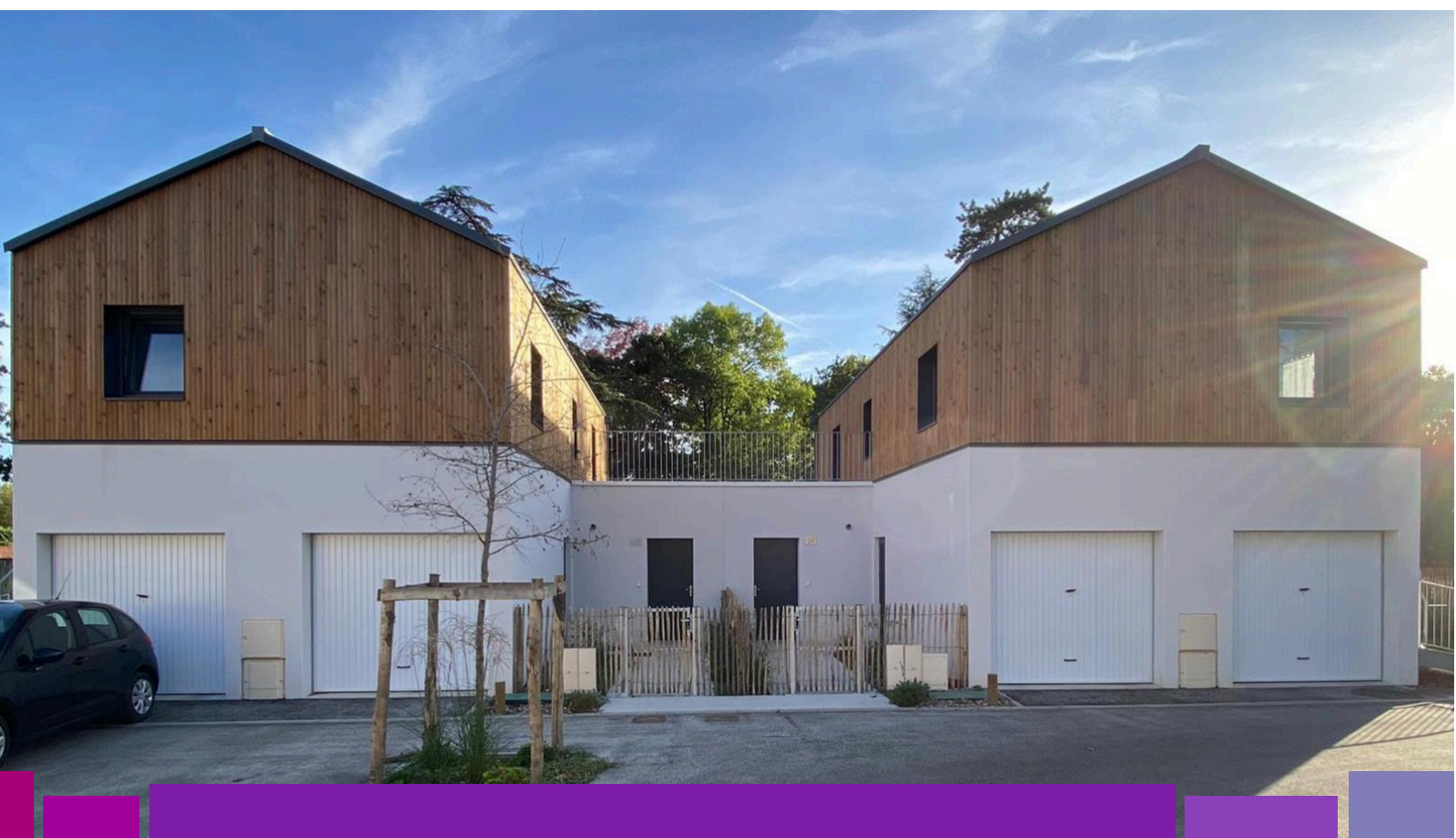


CONFORT D'ÉTÉ DES CONSTRUCTIONS BOIS EN RE2020 *LOGEMENTS COLLECTIFS ET MAISONS INDIVIDUELLES*



FINANCEMENT



Le CODIFAB - Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois – a pour mission de conduire et financer des actions d'intérêt général en faveur des fabricants français du bois et de l'ameublement. Le CODIFAB fédère et rassemble 4 200 PME et plus de 15 000 artisans, représentés par leurs organisations professionnelles :



Les actions collectives ont pour objectif d'accompagner les entreprises de création, de production et de commercialisation, par : une meilleure diffusion de l'innovation et des nouvelles technologies, l'adaptation aux besoins du marché et aux normes environnementales, la promotion, le développement international, la formation, et par toute étude ou initiative présentant un intérêt pour l'ensemble de la profession.

Pour en savoir plus : www.codifab.fr

AUTEURS

Pauline AUBIN, David LEBANNIER, Thomas LEMERLE – POUGET Consultants

Patricia GOUX – BASTIDE BONDOUX

COMITÉ DE PILOTAGE

Nous remercions les membres du Comité de Pilotage qui ont su orienter au mieux la rédaction du présent guide pour qu'elle corresponde aux attentes réelles des concepteurs et réalisateurs de structures bois.

Houria LAHBIL – CAPEB

Adrien PARQUIER – UMB-FFB

Clément QUINEAU - UICB

GROUPE CONSULTATIF D'EXPERTS

Nous remercions les experts du Groupe Consultatif pour leurs apports à ce guide, tant scientifiques et techniques que pratiques, sans lesquels il ne serait certainement pas aussi juste et complet.

Bastien BOUTELOUP, Dimitri SOZONOFF – WOODÉUM

Karine BOUHIER – Les Charpentiers de l'Atlantique

Julien MORON – AMI BOIS

Photo de couverture : © LCA

© AUTEUR & CODIFAB, 2023 – [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) - Sauf mention contraire cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution International. L'œuvre peut être librement utilisée, à la condition de l'attribuer aux auteurs et financeurs et à la partager dans les mêmes conditions.



SYNTHÈSE DU GUIDE

Avec le réchauffement climatique qui se profile, le confort d'été est devenu un enjeu majeur à prendre en compte dans la conception des bâtiments. Le confort d'été est intégré dans la Réglementation Environnementale 2020 (RE2020) par le biais de deux indicateurs, à savoir les Degrés-Heures (DH) et les besoins de froid (Bbio froid).

Les constructions bois sont d'autant plus impactées par la maîtrise du confort d'été en raison de leur structure à faible inertie. En effet, l'inertie d'un bâtiment joue un rôle essentiel pour contrôler le confort en période estivale : plus l'inertie du bâtiment est « lourde », meilleure sera la gestion du confort en été, ce qui se traduira par de bons résultats pour les deux indicateurs DH et Bbio froid.

Ainsi, ce guide a pour but de proposer des solutions constructives ou des équipements qui permettent de maîtriser le confort d'été et de respecter les exigences de la RE2020 dans les bâtiments résidentiels à faible inertie.

- **Quels sont les leviers d'améliorations bioclimatiques qui permettent d'améliorer le confort d'été en RE2020 ?**

Les bâtiments doivent être conçus afin de limiter les apports solaires en été et l'inconfort des usagers. Il existe de nombreux leviers bioclimatiques valorisables en RE2020 : l'inertie du bâtiment, les logements traversants, les baies (orientation, surface et inclinaison), les occultations perméables, la gestion automatique des occultations, les brasseurs d'air, le géocooling, le rafraîchissement adiabatique, le puits climatique...

Toutes ces améliorations sont plus ou moins efficaces et sont détaillées dans la partie 2, puis les parties 4 et 5 avec des cas d'applications.

- **Comment calculer et améliorer l'inertie d'un bâtiment en construction bois en RE2020 ?**

Il existe trois méthodes de détermination de l'inertie en RE2020 (forfaitaire, par points et détaillée). La méthode forfaitaire est rapide et facile à utiliser, mais est défavorable dans certains cas pour les constructions bois. Concernant la méthode détaillée, elle est très précise et permet d'évaluer finement toutes les optimisations, mais elle est complexe à utiliser. Le bon compromis peut être d'utiliser la méthode par points, qui est facilement applicable et permet de valoriser quelques améliorations de l'inertie : chape fluide, BA13 en faux plafond, brique plâtrière en cloisons séparatives...

- **Avec l'augmentation du Bbio froid pour les constructions bois, comment respecter le Bbio ?**

Les constructions bois ayant une faible inertie, le Bbio froid peut augmenter fortement dans certaines zones climatiques (zones H2d et H3). Néanmoins, les projets en structure bois sont généralement bien isolés, avec des ponts thermiques mieux traités que dans des constructions traditionnelles. Ainsi, les besoins de chauffage restent faibles, ce qui permet de compenser l'augmentation des besoins de froid. Dans la majorité des cas, les constructions bois n'ont donc pas de difficulté à respecter le Bbio max RE2020.

- **Comment peut-on assurer le respect de l'exigence sur les DH dans les constructions en bois pour les bâtiments résidentiels collectifs ?**

Hormis la zone H3, les projets en construction bois respectent facilement le seuil DH de la RE2020.

En zone H3, le seuil DH peut être difficile à respecter. Plusieurs cas de figure se présentent :

- Projet situé en zone de bruit faible : il faudra prévoir 1 à 2 leviers d'améliorations passives.
- Projet situé en zone de bruit forte :
 - Bâtiment climatisé : le seuil DH est fortement rehaussé et les projets respectent de justesse le seuil ou le dépassent légèrement. Néanmoins, peu de leviers d'améliorations passives sont disponibles pour diminuer les DH.
 - Bâtiment non climatisé : il est très compliqué de respecter le seuil DH. Il faut que tous les logements soient traversants ou mettre en œuvre des solutions passives comme du géocooling ou du rafraîchissement adiabatique.

- **Comment peut-on assurer le respect de l'exigence sur les DH dans les constructions en bois pour les maisons individuelles ?**

Les conclusions relatives aux maisons sont semblables à celles des logements collectifs, à une exception près : la zone H2d présente des contraintes équivalentes à celle de la zone H3.



GLOSSAIRE

ABRÉVIATIONS

λ	Lambda : Conductivité thermique d'un élément constructif ; unité = W/m.K
BA13	Plaque de plâtre de 13 mm (BA : Bords Amincis)
Bbio	Besoin Bioclimatique ; unité = points
BR1-2-3	Classe d'exposition au bruit des baies (BR1 : exposition faible, BR2 et BR3 : exposition forte)
Cep	Consommations en énergie primaire ; unité = kWh _{ep} /m ² /an
CLT	Cross Laminated Timber (panneau massif lamellé-croisé)
CODIFAB	Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DH	Degrés-Heures ; unité = °C/h
ICU	Îlot de Chaleur Urbain
ITE	Isolation par l'extérieur
ITI	Isolation par l'intérieur
LC	Logements collectifs
Lgt	Logement
MOB	Mur Ossature Bois
PM	Protections mobiles
Rev.	Revêtement
SHAB	Surface habitable ; unité = m ²
STD	Simulation thermique dynamique
Th-Bat	Règles définissant les données d'entrées pour un calcul réglementaire en RE2020
Th-BCE	Méthode de calcul réglementaire utilisée en RE2020
Uw	U Window : Performance thermique de l'isolation d'une menuiserie ; unité = W/(m ² .K)
Ud	U door : Performance thermique d'une porte donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé ; unité = W/(m ² .K)

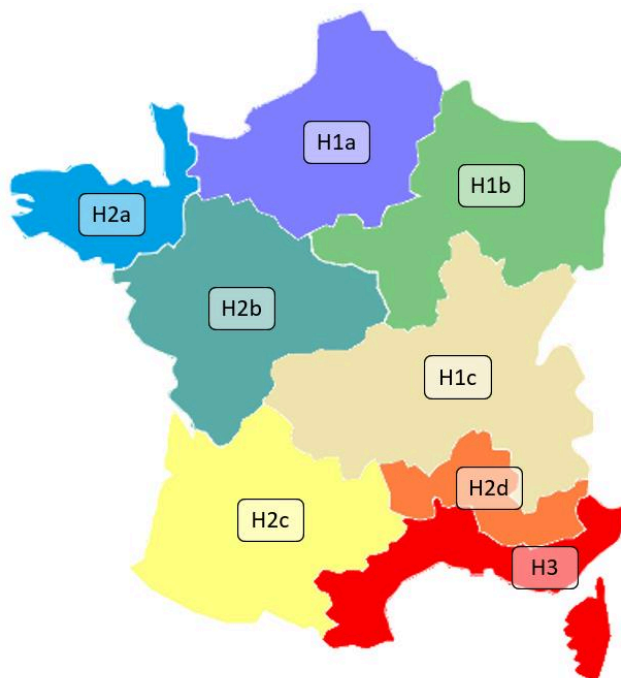


RÉFÉRENCES NORMATIVES

NF EN 13786	Performance thermique des composants de bâtiment - Caractéristiques thermiques dynamiques - Méthodes de calcul. Juillet 2017.
RE2020	Réglementation Environnementale 2020. Arrêté du 4 Août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation.
RTAA DOM 2016	Réglementation Thermique, Acoustique et Aération pour les bâtiments neufs en Guadeloupe, Martinique, Guyane et à La Réunion. Arrêté du 11 janvier 2016 modifiant l'arrêté du 17 avril 2009 définissant les caractéristiques thermiques minimales des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion, l'arrêté du 17 avril 2009 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion et l'arrêté du 17 avril 2009 relatif à l'aération des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion.
RTG 2020	Réglementation thermique de Guadeloupe. Journal officiel du 8 avril 2020 : Délibération relevant du domaine du règlement relative à la réglementation thermique de Guadeloupe (calcul RTG) et aux caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments, abrogeant et remplaçant la délibération du 14 juin 2013 n° CR/13-679

ZONES CLIMATIQUES

Dans le cadre de la RE2020, la France est découpée en huit zones climatiques :



SOMMAIRE

1.	INDICATEURS RE2020	7
1.1.	BBIO	8
1.2.	DH	8
1.3.	LE LABEL EFFINERGIE RE2020.....	11
2.	LES LEVIERS	12
2.1.	LES LEVIERS DISPONIBLES	13
2.2.	LES LEVIERS NON VALORISABLES EN RE2020.....	21
3.	L'INERTIE	22
3.1.	C'EST QUOI L'INERTIE ?	23
3.2.	MÉTHODES DE CALCUL DE L'INERTIE EN RE2020.....	25
4.	APPLICATIONS EN LOGEMENTS COLLECTIFS	30
5.	APPLICATIONS EN MAISONS INDIVIDUELLES.....	37



1. INDICATEURS RE20	2. LES LEVIERS	3. L'INERTIE	4. APPLICATIONS LC	5. APPLICATIONS MI
---------------------	----------------	--------------	--------------------	--------------------

1. INDICATEURS RE2020

1.1. BBIO

DÉFINITION

L'indicateur Bbio qualifie la qualité de la **conception bioclimatique** du bâtiment. Il est exprimé en points à partir des besoins de chauffage, de refroidissement et d'éclairage du projet.

Nouveauté RE2020, désormais les besoins de froid sont systématiquement pris en compte, même si aucun système de climatisation n'est installé. Dans les précédentes réglementations, le besoin de froid n'était calculé que lorsque qu'un système actif de climatisation était installé.

Ces besoins sont calculés à partir de scénarios météorologiques représentatifs de la période de janvier 2000 à décembre 2018 (basés sur les fichiers de Météo-France). Le Bbio est exprimé en points et dépend de nombreux paramètres :

- Isolation des parois, traitement des ponts thermiques et compacité du bâtiment
- Situation géographique, altitude,
- Ventilation : déperditions par renouvellement d'air (calculées sur une base conventionnelle)
- Perméabilité à l'air : infiltration d'air par les défauts de perméabilité du bâtiment
- Inertie du bâtiment
- Surface vitrée, orientation : apports solaires et impact des protections solaires et de leur mode de gestion
- Zone de bruit

Pour chaque bâtiment, l'indicateur Bbio doit être inférieur au Bbio Max dont la valeur est modulée suivant :

- Zone géographique
- Surface du logement et du bâtiment
- Exposition au bruit
- Surface des combles aménagés

1.2. DH

DÉFINITION

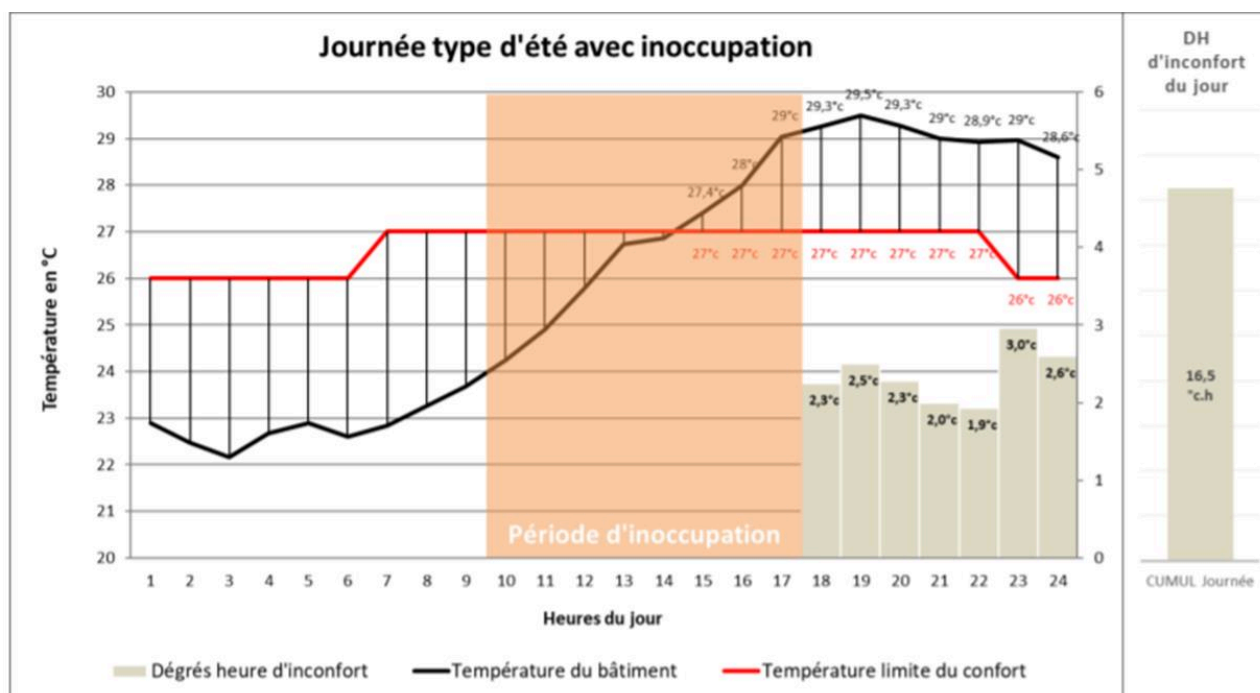
L'indicateur Degrés-Heures ou DH exprime la durée et l'intensité des périodes d'inconfort estivales d'un bâtiment sur une année. À la différence des autres indicateurs, les DH sont calculés à partir de scénarios météorologiques basés sur les fichiers de Météo-France et la séquence caniculaire de l'été 2003.

Pour limiter les DH, la conception bioclimatique du bâtiment et sa protection contre les apports solaires en été sont indispensables. De nombreux leviers sont listés dans la partie suivante.

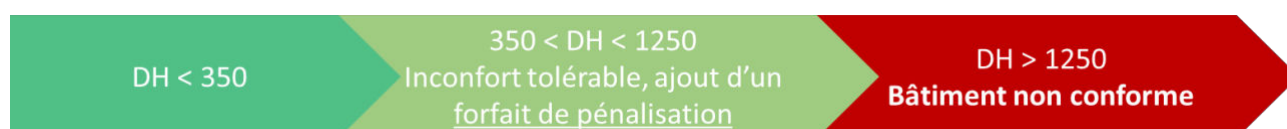
La climatisation et l'ensemble des solutions actives de production de froid n'ont pas d'impact sur cet indicateur, elles sont considérées éteintes pour le calcul de cet indicateur. Seules les solutions dites passives influencent cet indicateur (voir chapitre suivant).

La période d'inconfort est définie lorsque la température intérieure du projet est supérieure à la température de confort de la RE 2020. La température de confort en RE2020 en logement varie entre 26 °C et 28 °C :

- 26 °C la nuit
- 26 °C à 28 °C en fonction des températures extérieures des jours précédents



Les heures d'inconfort ayant lieu en dehors des périodes d'occupation définies par la RE2020 ne sont pas comptabilisées. Les DH sont soumis à deux seuils fixes :



➤ RE2020 respectée : le bâtiment est jugé confortable en période caniculaire

➤ Correspond à environ 7 jours d'inconfort estival avec un dépassement continu de la température d'inconfort de +2 °C jour et nuit

➤ En dessous de ce seuil, il n'y a pas de forfait de pénalisation

➤ RE2020 respectée, mais ajout d'un forfait de pénalisation au Cep

➤ Le bâtiment étant dans une zone d'inconfort tolérable, ce forfait anticipe une future installation de climatisation

➤ Ce forfait permet également d'inciter à l'atteinte du seuil bas avec des leviers passifs, afin de limiter le Cep

➤ Le bâtiment est non réglementaire, car l'inconfort est excessif

➤ Correspond à environ 25 jours d'inconfort estival avec un dépassement continu de la température d'inconfort de +2 °C jour et nuit

Le seuil haut de 1250 DH est modulé suivant certaines conditions :

- Maison individuelle en catégorie 2 : 1850 DH
- Logement collectif en catégorie 1 climatisé (en zone H2d ou H3) : entre 1400 et 1600 DH suivant la SHAB moyenne des logements
- Logement collectif en catégorie 2 : entre 2100 et 2600 DH suivant la SHAB moyenne des logements

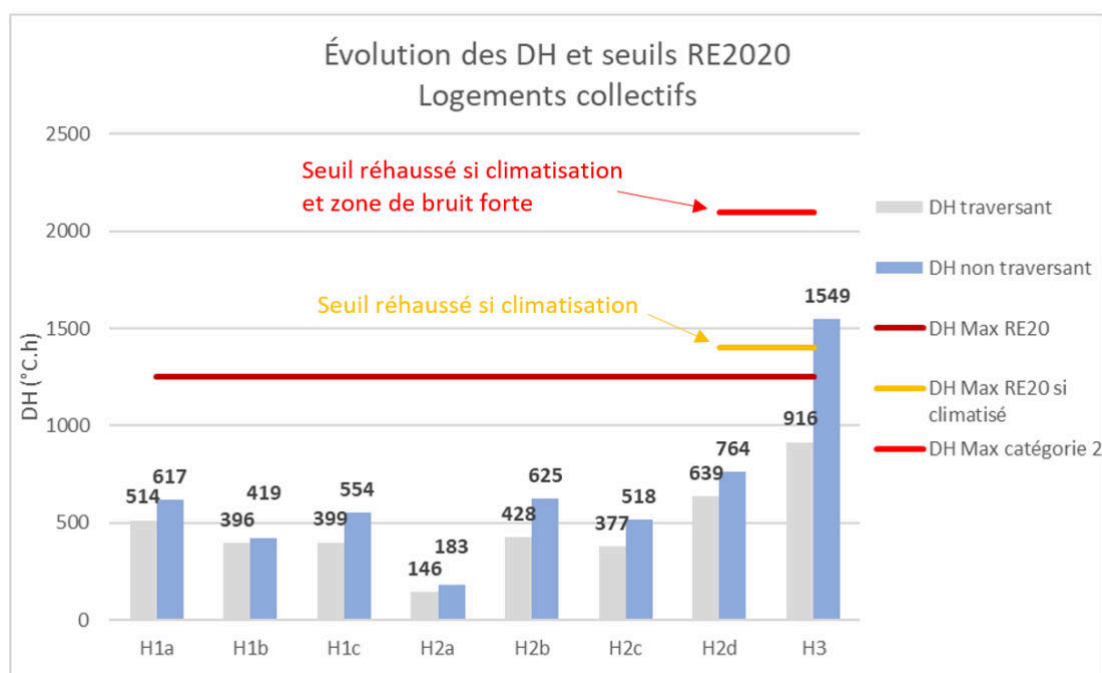
La catégorie 2 correspond à un bâtiment remplissant les quatre critères suivants :

- Zone climatique H2d ou H3
- Zone de bruit Br2/Br3
- Altitude < 400 m
- Bâtiment climatisé

Tous les autres bâtiments sont en catégorie 1.

Le graphique ci-dessous illustre les DH obtenus en logements collectifs pour un bâtiment traditionnel, avec les seuils RE2020 et modulations associées.

Pour les logements collectifs, deux valeurs de DH sont généralement calculées : une pour les logements traversants et une autre pour les non traversants. Ainsi, la valeur affichée est représentative de tous les logements traversants¹ (et respectivement les logements non traversants). Le calcul RE2020 est donc moins précis qu'une Simulation Thermique Dynamique (STD) qui permet d'évaluer le confort dans chaque pièce ou chaque logement. Cela reste néanmoins une première approche efficace pour évaluer le confort d'été à l'échelle d'un bâtiment.



¹ Voir définition logement traversant page 13

1.3. LE LABEL EFFINERGIE RE2020

Il existe de nombreux labels avec des exigences supérieures à la RE2020 (BBCA, Passivhaus, Bâtiment biosourcé...). Ces labels sont axés sur le carbone et/ou l'énergie, mais n'imposent pas d'exigences supplémentaires sur le confort d'été.

Le label Effinergie RE2020 propose d'aller plus loin que la RE2020 sur les 3 critères (carbone, énergie et confort d'été) :

- Bbio max RE20 -15 %
- CEP, nr max RE20 -10 %
- Carbone : anticipation du calendrier, soit Ic énergie et Ic construction 2025
- Confort d'été : DH renforcés suivant les règles ci-dessous



L'exigence sur les DH est renforcée par rapport à la RE2020 sauf pour les zones climatiques H2d et H3 :

DH max label Effinergie RE2020			
Inertie	Zone Bruit	Surface moyenne logement inférieure à 30 m²	Surface moyenne logement supérieure à 30 m²
Très légère, Légère, Moyenne	Br1	850	710
	Br2 – Br3	980	840
Lourde, Très lourde	Br1	740	600
	Br2 – Br3	870	730

Les seuils du label sont modulés suivant la zone de bruit, l'inertie et la surface moyenne des logements, car ces paramètres ont une incidence forte sur les DH (voir partie 4 et 5 avec les exemples d'applications).

1. INDICATEURS RE20	2. LES LEVIERS	3. L'INERTIE	4. APPLICATIONS LC	5. APPLICATIONS MI
---------------------	----------------	--------------	--------------------	--------------------

2. LES LEVIERS

2.1. LES LEVIERS DISPONIBLES

Pour limiter l'inconfort d'été dans la RE2020, il existe de nombreux leviers bioclimatiques. Tous les leviers cités ci-dessous ont un impact sur les DH.

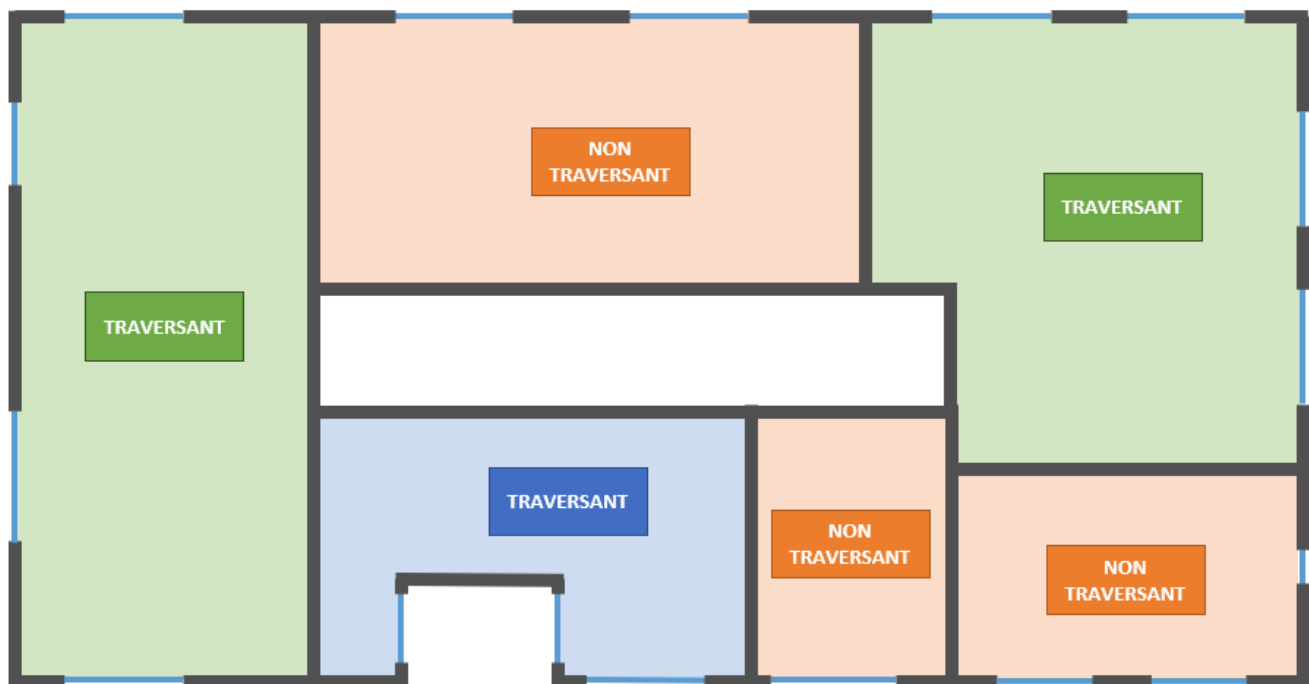
Ces améliorations auront également un impact sur les besoins de froid, sauf les systèmes de rafraîchissement passif suivants : brasseurs d'air, géocooling, puits provençal, rafraîchissement adiabatique et surventilation mécanique (le calcul des besoins de froid est réalisé indépendamment des systèmes énergétiques).

En premier lieu, on peut citer **l'inertie** qui a un impact significatif sur les DH et le Bbio. Plus l'inertie est lourde, plus les DH seront faibles. La partie 3 détaille plus précisément ce paramètre.

LES LOGEMENTS TRAVERSANTS

Le caractère traversant d'un logement permet d'améliorer la ventilation naturelle et donc de diminuer les DH. Dans la zone climatique H3, on observe un facteur 2 entre l'indicateur DH d'un logement traversant et celui d'un non traversant.

Au sens de la RE2020, un logement est traversant si ses baies ne sont pas placées à plus de 75 % sur la même façade. Des logements d'angles ou avec des loggias rentrantes peuvent donc être considérés comme des logements traversants. Cette définition comporte donc des biais, car certains logements peuvent être classés « traversants », mais la circulation d'air ne sera pas efficace (voir logement en bleu, avec loggia rentrante sur le plan ci-dessous).



Exemples de logements traversants et non traversants sur un plan

LES BAIES

– Orientation, inclinaison et surface des baies

Une baie est un capteur de chaleur dans un logement. Tout d'abord, on peut citer le rayonnement solaire (lorsqu'il n'y a pas d'occultation) qui représente l'une des sources de chaleur les plus importantes dans un bâtiment. Ensuite, dans une moindre mesure, une baie est moins isolante qu'une partie opaque et facilite la pénétration de chaleur dans le logement (par conduction). Réduire la surface vitrée permet donc de diminuer les besoins de froid et les DH, à condition que la surface de baie présente permette toujours une ventilation naturelle efficace du logement.

L'orientation joue également un rôle important pour le confort d'été : les baies au nord sont rarement exposées et les baies au sud sont exposées à un rayonnement solaire moins direct (le soleil est plus haut) et peuvent être protégées relativement facilement (voir paragraphe ci-dessous sur les casquettes). À l'inverse, il est souvent plus difficile de protéger les baies à l'est et à l'ouest car le soleil est plus bas.

L'inclinaison des baies est aussi un paramètre à prendre en compte. Il sera difficile de protéger efficacement des baies installées dans des plans horizontaux ou inclinés. À titre d'exemple, la RTAA DOM 2016 interdit la mise en œuvre de baies dans des toitures horizontales ou inclinées (angle inférieur à 60°).

– Ratio d'ouverture des baies

Peu considéré en RT2012, le paramètre « ratio d'ouverture des baies » est maintenant très dimensionnant en logement. Ce ratio est une propriété dépendant du type de fenêtre et de son angle maximal d'ouverture (voir représentation ci-dessous). Lorsque ce ratio est élevé, la ventilation naturelle sera d'autant plus efficace, ce qui permettra de diminuer les DH et les besoins de froid.

La RE2020 impose un ratio minimal de 30 % d'ouverture à respecter pour toutes les pièces principales (séjour, chambre, bureau et cuisine). Pour limiter les DH et les besoins de froid, il est conseillé de viser un ratio supérieur : environ 60 %.



Ouvrant à la française
(80%)



Ouvrant coulissant
(40%)



Ouvrant à soufflet
(40%)



Ouvrant avec allège fixe
(entre 0% et 60%)

– Ouverture automatique des baies

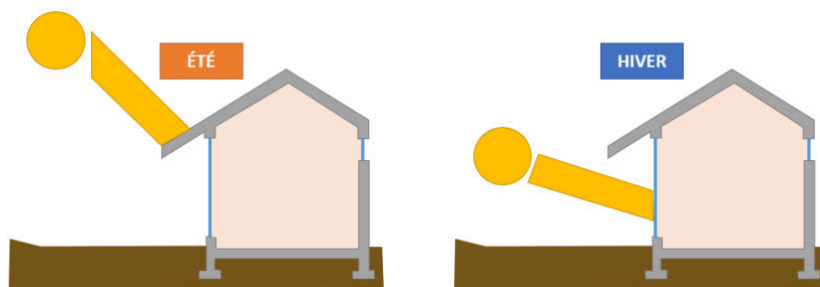
Comme décrit ci-dessus, la surventilation par ouverture des baies est un moyen de rafraîchir de manière passive un bâtiment, lorsque les paramètres de températures le permettent. En RE2020, il est considéré que les occupants font varier manuellement l'ouverture des baies à des fins de surventilation en fonction de leur ressenti.

Il est possible d'optimiser les périodes et la fréquence d'ouverture en mettant en place une automatisation d'ouverture des baies, grâce à un système de régulation obéissant à des consignes de températures intérieures et extérieures.

Nota : les premières simulations réalisées en résidentiel font apparaître de faibles gains sur les DH et les besoins de froid. Ce sujet doit être approfondi pour vérifier la cohérence des résultats et les hypothèses du moteur de calcul RE2020.

- Casquette et profondeur d'encastrement des baies

Les masques architecturaux permettent de bloquer les apports solaires pour limiter les apports de chaleur. Par exemple, les casquettes au sud bloquent les apports solaires en été, lorsque le soleil est haut, et permettent au rayonnement solaire de réchauffer le logement en hiver, lorsque le soleil est plus bas.



La profondeur d'encastrement des baies dans la paroi opaque permet également de créer un léger masque sur les côtés du vitrage. Néanmoins, en RE2020, ces masques fixes sont moyennement efficaces en résidentiel car les occultations sont souvent considérées fermées lors des périodes de canicules, ce qui permet déjà de bloquer les apports solaires.

A noter qu'il est important de considérer l'incidence de ces masques sur le besoin de chauffage (baisse plus ou moins importante des apports solaires en période hivernale).

– Ombrage dû à la végétation et aux bâtiments avoisinants

La végétation environnante peut également jouer le rôle de masque solaire. Il est possible de saisir le début et la fin de la végétalisation, afin d'optimiser les besoins de chauffage et de refroidissement.

En RE2020, il est obligatoire de saisir les masques liés aux bâtiments avoisinants. Ces bâtiments peuvent aussi limiter les apports solaires en période de canicule. Néanmoins, comme expliqué dans le paragraphe ci-dessus sur les casquettes, l'influence de ces masques reste faible en RE2020.

– Vitrage à contrôle solaire

Les vitrages à contrôle solaire permettent de réduire la quantité de chaleur qui entre dans le bâtiment, sans pour autant freiner la transmission lumineuse. Ils permettent ainsi de réduire les besoins de froid tout en conservant un confort lumineux. À l'inverse, les besoins de chauffage augmentent. Comme pour les masques solaires, un équilibre subtil doit être trouvé entre ces deux usages (chauffage et froid) qui sont interdépendants.

Concernant les DH, les vitrages à contrôle solaire les plus efficaces peuvent permettre un abaissement modéré de l'ordre 40 à 60 DH selon les situations. En effet, en RE2020, les baies seront souvent équipées d'une occultation et cette dernière est souvent considérée fermée en période de canicule.

LES OCCULTATIONS

Les occultations sont l'un des leviers les plus efficaces pour limiter l'inconfort d'été.

– Les occultations perméables à l'air (ou ajourées)

Le caractère perméable des occultations joue un rôle primordial en RE2020. Les occultations non perméables ou non ajourées (qui ne laissent pas passer l'air) lorsqu'elles sont fermées, ne permettent pas de ventiler naturellement le logement par ouverture des baies. Ainsi, une occultation perméable permettra un débit d'air plus important, ce qui est particulièrement intéressant la nuit, lorsque l'air extérieur se rafraîchit. Cette surventilation permettra de rafraîchir le logement, et donc de diminuer efficacement les DH et les besoins de froid.

- Volet roulant
- Volet battant
- Persienne
- Volet coulissant
- Store ext. guidé
- Store intérieur

Passage d'air : 10%

Passage d'air : 25%

Passage d'air : 50%

Passage d'air : 75%

Credit photos : Griesser, Euro-Stores, Griesser, Rolltek, Laros, Storistes de France

Ce mécanisme est moins efficace en zone de bruit forte (BR2 ou BR3), car il est considéré que les occupants ouvrent 70 % moins souvent leurs baies la nuit qu'en zone de bruit faible (BR1).

– Gestion des occultations (automatique/motorisée)

Trois types de gestion des occultations sont modélisables en RE2020 : manuelle, motorisée et automatique. La gestion motorisée permet de très légers gains sur les DH et les besoins de froids par rapport à une gestion manuelle. Il est considéré que les occupants auront tendance à fermer plus souvent les occultations en cas de motorisation.

Quant à la gestion automatique, elle permet le pilotage des occultations en fonction de plusieurs paramètres : l'occupation, la température intérieure, l'éclairement sur la baie, la saison, l'heure de la journée et type d'horloge. À titre d'exemple, la méthode Th-BCE prend en compte la matrice ci-dessous pour les volets et stores.

Résidentiel (volets, stores enroulables)			Jour				Nuit	
			Éclairement faible		Éclairement fort		Température trop élevée Température acceptable	
			Température trop élevée	Température acceptable	Température trop élevée	Température acceptable		
Gestion automatique	Occupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	50%	0%	100%	75%	50%	90%
	Innoccupation	hiver	0%	0%	0%	0%	100%	100%
		mi-saison	0%	0%	50%	0%	100%	100%
		été	100%	75%	100%	75%	50%	50%

Matrice conventionnelle de gestion automatique pour les protections mobiles de type stores enroulables et volets en résidentiel (100% = occultation fermée, 0% = ouverte)

Il existe trois types d'horloge qu'il est possible d'associer à une gestion automatique. Le type d'horloge exerce une influence faible sur le confort d'été ou les besoins de froid. Concernant les besoins de chauffage, l'influence du type d'horloge est plus importante puisque la présence d'une horloge efficace permet d'optimiser la fermeture des volets la nuit en hiver de manière à limiter les pertes par les baies (avec une occultation isolante) :

- Sans horloge (pas de distinction jour-nuit) : la fermeture des occultations en hiver n'est pas optimisée.
- Horloge personnalisable : il faut saisir, pour 3 saisons, l'heure de début et de fin de la journée. Cette configuration est peu précise, car une seule heure est saisie pour le lever et coucher du soleil par saison. En effet, on observe par exemple plus de 2 h de décalage sur le coucher du soleil durant la période hivernale.
- Horloge crépusculaire : en fonction de l'éclairement en temps réel, l'occultation est gérée automatiquement en mode jour (éclairement > 0) ou en mode nuit (éclairement nul). C'est le type d'horloge le plus précis.

Nota : le choix du type d'horloge est une option de la gestion automatique. Ces deux paramètres sont souvent confondus. La mise en place d'une horloge seule n'est pas possible, il est indispensable qu'elle soit associée à une solution de gestion qui pilotera la fermeture et l'ouverture en fonction des critères énoncés précédemment (la température intérieure, l'éclairement sur la baie, l'occupation...) qui implique la mise en place d'éléments de mesure pour :

- Eclairement de la baie : déterminé via des capteurs intégrés au bâtiment, ou issu de données météo distantes
- Température intérieure : capteur de température dans chaque local
- Occupation : l'occupant doit pouvoir indiquer si son logement est occupé ou non (via interface graphique, détection de présence...)

Une fiche d'application RE2020 détaille plus précisément les solutions à mettre en œuvre (lien [ici](#)).

– **Le facteur solaire des occultations**

Lorsqu'une occultation est fermée, son incidence en termes de confort d'été dépendra de sa capacité à bloquer efficacement les apports solaires. Cela se traduit par le facteur solaire du duo « baie + protection ». Plus ce facteur est faible, plus l'occultation est efficace.

Ce facteur solaire dépend de plusieurs paramètres :

- Position : une occultation extérieure sera plus efficace qu'une occultation intérieure
- Opacité : plus l'occultation est opaque, plus elle bloquera les apports solaires
- Teinte : privilégier une occultation claire qui reflétera mieux la lumière, ce qui permettra de diminuer le facteur solaire

LES AUTRES LEVIERS

– Brasseur d'air

Le brasseur d'air ne diminue pas la température de l'air, mais diminue la température dite ressentie. En effet, trois paramètres caractérisent le confort d'été ressenti par un occupant : la température intérieure, l'humidité de l'air et la vitesse de l'air. En augmentant la vitesse de l'air, le brasseur d'air permet de stimuler le processus naturel de rafraîchissement de notre corps par convection et évapotranspiration. Ainsi, la vitesse de l'air sur notre peau peut faire ressentir une baisse de température de 4°C pour une vitesse d'air de 1 m/s.



(Photo doc. Create)

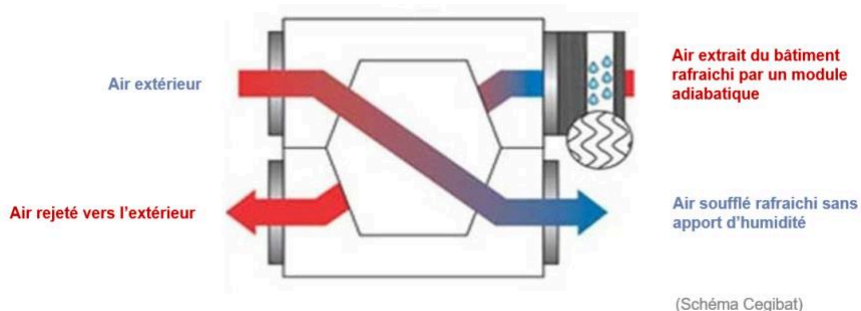
Les brasseurs d'air permettent donc de diminuer efficacement les DH. Cependant, ils ne sont pas pris en compte lors du calcul du Bbio (ils ne permettent pas de diminuer les besoins de froid).

Concernant la mise en œuvre, il est recommandé une hauteur sous pales de 2,3 m minimum (mentionné dans la RTAA DOM et la RTG 2020). Pour une efficacité optimale, une hauteur maximale de 3 m sous plafond doit être respectée. Il est également préconisé d'installer un brasseur pour 15 m².

Attention ! Si de la climatisation est installée, les brasseurs d'airs sont considérés comme inactifs dans le moteur RE2020 et ne permettront pas de diminuer les DH.

Pour aller plus loin : Guide BRISE sur les brasseurs d'air (lien [ici](#))

– Rafraîchissement adiabatique



Le rafraîchissement adiabatique est un processus de refroidissement de l'air. L'air passe dans un élément humide pour se charger en eau. Le fait de charger l'air en eau diminue sa température (l'eau pour s'évaporer prélève des calories dans l'air). Pour ne pas insuffler d'humidité dans les locaux, il est possible de placer le rafraîchissement adiabatique sur l'air

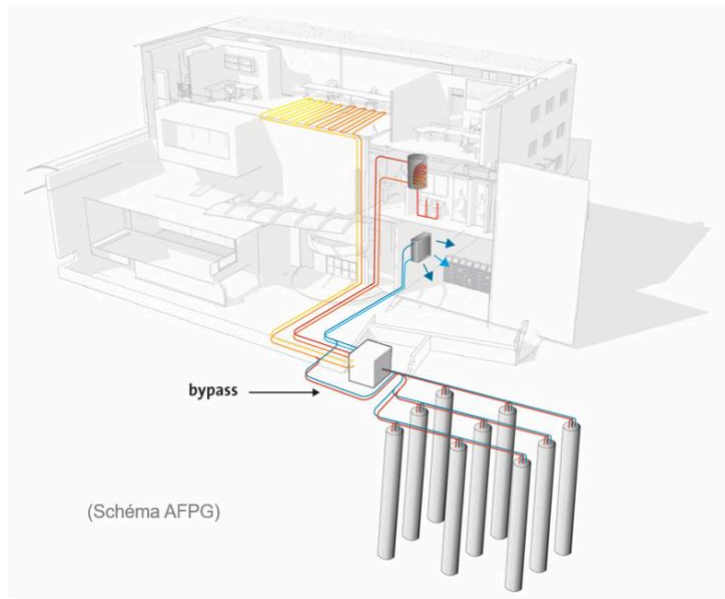
extrait (voir schéma ci-contre). Cet air extrait vient ensuite refroidir l'air neuf en passant dans l'échangeur de la ventilation double flux. Ce phénomène de rafraîchissement est plus important lorsque l'air est sec. Pour mettre en œuvre ce refroidissement passif, il est donc nécessaire d'installer une ventilation mécanique double-flux, équipement relativement rare en logement. Le rafraîchissement adiabatique est l'une des solutions les plus efficaces en RE2020 pour diminuer l'indicateur DH.

– Géocooling

Le géocooling est une technique de refroidissement passif qui consiste à utiliser le sol comme source de fraîcheur en période estivale.

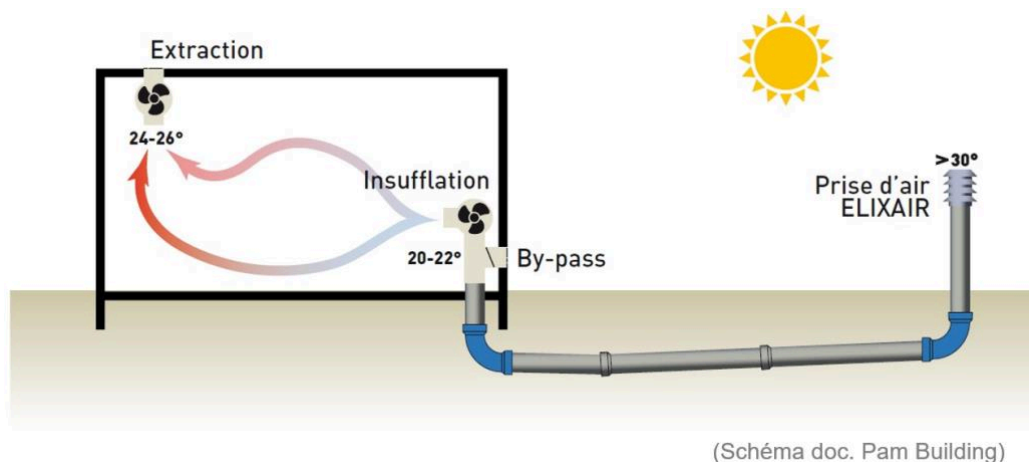
Cette technique utilise un réseau d'eau qui circule dans le sol (par exemple via des sondes verticales dédiées, dans les fondations du bâtiment ou autre). Il est nécessaire de mettre en œuvre un émetteur basse température (ex : plancher rafraîchissant ou plafond rayonnant). Il est possible de mettre en œuvre cette solution en maison ou en collectif.

Le géocooling est très efficace pour diminuer les DH en RE2020.



– Puits climatique

Comme le géocooling, le puits climatique utilise la fraîcheur du sol pour refroidir le logement. Le principe de cette solution est de faire circuler de l'air dans un ou plusieurs conduits mis en place dans le sol. Ce système est souvent associé à une ventilation double-flux pour insuffler l'air neuf rafraîchi dans les pièces sèches (chambre, salon). C'est une solution très efficace pour réduire l'indicateur DH de la RE2020.



– **Traitement des ponts thermiques**

Le traitement des ponts thermiques est bien connu pour diminuer les besoins de chauffage. Il permet également de diminuer les DH et les besoins de froid. En effet, le paramètre « facteur solaire des ponts thermiques » est proportionnel à la qualité de son traitement (coefficient de transmission thermique linéique) et à la couleur de la paroi. Entre un pont thermique non traité et bien traité, le facteur solaire peut ainsi être divisé par plus de 10. Cela permet de réduire par autant la quantité de chaleur entrant dans le bâtiment et donc de limiter l'inconfort d'été. Les constructions bois impliquent souvent des ponts thermiques plus faibles et donc des DH plus faibles (mais les DH peuvent rester élevés si l'inertie du bâtiment est faible).

– **Absorption solaire des parois**

L'absorption solaire des parois est le processus par lequel les parois d'un bâtiment absorbent l'énergie solaire incidente et la transforment en chaleur. Plus la surface est foncée, plus elle a tendance à absorber l'énergie solaire, tandis qu'une surface claire a tendance à la refléter. Une absorption solaire trop importante peut entraîner une surchauffe en été non contrôlée. Cependant, les parois d'un bâtiment RE2020 sont déjà bien isolées, ce qui permet de réduire fortement l'absorption solaire des parois. La couleur, la mise en place d'un bardage ventilé ou d'une toiture végétalisée auront donc un impact modéré sur les DH (10 à 40 DH) et les besoins de froid.

– **Surventilation mécanique**

Le rafraîchissement par surventilation mécanique consiste à augmenter les débits de ventilation, pour augmenter le renouvellement d'air, lorsque l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur (la nuit par exemple).

Néanmoins, les premiers tests réalisés montrent des faibles gains sur les DH, car les débits engendrés par la surventilation mécanique restent beaucoup moins importants que ceux d'une surventilation naturelle, qui n'est pas limitée par la dimension des conduits, mais par la dimension des baies et la configuration des logements.

2.2. LES LEVIERS NON VALORISABLES EN RE2020

– Climatisation

La climatisation est considérée désactivée pour le calcul des DH et du Bbio. Elle ne permet donc pas de diminuer les DH ou les besoins de froid. L'esprit de la RE2020 est de se concentrer sur la conception bioclimatique des bâtiments et de prioriser les solutions passives. La présence et les caractéristiques de la climatisation ont cependant une incidence sur les indicateurs de consommations d'énergie (Cep et Cep, nr), et sur les seuils DH max à respecter (voir partie 1.2).

– Déphasage thermique des parois

Le déphasage thermique caractérise la capacité d'une paroi extérieure à ralentir la mise en place du flux de propagation de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment. Le déphasage thermique d'une paroi s'exprime en heure et dépend de la conductivité thermique, de la masse volumique, de la capacité thermique et de l'épaisseur de la paroi.

La RE2020 ne permet pas de paramétrer le déphasage. Attention, il ne faut pas confondre le déphasage d'une paroi et l'inertie du bâtiment. L'inertie du bâtiment est bien prise en compte dans le calcul RE2020 (voir chapitre suivant).

Nota : Si le moteur de calcul RE2020 ne permet pas de faire varier le déphasage des parois, de nombreux outils de modélisation thermique dynamique le permettent. On observe avec ces outils une incidence réelle mais modérée de ce paramètre sur le confort d'été. En effet, les parois des bâtiments neufs étant relativement bien isolées, le flux de chaleur qu'elles transmettent est modéré (bien plus faible que les apports de chaleur solaire des baies par exemple).

– Inertie hygroscopique globale

L'adsorption/désorption d'humidité dans les parois d'un bâtiment génère une inertie dite « hygroscopique » susceptible d'impacter son bilan thermique et le confort des occupants d'un bâtiment :

- L'humidité contenue dans l'air impacte le confort des occupants
- Les capacités d'adsorption et désorption d'humidité des parois peuvent constituer une forme d'inertie

L'humidité dans le logement est bien prise en compte dans le calcul RE2020 à travers les apports d'humidité des occupants, des équipements électro-ménagers, de l'air extérieur, de la ventilation... Néanmoins, la RE2020 ne prend donc pas en compte l'inertie hygroscopique globale, car il reste de nombreuses questions en suspens.

Pour aller plus loin : [Étude](#) du CSTB sur la potentielle intégration d'un modèle d'inertie hygroscopique dans la méthode Th-BCE.

– Lutte contre les îlots de chaleur urbain (ICU)

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène qui se produit lorsque la température dans les zones urbaines est significativement plus élevée que dans les zones environnantes. Ce phénomène est principalement dû à la densité de la population, à la concentration de bâtiments et d'infrastructures, ainsi qu'à l'utilisation de matériaux de construction qui absorbent et retiennent la chaleur.

Le calcul RE2020 est effectué à l'échelle du bâtiment et ne prend pas en compte l'impact de la nouvelle construction sur le quartier. Le choix des revêtements extérieurs du bâtiment (couleur, matière végétalisation...) pour lutter contre les ICU ne sera donc pas évalué. Ces choix sont malgré tout très importants pour limiter les ICU et il conviendra de les considérer dans la conception du bâtiment et de son environnement.

1. INDICATEURS RE20	2. LES LEVIERS	3. L'INERTIE	4. APPLICATIONS LC	5. APPLICATIONS MI
---------------------	----------------	--------------	--------------------	--------------------

3. L'INERTIE

3.1. C'EST QUOI L'INERTIE ?

DÉFINITION

L'inertie du bâtiment caractérise la capacité des matériaux lourds en contact avec le volume intérieur à stocker et déstocker la chaleur présente dans le bâtiment. Cette capacité de stockage et déstockage permet notamment d'atténuer les hausses de température intérieure en stockant la chaleur et de la restituer plus tard lorsque la température intérieure diminue.

L'inertie est particulièrement intéressante en termes de confort d'été lorsqu'elle est associée à une ventilation naturelle (ex : ouverture des fenêtres) nocturne quand les températures extérieures ont diminué de manière à évacuer la chaleur stockée en journée.

Elle est à différencier du **déphasage d'une paroi** qui caractérise la capacité d'une paroi extérieure à ralentir la mise en place du flux de propagation de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment. En RE2020, le déphasage des parois n'est pas paramétrable.

Dans la méthode de calcul RE2020 (fascicule « Inertie » des Th-Bat), l'inertie thermique est une donnée d'entrée nécessaire pour déterminer le besoin bioclimatique (Bbio), la consommation d'énergie (Cep, nr et Cep) et apprécier l'exposition à l'inconfort thermique en période chaude (DH) d'un bâtiment ou d'une partie du bâtiment.

On distingue 3 types d'inertie thermique :

- L'inertie quotidienne pour caractériser l'amortissement de l'onde quotidienne de température et d'ensoleillement en saison chaude, et le taux de récupération des apports de chaleur en hiver (période de 24 h)
- L'inertie séquentielle pour caractériser l'amortissement de l'onde séquentielle de température. Elle permet la prise en compte de l'inertie lors des séquences de chaleur en été (période de 14 jours)
- L'inertie annuelle pour caractériser l'amortissement de l'onde annuelle de température (période de 365 jours)

Ce guide se concentrera principalement sur **l'inertie quotidienne**². En effet, l'inertie séquentielle est généralement « Très Légère » en maison individuelle. En logements collectifs, l'inertie séquentielle sera généralement « légère » ou « très légère » et aura une incidence modérée sur les résultats.

Dans la RE2020, l'inertie thermique est caractérisée par deux coefficients :

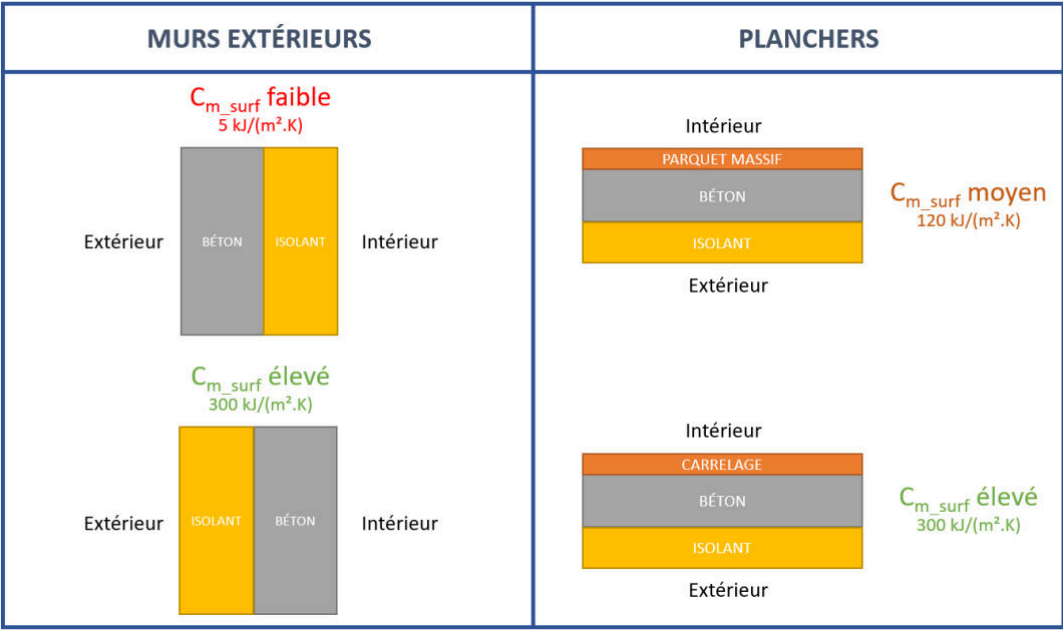
- C_{m_surf} : la capacité thermique surfacique exprimée en $\text{KJ}/(\text{m}^2\text{K})$
- A_{m_surf} : la surface d'échange équivalente exprimée en m^2/m^2

Ainsi, la caractérisation de l'inertie d'un local est liée aux **caractéristiques intrinsèques** de chaque paroi à travers le coefficient C_{m_surf} .

Mais, elle dépend également de la bonne **répartition spatiale** des caractéristiques thermiques des parois, caractérisée par le coefficient A_{m_surf} . Ainsi, un local qui possède une « masse utile » répartie sur l'ensemble de ses parois possède une inertie plus forte qu'un local où cette même « masse utile » est concentrée sur un plus petit nombre de parois.

L'ordonnancement des matériaux dans la paroi est primordial. Ce sont les couches en contact avec le local intérieur qui apportent de l'inertie au bâtiment. Pour une même paroi, mais avec des matériaux mis dans un ordre différent, la capacité surfacique peut-être très différente.

² Pour simplifier la lecture, « inertie » signifiera « inertie quotidienne » dans la suite du guide



Une paroi lourde isolée par l’intérieur n’apporte pratiquement pas d’inertie au bâtiment. En effet l’élément lourd étant séparé de l’ambiance intérieure par un isolant, il ne pourra pas jouer son rôle de régulateur.

L’impact des revêtements de sol est aussi très important, comme l’illustre le cas ci-dessus entre un parquet massif et du carrelage. Là encore, le caractère isolant du revêtement de sol limite largement les capacités de régulation de la paroi lourde sur laquelle il est posé. Pour illustrer cet effet, le fascicule « Inertie » des Th-Bat introduit la notion de revêtement avec ou sans effet thermique. Un revêtement sans effet thermique permet de ne pas « couper » les effets du matériau de la couche précédente. Un revêtement est dit « sans effet thermique » si sa masse volumique est supérieure à 900 kg/m3 ou sa résistance thermique est inférieure ou égale à 0,02 m².K/W.

Le tableau ci-dessous répertorie quelques ordres de grandeur pour les revêtements de sols courants.

Revêtement de sol	Masse volumique (kg/m³)	Résistance thermique (m².K/W)	Type de revêtement
Carrelage	2200	0,01	Revêtement sans effet thermique
PVC	1700	0,01	
Linoléum	1200	0,01	
Caoutchouc	1200	0,02	
Parquet massif	600	0,09	Revêtement avec effet thermique
Parquet contrecollé	800	0,08	
Parquet stratifié	880	0,11	
Moquette	200	0,15	

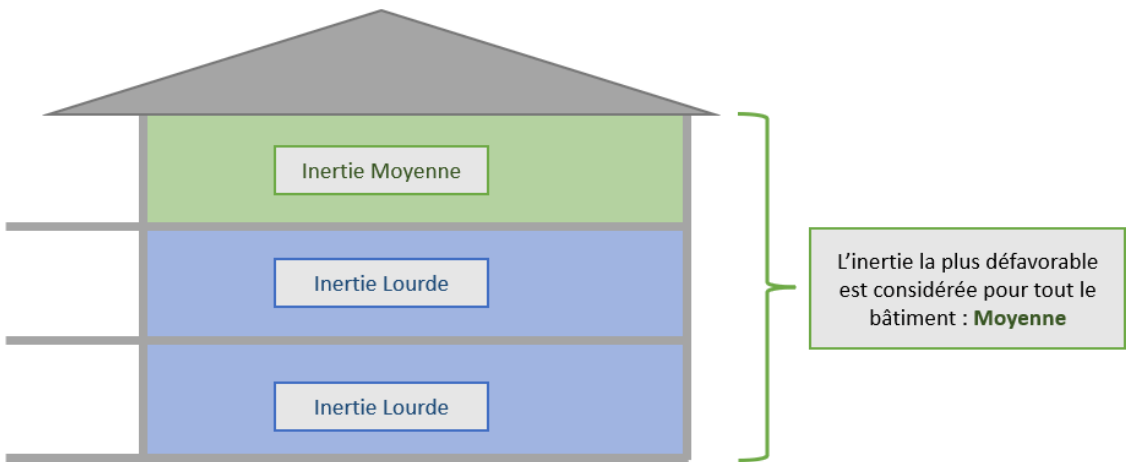
3.2. MÉTHODES DE CALCUL DE L'INERTIE EN RE2020

DÉFINITIONS

Il existe **trois méthodes** pour caractériser l'inertie dans la RE2020 :

- Méthode forfaitaire
- Méthode par points
- Méthode détaillée

La classe d'inertie est déterminée à l'échelle de chaque niveau. C'est le niveau dont la classe d'inertie est la plus faible qui est utilisé pour caractériser l'ensemble du bâtiment. Le schéma ci-dessous présente un exemple pour un bâtiment avec planchers béton, murs isolés par l'intérieur et combles (sans dalle béton sous les combles).



- **Méthode forfaitaire :**
 - Identifier les parois lourdes de chaque niveau habitable.
 - Déterminer la classe d'inertie de chaque niveau en fonction des parois lourdes affectées
 - Retenir la classe d'inertie du niveau le plus défavorisé

Plancher Bas	Plancher Haut	Paroi verticale	Classe d'inertie
Lourd	Lourd	Lourde	Très Lourde
-	Lourd	Lourde	Lourde
Lourd	-	Lourde	Lourde
Lourd	Lourd	-	Lourde
-	-	Lourde	Moyenne
-	Lourd	Lourde	Moyenne
Lourd	-	-	Moyenne
-	-	-	Très Légère

La définition des parois lourdes est détaillée dans le fascicule « Inertie » des Th-Bat. Voici quelques exemples pour des parois courantes :

- Plancher bas lourd (le revêtement de sol doit être sans effet thermique) :
 - Dalle béton de 15 cm
 - Chape fluide de 4 cm sur entrevous béton ou terre cuite
 - Chape fluide de 5 cm sur plancher bois isolé en sous-face



- Plancher haut lourd :
 - Dalle béton de 8 cm isolée par l'extérieur
 - Dalle béton de 15 cm non isolée
- Paroi verticale lourde : il est possible de valoriser les murs extérieurs ou les cloisons
 - Murs extérieurs (seulement en maison individuelle) :
 - Mur béton de 7 cm isolé par l'extérieur
 - Maçonnerie de 11 cm isolée par l'extérieur
 - Cloisonnement de toutes les pièces :
 - Mur béton de 7 cm
 - Bloc de béton creux de 10 cm
 - Brique pleine ou perforée de 10,5 cm

—> Avec la méthode forfaitaire, la définition de la classe d'inertie se limite à l'identification des parois dites lourdes. Elle ne permet pas de valoriser l'apport d'inertie de divers éléments de finition (plaque de plâtre, revêtement de sol...). Cette méthode simplifiée sous-évalue souvent l'inertie du bâtiment, notamment celle des bâtiments en ossature légère.

- **Méthode par points :**
 - Chaque composition de paroi correspond à un nombre de points
 - Des tableaux de points sont disponibles pour les parois courantes et différentes configurations (faux plafond, type de revêtement de sol, plaques de plâtre...)
 - La somme des points de toutes les parois de chaque niveau correspond à une classe d'inertie
 - Comme pour la méthode forfaitaire, c'est la classe d'inertie du niveau le plus défavorable qui est retenue pour le bâtiment

Classe d'inertie	Très légère	Légère	Moyenne	Lourde	Très lourde
Points d'inertie	5 ou 6	7 ou 8	9 à 12	13 à 18	19 et plus

Par exemple, voici la décomposition des points pour un niveau d'un projet en structure bois, qui obtiendrait 9 points et serait classé en inertie « moyenne » :

- Plafond : faux plafond avec 2 BA13 : 2 points
- Plancher : chape fluide 5 cm + parquet : 4 points
- Murs extérieurs : doublage intérieur avec 1 BA13 : 1 point
- Cloisons : 1 BA13 sur chaque face : 2 points
- Mobilier : 1 point

—> La méthode par points est plus précise puisqu'elle permet de valoriser l'inertie apportée par certains éléments de second œuvre grâce à des tableaux abaques plus détaillés que la méthode forfaitaire. Cette méthode est donc plus adaptée aux constructions bois.

Néanmoins, certaines configurations ne sont pas prises en compte dans cette méthode (double plaque de plâtre de parois verticales, cloisons de terre crue ou tout autre béton non conventionnel...).

Il existe donc une troisième méthode qui permet de calculer précisément toutes les configurations : la méthode détaillée.

Nota : la méthode détaillée appliquée à une paroi permet de convertir celle-ci en point.

- **Méthode détaillée :**

- Déterminer la capacité thermique surfacique de chaque élément d'une paroi par application de la norme NF EN ISO 13786
- Déterminer la capacité thermique surfacique de chaque niveau
- Déterminer la surface d'échange équivalente des parois opaques avec l'ambiance pour chaque niveau
- Retenir la capacité thermique surfacique et la surface d'échange équivalente du niveau qui a la classe d'inertie la plus défavorisée

—> La méthode détaillée permet de valoriser l'inertie de l'ensemble des éléments constituant le bâtiment. Elle est adaptée aux constructions bois, car c'est la méthode la plus précise.

Cependant, elle nécessite la connaissance exacte de composition de chaque paroi. Cette méthode est complexe, notamment le calcul de la capacité thermique de chacune des paroi, qui doit être réalisé via un logiciel (de nombreux logiciels de simulation thermique dynamique le permettent) ou un outil de calcul dédié (type tableur).

EXEMPLES D'APPLICATIONS EN LOGEMENT COLLECTIF

• Classement des solutions constructives avec la méthode forfaitaire

Le tableau ci-dessous indique les types d’inertie à prendre en compte pour différents modes constructifs, avec un calcul **forfaitaire**. Un projet en 100 % bois se retrouve donc régulièrement avec une inertie très légère, ce qui est défavorable.

Méthode forfaitaire	
Inertie	Modes constructifs
Lourde	- Béton + ITE + Toiture lourde - Béton + ITI + Toiture lourde - Façade Bois + Structure béton + Toiture lourde
Moyenne	- Béton + ITI + Toiture légère - Façade Bois + Structure béton + Toiture légère - Structure 100 % bois (planchers avec chape fluide et revêtement de sol sans effet thermique)
Très légère	- Structure 100 % bois (sauf cas décrit ci-dessus)

• Méthode par points : permet de calculer plus finement l’inertie du bâtiment

Dans certains cas, la méthode par point permet aux bâtiments collectifs en 100 % structure bois d’être considérés avec une inertie légère ou moyenne. Pour cela, les leviers efficaces pour gagner des points d’inertie sont de mettre en œuvre :

- Deux BA13 en sous-face de plancher
- Une chape fluide ou un revêtement de sol sans effet thermique³
- Une cloison de doublage en cloison de brique de 3,5 cm (ou plus) enduite. Un doublage en carreau de plâtre 5 cm ou bloc béton de 5 cm est également valorisable de la même manière.
- Des cloisons séparatives en brique de 3,5 cm enduite
- Des cloisons séparatives en brique de 5 cm enduite (ou carreau de plâtre plein 6 cm, bloc agglo 5 cm enduit, bloc de béton cellulaire 7 cm enduit)

Méthode par points									
Classe d'inertie suivant différentes configurations en structure 100 % bois (planchers, refends et façade)									
Plafond	Très légère		Légère			Moyenne			
	2 BA13	2 BA13	2 BA13	2 BA13	1 BA13	2 BA13	2 BA13	1 BA13	2 BA13
Plancher	sans chape fluide	sans chape + rev. sans effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	chape + rev. à effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	chape + rev. à effet th.	chape + rev. sans effet thermique	chape + rev. sans effet thermique
Murs extérieurs	1 BA13	1 BA13	Brique 3,5 cm	Brique 3,5 cm	1 BA13	Brique 3,5 cm	1 BA13	1 BA13	1 BA13
Cloisons séparatives des pièces	1 BA13	1 BA13	1 BA13	Brique 3,5 cm	1 BA13	Brique 5 cm	1 BA13	1 BA13	1 BA13

Certaines améliorations ne sont pas valorisables dans la méthode par points. Il faut alors utiliser la méthode détaillée pour pouvoir les valoriser :

- Panneau de fibre-gypse ou chape sèche
- BA18 en faux plafond
- Doublage des murs extérieurs avec 2 BA13, 1 ou 2 BA18
- Isolants denses
- Enduit intérieur ou cloisons « lourdes » (terre crue, terre-paille, béton de chanvre...)

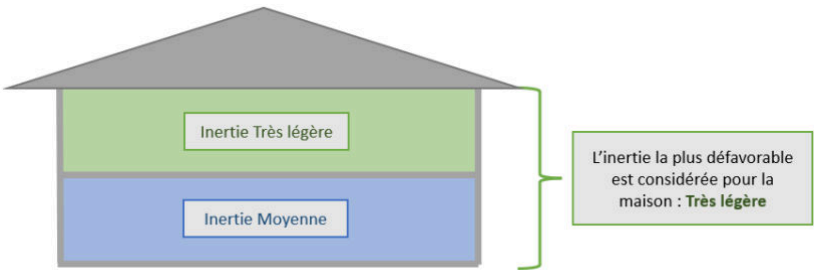
³ Revêtement de sol avec/sans effet thermique : voir définition dans partie 3

EXEMPLE D'APPLICATIONS EN MAISON INDIVIDUELLE

Classement des solutions constructives avec la méthode forfaitaire

Le tableau ci-dessous indique les types d'inertie à prendre en compte pour différents modes constructifs, avec un calcul **forfaitaire**. Contrairement aux logements collectifs, les maisons 100 % bois sont rarement avec une chape fluide, elles seront donc très souvent en classe d'inertie « très légère ».

Rappel : c'est le **niveau le plus défavorable** qui caractérise l'inertie de la maison. Pour une maison à étage, c'est donc souvent le dernier niveau qui caractérisera l'inertie de la maison (pour améliorer la classe d'inertie de l'étage, il faudra donc s'assurer que le plancher intermédiaire soit bien considéré comme un plancher lourd).



Méthode forfaitaire	
Inertie	Modes constructifs
Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> - Maçonnerie + ITI + toiture légère (planchers bas RDC et étages avec chape fluide et revêtement de sol sans effet thermique) - Structure 100 % bois (planchers bas RDC et étages avec chape fluide et revêtement de sol sans effet thermique)
Très Légère	<ul style="list-style-type: none"> - Maçonnerie + ITI + toiture légère (sauf cas décrit ci-dessus) - Structure 100 % bois (sauf cas décrit ci-dessus)

Méthode par points : permet de calculer plus finement l'inertie du bâtiment

La méthode par points permet aux bâtiments en 100 % structure bois d'être considérés avec une inertie légère ou moyenne. Le tableau est légèrement différent que celui des logements collectifs, car l'impact des doublages (BA13 ou brique) est plus important en maison (la surface de murs extérieurs par rapport à la SHAB est plus importante).

	Méthode par points								
	Classe d'inertie suivant différentes configurations en structure 100 % bois (planchers, refends et façade)								
	Très légère	Légère		Moyenne					
Plafond	2 BA13	2 BA13	2 BA13	2 BA13	1 BA13	2 BA13	2 BA13	1 BA13	2 BA13
Plancher	sans chape fluide	sans chape + rev. sans effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	chape + rev. à effet th.	sans chape + rev. sans effet th.	chape + rev. à effet th.	chape + rev. sans effet thermique	chape + rev. sans effet thermique
Murs extérieurs	1 BA13	1 BA13	Brique 3,5 cm	Brique 3,5 cm	1 BA13	Brique 3,5 cm	1 BA13	1 BA13	1 BA13
Cloisons séparatives des pièces	1 BA13	1 BA13	1 BA13	Brique 3,5 cm	1 BA13	Brique 5 cm	1 BA13	1 BA13	1 BA13

Pour toutes les configurations, la présence de chape permet systématiquement de passer en inertie « moyenne ». Néanmoins, il n'est pas courant que des chapes liquides soient mises en œuvre dans les étages des maisons en ossature bois. Étant donné que c'est le niveau le plus défavorable qui définit l'inertie de la maison, les **maisons à étages** en ossature bois seront souvent classées en inertie « légère », voir « très légère ».

Pour gagner une classe d'inertie sans mettre en œuvre une chape, il est possible de valoriser la présence de briques platières enduites et des faux plafonds avec 2 BA13. Pour d'autres améliorations (voir liste décrite ci-dessus pour les logements collectifs), il sera nécessaire d'utiliser la méthode détaillée.

4. APPLICATIONS EN LOGEMENTS COLLECTIFS

Présentation du bâtiment

Bâtiment étudié :	
32 logements collectifs	
Surface habitable (SHAB)	1887 m ²
SHAB moyenne	59 m ² /lgt
Ratio surface vitrée	17 %
Ratio de logements traversants	76 %



Prestations de base des solutions constructives testées

Trois configurations ont été testées : mixte bois-béton, 100 % bois (inertie moyenne) et 100 % bois (inertie légère).

Le passage en inertie légère de la variante n°3 est engendré par la présence de revêtement de sol à effet thermique, combiné à un seul BA13 en faux plafond.

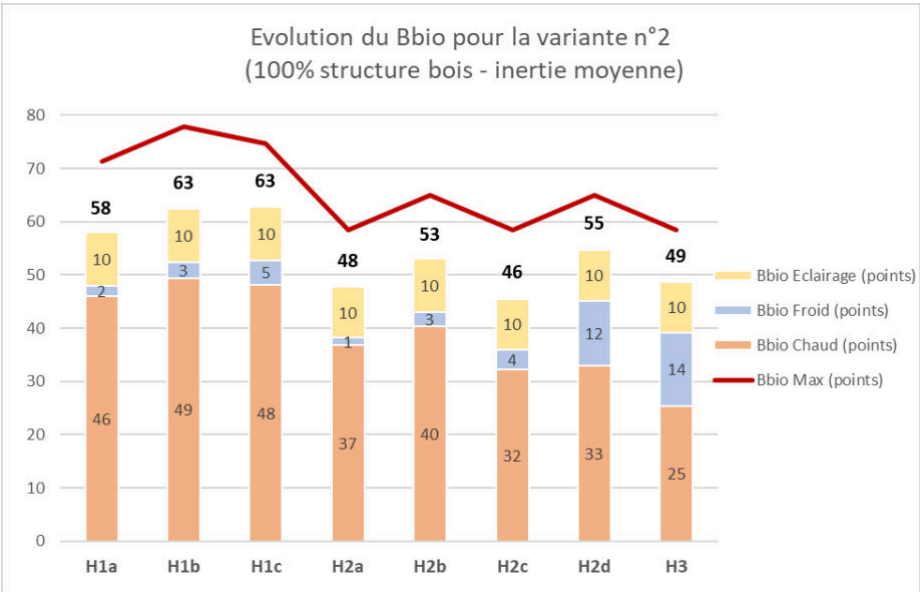
Pour la variante n°1, la présence d'une façade béton isolée par l'intérieure ne modifierait pas la classe d'inertie du bâtiment. En effet, une façade bois et une façade béton+ITI apportent la même inertie (très faible).

Variante	n°1	n°2	n°3
Mode constructif	Mixte Bois-Béton Façade rideau ossature bois + plancher et refend béton	100 % Structure Bois Façade, refend et plancher en panneau de CLT bois	
Inertie du bâtiment	Moyenne	Moyenne	Légère
Façade	Ossature bois remplissage par 145mm d'isolant λ32 + 45mm isolation intérieure λ32	100mm d'isolation extérieure λ36 + 120mm panneau CLT bois + 45mm isolation intérieure λ32	
Plancher Intermédiaire	Dalle béton 200mm	Chape béton 50mm + panneau CLT bois de 200mm + faux plafond isolé	
Revêtement de sol	Sans effet thermique	Sans effet thermique	Avec effet thermique
Toiture inaccessible	Faux plafond 1 BA13 + 220mm d'isolant λ32	Faux plafond 1 BA13 + 200mm de dalle CLT bois + 220mm d'isolant λ23	Faux plafond 1 BA13 + 200mm de dalle CLT bois + 220mm d'isolant λ23
Plancher bas	120mm d'isolant λ23 + 200mm de dalle béton + 150mm d'isolant λ35		
Menuiserie	Double vitrage Uw = 1,4		
Occultation	Volet roulant à gestion manuelle		
Perméabilité à l'air	0,9 (test global)		

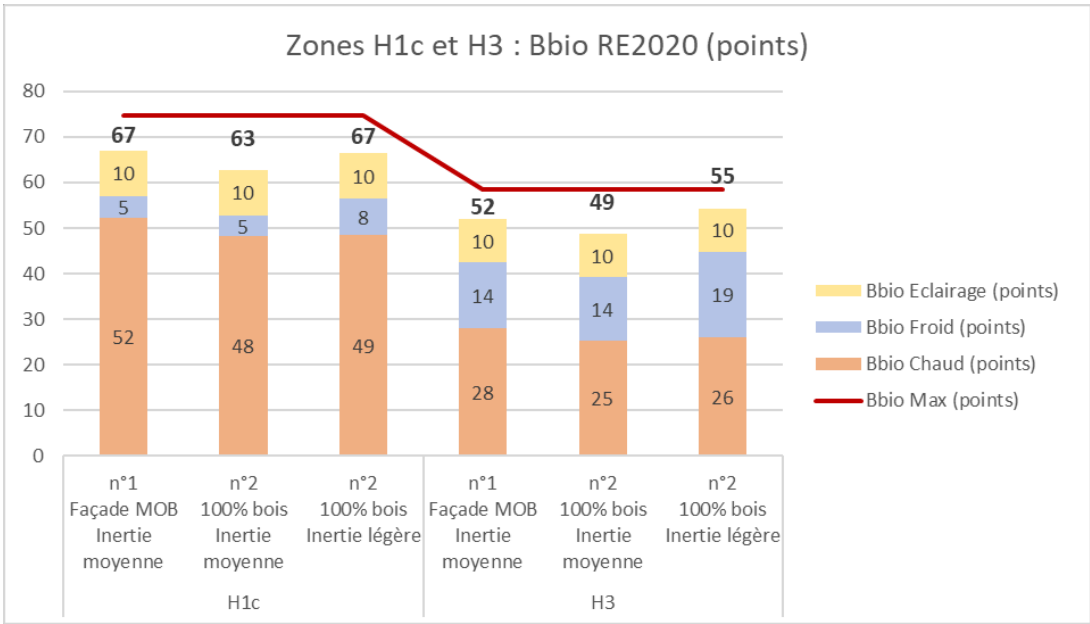
Résultats Bbio avec les prestations de base

Le graphique ci-contre présente l'évolution du Bbio pour la variante n°2 sur toutes les zones climatiques. L'intégration des besoins de froid (en bleu) impacte uniquement les zones de l'arc méditerranéen (H2d et H3).

Dans la suite de l'étude, seules les zones H3 (représentative des régions « chaudes ») et H1c (régions « froides ») seront utilisées.



En zone H1c, les besoins de froid restent faibles par rapport aux besoins de chaud. Les variantes en 100 % bois sont meilleures grâce aux ponts thermiques qui sont mieux traités, ce qui permet de diminuer les besoins de chaud. Au final, c'est la variante n°2 en inertie « moyenne » qui permet d'être la plus performante.



Il est constaté une forte augmentation des besoins de froid dans la zone H3. Cette hausse est accentuée lorsque l'inertie est légère. Malgré cette forte augmentation, le Bbio max est respecté, grâce à une isolation et un traitement des ponts thermiques performants dus aux modes constructifs façade bois et 100 % bois.

Avec une inertie « très légère » (non représenté sur le graphique), la variante n°2 aurait dépassé légèrement le Bbio max en zone H3, à cause d'une forte augmentation des besoins de froid qui seraient passés de 19 à 24 points.

Résultats DH avec les prestations de base

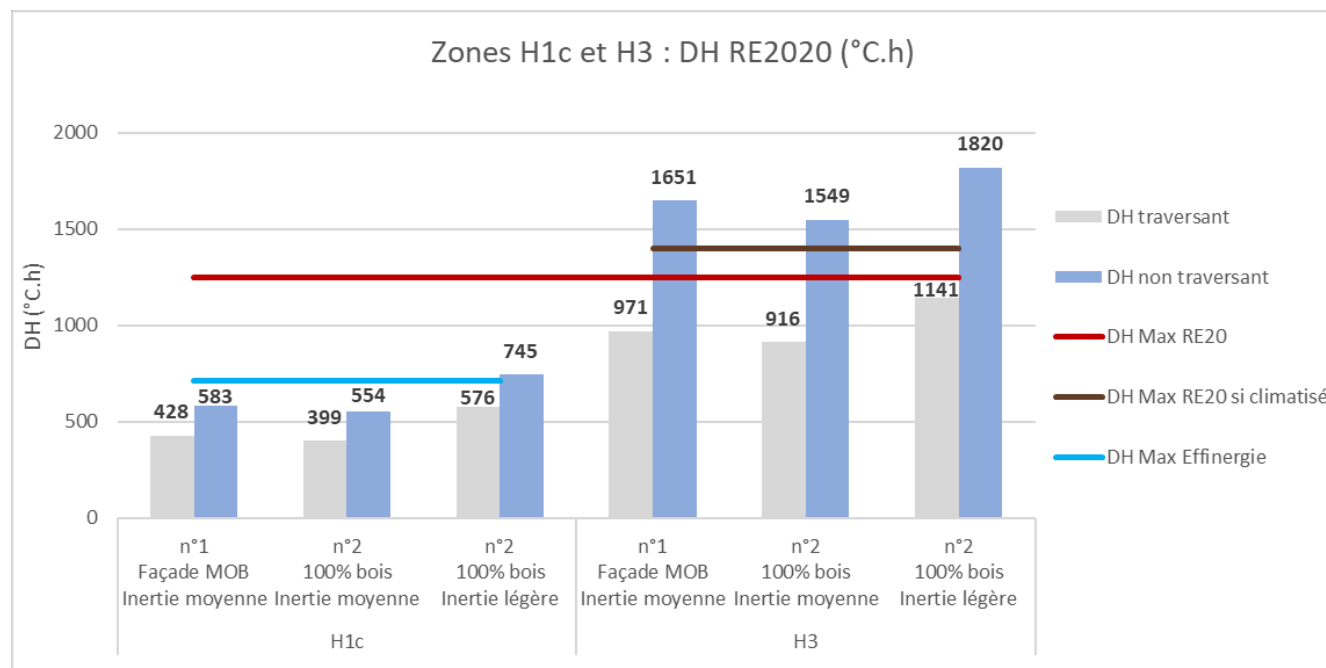
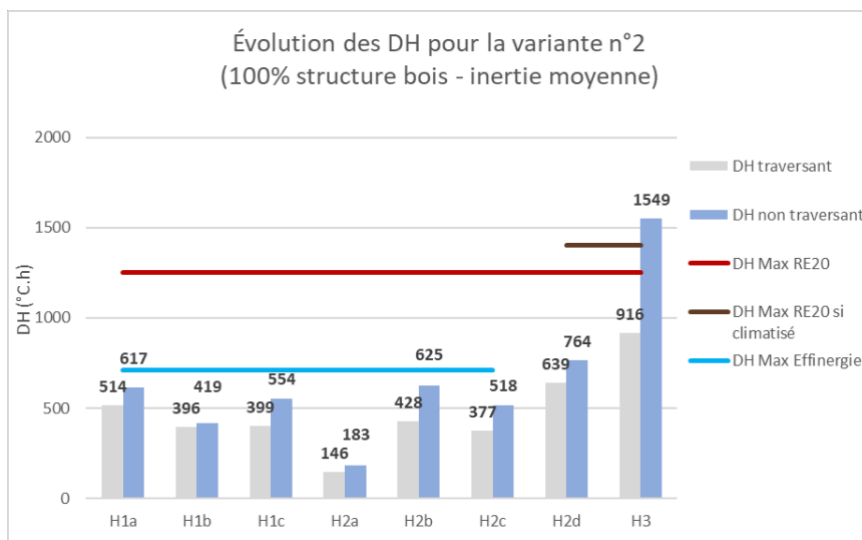
Comme pour le Bbio, le graphique ci-contre présente l'évolution des DH pour la variante n°2 (100 % structure bois en inertie moyenne) sur toutes les zones climatiques.

En zone H3, le seuil DH max est largement dépassé pour les logements non traversants. Si le bâtiment était 100 % traversant, le seuil serait respecté facilement.

Pour les autres zones climatiques, le seuil RE2020 est facilement atteint et le seuil Effinergie est respecté de justesse.

La zone H2d est particulière en logements collectifs, car les DH sont similaires à ceux de la zone H1, alors que les besoins de froids sont élevés.

Le graphique ci-dessous représente les DH en zones H1c et H3 pour les trois variantes étudiées. En zone H1c, le seuil DH max est largement atteint. Les DH sont similaires pour les deux variantes en inertie « moyenne », mais augmentent pour la variante en inertie « légère ».



En zone H3, le seuil DH max est largement dépassé pour les trois variantes. Des leviers d'optimisations sont testés dans les parties ci-dessous afin de respecter la RE2020. Le passage d'inertie « moyenne » à « légère » augmente significativement les DH. Avec une inertie « très légère » (non représenté sur le graphique), les DH de la zone non traversante auraient été de 2100 DH.

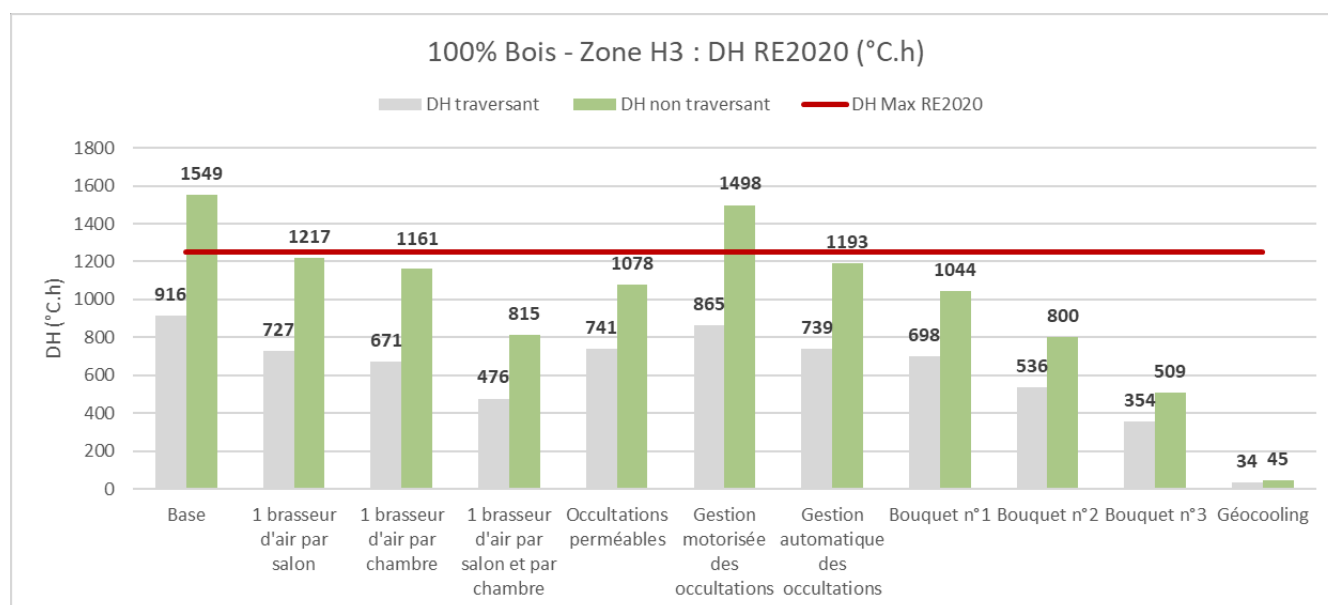
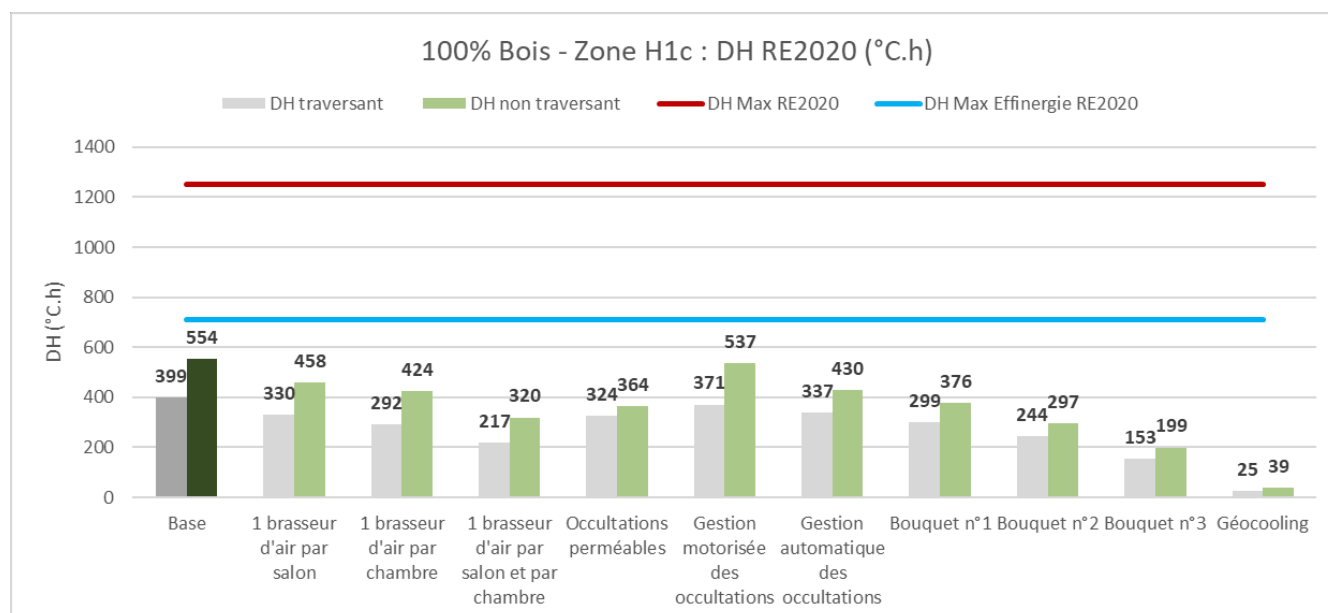
Si le bâtiment est climatisé en zone H3, le seuil max RE20 est majoré à 1400 DH. Cela peut inciter à installer de la climatisation, mais les brasseurs d'air sont désactivés lorsqu'il y a de la climatisation, ce qui réduit le nombre de leviers disponibles pour abaisser les DH.

Pour les zones H1c et H3, la variante n°2 en inertie « moyenne » affiche des DH plus faibles en raison de sa classe d'inertie et d'un meilleur traitement des ponts thermiques limitant ainsi les apports solaires.

Impact des leviers d'amélioration disponibles sur le DH

Les gains sur les DH de quelques leviers d'amélioration sont présentés sur les deux graphiques ci-dessous. En zone H3, plusieurs solutions sont efficaces pour respecter les DH : brasseurs d'air, occultations perméables ou occultations automatiques.

En zone de bruit forte (BR2/BR3), la surventilation naturelle par l'ouverture des baies est limitée du fait des nuisances sonores extérieures. L'impact des occultations perméables sera donc plus faible.



Les bouquets correspondent aux associations suivantes :

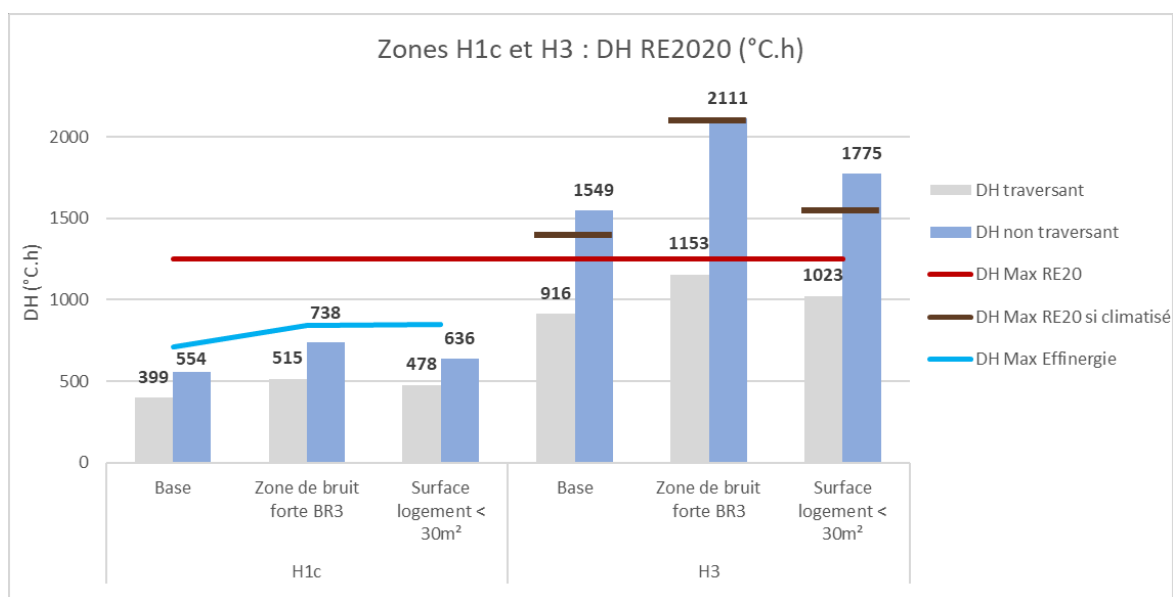
- Bouquet n°1 : Gestion auto des occultations + Occultations perméables
- Bouquet n°2 : Gestion auto des occultations + Occultations perméables + 1 brasseur par logement
- Bouquet n°3 : Gestion auto des occultations + Occultations perméables + 1 brasseur par pièce sèche (salon, chambre ou bureau)

Incidences de la zone de bruit et la surface moyenne des logements

Les simulations de base ont été réalisées en zone de bruit faible (BR1). Le passage en zone de bruit forte (BR2 ou BR3) augmente fortement les DH, surtout en région H3. En zone de bruit forte, la surventilation naturelle est peu valorisée, car l'ouverture des baies est compromise par les bruits extérieurs.

Ainsi, en **zone H3 et en zone de bruit forte**, il est très difficile de respecter le seuil sans climatisation :

- Sans climatisation : les DH sont à 2111 pour un seuil à 1250. Seul du géocooling ou du rafraîchissement adiabatique permettrait de respecter le seuil.
- Avec climatisation : le bâtiment serait en catégorie 2, le seuil est majoré pour atteindre 2100 DH. Le seuil serait donc quasiment respecté. Néanmoins, peu de leviers sont disponibles pour diminuer les DH dans cette configuration : les brasseurs d'air sont considérés inactifs (du fait de la présence de la climatisation) et les occultations perméables moins efficaces (car en zone de bruit, l'ouverture des baies est moins régulière). Il reste possible de mobiliser une gestion automatique des occultations, géocooling, optimisation architecturale...



Concernant la surface moyenne des logements, les logements de petites surfaces auront des DH plus élevés, en raison des apports internes (occupants, cuisson...) qui sont plus importants pour ceux-ci (rapport suivant la SHAB).

Nota : un bâtiment est classé en zone de bruit BR3 (respectivement BR2) si toutes les baies des locaux qui le constituent sont exposées au bruit BR3 (respectivement BR2). La détermination de la classe d'exposition au bruit d'une baie (BR1, BR2 ou BR3) s'effectue en fonction de différents critères : le classement des infrastructures de transport à proximité, la situation de la baie par rapport à cette infrastructure et la situation par rapport au plan d'exposition au bruit de l'aéroport le plus proche. En RE2020, les résultats et les seuils sont identiques pour les classes BR2 et BR3.

Synthèse de prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie

En logements collectifs, le respect du Bbio est atteignable sans difficulté pour les projets en façade bois ou 100 % bois, grâce à une isolation et un traitement des ponts thermiques performants dû au mode constructif. Dans les zones climatiques « chaudes » (H2d et H3), les besoins de froid augmentent significativement, mais les bâtiments restent en dessous du seuil Bbio max réglementaire.

Pour les DH, le tableau ci-dessous récapitule les prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie en fonction des zones climatiques, la zone de bruit, la présence de climatisation et les modes constructifs.

DH : Synthèse de prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie					
Zone climatique	Zone de bruit	Climatisation	Variantes	Respect RE2020	Respect Effinergie
H2a	Faible ou forte	Climatisé ou non	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie légère)	Aucune difficulté pour respecter RE20 ou Effinergie	
H1a, H1b, H1c, H2b	Faible ou forte	Climatisé ou non	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne)	Respect RE2020 sans difficulté (sauf cas très particuliers)	Respect Effinergie de justesse
			n°2 100 % bois (inertie légère)		Prévoir 1 levier d'amélioration
H2d	Faible	Climatisé ou non	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie légère)	Aucune difficulté pour respecter RE20 ou Effinergie	
			n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie légère)	Aucune difficulté pour respecter RE20 ou Effinergie	
	Forte	Non climatisé	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne)	Respect RE20 ou Effinergie de justesse	
			n°2 100 % bois (inertie légère)	Prévoir 1 levier d'amélioration	
H3	Faible	Climatisé ou non	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne)	Prévoir 1 ou 2 leviers d'amélioration	
			n°2 100 % bois (inertie légère)	Prévoir 2 leviers d'amélioration	
	Forte	Climatisé	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne)	Prévoir 1 levier d'amélioration (mais peu de leviers disponibles)	
			n°2 100 % bois (inertie légère)	Prévoir 1 ou 2 leviers d'amélioration (mais peu de leviers disponibles)	
		Non climatisé	n°1 Façade MOB (inertie moyenne) n°2 100 % bois (inertie moyenne)	Très compliqué de respecter RE20/Effinergie (100 % traversant, géocooling, rafraîchissement adiabatique)	
			n°2 100 % bois (inertie légère)		

Nota : si le bâtiment est classé en inertie « très légère », il sera nécessaire de prévoir un levier d’amélioration supplémentaire par rapport à la variante en inertie « légère ».

1. INDICATEURS RE20	2. LES LEVIERS	3. L'INERTIE	4. APPLICATIONS LC	5. APPLICATIONS MI
---------------------	----------------	--------------	--------------------	--------------------

5. APPLICATIONS EN MAISONS INDIVIDUELLES

Présentation du bâtiment

Bâtiment étudié : 1 Niveau sans Garage Séjour cathédrale (déplafonné/rampant)	
Surface habitable (SHAB)	126 m ²
Ratio surface vitrée	26 %
Nombre de Chambres	4
Nombre de Salles de Bains	2
Nombre de WC	2
Nombre de cellier	1
Plancher bas	Vide-Sanitaire / Vide Technique



Prestations de base des solutions constructives testées

Trois configurations ont été testées en structure 100 % bois :

- Inertie très légère : calcul avec la méthode forfaitaire
- Inertie légère : calcul avec la méthode par points (par ex : 2 BA13 en faux plafond et revêtement de sol sans effet thermique – voir partie 3)
- Inertie moyenne : calcul avec la méthode par points (chape en plancher bas – voir partie 3)

Pour les modélisations dans les zones climatiques H2c, H2d et H3, les prestations thermiques sont légèrement renforcées afin de respecter le Bbio max RE2020.

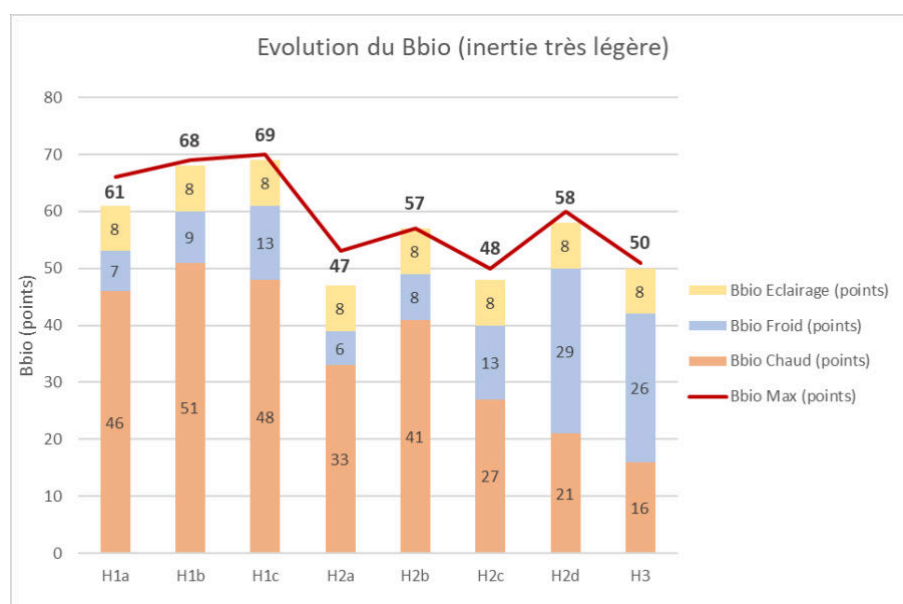
Nota : Les descriptifs mentionnés ci-dessous sont donnés à titre d'exemple, la position du pare-vapeur étant prise en compte par défaut côté volume chauffé. Pour chaque projet, il est nécessaire de valider au préalable le descriptif de chacune des parois ainsi que la position du pare-vapeur en respectant les règles de recommandations professionnelles de mise en œuvre. Tout risque de condensation doit être écarté.

Zones climatiques	H1a à H2b	H2c à H3	Toutes les zones climatiques
Mode Constructif	100 % structure bois (Façade, refend et plancher)		
Inertie du Bâtiment	« Très légère » et « légère »		Moyenne
Façade	Ossature bois remplissage par 145 mm d'isolant $\lambda 32$ + 120 mm isolation intérieure $\lambda 32$	Ossature bois remplissage par 145 mm d'isolant $\lambda 32$ + 140 mm isolation intérieure $\lambda 32$	Ossature bois remplissage par 145 mm d'isolant $\lambda 32$ + 120 mm isolation intérieure $\lambda 32$
Revêtement de sol	Sans effet thermique		
Combles perdus	Faux plafond + 455 mm d'isolant $\lambda 45$ + 2 BA13		
Plancher bas	Plancher technique bois, 240 mm isolation entre solives $\lambda 32$	Plancher technique bois, 285 mm isolation entre solives $\lambda 32$	Plancher poutrelles béton + Hourdis isolants + isolant rapporté sous chape
Menuiserie	Double vitrage – Battant $U_w = 1,4$ / Coulissant $U_w = 1,6$		
Occultation	Volet roulant électrique avec gestion automatique (horloge crépusculaire)		
Porte entrée	$U_d \leq 1,40$	$U_d \leq 0,81$	$U_d \leq 1,40$
Perméabilité	0,6		

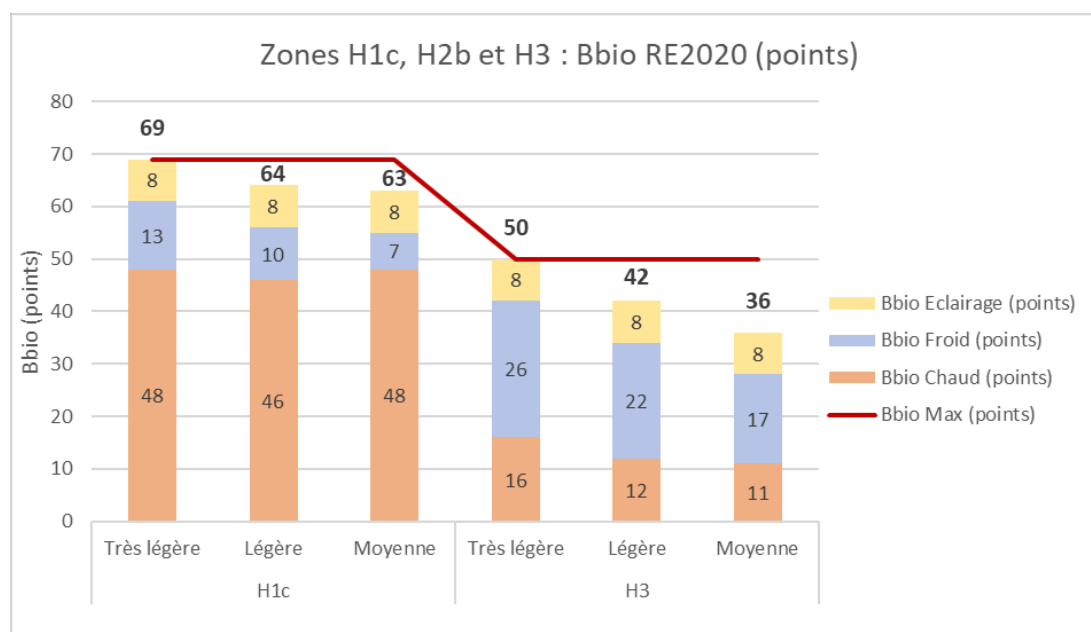
Résultats Bbio avec les prestations de base

Le graphique ci-contre présente l'évolution du Bbio pour la variante en inertie très légère sur toutes les zones climatiques. L'intégration des besoins de froid (en bleu) impacte principalement les zones de l'arc méditerranéen (H2d et H3).

Comme en logements collectifs, dans la suite de l'étude, seules les zones H3 (représentative des régions « chaudes ») et H1c (régions « froides ») seront utilisées.



Le graphique ci-dessous illustre la variation du Bbio pour les trois configurations d'inertie dans les zones climatiques H1c et H3. En zone H1c, les besoins de froid restent faibles par rapport aux besoins de chaud, même lorsque l'inertie est très légère.



L'influence de l'inertie sur les besoins de froid est très importante en zone H3. Malgré cette forte augmentation, le Bbio max est respecté, grâce à une isolation et un traitement des ponts thermiques performants dû aux modes constructifs façade bois et 100 % bois.

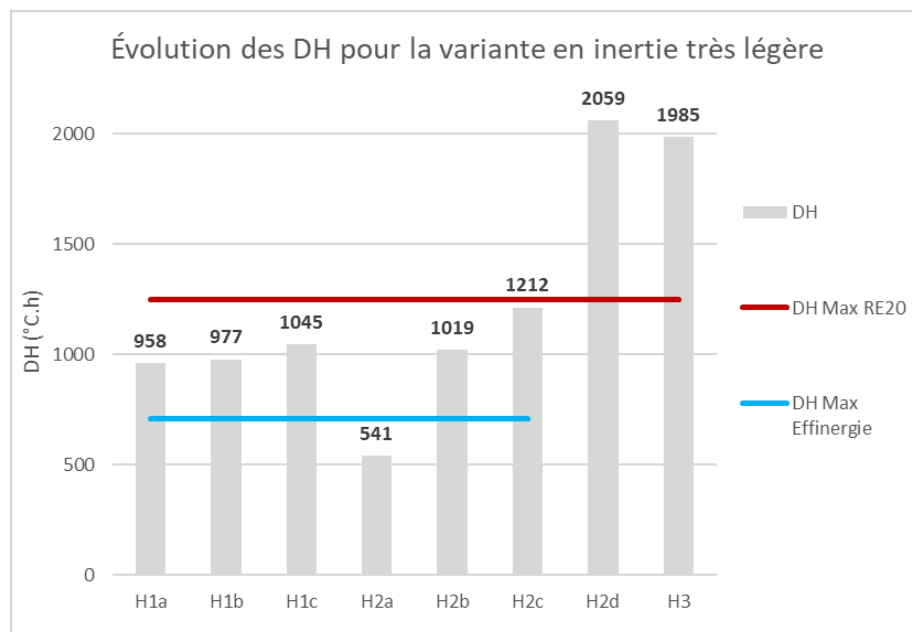
En H1c, les besoins de chaud sont les plus faibles pour la variante en inertie légère grâce au pont thermique du plancher bas qui est mieux traité avec un plancher bois (inertie légère) qu'avec un plancher type poutrelles béton + hourdis isolants (inertie moyenne).

Résultats DH avec les prestations de base

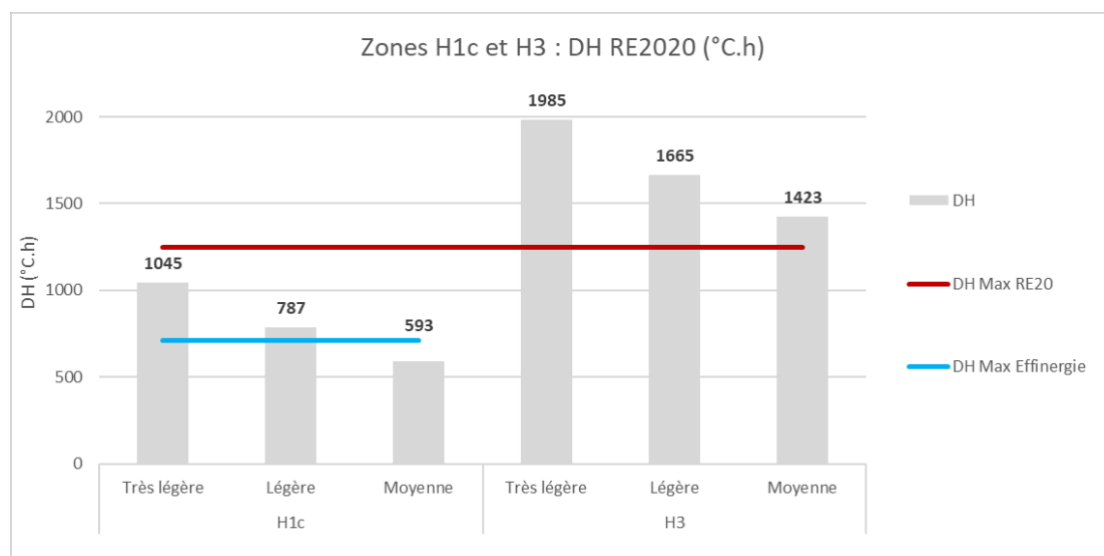
Comme pour le Bbio, le graphique ci-dessous présente l'évolution des DH pour la variante en inertie très légère sur toutes les zones climatiques.

En zone H2d et H3, le seuil DH max est largement dépassé.

Pour les autres zones climatiques, le seuil RE2020 est respecté de justesse et le seuil Effinergie est dépassé (sauf pour la zone H2a où les deux seuils sont respectés).



Le graphique ci-dessous présente les DH en zones H1c et H3 pour les trois variantes d'inertie étudiées. Cela permet de mettre en évidence l'influence très importante de celle-ci sur les DH : plus l'inertie est lourde, plus les DH sont faibles.



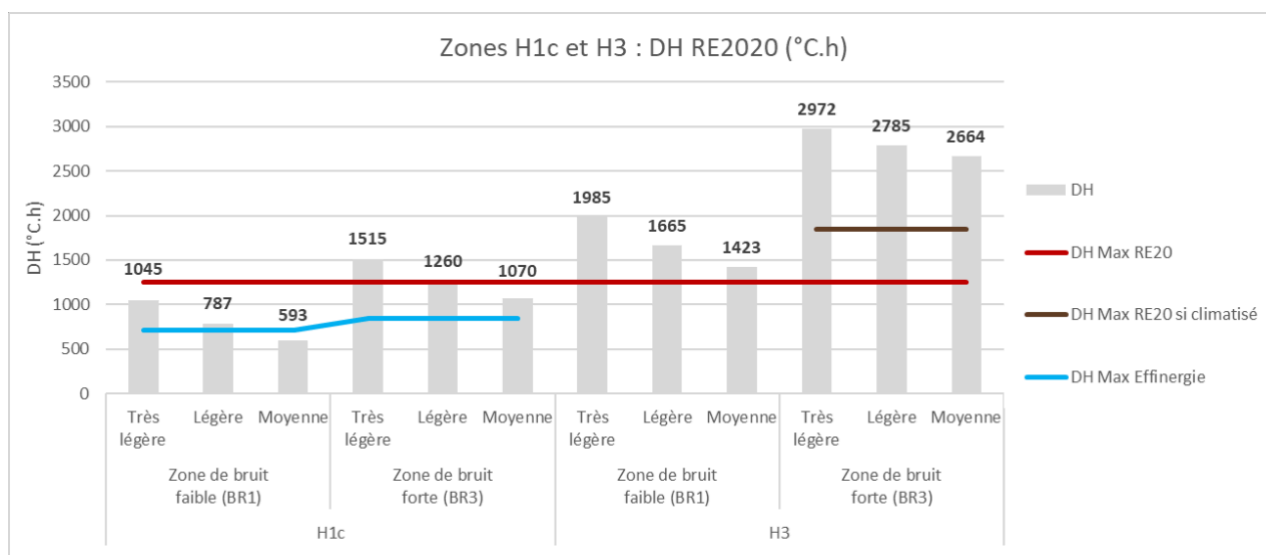
En zone H1c, la RE2020 est respectée dans les trois cas étudiés, avec une marge plus importante lorsque l'inertie est élevée. Concernant le label Effinergie, il faudra prévoir des améliorations pour les maisons en zones H1c qui sont classées en inertie « très légère » ou « légère ». Si la maison est classée en inertie « moyenne », le seuil du label est respecté de justesse pour cette zone climatique.

En zone H3, les DH sont très élevés et la RE2020 n'est pas respectée avec les configurations de base. Il sera alors nécessaire de mettre en œuvre des leviers d'amélioration pour respecter la RE2020 et le label Effinergie, comme par exemple :

- Inertie « très légère » : deux brasseurs d'air dans le salon et un brasseur par chambre
- Inertie « légère » : un brasseur d'air dans le salon et un brasseur par chambre
- Inertie « moyenne » : deux brasseurs d'air dans le salon

Incidences de la zone de bruit

Les simulations de base ont été réalisées en zone de bruit faible (BR1). Le passage en zone de bruit forte (BR2 ou BR3) augmente fortement les DH, surtout en région H3. En zone de bruit forte, l'ouverture des baies est plus faible, ce qui diminue la surventilation naturelle et donc une augmentation de l'inconfort estival.



En zone H1c, les variantes en inertie « très légère » et « légère » ne respectent plus le seuil DH lorsque la maison est située en zone de bruit forte. Il faut donc prévoir des améliorations, par exemple :

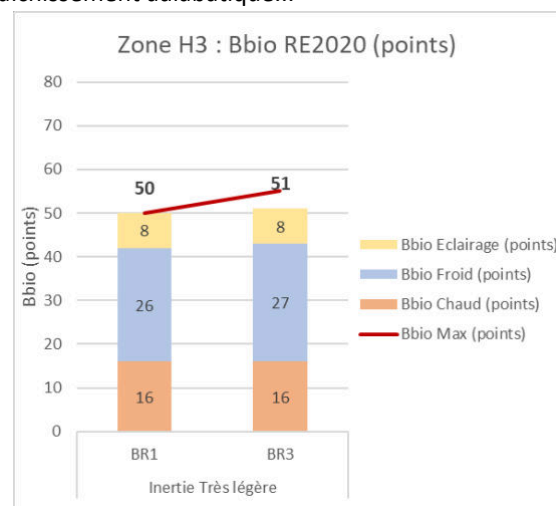
- Inertie « très légère » : ajouter 1 brasseur d'air dans le séjour et dans chaque chambre
- Inertie « légère » : ajouter 1 brasseur d'air dans le séjour

En zone H3, le seuil DH n'est pas respecté sur toutes les configurations. En zone de bruit faible, quelques améliorations sont proposées dans la partie ci-dessus. En zone de bruit forte, deux cas de figure se présentent :

- La maison n'est pas climatisée : le seuil est fixé à 1250 DH. Le seuil DH n'est pas atteignable avec des brasseurs d'air, et les occultations perméables ne permettent pas de diminuer significativement les DH, la surventilation naturelle étant plus difficilement utilisée en zone de bruit forte. Il est nécessaire d'optimiser fortement la conception (suppression des baies coulissantes, ouvertures sur la façade la plus optimisée, casquettes au sud...). Sinon, il est également possible de mettre en œuvre des solutions de type géocooling, puits climatique, rafraîchissement adiabatique...
- La maison est climatisée : le seuil est augmenté à 1850 DH, car la maison est classée en catégorie 2 (voir définition dans partie 1). Il n'est pas possible de valoriser les brasseurs d'air, car ils sont considérés désactivés en présence de climatisation. Les occultations perméables seront peu efficaces en zone de bruit forte, il faudra donc mettre en œuvre des solutions de type géocooling, puits climatique, rafraîchissement adiabatique...

Concernant le Bbio, les besoins de froid n'augmentent quasiment pas entre une maison en zone de bruit faible et forte. Par exemple, le graphique ci-contre illustre le Bbio pour la maison en inertie « très légère » située en zone H3, et zone de bruit BR1 et BR3.

Cette différence entre les DH et le Bbio peut s'expliquer par les scénarios météo utilisés (canicule de 2003 pour les DH, et fichier météo moyen pour le Bbio), ainsi que par les scénarios de surventilation naturelle qui sont différents pour les deux calculs.



Synthèse de prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie

En maisons individuelles, le respect du Bbio est atteignable sans difficulté pour les projets 100 % bois, grâce une isolation et un traitement des ponts thermiques performants dû au mode constructif. Dans les zones climatiques « chaudes » (H2d et H3), les besoins de froid augmentent significativement, mais les bâtiments restent en dessous du seuil Bbio max réglementaire en raison d’une isolation renforcée (voir descriptif page 38).

Pour les DH, le tableau ci-dessous récapitule les prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie en fonction des zones climatiques, des zones de bruit et de la classe d’inertie.

DH : Synthèse de prestations à prévoir pour respecter la RE2020 et le label Effinergie				
Zone climatique	Zone de bruit	Inertie	Respect RE2020	Respect Effinergie
H2a	Faible ou forte	Très légère, légère et moyenne	Aucune difficulté pour respecter RE20 ou Effinergie	
H1a, H1b, H1c, H2b	Faible	Moyenne	Respect RE2020 sans difficulté (sauf cas très particuliers)	Respect Effinergie de justesse
		Très légère et légère		Prévoir 1 ou 2 leviers d'amélioration
	Forte	Moyenne	Respect RE2020 de justesse	Prévoir 1 levier d'amélioration
		Très légère et légère	Prévoir 1 ou 2 leviers d'amélioration	Prévoir 1 ou 2 leviers d'amélioration
H2d, H3	Faible	Moyenne	Prévoir 1 levier d'amélioration	
		Très légère et légère	Prévoir 2 ou 3 leviers d'amélioration	
	Forte	Très légère, légère et moyenne	Très compliqué de respecter RE20/Effinergie (géocooling, rafraîchissement adiabatique, puits climatique)	

CONFORT D'ÉTÉ DES CONSTRUCTIONS BOIS

AUTEURS :

Pauline AUBIN
David LEBANNIER
Thomas LEMERLE

Patricia GOUX



FINANCEMENT :

CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois