Enfin on constate que l'ordre de grandeur des DH pour le cas de la maison à comble aménagée R +C est proche des résultats du GT modélisateur publiés le 10 juin 2020 (MI73), ce qui interroge sur les valeurs significativement plus élevées de ceux publiés le 11 juillet 2020.

5.2.2. LA LIAISON DH – BFR – CFR

Une des difficultés de ces trois indicateurs est qu’il n’y a pas systématiquement de liaison entre eux. Par exemple un brasseur d’air va avoir un impact extrêmement fort sur les DH mais aucun impact sur le Bfr.

Comment lire ce graphique : Ce graphique représente pour l’ensemble des variantes de cette étude en maison individuelles (soit environ 330 variantes) pour les trois typologies de maison individuelle les DH selon les Bfr différenciées par zone climatique.

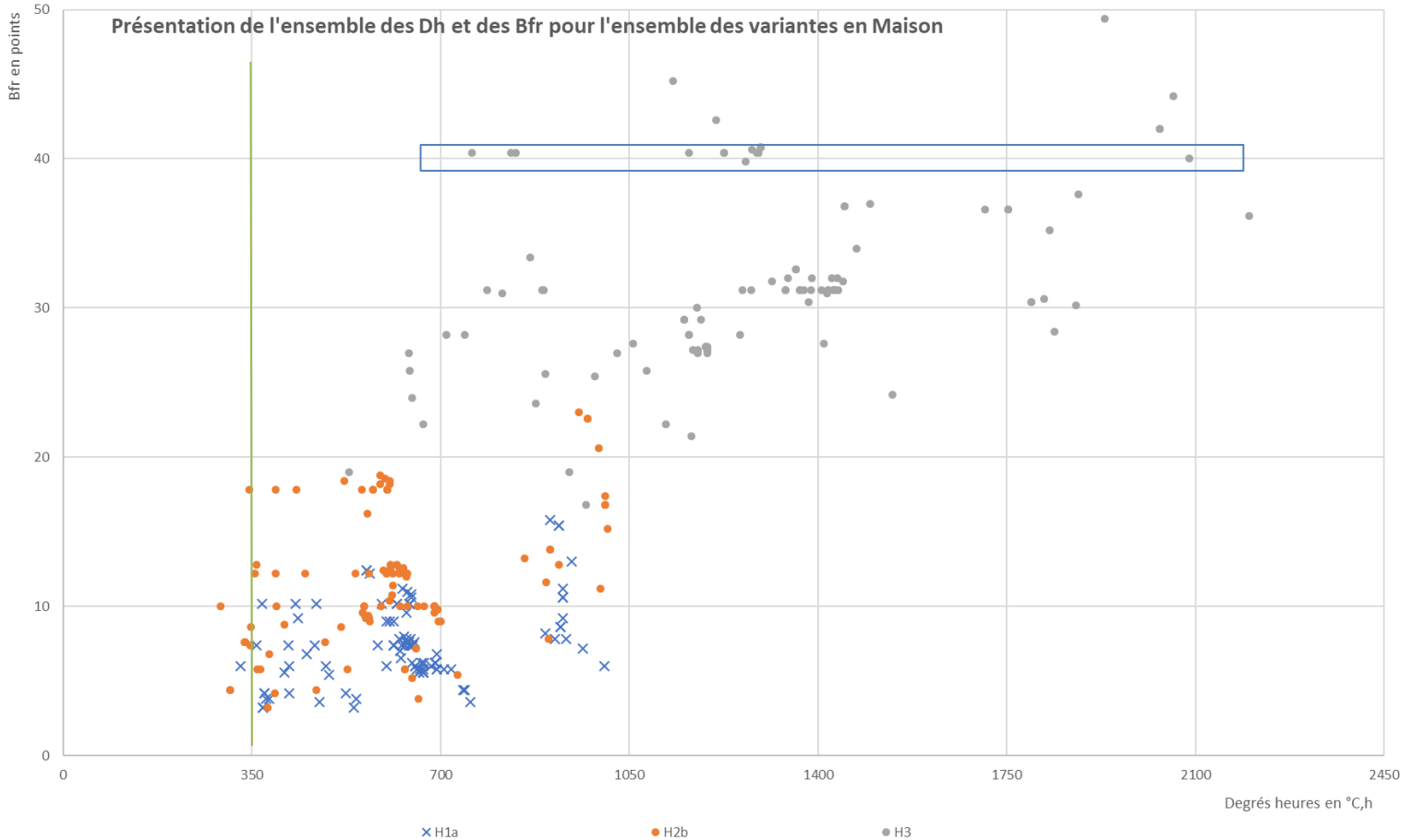


Figure 7 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes en MI (toutes typologies) selon les 3 zones climatiques

Les constats :

- Pour l’ensemble des variantes, il y a très peu de cas avec un DH < au seuil de 350 DH (ligne verte). Cela concerne uniquement 7 variantes sur les 350 de l’étude en MI, uniquement dans les zones climatiques H1a et H2b et les variantes sont majoritairement des combinaisons de solutions pour améliorer le confort d’été.
- Les zones climatique H1a et H2b ont des niveaux de DH relativement proches mais très différents de la zone H3. Cela démontre bien que l’on ne peut pas construire de la même manière dans le nord ou dans le sud de la France.
- Il n’y a pas systématiquement de relation entre le Bfr et les DH (rectangle bleu), par exemple pour un Bfr de 40 points les DH varient d’environ 750 à 2100 DH.

5.2.3. LES POIDS DES AMELIORATIONS SUR LE CONFORT D’ETE - LES VARIANTES UNITAIRES

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du « cas de base » sont la situation de référence. La variation des paramètres (variantes) permet de restituer leurs sensibilités pour chacun d’eux. L’évolution des indicateurs est restituée dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l’indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points) et des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an). Les résultats des cas de base sont avec des occultations manuelles non motorisées et une inertie moyenne. /!\ pour les cas avec climatisation (PAC Air/air réversible) : les DH affichés sont en mode Th-DB.

La légende de couleur facilite la lecture par rapport au cas de base. Nous présentons ici l’ensemble des variantes « confort d’été » étudiées pour chaque zone climatique et chaque typologie de MI.



Baisse des DH (amélioration)

Augmentation des DH (détérioration)

		H1a			H2b			H3		
		DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)	DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)	DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)
1N	Cas de base	667,8	5,6	4,8	566,8	9,2	7,1	1192,0	27,4	13,8
	Inergie très légère	922,3	8,6	6,4	902,7	13,8	9,0	1752,5	36,6	18,4
	Occ. manuelles non motorisées	681,9	6,0	5,1	589,0	10,0	7,4	1254,7	28,2	14,0
	Occ. manuelles motorisées	667,8	5,6	4,8	566,8	9,2	7,1	1194,6	27,2	13,8
	Puits climatique + DF + bypass	329,1	6,0	0,0	292,4	10,0	0,0	711,3	28,2	12,4
	Brasseurs d'air	487,5	6,0	5,1	396,1	10,0	7,4	745,4	28,2	14,0
	PAC Air/Air gainable réversible	653,6	6,0	2,8	558,8	10,0	4,6	1160,2	28,2	11,0
	PAC Air/Air monosplit réversible	653,6	6,0	3,9	558,8	10,0	5,8	1160,2	28,2	13,3
Persiennes	600,0	6,0	5,1	515,3	8,6	7,4	1082,7	25,8	13,8	
R+1	Cas de base	643,3	10,2	6,7	601,2	17,8	9,7	1290,0	40,4	16,8
	Inergie très légère	919,1	15,4	8,3	972,3	22,6	11,3	1830,9	52,2	21,6
	Occ. manuelles non motorisées	643,3	10,2	6,7	601,2	17,8	9,7	1290,0	40,4	16,8
	Occ. manuelles motorisées	613,7	9,0	7,1	564,1	16,2	9,7	1210,7	42,6	18,6
	Puits climatique + DF + bypass	369,2	10,2	6,2	345,5	17,8	0,0	839,7	40,4	15,6
	Brasseurs d'air	469,7	10,2	6,7	432,1	17,8	9,7	831,1	40,4	16,8
	PAC Air/Air gainable réversible	619,7	10,2	4,1	575,3	17,8	6,9	1225,4	40,4	14,7
	PAC Air/Air monosplit réversible	619,7	10,2	5,3	575,3	17,8	8,3	1225,4	40,4	16,6
Persiennes	591,3	10,2	6,7	554,6	17,8	9,7	1160,5	40,4	16,8	
R+C	Cas de base	644,9	7,4	5,5	635,1	12,2	8,1	1430,0	31,2	14,5
	Inergie très légère	926,5	10,6	6,9	1005,2	16,8	9,7	2034,3	42,0	19,3
	Occ. manuelles non motorisées	644,9	7,4	5,5	635,1	12,2	8,1	1430,0	31,2	14,5
	Occ. manuelles motorisées	624,4	7,0	5,3	612,3	11,4	7,8	1382,8	30,4	14,5
	Puits climatique + DF + bypass	358,1	7,4	5,3	356,1	12,2	6,4	891,0	31,2	12,9
	Brasseurs d'air	466,2	7,4	5,5	448,2	12,2	8,1	888,2	31,2	14,5
	PAC Air/Air gainable réversible	612,5	7,4	3,0	599,3	12,2	4,8	1340,4	31,2	11,5
	PAC Air/Air monosplit réversible	612,5	7,4	4,4	599,3	12,2	6,4	1340,4	31,2	13,8
Persiennes	583	7,4	5,2	567	12,2	8,05	1276	31,2	14,49	

Tableau 4 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d’été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an) selon les trois typologies de MI pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Les constats :

- 3 variantes présentent des DH inférieurs à 350 DH : ce sont les variantes avec « puits climatique + double flux + by pass » en zone H1a et H2b. Leurs Bfr sont toutefois supérieurs aux cas de base et leurs Cfr sont donc nuls, le seuil des DH étant < à 350.

Nous nous étonnons que l’impact du puits climatique sur les DH ne soit pas meilleur, notamment en zone H3. Le sujet du puits climatique avait déjà été analysé dans plusieurs études précédentes dont « Etude de sensibilité sur l’indicateur DH avec l’introduction d’une séquence caniculaire dans le fichier météo RE2020 », Bastide Bondoux - Pouget Consultants - Tribu Energie, janvier 2020. Les résultats apparaissent éloignés de relevés in-situ et de l’étude « Etude du potentiel d’un puits climatique ELIXAIR dans une maison individuelle », Transsolar Energie technik GmbH, décembre 2017.

→ **Demande de vérification de l’action du puits climatique sur le confort d’été (DH).**

- La modification de l’inertie est la variante qui impact le plus fortement les DH par rapport au cas de base.

- La matrice « IGNES » pour la gestion des protections mobiles ne fonctionne pas avec cette version de moteur de calcul, elle dégrade les DH. La matrice IGNES améliore le Bfr et le Cfr par rapport au cas de base mais moins fortement que la matrice spécifique.
- **Ce point a été partagé avec la DHUP et le CSTB et fait état d'une correction dans le moteur de calcul R_379_B_12. Une mise à jour de cette variante a été réalisée pour cette étude.**
- L'action des brasseurs des brasseurs d'airs sur les DH est toujours très valorisée. Des échanges entre le consortium, la DHUP et le CSTB avaient eu lieu sur ce sujet en 2019 lors d'une étude sur l'indicateur DIES. Nous restons toujours surpris du poids important de cette variante sur les DH. Les brasseurs apparaissent comme un moyen très simple de réduire drastiquement l'inconfort, notamment en zone H3, ce qui paraît étonnant. Selon la typologie de maison et la zone climatique, l'action des brasseurs d'airs est très proche de celle du puits climatique... Si le seuil DH max à 1250 DH est retenu pour définir ce qu'est un bâtiment non réglementaire, l'ajout de brasseurs d'air en zone H3 va permettre de rendre le bâtiment réglementaire. Les brasseurs d'air vont devenir la référence pour limiter l'inconfort en été.
Il y a donc un risque à généraliser les brasseurs d'air et conduire à la mise en place d'un système de climatisation a posteriori. Le brasseur d'air agit essentiellement sur la température opérative (confort ressenti) par l'augmentation de la vitesse d'air. Il n'a donc aucune action sur les besoins de froid, contrairement aux autres moyens passifs comme la gestion automatique des protections mobiles et de l'ouverture des baies par exemple.
- **On constate que si les brasseurs d'airs ont un fort impact sur les DH, le Bfr lui reste identique au cas de base pour cette variante. Nous regrettons que dans le calcul du Bfr les améliorations passives pour le confort d'été ne soient pas mieux prises en considération.**
- La modification du type de protection mobile de « volet roulant » pour le cas de base à « persienne » (brise-soleil orientable) améliore les DH. Les persiennes sont moins étanches à l'air que des volets roulants et vont donc permettre de mieux ventiler le logement tout en se protégeant des apports solaires. Comme pour les brasseurs d'air et le puits climatique, les persiennes ont un impact sur les DH mais pas sur le Bfr.
- Les variantes PAC Air/air réversibles le Bfr est identique aux cas de base mais les Cfr sont inférieurs. Cela s'explique avec le meilleur rendement des PAC Air/air par rapport au rendement de la climatisation fictive déclenchée quand les DH sont > à 350. Les DH calculés en présence de climatisation sont calculés en mode Th-DB : sans système énergétique et en prenant en compte que le bâti. Dans le cas des bâtiments climatisés, les DH sont en mode Th-DC (systèmes compris).

En résumé les variantes ayant le plus d'impact sur les DH :

Baisse des DH (amélioration)	Augmentation des DH(détérioration)
Ajout d'un puits climatique par rapport à sans.	Inertie : le passage d'une inertie lourde (cas de base) par rapport à inertie très légère
Ajout de brasseurs d'airs par rapport à sans.	
Changement du type de protection mobiles de volet roulant à persiennes.	

▪ **Le point sur les « variantes dites passives » : amélioration des DH mais un Bfr et Cfr similaires aux cas de base.**

A travers ces résultats nous constatons que le besoin de froid évolue logiquement selon les zones climatiques, mais il semble paradoxalement très peu optimisable par des solutions passives d'amélioration du confort d'été faisant leurs preuves au quotidien. Le problème pourrait résider à minima dans les scénarios d'usage utilisés pour le calcul du Bfr, en particulier, les calculs semblent réalisés fenêtres fermées la nuit en été dans tous les logements, neutralisant ainsi toutes les solutions passives de valorisation de la fraîcheur nocturne et augmentant artificiellement les besoins de froid.

▪ **Mise à jour de la variante Occultations automatiques – matrice IGNES avec le moteur R_379_B12 du 03/09/2020.**

Comment lire ce tableau : Ce tableau présente les résultats du cas de base et de l'occultation automatique des protections mobiles avec deux versions de moteurs de calcul RE 2020 pour la variante occultation automatique. Rappel : MI R+C et R+1 = gestion manuelle, MI 1N = gestion motorisée.

			H1a			H2b			H3		
			DH (°C.h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)	DH (°C.h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)	DH (°C.h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
1N	Cas de base RT 2012	Moteur R_346_B_278	667,8	5,6	4,83	566,8	9,2	7,13	1192	27,4	13,8
	Occ. automatiques - matrice IGNES	Moteur R_346_B_278	754,7	3,6	2,99	654,9	3,6	4,6	1536,4	24,2	11,04
		Moteur R_379_B_12	535,1	2,8	3,22	454	3,4	5,06	926,7	18,6	10,58
R+1	Cas de base RT 2012	Moteur R_346_B_278	643,3	10,2	6,67	601,2	17,8	9,66	1290	40,4	16,79
	Occ. automatiques - matrice IGNES	Moteur R_346_B_278	718	5,8	3,91	651,7	6,2	5,52	1471,6	33,8	14,26
		Moteur R_379_B_12	513,1	3,8	4,37	455,8	5,8	6,21	968,4	26,2	14,49
R+C	Cas de base RT 2012	Moteur R_346_B_278	644,9	7,4	5,52	635,1	12,2	8,05	1430	31,2	14,49
	Occ. automatiques - matrice IGNES	Moteur R_346_B_278	735,4	4,4	3,68	726,9	5,2	5,06	1836,6	28,4	11,96
		Moteur R_379_B_12	526,6	3,6	3,68	508,6	4,8	5,75	1107,3	21,6	13,57

Tableau 5 : Présentation de la mise à jour des résultats pour la variante occultation automatiques avec la matrice IGNES

La mise à jour du moteur de calcul permet à la variante « occultations automatiques – matrice IGNES » d'afficher des résultats qui apparaissent pertinent par rapport au moteur de calcul précédent.

Le gain sur les DH en zone H3 sont de plus 300 DH pour les MI R+1 et R+C et de 14 points de Bfr pour la MI R+1.

→ Concernant les protections mobiles, plusieurs enseignements peuvent être tirés de cette étude. Avant tout, le nombre de bugs constatés et la difficulté à saisir correctement les valeurs de plusieurs matrices nous conduit à recommander l'intégration d'une matrice de gestion automatique par défaut, comme il existe une matrice manuelle et une matrice manuelle motorisée par défaut.

5.2.4. LES VARIANTES COMBINATOIRES

/ ! \ : Ces variantes ont toutes été réalisées avec le moteur de calcul R_346_B_278, une mise à jour sera nécessaire avec le nouveau moteur de calcul pour s’assurer de la continuité dans les résultats présentés ci-dessous.

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du cas de base « Base RT 2012 » sont la situation de référence. La variation des paramètres permet de restituer leurs sensibilités pour chacun d’eux. L’évolution des indicateurs sont restitués dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l’indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points), des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an), du Bbio chaud, éclairage et Bbio total (points) et du Cep (kWhEP/m².an).

Les résultats pour les DH en vert sont les cas où les DH sont < à 350 DH, dans ce cas le Cfr est égal à 0. Les cellules en orange montrent une augmentation des indicateurs par rapport aux cas de base.

Nous présentons ici l’ensemble des variantes dites combinatoires sur le confort d’été étudiées pour chaque zone climatique et typologie de maison.

Typologie	Zone climatique	Variante confort d'été	DH (°C,h)	Bfr (points)	Cfr (kWhEP/m ² .an)	Bch (points)	Becl (points)	Bbio points	Cep (kWhEP/m ² .an)
1N	H1a	Base RT2012	667,8	5,6	4,8	82,4	10,0	98,0	58,2
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	370,7	3,2	3,9	79,2	10,5	92,8	56,4
		Persiennes + brasseurs d'air	418,9	6,0	5,1	84,2	10,0	100,5	59,3
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	370,1	3,2	3,9	79,2	10,5	92,8	56,4
	H2b	Base RT2012	566,8	9,2	7,1	73,4	10,0	92,8	52,9
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	310,3	4,4	0,0	70,0	10,5	85,2	45,1
		Persiennes + brasseurs d'air	348,3	8,6	0,0	75,4	10,0	94,1	46,2
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	309,0	4,4	0,0	70,0	10,5	85,2	45,1
	H3	Base RT2012	1192,0	27,4	13,8	52,6	10,0	89,9	67,6
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	530,0	19,0	12,0	49,2	11,0	78,9	64,4
		Persiennes + brasseurs d'air	643,1	25,8	13,8	55,4	10,0	91,2	69,0
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	570,1	16,8	10,8	49,2	10,5	76,6	63,3
R+1	H1a	Base RT2012	706,8	11,5	7,0	82,6	9,5	103,4	61,5
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	373,2	4,2	5,5	77,6	9,5	91,3	58,4
		Persiennes + brasseurs d'air	431,7	10,2	6,7	82,4	9,5	101,9	61,2
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	372,6	4,2	4,8	77,6	9,5	91,3	57,7
	H2b	Base RT2012	686,6	19,2	10,2	73,2	9,5	101,8	55,9
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	336,0	7,6	0,0	70,2	9,5	87,5	44,9
		Persiennes + brasseurs d'air	394,4	17,8	9,7	75,0	9,5	102,1	56,1
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	337,2	7,6	0,0	70,2	9,5	87,5	44,9
	H3	Base RT2012	1420,4	43,7	18,1	54,5	9,0	107,3	70,0
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	640,5	27,0	15,2	52,0	10,0	89,0	66,0
		Persiennes + brasseurs d'air	758,0	40,4	16,8	56,2	9,0	105,7	69,7
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	647,8	24,0	13,3	52,0	10,0	85,7	64,2
R+C	H1a	Base RT2012	700,6	8,2	5,9	75,6	9,5	93,6	62,7
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	382,0	3,8	4,6	73,2	9,5	86,4	57,7
		Persiennes + brasseurs d'air	417,4	7,4	5,5	77,6	9,5	94,7	60,0
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	376,1	3,8	4,6	73,2	9,5	86,4	57,7
	H2b	Base RT2012	727,0	13,5	8,5	69,7	9,5	92,9	56,9
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	360,6	5,8	6,7	66,0	9,5	81,4	53,6
		Persiennes + brasseurs d'air	394,3	12,2	8,1	70,6	9,5	92,4	56,8
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	366,5	5,8	6,7	66,0	9,5	81,3	53,6
	H3	Base RT2012	1551,1	33,8	15,4	48,6	9,5	91,8	65,0
		Occ. automatiques + brasseurs d'air	668,4	22,2	14,7	44,4	9,5	75,9	64,6
		Persiennes + brasseurs d'air	786,7	31,2	14,5	49,4	9,5	90,0	67,4
		Persiennes + occ. automatiques + brasseurs d'air	707,4	21,4	12,4	44,4	9,5	75,3	62,3

Tableau 6 : Présentation des résultats des variantes « confort d’été combinatoires » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an), Bch (points), Becl (points), Bbio (en points) et Cep (kWhEP/m².an).

Les constats :

- 5 combinaisons arrivent à passer sous le seuil des 350 DH toutes dans la zone H2b. Les Cfr sont donc nul ce qui améliore le Cep total.

La non prise en compte du Cfr dans le Cep fait apparaitre un effet de seuil important. Par exemple pour la variante « occultations automatiques + brasseurs d’air » pour la MI 1N en zone H2b - on constate par rapport au cas de base une baisse du Bbio de 7.6 points (baisse du Bfr et du Bch) et une baisse du Cep de 7.8 kWhEP/m².an.

- Selon le positionnement du Cepmax et du Bbiomax, le BET va pouvoir chercher à optimiser son bâtiment afin de se rapprocher des exigences règlementaires. Pour éviter les dérives, il est impératif de prendre des bâtiments avec des solutions passives améliorant à minima le confort d’été pour fixer les seuils des exigences Bbiomax et Cepmax.
- L’introduction du confort d’été ne doit pas offrir un droit à consommer plus en dégradant le confort d’hiver.
- La variante « persiennes + brasseurs d’air » améliore les DH et le Bfr mais détériore le Bch et dans certains cas le Bbio et le Cep.
- Améliorer le confort d’été peut avoir une incidence négative sur le confort d’hiver, lorsque l’on cherche à améliorer le confort d’été il est donc impératif de regarder l’ensemble des indicateurs.
- En zone H3 la variante « brasseurs d’air + occultations motorisées » (et non automatisées) permet de réduire l’inconfort par quasiment un facteur 2.

5.2.5. L’INFLUENCE DU NIVEAU DE PERFORMANCE DE L’ISOLATION SUR LE CONFORT D’ETE (DH, BFR ET CFR).

L’objectif de cette étude est de faire varier les performances de l’enveloppe pour les trois modèles de maisons individuelles sur les trois zones climatiques (H1a, H2b et H3) afin d’analyser l’évolution des indicateurs du confort d’été. Les niveaux des performances des variantes sont les suivants :

- Murs R = 3,15 m².K/W - Toiture R = 7 m².K/W,
- Murs R = 3,15 m².K/W - Toiture R = 10 m².K/W,
- Murs R = 3,15 m².K/W - Toiture R = 12 m².K/W,
- Murs R = 3,75 m².K/W - Toiture R = 10 m².K/W,
- Murs R = 4,35 m².K/W - Toiture R = 10 m².K/W.

▪ **Présentation des résultats pour MI R+C (combles aménagés)**

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques avec plusieurs niveaux de performance de l’isolation des murs et de la toiture.

Type de maison	Zone Climatique	Variantes	DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
R+C	H1a	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	646,2	7,4	5,52
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	641,9	7,6	5,52
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	640,8	7,6	5,52
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	636,7	7,8	5,75
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	631,8	8	5,75
	H2b	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	637,3	12	8,05
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	630,5	12,4	8,05
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	630,9	12,6	8,05
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	623,9	12,6	8,05
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	618,9	12,8	8,28
	H3	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	1437,5	31,2	14,49
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	1430	31,2	14,49
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	1429,2	31,2	14,49
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	1418,4	31,2	14,26
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	1407	31,2	14,26

Tableau 7 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI R+C sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Influence de l’isolation de la toiture (combles aménagés) :

L’augmentation de la performance de l’isolation en combles aménagés a un impact :

- Positif sur l’amélioration du confort : on constate une baisse des DH pour les trois zones climatiques,
- Faiblement négatif pour la zone H1a et H2b sur les besoins de froid et logiquement leurs consommations,
- Le passage d’une isolation en toiture avec un R de 10 à 12 m².K/W a un impact très limité sur l’amélioration des DH en comparaison avec le passage d’un R de 7 à 10 m².K/W.

Influence de l'isolation des murs :

L'augmentation du niveau de performance en mur a un impact :

- Positif sur l'amélioration du confort : on constate une baisse des DH pour les trois zones climatiques,
- Faiblement négatif pour la zone H1a et H2b sur les besoins de froid et logiquement leur consommation.
- L'influence du niveau de performance en mur montre un impact sur le confort d'été plus important que l'augmentation du niveau de performance en toiture.

→ Dans cette étude, nous pouvons conclure que pour cette maison, une augmentation des niveaux de performance des isolants en murs et en toiture améliore certes très faiblement le confort d'été mais surtout ne le dégrade pas.

Présentation des résultats pour MI R+1 (toiture terrasse)

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques avec plusieurs niveaux de performance de l'isolation des murs et de la toiture.

Type de maison	Zone Climatique	Variante	DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)
R+1	H1a	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	643,3	10,2	6,67
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	644,9	10,6	6,67
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	645,4	10,8	6,67
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	637,6	11	6,67
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	628,8	11,2	6,9
	H2b	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	601,2	17,8	9,66
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	606,1	18,2	9,89
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	606,3	18,4	9,89
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	596,7	18,6	9,89
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	588,5	18,8	9,89
	H3	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	1290	40,4	16,79
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	1293,6	40,8	17,02
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	1294	40,8	17,02
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	1278	40,6	16,79
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	1265,2	39,8	16,79

Tableau 8 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI R+1 sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Influence de l'isolation de la toiture (toiture terrasse) :

L'augmentation de la performance de l'isolation toiture terrasse a un impact :

- Neutre sur l'amélioration du confort : on constate une augmentation des DH pour les trois zones climatiques de moins de 1%,
- Très légèrement négatif sur les besoins de froid et logiquement leur consommation pour les trois zones climatiques.
- Le passage d'une isolation en toiture avec un R de 10 à 12 m².K/W a un impact très limité sur la dégradation des DH en comparaison avec le passage d'un R de 7 à 10 m².K/W.

Influence de l'isolation des murs :

L'augmentation du niveau de performance en mur a un impact :

- Positif sur l'amélioration du confort : on constate une baisse des DH pour les trois zones climatiques,
- Négatif pour la zone H1a et H2b sur les besoins de froid et logiquement leurs consommations,
- Positif pour la zone H3 sur les besoins de froid et logiquement leurs consommations
- L'influence du niveau de performance en mur montre un impact sur le confort d'été plus important que l'augmentation du niveau de performance en toiture.

→ Dans cette étude nous pouvons en conclure que pour cette maison, une augmentation des niveaux de performance des isolants en toiture n’a pas d’effet sur le confort d’été, l’augmentation du niveau de performance des murs améliore le confort d’été.

Présentation des résultats pour MI 1N (combles perdus)

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques avec plusieurs niveaux de performance de l’isolation des murs et de la toiture.

Type de maison	Zone Climatique	Variantes	DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
1N	H1a	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	667,9	5,6	4,83
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	667,3	5,6	5,06
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	667,2	5,8	5,06
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	661,5	5,8	5,06
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	655,3	5,8	5,06
	H2b	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	568,1	9	6,9
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	566,3	9,4	7,13
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	565,5	9,4	7,36
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	560,1	9,4	7,36
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	555,2	9,6	7,36
	H3	Murs R = 3,15 - Toiture R = 7	1195,4	27	13,57
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 10	1194,6	27,2	13,8
		Murs R = 3,15 - Toiture R = 12	1195,1	27,4	13,8
		Murs R = 3,75 - Toiture R = 10	1177,4	27,2	13,57
		Murs R = 4,35 - Toiture R = 10	1168,2	27,2	13,57

Tableau 9 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Influence de l’isolation de la toiture (combles perdus) :

L’augmentation de la performance de l’isolation toiture terrasse a un impact :

- Neutre sur l’amélioration du confort : les variations sont de l’ordre de 1 % en plus ou en moins selon les cas,
- Très légèrement négatif sur les besoins de froid et logiquement leur consommation pour les trois zones climatiques.
- Le passage d’une isolation en toiture avec un R de 7 à 12 m².K/W n’a pas d’impact sur les DH

Influence de l’isolation des murs :

L’augmentation du niveau de performance en mur a un impact :

- Positif sur l’amélioration du confort : on constate une baisse des DH pour les trois zones climatiques. Sans impact sur les besoins de froid et logiquement leurs consommations,
- L’influence du niveau de performance en mur montre un impact sur le confort d’été un peu plus important que l’augmentation du niveau de performance en toiture.

→ Dans cette étude nous pouvons en conclure que pour cette maison une augmentation des niveaux de performance des isolants en murs et en toiture améliore certes très faiblement le confort d’été mais surtout ne le dégrade pas.

→ **Conclusion de cette analyse : les résultats des simulations montrent une variation relativement faible sur les indicateurs DH, Bfr et Cfr.**

→ **Nous pouvons donc en conclure que pour nos trois exemples de maison, une augmentation de la performance de l’isolation améliore certes très faiblement le confort d’été mais surtout ne le dégrade pas.**

5.2.6. L'INFLUENCE DE L'AUTOMATISATION DES BAIES SUR LE CONFORT D'ETE (DH, BFR ET CFR).

L'objectif de cette étude est de faire varier l'inertie et le type d'ouverture des baies pour les trois modèles de maisons individuelles sur les trois zones climatiques (H1a, H2b et H3) afin d'analyser l'évolution des indicateurs du confort d'été. Les variantes sont les suivantes :

- Inertie très légère - ouverture baies automatique,
- Inertie très légère - ouverture baies manuelle,
- Inertie très lourde - ouverture baies automatique,
- Inertie très lourde - ouverture baies manuelle.

Présentation des résultats pour MI 1N (combles perdus)

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques pour la maison de plain-pied avec deux niveaux d'inertie et deux types d'ouverture des baies.

			DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)
1N	H1a	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	922	8,6	6,4
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	932	7,8	6,0
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	493	5,4	4,8
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	475	3,6	3,9
	H2b	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	903	13,8	9,0
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	920	12,8	8,7
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	382	6,8	6,0
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	379	3,2	5,3
	H3	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	1753	36,6	18,4
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	1829	35,2	18,4
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	894	25,6	12,9
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	876	23,6	12,4

Tableau 10 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

→ **Influence l'inertie :**

Le passage de l'inertie de très légère à très lourde :

- Améliore très fortement le confort d'été en divisant par deux le nombre des DH.
- Améliore fortement le Bfr et le Cfr en zone H1a et H2b en comparaison avec la zone H3, même si l'impact sur l'amélioration du confort reste important.

→ **L'influence de l'ouverture des baies automatique :**

- Dégrade les DH dans les variantes avec Inertie très légère sur les trois zones climatiques mais améliore le Bfr et le Cfr.
- Nous ne sommes pas en mesure d'expliquer cette dégradation.
- Le passage d'ouverture manuelle des baies à ouverture automatique pour les cas avec une inertie très lourde améliore des DH de 18 DH pour les zones H1a et H3 et seulement de 3 DH pour la zone H2b. Les gains sur le Bfr sont d'environ 2 points de Bfr et entre 0.5 kWhEP/m².an pour la zone H3 à 0.9 kWhEP/m².an pour la zone H1a.

Présentation des résultats pour MI R+C

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques pour la maison avec combles aménagés - avec deux niveaux d'inertie et deux types d'ouverture des baies.

			DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
R+C	H1a	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	927	10,6	6,9
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	927	9,2	6,7
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	452	6,8	5,3
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	419	4,2	4,1
	H2b	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	1005	16,8	9,7
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	1009	15,2	9,4
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	411	8,8	6,4
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	393	4,2	5,8
	H3	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	2034	42,0	19,3
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	2089	40,0	19,1
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	1057	27,6	13,3
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	986	25,4	12,9

Tableau 11 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

→ **Influence l'inertie :**

Le passage de l'inertie de très légère à très lourde :

- Améliore très fortement le confort d'été en divisant par à minima deux le nombre des DH.
- Améliore fortement le Bfr et le Cfr en zone H1a et H2b en comparaison avec la zone H3, même si l'impact sur l'amélioration du confort reste important.

→ **L'influence de l'ouverture des baies automatique :**

- Dégrade les DH dans les variantes avec Inertie très légère sur les trois zones climatiques mais améliore le Bfr et le Cfr.
- Nous ne sommes pas en mesure d'expliquer cette dégradation.
- Le passage d'ouverture manuelle des baies à ouverture automatique pour les cas avec une inertie très lourde améliore les DH : 71 DH en zone H3 - 33 DH en zone H1a et 18 DH en zone H2b.
- Comme pour la maison 1N, l'amélioration des DH est plus forte en zone H1a qu'en zone H2b, une des raisons peut être imputable à l'impact visiblement plus faible de la séquence caniculaire en H2b.
- L'amélioration la plus forte sur le Bfr et le Cfr concerne la zone H2b, puis H1a et H3.

Présentation des résultats pour MI R+1

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des DH, du Bfr et du Cfr selon trois zones climatiques pour la maison avec toiture terrasse avec deux niveaux d'inertie et deux types d'ouverture des baies.

			DH (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
R+1	H1a	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	919	15,4	8,3
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	943	13,0	7,8
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	435	9,2	6,2
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	410	5,6	5,3
	H2b	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	972	22,6	11,3
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	993	20,6	11,3
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	359	12,8	7,8
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	347	7,4	6,9
	H3	Inertie très légère - ouverture baies manuelle	1831	52,2	21,6
		Inertie très légère - ouverture baies automatique	1931	49,4	22,5
		Inertie très lourde - ouverture baies manuelle	866	33,4	15,0
		Inertie très lourde - ouverture baies automatique	814	31,0	14,5

Tableau 12 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m².an) pour la MI R+1 sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

→ **Influence l'inertie :**

Le passage de l'inertie de très légère à très lourde :

- Améliore très fortement le confort d'été en divisant par plus de deux le nombre des DH.
- Améliore fortement le Bfr et le Cfr en zone H1a et H2b en comparaison avec la zone H3, même si l'impact sur l'amélioration du confort reste important.
- **L'influence de l'ouverture des baies automatique :**
- Dégrade les DH dans les variantes avec Inertie très légère sur les trois zones climatiques mais améliore le Bfr et le Cfr. On constate une dégradation de quasiment 100 DH pour la zone H3 entre les deux variantes (contre une dégradation de 77 DH pour la MI 1N et 55 DH pour la MI R+C).
- Nous ne sommes pas en mesure d'expliquer cette dégradation.
- Le passage d'ouverture manuelle des baies à ouverture automatique pour les cas avec une inertie très lourde améliore les DH : 52 DH en zone H3 - 25 DH en zone H1a et 12 DH en zone H2b.
- Comme pour la maison 1N et R+C, l'amélioration des DH est plus forte en zone H1a qu'en zone H2b, une des raisons peut être imputable à l'impact visiblement plus faible de la séquence caniculaire en H2b.
- L'amélioration la plus forte sur le Bfr et le Cfr concerne la zone H2b, puis H1a et H3.

Conclusion sur l'influence du type d'ouverture des baies :

- La modification de l'inertie a l'impact le plus fort sur les DH, le Bfr et le Cfr. Les DH sont systématiquement divisé par deux voir plus entre les deux configurations.
- Dans les variantes « inertie légère » l'ouverture des baies automatique dégrade les DH par rapport à la variante ouverture manuelle alors que le Bfr se trouve amélioré dans toutes les variantes.
Nous ne sommes pas en mesure d'expliquer ce résultat.
- La modification du type d'ouverture des baies de manuelle à automatique pour les variantes « inertie très lourde » améliore le confort d'été (DH), le Bfr et le Cfr pour toutes les typologies et les zones climatiques :
 - L'amélioration des DH est plus forte pour la zone H3, puis H1a et H2b.
 - L'amélioration du Bfr et du Cfr est plus marquée pour la zone H2b, puis H1a et H3.

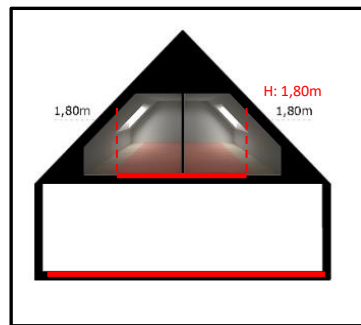
5.3. ETUDE SUR L'INFLUENCE D'UNE MODULATION DE LA SHAB POUR LA MAISON R+C

Problématique :

Les maisons à comble aménagé, qui représentent aujourd'hui entre 10 et 15 % des projets de construction neufs au plan national, voire 30 % dans certaines régions du nord de la Loire, sont directement pénalisées **par une faille dans la méthode de calcul des indicateurs énergétiques**.

Pour illustrer la problématique, ci-dessous l'expression du calcul du Cep avec un périmètre de raisonnement différent au numérateur et au dénominateur :

$$\text{Cep} \left(\frac{\text{kWhEP}}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{consommations énergétiques sur } \mathbf{TOUTE} \text{ la surface de l'ensemble du volume chauffé}}{\text{Surface } \mathbf{PARTIELLE} \text{ (surface ne prenant pas en compte la totalité des volumes chauffés, car excluant ceux de moins de 1,8 m de hauteur sous plafond)}}$$



Cette problématique qui concernait déjà les indicateurs énergétiques de la RT 2012, va perdurer sur les indicateurs énergétiques de la RE2020 et également s'étendre aux indicateurs carbone de la RE 2020 si aucune action corrective n'est menée.

Il est donc fondamental de trouver un coefficient de correction pour rétablir les performances énergétiques et environnementales réelles de ce type de construction et éviter toute forme de distorsion vis-à-vis des autres formes architecturales de maison.

La contribution ci-dessous propose un coefficient de modulation des résultats des différents indicateurs pour les maisons à comble aménagé.

Calculs réalisés :

Les calculs ont été réalisés sur le cas de base de la maison à comble aménagé (R+C) présentée dans ce rapport, représentative de la typologie des maisons à comble aménagé du marché.

Le premier cas a été simulé en prenant comme surface de référence la surface habitable (SHAB = 100 m²), puis dans un second temps le même modèle a fait l'objet de nouveaux calculs, en prenant cette fois la surface totale correspondant au volume chauffé : surface prenant en compte la totalité des volumes chauffés, inclus ceux de moins de 1,8 m de hauteur sous plafond (SHAB corrigée = 113,6 m²).

Résultats des calculs :

Les résultats bruts pourront être partagés.

De ces résultats il découle que la modulation nécessaire des différents indicateurs énergétiques et environnementaux, pour le cas de cette maison représentative, est de **1,13**.

Conclusion et proposition :

→ Compte tenu, des arbitrages rendus sur la surface de référence, et de la pénalisation induite, pour cette typologie de logement largement représentée sur le marché, **notre proposition est donc d'introduire, pour les maisons à combles aménagés, un coefficient de modulation de l'ordre de 1,13 pour le calcul des indicateurs d'exigence, exprimés en m² de surface de référence, dans la RE 2020 (indicateurs d'exigence énergie et carbone).**

5.4. ANALYSE DES RESULTATS SUITE AUX PROPOSITIONS DE LA DHUP.

Pour cette partie nous comment sont positionnées les résultats des variantes par rapport aux indicateurs et scénarios proposés par la DHUP dans le cadre de la concertation de juillet 2020. Pour la maison individuelle, nous présenterons les variantes :

- Cas de base RT 2012 : bâtiment standard qui respectent les exigences de la RT 2012,
- Cep Système de référence – 20% :
 - Zone H1a et H2b : Cep variante « PAC Air/Eau 2 Services » base RT 2012 – 20%,
 - Zone H3 : Cep variante « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » base RT 2012 – 20%,
- Bbio RT 2012 à 40 points :
 - Zone H1a et H2b : Bbio RT 2012 variante « PAC Air/Eau 2 Services » base 40 points,
 - Zone H3 : Bbio RT 2012 variante « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » base 40 points,
- Systèmes constructifs : modification du système constructif : bloc béton, brique et bois.

5.4.1. LES CONSTATS SUR LES INDICATEURS BBIO – CEP – ET EGESPCE.

La DHUP a proposée pour la maison individuelle des scénarios pour la fixation du Bbio et du Cep. Il est considéré pour les indicateurs suivant que :

▪ LE BBIO :

- Un niveau de Bbio 100 points correspond au niveau RT2012,
- Un niveau de Bbio de 95 points correspond à des prestations standards actuelles,
- Un niveau de Bbio de 85 points correspond à un renforcement modéré des prestations par rapport à la RT 2012,
- Un niveau de Bbio de 75 points correspond à un renforcement substantiel des prestations par rapport la RT2012,
- Un niveau de Bbio de 60 points correspond à un renforcement maximal théorique des prestations par rapport la RT2012.

→ **Au regard des résultats obtenus sur les MI RT 2012, on peut considérer qu'un Bbio pour la zone H2b de 92 points correspond au niveau des prestations de la RT 2012. Avec le moteur de calcul réglementaire RT 2012, les Bbio projets des variantes de base sont en moyenne inférieur de 5% par rapport au Bbio max RT 2012.**

▪ LE CEP :

- Un niveau de Cep de 72 kWhEP/m².an correspond au niveau RT 2012 : prestations moins bonnes que le standard du marché.
- Un niveau de Cep 68 kWhEP/m².an correspond à des prestations moins bonnes que le standard du marché mais meilleure qu'en RT2012. Les bâtiments EJ+CET commencent à être différenciés.
- Un niveau de Cep 64 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations standard actuelles
- Un niveau de Cep 60 kWhEP/m².an correspond à un renforcement significatif des prestations par rapport la RT2012 et au standard actuel. Les bâtiments avec poêles bois commencent à être différenciés.
- Un niveau de Cep 46 kWhEP/m².an correspond à un renforcement maximal théorique des prestations par rapport la RT2012.

→ **Au regard des résultats obtenus sur les MI RT 2012, on peut considérer qu'un Cep pour la zone H2b de 64 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations standard de la RT 2012. Avec le moteur de calcul réglementaire RT 2012, les Cep projet des cas de base sont en moyenne inférieur de 13 % par rapport au Cep max RT 2012.**

Pour les systèmes de référence cela correspond aux prestations de l'enveloppe suivantes :

Pour l'ensemble des MI (toutes zones et typologies), la ventilation est une VMC SF hygro B (de 9,2W) et la perméabilité à l'air est de 0,6 m³/(h. m²).

▪ Zones climatiques H1a et H2b – système de référence « PAC Air / Eau 2 services » :

	Murs extérieurs et sur locaux non chauffés	Toiture	Plancher sur Vide Sanitaire	Menuiseries	Protections mobiles
R+C (combles aménagés)	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	R = 8 m ² .K/W	Sous chape R=2,6 m ² .K/W	PVC: 1,40 W/m ² . K Alu: 1,60 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion manuelle
1N (combles perdus)	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	H1a R = 8 m ² . K/W H2b R = 9 m ² .K/W	Sous chape R=2,6 m ² .K/W	PVC: 1,40 W/m ² .K Alu: 1,60 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion motorisée
R+1 (toiture terrasse)	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	R = 6,7 m ² . K/W (R = 4,5 m ² .K/W + Sous face R = 2,2 m ² .K/W)	Sous chape R=2,6 m ² .K/W	PVC: 1,40 W/m ² .K Alu: 1,60 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion manuelle

Tableau 13 : Présentation des performances de l'enveloppe pour les cas de base "RT 2012" pour le système de référence "PAC Air / Eau 2 services" en zone H1a et H2b.

▪ Zones climatiques H3 – système de référence « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET » :

	Murs extérieurs et sur locaux non chauffés	Toiture	Plancher sur Vide Sanitaire	Menuiseries	Protections mobiles
R+C	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	R = 8 m ² .K/W	Sous chape R=1,35 m ² .K/W	PVC: 1,30 W/m ² . K Alu: 1,40 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion manuelle
1N	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	R = 10 m ² .K/W	Sous chape R=1,35 m ² .K/W	PVC: 1,30 W/m ² . K Alu: 1,40 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion motorisée
R+1	R = 3,15 m ² .K/W (ITI)	R = 6,7 m ² .K/W (R = 4,5 m ² .K/W + Sous face R = 2,2 m ² .K/W) toiture terrasse	Sous chape R=1,35 m ² .K/W	PVC: 1,40 W/m ² . K Alu: 1,60 W/m ² . K	Volet roulant - Gestion manuelle

Tableau 14 : Présentation des performances de l'enveloppe pour les cas de base "RT 2012" pour le système de référence "PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET" en zone H3.

→ On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...)

▪ LE CARBONE :

→ Tous les résultats de cette étude seront présentés avec les deux méthodes : statique et dynamique.

Tableau 15 : Niveaux carbone proposés par la DHUP pour fixer des exigences.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
EGES PCE	450 kgCO2/m ²	400 kgCO2/m ²	300 kgCO2/m ²	250 kgCO2/m ²
Stockage carbone	0 kgCO2/m ²	4 kgCO2/m ²	7 kgCO2/m ² à 15 kgCO2/m ²	16 kgCO2/m ²

Rappel des lots en ACV et de leur prise en compte :

Liste des lots en ACV
1. VRD
2. Fondations et infrastructure
3. Superstructure – Maçonnerie
4. Couverture – Etanchéité – Charpente – Zinguerie
5. Cloisonnement – Doublage – Plafonds suspendus – Menuiseries intérieures
6. Façades et menuiseries extérieures
7. Revêtements des sols, murs et plafonds – chape – Peinture – Produits de décoration
8. CVC (Chauffage – Ventilation – Refroidissement – Eau chaude sanitaire)
9. Installations sanitaires
10. Réseaux d'énergie (courant fort)
11. Réseaux de communication (courants faibles)
12. Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur
13. Equipement de production locale d'électricité

5.4.2. LES PROPOSITIONS DE LA DHUP DE SCENARIOS POUR LA FIXATION DES SEUILS REGLEMENTAIRES

Lors de la concertation sur la RE2020 de juillet 2020, la DHUP a proposé plusieurs scénarios sur la partie énergie, carbone et confort d'été. Dans cette partie il sera analysé les résultats des variantes vis-à-vis des scénarios proposés pour l'ensemble des indicateurs à l'exception des DH.

Scénarios		Bbio (points)	Cep (kWh/m2)	Cep,nr (kWh/m2)	EgesEnergie (kgCO2/m2)	RCR (%)	
A	Bbio+Cep + EgesEner	Option 1	80	70	X	7	X
		Option 2	90	60	X	8	X
		Option 3	75	55	X	6	X
B	Bbio+Cep + RCR	Option 1	80	70	X	X	10
		Option 2	90	60	X	X	15
		Option 3	75	55	X	X	20
C	Bbio +Cep,nr +EgesEner	Option 1	80	X	70	7	X
		Option 2	90	X	60	8	X
		Option 3	75	X	55	6	X
D	Bbio+Cep +Cep,nr +EgesEner	Option 1	80	75	70	7	X
		Option 2	90	70	60	8	X
		Option 3	75	65	55	6	X

Tableau 16 : Scénarios énergie proposés par la DHUP pour fixer des exigences

5.4.2.1. PRESENTATION DES RESULTATS AU REGARD DES SCENARIOS PROPOSES PAR LA DHUP POUR LA MI R+C EN ZONE H2B

Nous présenterons uniquement les résultats pour la zone H2b. Les résultats pour les zones climatiques H1a et H3 sont en annexes.

LES RESULTATS POUR LES VARIANTES RT 2012

Comment lire ce graphique : Ce graphique présente pour les variantes avec un niveau de performance qui respecte les exigences de la RT 2012 et transposées dans le moteur RE 2020 les résultats des indicateurs :

- Bbio en points : histogramme de couleur verte lecture sur l'axe de gauche,
- Cep en kWhEP/m².an : histogramme de couleur bleu lecture sur l'axe de gauche,
- Cep,Nr en kWhEP/m².an : points orange de couleur orange foncée lecture sur l'axe de gauche, si le point est à 0 cela signifie que le Cep,Nr est équivalent au Cep.
- RCR en % : carré en vert lecture sur le graphique,
- Le coût supplémentaire par rapport au cas de référence (pour cette MI la solution PAC Air / Eau 2 services) de chaque variante exprimée par m², lecture dans la légende du bas,
- Eges Energie en kgeqCO₂ / m².an : barre jaune lecture échelle de droite,
- Le type de système : chauffage + ECS lecture dans la légende du bas,
- Les trois niveaux de Bbio en points proposés par la DHUP : traits verts à 90 – 80 et 75 points,
- Les trois niveaux de Cep en kWhEP/m².an proposés par la DHUP : traits bleus à 70 – 60 et 55 points,
- Les trois niveaux de Eges Energie en kgeqCO₂ / m².an proposés par la DHUP : traits jaunes à 8 – 7 et 6 kgeqCO₂ / m².an.

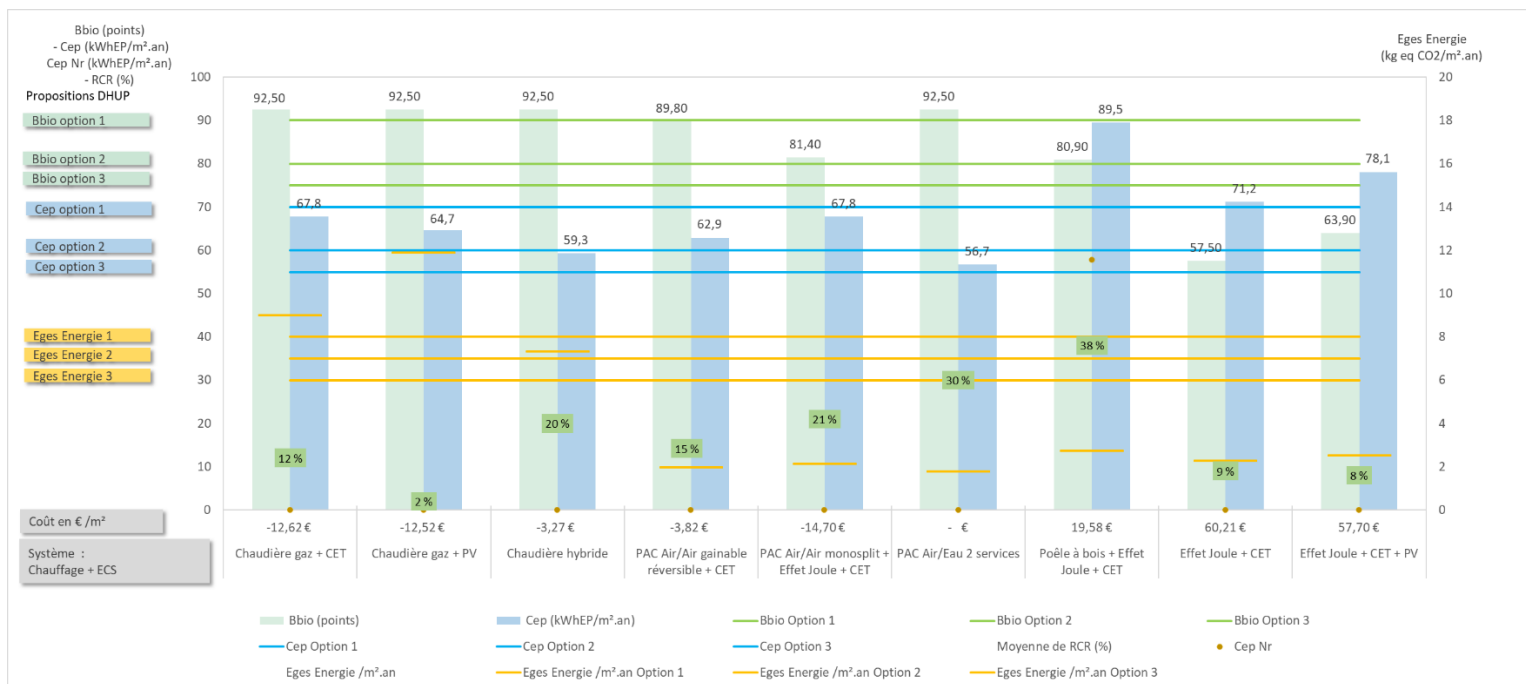


Figure 8 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « base RT 2012 » de la MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)

- **Analyse par rapport aux scénarios Energie proposés :**
 - L'unique variante qui répond à un des scénarios proposés est la variante « Poêle à bois + Effet Joule + CET ». Elle répond au scénario C : Bbio + Cep,nr + Eges Ener - option 2 (Bbio projet < 90 points – Cep, nr < 60 kWhEP/m².an – Eges Energie < 8 kgCo₂/m²).
 - Plusieurs variantes sont très proches de répondre aux différents scénarios :
 - La variante « PAC Air /eau 2 services », avec un Bbio de 92.5 points - cette variante ne répond à aucun des scénarios. Mais à partir de 90 points de Bbio, ce système répondra à l'ensemble des options 2 de tous les scénarios.

- La variante « PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET », avec un Bbio de 81,4 points, cette variante ne répond à aucun des scénarios.
Mais à partir de 80 points de Bbio, ce système répondra à l'ensemble des options 1 de tous les scénarios.
- La variante « Effet Joule + Cet », avec un Cep de 71,2 kWhEP/m².an, cette variante ne répond à aucun des scénarios.
Mais à partir d'un Cep 70 kWhEP/m².an, ce système répondra à l'ensemble des options 1 de tous les scénarios.
- La variante « PAC Air/air gainable réversible + CET », avec un Cep de 62,9 kWhEP/m².an, cette variante ne répond à aucun des scénarios.
Mais à partir d'un Cep de 60 kWhEP/m².an, ce système répondra à l'ensemble des options 2 de tous les scénarios.

Les coûts des solutions :

Les coûts sont affichés dans l'échelle du bas du graphique. Le système de référence PAC Air / Eau est à 0 €, le basculement vers la variante PAC Air / Air induit une baisse de 14.70 €/m² alors que le changement vers la variante Effet Joule + CET induit une augmentation de 60.21 €/m².

Analyse détaillée des ACV des variantes :

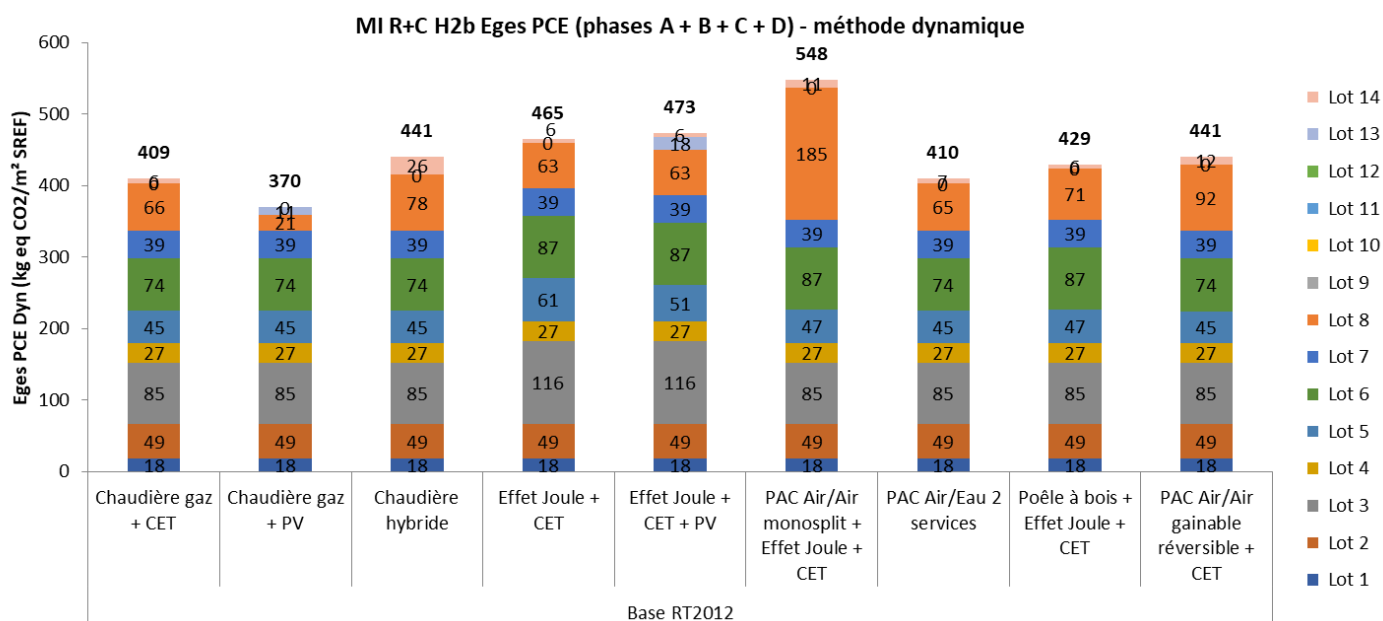


Figure 9 : Eges PCE pour la MI R+C en zone H2b - méthode dynamique

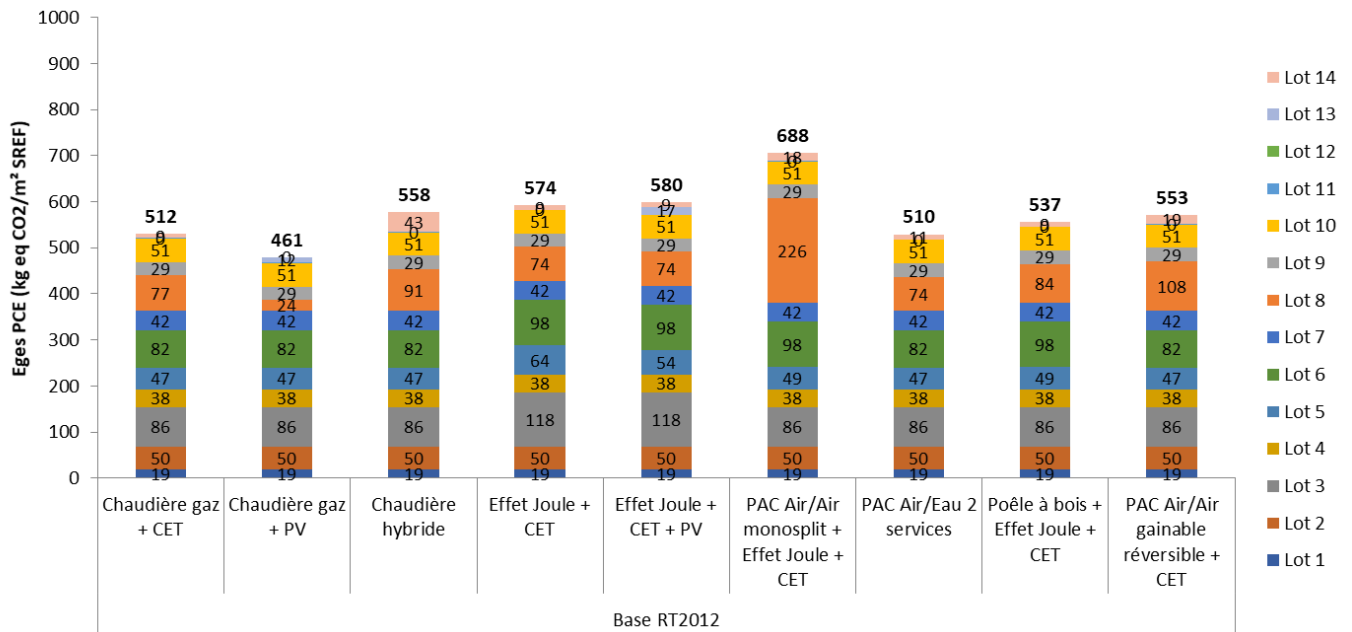


Figure 10 : Eges PCE (phases A + B + C) - méthode statique pour la MI R+C en zone H2b

L'analyse de l'ACV détaillée de l'ensemble des variantes montre que pour les variantes « Effet joule + CET », « Effet joule + CET + PV » les lots 3 – 4 – 5 sont supérieurs par rapport aux autres variantes. Pour respecter les exigences de la RT 2012 (Bbio et Cep), le BET a dû changer le mode constructif :

- Mise en place d'une maçonnerie isolante (R 1.45 m².K/W) à la place d'une maçonnerie standard : modification du lot 3,
 - Changement du type d'isolant et augmentation de la résistance thermique : modification du lot 5,
 - Modification du type de menuiseries : modification du lot 6.
- Une comparaison rapide pour ces modes constructifs traditionnels montre une baisse entre 20 et 25 % des émissions de CO2 pour la méthode d'ACV dynamique par rapport à la méthode d'ACV statique.
- **Nous pouvons en conclure que si les cas de base RT2012 n'arrivent pas à respecter les scénarios proposés par la DHUP nous avons vu que certaines variantes en sont très proches. Cela interroge sur la proposition avec un Bbio à 90 points alors qu'il a été annoncé un renforcement de cet indicateur dans le cadre de cette nouvelle réglementation par rapport à la RT 2012.**
- **Outre le choix de l'ACV Dynamique sans concertation préalable des acteurs du bâtiment, la méthode pour fixer les exigences doit être clarifiée afin de pouvoir se positionner sur un niveau EGES PCE.**

5.4.2.2. LES RESULTATS POUR LES VARIANTES CEP – 20 %

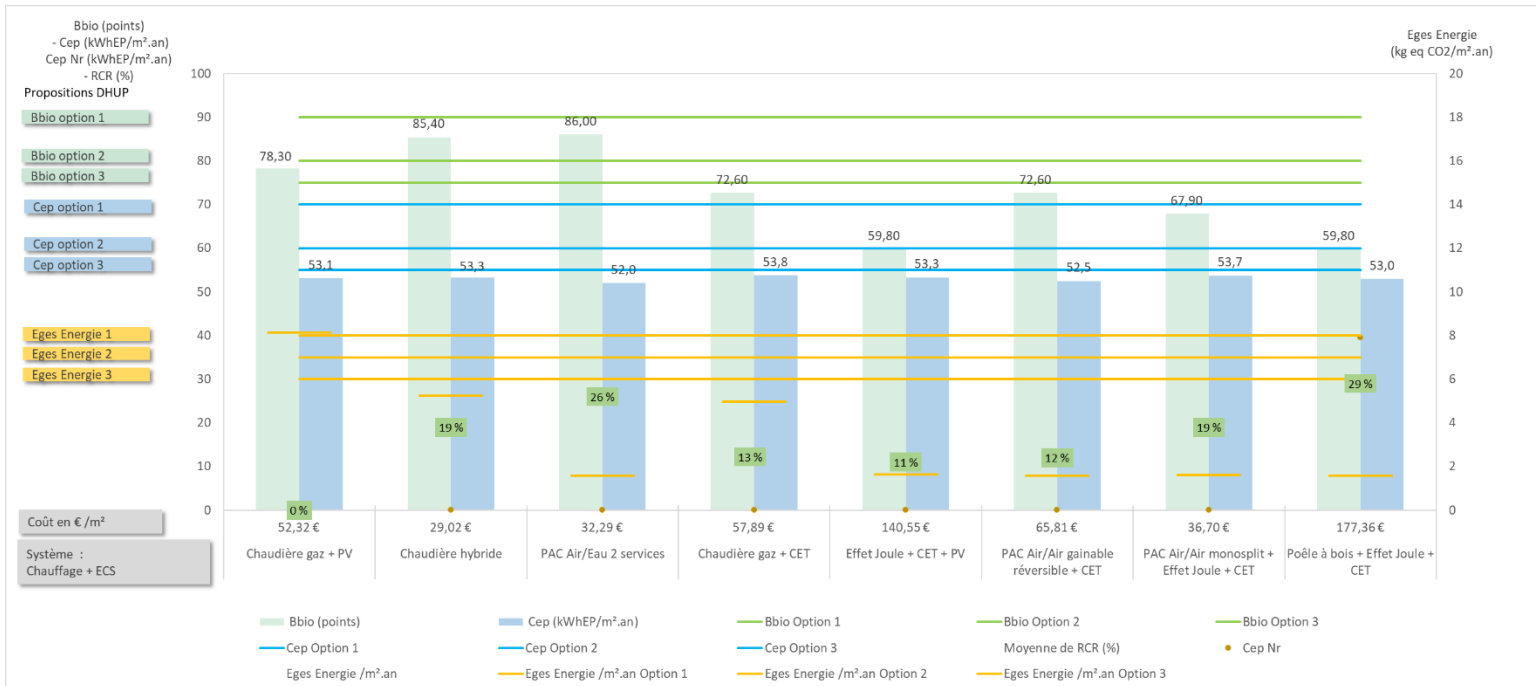


Figure 11 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « CEP -20 % » MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)

Analyse par rapport aux scénarios proposés :

Les scénarios Energie :

- La majorité des variantes se situent nettement sous les propositions de Bbiomax et de Cepmax de la DHUP, avec un Bbio moyen de 57.5 points et un Cep entre 42.9 et 46.5 kWhEP/m².an.
- Les variantes « Effet joule + Cet + PV » et « Poêle à bois + Effet joule + CET » n’arrivent pas à respecter la cible malgré l’utilisation des PV (max = 53,5 m² : pan de toiture orienté Sud).
- Seule la variante « chaudière gaz + PV » ne respecte pas le niveau 1 du Eges Energie.
- RCR : Variations importantes notées pour les cas « chaudière hybrides », « Poêle à bois + EJ + CET » par rapport aux variantes « Base RT 2012 ».

Les coûts des solutions :

- Les évolutions des coûts sont calculées par rapport à la situation de référence qui est pour la MI R+C en zone H2b le cas « Base RT 2012 » avec une « Pac Air /Eau 2 services ». Pour ces variantes l’augmentation des coûts est de 71.21 €/m² pour le cas « Pac Air /Eau 2 services » à 361.66 € pour la variante « Poêle à bois + Effet Joule + CET ».

Analyse détaillée des ACV des variantes :

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur EGES PCE pour la MI R+C en zone H2b pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » pour la zone climatique H1a. Méthode utilisée : ACV statique.

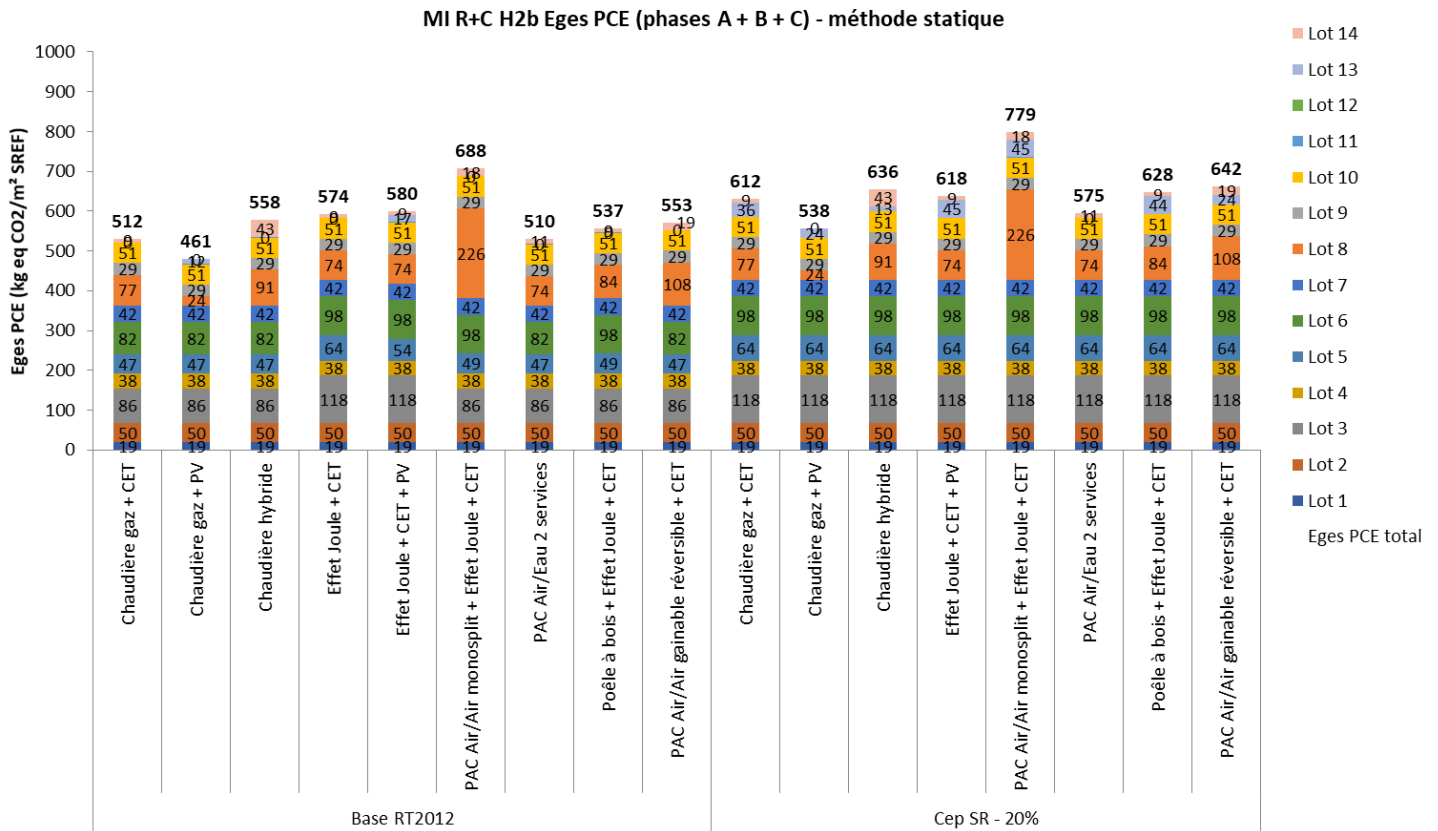


Figure 12 : Comparaison de l'indicateur Egés PCE (phases A + B + C) - méthode statique pour les variantes Base RT 2012 et Cep SR -20% - MI R+C en zone H2b

Analyse : Comparaison de l'indicateur EgésPCE statique pour les ACV « base RT 2012 » et « CEP SR – 20 % ».

- Entre les deux types de variante, on constate des variations sur les lots 3 - 5 - 6 - 8 - 13 - 14
- Les bâtis des variantes Cep SR – 20% correspondent au bâti « Effet Joule + CET » de la variante base RT2012 auquel s'ajoute des variations liées au système énergétique utilisé (lots 8 - 13 - 14).

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur EGES PCE pour la MI R+C en zone H2b pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » pour la zone climatique H1a. Méthode utilisée : ACV dynamique.

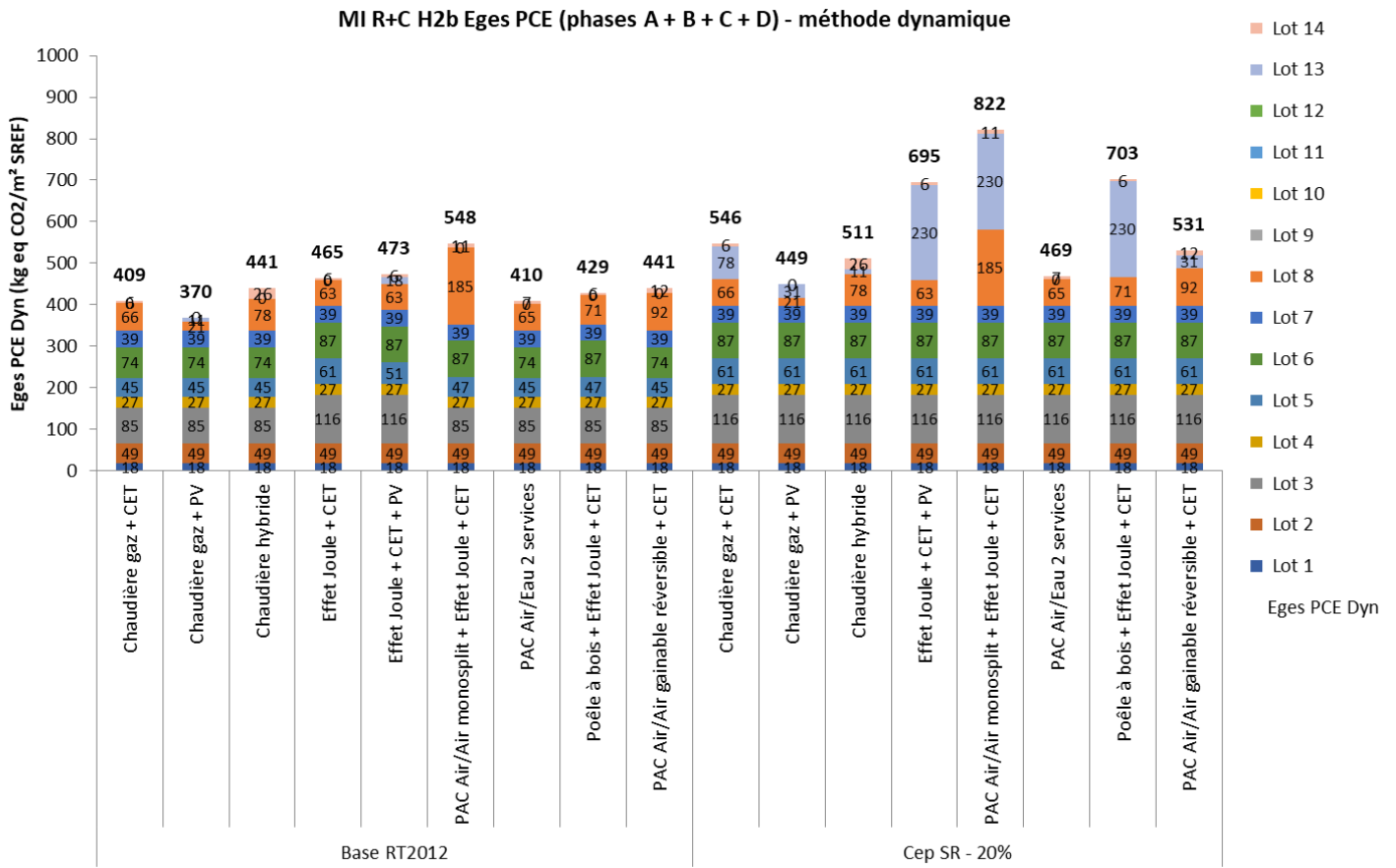


Figure 13 : Comparaison de l'indicateur Egés PCE (phases A + B + C + D) - méthode dynamique pour les variantes Base RT 2012 et Cep SR -20% - MI R+C en zone H2b

Analyse : Comparaison de l'indicateur EgésPCE dynamique pour les ACV « base RT 2012 » et « CEP SR – 20 % ».

- Mêmes constats que pour les ACV statique pour les variations des lots.
- Le lot 13 = pas de prise en compte du taux de l'autoconsommation → problématique pour les solutions qui nécessitent de grandes surfaces de PV

Illustration des performances des bâtis selon les variantes :

Zone climatique	H2b		
Nom bâtiment	R+C		
Description Variante	Base RT2012	Cep SR - 20%	Bbio 40 pts
Chauffage + ECS	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services
Murs extérieurs	Parpaing LdV lambda 32 de 100 mm (R=3,15). Plâtre	Brique (Ru=1,45) LdV lambda 32 de 120 mm (R=3,75). Plâtre	Brique (Ru=1,45) LdV lambda 32 de 100 mm (R=3,15). Plâtre
Toiture	Laine de verre lambda 35 de 280 mm (R=8) plâtre	Laine de verre lambda 35 de 360 mm (R=10) plâtre	Laine de verre lambda 35 de 360 mm (R=10) plâtre
Plancher sur Vide Sanitaire	Entrevous non isolants, PU sous chape 57 mm (R=2,6)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)
Uw	PVC : 1,40 Alu : 1,60	PVC : 1,30 Alu : 1,40	PVC : 1,30 Alu : 1,40
Sw / TIw sans Protect°	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,71	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,69	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,92
Sw / TIw avec Protect°	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,16	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,14	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,37
Vr	Uc = 2,00	Uc = 0,50	Uc = 0,50
Nature	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant
Gestion	Gestion manuelle	Gestion automatique	Gestion automatique
Perméa	0,6	0,4	0,6
Nature	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W

Tableau 17 : Présentation des performances de l'enveloppe pour la MI R+C « système de référence » en zone H2b selon les variantes : « base RT2012 » - « Cep SR -20% » et « Bbio 40 points ».

→ On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...).

5.4.2.3. LES RESULTATS POUR LES VARIANTES Bbio RT 2012 40 POINTS

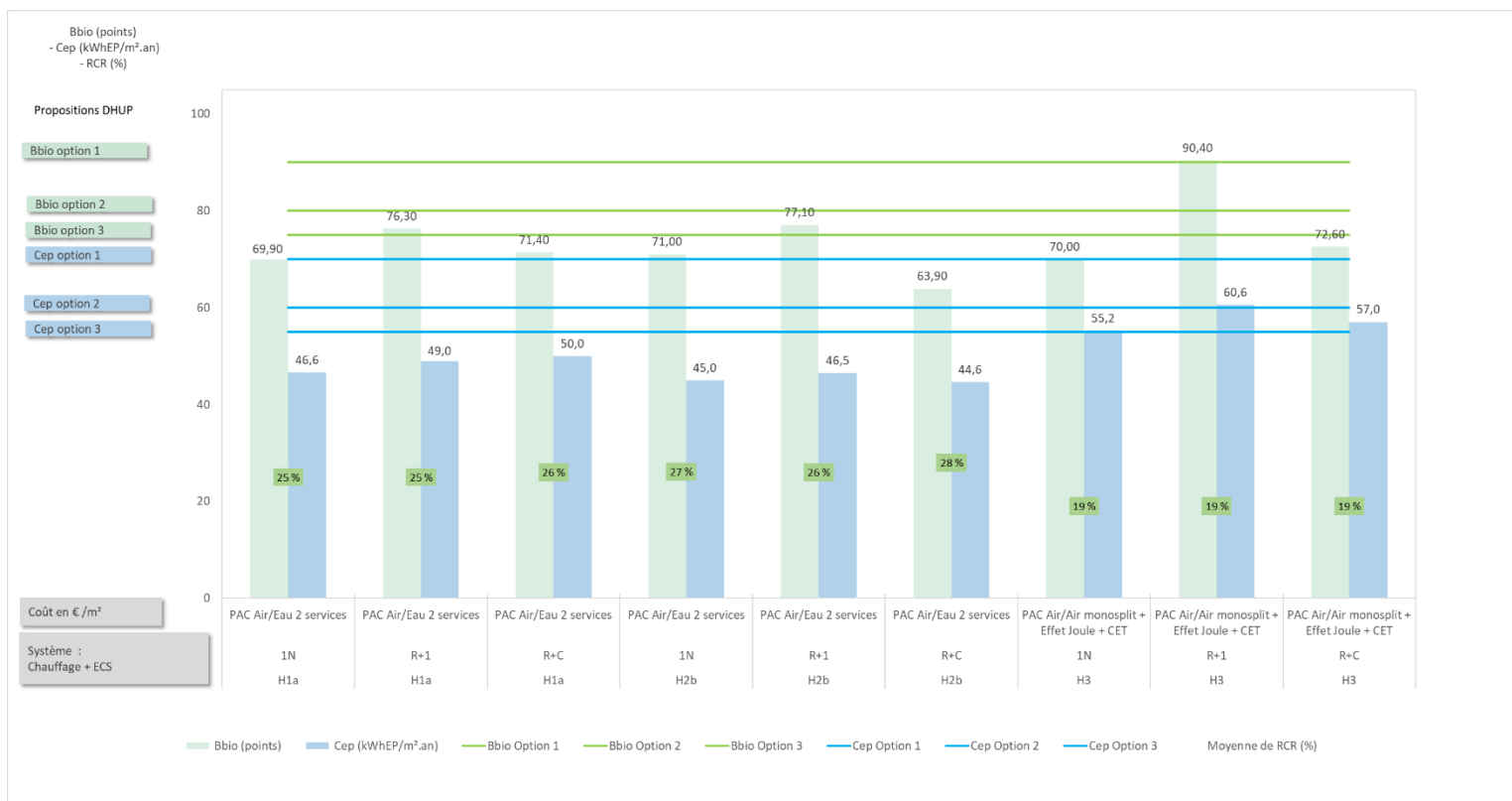


Figure 14 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Bbio 40 points » MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)

5.4.3. PRESENTATION DES RESULTATS AU REGARD DES SCENARIOS PROPOSES PAR LA DHUP POUR LA MI 1N ET LA MI R+1

Comment lire ce tableau : ce tableau représente les résultats pour les indicateurs « Energie » et « Carbone » proposés par la DHUP pour la maison 1N (plain-pied) et la maison R+1 (Toiture Terrasse) pour trois types de variantes : Base RT 2012 – Cep SR -20 % - Bbio RT2012 40 points. Le code couleur permet de connaître comment les résultats des calculs se situent par rapport aux scénarios proposés par la DHUP et au scénario Eges Total proposé par le consortium Eges Total. La légende de couleur sous le tableau permet de faciliter la lecture des résultats.

Par exemple pour la MI 1N en zone H1a pour la variante Bbio « RT 2012 40 points » le Bbio est de 69.9 points, la cellule est en couleur vert très clair, cela signifie que pour cette variante le Bbio respecte l'option 3 c'est-à-dire un Bbio projet < à un Bbio max de 75 points.

Typologie	Zone climatique	Chauffage + ECS	Type de Variante	Coût	Bbio (points)	Cep (kWhEP/m².an)	DH (°C,h)	RCR (%)	Cep_nr (kWhEP/m².an)	Eges Energie (kgCO2/m²)	Eges PCE Dyn (kgCO2/m²)	Stockage carbone (kgCO2/m²)	Eges Total (kgCO2/m²)	
1N	H1a	PAC Air/Eau 2 services	Base RT2012	- €	98,0	58,2	667,8	28%	58,3	1,8	363,3	6,8	427,8	
			Bbio 40 pts		69,9	46,7	651,6	25%	46,6	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	67,38 €	67,5	45,5	636,5	25%	45,6	1,4	417,7	6,8	466,7	
	H2b		Base RT2012	- €	92,8	52,9	566,8	30%	53,0	1,6	363,6	6,8	421,3	
			Bbio 40 pts		71,0	44,9	542,2	27%	45,0	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	69,39 €	58,9	40,0	633,4	27%	40,2	1,2	417,7	6,8	460,3	
	H3		PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET	Base RT2012	- €	89,9	67,6	1192,0	21%	67,4	2,1	478,1	6,8	551,5
			Bbio 40 pts		70,0	55,4	1182,4	19%	55,2	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	65,37 €	65,7	52,4	1152,2	19%	52,3	1,6	537,4	6,8	592,5	
R+1	H1a	PAC Air/Eau 2 services	Base RT2012	- €	101,9	61,2	643,3	26%	61,0	1,9	377,0	0,3	444,9	
			Bbio 40 pts		76,3	49,0	568,4	25%	49,0	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	83,56 €	73,4	47,6	563,3	24%	47,6	1,5	432,7	0,3	484,2	
	H2b		Base RT2012	- €	102,2	56,1	601,2	29%	56,0	1,7	377,0	0,3	438,2	
			Bbio 40 pts		77,1	46,7	520,8	26%	46,5	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	86,35 €	64,4	41,2	606,2	27%	41,1	1,3	432,7	0,3	476,7	
	H3		PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET	Base RT2012	- €	105,7	69,7	1290,0	21%	69,7	2,2	489,3	0,3	564,8
			Bbio 40 pts		90,4	60,5	1131,3	19%	60,6	-	-	-	-	-
			Cep SR - 20%	90,79 €	69,5	50,6	1449,4	19%	50,3	1,5	547,6	0,3	600,5	

	Bbio (points)	Cep (kWhEP/m².an)	DH (°C,h)	RCR (%)	Cep_nr (kWhEP/m².an)	Eges Energie (kgCO2/m²)	Eges PCE Dyn (kgCO2/m²)	Stockage carbone (kgCO2/m²)	Eges Total (kgCO2/m²)
Option 1	80	70	350	10%	70	7	450	0	695
Option 2	90	60		15%	60	8	400	4	645
Option 3	75	55		20%	55	6	300	7	545
Option 4							250	16	495

Tableau 18 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie et carbone proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Base RT 2012 » - « CEP -20 % » et « Bbio base 40 » pour les MI R+1 et 1N sur les trois zones climatiques.

Les scénarios Energie :

- Aucun des cas de base permettent de répondre aux scénarios proposés par la DHUP.
- Les variantes Cep SR – 20 % et Bbio 40 points répondent majoritairement au scénario le plus exigeant proposé par la DHUP (Bbio 75 points et Cep 55 kWhEP/m².an).

Les scénarios Carbone :

- Il n'y a pas eu d'analyse Carbone pour les variantes Bbio 40 points.
- Les conclusions sont similaires pour les variantes Cep SR -20 % avec les conclusions pour la MI R+C. Les bâtis des variantes Cep SR – 20% correspondent à un bâti très renforcé des variations liées au système énergétique utilisé (lots 8 - 13 - 14).

Illustration des bâtis :

Zone climatique	H2b					
	1N			R+1		
Nom bâtiment						
Description Variante	Base RT2012	Cep SR - 20%	Bbio 40 pts	Base RT2012	Cep SR - 20%	Bbio 40 pts
Chauffage + ECS	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services	PAC Air/Eau 2 services
Murs extérieurs	Parpaing LdV lambda 32 de 100 mm (R=3,15). Plâtre	Brique (Ru=1,45) PU de 120 mm (R=5,55). Plâtre	Brique (Ru=0,80) LdV lambda 32 de 120 mm (R=3,75). Plâtre	Parpaing LdV lambda 32 de 100 mm (R=3,15). Plâtre	Brique (Ru=1,45) PU de 120 mm (R=5,55). Plâtre	Brique (Ru=1,45) LdV lambda 32 de 120 mm (R=3,75). Plâtre
Toiture	Laine de verre soufflée lambda 40 de 360 mm (R=9) plâtre	Laine de verre soufflée lambda 40 de 400 mm (R=10) plâtre	Laine de verre soufflée lambda 40 de 400 mm (R=10) plâtre	Entrevous non isolants, PU 100 mm (R=4,5) + LdV sous face lambda 32 de 70 mm (R=2,2)	Entrevous non isolants, PU 120 mm (R=5,55) + LdV sous face lambda 32 de 140 mm (R=4,35)	Entrevous non isolants, PU 120 mm (R=5,55) + LdV sous face lambda 32 de 70 mm (R=2,2)
Plancher sur Vide Sanitaire	Entrevous non isolants, PU sous chape 57 mm (R=2,6)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)	Entrevous non isolants, PU sous chape 57 mm (R=2,6)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)	Entrevous non isolants, PU sous chape 120 mm (R=5,55)
Uw	PVC : 1,40 Alu : 1,60	PVC : 1,30 Alu : 1,40	PVC : 1,30 Alu : 1,40	PVC : 1,40 Alu : 1,60	PVC : 1,30 Alu : 1,40	PVC : 1,30 Alu : 1,40
Sw / Tlw sans Protect*	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,64	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,59	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,80	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,64	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,71	PVC : 0,42/0,5 Alu : 0,48/0,75
Sw / Tlw avec Protect*	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,09	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,04	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,25	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,09	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,16	PVC : 0,03/0,00 Alu : 0,03/0,20
Vr	Uc = 2,00	Uc = 0,90	Uc = 0,50	Uc = 2,00	Uc = 0,90	Uc = 0,50
Nature	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant
Gestion	Gestion manuelle	Gestion automatique	Gestion motorisée	Gestion manuelle	Gestion automatique	Gestion motorisée
Perméa	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Nature	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W	SF hygro B 9,2W

Tableau 19 : Présentation des performances de l'enveloppe pour la 1N et R+1 « système de référence » en zone H2b selon les variantes : « base RT2012 » - « Cep SR -20% » et « Bbio 40 points ».

→ On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...).

5.4.4. PRESENTATION DES RESULTATS AU REGARD DES SCENARIOS PROPOSES PAR LA DHUP SELON LES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

Indicateur Bbio

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur Bbio pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

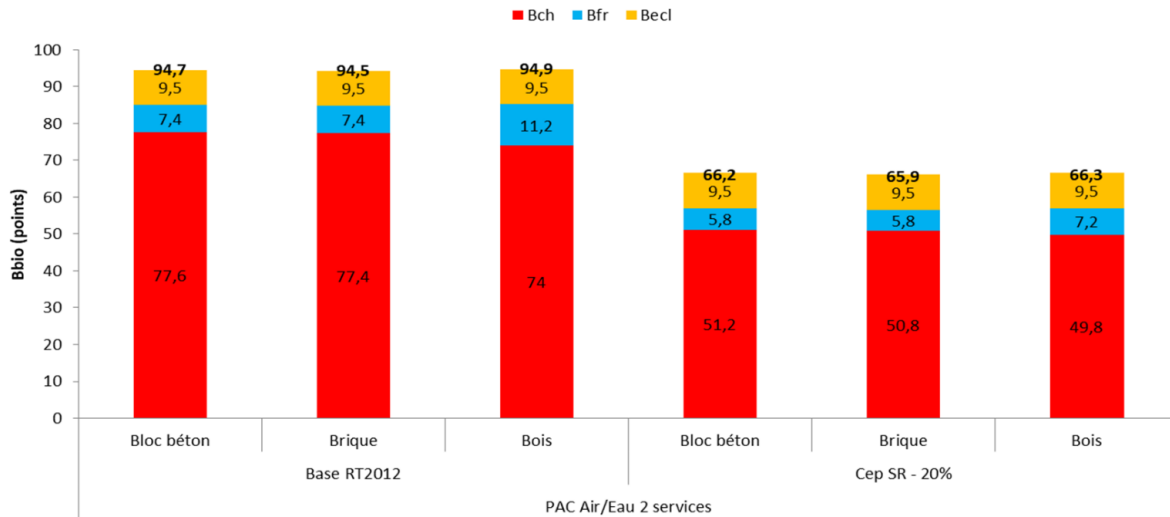


Figure 15 : Résultats de l'indicateur Bbio pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

Indicateur Cep

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur Bbio pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

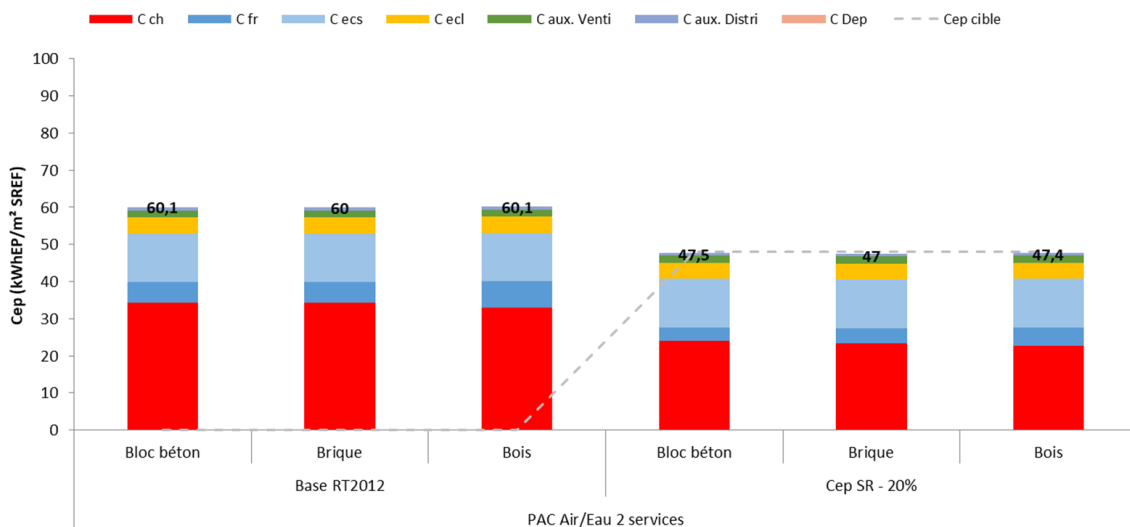


Figure 16 : Résultats de l'indicateur Cep pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

▪ **Indicateur Degrés-Heures**

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les résultats de l'indicateur DH pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a, H2b et H3.

		H1a		H2b		H3	
		Base RT2012	Cep SR - 20%	Base RT2012	Cep SR - 20%	Base RT2012	Cep SR - 20%
1N	Bloc béton	667,8	744,8	566,8	646,7	1192	1175,1
	Brique	660,2	636,5	561,9	633,4	1176,8	1152,2
	Bois	893,6	1003,8	856,5	900,1	1709	1878,7
R+C	Bloc béton	644,9	705,9	635,1	689	1430	1819,5
	Brique	641,5	692,9	632	694,7	1416,7	1358,5
	Bois	927,1	963,7	1005,9	996,9	2058,8	2199,4
R+1	Bloc béton	643,3	693,6	601,2	624,5	1290	1496,9
	Brique	637	563,3	588	606,2	1285,9	1449,4
	Bois	903,5	912,3	956,1	896,1	1815,7	1882,7

Tableau 20 : Présentation des résultats des DH pour les trois typologies de MI sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.

Constats : Forte augmentation des DH pour les cas ossature bois par rapport aux cas bloc béton et brique : effet de l'inertie très légère.

▪ **Indicateur EgesPCE statique**

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur EGES PCE pour la MI R+C selon 3 systèmes constructifs (bloc béton – briques – bois) pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » pour la zone climatique H1a. Méthode utilisée : ACV statique.

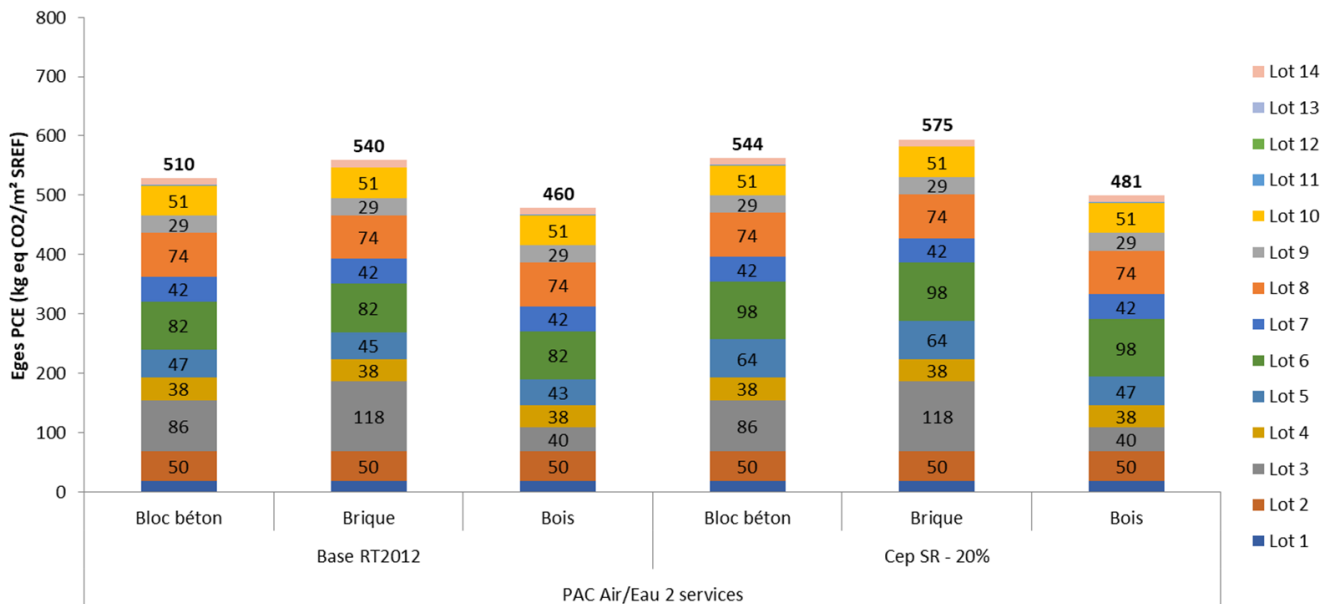


Figure 17 : Indicateur Eges PCE statique pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

Constats : **RT2012** : variation lots 3 et 5 (système constructif + adaptation isolation cas brique et changement isolation cas ossature bois) par rapport au cas bloc béton)

- **Cep SR – 20%** : variation lots 3 et 5 (système constructif + renforcement d'isolation pour les 3 cas)

Indicateur EgesPCE dynamique

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur EGES PCE pour la MI R+C selon 3 systèmes constructifs (bloc béton – briques – bois) pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » pour la zone climatique H1a. Méthode utilisée : ACV dynamique.

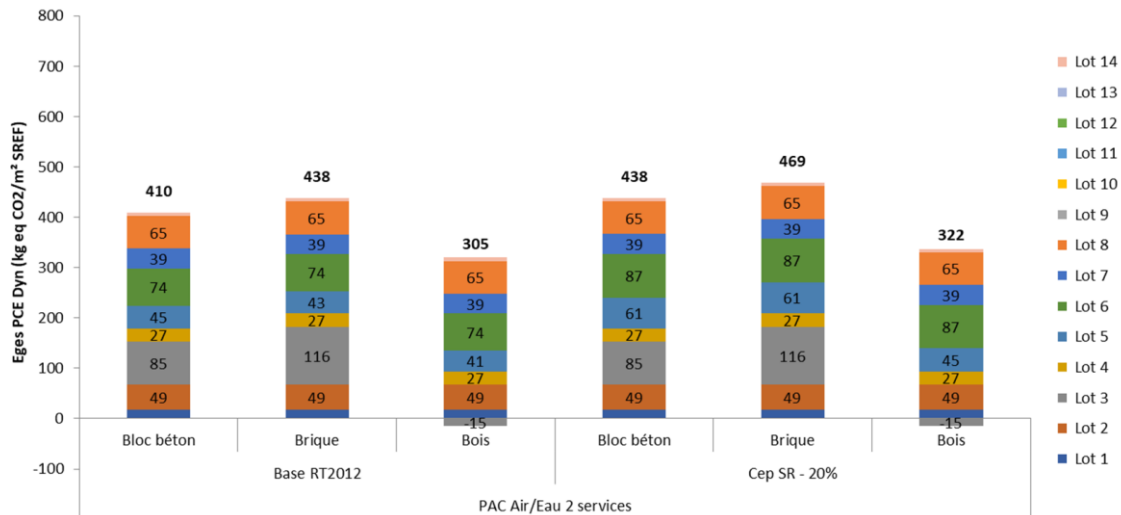


Figure 18 : Indicateur Eges PCE dynamique pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.

Constats :

- Les variations Eges^{PCE} dynamique (cas bloc béton et brique) sont de même ordres de grandeur
- Ecart notable sur le cas ossature bois : lot 3 négatif qui s’explique par la méthode de calcul.

Indicateur de Stockage carbone

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les résultats de l'indicateur de stockage carbone pour trois typologie de maison (1N = plain pied, R+C = combles aménagés, R+1 = toiture terrasse), sur les zones climatiques H1a, H2b et H3 selon différents systèmes constructifs (Bloc béton, brique, bois) et systèmes de chauffage + ECS.

		H1a	H2b	H3	
= 1N	PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET	Bloc béton		13,6	
		Bois		74,3	
		Brique		13,6	
	PAC Air/Eau 2 services	Bloc béton	13,6	13,6	
		Bois	74,3	74,3	
		Brique	13,6	13,6	
= R+C	PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET	Bloc béton		12,4	
		Bois		76,5	
		Brique		12,4	
	PAC Air/Eau 2 services	Bloc béton	12,4	12,4	
		Bois	76,5	76,5	
		Brique	12,4	12,4	
= R+1	PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET	Bloc béton		0,7	
		Bois		133,8	
		Brique		0,7	
	PAC Air/Eau 2 services	Bloc béton	0,7	0,7	
		Bois	133,8	133,8	
		Brique	0,7	0,7	

Tableau 21 : Présentation des résultats de l'indicateur de stockage carbone pour les trois typologies de MI sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.

Constats :

- Les variantes bloc béton et brique présentent des résultats similaires
- Augmentation du stockage carbone pour la variante ossature bois
- Sur la MI R+1, la présence de bois non seulement en ossature, mais aussi en toiture terrasse, fait fortement augmenter l’indicateur de stockage carbone. Pour les autres solutions avec murs maçonnés, on observe peu de différences.

6. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LE LOGEMENT COLLECTIF

6.1. L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020

6.1.1. IMPACT SUR L'INDICATEUR Bbio

Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour le logement collectif avec chauffage et ECS « gaz individuel » les résultats sur le Bbio et sa décomposition pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$, l'influence du changement de moteur de calcul selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

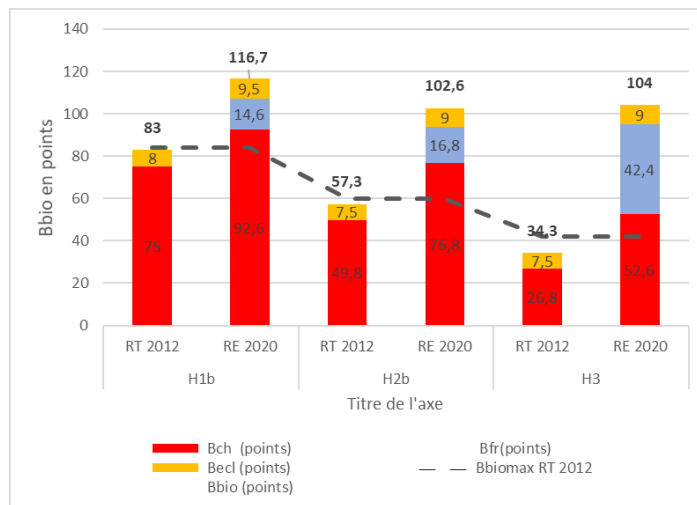


Figure 19 : Comparaison pour le logement collectif « gaz individuel » des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour le logement collectif avec chauffage et ECS « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » les résultats sur le Bbio et sa décomposition pour les cas de références, qui respectent les exigences $Cep_{projet} \leq Cep_{max RT 2012} + Bbio \leq Bbio_{max RT 2012}$, l'influence du changement de moteur de calcul selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

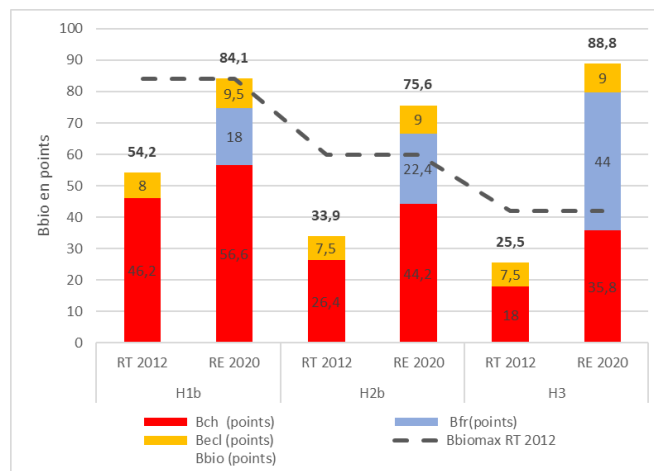


Figure 20 : Comparaison pour le logement collectif « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

- Analyse similaire avec l'analyse réalisée pour la MI.

CONCLUSIONS SUR L'INDICATEUR Bbio EN LC

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le LC « gaz individuel » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +108% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le LC « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +25% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +61% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +96% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La décomposition du Bbio moyen RE 2020 est résumée dans le tableau suivant :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Bbio RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Bbio RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 », tous systèmes confondus sur trois zones climatiques.

	Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020		
			Bch %	Bfr %	Becl %
H1b	65,4	109,2	77%	14%	9%
H2b	38,1	96,4	72%	19%	9%
H3	23,9	100,9	49%	42%	9%

Tableau 22 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en Logement Collectif confondus et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).

- Le Bbio moyen d'un Logement Collectif RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 96,4 points en zone H2b, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**
- La part du Bfr représente 42% du Bbio total en zone H3. **L'ajout du Bfr amorce l'obligation d'une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.**
- Pour la fixation des exigences réglementaire, il est donc primordial d'utiliser des Logements Collectifs optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

Nous verrons dans la suite de l'étude qu'optimiser le confort d'été (DH) ne signifie pas optimiser le Bfr.

6.1.2. IMPACT SUR L'INDICATEUR CEP

Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour le logement collectif avec chauffage et ECS « gaz individuel » les résultats sur le Cep et sa décomposition pour les cas de références, qui respectent les exigences Cep projet ≤ Cepmax RT 2012 + Bbio ≤ Bbio max RT 2012, l'influence du changement de moteur de calcul selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

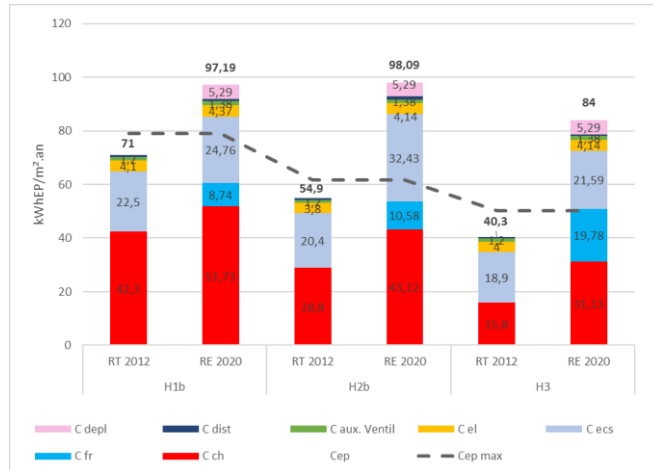


Figure 21 : Comparaison pour le logement collectif « gaz individuel » des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.

Comment lire ce graphique = ce graphique présente et compare pour le logement collectif avec chauffage et ECS « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » les résultats sur le Cep et sa décomposition pour les cas de références, qui respectent les exigences Cep projet ≤ Cepmax RT 2012 + Bbio ≤ Bbio max RT 2012, l’influence du changement de moteur de calcul selon 3 zones climatiques. Le Bbiomax RT 2012 est symbolisé par la ligne pointillée noire.

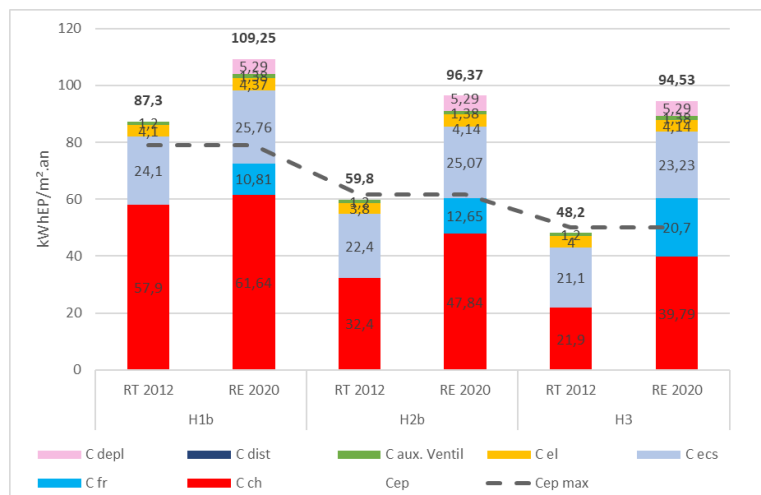


Figure 22 : Comparaison pour le logement collectif « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zone

CONCLUSION SUR L'INDICATEUR CEP EN LOGEMENT COLLECTIF

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le LC « *gaz individuel* » :

- Cep – H1b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +79% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +108% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le LC « *Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel* » :

- Cep – H1a – RE2020 : +25% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +61% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +96% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La décomposition du Cep moyen RE 2020 est de :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Cep RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Bbio RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 », tous systèmes confondus sur trois zones climatiques.

			Répartition du Cep RE 2020						
	Cep RT 2012	Cep RE 2020	% Cch	% Cfr	% Cecs	% Cel	% Cvent	% Cdist	% Dplct
H1b	76	101	53%	9%	26%	4%	1%	1%	5%
H2b	57	92	48%	12%	27%	4%	1%	1%	6%
H3	43	88	37%	23%	26%	5%	2%	1%	6%

Tableau 23 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en Logement Collectif confondus et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).

- En Logement Collectif, le Cep moyen transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe entre à 92 kWhEP/m².an en zone H2b.
- La part du Cfr représente plus d'un presque 1/4 du Cep total en zone H3.
- La climatisation fictive prise en compte dans le Cfr est liée à l'indicateur Degrés Heures (DH) d'inconfort pour son déclenchement et au Bfr pour son calcul. Ce point est à analyser avec l'indicateur DH.
- Pour la fixation des exigences réglementaire, il est donc primordial d'utiliser des Logements Collectifs optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax.

6.2. LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)

6.2.1. LES DH DES CAS DE BASE

Les variantes RT 2012 étant des bâtiments avec des prestations courantes, on constate qu'aucun cas est sous le seuil des 350 DH. Cela démontre que les bâtiment RT 2012 n'étaient pas optimisés pour assurer le confort d'été.

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des valeurs des DH pour les logements traversant et non traversant (minimales - moyennes et maximales) pour l'ensemble des variantes RT2012 sur les 3 zones climatiques.

	H1b			H2b			H3		
	Min.	Moyenne	Max	Min.	Moyenne	Max	Min.	Moyenne	Max
DH Traversant (°C,h)	395	449	463	439	485	500	950	1047	1079
DH Non Traversant (°C,h)	594	630	639	800	831	839	2295	2371	2397

Tableau 24 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour le logement collectif « base RT 2012 ».

L'indicateur DH évolue tous systèmes confondus :

- Logement traversant :
 - En zone H1b : de 395 à 463 DH,
 - En zone H2b : de 439 à 500 DH,
 - En zone H3 : de 950 à 1079 DH.
- La zone H3 est deux fois plus inconfortable que les logements situés en zone H2b et H1b. La zone H2b est plus inconfortable que la zone H1b mais la moyenne des DH entre les deux zones est très proche avec 40 DH de différence.
- Les logements traversant en zone H3 sont inférieurs à la proposition d'un seuil max en DH de 1250.

- Logement non-traversant :
 - En zone H1b : de 594 à 639 DH,
 - En zone H2b : de 800 à 839 DH,
 - En zone H3 : de 2295 à 2397 DH.
- La zone H3 est trois fois plus inconfortable que les logements situés en zone H2b et H1b.
- La zone H2b est plus inconfortable que la zone H1b, l'écart entre la moyenne des DH des deux zones est de 201 DH.
- Les logements traversant en zone H3 sont très supérieur à la proposition d'un seuil max en DH de 1250. Si le seuil de 1250 DH est validé, la conception de ces logements est à revoir.

- Entre Logement traversant et Logement non-traversant (moyenne) :
 - En zone H1b : de 449 à 630 DH : +40 % d'augmentation (dégradation du confort),
 - En zone H2b : de 485 à 831 DH : + 71 % d'augmentation (dégradation du confort),
 - En zone H3 : de 1047 à 2371 DH : + 126 % d'augmentation (dégradation du confort).
- Par rapport aux logements traversant, la différence des DH entre la zone H1b et H2b est nettement plus marquée dans le cas des logements non-traversant.

L'amplitude sur le nombre de DH est forte entre les zones climatiques « chaude » et « froide » et très forte entre les logements traversant et non traversant. Logiquement, la zone H3 a le plus d'inconfort par rapport à la zone H1b et H2b.

Les logements de type « RT 2012 » non traversant en zone H3 vont devoir être optimisés pour améliorer le confort d'été pour arriver à passer sous l'exigence des 1250 DH.

Ce niveau de DH élevé devrait permettre de bien discriminer les solutions pouvant améliorer le confort d'été.

6.2.2. LA LIAISON DH – BFR – CFR

Une des difficultés de ces trois indicateurs est qu’il n’y a pas systématiquement de liaison entre eux. Par exemple un brasseur d’air va avoir un impact extrêmement fort sur les DH mais aucun impact sur le Bfr.

Comment lire ce graphique : Ce graphique représente pour l’ensemble des variantes de cette étude en logement collectif traversant et non-traversant (soit environ 190 variantes) les DH selon les Bfr différenciées par zone climatique. La ligne verte correspond au seuil inférieur à 350 DH, la ligne rouge correspond au seuil > à 1250 DH.

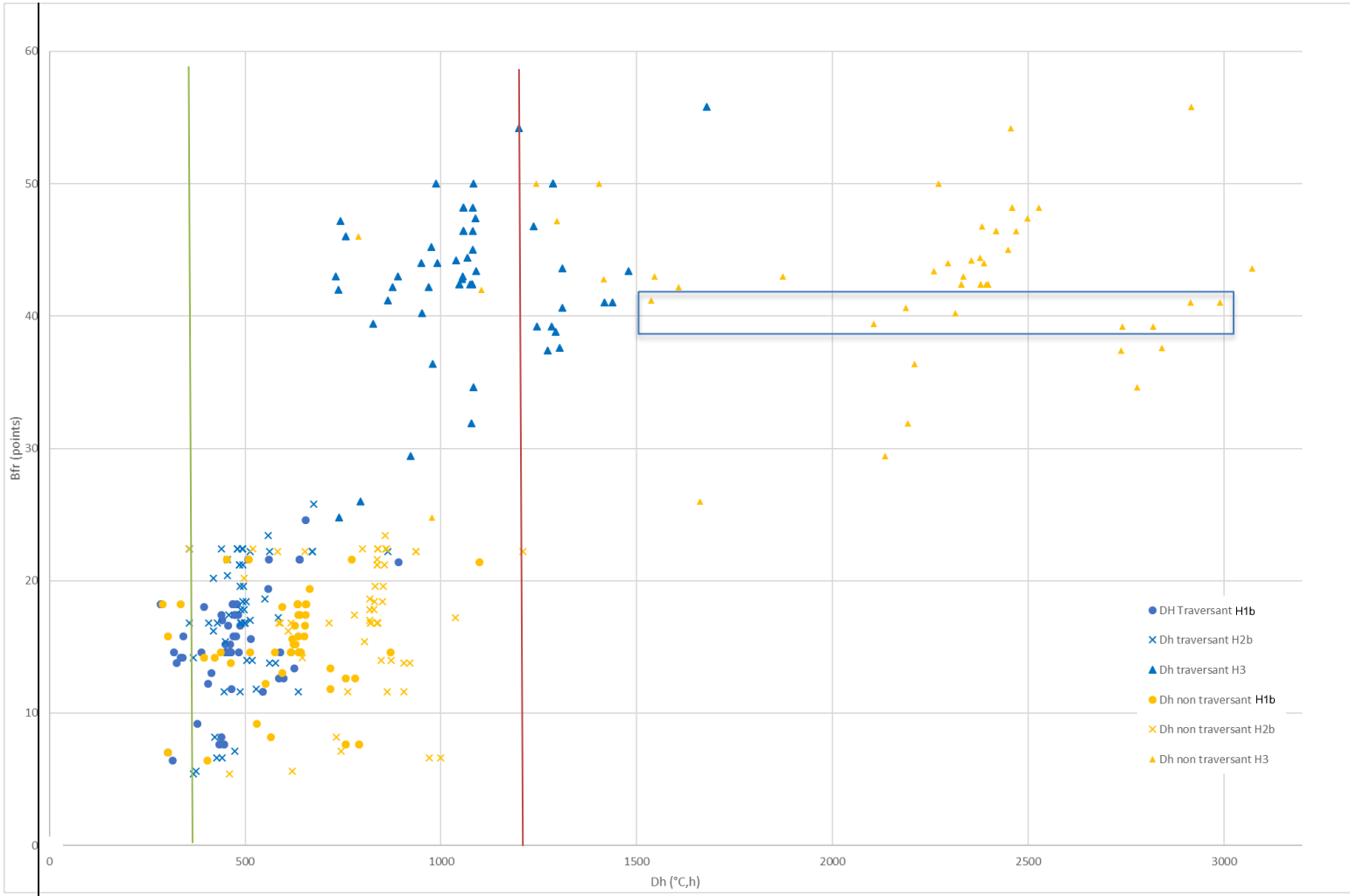


Figure 23 : Présentation du Bfr selon les DH pour l’ensemble des variantes en LC (traversant et non-traversant) selon les 3 zones climatiques.

Les constats :

- Pour l’ensemble des variantes, il y a très peu de cas avec un DH < au seuil de 350 DH (ligne verte), cela concerne uniquement 10 variantes sur les 380 DH de l’étude en LC, majoritairement pour dans les zones climatiques H1b mais à la fois des logements traversant et non traversant.
- Les zones climatique H1ba et H2b ont des niveaux de DH relativement proche par rapport à la zone H3. Cela démontre bien que l’on ne peut pas construire de la même manière dans le nord ou dans le sud de la France.
- Il n’y a pas systématiquement de relation entre le Bfr et les DH (carré bleu sur le graphique), pour 40 points de Bfr en zone H3, les DH des logements non traversant évoluent de 1500 à 3000 DH.

6.2.3. LES POIDS DES AMELIORATIONS SUR LE CONFORT D’ETE - LES VARIANTES UNITAIRES

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du « cas de base » sont la situation de référence, la variation des paramètres (variantes) permet de restituer pour chacun d’eux leurs sensibilités. L’évolution des indicateurs sont restitués dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l’indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points) et des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an). Les résultats des cas de base sont avec des occultations manuelles non motorisées et une inertie moyenne.

La légende de couleur facilite la lecture par rapport au cas de base. Si la cellule est de couleur rouge cela signifie une augmentation des DH par rapport au cas de base, si la cellule est en vert cela signifie une amélioration des DH par rapport au cas de base.

Nous présentons ici l’ensemble des variantes « confort d’été » étudiées pour chaque zone climatique et pour chaque zone (logement traversant et non traversant).



Variantes confort d’été	H1b				H2b				H3			
	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m ²)
Base	451,4	617,2	14,6	8,74	488,8	819,2	16,8	10,35	1056,3	2333,2	43	20,01
100% traversant	449,5	576,2	14,6	8,74	491,2	586,2	16,8	10,35	1054,1	1415,9	42,8	19,78
Bbio RT12 base 40	467,6	633,9	18,2	10,12	480,1	838,3	22,4	12,19	1057,4	2458,4	48,2	20,93
Bbio RT12 base 50	455,6	626,9	16,6	9,66	487,0	832,1	19,6	11,27	1056,4	2418,5	46,4	20,7
Béton iti forte	467,6	633,9	18,2	10,12	480,1	838,3	22,4	12,19	1057,4	2458,4	48,2	20,93
Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur	284,9	335,2	18,2	2,76	358,0	518,7	22,4	11,96	742,6	1296,2	47,2	20,47
Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur + 100% traversant	283,5	288,9	18,2	0	357,1	357,3	22,4	11,96	757,4	789,2	46	20,24
Bois	638,5	771,6	21,6	11,73	670,8	936,7	22,2	12,19	1285,4	2270,6	50	22,54
Bois + BSO auto + 1 brasseur	303,1	301,9	7	6,21	368,4	459,3	5,4	6,21	740,4	977,3	24,8	14,49
Bois + persiennes + 1 brasseur	559,8	508,7	21,6	11,73	562,9	652,7	22,2	11,73	1082,6	1404,5	50	22,31
Bois + persiennes + 1 brasseur + chape/carrelage	341,2	303,4	15,8	9,43	419,6	498,0	20,2	11,27	737,3	1103,4	42	19,09
Bois + persiennes + 3 brasseurs	507,3	453,0	21,6	11,73	513,5	582,1	22,2	11,73	986,5	1242,7	50	22,31
Bois + VR auto + 1 brasseur	625,1	717,9	13,4	7,59	635,6	862,5	11,6	7,82	1310,6	2187,8	40,6	19,32
BR2-BR3	589,5	871,9	14,6	8,74	584,4	1036,6	17,2	10,58	1309,8	3071,9	43,6	20,24
Brasseur salon	388,3	512,0	14,6	8,74	429,2	714,6	16,8	10,35	890,6	1873,6	43	20,01
Brasseurs salon + chambres	318,7	437,1	14,6	8,74	356,7	616,5	16,8	10,35	731,9	1545,2	43	20,01
Diminution surf. Fenêtres	464,8	717,9	11,8	7,59	487,6	905,6	11,6	8,05	1082,9	2777,8	34,6	17,25
Facteur solaire (Sw=0,42)	460,9	628,3	15,2	8,97	497,8	827,9	17,8	10,81	1067,3	2376,8	44,4	20,47
Inertie bois (CLT)	890,8	1097,6	21,4	11,73	864,8	1208,5	22,2	12,42	1678,0	2916,9	55,8	25,07
Inertie ITE	324,9	464,0	13,8	8,51	368,1	646,5	14,2	8,97	826,5	2106,0	39,4	19,09
Milieu urbain très dense (masques)	405,8	552,7	12,2	7,59	445,8	762,3	11,6	8,97	979,3	2208,8	36,4	17,71
Occultations manuelles motorisées	412,8	594,7	13	8,51	448,7	804,3	15,4	10,12	950,7	2313,6	40,2	19,55
Occultations perméables (100%)	334,6	395,4	14,2	8,74	407,3	589,6	16,8	10,35	863,9	1536,8	41,2	19,55
Occultations perméables (persiennes, 50%)	340,0	422,5	14,2	8,74	418,7	610,2	16,2	10,35	876,2	1606,3	42,2	19,55
Orientation Est-Ouest	514,5	620,6	15,6	9,2	549,9	818,3	18,6	10,81	1236,8	2381,0	46,8	21,16
Perméabilité = 0,6	450,3	624,1	15,2	8,97	488,9	817,6	17,8	10,58	1038,5	2355,3	44,2	20,01
Retrait des masques (balcons)	559,0	664,8	19,4	10,81	559,2	857,7	23,4	12,42	1199,1	2455,4	54,2	23,46
SF auto	482,9	641,7	14,6	8,05	512,1	817,7	17	9,43	1089,1	2259,1	43,4	20,01
Vitrage contrôle solaire	378,5	529,5	9,2	6,44	422,7	733,1	8,2	6,67	921,8	2134,0	29,4	15,18

Tableau 25 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d’été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an) pour les zones climatiques H1b, H2b et H3.

Constats :

Pour l’ensemble des variantes unitaires sur le confort d’été :

Le seuil bas < à 350 DH :

- En zone H1b : atteint pour 5 variantes mais uniquement pour des logements traversant,
- Pas atteint en zone H2b et H3.

Le seuil haut > à 1250 DH :

- En zone H1b : n’est jamais dépassé,
- En zone H2b : est dépassé uniquement pour le cas inertie bois en logement non traversant,
- En zone H3 : est systématiquement dépassé pour les logements non traversant.
- Variantes Bbio RT 2012 base 40 et 50 : L’augmentation des performances du Bbio: va dans certains cas dégrader légèrement les DH ou les améliorer toujours légèrement.
- Nous nous interrogeons sur ces valeurs, en effet améliorer le Bbio (la performance de l’enveloppe) devrait conduire à limiter le Bfr, une explication pourrait résider dans le calcul du Bfr qui considère que l’ensemble des fenêtres sont fermées. Le bâtiment ne peut donc pas se décharger en période nocturne.

- Ce point doit être attentivement étudié.
- L'action des brasseurs d'airs sur les DH est comme pour la MI toujours très valorisée. Un seul brasseur d'air ne permet pas d'être sous le seuil des 350 DH ce qui est « rassurant ».
Toutefois en zone H3 pour des logements non traversant ajouter des brasseurs d'air ne permet pas d'être sous le seuil de 1250 DH.
- **On constate que si les brasseurs d'airs ont un fort impact sur les DH, le Bfr lui reste identique au cas de base pour cette variante.**
- La modification du type de protection mobile a un impact important sur le DH, le passage d'une protection étanché à l'air du cas de base (volet roulant) à des protections moins étanches (laissant passer l'air) permet un gain de 800 DH en zone H3 pour les logements non traversant. Comme pour les brasseurs d'air, cette variante n'est pas prise en compte dans le calcul du Bfr.
- La mise en place de Volet roulant automatisé permet une forte baisse des DH par rapport au cas de base avec des volets roulants manuels.

Baisse des DH (amélioration)	Augmentation des DH(détérioration)
100% traversant	BR2-BR3 (-32%)
Occultations perméables (100%) (34%)	Inertie bois (CLT) (-25%)
Brasseurs salon + chambres (34%)	Diminution surf. Fenêtres (-19%)
Occultations perméables (persiennes, 50%) (31%)	Bbio RT12 base 40 (-5%)
Brasseur salon (20%)	Retrait des masques (balcons)(-5%)
Inertie ITE (10%)	Bbio RT12 base 50 (-4%)
Milieu urbain très dense (masques)(5%)	Orientation Est-Ouest (-2%)
SF auto	Facteur solaire (Sw=0,42)(-2%)
Occultations manuelles motorisées (1%)	Perméabilité à l'air = 0,6 (-1%)

6.2.4. LES VARIANTES COMBINATOIRES

/ ! \ : Ces variantes ont toutes été réalisées avec le moteur de calcul R_346_B_278, une mise à jour sera nécessaire avec le nouveau moteur de calcul pour s'assurer de la continuité dans les résultats présentés ci-dessous.

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du cas de base « Base RT 2012 » sont la situation de référence, la variation des paramètres permet de restituer pour chacun d'eux leurs sensibilités. L'évolution des indicateurs sont restitués dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l'indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points), des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an), du Bbio chaud, éclairage et Bbio total (points) et du Cep (kWhEP/m².an).

Les résultats pour les DH en vert sont les cas où les DH sont < à 350 DH, dans ce cas le Cfr est égal à 0. Les cellules en rouge montrent les variantes où le Bfr est supérieur à 1250 DH, ces bâtiments sont donc considérés comme non-règlementaires.

Nous présentons ici l'ensemble des variantes dites combinatoires sur le confort d'été étudiées pour chaque zone climatique.

	Variante confort d'été	DH Traversant (°C,h)	DH Non traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (kWhEP/m².an)	Bch (points)	Becl (points)	Bbio (points)	Cep (kWhEP/m².an)
H1b	Béton iti forte	467,6	633,9	18,2	10,12	65,4	9,5	93,1	82,9
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur	284,9	335,2	18,2	0	65,4	9,5	93,1	75,3
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur + 100% traversant	283,5	288,9	18,2	0	65,4	9,5	93,1	72,7
	Bois	638,5	771,6	21,6	11,73	60,4	9,5	91,5	83,9
	Bois + BSO auto + 1 brasseur	303,1	301,9	7	0	60,8	10	77,8	79
	Bois + persiennes + 1 brasseur	559,8	508,7	21,6	11,73	60,4	9,5	91,5	83,9
	Bois + persiennes + 1 brasseur + chape/carrelage	341,2	303,4	15,8	0	60,2	9,5	85,5	81,1
	Bois + persiennes + 3 brasseurs	507,3	453	21,6	11,73	60,4	9,5	91,5	83,9
	Bois + VR auto + 1 brasseur	625,1	717,9	13,4	7,59	56,2	9,5	79,1	77,7
H2b	Béton iti forte	480,1	838,3	22,4	12,19	52,4	9	83,8	77,3
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur	358	518,7	22,4	11,96	52,4	9	83,8	77,3
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur + 100% traversant	357,1	357,3	22,4	11,96	52,4	9	83,8	77,3
	Bois	670,8	936,7	22,2	12,19	49	9,5	80,7	77,5
	Bois + BSO auto + 1 brasseur	368,4	459,3	5,4	6,21	49,2	9,5	64,1	72,1
	Bois + persiennes + 1 brasseur	562,9	652,7	22,2	11,73	49	9,5	80,7	77,1
	Bois + persiennes + 1 brasseur + chape/carrelage	419,6	498	20,2	11,27	48,6	9,5	78,3	76,2
	Bois + persiennes + 3 brasseurs	513,5	582,1	22,2	11,73	49	9,5	80,7	77,1
	Bois + VR auto + 1 brasseur	635,6	862,5	11,6	7,82	44,8	9,5	65,9	71
H3	Béton iti forte	1057,4	2458,4	48,2	20,93	31	9	88,2	72,6
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur	742,6	1296,2	47,2	20,47	31	9	87,2	72,1
	Béton iti forte + persiennes + 1 brasseur + 100% traversant	757,4	789,2	46	20,24	31	9	86	71,8
	Bois	1285,4	2270,6	50	22,54	32	9	91	76
	Bois + BSO auto + 1 brasseur	740,4	977,3	24,8	14,49	30,4	9,5	64,7	67,5
	Bois + persiennes + 1 brasseur	1082,6	1404,5	50	22,31	32	9	91	75,7
	Bois + persiennes + 1 brasseur + chape/carrelage	737,3	1103,4	42	19,09	31	9	82	71,9
	Bois + persiennes + 3 brasseurs	986,5	1242,7	50	22,31	32	9	91	75,7
	Bois + VR auto + 1 brasseur	1310,6	2187,8	40,6	19,32	27,4	9	77	70,3

Tableau 26 : Présentation des résultats des variantes « confort d'été combinatoires » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an), Bch (points), Becl (points), Bbio (en points) et Cep (kWhEP/m².an).

Constats :

- 4 combinaisons de variante permettent d'être sous le seuil des 350 DH à la fois pour le logement traversant et non traversant.
 - En zone H3 pour le logement non traversant, trois combinaisons arrivent sous le seuil max de 1250 DH.
 - Comme pour la MI le Bfr n'évolue que dans les variantes avec l'automatisation des occultations (ex. cas de brise soleil automatisés).
- **Le respect du seuil de DH max en zone H3 est très difficile, il apparait que l'ensemble des logements collectifs non traversant devront être équipés de brasseurs d'air et de protections mobiles automatiques afin d'être considéré comme conformes au seuil maximal mais ils ne pourront pas être qualifiés de logements confortable vis-à-vis du confort d'été (sauf s'il n'y a pas d'exigence sur les DH lorsque de la climatisation réelle est installée). Ce point nécessitera beaucoup de pédagogie auprès des concepteurs et des usagers...**

▪ **Mise à jour de la variante Occultations automatiques – matrice IGNES avec le moteur R_379_B12 du 03/09/2020.**

Comment lire ce tableau : Ce tableau présente les résultats du cas de base et de l'occultation automatique des protections mobiles avec deux versions de moteurs de calcul RE 2020 pour la variante occultation automatique.

		Moteurs	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
H1b	Base	R_346_B_278	451,4	617,2	8,74	7,3
	VR automatique IGNES	R_346_B_278	573,6	730,8	10	5,98
		R_379_B_12	305,4	400,1	1,84	3,2
H2b	Base	R_346_B_278	488,8	819,2	10,35	8,4
	VR automatique IGNES	R_346_B_278	568,7	883,8	9,2	6,9
		R_379_B_12	377,6	605,4	7,82	2,5
H3	Base	R_346_B_278	1056,3	2333,2	20,01	21,5
	VR automatique IGNES	R_346_B_278	1361,4	2754,7	37,4	17,02
		R_379_B_12	792,4	1630,2	15,41	13,2

Tableau 27 : Présentation de la mise à jour des résultats pour la variante occultation automatiques avec la matrice IGNES

- La mise à jour du moteur de calcul permet à la variante « occultations automatiques – matrice IGNES » d’afficher des résultats qui apparaissent pertinent par rapport au moteur de calcul précédent.
- Concernant les protections mobiles, plusieurs enseignements peuvent être tirés de l’étude. Avant tout, le nombre de bugs constatés et la difficulté à saisir correctement les valeurs de plusieurs matrices nous conduit à recommander l’intégration d’une matrice de gestion automatique par défaut, comme il existe une matrice manuelle et une matrice manuelle motorisée par défaut.

6.3. ANALYSE DES RESULTATS SUITE AUX PROPOSITIONS DE LA DHUP.

6.3.1. LES CONSTATS SUR LES INDICATEURS Bbio – CEP – ET EGESPCE.

- Un niveau de Bbio de 100 points correspond au niveau des prestations RT2012
 - Un niveau de Bbio de 95 points correspond Au niveau des prestations standard actuelles
 - Un niveau de Bbio de 85 points correspond à un renforcement modéré des prestations par rapport la RT2012
 - Un niveau de Bbio de 75 points correspond à un renforcement substantiel des prestations par rapport la RT2012
 - Un niveau de Bbio de 60 points correspond à un renforcement maximal théorique des prestations par rapport la RT2012
- **Au regard des résultats obtenus sur les LC Base RT 2012, on peut considérer qu’un Bbio pour la zone H2b de 100 points correspond au niveau des prestations de la RT 2012.**
- Un niveau de 90 kWhEP/m².an correspond à des prestations au niveau du standard du marché, cohérentes avec l’exigence RT2012,
 - Un niveau de 85 kWhEP/m².an, les bâtiments EJ+CET commencent à être différenciés,
 - Un niveau de 80 kWhEP/m².an correspond à un renforcement modéré des exigences par rapport à la RT2012,
 - Les bâtiments chauffés au bois ou au RCU commencent à être différenciés,
 - Un niveau de 70 kWhEP/m².an correspond à un renforcement substantiel des prestations par rapport la RT2012 et au standard actuel. Les bâtiments avec chaudière gaz commencent à être différenciées,
 - Un niveau de 60 kWhEP/m².an correspond au renforcement maximal théorique des prestations par rapport à la RT2012.
- **Au regard des résultats obtenus sur les LC Base RT 2012, on peut considérer qu’un Cep pour la zone H2b de 90 kWhEP/m².an correspond au niveau des prestations standard de la RT 2012.**

Pour le système « Chauffage + ECS : chaudière gaz collective » cela correspond aux prestations de l’enveloppe suivantes :

Zone climatique	H1b	H2b	H3
Chauffage + ECS	Gaz coll (CEP pivot)		
Murs extérieurs	Béton + 10cm PSE (R=3,4)	Béton + 10cm PSE (R=3,4)	Béton + 8cm PSE (R=2,7)
Murs sur locaux non chauffés	Béton + 10cm PSE (R=3,4)	Béton + 10cm PSE (R=3,4)	Béton + 8cm PSE (R=2,7)
Toiture terrasse accessible	Béton + 8cm PUR (R=3,6)	Béton + 8cm PUR (R=3,6)	Béton + 8cm PUR (R=3,6)
Toiture terrasse inaccessible	Béton + 14cm PUR (R=6,4)	Béton + 14cm PUR (R=6,4)	Béton + 10cm PUR (R=4,5)
Plancher sur Parking ou Sous-Sol	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)
Plancher sur Extérieur	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)	10cm flocage (R=2,4) + béton + 8cm PUR (R=3,6)
Traitement Pont Thermique plancher Intermédiaire	Plancher inter : traité à 90% Balcon : non traité	Plancher inter : traité à 90% Balcon : non traité	Plancher inter : traité à 90% Balcon : non traité
Uw	1,4	1,4	1,4
Sw / Tlw sans Protect°	0,4 / 0,5	0,4 / 0,5	0,4 / 0,5
Sw / Tlw avec Protect°	0,03 / 0	0,03 / 0	0,03 / 0
Vr	Uc = 2	Uc = 2	Uc = 2
Nature	Volet roulant	Volet roulant	Volet roulant
Gestion	Gestion manuelle	Gestion manuelle	Gestion manuelle
Perméa	1	1	1
Nature	Sf hygro b	Sf hygro b	Sf hygro b

Tableau 28 : Performances de l'enveloppe des cas de base RT 2012 avec chauffage + ECS « gaz individuel ».

→ **On constate que certaines des performances de l'enveloppe pour les bâtiments de base RT 2012 sont en dessous des performances demandées en rénovation pour obtenir les incitations fiscales (CEE, CITE, MaPrimeRénov...)**

▪ **LE CARBONE :**

→ **Tous les résultats de cette étude seront présentés avec les deux méthodes : statique et dynamique.**

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
EGES PCE	600 kgCO ₂ /m ²	450 kgCO ₂ /m ²	400 kgCO ₂ /m ²	300 kgCO ₂ /m ²
Stockage Carbone	0 kgCO ₂ /m ²	0,5 kgCO ₂ /m ²	1 à 5 kgCO ₂ /m ²	10 kgCO ₂ /m ²

Tableau 29 : Niveaux carbone proposés par la DHUP pour fixer des exigences Carbone en logement collectif.

6.3.2. LES PROPOSITIONS DE LA DHUP DE SCENARIOS POUR LA FIXATION DES SEUILS REGLEMENTAIRES

Lors de la concertation sur la RE2020 de juillet 2020, la DHUP a proposé plusieurs scénarios sur la partie énergie, carbone et confort d'été. Dans cette partie il sera analysé les résultats des variantes vis-à-vis des scénarios proposés pour l'ensemble des indicateurs à l'exception des DH.

Scénarios		Bbio (points)	Cep (kWhEP/m ² .an)	Cep, nr (kWhEP/m ² .an)	Eges Energie (kg CO ₂ /m ²)	RCR (%)	
A	Bbio + Cep + EgesEner	Option 1	80	90	x	10	x
		Option 2	90	80	x	12	x
		Option 3	75	70	x	7	x
B	Bbio + Cep + RCR	Option 1	80	90	x	x	10
		Option 2	90	80	x	x	15
		Option 3	75	70	x	x	20
C	Bbio + Cep,nr + EgesEner	Option 1	80	x	90	10	x
		Option 2	90	x	80	12	x
		Option 3	75	x	70	7	x
D	Bbio + Cep + Cep,nr + EgesEner	Option 1	80	95	90	10	x
		Option 2	90	85	80	12	x
		Option 3	75	75	70	7	x

Tableau 30 : Scénarios énergie proposés pour le logement collectif par la DHUP pour échanger sur des exigences

6.3.2.1. PRESENTATION DES RESULTATS AU REGARD DES SCENARIOS PROPOSES PAR LA DHUP POUR LE LC EN ZONE H2B

Nous présenterons uniquement les résultats pour la zone H2b. Les résultats pour les zones climatiques H1b et H3 sont en annexes.

Pour le logement collectif nous avons réalisés différentes variantes de performance, nous présenterons les résultats des calculs suivants :

- Base RT 2012 : bâtiments respectant les exigences de la RT 2012,
- Cep RT 2012 Base 50 kWhEP/m².an,
- Cep RT 2012 Base 45 kWhEP/m².an,
- Cep RT 2012 Base 40 kWhEP/m².an,
- Bbio RT 2012 base 40 points.
- Systèmes constructifs : modification du système constructif, analyse béton – bois – brique sur trois niveaux de performance :
 - o RT 2012 : les bâtiments sont modélisés à partir des prestations actuelles (se fonde sur l'expérience du BET),
 - o Cep RT2012 base 45,
 - o Cep RT 2012 base 40.

Pour les variantes de performance (autres que Base RT 2012), le Cep projet RE 2020 est inférieur à un Cepmax RE2020 équivalent à un Cepmax RT2012 base 50, 45 ou 40 kWhEP/m².an. La valeur pivot (ou de référence) RE 2020 a été définie à partir d'un logement collectif avec chauffage + ECS « gaz collectif ». Le même exercice a été réalisé pour atteindre la performance Bbio à 40 points.

▪ **LES CAS DE BASE RT2012**

Comment lire ce graphique : Ce graphique présente pour les variantes avec un niveau de performance qui respecte les exigences de la RT 2012 et transposées dans le moteur RE 2020 les résultats des indicateurs :

- Bbio en points : histogramme de couleur verte lecture sur l'axe de gauche,
- Cep en kWhEP/m².an : histogramme de couleur bleu lecture sur l'axe de gauche,
- Cep,Nr en kWhEP/m².an : points orange de couleur orange foncée lecture sur l'axe de gauche, si le point est à 0 cela signifie que le Cep,Nr est équivalent au Cep.
- RCR en % : carré en vert lecture sur le graphique,
- Le coût supplémentaire par rapport au cas de référence (pour cette MI la solution PAC Air / Eau 2 services) de chaque variante exprimée par m², lecture dans la légende du bas,
- Eges Energie en kgeqCO₂ / m².an : barre jaune lecture échelle de droite,
- Le type de système : chauffage + ECS lecture dans la légende du bas,
- Les trois niveaux de Bbio en points proposés par la DHUP : traits verts à 90 – 80 et 75 points,
- Les trois niveaux de Cep en kWhEP/m².an proposés par la DHUP : traits bleus à 90 – 80 et 70,
- Les trois niveaux de Eges Energie en kgeqCO₂ / m².an proposés par la DHUP : traits jaunes à 7 – 10 et 12 kgeqCO₂ / m².an.

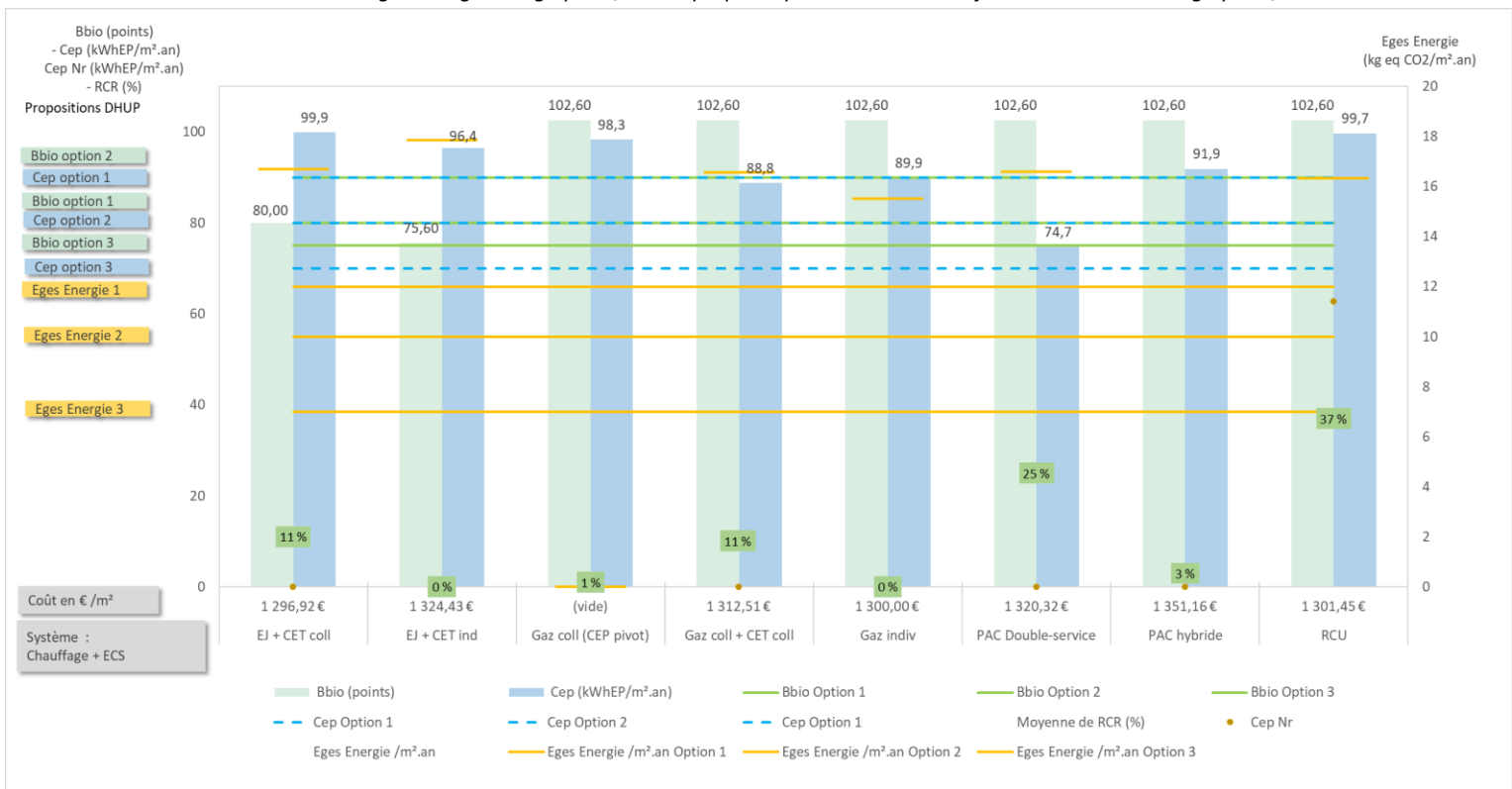


Figure 24 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Base RT 2012 » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).

Les scénarios Energie : Aucune des variantes n'atteint les scénarios proposés.

▪ CEP RT 2012 BASE 50 kWhEP/m².an

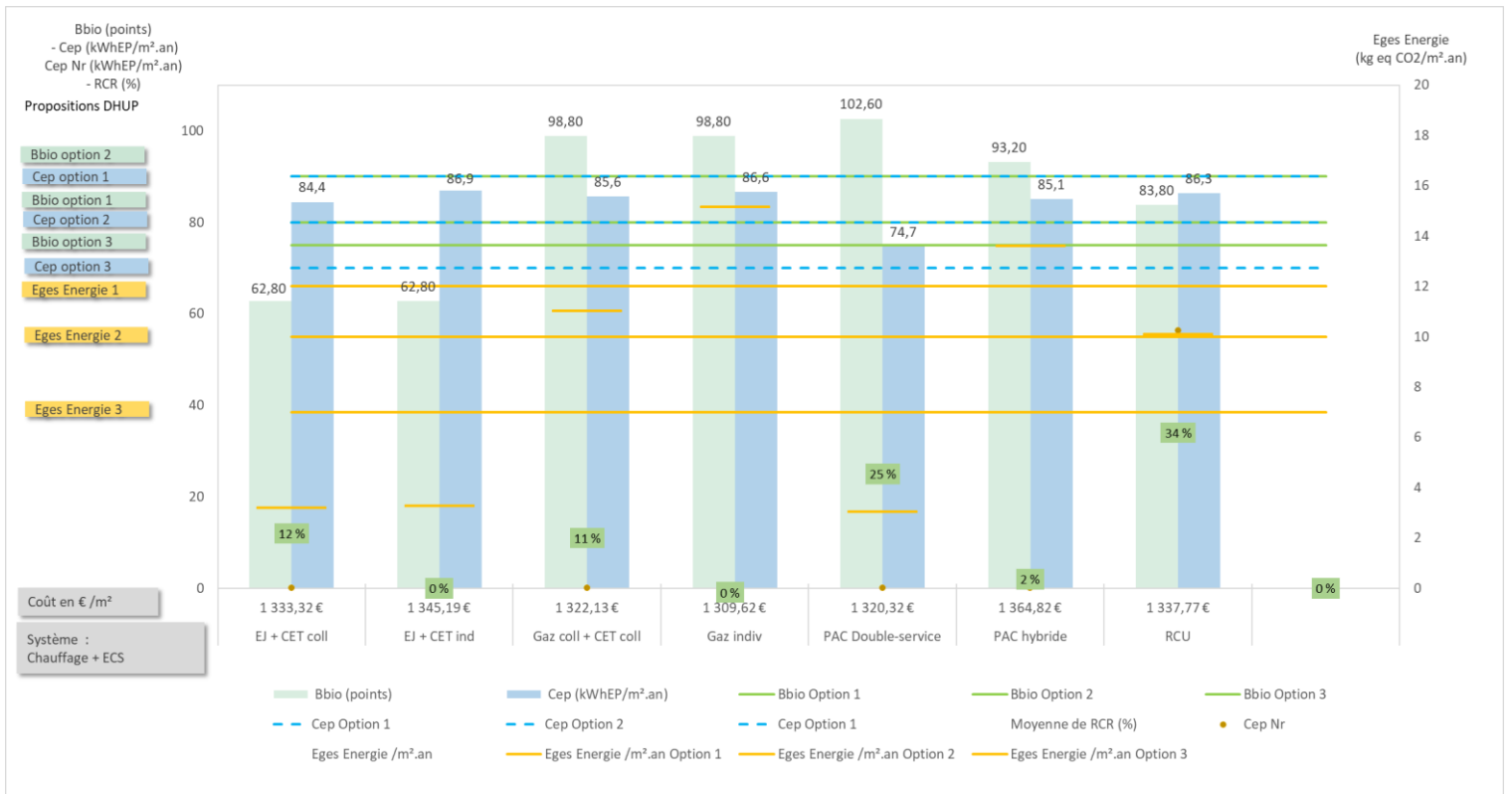


Figure 25 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Cep RT 2012 Base 50 kWhEP/m².an » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).

Les scénarios Energie : Les cas « Effet joule + CET collectif » et « Effet joule + CET individuel » respectent un niveau de Bbio < à 80 points avec un Cep < à 90 kWhEP/m².an. La variante RCU est proche de respecter ces exigences.

Le niveau EGES Energie est respecté pour le cas « gaz collectif + CET collectif » alors que le cas « Gaz individuel » et « PAC Hybride ne respectent pas le seuil haut de cet indicateur.

▪ CEP RT 2012 BASE 45 kWhEP/m².an

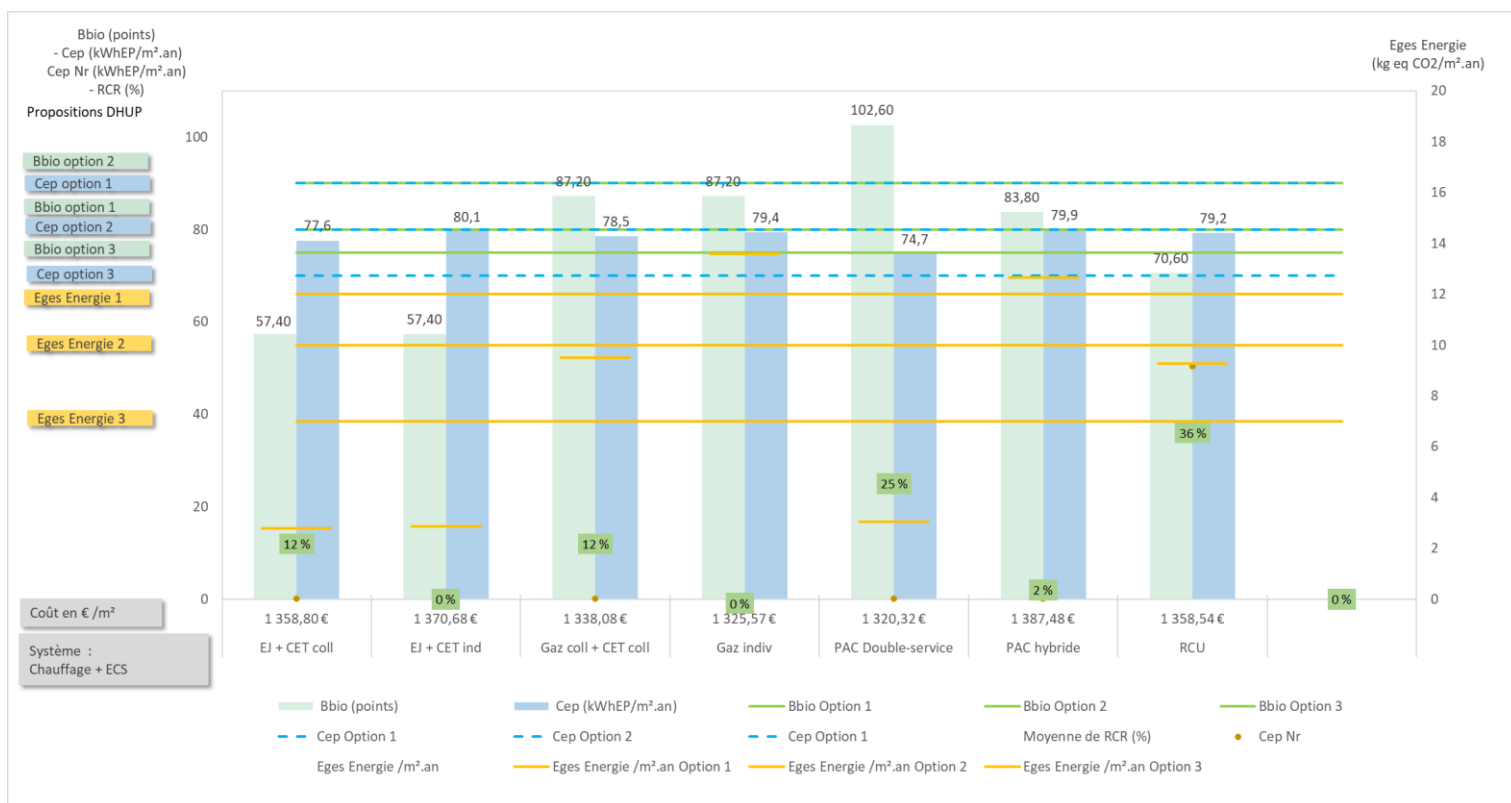


Figure 26 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Cep RT 2012 Base 45 kWhEP/m².an » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)

Les scénarios Energie : Les cas « Effet joule + CET collectif », « Effet joule + CET individuel » et RCU respectent un niveau de Bbio < à 90 points avec un Cep < à 80 kWhEP/m².an.

Les variantes « gaz collectif + CET collectif », « Gaz individuel » et « Pac Hybride » respectent les variantes Bbio < à 90 points et Cep < à 80 kWhEP/m².an. Les variantes « gaz individuel » et « PAC Hybride » ne respectent pas le seuil haut de EGES Energie.

▪ **BBIO RT 2012 BASE 40 POINTS**

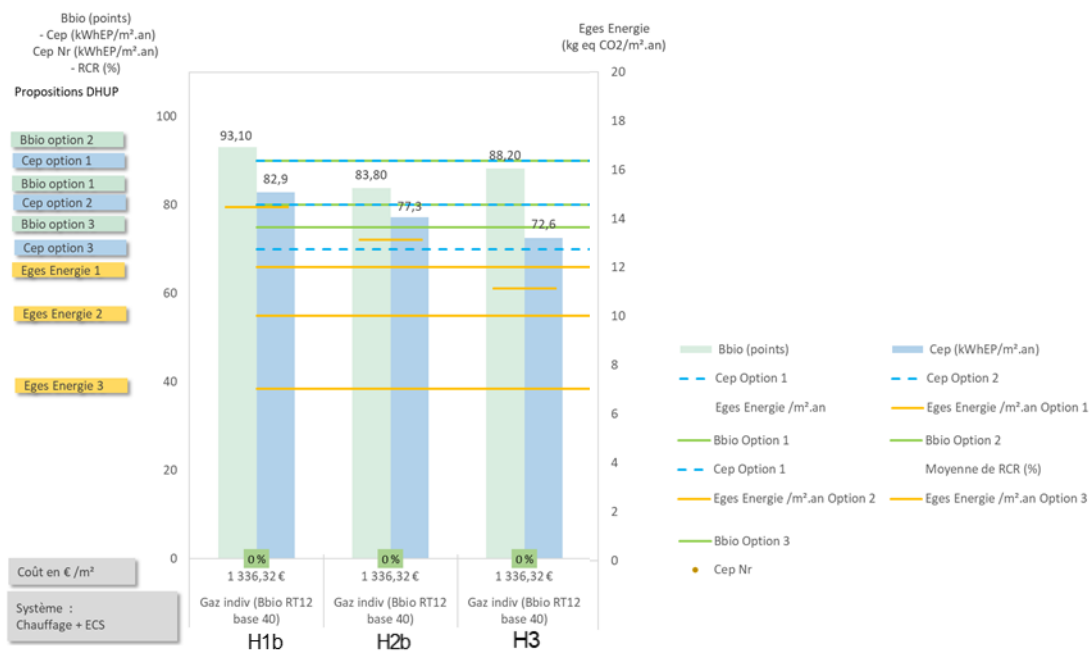


Figure 27 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Bbio RT 2012 Base 40 points » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).

Les scénarios Energie : Permet de répondre au scénario < à un Bbio de 90 points et < à un Cep de 80 kWhEP/m².an.

6.3.2.2. PRESENTATION DES RESULTATS DES VARIANTES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

/ ! \ Pour les cas de base, le BET a utilisé les prestations de l’enveloppe couramment mise en œuvre pour les immeubles collectifs RT 2012 selon les différents systèmes constructifs.

▪ **Indicateur Bbio**

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l’indicateur Bbio pour le LC pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.

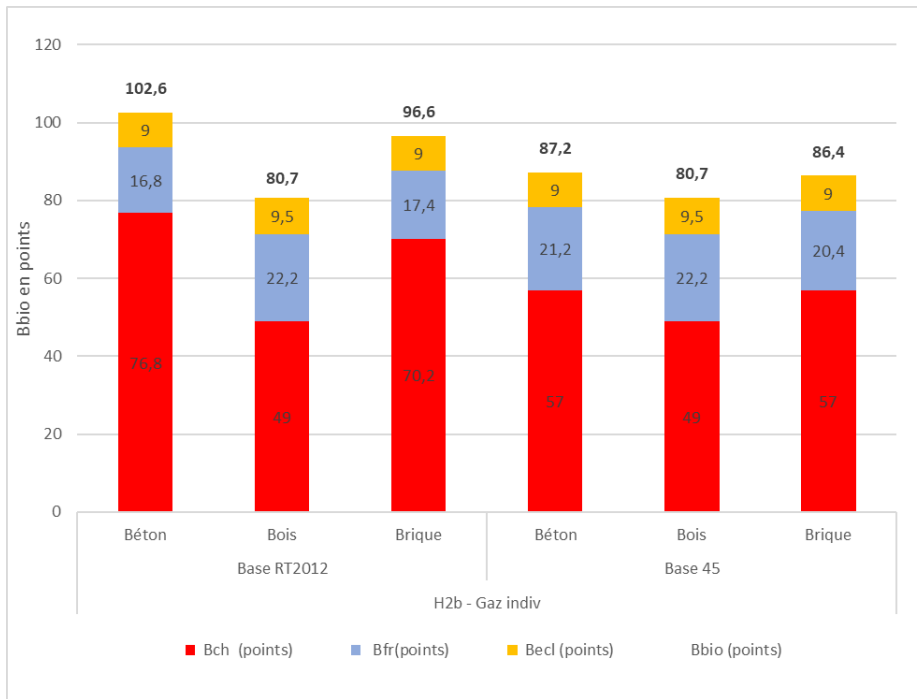


Figure 28 : Résultats de l'indicateur Bbio pour le logement collectif pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep Base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.

▪ **Indicateur Cep**

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l'indicateur Cep pour le LC pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.

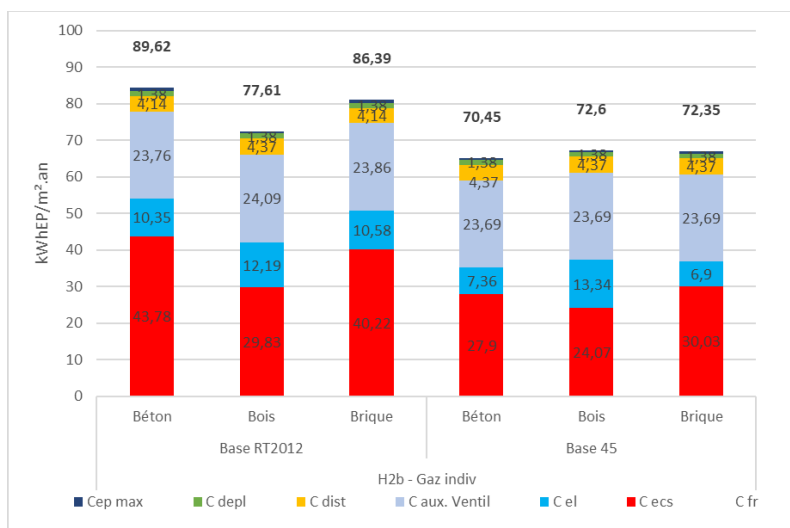


Figure 29 : Résultats de l'indicateur Cep pour le logement collectif pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep Base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.

▪ **Indicateur Degrés-Heures**

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les résultats de l'indicateur DH pour le LC pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et les variantes « Cep Base 45 » et « Cep Base 40 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a, H2b et H3.

		H1b				H2b				H3			
		DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)	DH Traversant (°C,h)	DH Non Traversant (°C,h)	Bfr (pts)	Cfr (kWhEP/m²)
Base RT2012	Béton	451,4	617,2	14,6	8,74	488,8	819,2	16,8	10,35	1047,7	2328,2	42,4	19,78
	Bois	638,5	771,6	21,6	11,73	670,8	936,7	22,2	12,19	1285,4	2270,6	50	22,54
	Brique	416,2	583,6	14,8	8,97	457,7	779,8	17,4	10,58	967,9	2250,7	42,2	20,01
Base 45	Béton	473,3	638,5	17,4	9,89	484,7	836,3	21,2	11,73	1056,4	2418,5	46,4	20,7
	Bois	638,5	771,6	21,6	11,73	670,8	936,7	22,2	12,19	1285,4	2270,6	50	22,54
	Brique	440,5	596,2	17	9,66	454,6	792,0	20,4	11,5	974,9	2302,5	45,2	20,47
Base 40	Béton	585,8	756,6	12,6	6,44	562,6	905,4	13,8	7,36	1417,4	2913,7	41	18,17
	Bois	654,9	763,9	24,6	12,88	674,5	944,6	25,8	13,34	1478,0	2683,5	43,4	19,78
	Brique	544,6	715,9	11,6	6,44	528,0	861,0	11,8	6,9	1293,5	2754,1	38,8	16,79

Tableau 31 : Présentation des résultats des DH pour les logements collectifs sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.

Constat : Forte augmentation des DH en H1b et H2b pour les cas ossature bois par rapport aux cas bloc béton et brique : effet de l’inertie très légère.

Pour la zone H3 les DH sont proches entre les modes constructifs.

▪ **Indicateur EgesPCE dynamique**

Comment lire ce graphique : ce graphique présente les résultats de l’indicateur EGES PCE pour le LC selon 3 systèmes constructifs (béton banché – briques – bois) avec la méthode dynamique.

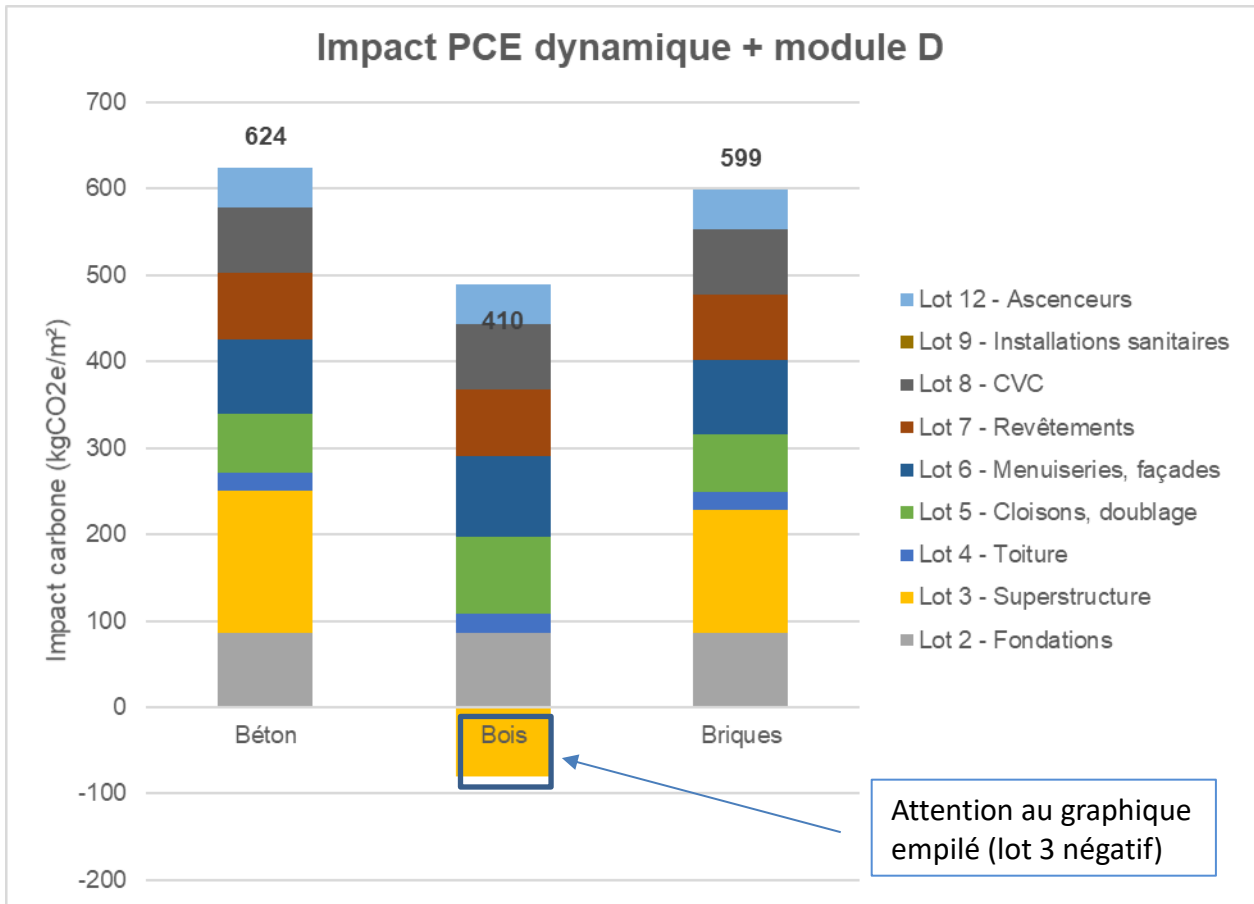


Figure 30 : Logement collectif : ACV « dynamique » selon les systèmes constructifs.

Tableau 32 : Différences entre les lots 3 et 5 selon les modes constructifs.

	Lot 3	Lot 5
Béton	165	68
Bois	-80	88
Briques	143	68

▪ **Indicateur de Stockage carbone**

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les résultats de l'indicateur de stockage carbone pour le logement collectif selon les différents systèmes constructifs (béton banché, brique, bois).

Mode constructif	Stockage carbone
Béton	0,58
Bois	68,57
Brique	0,58

Tableau 33 : Présentation des résultats de l'indicateur de stockage carbone pour le LC selon les trois modes constructifs.

Constats :

- Les variantes béton banché et brique présentent des résultats similaires.
- Augmentation du stockage carbone pour la variante ossature bois.

7. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : LES BUREAUX

- **7 systèmes énergétiques**
 - PAC air/air (avec ou sans clim)
 - PAC air/eau (avec ou sans clim)
 - RCU (avec ou sans clim)
- **2 niveaux de performance**
 - STD
 - Optimisé
- **3 zones climatiques : H1a ; H2b ; H3**

	Bâti standard			Bâti optimisé		
	Béton	PP + Façade rideau	CLT	Béton	PP + Façade rideau	CLT
Mur / ext	Voile béton + ITE 160mm LDV R=5 sous bardage Up=0.22	Façade F4 Isolation 120+80mm R=6.25 Up=0.20	Isolation entre montants 140mm LDV R=4.35 + ITI 60mm LDV R=1.85 Up=0.17	Voile béton + ITE 240mm LDV R=8 sous bardage Up=0.14	Façade F4 Isolation 120+140mm R=8.15 Up=0.14	Isolation entre montants 140mm LDV R=4.35 + ITI 100mm LDV R=3.15 + ITE 60mm LDV R=1.85 Up=0.12
Mur / locaux non chauffés	Voile béton + ITI 100mm PSE R=3.15 Up=0.29		Blocs creux + ITI 100mm PSE R=3.15 Up=0.28	Voile béton + ITI 120mm PSE R=3.8 Up=0.25		Blocs creux + ITI 120mm PSE R=3.8 Up=0.24
Plancher bas / parking	Dalle béton + isolation sous dalle Fibra Ultra FC 125mm PSE R=3.7 Up=0.24			Dalle béton + isolation sous dalle Fibra Ultra FC 180mm PSE R=5.4 Up=0.17		
Toiture accessible R+4	Dalle béton + isolation 80mm PUR R=3.6 Up=0.26	Dalle béton + isolation 80mm PUR R=3.6 Up=0.26	Panneaux CLT 200mm + 80mm PUR R=3.6 Up=0.19	Dalle béton + isolation 140mm PUR R=6.35 Up=0.15	Dalle béton + isolation 140mm PUR R=6.35 Up=0.15	Panneaux CLT 200mm + 80mm PUR R=3.6 Up=0.19
Toiture terrasse inaccessible	Dalle béton + isolation 140mm PUR R=6.35 Up=0.15	Dalle béton + isolation 140mm PUR R=6.35 Up=0.15	Panneaux CLT 200mm + 140mm PUR R=6.35 Up=0.12	Dalle béton + isolation 200mm PUR R=9 Up=0.11	Dalle béton + isolation 200mm PUR R=9 Up=0.11	Panneaux CLT 200mm + 200mm PUR R=9 Up=0.09
Menuiseries extérieures	Double vitrage alu Uw=1.6 Façade nord : Sw=0.45, Tlw=0.55 Autres orientations : Sw=0.25, Tlw=0.45			Double vitrage alu Uw=1.4 Façade nord : Sw=0.45, Tlw=0.55 Autres orientations : Sw=0.25, Tlw=0.45		
Perméabilité à l'air	1.7 (défaut)			1 (mesurée)		
	PAC air/air clim	PAC air/air	PAC air/eau clim	PAC air/eau	RCU + groupe froid	RCU
Chaud	COP 7/20°C = 3,9 certifié VRV 0,4K	COP 7/20°C = 3,9 certifié VRV 0,4K	COP 7/45°C = 3,24 certifié VCV 0,4K	COP 7/45°C = 3,24 certifié VCV 0,4K	VCV 0,4K	VCV 0,4K
Froid	EER 35/27°C = 3,44 certifié VRV -0,4K	-	EER 35/7°C = 2,94 certifié VCV -0,4K	-	EER 35/7°C = 3,22 certifié VCV -0,4K	-
Ventilation	DF 70% certifiée avec préchauffage + bypass					
Éclairage	5W/m² détection de présence + gradation automatique dans bureaux et salles de réunion					

Tableau 34 : Présentation des niveaux de performance selon les niveaux « bâti standard » et « Bâti Optimisé » et les systèmes utilisés pour l'étude en bureau.

Systèmes optimisés : idem STD (standard).

- + brise-soleil avec gestion Suntracking en H1a,
- + rafraichissement adiabatique en H2b,
- + brise-soleil avec gestion Suntracking + rafraichissement adiabatique en H3.

7.1. L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020

7.1.1. IMPACT SUR L'INDICATEUR BBIO

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux l'évolution de l'indicateur Bbio entre le moteur de calcul RT 2012 et RE 2020 pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) et un niveau optimisé sur les zones climatiques H1a – H2b et H3.

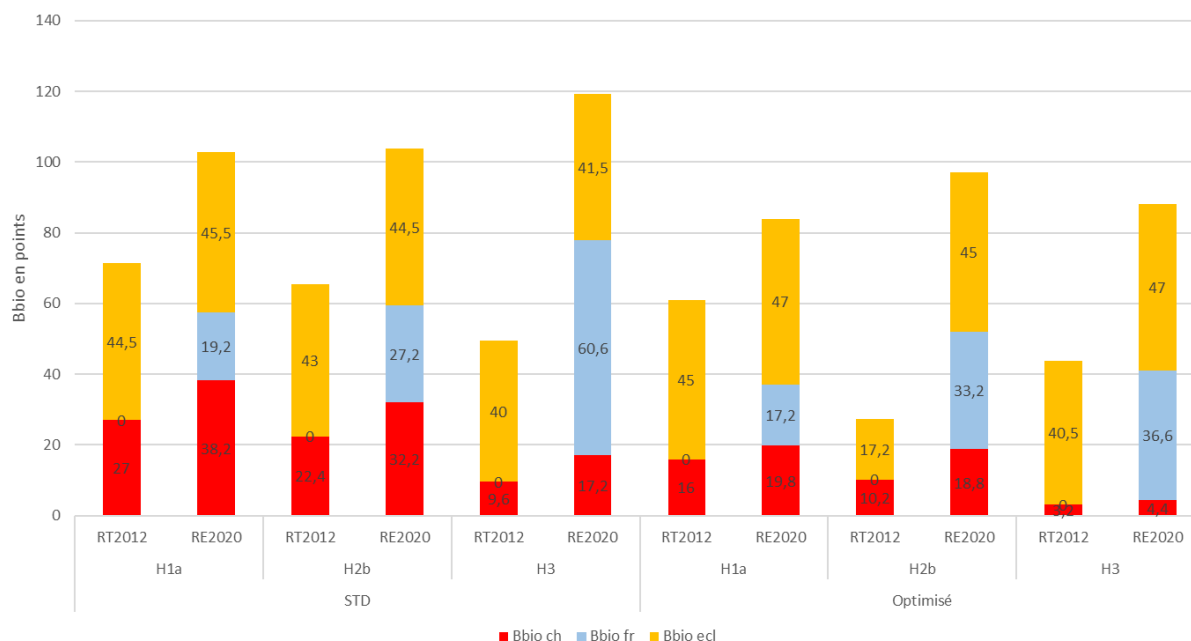


Figure 31 : Présentation de l'évolution du Bbio pour les bureaux entre le moteur de calcul RT 2012 et le moteur de calcul RE 2020 pour les cas de base dit « standard » (STD) et Optimisé.

CONCLUSIONS SUR L'INDICATEUR Bbio EN BUREAU

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le Bureau « variantes standards » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +44% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +59% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +141% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le Bureau « variantes optimisées » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +38% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +254% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +101% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La décomposition du Bbio moyen RE 2020 est résumée dans le tableau suivant :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Bbio RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Bbio RE 2020 des cas de base dit « standards » et les variantes « optimisées », tous systèmes confondus sur trois zones climatiques.

	VARIANTES STANDARDS					VARIANTES OPTIMISEES				
	Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020			Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020		
			Bch %	Bfr %	Becl %			Bch %	Bfr %	Becl %
H1a	71,5	102,9	37%	19%	44%	61	84	24%	20%	56%
H2b	65,4	103,9	31%	26%	43%	27,4	97	19%	34%	46%
H3	49,6	119,3	14%	51%	35%	43,7	88	5%	42%	53%

Tableau 35 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en bureaux et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).

- Le Bbio moyen d'un bâtiment de bureau RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 104 points en zone H2b, **un renforcement de l'exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**
- La part du Bfr représente 51% du Bbio total en zone H3 contre 19% en zone H1a pour les variantes standards. **L'ajout du Bfr amorce l'obligation d'une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.**

→ Pour la fixation des exigences règlementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

7.1.2. IMPACT SUR L'INDICATEUR CEP

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux l'évolution de l'indicateur Cep entre le moteur de calcul RT 2012 et RE 2020 pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents systèmes énergétiques sur les zones climatiques H1a, H2b et H3. Pour rappel, les conventions de calcul en RT2012 et RE2020 diffèrent :

- RT2012 :
 - Coefficient EF/EP électricité : 2,58,
 - Surface prise en compte : SRT = 1,1 x SU en enseignement primaire.
- RE2020 :
 - Coefficient EF/EP électricité : 2,3,
 - Surface prise en compte : Surface Utile (SU).

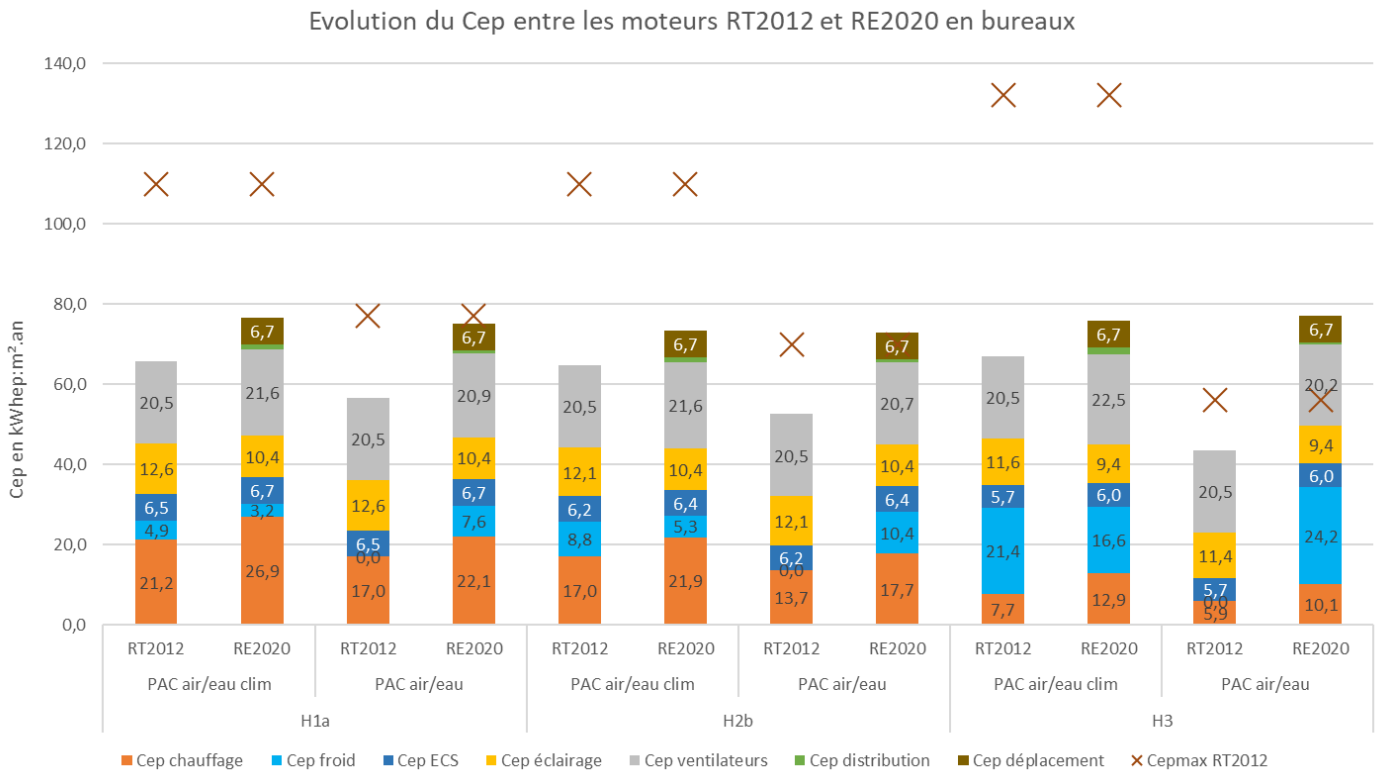


Figure 32 : Présentation de l'évolution du Cep entre les moteurs RT 2012 et RE 2020 pour 3 zones climatiques selon différents systèmes.

Constats :

Un Cep en forte augmentation entre les moteurs RT et RE, en particulier en H3

- Consommations de climatisation fictive,
- Déplacements des occupants,
- Différences modérées sur les autres postes quand on les ramène au même dénominateur (SU/SRT, coefficient de l'électricité 2,3/2,58).

Des consommations de climatisation fictive plus importantes que les consommations de climatisation réelles.

CONCLUSION SUR L'INDICATEUR CEP EN BUREAUX

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le Bureau « PAC Air/Eau Climatisé » :

- Cep – H1b – RE2020 : +17% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +14% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +13% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour le Bureau « PAC Air/Eau » :

- Cep – H1a – RE2020 : +32% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +77% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

La décomposition du Cep moyen RE 2020 est de :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les Cep RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Cep RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 » sur trois zones climatiques avec les systèmes « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau ».

		Moyenne Cep RT 2012	Moyenne Cep RE 2020	Répartition du Cep RE 2020						
				% Cch	% Cfr	% Cecs	% Cel	% Cvent	% Cdist	% Dplct
PAC air/eau clim	H1a	65,7	76,6	35%	4%	9%	14%	28%	2%	9%
	H2b	64,6	73,4	30%	7%	9%	14%	29%	2%	9%
	H3	66,9	75,9	17%	22%	8%	12%	30%	2%	9%
PAC air/eau	H1a	56,6	75,0	29%	10%	9%	14%	28%	1%	9%
	H2b	52,5	72,9	24%	14%	9%	14%	28%	1%	9%
	H3	43,5	77,1	13%	31%	8%	12%	26%	1%	9%

Tableau 36 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau » - pour les bâtiments de bureau et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).

- En bureau, le Cep moyen transposé dans le moteur de calcul RE 2020 est de 73 kWhEP/m².an en zone H2b.
- La part du Cfr représente presque 1/3 du Cep total en zone H3 contre 10 % en zone H1a pour les variantes avec « PAC Air / Eau ».
- La climatisation fictive prise en compte dans le Cfr est liée à l'indicateur Degrés Heures (DH) d'inconfort pour son déclenchement et au Bfr pour son calcul.
- Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments de bureau optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax

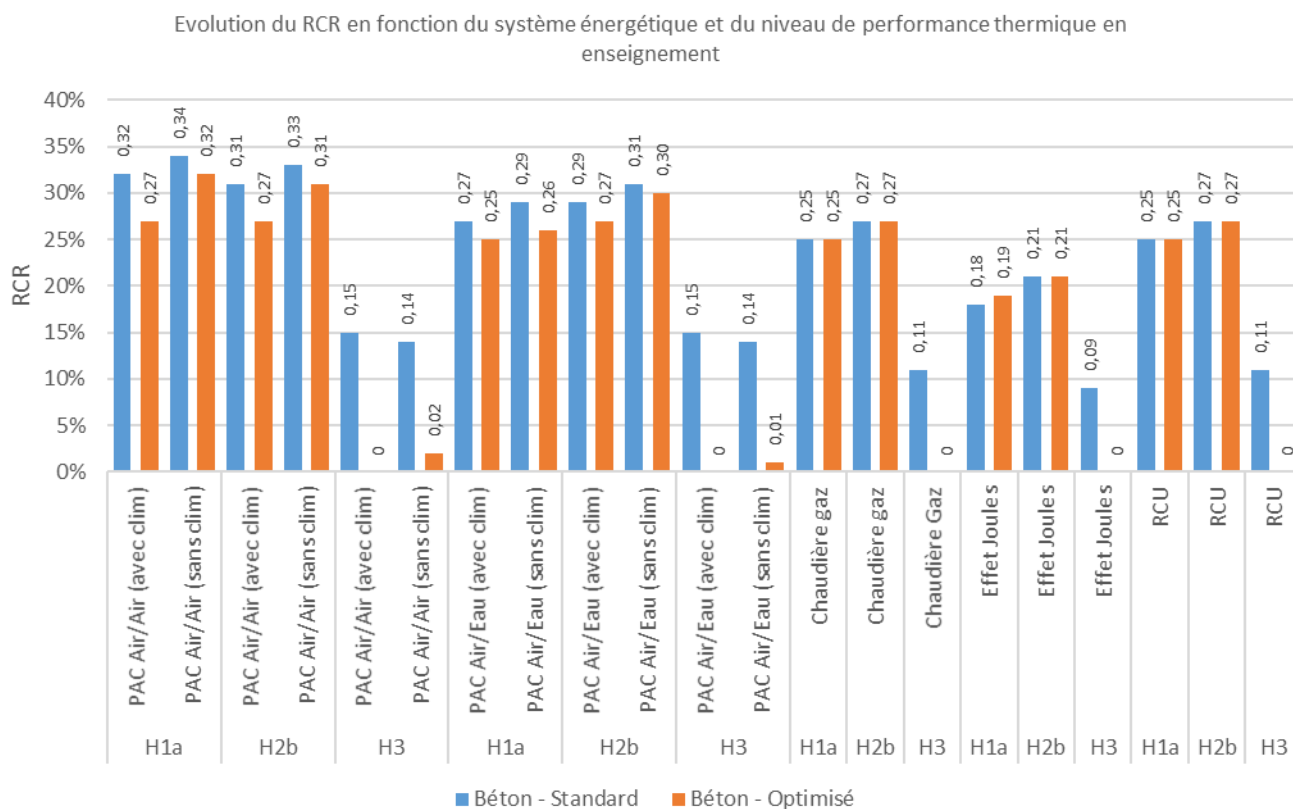


Figure 33 : Présentation de l'évolution du RCR en fonction du système énergétique et du niveau de performance thermique en enseignement

Constat : Diminution du RCR quasi-généralisée entre les niveaux standard et optimisé

→ Le RCR n'est pas un indicateur incitatif sur la performance énergétique : diminution conso ≠ diminution RCR.

7.2. LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)

7.2.1. PRESENTATION DES RESULTATS SUR LES DH

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des valeurs des DH pour les bureaux (minimales - moyennes et maximales) pour l'ensemble des variantes RT2012 sur les 3 zones climatiques.

DH (°C,h)	H1a			H2b			H3		
	Min.	Moyenne	Max	Min.	Moyenne	Max	Min.	Moyenne	Max
	508	587	653	681	809	953	2456	2743	2930

Tableau 37 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour les bureaux variante « béton standard ».

7.2.2. LA RELATION DH – BFR – CFR

Une des difficultés de ces trois indicateurs est qu'il n'y a pas systématiquement de relation entre eux. Par exemple un brasseur d'air va avoir un impact extrêmement fort sur les DH mais aucun impact sur le Bfr.

Comment lire ce graphique : Ce graphique représente pour l'ensemble des variantes de cette étude en bureaux les DH selon les Bfr différenciées par zone climatique. La ligne verte correspond au seuil inférieur à 350 DH, la ligne rouge correspond au seuil > à 1250 DH.

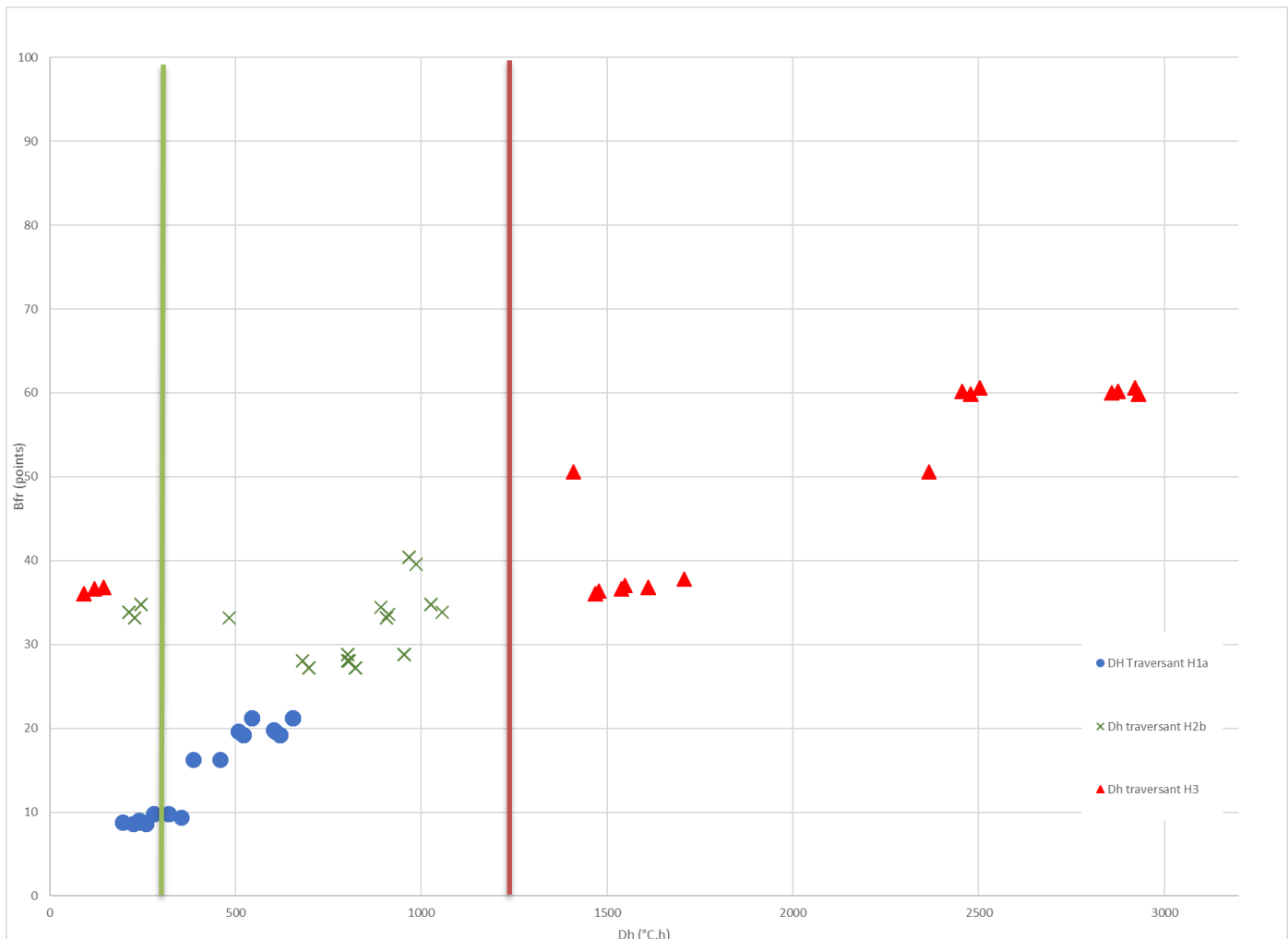


Figure 34 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes pour les bureaux selon les 3 zones climatiques.

7.2.3. LES POIDS DES AMELIORATIONS SUR LE CONFORT D'ETE

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du « cas de base » sont la situation de référence, la variation des paramètres (variantes) permet de restituer pour chacun d'eux leurs sensibilités. L'évolution des indicateurs est restituée dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l'indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points) et des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an). Les résultats des cas de base sont avec des occultations manuelles motorisées et une inertie lourde.

La légende de couleur facilite la lecture par rapport au cas de base. Une cellule de couleur rouge indique une augmentation des DH par rapport au cas de base et une cellule verte une amélioration des DH par rapport au cas de base.

Nous présentons ici l'ensemble des variantes « confort d'été » étudiées pour chaque zone climatique pour le bâtiment de bureaux.

Baisse des DH (amélioration)



Augmentation des DH (détérioration)

Variante confort d'été	H1a			H2b			H3		
	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (EP)	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (EP)	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (EP)
Base	449,7	26,4	9,89	610,1	36	13,8	2152	71,6	27,37
BR2	501,8	31,6	10,35	678,3	36	13,8	2425,7	72,2	27,6
BR3	501,8	31,6	10,35	678,3	36	13,8	2425,7	72,2	27,6
Brasseurs	298,3	26,4	0	411,8	36	13,8	1343,1	71,6	27,37
Casquette	423,2	23,6	9,2	562,2	32,6	12,42	2039,6	66,6	25,99
Couleur claire murs	432,9	25,6	9,66	579,8	34,8	13,34	2070,4	69,8	26,91
Couleur claire TT	440,7	25,8	9,89	595,6	35	13,57	2104,7	70,2	26,91
inertie moyenne	475,7	27	9,89	677,8	35,8	13,57	2173,6	71,6	27,37
Inertie très légère	515,6	33,2	11,5	784,7	38,2	14,26	2249,9	73,4	27,6
Inertie très lourde	372,9	26,8	9,89	477,8	35,8	12,88	2099,5	72,4	27,37
occultation automatique	432,8	26,4	9,89	596,7	35,4	12,88	1964,6	69	27,14
occultation matrice profession IGNES	386,9	17,4	7,13	511	24,6	9,89	1917,8	55,8	22,31
occultation matrice suntracking	217,6	6,4	0	265,3	7,4	0	1270,4	33	15,87
occultation non motorisée	458,2	27	10,12	622,9	36,6	13,8	2190,7	72,4	27,6
occultation sunis store bureau	404,4	18	6,21	530	24,4	8,05	2003,4	56,4	21,16
ouverture automatique	126,2	3	0	163,3	2,6	0	673,6	20,2	14,49
Puits clim	173	26,4	0	228,1	36	0	1291,8	71,6	20,93
Rafraîchissement adiabatique	94,6	26,4	0	131,9	36	0	562,1	71,6	27,14
Rat_I	455,1	27,6	10,12	619	36,6	13,8	2171	72,4	27,6
Rouv 0	1402,6	35,2	12,42	1847,2	40,2	14,26	5149,7	83,6	30,59
Rouv 0,4	563,2	32,2	11,73	754,6	36,6	13,8	2725,2	74	27,6
SF	423,6	26,4	8,74	563	36	11,73	1955,5	71,6	27,37
Surventilation noct	316,3	26,4	0	402,9	36	7,36	1550,8	71,6	23,46
vitrage à contrôle solaire	378,1	15,4	6,9	492,3	22,2	7,82	1866,3	54,4	21,39

Tableau 38 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an) pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Impact des variantes de confort d’été sur le Cep du bâtiment :

▪ **Zone climatique H1a :**

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H1a le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d’été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L’objectif est de visualiser l’impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

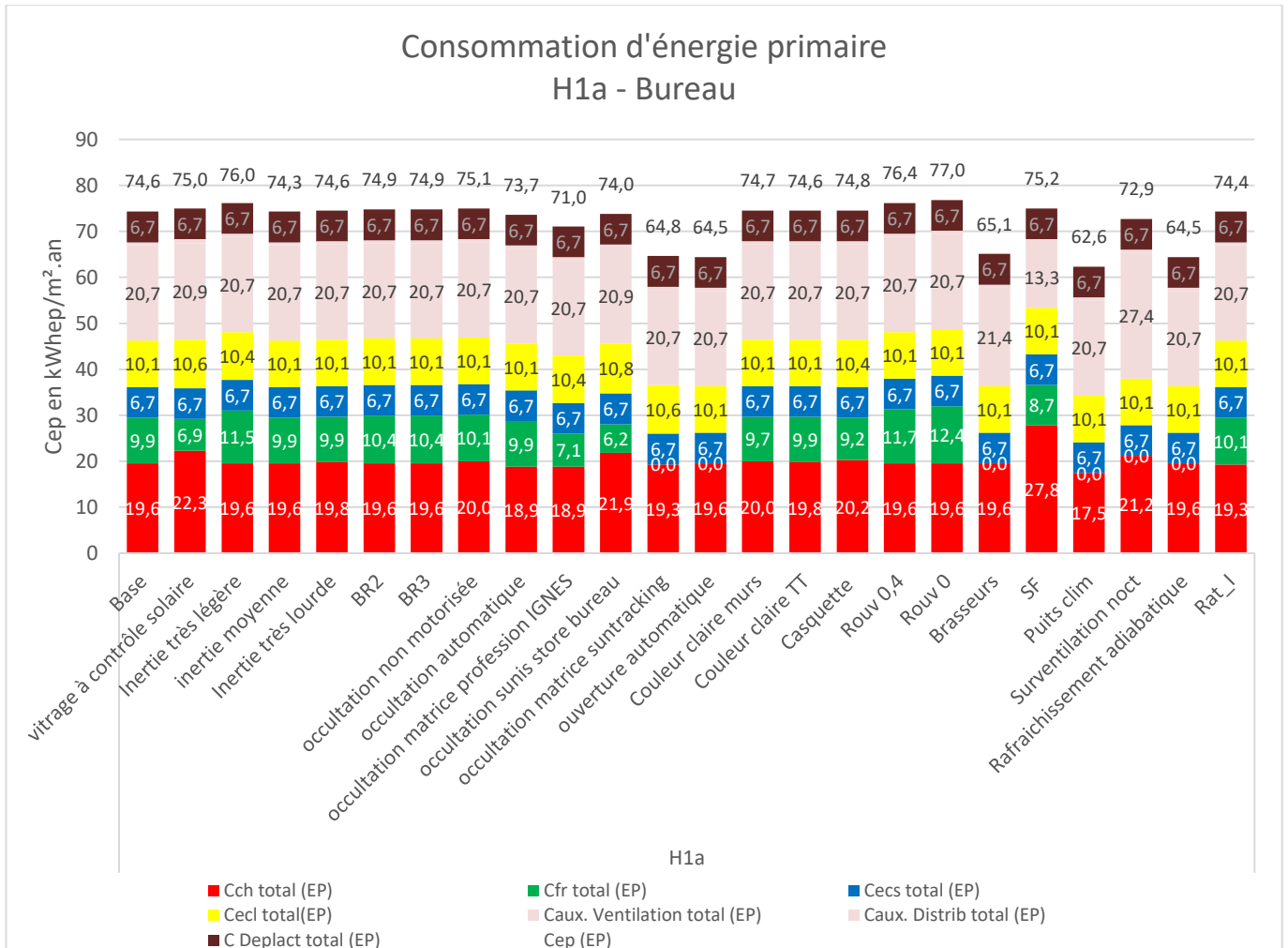


Figure 38 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d’été étudiées en zone climatique H1a

Les variantes les plus favorables sur le Cep sont celles qui permettent d’annuler les consommations de climatisation fictive en descendant en-dessous du seuil de 350 DH, à l’exception du cas de la surventilation mécanique nocturne qui, malgré des consommations de climatisation fictive nulles, présente un Cep plus élevé en raison de consommations de ventilateurs plus importantes.

▪ **Zone climatique H2b :**

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H2b le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d'été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L'objectif est de visualiser l'impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

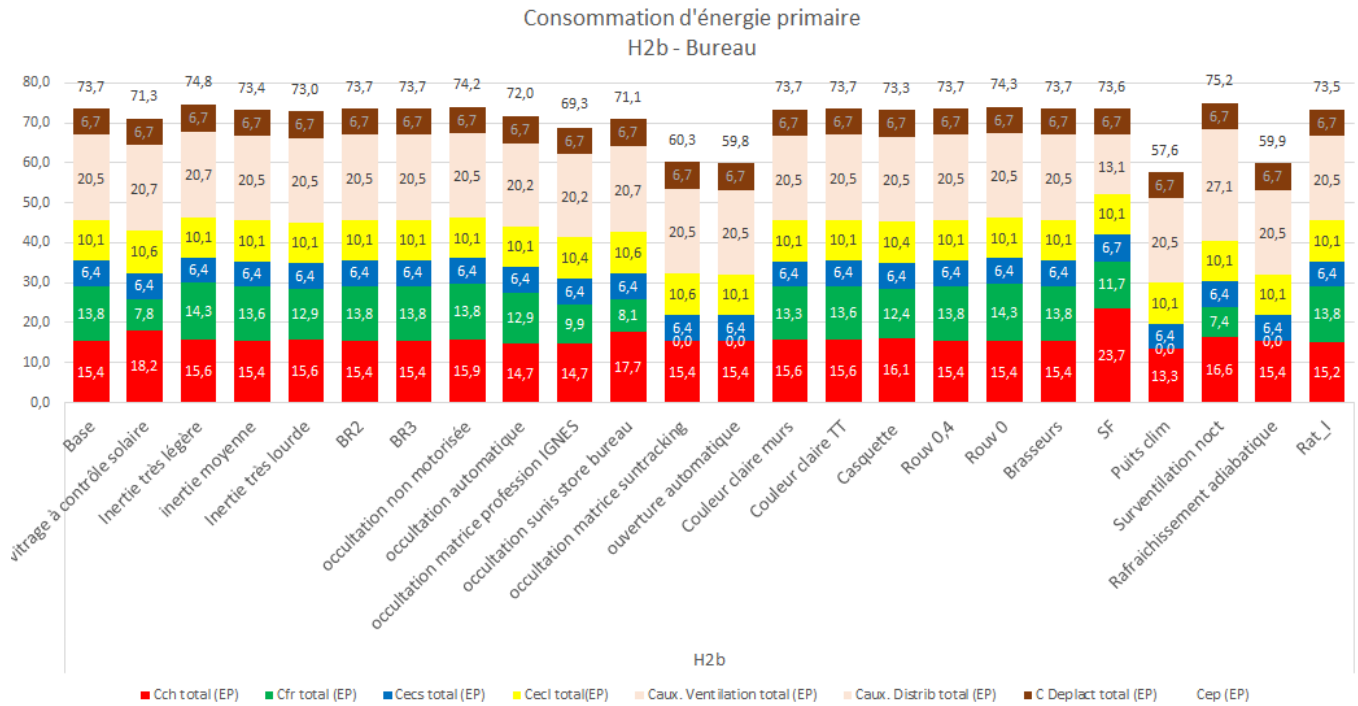


Figure 39 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d'été étudiées en zone climatique H2b

Les variantes les plus favorables sur le Cep sont celles qui permettent d'annuler les consommations de climatisation fictive en descendant en-dessous du seuil de 350 DH. On voit que cet effet de seuil devient important en zone H2b : par exemple, pour le cas des brasseurs d'air, les consommations de climatisation fictive sont de 13,8 kWhép/m².an pour une valeur de 411,8 DH ; pour une valeur de DH diminuée seulement de 62, elles deviendraient nulles. Ces systèmes de rafraichissement passifs n'étant pris en compte dans le calcul du Cep que lorsque les DH sont inférieures au seuil de déclenchement fictive (350 DH), **le risque existe que ces systèmes soient abandonnés des futurs projets RE2020 lorsqu'ils ne permettent pas de descendre en-dessous de ce seuil, alors même qu'ils permettent une amélioration sensible du confort d'été.** En parallèle, cela présente le risque pour les applicateurs de procéder à une « optimisation » réglementaire artificielle pour « faire passer » le projet sous le seuil de déclenchement de la climatisation fictive.

▪ **Zone climatique H3 :**

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H3 le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d’été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L’objectif est de visualiser l’impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

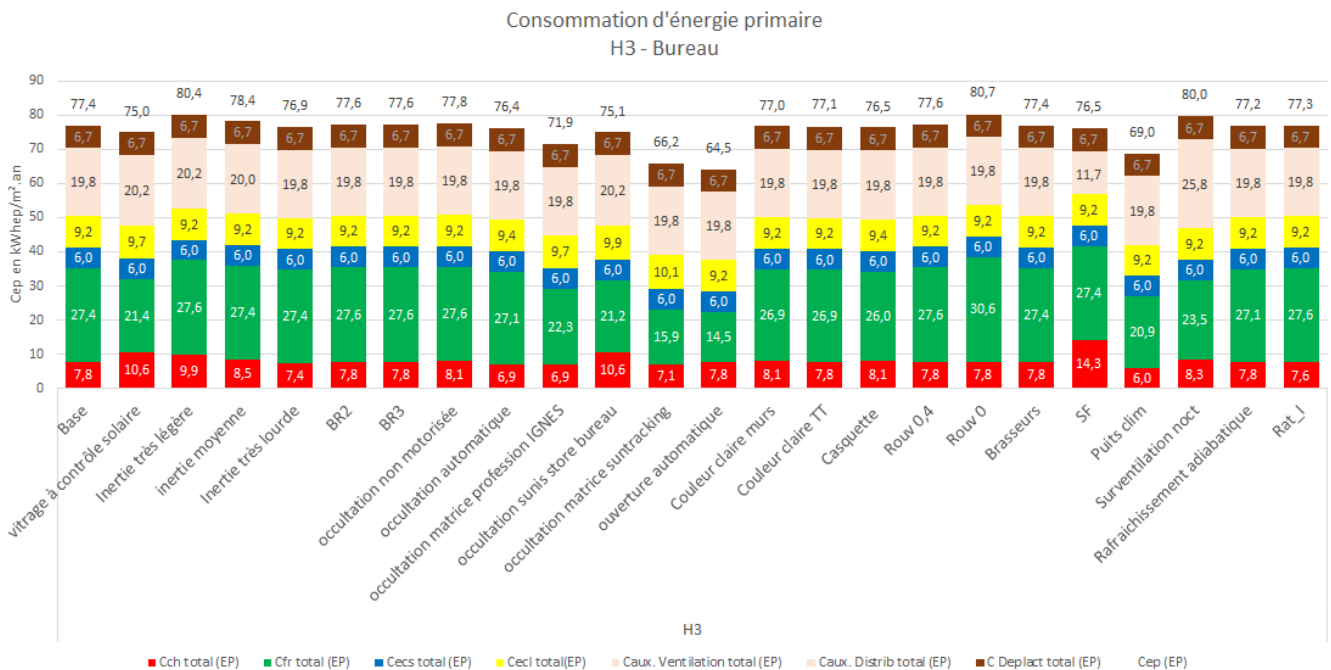


Figure 40 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d’été étudiées en zone climatique H3

Toutes les variantes de confort d’été ne permettent pas à elles seules de descendre en-dessous du seuil de déclenchement de la climatisation fictive. Par conséquent, contrairement aux zones climatiques H1a et H2b, les systèmes de rafraîchissement passifs (ex : rafraîchissement adiabatique, brasseurs d’air) ne permettent pas de diminuer le Cep, contrairement aux autres solutions, comme par exemple la gestion des occultations ou le puits climatique. Comme souligné pour le zone H2b, cette non prise en compte présente **le risque que ces systèmes de rafraîchissement passifs soient abandonnés des futurs projets RE2020 lorsqu’ils ne permettent pas de descendre en-dessous de ce seuil, alors même qu’ils permettent une amélioration sensible du confort d’été.**

7.3. PRESENTATION DES RESULTATS DES VARIANTES PERFORMANCE EN BUREAU

7.3.1. ENERGIE

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux avec un système constructif béton et le système énergétique « PAC Air/Eau non réversible » l’évolution de l’indicateur Cep (RE 2020) sur les zones climatiques H1a, H2b et H3 :

- avec un niveau de performance (bâti et systèmes énergétiques) standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012),
- avec une isolation optimisée et des systèmes énergétiques standard,
- avec une isolation et des systèmes énergétiques optimisés.

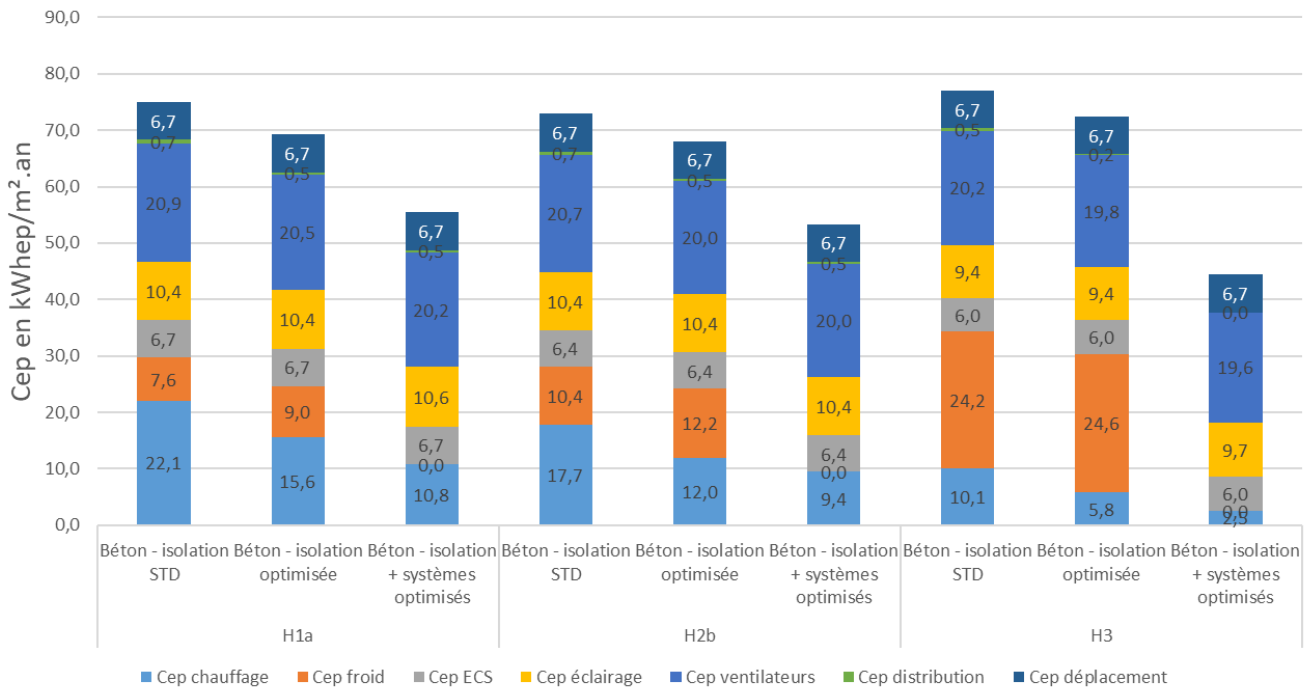


Figure 35 : Evolution du Cep RE 2020 pour les bureaux en béton – « PAC Air/Eau non réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.

Optimisation des systèmes via des solutions permettant de descendre en-dessous du seuil de déclenchement de la climatisation fictive sur l'ensemble des zones climatiques

- Effet de seuil très important sur le Cep, en particulier en H3
- Les calages des seuils réglementaires devront tenir compte de ces optimisations possibles.

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux avec un système constructif béton et le système énergétique « PAC Air/Eau réversible » l'évolution de l'indicateur Cep (RE 2020) sur les zones climatiques H1a, H2b et H3 :
 - avec un niveau de performance (bâti et systèmes énergétiques) standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012),
 - avec une isolation optimisée et des systèmes énergétiques standard,
 - avec une isolation et des systèmes énergétiques optimisés

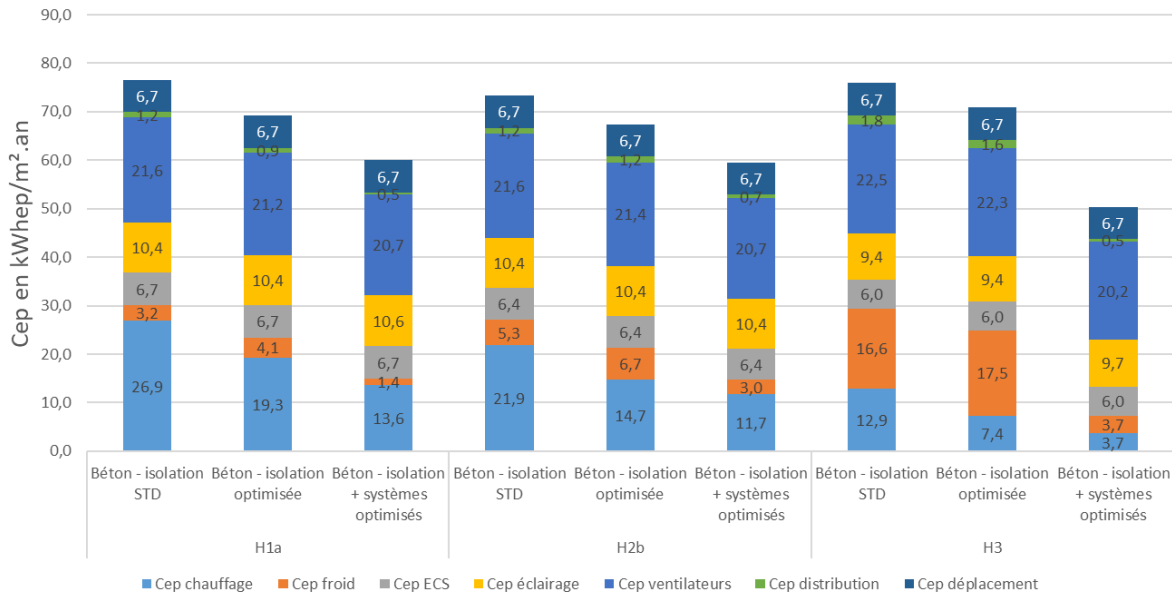


Figure 36 : Evolution du Cep RE 2020 pour les bureaux en béton – « PAC Air/Eau réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.

Les solutions de rafraîchissement passifs permettent de réduire fortement les consommations de froid
 → Ce point sera également à prendre en compte dans le cadre des futurs calages réglementaires

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux l'évolution de l'indicateur Cep avec le moteur de calcul RE 2020, pour les cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents modes constructifs et sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

- Système énergétique : PAC air/eau (sans climatisation)
- Niveau de performance : STD



Figure 37 : Présentation des Cep pour les cas de base pour le bureau selon trois systèmes constructifs sur trois zones climatiques.

→ Résultats très proches quel que soit le système constructif

7.3.2. CONFORT D'ETE

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment de bureaux l'évolution de l'indicateur DH avec le moteur de calcul RE 2020, pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents modes constructifs et sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

→ Système énergétique : PAC air/eau (sans climatisation)

→ Niveau de performance : STD

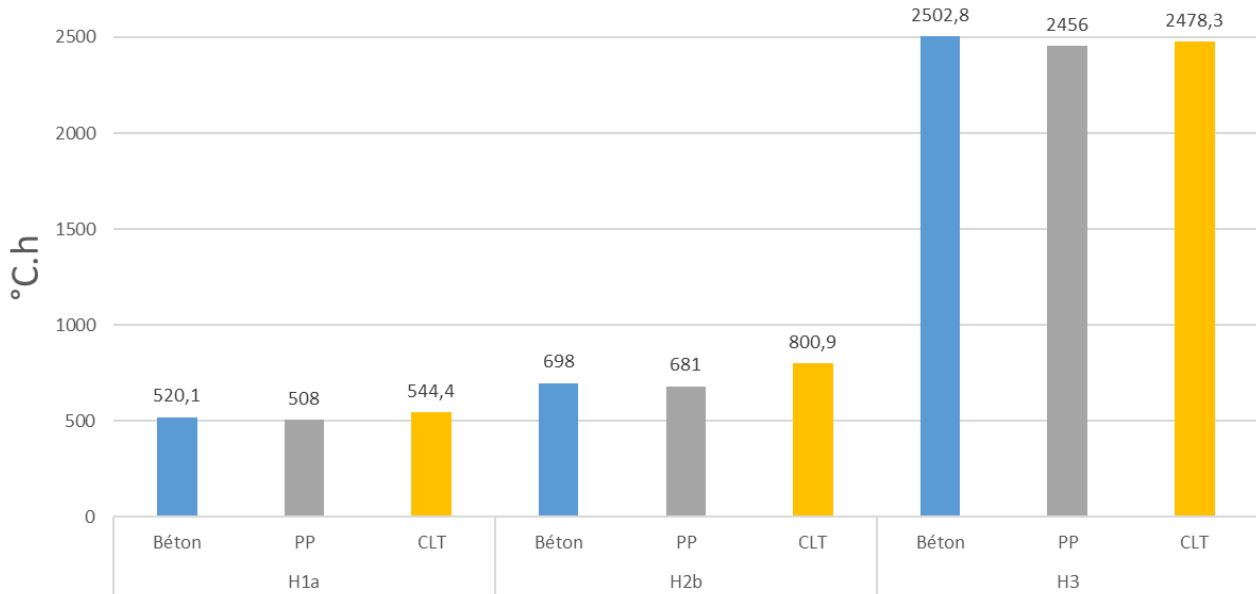


Figure 38 : Présentation de l'influence du système constructif sur les DH pour le bâtiment de bureau.

→ Variabilité très forte en fonction de la zone climatique

→ Légère influence de l'inertie thermique du système constructif, sauf en H3

7.3.3. CARBONE

▪ Impact carbone selon systèmes énergétiques :

Eges PCE méthode statique

Ce graphique présente l'impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Les cas sont indépendants de la zone climatique, une enveloppe aux prestations standards est appliquée au bâtiment. Les lots 9,10 et 11 sont pris selon les valeurs forfaitaires de E+C-.

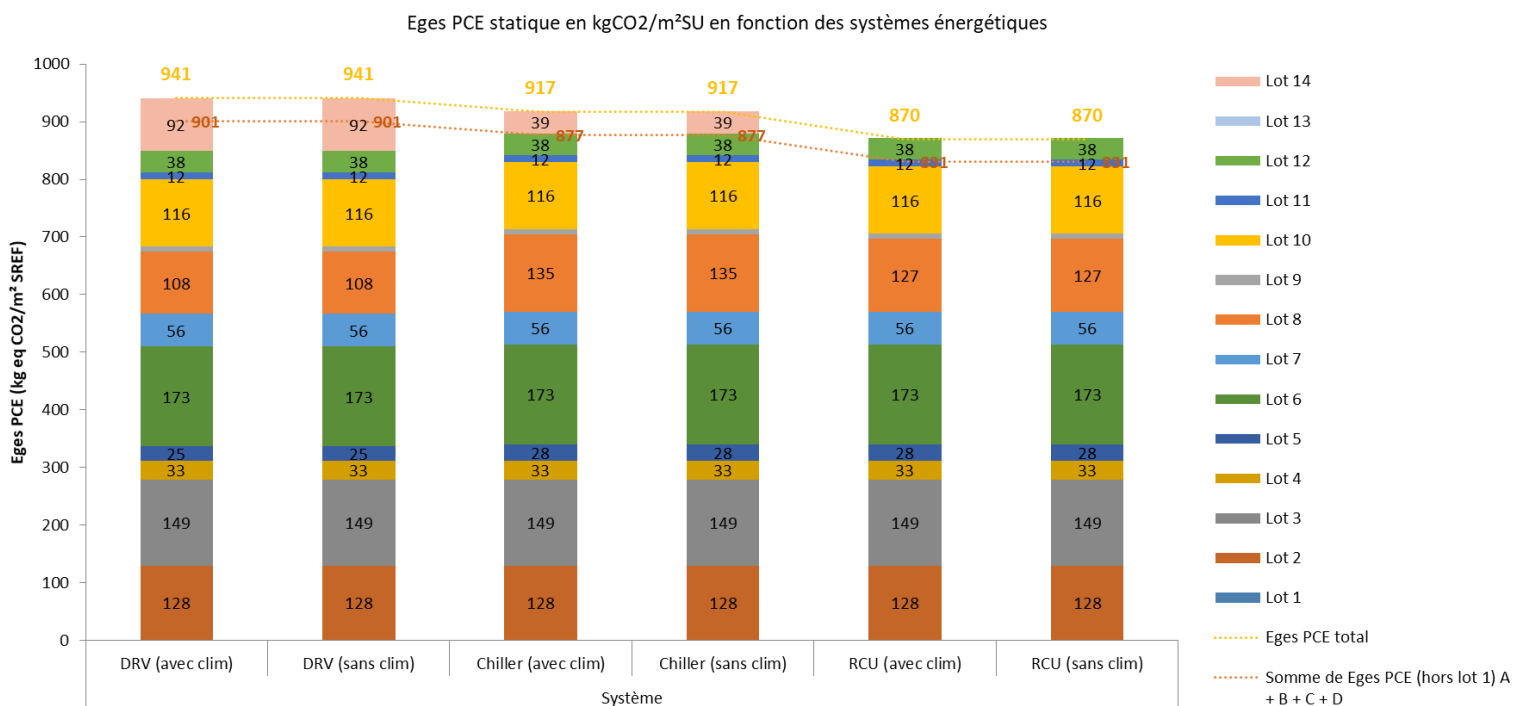


Figure 39 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes énergétiques.

Eges PCE méthode dynamique

Comment lire ce graphique :

Ce graphique présente l'impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Les cas sont indépendants de la zone climatique, une enveloppe aux prestations standards est appliquée au bâtiment. Les lots pris forfaitairement dans le calcul statique sont ramenés à zéro.

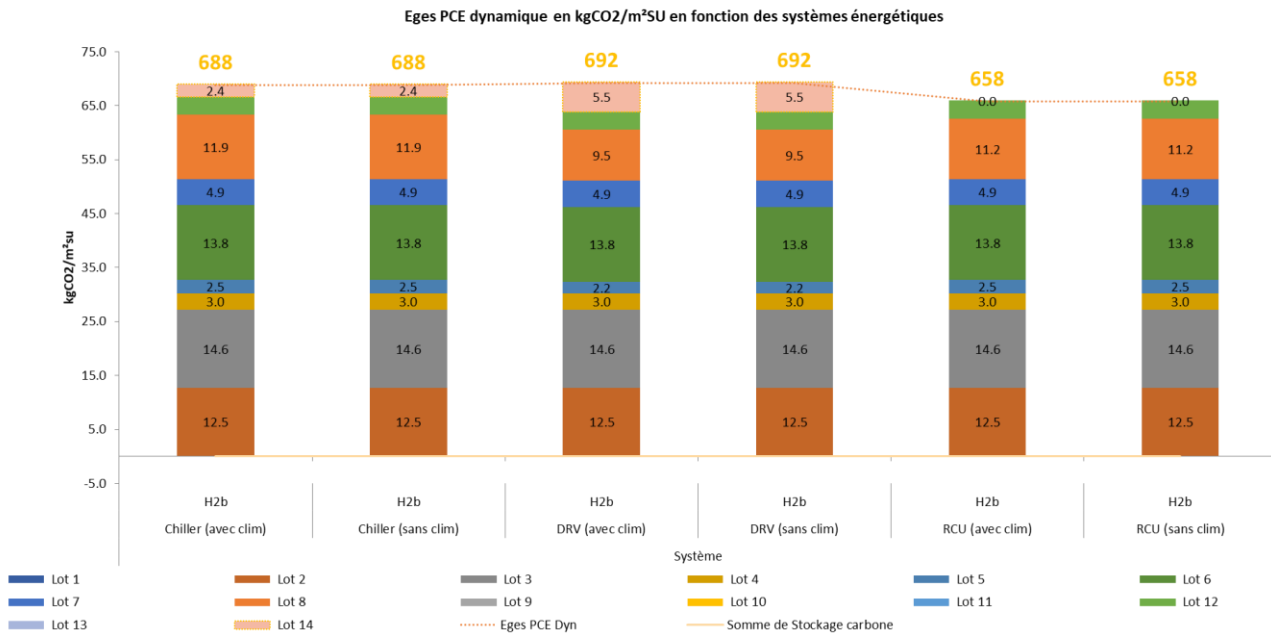


Figure 40 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes énergétiques.

Eges global méthode statique

Ce graphique présente l'impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Nous présentons également dans ce graphique l'impact en parallèle de la consommation d'énergie. Les résultats sont affichés pour trois zones climatiques H1a H2b H3, avec et sans climatisation.

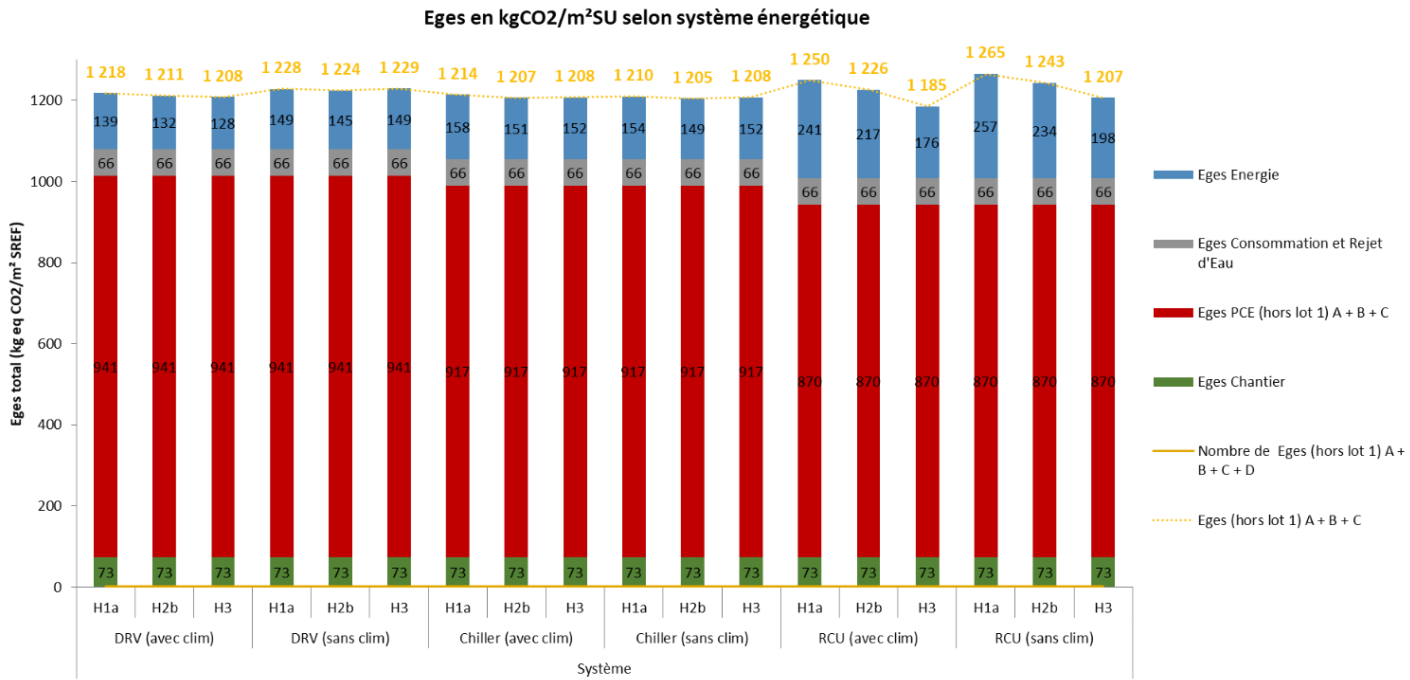


Figure 41 : Présentation de l'indicateur EGES pour les bâtiments de bureau selon les différentes zones climatiques et systèmes pour un niveau de type standard.

▪ Impact carbone selon systèmes constructifs :

Élément de structure	Béton	Poteau-poutre béton + Façade rideau	Structure bois: Planchers CLT sur solive bois + Façade MOB
Plancher bas	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)
Plancher intermédiaire + Plancher haut	20 cm de dalle béton+ 59 cm plénum faux plafond	20 cm de dalle béton + 59 cm plénum faux plafond	CLT 22cm + Poutre lamellé collée 78cm (noyée)*
Rupteur	Rupteur Schock Rutherma	Complément isolant par l'extérieur	Complément isolant par l'extérieur
Façade	20 cm de béton	Poteau poutre complémentaire en périphérie + Système de façade rideau type F4 en éléments métalliques	Mur ossature bois 160x45 entraxe 60 + Isolation entre montant + complément intérieur
Refend et porteurs verticaux	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	MOB 160x45 entraxe + poteaux
Refend escalier	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm

Tableau 39 :

Egés PCE méthode statique

Comment lire ce graphique : Ce graphique présente l'impact des différents systèmes constructifs pour deux prestations d'enveloppe standard et optimisé.

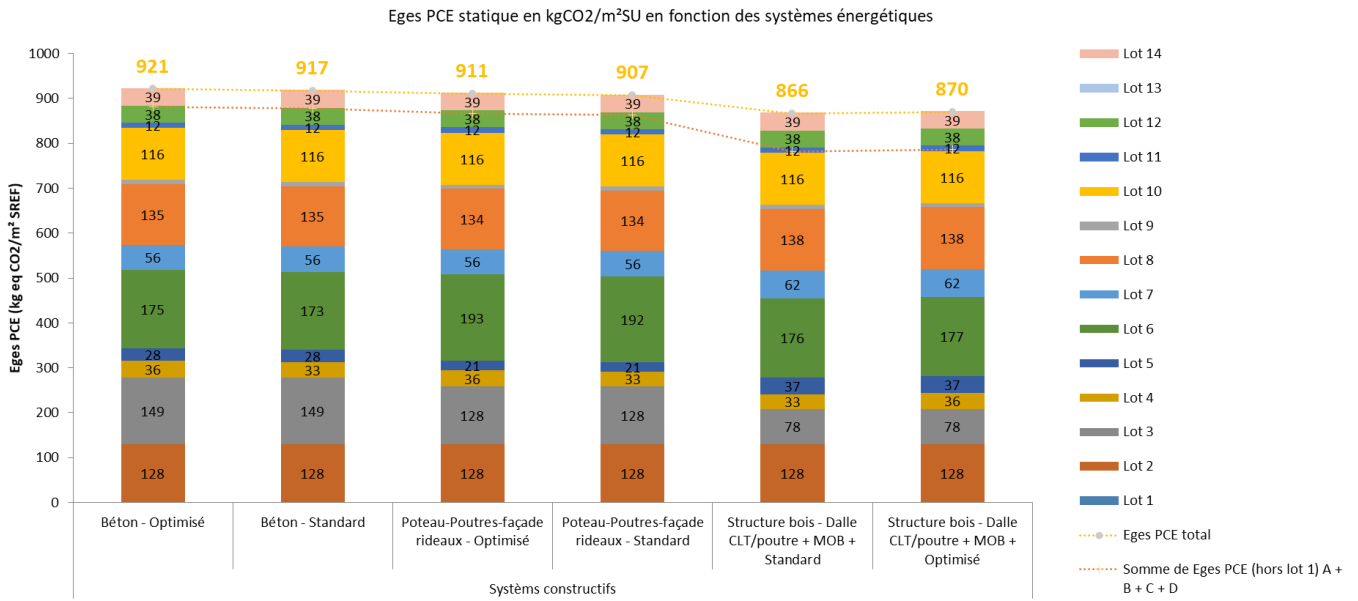


Figure 42 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.

Eges PCE méthode dynamique

Comment lire ce graphique : ce graphique présente l'impact des différents systèmes constructifs pour deux prestations d'enveloppe standard et optimisé.

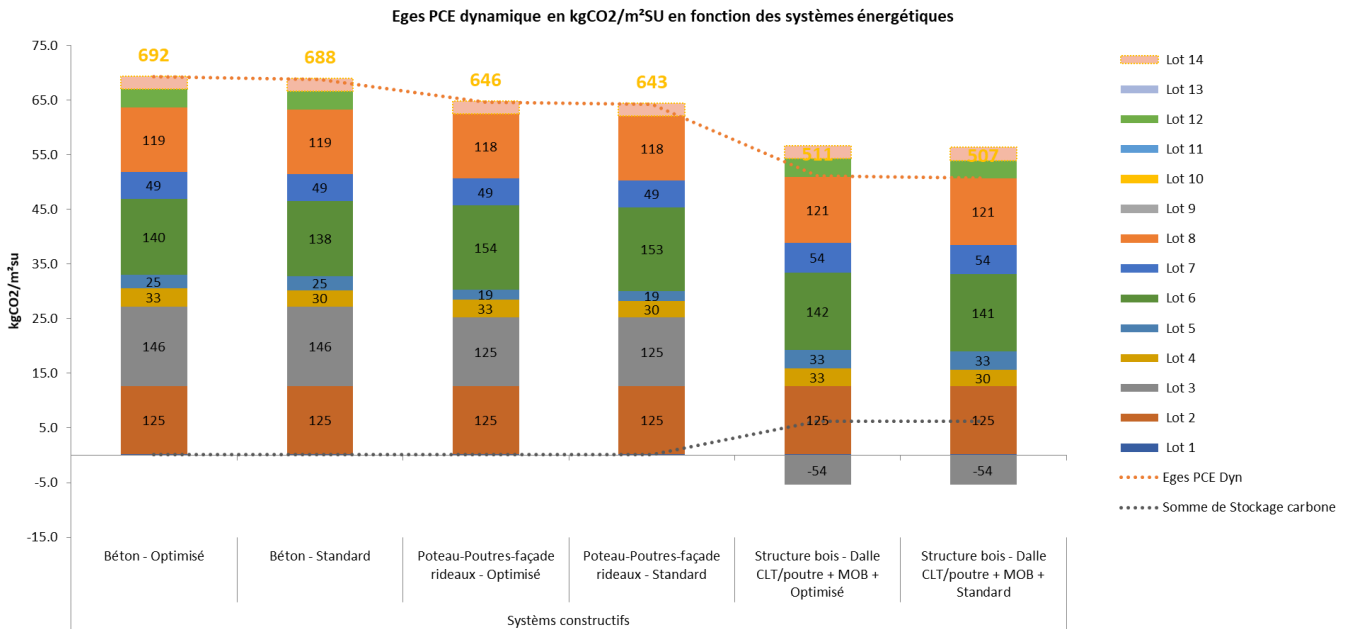


Figure 43 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performance.

L'impact dynamique des fluides frigorigènes est environ 60% plus faible qu'avec la méthode statique. La différence des résultats est trop grande compte tenu de la pondération dynamique des fluides frigorigènes.

→ Cette erreur a déjà partagé avec le CSTB.

8. ANALYSE DES RESULTATS PAR TYPOLOGIE : ENSEIGNEMENT

8.1. L'IMPACT DU CHANGEMENT DE MOTEUR DE CALCUL RT 2012 – RE 2020

8.1.1. IMPACT SUR L'INDICATEUR Bbio

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment d'enseignement l'évolution de l'indicateur Bbio entre le moteur de calcul RT 2012 et RE 2020 pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) et un niveau optimisé sur les zones climatiques H1a – H2b et H3.

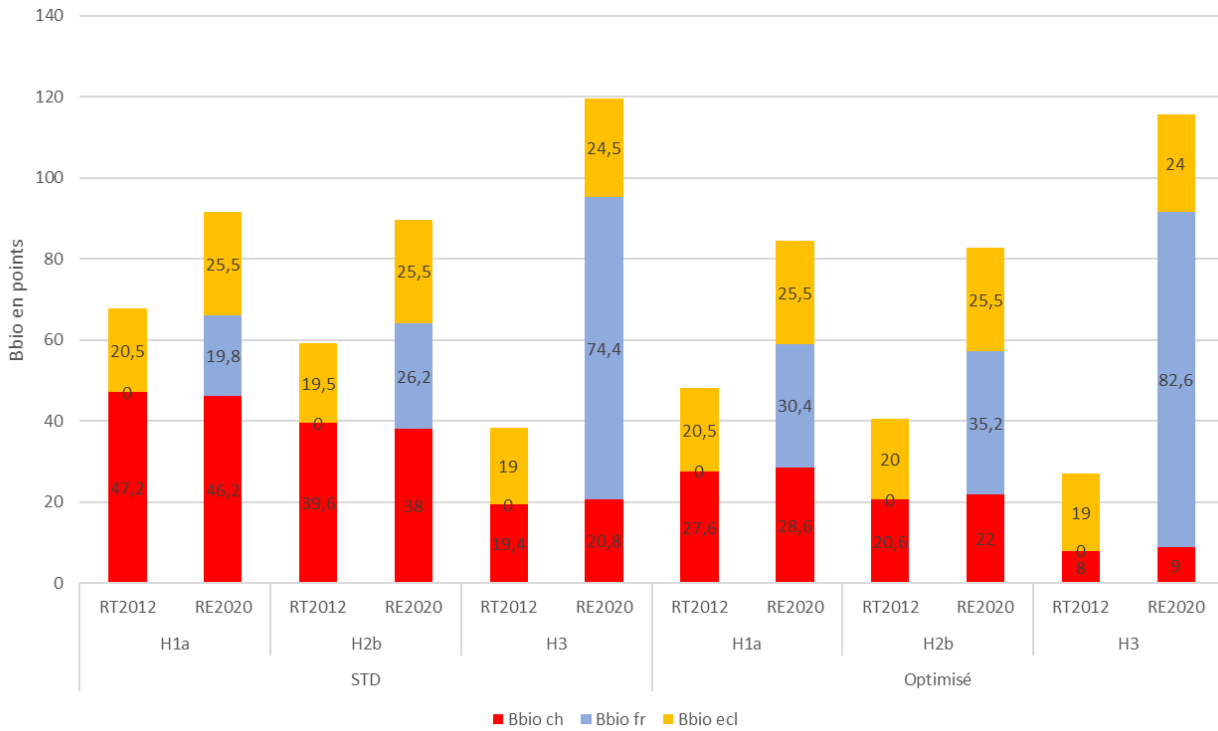


Figure 44 : Présentation de l'évolution du Bbio pour le bâtiment d'enseignement entre le moteur de calcul RT 2012 et le moteur de calcul RE 2020 pour les cas de base dit « standard » (STD) et Optimisé.

CONCLUSIONS SUR L'INDICATEUR Bbio POUR LE BATIMENT D'ENSEIGNEMENT

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Bbio de :

Pour le bâtiment d'enseignement « variantes standards » :

- Bbio – H1b – RE2020 : +35% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +52% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +212% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

Pour le bâtiment d'enseignement « variantes optimisées » :

- Bbio – H1a – RE2020 : +76% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H2b – RE2020 : +104% en moyenne par rapport au Bbio RT2012,
- Bbio – H3 – RE2020 : +328% en moyenne par rapport au Bbio RT2012.

La décomposition du Bbio moyen RE 2020 est résumée dans le tableau suivant :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente la moyenne des Bbio RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Bbio RE 2020 des cas de base dit « standards » et les variantes « optimisées », tous systèmes confondus sur trois zones climatiques.

	VARIANTES STANDARDS					VARIANTES OPTIMISEES				
	Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020			Moyenne Bbio RT 2012	Moyenne Bbio RE 2020	Répartition du Bbio RE 2020		
			Bch %	Bfr %	Becl %			Bch %	Bfr %	Becl %
H1a	67,7	91,5	50%	22%	28%	48,1	84,5	34%	36%	30%
H2b	59,1	89,7	42%	29%	28%	40,6	82,7	27%	43%	31%
H3	38,4	119,7	17%	62%	20%	27	115,6	8%	71%	21%

Tableau 40 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes bâtiment d’enseignement et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).

- Le Bbio moyen d’un bâtiment d’enseignement RT2012 transposé dans le moteur de calcul RE 2020 se situe autour de 90 points en zone H2b, **un renforcement de l’exigence sur le Bbio doit donc être inférieur à cette valeur.**
- La part du Bfr représente 62% du Bbio total en zone H3 contre 22% en zone H1a pour les variantes standards. **L’ajout du Bfr amorce l’obligation d’une conception différenciée entre les zones climatiques du Nord et du Sud.**
- Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d’utiliser des bâtiments optimisés sur le confort d’été pour la RE2020, afin de limiter la part du Bfr dans le Bbiomax.

8.1.2. IMPACT SUR L’INDICATEUR CEP

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment d’enseignement l’évolution de l’indicateur Cep entre le moteur de calcul RT 2012 et RE 2020 pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents systèmes énergétiques sur les zones climatiques H1a, H2b et H3. Pour rappel, les conventions de calcul en RT2012 et RE2020 diffèrent :

- RT2012 :
 - Coefficient EF/EP électricité : 2,58,
 - Surface prise en compte : SRT = 1,1 x SU en enseignement primaire.
- RE2020 :
 - Coefficient EF/EP électricité : 2,3,
 - Surface prise en compte : Surface Utile (SU).
- Système constructif : béton
- Niveau de performance : STD

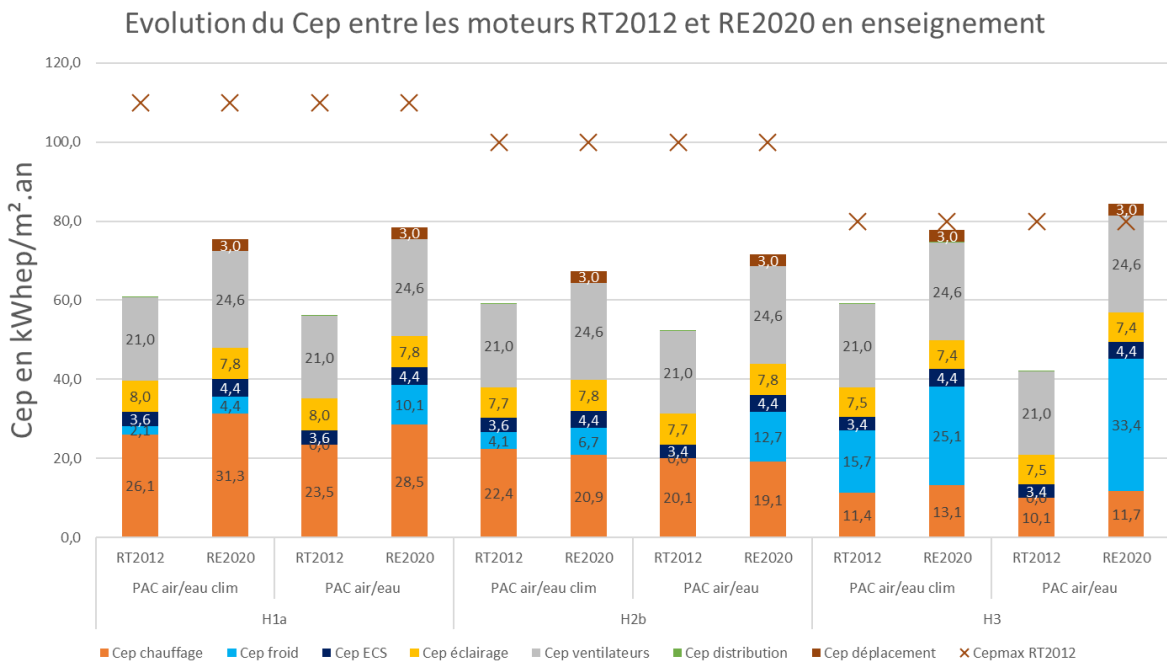


Figure 45 : Présentation de l’évolution du Cep entre les moteurs RT 2012 et RE 2020 pour 3 zones climatiques selon différents systèmes.

- Un Cep en forte augmentation entre les moteurs RT et RE, en particulier en H3

- Consommations de climatisation fictive
- Déplacements des occupants
- Différences modérées sur les autres postes quand on les ramène au même dénominateur (SU/SRT, coeff élec 2,3/2,58)

- Des consommations de climatisation fictive plus importantes que les consommations de climatisation réelles

CONCLUSION SUR L'INDICATEUR CEP POUR LE BATIMENT D'ENSEIGNEMENT

Le changement de moteur de calcul engendre une augmentation de l'indicateur Cep de :

Pour le bâtiment d'enseignement « PAC Air/Eau Climatisé » :

- Cep – H1b – RE2020 : +24% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +14% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +32% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

Pour le bâtiment d'enseignement « PAC Air/Eau » :

- Cep – H1a – RE2020 : +39% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H2b – RE2020 : +37% en moyenne par rapport au Cep RT2012,
- Cep – H3 – RE2020 : +101% en moyenne par rapport au Cep RT2012.

La décomposition du Cep moyen RE 2020 est de :

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les Cep RT 2012, RE 2020 et la répartition en pourcentage de la décomposition des Cep RE 2020 des cas de base dit « RT 2012 » sur trois zones climatiques avec les systèmes « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau ».

		Moyenne Cep RT 2012	Moyenne Cep RE 2020	Répartition du Cep RE 2020						
				% Cch	% Cfr	% Cecs	% Cel	% Cvent	% Cdist	% Dplct
PAC air/eau clim	H1a	60,9	75,4	41%	6%	6%	10%	32%	0%	4%
	H2b	59,1	67,4	29%	9%	6%	11%	34%	0%	4%
	H3	59,1	77,7	17%	33%	6%	10%	32%	0%	4%
PAC air/eau	H1a	56,2	78,4	38%	13%	6%	10%	33%	0%	4%
	H2b	52,4	71,5	26%	17%	6%	11%	34%	0%	4%
	H3	42,0	84,4	15%	43%	6%	10%	32%	0%	4%

Tableau 41 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau » - pour les bâtiments d'enseignement et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).

- Pour le bâtiment d'enseignement, le Cep moyen transposé dans le moteur de calcul RE 2020 est de 69 kWhEP/m².an en zone H2b.
- La part du Cfr représente 43% du Cep total en zone H3 contre 13 % en zone H1a pour les variantes avec « PAC Air / Eau ».
- La climatisation fictive prise en compte dans le Cfr est liée à l'indicateur Degrés Heures (DH) d'inconfort pour son déclenchement et au Bfr pour son calcul.
- Pour la fixation des exigences réglementaires, il est donc primordial d'utiliser des bâtiments d'enseignement optimisés sur le confort d'été pour la RE2020, afin de limiter la part du Cfr dans le Cepmax

8.2. LE NOUVEL INDICATEUR DU CONFORT D'ETE : LES DEGRES HEURES (DH)

8.2.1. PRESENTATION DES RESULTATS SUR LES DH

Comment lire ce tableau : ce tableau présente les variations des valeurs des DH pour le bâtiment d'enseignement (minimales - moyennes et maximales) pour l'ensemble des variantes RT2012 sur les 3 zones climatiques.

	H1a			H2b			H3		
	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max
DH (°C.h)	520,1	577	620	698	760	823,5	2502,8	2741	2921,1

Tableau 42 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour le bâtiment d'enseignement « béton standard ».

8.2.2. LA RELATION DH – BFR – CFR

Une des difficultés de ces trois indicateurs est qu’il n’y a pas systématiquement de relation entre eux. Par exemple un brasseur d’air va avoir un impact extrêmement fort sur les DH mais aucun impact sur le Bfr.

Comment lire ce graphique : Ce graphique représente pour l’ensemble des variantes de cette étude pour le bâtiment d’enseignement les DH selon les Bfr différenciées par zone climatique. La ligne verte correspond au seuil inférieur à 350 DH, la ligne rouge correspond au seuil > à 1250 DH.

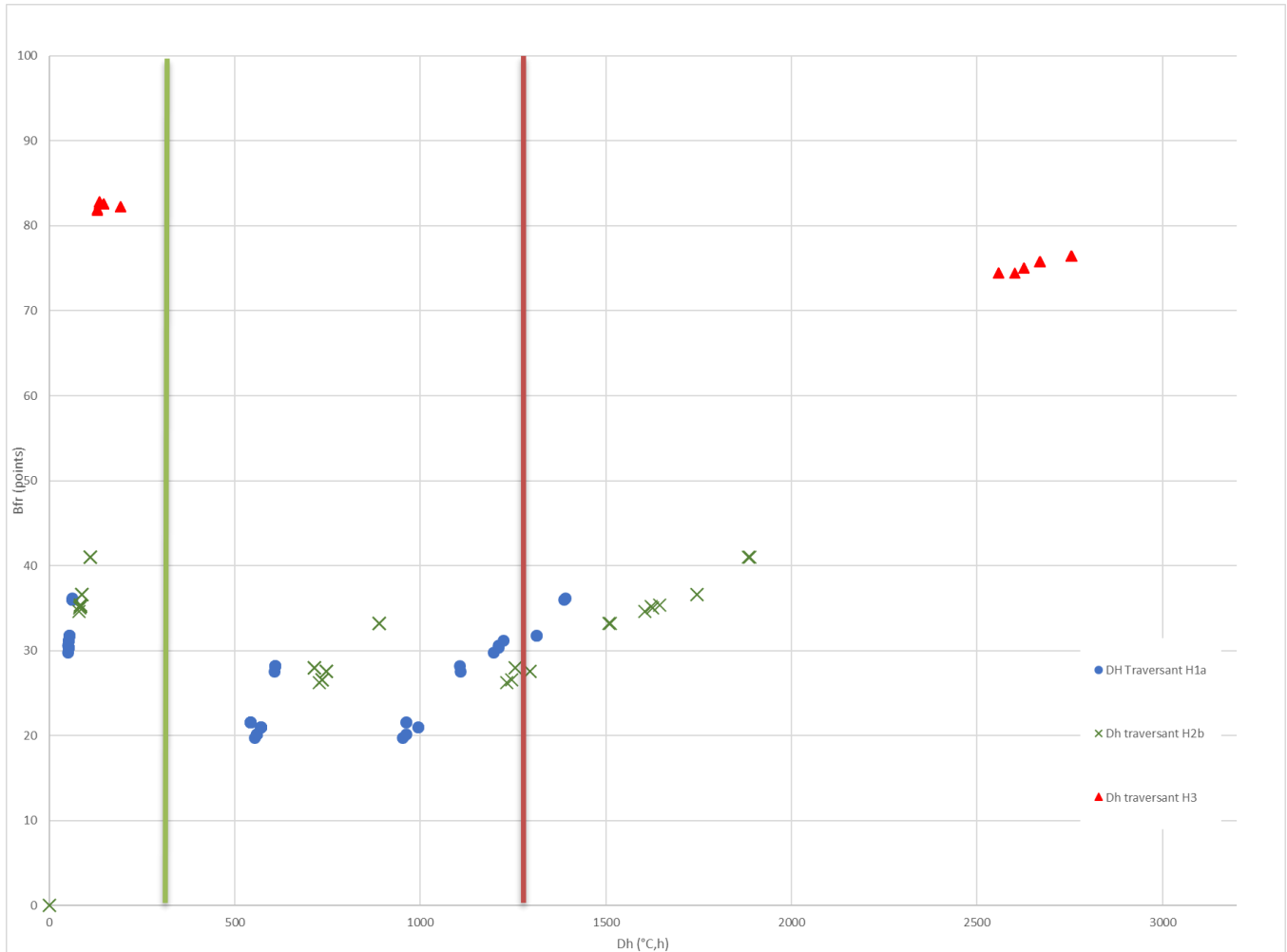


Figure 46 : Présentation du Bfr selon les DH pour l’ensemble des variantes bâtiment d’enseignement selon les 3 zones climatiques.

8.2.3. LES POIDS DES AMELIORATIONS SUR LE CONFORT D'ETE

Comment lire le tableau ci-dessous :

Les résultats du « cas de base » sont la situation de référence, la variation des paramètres (variantes) permet de restituer pour chacun d'eux leurs sensibilités. L'évolution des indicateurs est restituée dans le tableau ci-dessous, soit en gain de confort ou en perte de confort pour l'indicateur DH, soit en baisse ou augmentation des besoins (Bfr en points) et des consommations de froid (Cfr en kWhEP/m².an). Les résultats des cas de base sont avec des occultations manuelles motorisées et une inertie lourde.

La légende de couleur facilite la lecture par rapport au cas de base. Une cellule de couleur rouge indique une augmentation des DH par rapport au cas de base et une cellule verte une amélioration des DH par rapport au cas de base.

Nous présentons ici l'ensemble des variantes « confort d'été » étudiées pour chaque zone climatique.

Baisse des DH (amélioration)



Augmentation des DH (détérioration)

Variante confort d'été	H1b			H2b			H3		
	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (kWhEP/m².an)	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (kWhEP/m².an)	DH Traversant (°C,h)	Bfr (points)	Cfr total (kWhEP/m².an)
Base	559,6	10,1	10,12	735,6	13,3	12,65	2627	37,5	33,35
BR2	569,7	10,1	10,12	746,9	13,3	12,65	2658,6	37,6	33,35
BR3	569,7	10,1	10,12	746,9	13,3	12,65	2658,6	37,6	33,35
brass_air+cntrl_sol+csqt_sol+surv-noct	219	7,4	0	284,8	10,2	0	997,9	32,2	22,54
brasseur d'air	482,4	10,1	10,12	638,5	13,3	12,65	2245,4	37,5	33,35
casquette solaire	503,7	8	6,44	661,1	11	11,04	2408,9	33,7	29,21
facteur solaire parois opaque clair clair	536,6	9,5	8,51	705	12,6	12,19	2532,9	36,2	31,05
facteur solaire parois opaque sombre sombre	566,2	10,2	10,35	742,2	13,5	12,65	2651,7	37,9	33,58
inertie moyenne	593,5	10,3	10,58	826,3	14	12,88	2725,9	37,8	33,35
Inertie très légère	671,1	15,3	12,88	1024,6	17,8	14,95	3001,7	40,2	34,96
Inertie très lourde	475,4	9,7	8,28	603,9	12,8	12,19	2516	37,4	31,51
occultation automatique	528,4	9,5	8,74	702,4	12,8	12,42	2394,1	35,2	31,28
occultation matrice profession IGNES	476,7	6,4	6,21	626,4	9	9,89	2336,8	30	27,14
occultation matrice suntracking	402,3	5,2	5,06	511,5	5,2	8,51	2015,2	26,7	25,53
occultation non motorisée	563	10,3	8,97	738,3	13,5	12,65	2639,7	37,9	33,58
occultation sunis store bureau	533,2	7,2	5,98	695,4	9,9	10,35	2576,9	32	28,06
ouverture automatique	346,6	3,7	0	455,2	4,3	7,82	1618,4	25,4	26,22
puits climatique	148,6	10,1	0	200,6	13,3	0	667,2	37,5	23,46
rafraîchissement adiabatique	49,7	10,1	0	79,9	13,3	0	131,6	37,5	0
ratio apport interne	454,4	6,3	5,98	572,4	8,2	9,2	2165,2	29,6	25,99
ratio ouverture baies 20%	641	10,1	10,12	849	13,5	12,65	2946,6	37,9	33,58
ratio ouverture baies 80%	559,6	10,1	10,12	735,6	13,3	12,65	2627	37,5	33,35
simple flux	529,5	10,1	7,59	696	12,9	11,96	2558,1	37,5	34,5
surventilation nocturne	328,4	10,1	0	445,5	13,3	8,05	1690	37,5	28,75
toiture végétalisée	552,6	9,9	8,74	726,3	13,1	12,42	2602,9	37,2	33,12
vitrage à contrôle solaire	491,7	7,5	6,21	640,6	10,2	10,35	2367,3	32,4	28,29

Tableau 43 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m².an) pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.

Impact des variantes de confort d'été sur le Cep du bâtiment :

▪ Zone climatique H1a

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H1a le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d'été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L'objectif est de visualiser l'impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

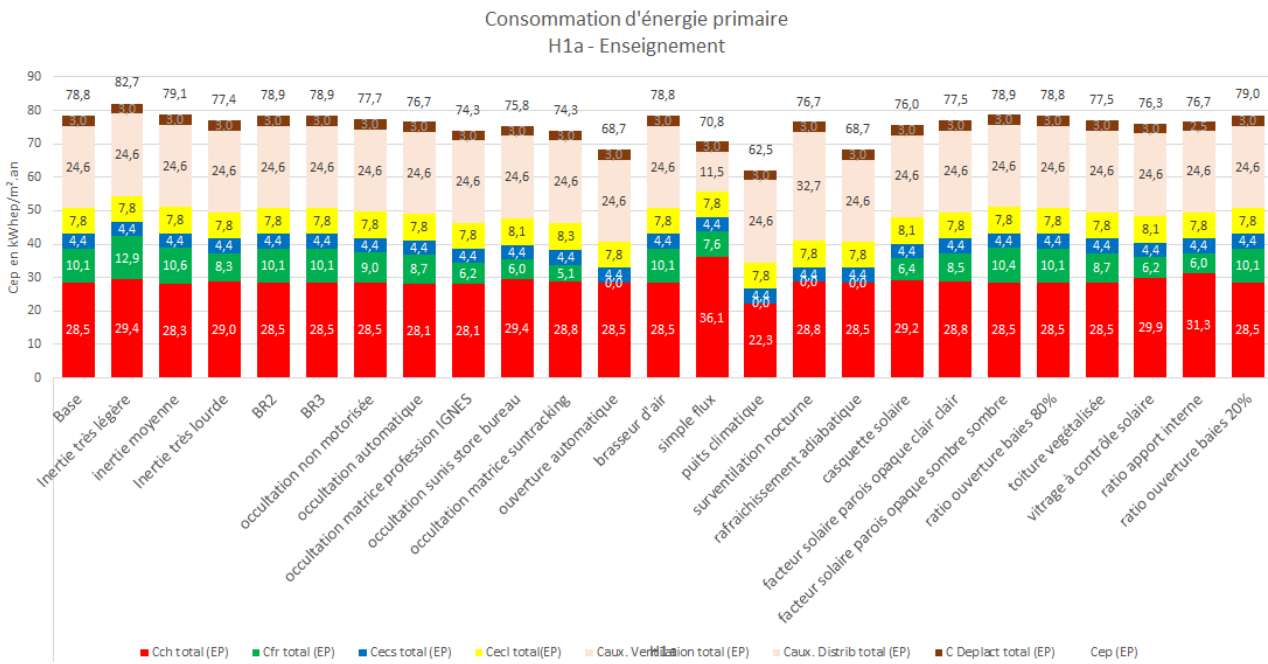


Figure 50 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d’été étudiées en zone climatique H1a

Les variantes les plus favorables sur le Cep sont celles qui permettent d’annuler les consommations de climatisation fictive en descendant en-dessous du seuil de 350 DH (ouverture automatique des occultations avec gestion Suntracking, rafraichissement adiabatique, puits climatique), à l’exception de la surventilation nocturne dont les consommations de ventilateurs supérieures contrebalancent le gain sur la climatisation. A noter que le puits climatique présente le Cep le plus favorable car il permet également de diminuer les consommations de chauffage.

▪ **Zone climatique H2b**

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H2b le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d’été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L’objectif est de visualiser l’impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

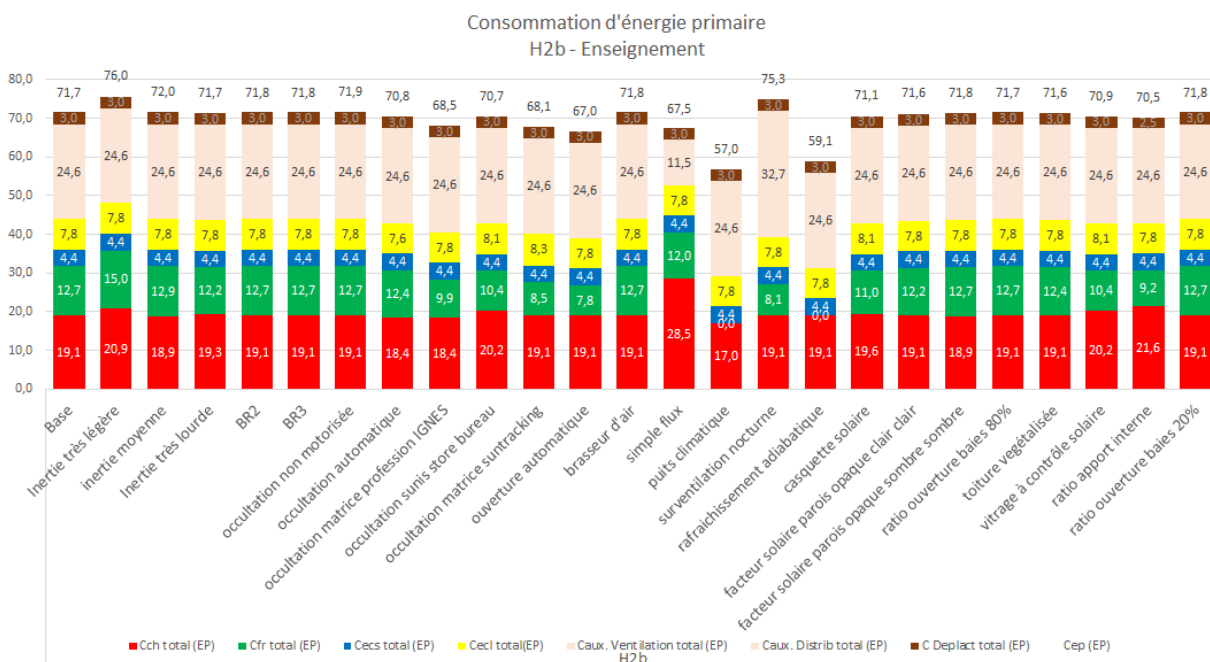


Figure 51 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d’été étudiées en zone climatique H2b

Les variantes les plus favorables sur le Cep sont celles qui permettent d’annuler les consommations de climatisation fictive en descendant en-dessous du seuil de 350 DH (rafraîchissement adiabatique et puits climatique).

▪ **Zone climatique H3**

Comment lire la figure ci-dessous : cette figure présente pour la zone climatique H3 le Cep par poste énergétique pour chaque variante de confort d’été étudiée par rapport au « cas de base » constituant la situation de référence. L’objectif est de visualiser l’impact de ses variantes sur le Cep du bâtiment.

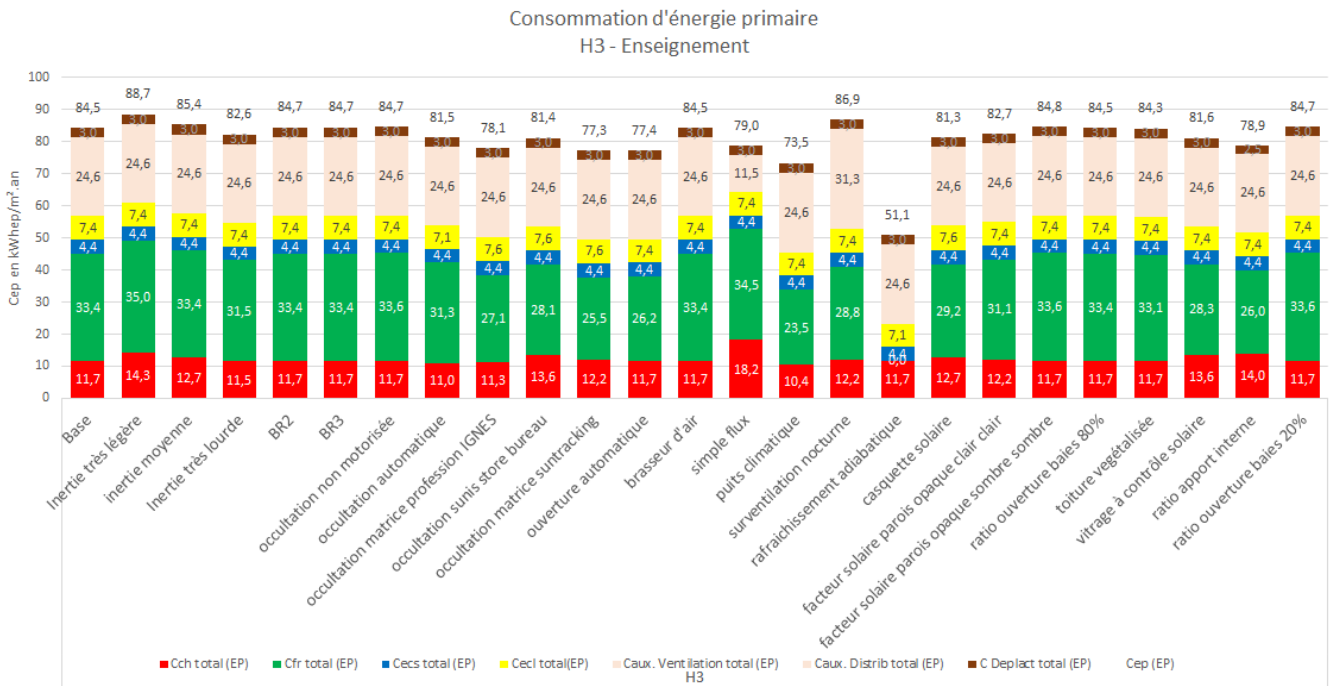


Figure 52 : Présentation du Cep selon les variantes de confort d’été étudiées en zone climatique H3

Seule la variante « rafraîchissement adiabatique » permet de descendre en-dessous du seuil de déclenchement des consommations de climatisation fictive. En conséquence, les besoins de climatisation fictive étant particulièrement importants en zone H3, le Cep est beaucoup plus faible pour cette variante.

A noter que la variante « ratio apports internes calculés » présente un Cep bien plus favorable que le cas de base (78,9 contre 84,5 kWhep/m².an) pour lequel les ratios d’apports internes sont considérés par défaut. C’est à notre sens **un biais à corriger absolument dans la future méthode de calcul RE2020** : en effet, **permettre de saisir les apports internes comme étant calculés en fonction de la répartition réelle des locaux du projet peut être une variable d’ajustement « artificielle » des projets pour respecter plus facilement le futur Cepmax**. Or selon la répartition des locaux du projet, la différence de Cep entre « apports internes par défaut » et « apports internes calculés » peut être encore plus importantes, en particulier dans le cas des extensions qui peuvent présenter une répartition des locaux très éloignée de la répartition des locaux par défaut pour l’usage considéré. Or le seuil Cepmax est différencié par usage et non en fonction de la répartition de ses locaux ; de plus, les travaux du GTM ont utilisé des bâtiments dont les apports internes ont été considérés par défaut.

8.3. PRESENTATION DES RESULTATS DES VARIANTES PERFORMANCE EN SCOLAIRE

- Les variantes de base Vs les variantes optimisées

INDICATEUR ENERGIE

Comment lire ce graphique :

Ce graphique présente pour le bâtiment d’enseignement avec un système constructif béton et le système énergétique « PAC Air/Eau non réversible » l’évolution de l’indicateur Cep (RE 2020) sur les zones climatiques H1a, H2b et H3 :

- avec un niveau de performance (bâti et systèmes énergétiques) standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012),
- avec une isolation optimisée et des systèmes énergétiques standard,
- avec une isolation et des systèmes énergétiques optimisés

Enseignement : évolution du Cep RE2020 en fonction du niveau de performance de l’enveloppe et des systèmes PAC air/eau non réversible

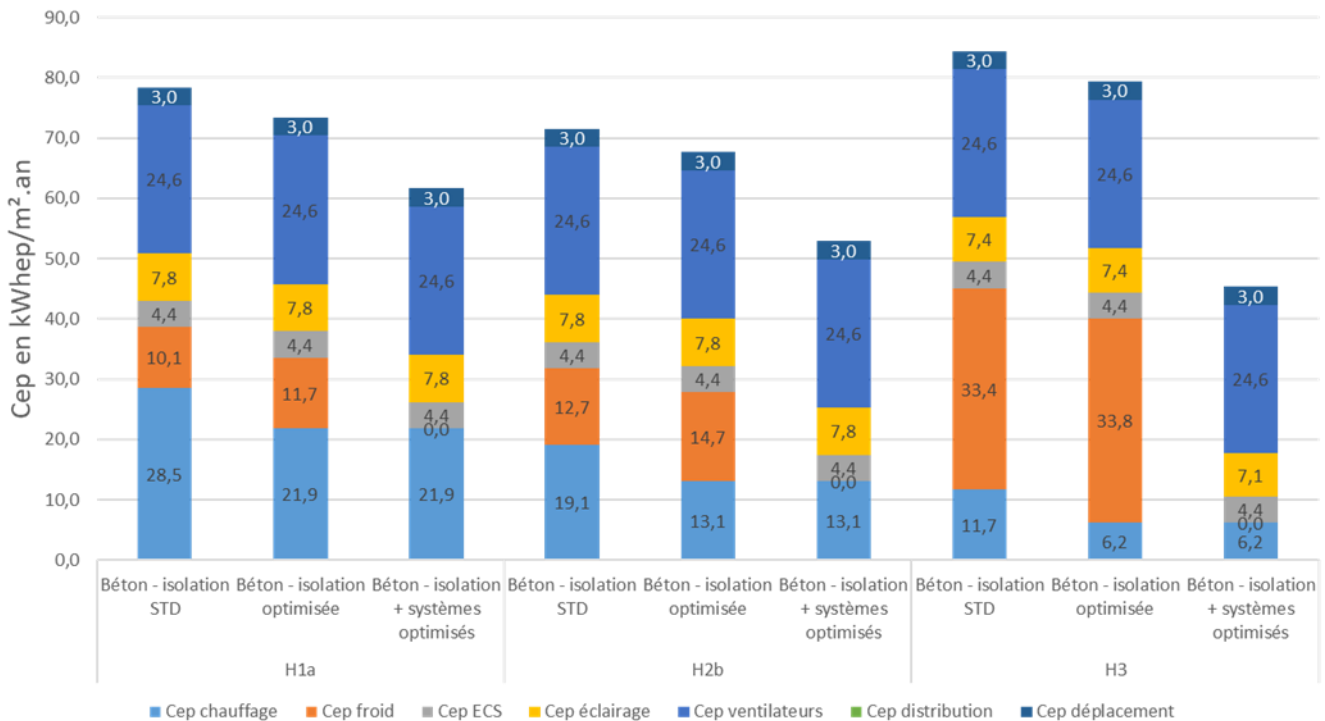


Figure 47 : Evolution du Cep RE 2020 pour le bâtiment d’enseignement en béton – « PAC Air/Eau non réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.

L’optimisation des systèmes énergétiques via le rafraîchissement adiabatique permet de descendre en-dessous du seuil de déclenchement de la climatisation fictive sur l’ensemble des zones climatiques

→ Effet de seuil très important sur le Cep

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment d’enseignement l’évolution de l’indicateur Cep avec le moteur de calcul RE 2020, pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents modes constructifs et sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

- Système énergétique : PAC air/eau (sans climatisation)
- Niveau de performance : STD
- → Résultats très proches quel que soit le système constructif

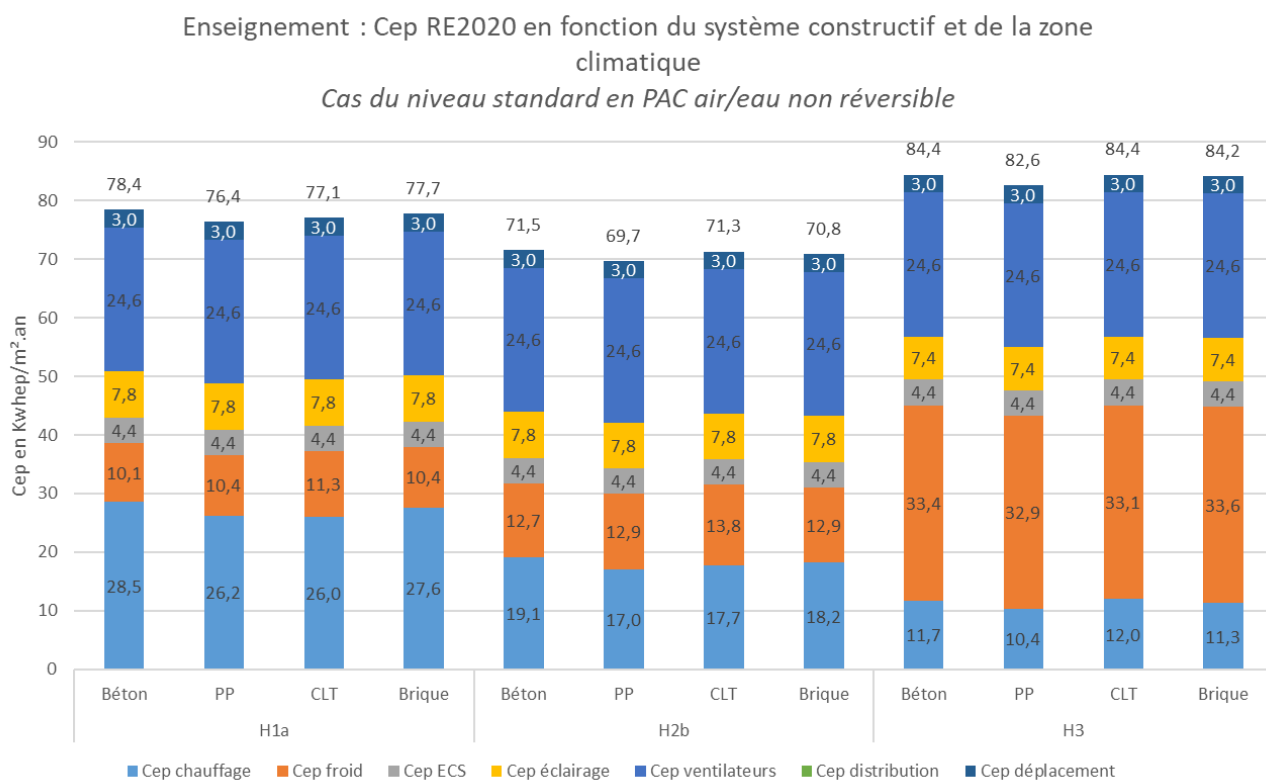


Figure 48 : Présentation des Cep pour les cas de base pour le bureau selon trois systèmes constructifs sur trois zones climatiques.

Pour l'indicateur Cep, aucun système constructif ne se retrouve discriminé, avec des résultats sensiblement similaires pour l'ensemble des systèmes constructifs étudiés.

INDICATEUR CONFORT D'ETE

Comment lire ce graphique : ce graphique présente pour le bâtiment d'enseignement l'évolution de l'indicateur DH avec le moteur de calcul RE 2020, pour le cas de base avec un niveau de performance standard (qui correspond aux pratiques de la RT 2012) selon différents modes constructifs et sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.

- Système énergétique : PAC air/eau (sans climatisation)
- Niveau de performance : STD

Enseignement : influence du système constructif sur les degrés-heures d'inconfort

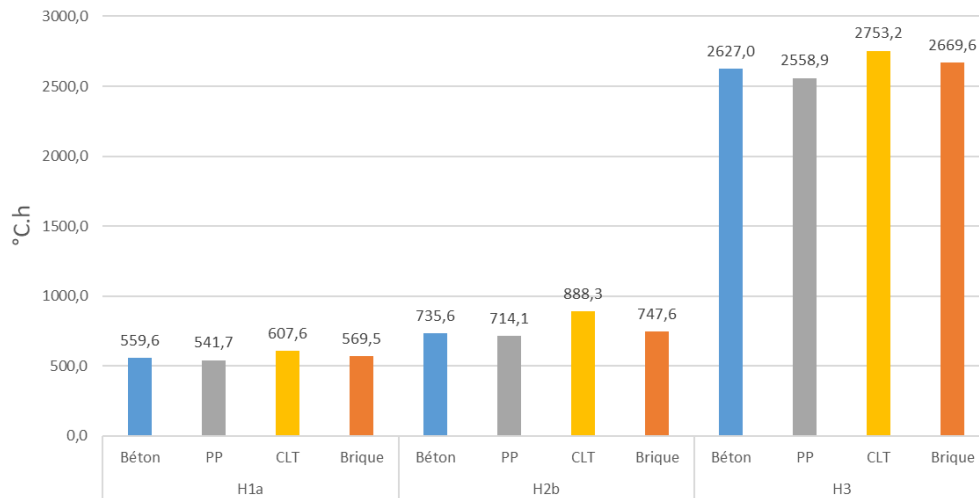


Figure 49 : Présentation de l'influence du système constructif sur les DH pour le bâtiment de bureau.

- Variabilité très forte en fonction de la zone climatique
- Légère influence de l'inertie thermique du système constructif

INDICATEUR CARBONE

Eges PCE méthode statique

Comment lire ce graphique : Ce graphique présente l'impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Les cas sont indépendants de la zone climatique, une enveloppe aux prestations standards est appliquée au bâtiment. Les lots 9,10 et 11 sont pris selon les valeurs forfaitaires de E+C-.

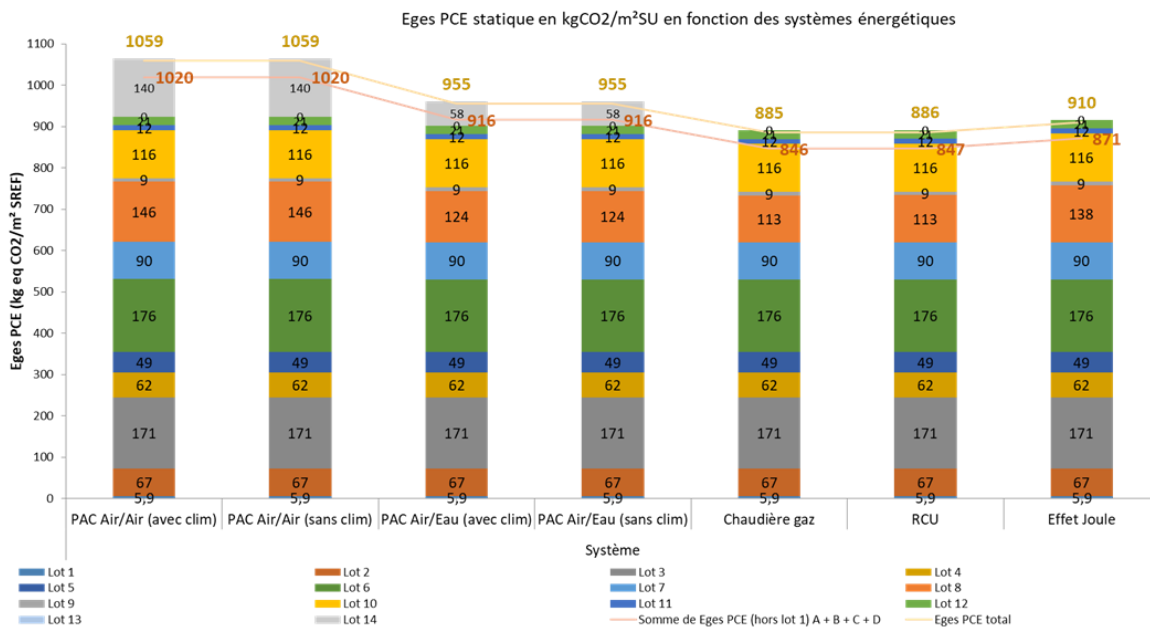


Figure 50 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base (standard) avec différents systèmes énergétiques.

Eges PCE méthode dynamique

Comment lire ce graphique : ce graphique présente l’impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Les cas sont indépendants de la zone climatique, une enveloppe aux prestations standards est appliquée au bâtiment. Les lots pris forfaitairement dans le calcul statique sont ramenés à zéro.

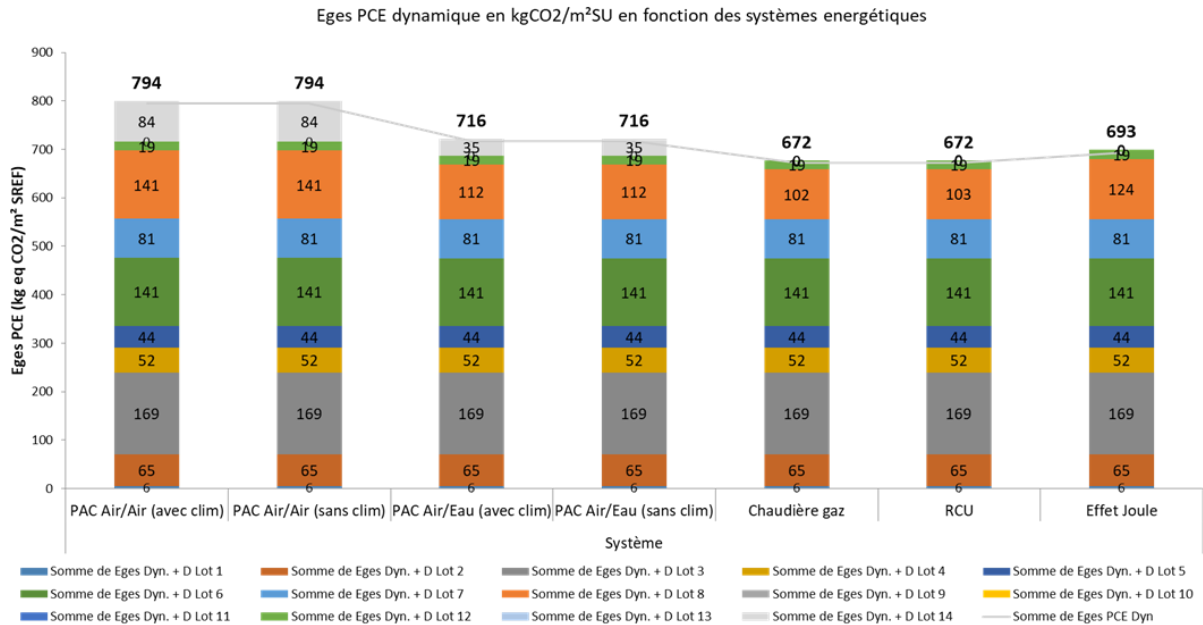


Figure 51 : Résultats des ACV pour l’indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base (standard) avec différents systèmes énergétiques.

Eges global méthode statique

Comment lire ce graphique : ce graphique présente l’impact des différents systèmes énergétiques utilisés en bureau. Nous présentons également dans ce graphique l’impact en parallèle de la consommation d’énergie. Les résultats sont affichés pour trois zones climatiques H1a H2b, H3, avec et sans climatisation.

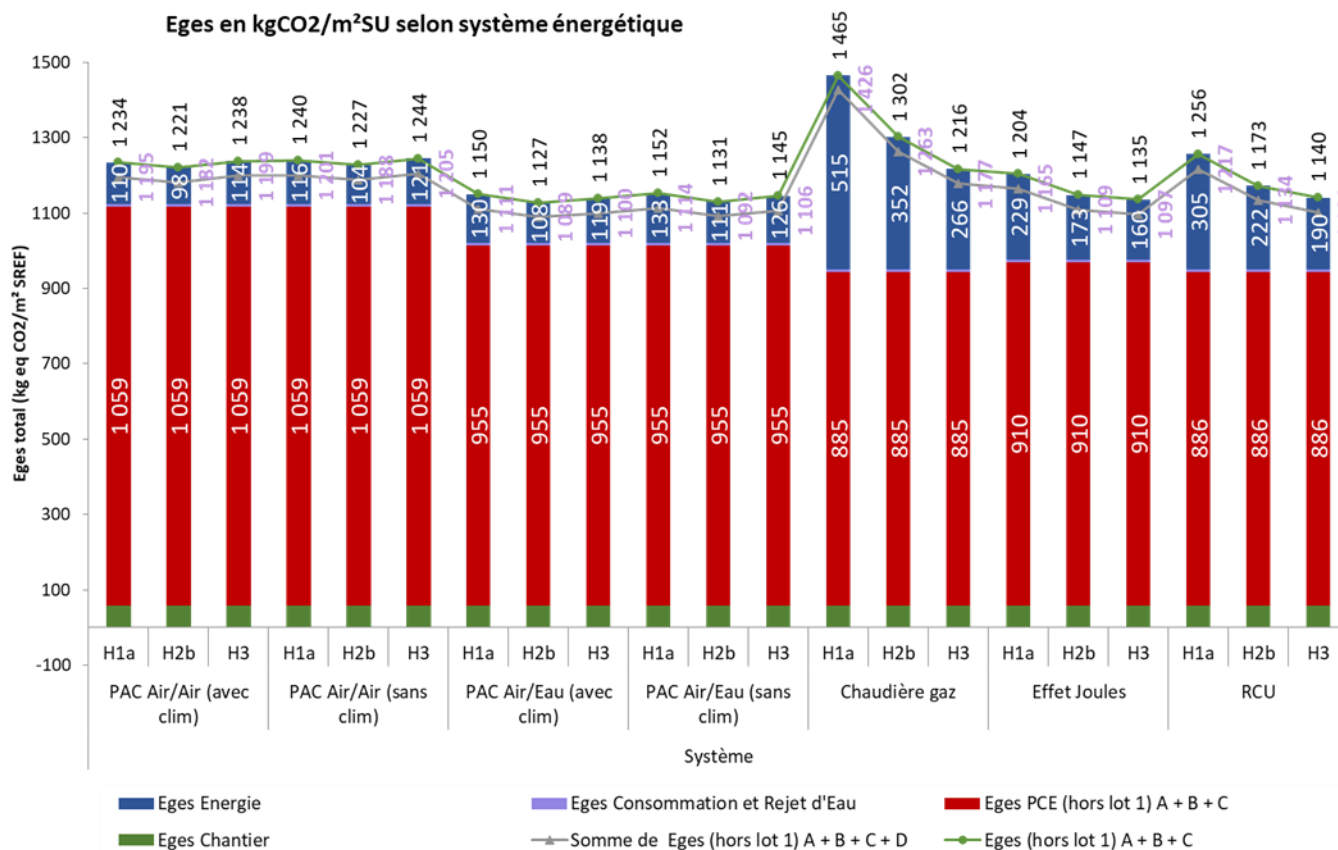


Figure 52 : Présentation de l'indicateur EGES pour les bâtiments de bureau selon les différentes zones climatiques et systèmes pour un niveau de type standard.

▪ ACV selon les différents niveaux de performance :

Elément de structure	Variantes			
	Béton	Brique	Poteau-poutre béton + Façade MOB	Structure bois: Planchers CLT sur solive bois + Façade MOB
Plancher bas	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)	20 cm de dalle béton + (PSE sous dalle)
Plancher intermédiaire + Plancher haut	20 cm de dalle béton+	20 cm de dalle béton	20 cm de dalle béton	CLT 22cm + Poutre lamellé collée 78cm (noyée)
	59 cm plénum faux plafond	+	+	Chape sèche 2*15 mm BA + 70 mm d'isolant acoustique
	+5cm de chape	59 cm plénum faux plafond	59 cm plénum faux plafond	
		+5cm de chape	+5cm de chape	
Rupteur	Rupteur Schock Rutherma	Planelle	Complément isolant par l'extérieur	Complément isolant par l'extérieur
Façade	20 cm de béton en rdc et 16 cm en R+1 , moyenne ramenée à 18 cm	20 cm de brique R=1	Poteau poutre complémentaire en périphérie + Mur ossature bois 160x45 entraxe 60 + Isolation entre montant + complément extérieur	Mur ossature bois 160x45 entraxe 60 + Isolation entre montant + complément intérieur
Refend et porteurs verticaux	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	MOB 160x45 entraxe + poteaux
Refend escalier	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm	Refend Béton 20 cm

Figure 53 : Enseignement - Détail des systèmes constructifs

Eges PCE méthode statique

Comment lire ce graphique : ce graphique présente l'impact des différents systèmes constructifs pour deux prestations d'enveloppe standard et optimisé.

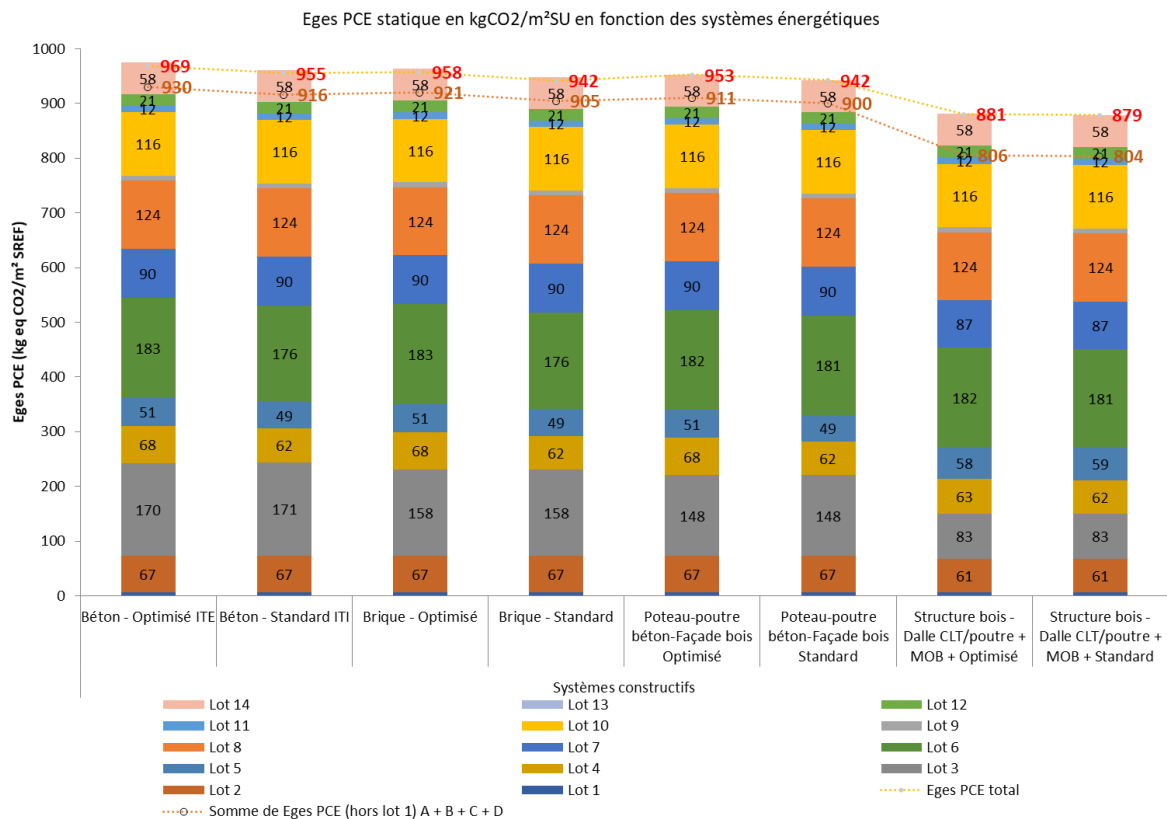


Figure 54 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.

Eges PCE méthode dynamique

Comment lire ce graphique : Ce graphique présente l'impact des différents systèmes constructifs pour deux prestations d'enveloppe standard et optimisé

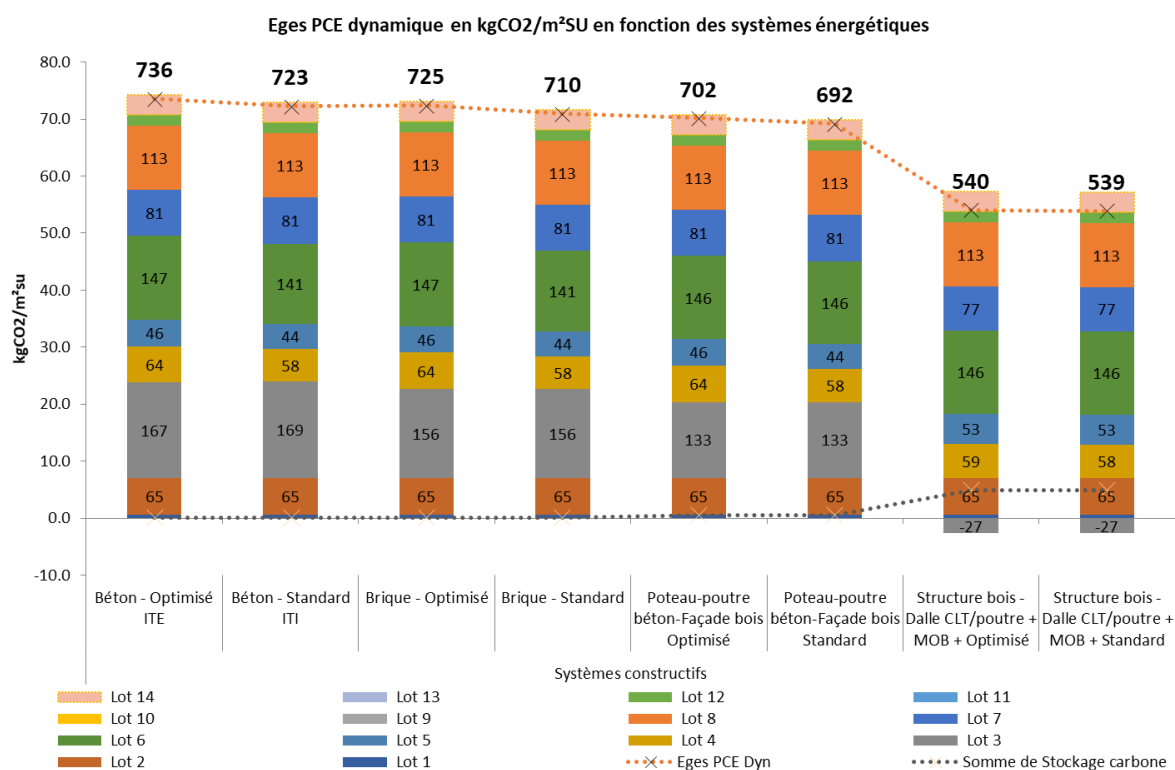


Figure 55 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.

L'impact dynamique des fluides frigorigènes est environ 60% plus faible qu'avec la méthode statique. La différence des résultats est trop grande compte tenu de la pondération dynamique des fluides frigorigènes.

→ Cette erreur a déjà partagé avec le CSTB.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Comparaison pour la maison individuelle R+C des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.25

Figure 2 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques..26

Figure 3 : Comparaison pour la maison individuelle 1N des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.26

Figure 4 : Comparaison pour la maison individuelle R+C des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.29

Figure 5 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.29

Figure 6 : Comparaison pour la maison individuelle R+1 des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.30

Figure 7 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes en MI (toutes typologies) selon les 3 zones climatiques33

Figure 8 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « base RT 2012 » de la MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)48

Figure 10 : Eges PCE pour la MI R+C en zone H2b - méthode dynamique49

Figure 11 : Eges PCE (phases A + B + C) - méthode statique pour la MI R+C en zone H2b50

Figure 12 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « CEP -20 % » MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).....51

Figure 14 : Comparaison de l'indicateur Eges PCE (phases A + B + C) - méthode statique pour les variantes Base RT 2012 et Cep SR -20% - MI R+C en zone H2b52

Figure 15 : Comparaison de l'indicateur Eges PCE (phases A + B + C + D) - méthode dynamique pour les variantes Base RT 2012 et Cep SR -20% - MI R+C en zone H2b53

Figure 16 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Bbio 40 points » MI R+C en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).....55

Figure 17 : Résultats de l'indicateur Bbio pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.58

Figure 18 : Résultats de l'indicateur Cep pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.58

Figure 19 : Indicateur Eges PCE statique pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.59

Figure 20 : Indicateur Eges PCE dynamique pour la MI R+C pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep RT 2012 – 20% » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H1a.60

Figure 21 : Comparaison pour le logement collectif « gaz individuel » des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.61

Figure 22 : Comparaison pour le logement collectif « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » des Bbio RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.	61
Figure 23 : Comparaison pour le logement collectif « gaz individuel » des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zones climatiques.	63
Figure 24 : Comparaison pour le logement collectif « Effet joule + Chauffe-Eau Thermodynamique (CET) individuel » des Cep RT 2012 et RE 2020 pour les cas de référence modélisés dans le moteur RT 2012 et transposés dans le moteur RE 2020 sur trois zone	63
Figure 25 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes en LC (traversant et non-traversant) selon les 3 zones climatiques.	66
Figure 27 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Base RT 2012 » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).	73
Figure 28 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Cep RT 2012 Base 50 kWhEP/m ² .an » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).	74
Figure 29 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Cep RT 2012 Base 45 kWhEP/m ² .an » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS)	75
Figure 30 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Bbio RT 2012 Base 40 points » pour les logements collectifs en zone H2b selon les différents systèmes (Chauffage + ECS).	76
Figure 31 : Résultats de l'indicateur Bbio pour le logement collectif pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep Base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.	77
Figure 32 : Résultats de l'indicateur Cep pour le logement collectif pour les cas de base avec un niveau « RT 2012 » et la variante « Cep Base 45 » selon trois systèmes constructifs (Bloc Béton – Brique – Bois) pour la zone climatique H2b.	77
Figure 33 : Logement collectif : ACV « dynamique » selon les systèmes constructifs.	78
Figure 34 : Présentation de l'évolution du Bbio pour les bureaux entre le moteur de calcul RT 2012 et le moteur de calcul RE 2020 pour les cas de base dit « standard » (STD) et Optimisé.	81
Figure 35 : Présentation de l'évolution du Cep entre les moteurs RT 2012 et RE 2020 pour 3 zones climatiques selon différents systèmes.	82
Figure 36 : Présentation de l'évolution du RCR en fonction du système énergétique et du niveau de performance thermique en enseignement.	84
Figure 37 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes pour les bureaux selon les 3 zones climatiques. ..	85
Figure 38 : Evolution du Cep RE 2020 pour les bureaux en béton – « PAC Air/Eau non réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.	90
Figure 39 : Evolution du Cep RE 2020 pour les bureaux en béton – « PAC Air/Eau réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.	91
Figure 40 : Présentation des Cep pour les cas de base pour le bureau selon trois systèmes constructifs sur trois zones climatiques.	91

Figure 41 : Présentation de l'influence du système constructif sur les DH pour le bâtiment de bureau.....	92
Figure 42 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes énergétiques.	93
Figure 43 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes énergétiques.....	94
Figure 44 : Présentation de l'indicateur EGES pour les bâtiments de bureau selon les différentes zones climatiques et systèmes pour un niveau de type standard.	95
Figure 45 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.	96
Figure 46 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performance.....	96
Figure 47 : Présentation de l'évolution du Bbio pour le bâtiment d'enseignement entre le moteur de calcul RT 2012 et le moteur de calcul RE 2020 pour les cas de base dit « standard » (STD) et Optimisé.....	97
Figure 48 : Présentation de l'évolution du Cep entre les moteurs RT 2012 et RE 2020 pour 3 zones climatiques selon différents systèmes.....	98
Figure 49 : Présentation du Bfr selon les DH pour l'ensemble des variantes bâtiment d'enseignement selon les 3 zones climatiques.	100
Figure 50 : Evolution du Cep RE 2020 pour le bâtiment d'enseignement en béton – « PAC Air/Eau non réversible » avec isolation standard, isolation optimisée et isolation + système optimisée sur trois zones climatiques.	104
Figure 51 : Présentation des Cep pour les cas de base pour le bureau selon trois systèmes constructifs sur trois zones climatiques.	105
Figure 52 : Présentation de l'influence du système constructif sur les DH pour le bâtiment de bureau.....	106
Figure 53 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base (standard) avec différents systèmes énergétiques.	106
Figure 54 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base (standard) avec différents systèmes énergétiques.	107
Figure 55 : Présentation de l'indicateur EGES pour les bâtiments de bureau selon les différentes zones climatiques et systèmes pour un niveau de type standard.	108
Figure 56 : Enseignement - Détail des systèmes constructifs	109
Figure 58 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode statique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.	109
Figure 57 : Résultats des ACV pour l'indicateur EGES PCE avec la méthode dynamique pour les cas de base avec différents systèmes constructifs et niveaux de performances.	110

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) - toutes typologies de MI confondues et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).	28
Tableau 2 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) - toutes typologies de MI confondues et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).	31
Tableau 3 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques	32
Tableau 4 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an) selon les trois typologies de MI pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.	34
Tableau 5 : Présentation de la mise à jour des résultats pour la variante occultation automatiques avec la matrice IGNES	36
Tableau 6 : Présentation des résultats des variantes « confort d'été combinatoires » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an), Bch (points), Becl (points), Bbio (en points) et Cep (kWhEP/m ² .an.	37
Tableau 7 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI R+C sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	38
Tableau 8 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI R+1 sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	39
Tableau 9 : Présentation des résultats pour les variantes "isolations" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	40
Tableau 10 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	41
Tableau 11 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI 1N sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	42
Tableau 12 : Présentation des résultats pour les variantes "automatisation de l'ouverture des baies" sur les DH (°C,h), Bfr (points) et Cfr (en kWhEP/m ² .an) pour la MI R+1 sur les zones climatiques H1a, H2b et H3.	42
Tableau 13 : Présentation des performances de l'enveloppe pour les cas de base "RT 2012" pour le système de référence "PAC Air / Eau 2 services" en zone H1a et H2b.	46
Tableau 14 : Présentation des performances de l'enveloppe pour les cas de base "RT 2012" pour le système de référence " PAC Air/Air monosplit + Effet Joule + CET" en zone H3.	46
Tableau 15 : Niveaux carbone proposés par la DHUP pour fixer des exigences.	46
Tableau 16 : Scénarios énergie proposés par la DHUP pour fixer des exigences.....	47
Tableau 17 : Présentation des performances de l'enveloppe pour la MI R+C « système de référence » en zone H2b selon les variantes : « base RT2012 » - « Cep SR -20% » et « Bbio 40 points ».....	54
Tableau 18 : Présentation des résultats sur les indicateurs Energie et carbone proposés par la DHUP lors de la concertation de juillet pour les variantes « Base RT 2012 » - « CEP -20 % » et « Bbio base 40 » pour les MI R+1 et 1N sur les trois zones climatiques.	56
Tableau 19 : Présentation des performances de l'enveloppe pour la 1N et R+1 « système de référence » en zone H2b selon les variantes : « base RT2012 » - « Cep SR -20% » et « Bbio 40 points ».....	57
Tableau 20 : Présentation des résultats des DH pour les trois typologies de MI sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.	59

Tableau 21 : Présentation des résultats de l'indicateur de stockage carbone pour les trois typologies de MI sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.....	60
Tableau 22 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en Logement Collectif confondus et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).	62
Tableau 23 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en Logement Collectif confondus et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).	64
Tableau 24 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour le logement collectif « base RT 2012 ».	65
Tableau 25 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an) pour les zones climatiques H1b, H2b et H3.	67
Tableau 26 : Présentation des résultats des variantes « confort d'été combinatoires » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an), Bch (points), Becl (points), Bbio (en points) et Cep (kWhEP/m ² .an).	69
Tableau 27 : Présentation de la mise à jour des résultats pour la variante occultation automatiques avec la matrice IGNES ...	69
Tableau 28 : Performances de l'enveloppe des cas de base RT 2012 avec chauffage + ECS « gaz individuel ».....	71
Tableau 29 : Niveaux carbone proposés par la DHUP pour fixer des exigences Carbone en logement collectif.	71
Tableau 30 : Scénarios énergie proposés pour le logement collectif par la DHUP pour échanger sur des exigences	72
Tableau 31 : Présentation des résultats des DH pour les logements collectifs sur les trois zones climatiques selon les trois modes constructifs.	78
Tableau 32 : Différences entre les lots 3 et 5 selon les modes constructifs.	78
Tableau 33 : Présentation des résultats de l'indicateur de stockage carbone pour le LC selon les trois modes constructifs.	79
Tableau 34 : Présentation des niveaux de performance selon les niveaux « bâti standard » et « Bâti Optimisé » et les systèmes utilisés pour l'étude en bureau.	80
Tableau 35 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes en bureaux et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).	81
Tableau 36 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau » - pour les bâtiments de bureau et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).	83
Tableau 37 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour les bureaux variante « béton standard ».	85
Tableau 38 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an) pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.	86
Tableau 39 :	95
Tableau 40 : Présentation des Bbio moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « base RT2012 » - tous systèmes bâtiment d'enseignement et de la décomposition du Bbio RE 2020 (en %).	98
Tableau 41 : Présentation des Cep moyen RT 2012 et RE 2020 (en points) des variantes « « PAC Air / Eau climatisé » et « PAC Air / Eau » - pour les bâtiments d'enseignement et de la décomposition du Cep RE 2020 (en %).	99
Tableau 42 : Présentation des variations des DH en fonction des zones climatiques pour le bâtiment d'enseignement « béton standard ».	99
Tableau 43 : Présentation des résultats pour les variantes « confort d'été » sur les indicateurs DH (°C,h), Bfr (points), Cfr (kWhEP/m ² .an) pour les zones climatiques H1a, H2b et H3.	101