Etude confort d'été - Note de synthèse suite aux simulations avec le moteur Maestro

Version du 30/10/2019

A la suite des deux rapports du consortium d'étude sur les indicateurs du confort d'été, une réunion d'échange a eu lieu le 12 avril 2019 entre la DHUP, le CSTB et des experts du consortium. Suite à cette réunion, le CSTB et le consortium ont engagé de nouveaux travaux pour :

- Continuer de débugger le moteur de calcul.
- Analyser l'évolution des indicateurs du confort d'été sur la base du moteur de calcul expérimental « Maestro » afin de modéliser les effets de :
    - La modification du déclenchement de la température d'inconfort dans les bâtiments résidentiels de 28°C à 26°C,
    - L'action des brasseurs d'air,
    - Le poids de la surventilation,
    - L'action du puits climatique.

Ce document regroupe les notes de synthèse réalisées sur ces quatre sujets, elles sont systématiquement partagées avec la DHUP et le CSTB.

Certains sujets sont toujours en cours d'étude ou devront être validés avec la version du moteur de calcul qui sera remis au Gt applicateur pour fixer les niveaux d'exigence des indicateurs réglementaires.

Ajouts et modifications au 30/10/2019.

- **Mises à jour des résultats de l'étude pour les logements collectifs :** Lors d'une vérification des bâtiments de l'étude, le CSTB a constaté **une erreur de saisie liée à l'utilisateur dans la modélisation des logements collectifs** :
  « *La valeur de la hauteur utile de tirage thermique (Httf), a été saisie à 13.9 m alors que dans le cas du logement collectif elle est conventionnellement fixée à 1.5 m.* ».
  Les simulations ont été relancées par le BET et les résultats sont modifiés dans cette note de synthèse.

- **Ajout de résultats sur les indicateurs du confort d'été d'une simulation avec un puits hydraulique :** les simulations ont été financées par une entité du consortium qui a souhaitée partager les résultats de son étude.

- **Ajout d'une note d'analyse sur la surventilation par ouverture des baies de la règlementation thermique** : Suite aux conclusions de la partie « surventilation » (*3. Notes de synthèse surventilation*), une entité du consortium a mandaté le CSTB en septembre 2019 pour réaliser un complément d'étude intitulé « l'étude du modèle de surventilation par ouverture des baies de la règlementation thermique ». La note d'analyse de cette étude est ajoutée dans ce document (point 6).

SOMMAIRE

1. Note de synthèse déclenchement de l'inconfort d'été à 26°C en résidentiel 4

2. Note de synthèse sur les brasseurs d'air..... 7

3. Note de synthèse sur la surventilation..... 13

4. Note de synthèse sur le puits climatique 16

5. Ajout des résultats sur le puits hydraulique..... 18

6. Note d'analyse sur : « L'étude du modèle de surventilation par ouverture des baies de la réglementation thermique » du CSTB (référence DEE/CBP – 2019.024S - OCTOBRE 2019) 19

1. Note de synthèse déclenchement de l'inconfort d'été à 26°C en résidentiel

Dans le premier rapport provisoire[1] du consortium de décembre 2018 (moteur V8), nous avions constaté pour le secteur résidentiel (logements individuels et collectifs) que l'indicateur DIES présentait des niveaux et des amplitudes très faibles. Par exemple, pour une maison individuelle de plain-pied en zone H3, le niveau de la DIES était de 6,1h.
En comparaison dans le secteur tertiaire, les niveaux de DIES étaient nettement plus élevés de 55h à 247h (toutes zones climatiques confondues). Nous avions pointé plusieurs causes pouvant expliquer cette différence, dont le déclenchement de l'indicateur DIES à partir de 28°C dans le résidentiel contre 26°C dans le secteur tertiaire.

Suite à la réunion entre la DHUP, le CSTB et le consortium d'étude du 12 avril 2019, les BET Bastide Bondoux et Pouget Consultants ont reçu un moteur de calcul expérimental « Maestro » qui déclenche les indicateurs d'inconfort d'été à partir de 26°C et non plus 28°C dans le résidentiel.

- **L'impact du calcul de l'inconfort d'été à 26°C en résidentiel**

Les résultats obtenus avec ce moteur spécifique montrent que le basculement du déclenchement des indicateurs de l'inconfort d'été à 26°C est profitable. Une petite amplitude entre les différentes variantes commence aussi à apparaitre (voir graphique).

Une maison individuelle de plain-pied en zone H3, correspondant à un niveau équivalent Bbio RT 2012 de 50 points, passe de 5,8 h de DIES (avec le moteur de calcul V8.1 à 28°C) à 25,1 h de DIES (avec le moteur Maestro à 26°C V 8616).

Dans le cas des logements collectif, le basculement de l'inconfort de 26°C à 28°C montre également une amplification des niveaux de DIES (voir annexe n° 2).

Toutefois les valeurs de DIES atteintes restent nettement plus faibles que les valeurs obtenues dans le tertiaire ainsi que l'amplitude. Les échanges avec le CSTB, ont permis de comprendre que d'autres éléments intervenaient et non pas seulement la modification de la température de déclenchement de 28°C à 26°C, d'autres modifications ayant été réalisées sur le moteur Maestro.

Une des différences importantes dans les niveaux de DIES entre les logements et le secteur tertiaire réside dans les scénarios d'occupation. Un logement est considéré comme non occupé durant la période chaude de la journée, ce qui n'est pas le cas dans le tertiaire.

[1] « *18 12 19 - rapport provisoire V8 def groupement – DIES* »

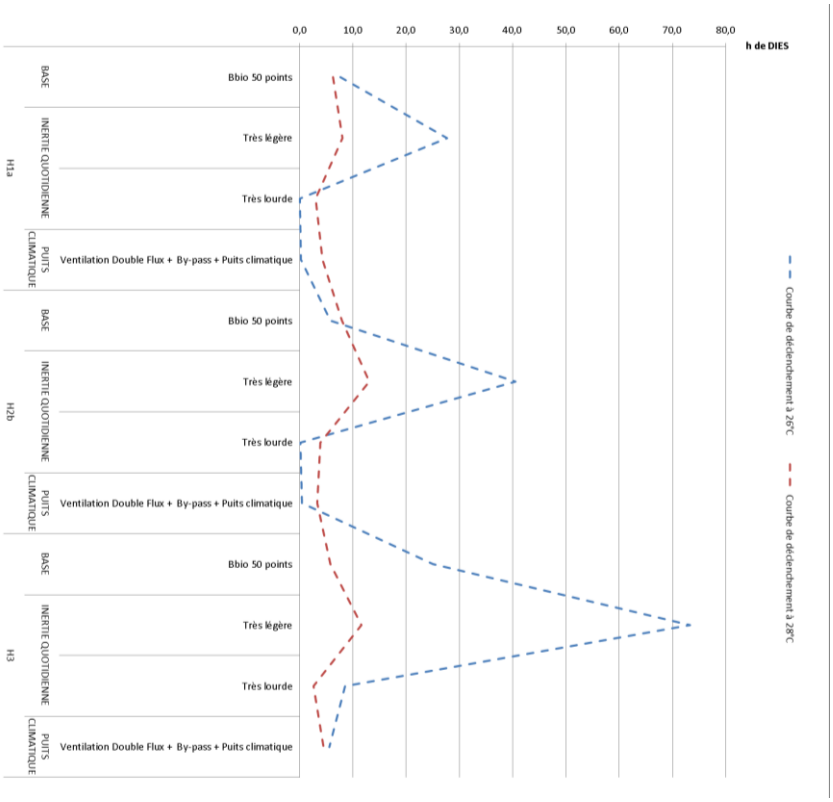


Figure 1 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES entre le moteur de calcul V8.1 et un déclenchement de la DIES à 28°C et le moteur Maestro avec un déclenchement de la DIES à 26°C pour la maison individuelle de plain-pied (en bleu courbe à 26°C - en rouge courbe à 28°C).

Après analyse des résultats (disponibles dans les annexes mises à jour n° 1 – 2 – 3 – 4), les faibles valeurs continuent d'interroger sur la pertinence de conserver l'indicateur DIES sous sa forme actuelle qui risque d'agir comme un contre message car elle indique que l'ensemble des bâtiments résidentiels sont confortables en été. Cela va à l'inverse de sa vocation, qui est bien de limiter l'inconfort en période chaude. Elle doit permettre d'assurer au stade de la conception des choix pertinents sur l'enveloppe, puis sur le fonctionnement en été des équipements classiques comme la surventilation mécanique ou naturelle et enfin d'engager un complément de rafraichissement si besoin sur des périodes courtes. Ce processus doit limiter le recours au rafraichissement actif en termes de puissance, de durée de fonctionnement et de réduire au mieux leur consommation et les pointes d'énergie.

L'expression actuelle de la DIES ne milite pas pour que les concepteurs favorisent le recours aux solutions passives pour limiter l'inconfort. Il en découle que l'usager devra dans la majorité des cas mettre en place d'un système de rafraîchissement actif après la livraison de son logement. Elle est un indicateur difficile à expliquer aux utilisateurs qui dans la réalité constateront un écart conséquent et disproportionné entre cet indicateur et l'ordre de grandeur de l'inconfort réel.

- **Des simulations de cas traités ont été sorties en nombre d'heures total et en nombre de degrés d'heures d'inconfort.**

Sur le constat ci-avant, le consortium a exploré une nouvelle piste tout en conservant le déclenchement à 26°C. Les calculs ont été effectués pour exprimer le résultat en nombre de degrés d'heures d'inconfort. Cet indicateur semble plus représentatif de l'inconfort : 190 h d'inconfort en zone H3 pour une MI de plain-pied avec un déclenchement à 26°C. Il est également plus lisible et simple à expliquer que la DIES aux utilisateurs, puisqu'on évite d'expliquer la notion très théorique de pourcentage d'insatisfaits.

Pour rappel, les Degrés heure d'inconfort sont la somme sur l'année de tous les écarts positifs de la température opérative à un seuil constant commun à tous les usages de bâtiment[2].

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	Température	N heures inc.	N heures inc. +1	N heures inc. +2	Degrés heure d'inconfort	DIES
1N	H1a	BASE	Bbio 50 points	26°C	58	26	5	58	7,7
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	107	74	40	182	27,7
			Très lourde	26°C	2	0	0	1	0,1
	H2b	BASE	Bbio 50 points	26°C	43	21	5	44	5,8
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	129	81	58	259	40,6
			Très lourde	26°C	4	0	0	1,5	0,1
	H3	BASE	Bbio 50 points	26°C	197	70	19	190	25,1
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	354	186	92	501	73,3
			Très lourde	26°C	85	26	5	69	8,5

Tableau 1 : Affichage des résultats sur les différents indicateurs des variantes pour la maison individuelle de plain-pied (1 N = 1 niveau) avec le moteur de calcul Maestro (26°C).

On note toutefois, qu'il sera nécessaire de revérifier la hiérarchie des résultats entre zones climatiques lors de la version définitive du moteur.

- **Propositions :**

→ **Conserver le déclenchement de l'inconfort d'été à 26°C dans le résidentiel comme pour les bâtiments tertiaires.**
→ **L'indicateur DIES doit être exprimé en Degrés heure d'inconfort, plus lisible et représentatif de l'inconfort pour les utilisateurs.**

[2] Nota : le DH est relatif à la température intérieure et se compte en 0°c-heure. Il est de nature différente des DJU qui caractérisent la rigueur climatique d'hiver et qui se compte en °c-jour

2. Note de synthèse sur les brasseurs d'air

Dans les rapports précédents du consortium[3] et lors de l'entretien avec la DHUP et le CSTB le 12 avril 2019, nous avions fait part de la survalorisation anormalement importante des brasseurs d'air, par rapport à toutes les autres variantes étudiées sur l'indicateur DIES. Les brasseurs d'air peuvent représenter un gain de 40 % de DIES en maison individuelle H1a, 44% en logement collectif en H1a et 70 % dans le tertiaire (en crèche en zone H3).

Suite à cette réunion avec la DHUP, le CSTB et le consortium ont partagé la note intitulée « les ventilateurs de plafond » (*Christophe Barras – Aldes – 15 pages*) et un travail de modélisation a été réalisé entre le CSTB et le consortium. Des modifications ont été appliquées dans le moteur Maestro, notamment pour réduire le nombre de brasseurs d'air à un par pièce et son influence pour la pièce qui en est équipée. De plus le CSTB a bien introduit la consommation électrique dans le calcul Cep ainsi que l'apport de chaleur due à leur fonctionnement.

A la suite des modifications du moteur, de nouvelles modélisations ont été menées en logement collectif zone H3 (Choix des données d'entrée du brasseur d'air en annexe 5). A l'issue de ses nouveaux calculs avec le moteur Maestro, il est apparu que l'action des brasseurs d'air est encore anormalement importante avec un gain de 31 % sur la DIES dans le cas d'un logement traversant et un gain de 31% dans le cas d'un logement non traversant.

typologie	Zone climatique		Variantes	Température	DIES	DIES du cas de base	Gain // base	Perf. // base
Collectif	H3	Traversant	Base Bbio Rt 2012 - 50 points	26°C	6,7	6,7	-	-
			Base Bbio Rt 2012 - 50 points	28°C	22,2	22,2	-	-
			Ajout d'un brasseur d'air	26°C	5,6	6,7	1,1	16%
			Ajout d'un brasseur d'air	28°C	15,4	22,2	6,8	31%
		Non Traversant	Base Bbio Rt 2012 - 50 points	28°C	13,5	13,5	-	-
			Base Bbio Rt 2012 - 50 points	26°C	81,8	81,8	-	-
			Ajout d'un brasseur d'air	28°C	13,5	13,5	0,0	0%
			Ajout d'un brasseur d'air	26°C	56,3	81,8	25,5	31%

Tableau 2 : MISE A JOUR Comparaison des résultats de la variante « ajout de brasseurs d'air » pour les logements collectifs traversant en zone H3 avec le moteur V8.1 (ligne 28°C) et le moteur Maestro (Maestro V8627 ligne 26°C).

Le constat est partagé entre le consortium et le CSTB que ses résultats ne correspondent pas à la réalité et qu'il convient d'apporter des corrections cohérentes pour ce système.

Synthèse sur les recherches menées à date.

- Environnement normatif sur les brasseurs d'air :

Lors de nos recherches, nous avons pu lister différentes normes et directives applicables aux performances des ventilateurs de plafond.

- Les ventilateurs de plafond dont la puissance n'excède pas 125W doivent être traités avec la Directive ErP 2009/125/CE – Ecodesign, applicable à la plupart de tous les ventilateurs destinés au secteur résidentiel.
  La section 2 de cette directive est consacrée aux ventilateurs de plafond et définit des indicateurs permettant de calculer la performance de ces systèmes.

[3] *« 18 12 19 - rapport provisoire V8 def groupement – DIES » - 123 pages, et « 19 03 29 - ETUDE DIES - rapport provisoire V8.1 (basse def) » - 153 pages.*

- Parmi ses indicateurs, la valeur de service « SV » exprimée en m^3/min/W (ratio entre le débit d'air maximal fourni par le ventilateur de plafond et sa puissance électrique observée à la vitesse de rotation maximale). Or, à ce jour, les dispositions de cette directive ne sont pas appliquées et il n'a été possible de soulever des informations que pour deux gammes de produits mises sur le marché Européen.
- La consommation saisonnière d'électricité du ventilateur de plafond est calculée en fonction de la puissance et du nombre d'heures de fonctionnement en mode actif (320 heures/an) et en mode veille (1120 heures/an).

De plus, des normes permettent la caractérisation des ventilateurs de plafond :

- La norme IEC170/35.76 fournit des éléments sur la mesure du débit d'air d'un ventilateur de plafond.
- La norme IEC60879/86 fournit des éléments sur la performance et la construction des ventilateurs de plafond électriques et leurs régulateurs. Cette norme propose une méthode d'essai qui permet de tester les débits brassés en prenant en compte les débits d'air induits. Les essais sont effectués à une température ambiante de 20°C +/- 5°C. dans une chambre d'essai aux dimensions 4,5 m x 4,5 m x 3 m, la partie supérieure de la chambre d'essai devant rester ouverte sur sa partie supérieure au centre (ouverture circulaire compris entre 1,1 et 1,2 fois le diamètre des pâles). Les pâles du ventilateur doivent être placées à une distance de 3m (+/- 10mm) du sol. L'anémomètre (appareil de mesure) doit être positionné dans un plan situé à une distance de 1,5m en dessous des pâles du ventilateur. L'essai dure 2h et les mesures sont effectuées à la vitesse la plus élevée du ventilateur.

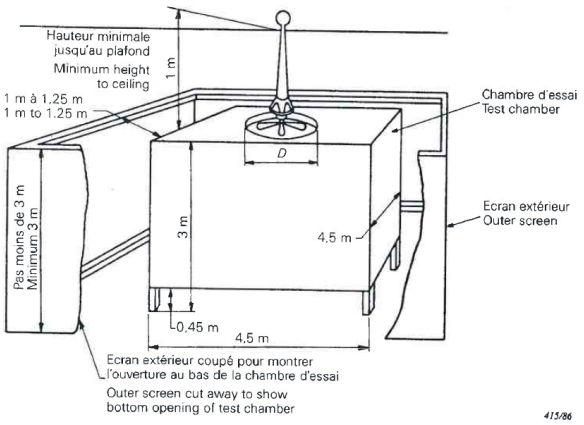


Figure 1 : Schéma des conditions d'essais de la norme IEC60879/86

- La norme IEC 60704-2-7:1997 fournit des éléments sur la détermination du bruit aérien et les règles particulières pour les ventilateurs de plafond.
- La norme EN 62301:2005 fournit des éléments sur la mesure de puissance de veille de différents systèmes électriques.
- La norme NF EN ISO 3741:2012 spécifie des méthodes de détermination du niveau de puissance acoustique ou du niveau d'énergie acoustique émis par une source de bruit à partir des niveaux de pression acoustique mesurés dans une salle d'essai réverbérante.

→ **Aucune de ses normes ne comportent des valeurs limites, seuils… Il s'agit uniquement de protocole d'essai.**

- Puissance acoustique des brasseurs d'air :

La question du confort acoustique est essentielle vis-à-vis du fonctionnement des brasseurs d'air. A date, très peu de systèmes ont fait l'objet de mesures acoustiques et les quelques rares disponibles sont toutes à une vitesse maximale.

Pour rappel, le scénario de nuit retenu par le moteur de calcul est de 60 % de la vitesse maximale. Cependant cette disposition ne peut en aucun cas garantir une réduction du bruit permettant de respecter les exigences de confort retenues par la règlementation acoustique.

Il est impératif que la règlementation thermique préconise des équipements respectant à minima la règlementation acoustique dans les logements.

→ **La réglementation acoustique des bâtiments fournit des valeurs de niveau de pressions acoustiques normalisées à ne pas dépasser dans les bâtiments d'habitation. En considérant que les ventilateurs de plafond sont classés dans les appareils individuels de climatisation, ces valeurs sont de 35 dB(A) pour une pièce principale et 50 dB(A) pour une cuisine (40 dB(A) pour une pièce principale avec cuisine ouverte).**

→ **Or, les seules mesures disponibles montrent des niveaux de puissance sonore nettement supérieurs à 35 dB(A). Ces appareils sont donc non compatibles avec la règlementation acoustique Française. Des essais acoustiques sont donc impératifs avant toute décision de les conserver dans le moteur de calcul.**

- La vitesse d'air des brasseurs d'air :

Il est nécessaire de s'interroger sur la vitesse d'air prise en compte dans les scénarii du moteur de calcul et leurs adéquations en fonction des types de bâtiment et dans lesquels il y a des locaux de sommeil.

La norme NF EN 16798-1 « *Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 1 : Données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique (Module M1-6)* » est la norme de référence.

- Elle fixe les conditions des paramètres d'entrées relatifs à l'ambiance intérieure (ambiance thermique, qualité de l'air intérieur, ventilation, éclairage et acoustique) pour la conception des systèmes du bâtiment et les calculs de la performance énergétique qui en découle.
- Elle détaille les exigences de conception relatives aux débits d'air (les critères d'ambiance intérieure sont déterminés par l'occupation humaine et lorsque l'ambiance intérieure n'est pas notablement influencée par la production ou le procédé).
- Cette norme est élaborée en application de la Directive Performance Energétique des Bâtiments (DPEB) (Directive 2010/31/UE).
- Le document prFD CEN/TR 16798-2 qui accompagne cette norme décrit l'utilisation et l'adaptation de la norme pour les données d'entrées.

→ **NF EN 16798-1 - Tableau B3 : il est recommandé une vitesse maximale de l'air / courant d'air dans la zone d'occupation entre 0,3 m < hauteur < 2 m au-dessus du sol, à 0,1 et 0,24 m/s selon la catégorie de locaux et la saison.**

→ **En logement = catégorie II = 0,19 m/s max l'été.**

FprEN 16798-1:2016 (E)

Le Tableau B.3 donne des critères par défaut pour les paramètres d'inconfort thermique local pour les trois catégories pour la conception des bâtiments et des systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA).

Tableau B.3 — Critères de dimensionnement d'inconfort thermique local

	Courant d'air			Différence de température verticale de l'air (tête-chevilles)		Plage de température du sol		Asymétrie de la température radiante				
	DR (indice de courant d'air) [%]	Vitesse maximum de l'air[a] Hiver [m/s]	Eté [m/s]	PD [%]	Différence de température[b] [K]	PD [%]	Plage de température de surface du sol [°C]	PD [%]	Plafond chaud [K]	Paroi froide [K]	Plafond froid [K]	Paroi chaude [K]
Catégorie I	10	0,10	0,12[c]	3	2	10	19 à 29	5	< 5	< 10	< 14	< 23
Catégorie II	20	0,16	0,19[c]	5	3	10	19 à 29	5	< 5	< 10	< 14	< 23
Catégorie III	30	0,21	0,24[c]	10	4	15	17 à 31	10	< 7	< 13	< 18	< 35

[a] En supposant un niveau d'activité de 1,2 met, une intensité de turbulence de 40 % et une température de l'air égale à la température de fonctionnement d'environ 20 °C en hiver et 23 °C en été.

[b] Différence entre 1,1 m et 0,1 m au-dessus du sol.

[c] Lorsque la température de l'air est supérieure à 25 °C, des vitesses maximum d'air plus élevées sont autorisées et souvent même préférées (les courants d'air deviennent une brise agréable), mais uniquement à condition que les occupants puissent régler directement la vitesse d'air. Voir en B.2.3 pour des exemples de corrections de température de fonctionnement.

Pour plus d'informations, voir l'EN ISO 7730 [10] et le FprCEN/TR 16798-2 [7].

Tableau 3: NF EN 16798-1 - Tableau B3 - Critères de dimensionnement d'inconfort thermique local.

- **Exemple d'application sur les données techniques de la marque VORTICE**

Nous allons appliquer les points vus précédemment sur les données techniques de la marque VORTICE selon la directive ErP 2009/125/CE. Les cellules du tableau en rouge sont les points suivants :

- Ne respectant pas La Directive ErP 2009/125/CE : < à 125W ;
- Puissance acoustique à respecter en considérant que les ventilateurs de plafond sont classés dans les appareils individuels de climatisation : 35 dB(A) pour une pièce principale et 50 dB(A) pour une cuisine (40 dB(A) pour une pièce principale avec cuisine ouverte) ;
- Vitesse d'air correspondant à la norme En 16798-1 : 0,19 m/s max l'été.

	Débit max (m3/min)	Valeur de Service (m3/min/W)	Puissance acoustique (dB(A))	Puissance (W)	RPM max (tr/min)	Vitesse max de l'air (m/s)
NORDIK AIR DESIGN 140-17	208,33	1,811	48,2	115	184	2,46
NORDIK AIR DESIGN 140-29	208,33	1,811	48,2	115	184	2,46
NORDIK AIR DESIGN 160-29	258,33	2,246	48,7	115	162	2,23
NORDIK HEAVY DUTY 120	234	2,925	51,8	80	233	1,54
NORDIK HEAVY DUTY 140	266,6	3,332	55,4	80	236	1,35
NORDIK HEAVY DUTY 160	321,6	3,78	55,6	85	210	1,2
NORDIK HEAVY DUTY 200	367,5	4,32	56,4	85	186	1,46
NORDIK EVOLUTION GOLD 120	230,17	3,288	49,1	70	198	2,34
NORDIK EVOLUTION GOLD 140	276,43	3,949	52,6	70	197	2,08
NORDIK INTERNATIONAL PLUS 120	165	2,357	49,1	70	234	1,68
NORDIK INTERNATIONAL PLUS 140	225	3,214	52,1	70	231	1,69
NORDIK INTERNATIONAL PLUS 160	233	3,333	55,5	70	201	1,54
NORDIK EVOLUTION R 90	193,2	2,76	46,1	70	200	3,35
NORDIK EVOLUTION R 120	230,17	3,288	49,1	70	198	2,34
NORDIK EVOLUTION R 140	276,43	3,949	52,6	70	197	2,08
NORDIK EVOLUTION R 160	283,52	4,05	55,6	70	193	1,87
NORDIK DESIGN 1S 90	145,5	2,079	44,9	70	235	2,53

NORDIK DESIGN 1S 120	197	2,814	49,1	70	205	2
NORDIK DESIGN 1S 140	228	3,257	52,1	70	215	1,72
NORDIK DESIGN 1S 160	233,33	3,333	55,5	70	215	1,54
NORDIK DESIGN 1SL 90	145,5	0,661	44,9	175	235	2,53
NORDIK DESIGN 1SL 120	197	0,895	49,1	175	205	2
NORDIK DESIGN 1SL 140	228	1,036	52,1	175	215	1,72
NORDIK DESIGN 1SL 160	233,33	1,061	55,5	175	215	1,54
NORDIK DECOR 1S 90	142	2,029	47,9	70	235	2,47
NORDIK DECOR 1S 140	224,5	3,207	54,1	70	215	2,28

Tableau 4 : Valeurs ErP 2009/125/CE pour différents ventilateurs de plafond de marque VORTICE

- **Nos propositions et pistes d'échanges :**

Afin de respecter la Directive ErP 2009/125/CE, la puissance acoustique à respecter en considérant que les ventilateurs de plafond sont classés dans les appareils individuels de climatisation et la norme NF En 16798-1, nous proposons pour les brasseurs d'air de prendre des valeurs pertinentes et sécuritaires de débit vis à vis du confort acoustique (notamment en habitat et pour les locaux de sommeil) tant que l'ensemble des produits du marché ne sont pas évalués par rapport à l'ensemble des normes citées précédemment (débits aux différents vitesses de fonctionnement, puissance sonore à chaque vitesse).

→ **Retenir des brasseurs d'air adaptés aux petites pièces.**

→ **Prendre des valeurs de débits modulées tenant compte des vitesses et de l'émission sonore maximale émissible (la vitesse maximale peut ne pas être tolérable tant en confort aéraulique qu'en niveau sonore).**

→ **Prendre des valeurs de débits pour la nuit en retenant une puissance acoustique inférieure à 35 dB(A) et le scénario de nuit ne peut couvrir toute la nuit, retenir une période de 3 heures par exemple.**

→ **Retenir dans le moteur de calcul une régulation automatique basée sur les températures d'air et non pas sur les températures opératives, puisse qu'il n'existe pas de thermostat de mesure de température opérative.**

- **Synthèse de la réunion téléphonique du 15 juillet 2019 à 11h15.**

Sujet : Etude Confort d'été : brasseurs d'air.
Présents pour le consortium : CERIB Bernard Barthou, EDF R&D Hugues Bosche, Isolons la terre / Aldes Damien Labaume, Isolons la terre / Isover Charly De Laâge et Sylvie Charbonnier.
Présent pour le CSTB : Matthieu Cosnier.

- Matthieu regarde la vitesse d'air dans le Logement Collectif et compare avec les fichiers de calculs du consortium et partage avec le consortium ses résultats.
  Réponse de Matthieu faite suite à la réunion et passage calcul :
  « Voici le tableau corrigé, indiquant les min/max des vitesses d'air et des abaissements de température opérative pour le logement collectif et 2 zones climatiques.
  On est bien sur des vitesses autour de 0.3 m/s pour un abaissement de température de l'ordre de 1°C. »

Zone	Groupe	ΔT [°C]		vitesse [m/s]	
		min	max	min	max
H2b	Grpe trav	0,89	1,02	0,29	0,31
	Grpe Non tra	0,79	0,89	0,28	0,30
H3	Grpe trav	0,89	1,01	0,30	0,31
	Grpe Non tra	0,79	0,89	0,28	0,30

→ Merci aux membres qui ont assisté à la réunion de donner leur avis. La vitesse à 0,3 m/s et non pas la valeur de la norme 0,19 m/s.

- Damien Labaume regarde avec le CETIAT la partie acoustique : existe-t-il des lois de similitude pour définir les puissances acoustiques des vitesses réduites en partant des vitesses maximales ?
  Rappel : les données acoustiques des brasseurs d'airs disponibles chez les industriels portent uniquement sur la puissance acoustique à la vitesse maximale, pas de données acoustiques sur les vitesses moyennes ou lentes.

- Matthieu regarde la possibilité de retenir dans le moteur de calcul une régulation automatique basée sur les températures d'air et non pas sur les températures opératives.

→ <u>Objectifs</u> : Analyser la vitesse d'air et la puissance acoustique des brasseurs d'air pour valider de leur adéquation avec la norme NF EN 16798-1 et la NRA.

3. Note de synthèse sur la surventilation

Qu'il s'agisse des précédents rapports du consortium, du rapport de 2013 du Collectif Isolons la Terre Contre le CO_2 ou du dernier rapport du groupe d'expertise « *GE7 – Correction et mise à jour de la méthode de calcul énergétique Rapport du groupe d'expertise* » le poids la surventilation nocturne reste une préoccupation du fait de son impact anormalement fort sur l'indicateur confort d'été (voir annexes 6 – 7 et 8).

- **Les scénarii ouvertures de baies entre le moteur V8.1 et Maestro.**

Dans les simulations avec le moteur V8.1 et Maestro, et contrairement aux simulations avec le moteur de calcul V8.0, les portes d'entrées et de garages sont retenues fermées. Malgré cela, la différence entre les variantes « toutes les baies non ouvrables » et le scénario « surventilation type » du moteur de calcul, reste encore très forte et d'environ une division par 66 (logement collectif en zone H3) avec des calculs faits à 26°C.

Tableau 5 : Comparaison pour la surventilation nocturne entre les cas de base avec le scénario « surventilation type » du moteur de calcul et un scénario fictif avec des baies non ouvrables avec le moteur V8.1 (déclenchement de l'inconfort à 28°C - ligne 28°C) et le moteur Maestro (déclenchement de l'inconfort à 26°C - ligne 26°C).

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	Température	N heures inc.	N heures inc. +1	N heures inc. +2	Degrés heure d'inconfort	DIES
1N	H1a	BASE	Bbio RT 2012 50 points	26°C	58	26	5	58,3	7,7
				28°C	47	25	1	48,6	6,3
		BAIES	Non ouvrable	26°C	676	448	268	1220,6	190,1
				28°C	304	184	68	414,7	59,4
	H2b	BASE	Bbio RT 2012 50 points	26°C	43	21	5	44,3	5,8
				28°C	52	30	4	60,3	8,0
		BAIES	Non ouvrable	26°C	941	529	271	1532,3	229,1
				28°C	247	158	97	462,6	71,9
	H3	BASE	Bbio RT 2012 50 points	26°C	197	70	19	190,3	25,1
				28°C	57	17	6	44,9	5,8
		BAIES	Non ouvrable	26°C	1663	1335	1059	4851,0	773,8
				28°C	1037	740	434	1939,8	299,3

Tableau 6 : MISE A JOUR Comparaison entre les logements collectifs traversant et non-traversant du scénario « surventilation type » du moteur de calcul (ligne Bbio 50 points RT 2012) et du scénario fictif « baies non ouvrables » avec le moteur V8.1 (déclenchement de l'inconfort à 28°C - ligne 28°C) et le moteur Maestro (déclenchement de l'inconfort à 26°C - ligne 26°C).

typologie	Zone climatique	Variantes	Température	DIES Logement traversant	DIES Logement Non traversant
Collectif	H1a	Base Bbio Rt 2012 - 50 points	28°C	4,5	7,9
		Base Bbio Rt 2012 - 50 points	26°C	4,2	4,1
		Baies - Non ouvrables	28°C	111,9	113,6
		Baies - Non ouvrables	26°C	290,5	308,9
	H2b	Base Bbio Rt 2012 - 50 points	28°C	6,8	7,3
		Base Bbio Rt 2012 - 50 points	26°C	4,0	2,9
		Baies - Non ouvrables	28°C	107,2	107,5
		Baies - Non ouvrables	26°C	433,1	492,6
	H3	Base Bbio Rt 2012 - 50 points	28°C	6,7	13,5
		Base Bbio Rt 2012 - 50 points	26°C	22,2	81,8
		Baies - Non ouvrables	28°C	626,0	645,5
		Baies - Non ouvrables	26°C	1219,6	1276,7

Une des explications sur ces résultats pourrait être la formule de la norme NF EN 16798-7 qui a un impact sur la surventilation nocturne. Il apparait que le coefficient de la hauteur du tirage thermique peut avoir un impact important, mais cela n'explique pas pour autant toute la différence entre le scénario RT2012 et le scénario « baies non ouvrables ».

De plus, la formule de calcul de la norme NF EN 16798-7 implique que toute la zone a une pression homogène, il n'y a donc pas de pertes de charges entre entrée et sortie d'air. Il y a un risque de fermeture des portes intérieures si les débits sont trop grands, le logement va donc basculer en non-traversant au bout de 30 min ou 1h. Il convient de vérifier comment ce risque est pris en compte ou non dans le moteur de calcul.

- **Les scénarii d'ouverture des baies**

Il serait souhaitable d'étudier l'impact des différents scenarii et les ratios d'ouverture des baies afin de ne pénaliser ni l'approche passive ni survaloriser l'approche active. L'approche se doit d'être plus sécuritaire, 65% de la population est située dans des communes à forte densité, les nuisances sonores et les risques d'effraction doivent entrer dans cette réflexion. Il serait également souhaitable de prendre en considération dans le modèle de calcul la fermeture des portes intérieures qui sont considérées comme toutes ouvertes 100% du temps. Il en est de même concernant l'action des protections mobiles et la pertinence de la perméabilité retenue. Ces éléments ont en effet un impact sur la limitation des effets de la surventilation nocturne.

- **Pistes d'améliorations en cours d'étude :**

→ **Modification de l'impact des différents scenarii et les ratios d'ouverture des baies.**
→ **Prendre en considération dans le modèle la fermeture des portes intérieures.**
→ **Etudier et analyser le taux de passage d'air d'une protection mobile.**

- **Synthèse de la réunion téléphonique du 15 juillet 2019 à 11h15.**

Sujet : Etude Confort d'été : surventilation.
Présents pour le consortium : CERIB Bernard Barthou, EDF R&D Hugues Bosche, Isolons la terre / Aldes Damien Labaume, Isolons la terre / Isover Charly De Laâge et Sylvie Charbonnier.
Présent pour le CSTB : Matthieu Cosnier.

Il a été rappelé par le consortium que l'objectif est de restituer toute sa place à la surventilation nocturne mais de valider que les ordres de grandeur sont bien représentatifs de la réalité. La surventilation fonctionne très bien à mi- saison. La demande est que son action soit plus représentative lors des périodes chaudes en particulier lors des canicules.

Les hypothèses identifiées à analyser :
- Fichiers météos : avec l'hypothèse qu'ils ne représentent pas ou mal les scénarios caniculaires.
- C'est-à-dire avec vitesse de vent proche de 0 et une température intérieure proche de la température extérieure.
- L'impact des différents scenarii et les ratios d'ouverture des baies.
- Le taux de passage d'air d'une protection mobile.

→ Proposition : le CSTB évalue le temps et le coût pour analyser :
- La formule de la surventilation : avec l'impact des scenarii d'ouverture des baies - taux de passage d'air d'une protection mobile – fermeture de portes intérieures,
- L'incidence des fichiers météo sur la surventilation avec le moteur de calcul actuel,

- L'action de la surventilation lors d'un scénario type canicule.

Délai : Proposition à recevoir du CSTB dans la semaine – validation par l'ensemble du consortium - ISOVER pourrait prendre en charge l'ensemble ou une partie de cette étude complémentaire selon le montant auquel on arrive.

4. Note de synthèse sur le puits climatique

Lors de la réunion du 12 avril 2019 sur le confort d'été entre la DHUP, le CSTB et le consortium, il a été rappelé par le consortium que : dans les simulations réalisées, le puits climatique n'a pas d'effets sur l'indicateur DIES. Pourtant, l'algorithme du puits climatique de la méthode TH-BCE, développé manuellement, montre bien des gains importants en confort d'été, ce qui laisse supposer d'un problème dans le moteur de calcul. De plus, les études STD et les relevés in situ réalisés avec cet équipement présentent également des résultats probants similaires aux résultats des études STD sur le confort d'été. Les documents à disposition du consortium ont été partagés avec le CSTB.

- **Historique des études du consortium sur le puits climatique :**

Dans la première étude du consortium[4] avec le moteur de calcul V8.0, le puits climatique n'avait aucun effet sur l'indicateur DIES (annexe 9). Après vérification par le CSTB, il s'avère que le puits climatique n'était pas relié au moteur Th-CD, relatif au calcul des indicateurs Tic et DIES. Son effet n'était donc pas pris en compte.

Dans la version suivante de moteur de calcul (V8.1) ce point a été corrigé[5]. Cependant dans cette version, l'impact du puits climatique sur l'indicateur DIES restait anormalement faible et non représentatif de la performance réelle de cet équipement (annexe 10).

Suite à la réunion du 12 avril 2019, le CSTB s'est engagé à analyser le dysfonctionnement dans le moteur de calcul RT 2012 en se basant sur un titre V en cours d'instruction sur un puits hydraulique.

- **Les résultats du puits climatique avec le moteur Maestro.**

A la livraison du moteur expérimental Maestro, le BET Bastide Bondoux a relancé des calculs sur une maison individuelle de plain-pied, avec et sans puits climatique et trois zones climatiques. Les résultats affichés avec ce moteur de calcul sont encourageants. L'ajout d'un puits climatique couplé à une VCM Double Flux avec la fonction « By pass » permet d'améliorer significativement le confort d'été.
L'explication du CSTB sur les modifications dans le moteur Maestro avec le puits climatique est la suivante : « Contrairement aux versions précédentes de moteur de calcul, le puits climatique est associé avec une VMC double flux dont l'échangeur (efficacité 90%) possède une fonction de bypass d'été. Dans les précédents calculs, le moteur continuait d'utiliser la récupération sur l'échangeur de la VMC double flux en été, même lorsque le puits climatique était utilisé. Cela avait pour conséquence de faire perdre tout l'effet rafraichissant du puits. »

Lors de la réunion du consortium avec le CSTB le 16 juillet 2019, il a été constaté que pour la zone H3, les mesures réalisées in situ démontrent une efficacité plus importante du puits sur le confort d'été qu'avec le moteur Maestro. Le CSTB ayant fait de nouvelles modifications portant sur la surventilation diurne seront bien introduites dans la nouvelle version du moteur de calcul qui sera remis au Gt applicateur.
De plus, il est convenu que le CSTB va réaliser une fiche pédagogique à destination des BET pour illustrer les paramètres à régler pour les VMC double flux avec bypass couplées avec un puits climatique, par exemple : surventilation nocturne, la température de sortie du puits, la surventilation de jour et la synchronisation entre la surventilation et le puits…
Le CSTB a bien confirmé que cette modification du moteur va concerner l'ensemble des bâtiments (résidentiel et tertiaire) qui seront modélisés avec le prochain moteur de calcul.

[4] *18 12 19 – « rapport provisoire V8 def groupement – DIES » - 123 pages.*
[5] *19 03 29 – « ETUDE DIES - rapport provisoire V8.1 (basse def) » - 153 pages.*

Le consortium a demandé si les modifications sur le bypass en été, de la double flux vont également concerner les bâtiments tertiaires suites aux modifications du moteur.

Tableau 6 : Présentation des résultats avec un puits climatique (Double Flux + by pass + puits climatique) ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur Maestro pour une maison individuelle de plain-pied sur trois zones climatiques.

Typologie	Zone climatique	Variantes	Température	N heures inc.	N heures inc. +1	N heures inc. +2	Degrés heure d'inconfort	DIES	Gain // base (en Degrès heure d'inconfort)	Perf. // base (en Degrès heure d'inconfort)
1N	H1a	BASE Bbio 50 points RT 2012	26°C	58	26	5	58,3	7,7		
		Double Flux + by-pass + puits climatique	26°C	6	0	0	3,2	0,3	55,1	95%
	H2b	BASE Bbio 50 points RT 2012	26°C	43	21	5	44,3	5,8		
		Double Flux + by-pass + puits climatique	26°C	9	1	0	4,3	0,4	40,0	90%
	H3	BASE Bbio 50 points RT 2012	26°C	197	70	19	190,3	25,1		
		Double Flux + by-pass + puits climatique	26°C	58	18	3	46,4	5,7	143,9	76%

Lors de cette réunion des échanges ont porté sur le calcul de la performance du puits climatique en hiver :

En hiver, l'association du puits climatique avec une VMC double flux performante permet d'améliorer son efficacité mais cela ne signifie pas pour autant une addition des performances des deux systèmes. La description des réseaux est importante dans le moteur de calcul.
Le CSTB a précisé que l'effet du puits est important quand les températures extérieures sont très froides car l'échangeur de la VMC double flux, du fait que la température du puits est moins froide, n'a pas besoin d'un réchauffage propre qui consomme de l'énergie. L'ajout d'un puits climatique va permettre d'éviter les consommations électriques pour le dégivrage de l'échangeur. Cependant, les données actuelles sur la caractérisation de dégivrage des échangeurs de VMC double flux ne sont pas suffisantes pour savoir exactement quelles sont les consommations de ce dégivrage. Les industriels auraient avantage à développer les évaluations sur ce point.

Actions à réaliser lors de la sortie du prochain moteur de calcul :

- → **Vérification de l'action du puits climatique sur l'ensemble des indicateurs règlementaires Cep et Dies pour le résidentiel et le tertiaire.**
- → **Valider le cas de la surventilation diurne pour améliorer les performances en zone H3.**
- → **Analyser la fiche pédagogique du CSTB sur les VMC doubles flux couplées à un puits climatique.**

5. Ajout des résultats sur le puits hydraulique

La simulation d'un puits hydraulique avec le moteur de calcul Maestro a été financée par une entité du consortium. Cette entité a souhaité partager les résultats avec l'ensemble des participants de l'étude sur le confort d'été.

Le puits hydraulique a été intégré dans le moteur de calcul règlementaire RT2012 suite au titre V générique, publié dans l'arrêté du 16 août 2017[6] relatif à l'agrément des modalités de prise en compte du geocooling dans la réglementation thermique 2012. Pour la future RE2020, il est prévu que le geocooling fasse parti des solutions de base, prises en compte dans le moteur de calcul.

L'objectif des simulations avec le puits hydraulique est de valider son action sur les indicateurs du confort d'été dans le futur moteur de calcul règlementaire.

Tableau 7 : Présentation des résultats avec un puits hydraulique ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur Maestro pour une maison individuelle de plain-pied sur trois zones climatiques.

typologie	Zone climatique	Variantes	Température	DIES	DH	Gain DH
1N	H1a	base Bbio RT2012 50 points	26° C	7,7	58,3	-
		Puits Hydraulique	26° C	0,5	4,6	92%
		DF + By pass + Puits Climatique	26° C	0,3	3,2	95%
	H2b	base Bbio RT2012 50 points	26° C	5,8	44,3	-
		Puits Hydraulique	26° C	0,4	3,9	91%
		DF + By pass + Puits Climatique	26° C	0,4	4,3	90%
	H3	base Bbio RT2012 50 points	26° C	25,1	190,3	-
		Puits Hydraulique	26° C	0,5	11	94%
		DF + By pass + Puits Climatique	26° C	5,7	58	70%

Le puits hydraulique ou geocooling apporte une amélioration du confort d'été de plus de 91 % sur l'indicateur DH en comparaison avec les cas de bases. Sa prise en compte dans le moteur de calcul maestro semble donc correcte et devra être validée avec le moteur de calcul règlementaire RE 2020.

Actions à réaliser lors de la sortie du prochain moteur de calcul :

→ **Comme avec le puits climatique, lors de la sortie du moteur de calcul RE2020, une vérification de son action sur l'ensemble des indicateurs règlementaires Cep et des indicateurs du confort d'été pour les secteurs résidentiels et tertiaires sera nécessaire.**

[6] https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/documents/Bulletinofficiel-0029907/met_20170014_0000_0007.pdf

6. Note d'analyse sur : « L'étude du modèle de surventilation par ouverture des baies de la réglementation thermique » du CSTB (référence DEE/CBP – 2019.024S - OCTOBRE 2019)

Cette note d'analyse synthétise un complément d'étude réalisée par le CSTB[7] sur l'impact de la surventilation par ouverture des baies sur l'indicateur du confort d'été. Elle fait suite à la note de synthèse du 19 juillet 2019 du consortium[8] portant sur les études de sensibilité sur le confort d'été dans le secteur résidentiel, avec un moteur de calcul Maestro qui déclenche l'inconfort d'été à partir de 26° C (contre 28° C initialement dans le moteur de calcul règlementaire). Cette étude avait démontré le poids très important de la surventilation par ouverture des baies sur les indicateurs du confort d'été. L'objet de ces nouveaux travaux réalisés par CSTB est d'évaluer si l'impact de la surventilation par ouverture des baies sur le confort d'été apparait comme réaliste ou surdimensionné.

Pour cette étude, les bâtiments utilisés sont les bâtiments résidentiels modélisés par les BET pour le consortium dont les fichiers de calcul ont été partagés avec le CSTB (maison individuelle de plain-pied dite « 1N », maison individuelle avec des combles aménagés dite « R+C », un logement collectif dit « LC » traversant et non traversant).

Le moteur de calcul est le moteur Maestro avec un déclenchement des indicateurs de confort d'été à partir de 26°C.

L'étude se compose de deux parties :

1. Vérification de la cohérence du débit horaire de surventilation par ouverture des baies entre l'algorithme du moteur de calcul règlementaire par rapport à la norme NF EN 16798-7.

2. Evaluation de la sensibilité des paramètres identifiés comme potentiellement impactant les débits de surventilation : la vitesse de vent, la gestion manuelle de l'ouverture des baies, une séquence caniculaire, la perméabilité des protections mobiles, la gestion des protections mobiles.

Synthèse des points clés de l'étude :

Vérification de la cohérence du débit horaire de surventilation par ouverture des baies entre l'algorithme du moteur de calcul règlementaire par rapport à la norme NF EN 16798-7.

➔ **Les taux de renouvellement d'air issus de la norme et du moteur de calcul sont cohérents et n'apparaissent pas comme sous ou surdimensionnés.** Cependant, les fenêtres inclinées sont prises en compte dans le calcul de débit de surventilation avec le moteur de calcul règlementaire alors qu'elles sont exclues dans la norme NF EN 16798-7. Toutefois, les écarts sur les débits calculés restent, dans ce cas, marginaux et inférieurs à 5% du débit total.

➔ **Une correction sera apportée en ce sens *dans le prochain moteur de calcul réglementaire.***

Saisie de la part du BET concernant la hauteur utile de tirage thermique **impacte très fortement les débits calculés.**

➔ **Nécessité de réaliser un accompagnement pédagogique des bureaux d'étude thermique avec la rédaction d'une note explicative sur l'entrée des données pour les paramètres influents sur les indicateurs du confort d'été (type de protection mobiles, Httf).**

Evaluation de la sensibilité des paramètres identifiés comme potentiellement impactant les débits de surventilation :

La séquence caniculaire : identifiée comme un paramètre d'influence de premier ordre :
L'étude d'une séquence caniculaire fait sens dans un contexte de réchauffement climatique. Toutefois, il est important de dissocier le confort d'été que l'on peut qualifier de « courant » avec une séquence caniculaire dite « extrême ».

➔ **Proposition du consortium : Il apparait important pour le consortium de poursuivre l'analyse de l'impact sur les indicateurs de confort avec des épisodes de fortes chaleur et d'avancer sur la définition d'un indicateur adapté, indicateur qui pourrait être informatif.**

La perméabilité des protections mobiles : identifiée comme un paramètre d'influence de premier ordre :

[7] L'étude est mandatée par ISOVER et portée par l'ensemble des participants du consortium
[8] 19 07 19 - consortium simulations Dies Etude confort d'été - Compilation des notes de synthèse

➔ **La méthode de calcul doit comprendre des définitions plus précises des différents types de protections mobiles en cohérence avec les matériels disponibles et leur appellation représentative.**

La gestion des protections mobiles : identifiée comme un paramètre d'influence de premier ordre :

➔ **Bien que ce paramètre ait une incidence avérée et importante dans le cas des volets roulants en poids sur l'indicateur, la méthode de calcul réglementaire ne peut tenir compte de toutes les situations et doit rester neutre quant au scénario de gestion des protections mobiles.**

➔ La vitesse de vent et la gestion manuelle de l'ouverture des baies sont considérés comme des paramètres d'influence de second ordre.

Analyse détaillée de l'étude.

PARTIE 1 : Vérification de la cohérence du débit horaire de surventilation par ouverture des baies entre l'algorithme du moteur de calcul et la norme NF EN 16798-7.

Cette partie de l'étude consiste à calculer les débits de surventilation par ouverture des baies avec la formule de calcul de la norme NF EN 16798-7 et de comparer les résultats avec des simulations issues du moteur de calcul Maestro.

La norme NF EN 16798-7 est utilisée dans le mode TH-D du moteur de calcul règlementaire pour le calcul des indicateurs du confort d'été DIES et Degrés Heure (DH). Il s'agit de vérifier de sa bonne retranscription dans les algorithmes du moteur. Plusieurs champs pour permettre l'application de cette norme sont utilisés dans le moteur de calcul, les champs sont soit directement prédéfinis à travers des conventions ou des scénarios d'usage ou renseignés par les bureaux d'études thermiques :

- **Surface totale d'ouverture des baies** : correspond à la somme des sections ouvertes de chaque baies, ce champ est calculé par le moteur de calcul selon les ratios : d'ouverture de la baie et de fermeture de la protection mobile en place et du niveau d'étanchéité de celle-ci. Les types de baies et de protections mobiles sont des données renseignées par les BET.
- **Vitesse de vent** : Intégrée dans le moteur de calcul réglementaire, elle est fixée par convention à 1 m/s en période de confort adaptatif et corrigée d'un facteur 0.9 toute l'année.
- **Hauteur utile de tirage thermique** (Httf) : cette valeur est renseignée par les BET selon le projet étudié et correspond à la différence d'altitude entre le point le plus bas de l'ouverture la plus basse et le point le plus haut de l'ouverture la plus haute. Dans le cas général, Httf est pris égal à 1,5 m. Deux cas de figure font cependant exception, les groupes « en usage d'habitation - maison individuelle » et les groupes constitués de locaux de grandes hauteurs, dont la différence d'altitude entre la partie inférieure de l'ouvrant le plus bas et la partie supérieure de l'ouvrant le plus haut est supérieure à 4 m. Dans ces deux cas seulement, l'utilisateur saisit la différence d'altitude, dans la limite de 15 m maximum.
- **Température du local :** définie conventionnellement dans la méthode réglementaire.

<u>Les conclusions du CSTB sur la partie I.</u> :

Les comparaisons entre les deux méthodes (norme NF EN 16798-7 et moteur de calcul Maestro) ont démontré que les résultats étaient rigoureusement identiques, sauf en présence de baies inclinées (cas de la MI avec des combles aménagés). En effet, les fenêtres inclinées sont prises en compte dans le calcul de débit de surventilation avec le moteur de calcul règlementaire alors qu'elles sont exclues dans la norme NF EN 16798-7. Toutefois, les écarts sur les débits calculés restent, dans ce cas, marginaux et inférieurs à 5% du débit total.

➔ ***Une correction sera apportée en ce sens dans le prochain moteur de calcul réglementaire.***

Cette comparaison entre la norme et le moteur Maestro a permis :

- *D'évaluer pour chaque catégorie de logement les taux de renouvellement d'air sur la période de confort adaptatif,*
- *De déterminer si la composante du tirage thermique ou de l'effet du vent était la plus souvent utilisée.*

On retrouve des taux de renouvellement d'air compris entre 0 et 10 volume/heure dans la majorité des cas, avec des pointes autour de 20 vol/h à certaines périodes. Dans les locaux d'un seul niveau, la composante liée à l'effet

du vent est majoritairement prépondérante, lorsqu'un niveau est ajouté l'effet de tirage thermique devient prépondérant.

Toute erreur de saisie de la part du BET concernant la hauteur utile de tirage thermique ***impacte très fortement les débits calculés.***

➔ **<u>Proposition du groupe de travail</u> : Il y a la nécessité de réaliser un accompagnement pédagogique des bureaux d'étude thermique avec la rédaction d'une note explicative sur l'entrée des données pour les paramètres influents sur les indicateurs du confort d'été (type de protection mobiles, Httf).**

<u>Synthèse des membres du consortium</u> : Les taux de renouvellement d'air issus de la norme et du moteur de calcul sont cohérents et n'apparaissent pas comme sous ou surdimensionnés, le moteur prend en compte un réchauffement pendant environ 1/3 du temps lors de l'ouverture des baies, les valeurs moyennes de section ouverte des baies sur l'année prises en compte dans le calcul sont bien sécuritaires.

PARTIE 2. : Etude de sensibilité sur les débits de surventilation calculés vis à vis de paramètres identifiés comme impactant.
Cette partie évalue l'influence de l'ensemble des paramètres identifiés comme impactant les indicateurs du confort d'été (Dies et DH).

1. Les paramètres de premier ordre :

a) Impact d'une séquence caniculaire.

Intégration d'une séquence caniculaire dans le fichier météorologique du moteur de calcul afin d'en évaluer l'impact sur les indicateurs du confort d'été. Il est entendu par séquence caniculaire, une période de plusieurs jours consécutifs pour lesquels la vitesse de vent est négligeable et les températures (jour et nuit) sont élevées.

Le CSTB, en l'absence de définition et de fichiers météo propres à la séquence caniculaire, a modélisé une canicule d'une durée de 7 jours (telle qu'observée en France en juillet 2019). La température maximale atteinte de jour retenue est de 40°C en journée et la température minimale de 26°C la nuit, la vitesse de vent étant nulle. Les températures moyennes de la séquence caniculaire sont de jour [7;22h] de 34,4°C et de nuit [23;6h] de 28,7°C.
Quatre scénarios ont été retenus pour le calcul de l'indicateur en DH :

- Cas 0 = cas de référence, calcul des indicateurs du confort d'été avec le climat réglementaire,
- Cas 1 = cas où seules les températures caniculaires sont prises en compte pour le calcul des indicateurs,
- Cas 2 = seules les vitesses de vent nulles en période caniculaire sont prises en compte, les températures sont celles du fichier météorologique règlementaire,
- Cas 3 = prise en compte de l'effet des températures caniculaires avec des effets des vents nuls.

<u>Présentation des résultats</u> :

Comment lire ce tableau : pour la maison de 1 niveau (plain-pied) en zone H1a, le cas 0 représente le scénario de référence avec le climat règlementaire. Si l'on compare le cas 3 (températures caniculaires et vent nul) avec le cas 0 de référence, l'ajout de la séquence caniculaire dans le cas 3 dégrade l'inconfort de 725 Degrés d'Heure d'inconfort (784.9 – 59.9).

Tableau 10 : Degrés heure d'inconfort des différents projets en fonctions des paramètres caniculaires utilisés

		Cas0	Cas1	Cas2	Cas3
MI 1 niveau	H1a	59.9	752.0	63.68	784.9
	H3	194.6	917.0	204.8	963.1
MI 2 niveaux	H1a	73.9	768.5	74.1	771.1
	H3	243.8	985.3	244.1	988.6
LC groupe non traversant	H3	596.3	1453.5	596.8	1453.5
LC groupe traversant		168.2	932.4	190.1	984.6

<u>Conclusion du CSTB</u> : *L'augmentation des températures à un impact extrêmement important autant sur la fréquence d'ouverture des baies que sur l'indicateur d'inconfort, les débits de surventilation restent toutefois du*

même ordre. ***L'impact de cette période de 7 jours est si élevé qu'il masque l'inconfort estimé sur le reste de l'année.*** *L'annulation de la vitesse de vent sur la période caniculaire a un impact négligeable sur le niveau d'inconfort : si la composante « effet du vent » est annulée, celle liée au tirage thermique reste présente quoique plus faible.*

Synthèse des membres du consortium : L'étude d'une séquence caniculaire fait sens dans un contexte de réchauffement climatique. Toutefois, il est important de dissocier le confort d'été que l'on peut qualifier de « courant » avec une séquence caniculaire dite « extrême ».
Proposition du consortium : Il apparait important de baser la conformité réglementaire sur un niveau d'inconfort « courant » déterminé pendant une année complète mais d'étudier la formulation d'un indicateur « séquence caniculaire » informatif sans exigence réglementaire dans la future RE 2020. Ce calcul pourrait être lié avec des consommations de refroidissement fictives. Plusieurs aspects nécessitent cependant d'être définis :

- La séquence caniculaire type selon les différentes zones climatiques,
- Le scénario.

En tout état de cause, il paraît opportun de poursuivre l'analyse de l'impact sur les indicateurs de confort d'épisodes de fortes chaleurs (c'est-à-dire composé de températures supérieures aux températures moyennes d'été).

b) La perméabilité des protections mobiles.

La perméabilité des protections mobiles et leur fermeture a pour effet, de réduire la section d'ouverture de la baie et donc de limiter la surventilation.

Cette partie d'étude a pour objectif d'évaluer l'impact sur le confort d'été du type de protection mobile et de sa perméabilité. Le cas étudié est celui du logement collectif traversant et non traversant en zone H3.
Présentation des résultats : Le cas avec des « Volets ajourés (0%) » correspond au cas de référence du bâtiment. Au sens de la définition de la règlementation, des « volets ajourés » sont des volets roulants La mise en place de protections mobiles plus étanches à l'air entraine une réduction du débit de surventilation, ce qui dégrade les indicateurs du confort d'été.

Comment lire ce tableau : Pour connaître l'influence d'une protection mobile sur le confort d'été, il faut soustraire le nombre de DH entre les différentes colonnes du tableau.
Par exemple, pour les logements collectifs en groupe non traversant, la modification des protections mobiles de type « volets ajourés (0%) » par des volets de type « lames verticales (25%) » améliore le confort d'été de 271,3 DH (596,3 DH - 325 DH). En effet, la perméabilité des volets à « lames verticales (25%) » étant plus élevées, le débit de surventilation se trouve amélioré par rapport au cas avec des « volets ajourés (0%) » avec une perméabilité plus faible.
A l'inverse, toujours dans le cas d'un logement collectif non traversant, la modification des protections mobiles de « volets persiennes (50%) » à des « volets ajourés (0%) » dégrade le confort d'été de 364,8 DH (231,5 DH - 596,3 DH).

Tableau 13 : Impact du type de protection mobile sur les degrés heures d'inconfort

	Volets ajourés (0%)	Lames verticales (25%)	Volets persiennes (50%)
Groupe non traversant	596,3	325,0	231,5
Groupe traversant	168,2	126,5	113,2

Conclusion du CSTB : *Les résultats sur la modification des protections mobiles montrent une extrême sensibilité du débit de surventilation sur l'indicateur du confort d'été. La mise en place de protections mobiles de type « volets ajourés », volets roulants (taux de fuite de 0%) peut augmenter l'inconfort de 20% à 60% selon les cas par rapport à des volets de type « persiennes » (taux de fuite de 50%).*

Synthèse des membres du consortium : le type de protection mobiles est un levier très significatif pour améliorer le confort d'été. Le constat est que ce sujet étant important pour obtenir des gains, il est essentiel que la méthode

de calcul réglementaire offre une méthodologie claire et simple d'introduction des données. Ce qui n'est pas le cas actuellement et qui entraine des erreurs de saisies de la part des BET.

- ➔ **<u>Proposition du groupe de travail</u> : la méthode de calcul doit comprendre des définitions plus précise des différents types de protections mobiles en cohérence avec les matériels disponibles et leur appellation représentative.**

c) Impact de la gestion des protections mobiles.

Dans la méthode de calcul règlementaire la gestion des protections mobiles suppose qu'elles ne sont jamais fermées à 100% la nuit (80% en dehors des périodes chaudes et 70% durant les périodes de confort adaptatif).

Cette partie d'étude porte sur l'introduction d'un taux de fermeture à 100% notamment pour prendre en compte les situations de nuisances sonores extérieures obligeant l'usager à fermer la totalité de ses protections mobiles de nuit à 100%, les fermetures pour limiter l'intrusion si aucun dispositif spécifique n'est prévu, … Le CSTB a évalué l'incidence d'une fermeture à 100% des protections mobiles de nuit (de 22 h à 7 h) hors période chaude et pendant toute la période de confort adaptatif (période chaude).

<u>Présentation des résultats</u> :

Comment lire ce tableau : la colonne « initial » représente le nombre de DH d'inconfort avec le scénario actuel du moteur de calcul (fermeture à 80% hors périodes chaudes et à 70% en période chaude) pour les bâtiments modélisés pour le consortium.

La simulation se base sur :

- ➔ En MI des volets persiennes avec une perméabilité de 50%
- ➔ LC des volets de type ajourés, volets roulants avec une perméabilité de 0%.

La colonne « $R_{protnuit}$ = 100% hors périodes chaudes » représente un cas fictif ou les protections mobiles sont fermées à 100% la nuit en dehors des périodes chaudes, contre 80% en moyenne nocturne dans le scénario règlementaire.
La colonne « $R_{protnuit}$=100% en période de confort adaptatif » représente un cas fictif pour lequel les protections mobiles sont fermées à 100% la nuit durant toute la période de confort adaptatif, contre 70% en moyenne nocturne dans le scénario règlementaire.
Pour connaitre l'influence du scénario fictif, il faut soustraire la colonne souhaitée avec la colonne cas initial. Par exemple pour les logements collectifs non traversant, une fermeture à 100% des protections mobiles en période de confort adaptatif (soit une période chaude) va dégrader le confort d'été de 2141,6 DH par rapport au scénario du moteur de calcul (fermeture à 70 % en période de confort adaptatif).

Tableau 15 : Impact de la gestion nocturne des PM sur les degrés heures d'inconfort

	initial	$R_{protnuit}$=100% hors périodes chaude	$R_{protnuit}$=100% en période de confort adaptatif
MI 1 niveau	194.6	194.6	195.1
LC non traversant	596.3	621.7	2737.9
LC traversant	168.2	178.5	1696.1

<u>Conclusion du CSTB</u> : *Les résultats de cette étude de sensibilité sur la gestion des protections mobiles attestent d'un impact très fort sur l'inconfort en présence de protections mobiles imperméables fermées à 100% la nuit en périodes chaude. Cela multiplie par 5 à 10 fois le nombre de degrés heures d'inconfort. Dans les autres cas, le taux de fuite des protections mobiles reste suffisant pour permettre à l'usager d'ouvrir plus sa fenêtre afin d'atteindre le confort.*

<u>Synthèse des membres du consortium</u> : bien que ce paramètre ait une incidence avérée et importante dans le cas des volets roulants en poids sur l'indicateur, la méthode de calcul réglementaire ne peut tenir compte de toutes les situations et doit rester neutre quant au scénario de gestion des protections mobiles.

2. Les paramètres de second ordre :

a) Impact de la vitesse de vent :

Dans le moteur de calcul règlementaire la vitesse de vent en période de confort adaptatif est fixée conventionnellement à 1 m/s. La période de confort adaptatif correspond à la période chaude dans laquelle se déclenche les indicateurs du confort d'été (Dies et DH).

Le CSTB a analysé les vitesses de vent du fichier météorologique règlementaire au regard de la vitesse de vent de 1 m/s retenue pour le calcul des nouveaux indicateurs du confort d'été.

Présentation des résultats :

Comment lire ce tableau : Dans le fichier météorologique du moteur de calcul RT 2012, pendant la période de confort adaptatif on constate qu'en zone climatique H1a, dans 73% des cas, la vitesse de vent est supérieure à 1 m/s et dans 8% des cas elle est inférieure à 1 m/s.

Tableau 8 : Répartition et moyenne des vitesses de vent météorologiques en période de confort adaptatif

Zone climatique	H1a	H3
V_{vent} >1 m/s	73%	88%
V_{vent} =1 m/s	19%	10%
0 m/s < V_{vent} <1 m/s	8%	2%
Moyenne de V_{vent} [m/s]	2,3	4,8

Synthèse des membres du consortium : Le consortium valide l'analyse de sensibilité du CSTB et valide le choix sécuritaire de prendre dans le moteur de calcul une vitesse de vent de 1 m/s en période de confort adaptatif.

b) Impact de la gestion manuelle de l'ouverture des baies.

La gestion manuelle de l'ouverture des baies dépend de paramètres :

- L'occupation,
- La part de baie ouvrable (50% en maison individuelle, 70% en logement collectif),
- L'exposition au bruit,
- Deux coefficients modulateurs : *le premier en fonction de la température extérieure* et le second en fonction de la température opérative.

Cette partie d'étude vise à évaluer l'effet de la modification du paramètre « de la température extérieure » de calcul de la méthode actuelle. Les seuils de température extérieure sont déterminants dans le moteur de calcul car ils caractérisent le moment où l'occupant est considéré comme ouvrant ses baies (faible %) pour surventiller (seuil bas) et le moment où les baies sont 100% ouvertes (seuil haut).

Comment lire ce tableau : le cas 0 est le cas de référence issu des règles Th-Bce intégrées dans le moteur de calcul règlementaire actuel. Les cas 1 et 2 représentent deux variantes. Si l'on prend l'exemple du cas n°2, l'utilisateur du logement ne pourra ouvrir ses baies pour surventiller qu'à partir de 14°C (contre 10°C dans le cas de référence) et les baies seront ouvertes à 100% uniquement à partir de 22°C (contre 18°C dans le cas de référence).

Tableau 11 : Températures seuils pressenties pour l'étude d'impact

	$\theta_{ei_seuil_bas}$ [°C]	$\theta_{ei_seuil_haut}$ [°C]
Cas 0 (ref)	10	18
Cas 1	12	20
Cas 2	14	22

Figure variante par rapport au moteur actuel

Tableau 12 : Impact de la gestion des ouvertures sur les degrés heures d'inconfort

	Cas 0 (ref)	Cas 1	Cas 2
MI	243.8	242.5	245.2
LC non traversant	596,3	593,8	594,7
LC traversant	168,2	170.6	172,6

Présentation des résultats : Pour connaitre l'influence sur le nombre de degrés heures d'inconfort il faut soustraire le cas 1 ou 2 au cas 0.
Par exemple, pour le logement collectif non traversant, la modification des paramètres pour le déclenchement de l'ouverture de la baie et son ouverture à 100% entre le cas 0 (référence) et le cas 1 va permettre une amélioration du confort d'été de 2,5 DH soit une amélioration de 0,04 % sur la période de confort adaptatif.
A l'inverse pour le logement collectif traversant (ligne LC traversant) la différence entre le cas 0 (référence) et le cas 1 va dégrader le confort d'été de 2,4 DH soit une dégradation de 1,4%.

Conclusion du CSTB *: La modification des seuils de température n'a quasi aucun effet sur les niveaux d'inconfort dans les locaux étudiés.*

Synthèse des membres du consortium : l'impact du changement de la température extérieure est faible et n'a pas lieu d'entrainer de modification du moteur de calcul.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tableau comparatif des résultats des variantes pour la maison individuelle de plain-pied (1 niveau) entre le moteur de calcul V8.1 (28°C) et le moteur de calcul Maestro (26°C)..... 27

Annexe 2 : Tableau comparatif des résultats des variantes en logement collectif traversant entre le moteur de calcul V8.1 (28°C) et le moteur de calcul Maestro (26°C). 28

Annexe 3 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES en logements collectifs traversant entre le moteur de calcul V8.1 et un déclenchement de la DIES à 28°C (courbe rouge) et le moteur Maestro avec un déclenchement de la DIES à 26°C (courbe bleu)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 4 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES avec un déclenchement à 26°C entre la maison individuelle de plain-pied (courbe rouge) et le collectif traversant (courbe bleu). 30

Annexe 5 : Choix des données d'entrée du brasseur d'air dans les simulations. 32

Annexe 6 : Rapport du Collectif Isolons la Terre Contre le CO2 - 2013 : Impact sur la DIES du caractère ouvrable des baies : une division par 118 du nombre d'heures de DIES en zone H3 entre le cas le plus défavorable et le cas le plus favorable. 32

Annexe 7 : Rapport DIES Décembre 2018 moteur de calcul V8.0 : une division par 16 du nombre d'heures en zone H2d entre le cas le plus défavorable et le cas le plus favorable. 32

Annexe 8 : Rapport DIES mars 2019 moteur de calcul V8.1 : Graphique sur l'ouvrabilité des baies en maison individuelle (1 niveau et R+C) selon les différentes variantes en zone H3..... 33

Annexe 9 : Présentation des résultats avec un puits climatique ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur de calcul V8.0 pour une maison individuelle de plain-pied (N+1) et avec des combles aménagés (R+C) sur trois zones climatiques. 34

Annexe 10 : Présentation des résultats avec un puits climatique ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur de calcul V8.1 pour une maison individuelle de plain-pied (N+1) et avec des combles aménagés (R+C) sur trois zones climatiques. 34

- **Annexe 1 : Tableau comparatif des résultats des variantes pour la maison individuelle de plain-pied (1 niveau) entre le moteur de calcul V8.1 (28°C) et le moteur de calcul Maestro (26°C).**

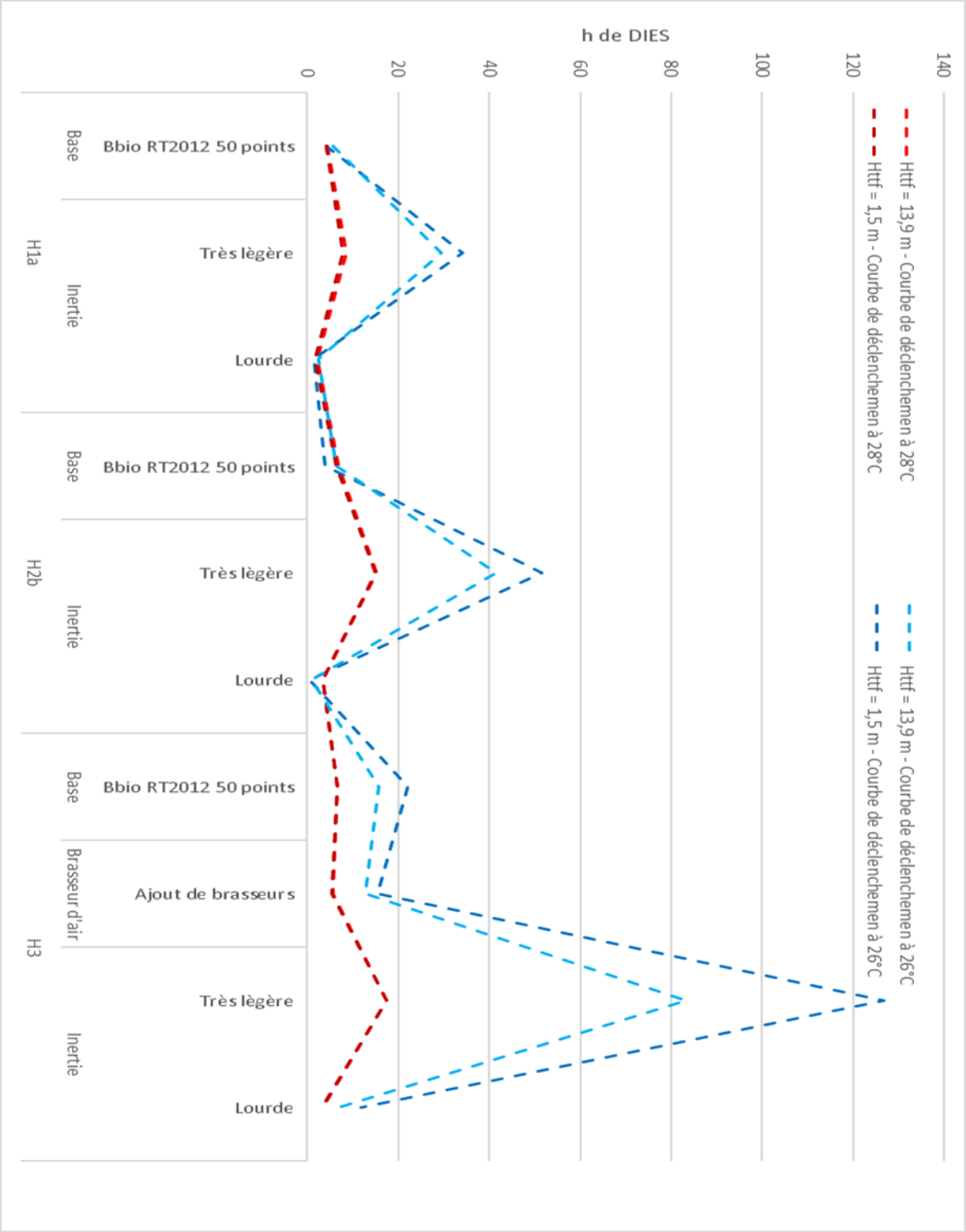
Attention : pour la ligne du puits climatique, les résultats sont corrects puisque le moteur Maestro à 26°C prend en compte les modifications effectuées par le CSTB sur cette technologie.

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	Température	N heures inc.	N heures inc. +1	N heures inc. +2	Degrés heure d'inconfort	DIES	DIES du cas de base	Gain // base	Perf. // base
1N	H1a	BASE	Bbio 50 points	26°C	58	26	5	58,3	7,7	7,7	0,0	0%
				28°C	47	25	1	48,6	6,3	6,3	0,0	0%
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	107	74	40	182,2	27,7	7,7	-20,0	-261%
				28°C	52	25	9	58,8	8,1	6,3	-1,8	-29%
			Très lourde	26°C	2	0	0	1,0	0,1	7,7	7,6	99%
				28°C	33	5	0	26,6	3,0	6,3	3,3	52%
		PUITS CLIMATIQUE	Ventilation Doulbe Flux + By-pass + Puits climatique	26°C	6	0	0	3,2	0,3	7,7	7,4	96%
				28°C	36	17	0	33,8	4,3	6,3	2,0	32%
		BAIES	Non ouvrables	26°C	676	448	268	1220,6	190,1	7,7	-182,4	-2376%
				28°C	304	184	68	414,7	59,4	6,3	-53,1	-843%
	H2b	BASE	Bbio 50 points	26°C	43	21	5	44,3	5,8	5,8	0,0	0%
				28°C	52	30	4	60,3	8,0	8,0	0,0	0%
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	129	81	58	259,0	40,6	5,8	-34,8	-600%
				28°C	60	37	17	89,1	13,1	8,0	-5,1	-64%
			Très lourde	26°C	4	0	0	1,5	0,1	5,8	5,6	97%
				28°C	47	8	0	34,0	3,9	8,0	4,1	51%
		PUITS CLIMATIQUE	Ventilation Doulbe Flux + By-pass + Puits climatique	26°C	9	1	0	4,3	0,4	5,8	5,4	92%
				28°C	27	12	2	25,6	3,3	8,0	4,7	59%
		BAIES	Non ouvrables	26°C	941	529	271	1532,3	229,1	5,8	-223,3	-3853%
				28°C	247	158	97	462,6	71,9	8,0	-63,9	-799%
	H3	BASE	Bbio 50 points	26°C	197	70	19	190,3	25,1	25,1	0,0	0%
				28°C	57	17	6	44,9	5,8	5,8	0,0	0%
		INERTIE QUOTIDIENNE	Très légère	26°C	354	186	92	501,2	73,3	25,1	-48,2	-192%
				28°C	73	29	14	81,8	11,6	5,8	-5,8	-100%
			Très lourde	26°C	85	26	5	68,7	8,5	25,1	16,5	66%
				28°C	41	6	0	24,0	2,7	5,8	3,1	53%
		PUITS CLIMATIQUE	Ventilation Doulbe Flux + By-pass + Puits climatique	26°C	58	18	3	46,4	5,7	25,1	19,4	77%
				28°C	31	16	5	33,5	4,5	5,8	1,3	22%
		BAIES	Non ouvrables	26°C	1663	1335	1059	4851,0	773,8	25,1	-748,7	-2987%
				28°C	1037	740	434	1939,8	299,3	5,8	-293,5	-5060%

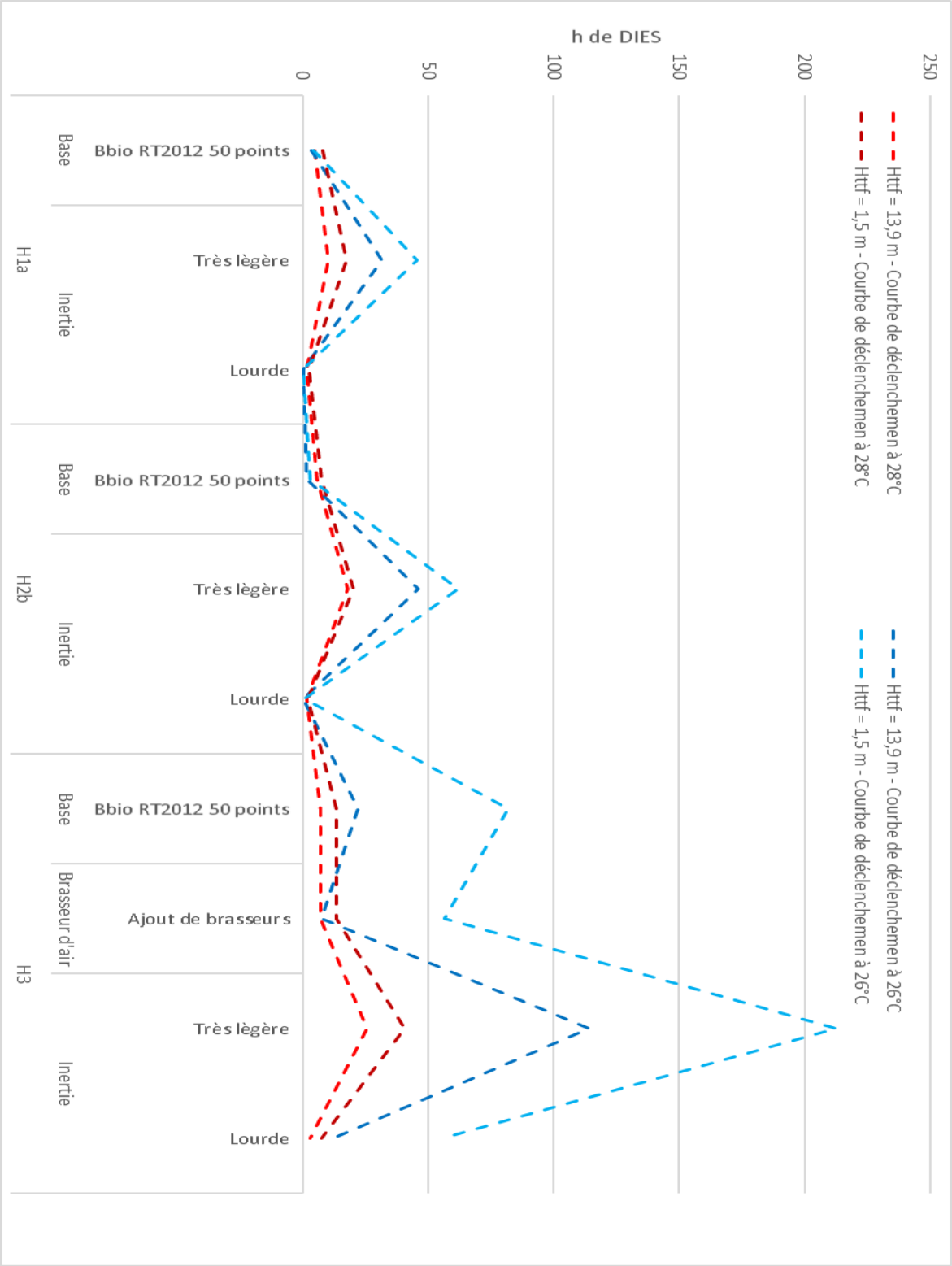
- **Annexe 2 : Tableau comparatif des résultats des variantes en logement collectif traversant entre le moteur de calcul V8.1 (28°C) et le moteur de calcul Maestro (26°C).**

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	Température	DIES - Logement Traversant	DIES - Logement Non Traversant	Perf - Logement Traversant	Perf - Logement Non Traversant
Collectif	H1a	Base	Bbio RT2012 50 points	28°C	4,5	7,9	-	-
			Bbio RT2012 50 points	26°C	4,2	4,1	-	-
		Inertie	Très lègère	28°C	8,7	17,5	-93%	-122%
			Très lègère	26°C	34,1	45,6	-712%	-1012%
			Lourde	28°C	2,3	2,7	49%	66%
			Lourde	26°C	1,4	0,3	67%	93%
		Baies	Non ouvrables	28°C	111,9	113,6	-2387%	-1338%
			Non ouvrables	26°C	290,5	308,9	-6817%	-7434%
	H2b	Base	Bbio RT2012 50 points	28°C	6,8	7,3	-	-
			Bbio RT2012 50 points	26°C	4	2,9	-	-
		Inertie	Très lègère	28°C	15,2	20,4	-124%	-179%
			Très lègère	26°C	51,5	61,9	-1188%	-2034%
			Lourde	28°C	3,5	2	49%	73%
			Lourde	26°C	0,6	0,5	85%	83%
		Baies	Non ouvrables	28°C	107,2	107,5	-1476%	-1373%
			Non ouvrables	26°C	433,1	492,6	-10728%	-16886%
	H3	Base	Bbio RT2012 50 points	28°C	6,7	13,5	-	-
			Bbio RT2012 50 points	26°C	22,2	81,8	-	-
		Brasseur d'air	Ajout de brasseurs	28°C	5,6	13,5	16%	0%
			Ajout de brasseurs	26°C	15,4	56,3	31%	31%
		Inertie	Très lègère	28°C	17,5	40,8	-161%	-202%
			Très lègère	26°C	126,9	212,8	-472%	-160%
			Lourde	28°C	3,4	7,3	49%	46%
			Lourde	26°C	11,7	55,8	47%	32%
		Baies	Non ouvrables	28°C	626,0	645,5	-9243%	-4681%
			Non ouvrables	26°C	1219,6	1276,7	-5394%	-1461%

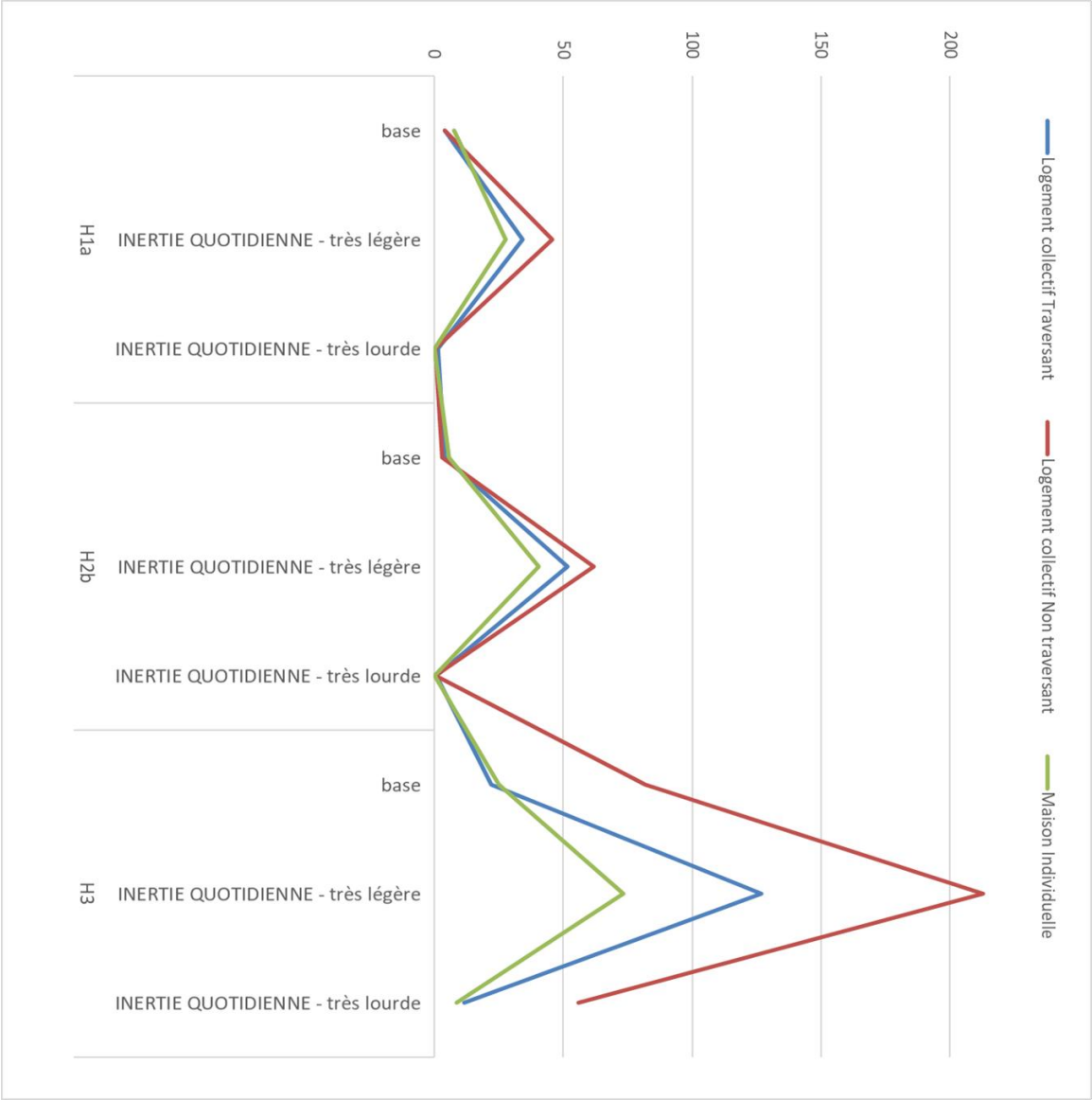
- **Annexe 3 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES en logements collectifs traversant entre le moteur de calcul V8.1 et un déclenchement de la DIES à 28°C (courbe rouge) et le moteur Maestro avec un déclenchement de la DIES à 26°C (courbe bleu). La courbe Httf = 13.9 m correspond à l'erreur utilisateur, la courbe httf = 1.5 m correspond à sa correction.**



- **Annexe 3 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES en logements collectifs non - traversant entre le moteur de calcul V8.1 et un déclenchement de la DIES à 28°C (courbe rouge) et le moteur Maestro avec un déclenchement de la DIES à 26°C (courbe bleu). La courbe Httf = 13.9 m correspond à l'erreur utilisateur, la courbe httf = 1.5 m correspond à sa correction.**



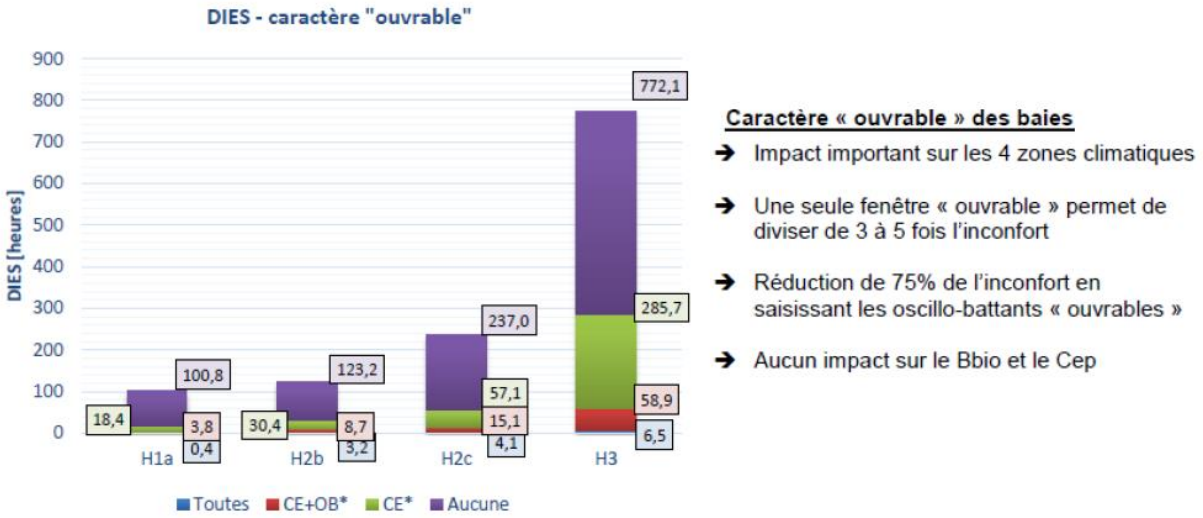
- **Annexe 4 : Graphique comparatif de l'indicateur DIES avec un déclenchement à 26°C entre la maison individuelle de plain-pied (courbe rouge) et le collectif traversant (courbe bleu).**



- **Annexe 5 : Choix des données d'entrée du brasseur d'air dans les simulations.**

	Résidentiel	Tertiaire
Pièces concernées	Séjour + chambres	Bureaux
Débit minimal d'un brasseur	5657 m^3/h	5657 m^3/h
Débit maximal d'un brasseur	9835 m^3/h	9835 m^3/h
Puissance électrique minimale d'un brasseur	19.3 W	19.3 W
Puissance électrique maximale d'un brasseur	63.5 W	63.5 W
Usage du brasseur	Nuit	Jour
Type de régulation du brasseur	Gestion manuelle de la vitesse (par les occupants)	Gestion manuelle
Paramètre de définition du mode de gestion	*Pas de données à saisir en choisissant Gestion manuelle*	
Paramètre de base de l'hystérésis en gestion manuelle	*Pas de données à saisir en choisissant Gestion manuelle*	
Température de déclenchement des brasseurs en gestion manuelle	*Pas de données à saisir en choisissant Gestion manuelle*	
Paramètre de base de l'hystérésis en gestion automatique	*Pas de données à saisir en choisissant Gestion manuelle*	
Température de déclenchement des brasseurs en gestion automatique	*Pas de données à saisir en choisissant Gestion manuelle*	

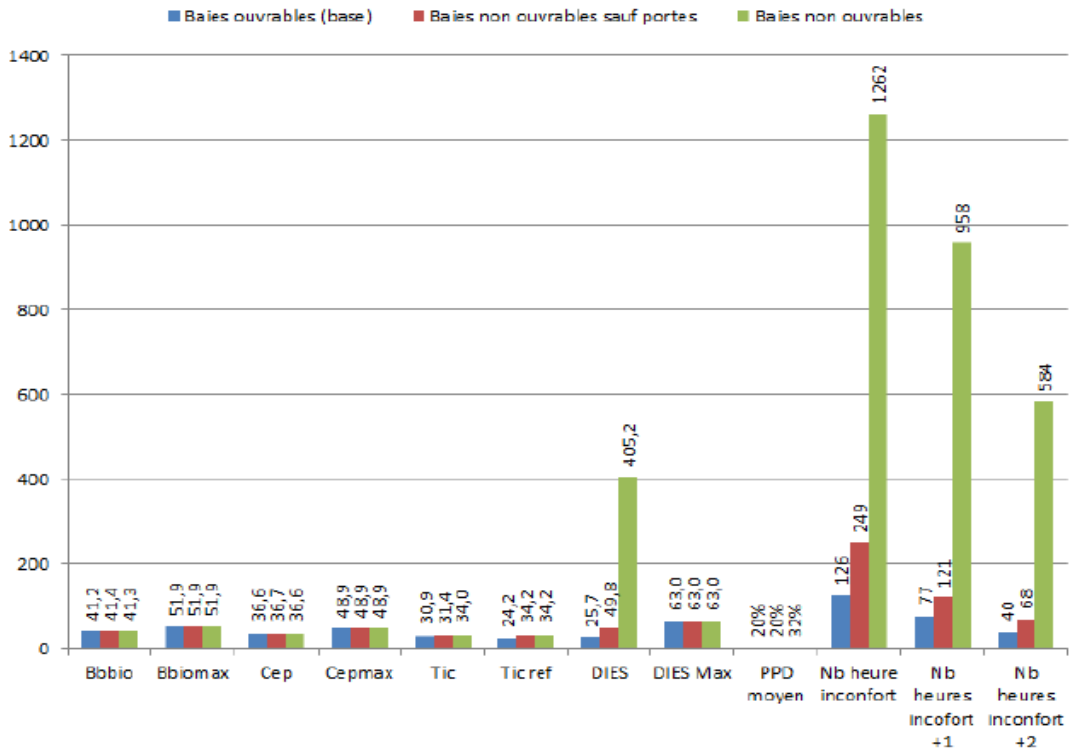
- **Annexe 6 : Rapport du Collectif Isolons la Terre Contre le CO2 - 2013 : Impact sur la DIES du caractère ouvrable des baies : une division par 118 du nombre d'heures de DIES en zone H3 entre le cas le plus défavorable et le cas le plus favorable.**



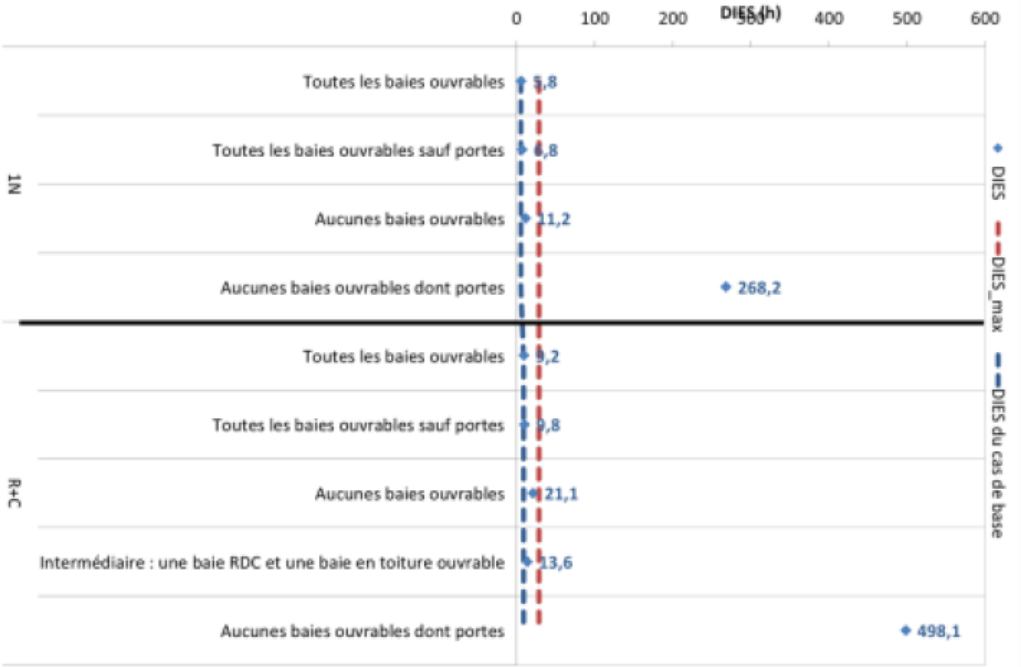
CE : Cage d'escalier
CE + OB : Cage d'escalier + Oscillo Battants au RDC

- **Annexe 7 : Rapport DIES Décembre 2018[9] moteur de calcul V8.0 : une division par 16 du nombre d'heures en zone H2d entre le cas le plus défavorable et le cas le plus favorable.**

[9] « 18 12 19 - rapport provisoire V8 def groupement – DIES » - 123 pages,



- **Annexe 8 : Rapport DIES mars 2019[10] moteur de calcul V8.1 : Graphique sur l'ouvrabilité des baies en maison individuelle (1 niveau et R+C) selon les différentes variantes en zone H3.**



[10] « 19 03 29 - ETUDE DIES - rapport provisoire V8.1 (basse def) » - 153 pages.

- **Annexe 9 : Présentation des résultats avec un puits climatique ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur de calcul V8.0 pour une maison individuelle de plain-pied (N+1) et avec des combles aménagés (R+C) sur trois zones climatiques.**

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	PPD moy	N heure inc.	N heure inc. +1	N heure inc. +2	DIES	DIES du cas de base	Gain // base	Perf. // base
1N	H1a	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	13,6%	46	25	2	6,3	6,3	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	12,3%	38	19	0	4,7	6,3	1,6	25%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	11,8%	38	17	0	4,5	6,3	1,8	29%
	H2b	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	15,6%	54	30	4	8,4	8,4	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	15,0%	45	23	4	6,8	8,4	1,6	19%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	14,6%	49	27	4	7,1	8,4	1,3	15%
	H3	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	10,6%	58	17	6	6,1	6,1	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	11,3%	49	16	6	5,5	6,1	0,6	10%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	11,7%	46	16	6	5,4	6,1	0,7	11%
R+C	H1a	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	16,6%	54	28	12	9,0	9,0	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	15,9%	42	22	6	6,7	9,0	2,3	26%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	15,5%	41	21	6	6,4	9,0	2,6	29%
	H2b	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	17,3%	54	30	8	9,3	9,3	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	17,3%	48	28	5	8,3	9,3	1,0	11%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	16,4%	48	27	4	7,9	9,3	1,4	15%
	H3	BASE	Bbio 50 pts RT 2012	11,1%	82	24	7	9,1	9,1	0,0	0%
		PUITS CLIMATIQUE	Double Flux + by-pass + puits climatique	11,7%	67	23	7	7,8	9,1	1,3	14%
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	12,0%	64	22	7	7,7	9,1	1,4	15%

- **Annexe 10 : Présentation des résultats avec un puits climatique ou sans (Base Bbio 50 points RT 2012) sur les indicateurs du confort d'été avec le moteur de calcul V8.1 pour une maison individuelle de plain-pied (N+1) et avec des combles aménagés (R+C) sur trois zones climatiques.**

typologie	Zone climatique	Thèmes	Variantes	PPD moy	N heure inc.	N heure inc. +1	N heure inc. +2	DIES	DIES du cas de base	Gain // base	Perf. // base	DIES max	Gain // max	Perf. // max	Bbio	Bbio max	Cep	Cep max
1N	H1a	BASE	base	13,4%	47	25	1	6,3	6,3	0,0	0%	10,5	4,2	40%	62,3	75,9	45,2	63,9
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	11,8%	36	17	0	4,3	6,3	2,0	32%	10,5	6,2	59%	62,4	75,9	48,4	63,9
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	10,9%	34	16	0	3,7	6,3	2,6	41%	10,5	6,8	65%	62,4	75,9	53,8	63,9
	H2b	BASE	base	15,4%	52	30	4	8,0	8,0	0,0	0%	15,0	7,0	47%	52,4	63,9	39,8	53,9
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	12,0%	27	12	2	3,3	8,0	4,7	59%	15,0	11,7	78%	52,4	63,9	44,1	53,9
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	13,6%	44	23	4	6,0	8,0	2,0	25%	15,0	9,0	60%	52,4	63,9	49,4	53,9
	H3	BASE	base	10,1%	57	17	6	5,8	5,8	0,0	0%	28,5	22,7	80%	38,2	45,9	31,5	43,9
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	14,5%	31	16	5	4,5	5,8	1,3	22%	28,5	24,0	84%	38,2	45,9	37,4	43,9
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	11,8%	42	16	6	4,9	5,8	0,9	16%	28,5	23,6	83%	38,2	45,9	42,6	43,9
R+C	H1a	BASE	base	16,7%	49	26	9	8,2	8,2	0,0	0%	10,5	2,3	22%	59,5	72,5	46,9	60,5
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	10,1%	21	8	0	2,1	8,2	6,1	74%	10,5	8,4	80%	59,5	72,5	48,0	60,5
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	13,3%	41	19	2	5,4	8,2	2,8	34%	10,5	5,1	49%	59,5	72,5	50,0	60,5
	H2b	BASE	base	17,5%	57	33	7	9,9	9,9	0,0	0%	15,0	5,1	34%	50,2	60,5	40,8	50,5
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	13,1%	35	15	4	4,6	9,9	5,3	54%	15,0	10,4	69%	50,2	60,5	43,3	50,5
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	15,7%	44	26	4	6,9	9,9	3,0	30%	15,0	8,1	54%	50,2	60,5	48,4	50,5
	H3	BASE	base	11,0%	78	24	7	8,6	8,6	0,0	0%	28,5	19,9	70%	34,1	42,5	29,2	40,5
		PUITS CLIMATIQUE	DF + by-pass + puits climatique	15,0%	40	17	7	6,0	8,6	2,6	30%	28,5	22,5	79%	34,2	42,5	34,5	40,5
			Tzen 4000 + by-pass + puits climatique	10,4%	62	18	6	6,4	8,6	2,2	26%	28,5	22,1	78%	34,2	42,5	37,6	40,5