



Thermique d'été bois

Phase 3

Septembre 2018



Introduction

Synthèse des impacts globaux des différentes tâches pour des bâtiments type avant après et valorisation

La dernière phase du projet se décompose en 3 sous-tâches :

- En se basant sur les résultats obtenus dans les tâches précédentes, la première étape visera à réaliser une nouvelle étude de sensibilité sur une partie des configurations de bâtiments à ossature bois retenues au début de l'étude en prenant en compte les nouveaux modèles combinés.
- Sur la base du modèle créé, nous proposerons des définitions de configurations de bâtiments à ossature bois optimisées d'un point de vue du confort d'été, tout en respectant les exigences liées à la thermique d'hiver.
- Enfin, les différentes actions de valorisation seront décrites. Avec notamment la rédaction de propositions de révision des règles utilisées pour le calcul réglementaire. Les résultats du projet pourront permettre une meilleure prise en compte de ces spécificités à travers la révision de certaines règles de calcul de la RT2012.

Tâche 1 : Etude de sensibilité

1 Objectifs

L'objectif de cette première sous-tâche est de réaliser une nouvelle étude de sensibilité sur une sélection de bâtiments retenus en phase 1 sur le confort d'été et les besoins de chauffage, afin d'évaluer l'impact des effets combinés des nouveaux modèles et méthodes permettant de prendre en compte les phénomènes et spécificités des systèmes constructifs à ossature bois – soit les ponts thermiques intégrés de l'ossature et la lame d'air ventilée derrière le bardage – traités en phase 2.

Les méthodes de prise en compte des ponts thermiques et de l'impact du bardage sont détaillées dans le rapport de la tâche 2 et ont fait l'objet de fiches méthodologiques (disponibles en annexe).

Un bâtiment collectif, une maison individuelle de plain-pied et une avec un niveau sont étudiés.

2 Description des configurations étudiées

2.1 Bâtiment collectif

Pour l'étude du bâtiment collectif, les configurations retenues sont basées sur celle étudiées lors de la tâche 1.



Figure 1 : Vue de la configuration de maison de plain-pied

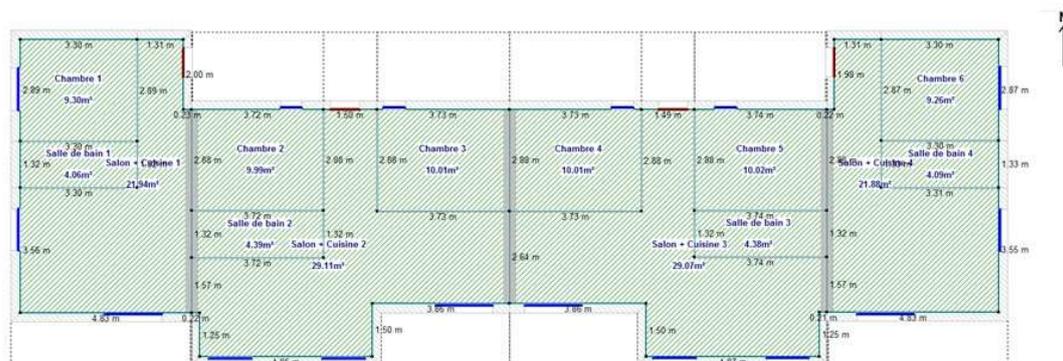


Figure 2 : Plan de masse du bâtiment collectif

Deux typologies de murs extérieurs sont retenues pour les niveaux RDC et R+1 :

- MB1 : ossature principale 180x45 mm + 40 mm isolation intérieure
- MB2 : ossature principale 180x45 mm + 40 mm isolation extérieure

Deux typologies de murs extérieurs sont retenues pour les niveaux R+2 et R+3 :

- MH1 : ossature principale 145x45 mm + 60 mm isolation intérieure
- MH2 : ossature principale 145x45 mm + 60 mm isolation extérieure

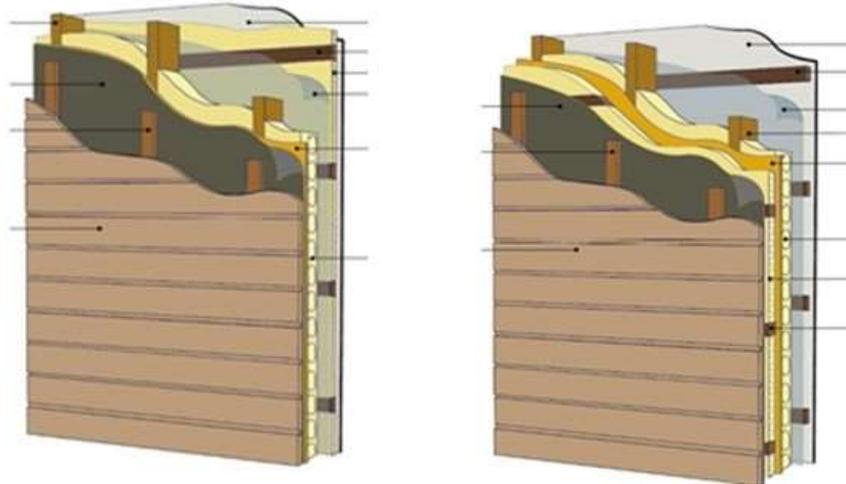


Figure 3 : Murs extérieurs avec sur-isolation intérieure (1) et sur-isolation extérieure (2)

Deux typologies de bardage sont retenues :

- Bardage 1 : Tasseaux bois 22 mm support de bardage
- Bardage 2 : Double tasseautage bois 2x22 mm support de bardage

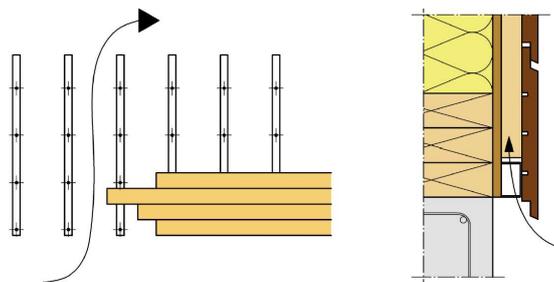


Figure 4 : Bardage à lames horizontales avec simple tasseautage vertical

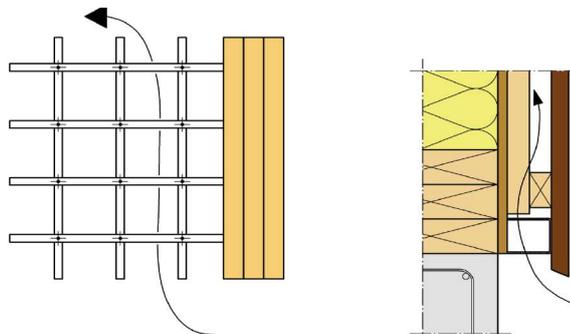


Figure 5 : Bardage à lames verticales avec double tasseautage

Huit configurations de bâtiments collectifs sont ainsi étudiées (tableau 1) pour analyser l'impact de ces paramètres sur la température intérieure de confort (Tic), les besoins de chauffage (Bbio) et l'évolution de la température opérative. Le futur indicateur de confort (DIES) envisagé pour la prochaine réglementation sera aussi étudié à titre indicatif.

Tableau 1 : Description des configurations de bâtiments collectifs

Désignation	Murs RDC/R+1	Murs R+2/R+3	Bardage
BC_1	MB1	MH1	Bardage 1
BC_2	MB1	MH2	Bardage 1
BC_3	MB1	MH1	Bardage 2
BC_4	MB1	MH2	Bardage 2
BC_5	MB2	MH1	Bardage 1
BC_6	MB2	MH2	Bardage 1
BC_7	MB2	MH1	Bardage 2
BC_8	MB2	MH2	Bardage 2

2.2 Maison individuelle

Pour l'étude de la maison individuelle, les configurations retenues sont basées sur celle étudiées lors de la tâche 1 et comprennent deux typologies : une maison de plain-pied (figure 6) et une en R+1 (figure 7).



Figure 6 : Vue de la configuration de maison de plain-pied



Figure 7 : Vue de la configuration de maison en R+1

Deux typologies de murs extérieurs sont retenues pour deux techniques d'isolation: intérieur (ME1) et extérieur (ME2).

- ME1 : ossature principale 145x45 mm + 60 mm isolation intérieure
- ME2 : ossature principale 145x45 mm + 60 mm isolation extérieure

Deux typologies de bardage sont retenues :

- Bardage 1 : Tasseaux bois 22 mm support de bardage
- Bardage 2 : Double tasseautage bois 2x22 mm support de bardage

Huit configurations de maisons individuelles sont ainsi étudiées (tableau 2) pour analyser l'impact de ces paramètres sur la température intérieure de confort (Tic), les besoins de chauffage (Bbio) et l'évolution de la température opérative. Le futur indicateur de confort (DIES) envisagé pour la prochaine réglementation sera aussi étudié à titre indicatif.

Tableau 2 : Description des configurations de maisons individuelles

Désignation	Niveaux	Murs	Bardage
MI_1	Plain-pied	ME1 (isolant int)	Bardage 1
MI_2	Plain-pied	ME1 (isolant int)	Bardage 2
MI_3	Plain-pied	ME2 (isolant ext)	Bardage 1
MI_4	Plain-pied	ME2 (isolant ext)	Bardage 2
MI_5	R+1	ME1 (isolant int)	Bardage 1
MI_6	R+1	ME1 (isolant int)	Bardage 2
MI_7	R+1	ME2 (isolant ext)	Bardage 1
MI_8	R+1	ME2 (isolant ext)	Bardage 2

3 Résultats sur les configurations de bâtiment collectif

3.1 Impact sur les paramètres du bâtiment

Avec les évolutions des méthodes de calcul de l'inertie thermique et des facteurs solaires liés aux bardages, il est possible de comparer les différences au niveau des paramètres d'entrée du modèle.

3.1.1 Valeurs du paramètre Cm (Inertie quotidienne)

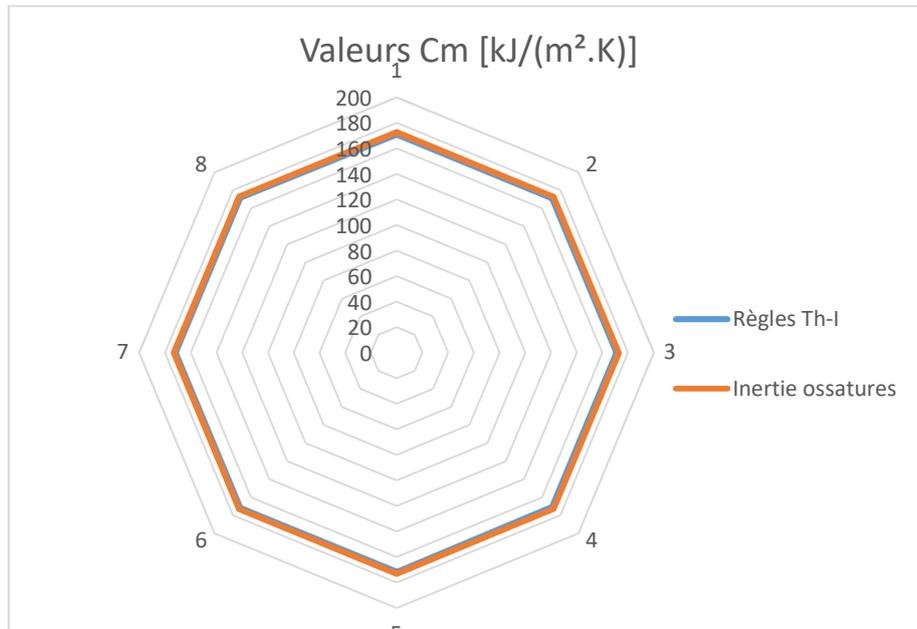


Figure 8 : Valeurs du paramètre Cm

La figure précédente met en évidence que les écarts sur le paramètre Cm entre les deux méthodes sont faibles. Le paramètre Cm est plus élevé lorsque la méthode de prise en compte de l'inertie des ossatures (Inertie ossatures) est utilisée mais cette augmentation est d'au plus 2 kJ/(m².K).

3.1.2 Valeurs du paramètre Am (Inertie quotidienne)

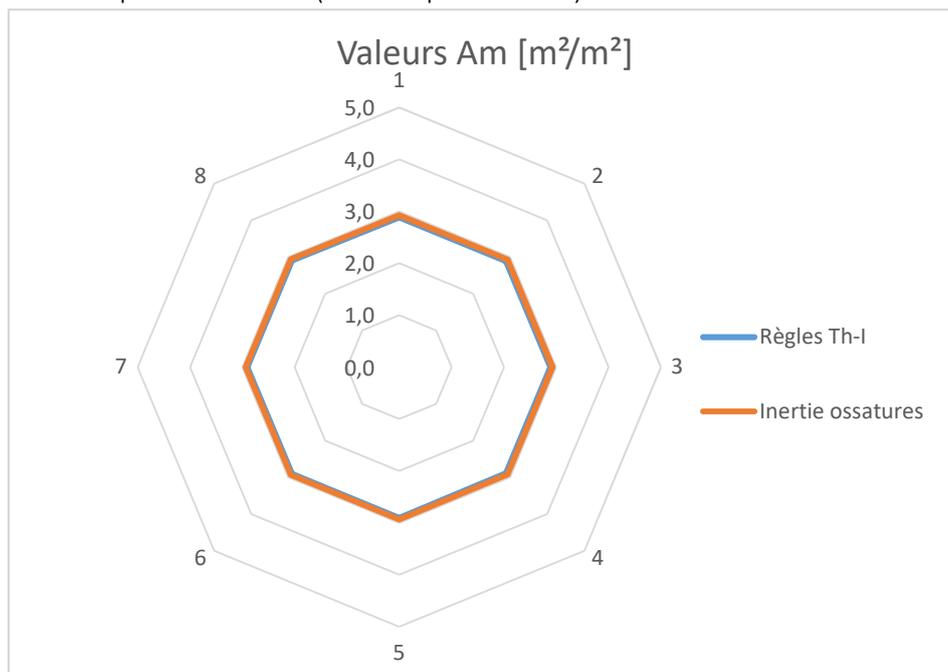


Figure 9 : Valeurs du paramètre Am

Les deux méthodes conduisent à des valeurs similaires pour toutes les configurations étudiées. Le paramètre Am est égal à 2,9 m²/m².

3.1.3 Valeurs du paramètre Cms (Inertie séquentielle)

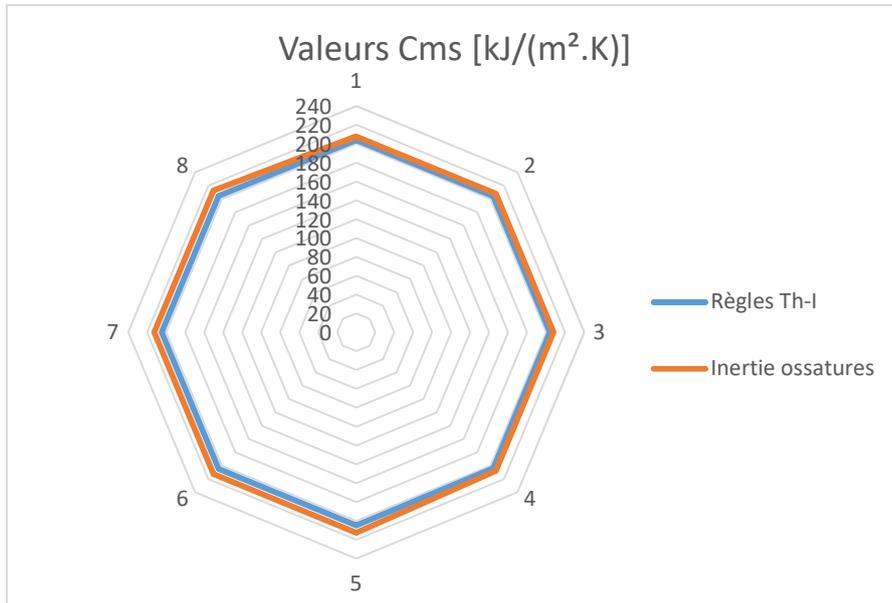


Figure 10 : Valeurs du paramètre Cms

La prise en compte de l'inertie des ossatures (Inertie ossatures) engendre une augmentation du paramètre Cms. Cette augmentation est toutefois limitée. Elle n'excède pas les 8 kJ/(m².K).

3.1.4 Facteurs solaires

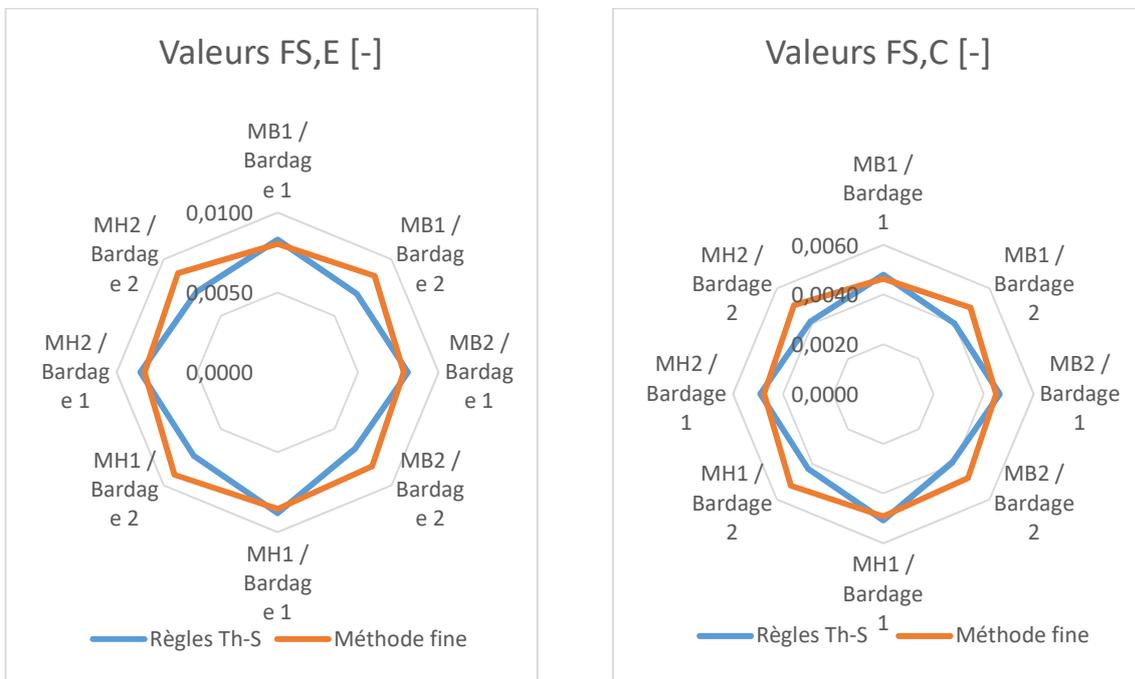


Figure 11 : Facteurs solaires des parois, FS,E en conditions estivales et FS,C en conditions hivernales

Pour les deux coefficients de facteur solaire, la méthode proposée dans ce projet impacte de manière plus importante les valeurs pour le bardage 2 (double tasseautage). Les valeurs pour le bardage 1 ne sont que très faiblement impactées.

3.2 Impact sur le confort d'été et les besoins de chauffage

Le tableau page suivante présente les résultats obtenus sur les huit configurations de bâtiments collectifs pour les besoins de chauffage, la température d'inconfort et le nouvel indicateur de confort d'été la DIES (Durée d'Inconfort Estival Statistique).

Les méthodes proposées pour la prise en compte de l'inertie de l'ossature et pour l'impact du bardage sur les facteurs solaires ont un impact positif ou nul sur les indicateurs Bbio et Tic. Toutefois, les écarts observés sont faibles puisqu'ils n'excèdent pas les 0,1 pts pour le Bbio et les 0,1 °C pour la Tic.

Sur l'indicateur de confort estival DIES, les méthodes proposées ont un impact positif sur les configurations avec le bardage 1 (simple tasseautage). La DIES est réduite d'au maximum 0,3 h. En revanche pour les configurations avec le bardage 2 (double tasseautage), les méthodes proposées ont un impact négatif avec une augmentation de la DIES d'au plus 0,3 h.

Nom	Murs RDC/R+1	Murs R+2/R+3	Bardage	Méthode*	Bbio [Pts]	Bbiomax [Pts]	Tic [°C]	Ticref [°C]	Ecart Bbio [Pts]	Ecart Tic [°C]	DIES [h]	Ecart DIES [h]
BC_1	MB1	MH1	Bardage 1	1	17,4	42	28,8	30,5	0,0	-0,1	5,5	-0,2
				2	17,4	42	28,7	30,5			5,3	
BC_2	MB1	MH2	Bardage 1	1	17,3	42	28,8	30,5	0,0	-0,1	5,5	-0,2
				2	17,3	42	28,7	30,5			5,3	
BC_3	MB1	MH1	Bardage 2	1	17,5	42	28,7	30,5	-0,1	0,0	5,1	0,3
				2	17,4	42	28,7	30,5			5,4	
BC_4	MB1	MH2	Bardage 2	1	17,4	42	28,7	30,5	-0,1	0,0	5,1	0,3
				2	17,3	42	28,7	30,5			5,4	
BC_5	MB2	MH1	Bardage 1	1	17,3	42	28,7	30,5	0,0	0,0	5,5	-0,3
				2	17,3	42	28,7	30,5			5,2	
BC_6	MB2	MH2	Bardage 1	1	17,2	42	28,7	30,5	0,0	0,0	5,5	-0,2
				2	17,2	42	28,7	30,5			5,3	
BC_7	MB2	MH1	Bardage 2	1	17,4	42	28,7	30,5	-0,1	0,0	5,1	0,2
				2	17,3	42	28,7	30,5			5,3	
BC_8	MB2	MH2	Bardage 2	1	17,3	42	28,7	30,5	-0,1	0,0	5,1	0,2
				2	17,2	42	28,7	30,5			5,3	

* Méthode 1 : règles classiques – Méthode 2 : méthodes proposées dans ce projet pour la prise en compte de l'inertie de l'ossature et l'impact du bardage sur les facteurs solaires.

Pour une meilleure représentation, les résultats sur les critères Bbio, Tic et DIES sont affichés sous la forme d'histogramme :

Avec :

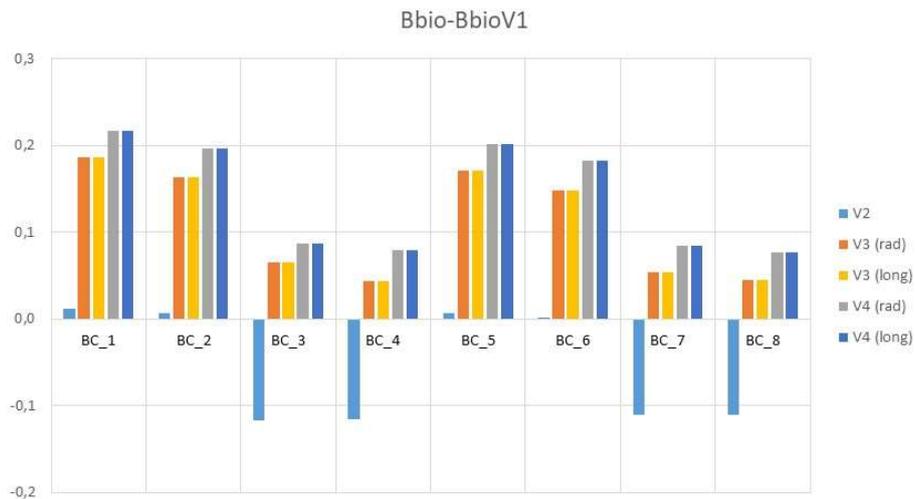
V1 : calcul réglementaire actuel

V2 : avec prise en compte de l'inertie des ponts thermiques ossature et l'impact de la lame d'air

V3 : V2 + prise en compte du tampon hygroscopique

V4 : V2 + prise en compte du tampon hygroscopique + présence de peinture sur le revêtement intérieur

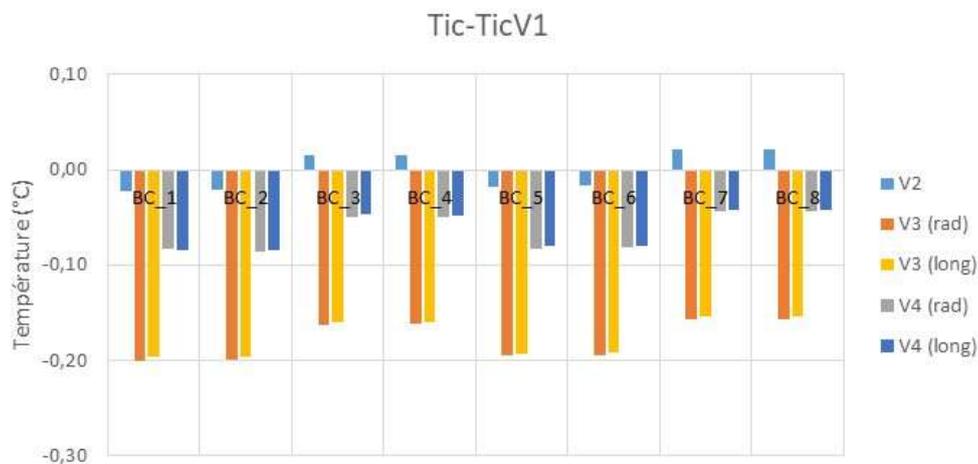
A noter que l'impact du sens des fibres sur l'inertie hygroscopique est ici pris en compte : « rad » pour radial et « long » pour longitudinal.



La prise en compte des ponts thermiques et de la lame d'air permet de réduire l'indicateur Bbio uniquement pour les bâtiments collectifs avec le bardage 2, à double tasseutage bois.

L'ajout du tampon hygroscopique sans peinture permet une augmentation du Bbio (au maximum de 0.2) dans tous les cas de figures mais de manière plus importante pour le bardage 1 que pour le bardage 2.

L'ajout de la peinture sur le revêtement intérieur augmente légèrement les valeurs du Bbio.

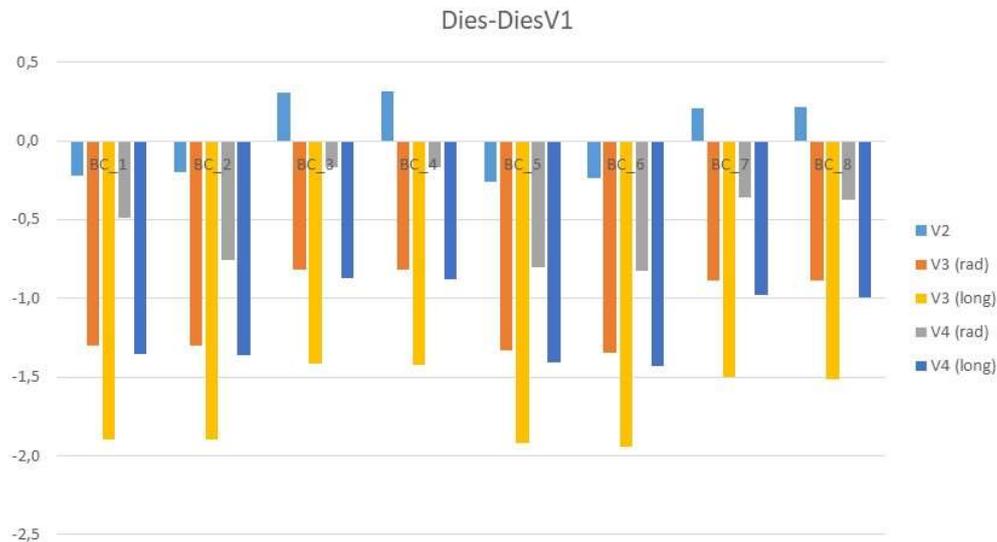


La prise en compte des ponts thermiques et de la lame d'air augmente faiblement la Tic pour les bâtiments collectifs avec le bardage à double tasseutage bois.

L'ajout du tampon hygroscopique sans peinture permet de réduire la Tic, jusqu'à -0.2°C , il est cependant important de noter que cet impact est aussi observé sur la $T_{ic_{ref}}$

Le sens des fibres n'a pas d'impact sur les résultats obtenus, cela peut s'expliquer par la faible présence de bois dans les couches actives.

L'ajout du tampon hygroscopique avec peinture présente un effet réduit sur la Tic par rapport à un revêtement brut.



La prise en compte des ponts thermiques et de la lame d'air permet de réduire faiblement la DIES, de 0,2h pour les configurations avec simple bardage (n°1), l'effet s'inverse avec la DIES qui augmente de 0,2h pour les bâtiments avec bardage à double tasseautage.

L'ajout du tampon hygroscopique présente les effets suivants :

- ➔ Réduction de la DIES pour tous les cas de figure : de -0,2h jusqu'à -1,9h ;
- ➔ L'impact est plus élevé sans peinture qu'avec peinture : 0,5h de plus ;
- ➔ L'impact est moins important pour le bois en radial qu'en longitudinal.

4 Résultats sur les configurations de maison individuelle

4.1 Impact sur les paramètres du bâtiment

Avec les évolutions des méthodes de calcul de l'inertie thermique et des facteurs solaires liés aux bardages, il est possible de comparer les différences au niveau des paramètres d'entrée du modèle.

4.1.1 Valeurs du paramètre Cm (Inertie quotidienne)

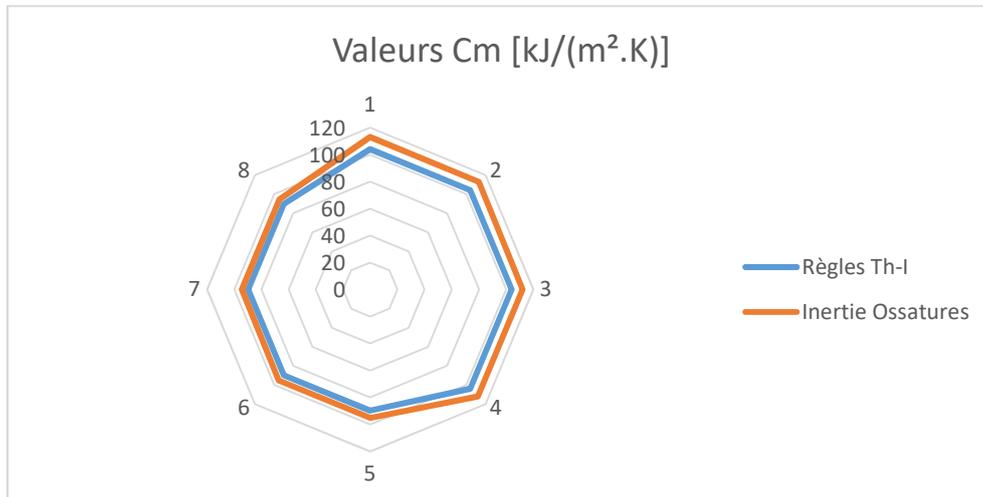


Figure 12 : Valeurs du paramètre Cm

La figure 12 met en évidence que les écarts entre la méthode classique de prise en compte des ponts thermique de l'ossature (Règle Th-I) et celle proposée dans le cadre de ce projet (Inertie Ossature) est plus importante pour la maison individuelle de plain-pied (entre 8 et 9 kJ/(m².K)) que pour celle avec un étage (entre 4 et 5 kJ/(m².K)).

4.1.2 Valeurs du paramètre Am (Inertie quotidienne)

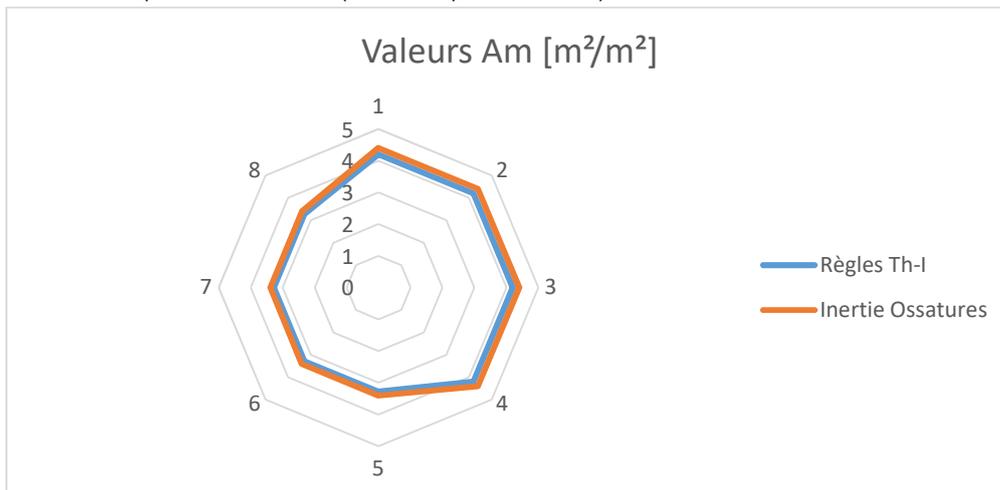


Figure 13 : Valeurs du paramètre Am

En ce qui concerne le second paramètre de l'inertie quotidienne, les écarts sont très faibles (de l'ordre de 0.1 à 0.2 m²/m). De la même manière que pour le coefficient Cm, la méthode impacte de manière légèrement plus importante la maison de plain-pied que celle en R+1.

4.1.3 Valeurs du paramètre Cms (Inertie séquentielle)

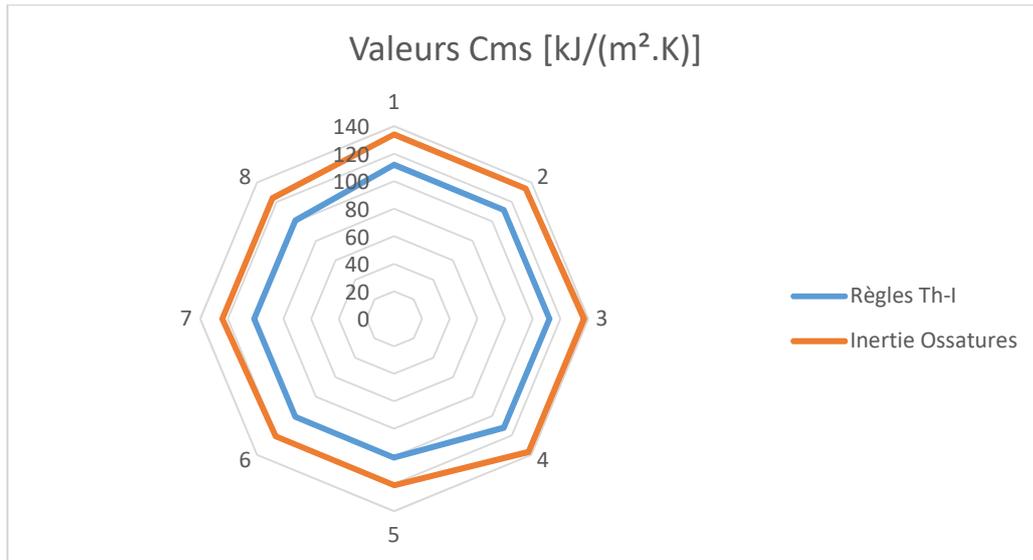


Figure 14 : Valeurs du paramètre Cms

La prise en compte de l'inertie de l'ossature augmente le coefficient d'inertie séquentielle. La configuration impacte peu les écarts obtenus avec la méthode proposée.

4.1.4 Facteurs solaires

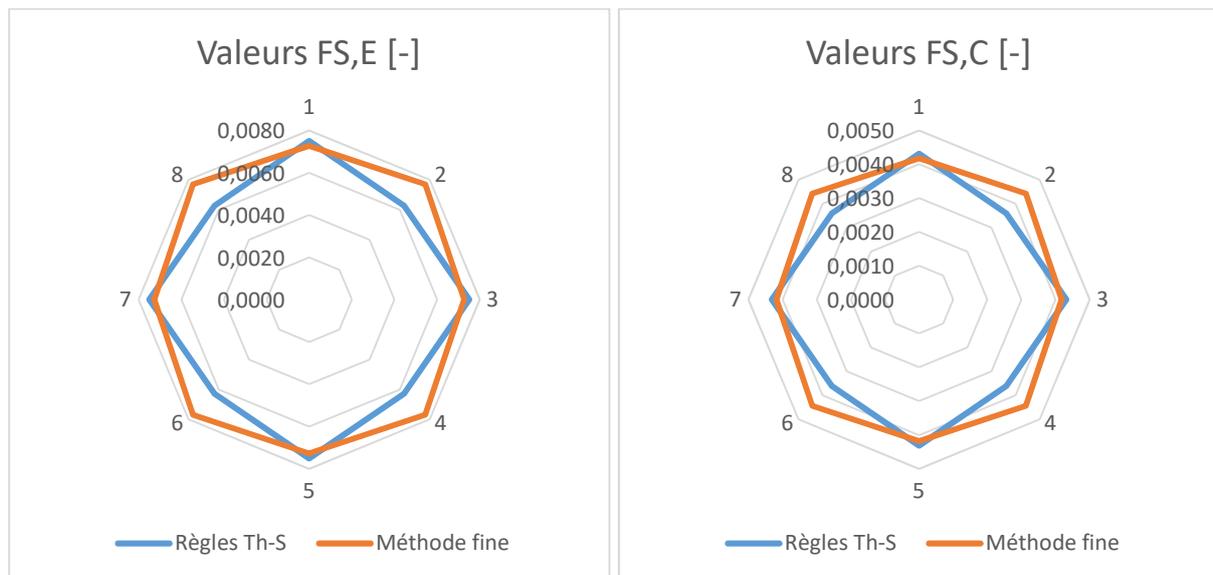


Figure 15 : Facteurs solaires des parois, FS,E en conditions estivales et FS,C en conditions hivernales

Pour les deux coefficients de facteur solaire, la méthode proposée dans ce projet modifie les valeurs uniquement pour le bardage 2. Le bardage 1 ne semble pas impacté par la méthode.

4.2 Impact sur le confort d'été et les besoins de chauffage

Le tableau page suivante présente les résultats obtenus sur les huit configurations de maisons individuelles pour les besoins de chauffage, la température d'inconfort et le nouvel indicateur de confort d'été la DIES (Durée d'Inconfort Estival Statistique).

Les méthodes proposées pour la prise en compte de l'inertie de l'ossature et pour l'impact du bardage sur les facteurs solaires ont un impact globalement positif sur les trois indicateurs retenus dans ce projet mais les écarts sont faibles.

Les méthodes proposées sont pénalisantes pour deux configurations pour les besoins de chauffage : maisons en R+1 avec le bardage 2. Cette augmentation légère des besoins de chauffage n'empêche pas le respect du seuil du $B_{bio_{max}}$.

Nom	Niveaux	Murs	Bardage	Méthode*	Bbio [Pts]	Bbiomax [Pts]	Tic [°C]	Ticref [°C]	Ecart Bbio [Pts]	Ecart Tic [°C]	DIES [h]	Ecart DIES [h]
MI_1	RDC	ME1 (Isolant int)	Bardage 1	1	36,9	51	30,5	33,4	-0,4	-0,2	12,1	-1,0
				2	36,5	51	30,3	33,4			11,1	
MI_2	RDC	ME1 (Isolant int)	Bardage 2	1	36,9	51	30,5	33,4	-0,2	-0,3	12,2	-1,4
				2	36,7	51	30,2	33,4			10,8	
MI_3	RDC	ME2 (Isolant ext)	Bardage 1	1	37	51	30,5	33,4	-0,4	-0,2	12,1	-0,6
				2	36,6	51	30,3	33,4			11,5	
MI_4	RDC	ME2 (Isolant ext)	Bardage 2	1	37	51	30,5	33,4	-0,2	-0,2	12,2	-0,9
				2	36,8	51	30,3	33,4			11,3	
MI_5	R+1	ME1 (Isolant int)	Bardage 1	1	37,3	42	30,5	32,6	-0,2	-0,2	11,1	-0,8
				2	37,1	42	30,3	32,6			10,2	
MI_6	R+1	ME1 (Isolant int)	Bardage 2	1	37,2	42	30,5	32,6	0,2	-0,2	11,2	-1,3
				2	37,4	42	30,3	32,6			9,8	
MI_7	R+1	ME2 (Isolant ext)	Bardage 1	1	37,3	42	30,5	32,6	-0,2	-0,1	11,1	-0,3
				2	37,1	42	30,4	32,6			10,8	
MI_8	R+1	ME2 (Isolant ext)	Bardage 2	1	37,2	42	30,5	32,6	0,2	-0,2	11,2	-0,8
				2	37,4	42	30,3	32,6			10,4	

* Méthode 1 : règles classiques – Méthode 2 : méthodes proposées dans ce projet pour la prise en compte de l'inertie de l'ossature et l'impact du bardage sur les facteurs solaires.

Pour une meilleure représentation, les résultats sur les critères Bbio, Tic et DIES sont affichés sous la forme d'histogramme :

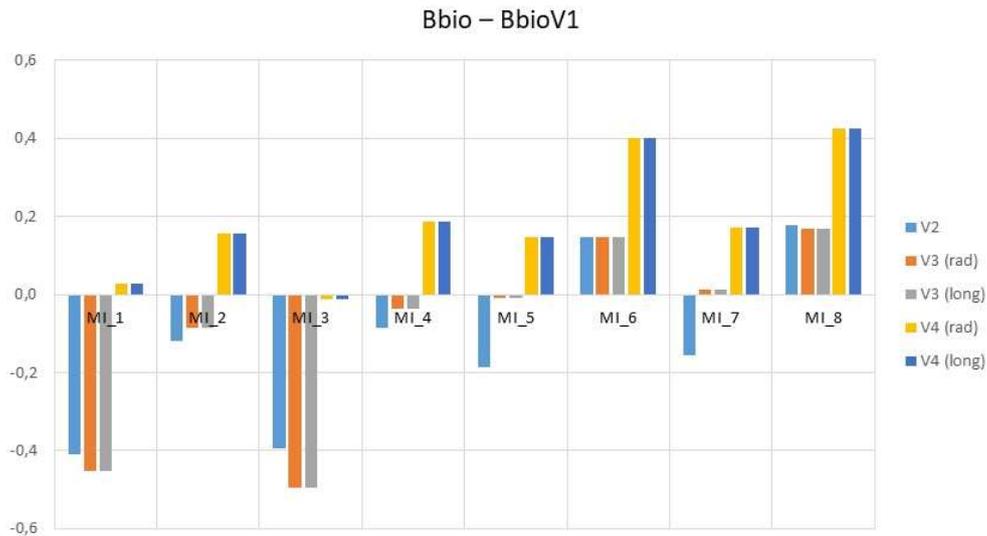
Avec :

V1 : calcul réglementaire actuel

V2 : avec prise en compte de l'inertie des ponts thermiques ossature et l'impact de la lame d'air

V3 : V2 + prise en compte du tampon hygroscopique

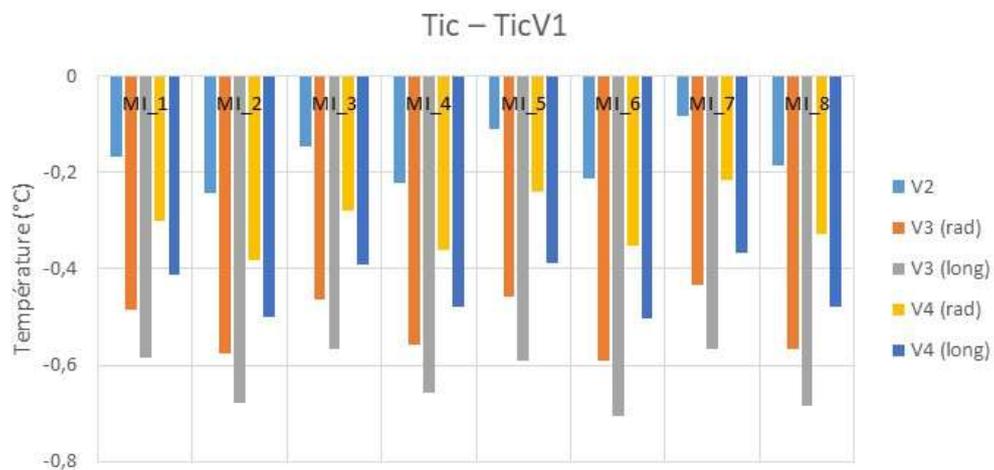
V4 : V2 + prise en compte du tampon hygroscopique + présence de peinture sur le revêtement intérieur
 A noter que l'impact du sens des fibres sur l'inertie hygroscopique est ici pris en compte : « rad » pour radial et « long » pour longitudinal.



La prise en compte des ponts thermiques et de la lame d'air permet de réduire l'indicateur Bbio sauf pour une configuration : en R+1 avec le bardage 2, à double tasseutage bois. L'effet est plus important avec le bardage 1 et pour la maison en RDC.

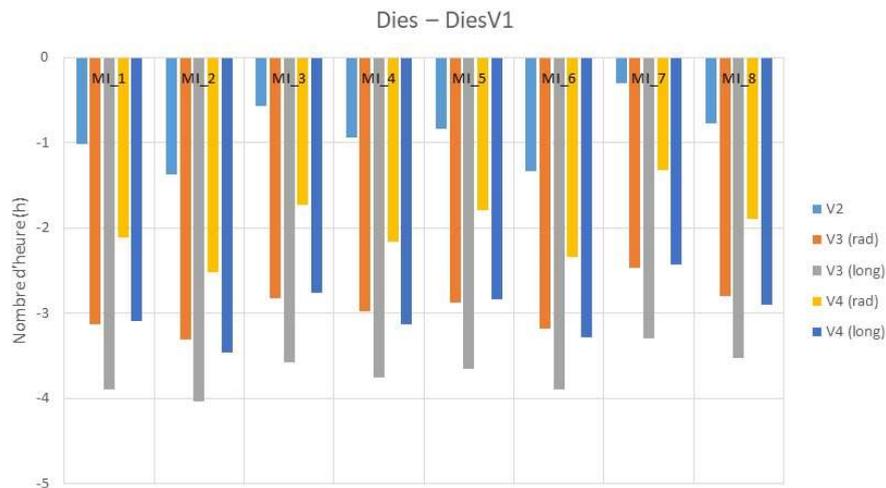
Une fois l'effet du tampon hygroscopique sans peinture ajouté l'effet est quasi similaire à la V2.

Avec un revêtement intérieur peint le Bbio augmente pour presque tous les cas de figures.



L'ensemble des modifications et des cas de figures présente une réduction de la Tic par rapport au calcul réglementaire actuel. Il est également à noter que l'écart Tic-Tic_{ref} augmente favorablement pour tous les cas de figures.

L'ajout du tampon hygroscopique sans peinture permet de constater un effet important sur la Tic quel que soit le sens des fibres (présence d'un parquet bois) : de $-0,4$ à $-0,6^{\circ}\text{C}$
 L'effet est aussi important sur l'écart entre Tic et Ticref : de $-0,25$ à $-0,4^{\circ}\text{C}$
 L'ajout de la peinture sur le revêtement intérieur confirme l'effet bloquant de la peinture mais les écarts entre les V3 et les V4 sont faibles.



L'ensemble des modifications et des cas de figures présente une réduction de la DIES : de $-0,3$ à $-3,3\text{h}$.
 L'ajout du tampon hygroscopique présente :

- ➔ Un effet important sur la DIES : de $-1,3\text{h}$ à $-3,9\text{h}$;
- ➔ Un effet plus élevé sans peinture qu'avec peinture : de $-0,8$ à $-1,2\text{h}$ d'écart ;
- ➔ Un effet moins important pour le bois en radial qu'en longitudinal.

5 Synthèse

Dans un premier temps, une étude uniquement sur l'effet couplé des ponts thermiques intégrés et d'une meilleure prise en compte du bardage a été menée (spécificités pouvant faire l'objet d'une intégration à la RT sur le court terme) puis dans un second temps sur l'ajout de l'inertie hygroscopique (valorisation des résultats à plus long terme), avec ou sans peinture sur les revêtements intérieurs.

Synthèse des résultats (comparés aux résultats de l'étude de sensibilité de la phase 1) :

- Pour les bâtiments collectifs, la prise en compte des PT intégrés et de la lame d'air ventilée permet, au mieux, d'abaisser la Tic de $0,1^{\circ}\text{C}$. L'ajout du tampon hygroscopique permet, au mieux, de diminuer la Tic de $0,2^{\circ}\text{C}$;
- Pour la maison individuelle, la prise en compte des PT intégrés et de la lame d'air ventilée permet, au mieux, d'abaisser la Tic de $0,3^{\circ}\text{C}$. L'ajout du tampon hygroscopique permet, au mieux, de diminuer la Tic de $0,6^{\circ}\text{C}$;

A noter que les calculs ont également été réalisés sur l'indicateur DIES (potentiellement le futur indicateur de confort d'été), les résultats montrent que la prise en compte des phénomènes et spécificités étudiés dans le projet permet de diminuer cet indicateur :

- Pour les bâtiments collectifs, la prise en compte des PT intégrés et de la lame d'air ventilée permet, au mieux, d'abaisser la DIES de $0,3\text{h}$. L'ajout du tampon hygroscopique permet, au mieux, de diminuer la DIES de $1,3\text{h}$;

- Pour la maison individuelle, la prise en compte des PT intégrés et de la lame d'air ventilée permet, au mieux, d'abaisser la DIES de 1,4h. L'ajout du tampon hygroscopique permet, au mieux, de diminuer la DIES de 3,3h ;

Pour les bâtiments collectifs, les résultats de l'étude de sensibilité intégrant les méthodes proposées présentent un impact limité sur l'inertie du bâtiment et les facteurs solaires des parois opaques et par conséquent un impact faible sur les indicateurs Tic et DIES. Cependant sur certaines configurations l'impact sur la DIES peut être négatif (-0,31h), cela s'explique certainement par les hypothèses de renouvellement d'air (scénarios d'ouverture et fermeture de fenêtres).

Tâche 2 : Préconisations

1 Objectifs

Cette sous-tâche 3.2 a pour objectif d'évaluer l'impact maximal apporté par la prise en compte des phénomènes et spécificités étudiés durant le projet – soit la prise en compte des ponts thermiques, les coefficients de bardage et l'inertie hygroscopique.

Deux configurations, minimisant et maximisant les phénomènes, sont considérées et une configuration de type CLT sera également modélisée.

2 Configurations étudiées

- A. Une configuration minimisant les spécificités/phénomènes étudiés
- B. Une configuration maximisant les spécificités/phénomènes étudiés
- C. Une configuration CLT

2 climats seront étudiés :

- Climat « froid » : Nancy
- Climat « chaud » : Nice

2 typologies de maisons individuelles seront étudiées :

- De plain-pied (uniquement en RDC)
- En R+1

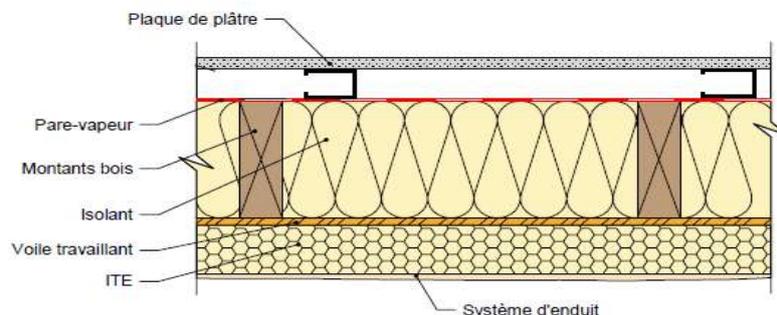
Les géométries sont identiques à celles étudiées dans la phase 1 du projet.

Une attention particulière sera portée sur les aspects liés à la « thermique d'hiver » avec l'indicateur Bbio ainsi que pour les autres exigences réglementaires existantes (sécurité incendie, acoustique, sismique...).

2.1 Configuration A

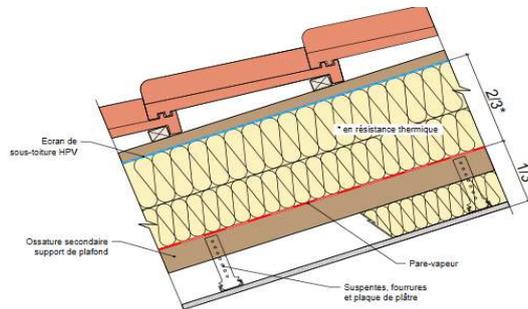
2.1.1 Murs extérieurs

Enduit – isolant rigide 40mm – OSB3 9mm – Ossature 145 avec isolant LdV entraxe 600mm – pare-vapeur – vide technique 40mm rails métalliques – plaque plâtre BA13



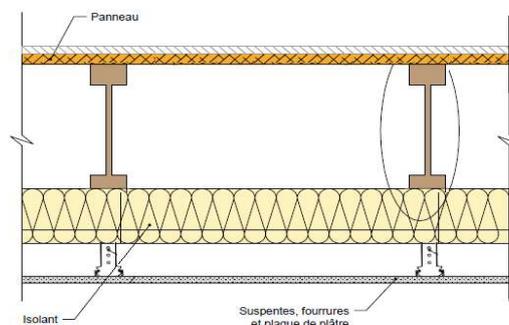
2.1.2 Toiture rampants

Plaque de plâtre BA13 – plénum avec remplissage laine de verre avec 100mm contre-ossature au droit des chevrons – pare-vapeur - structure bois chevrons 45x220mm isolant LdV 220mm entraxe 600mm – écran de sous toiture – liteaux 27x40mm / contre liteaux 27x40mm - couverture



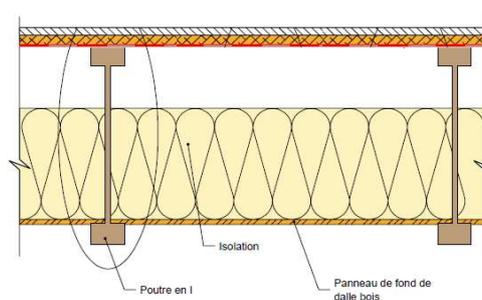
2.1.3 Plancher intermédiaire

Plaque de plâtre BA13 – plénum 100mm - isolant semi-rigide 100mm - structure poutre en I (220mm section membrure 45x40) – OSB3 19mm - lino



2.1.4 Plancher bas sur vide-sanitaire

Lino – OSB3 19mm – pare-vapeur – structure poutre en I (220mm section membrure 45x40) – isolant 180 mm – OSB3 9mm



Autres exigences :

- Acoustique – Isolement D > 30dB pour le bâtiment complet.
➔ Assurer un R (indice d'affaiblissement acoustique) > 35 dB pour les parois en partie courante considérées.
- Feu – R15 ➔ Ok avec un revêtement intérieur de type BA13.

2.2 Configuration B

2.2.1 Bardage

La configuration de bardage retenue est un bardage à lames verticales avec tasseautage horizontal support de bardage - section 27x40mm et tasseautage vertical au droit des montants - section 22x45. Le choix s'est porté sur une configuration de bardage présentant un coefficient correctif du facteur solaire faible.

	Notation	Unité	Valeur
Coefficient d'absorption solaire	α_{bardage}	[1]	0.4
Epaisseur de la lame d'air ventilée	e_{la}	[m]	0.049
Hauteur de la lame d'air ventilée	H_{la}	[m]	<9
Type d'ossature support du bardage	t_{oss}	{simple ; contre ossature}	contre ossature

Tableau 2-1 : Valeurs des coefficients correctifs $K_{\text{corr,la}}$ pour un bardage bois

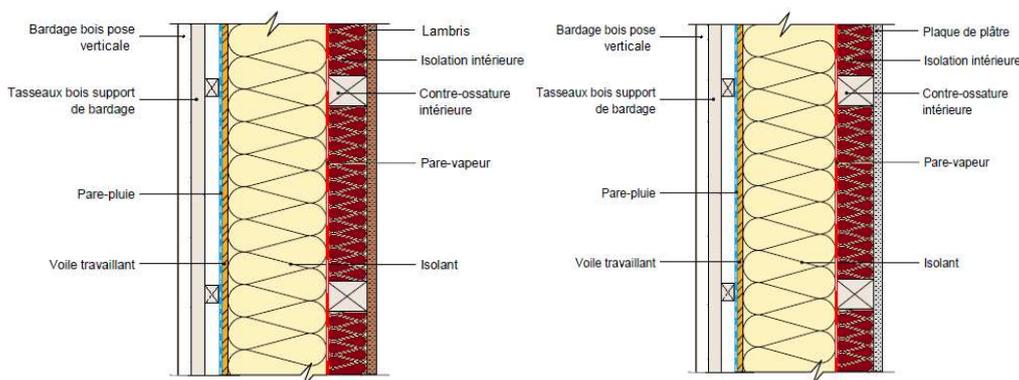
Catégorie 1	H_{la} [m]											
	[2;9]				]9;16]				]16;24]			
e_{la} [m]	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$
[0,02;0,05[	0.35 0.36	0.50 0.53	0.64 0.68	0.78 0.84	0.36 0.38	0.52 0.55	0.68 0.72	0.83 0.89	0.37 0.39	0.54 0.57	0.70 0.75	0.86 0.92
[0,05;0,08[	0.29 0.31	0.41 0.45	0.52 0.58	0.63 0.70	0.30 0.34	0.44 0.49	0.56 0.63	0.68 0.77	0.32 0.36	0.46 0.52	0.59 0.67	0.71 0.82
[0,08;0,1]	0.26 0.29	0.37 0.41	0.47 0.53	0.57 0.64	0.28 0.32	0.40 0.45	0.51 0.58	0.61 0.71	0.29 0.34	0.42 0.48	0.53 0.63	0.64 0.76

En gris les valeurs pour un bardage sur contre ossature horizontale

L'épaisseur de la lame d'air comprend l'ossature principale et la contre ossature

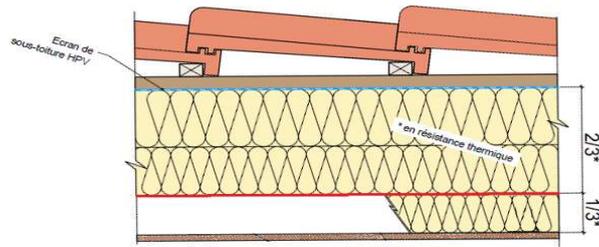
2.2.2 Murs extérieurs

Double tasseautage bardage bois couleur claire – pare-pluie – OSB3 9mm - Ossature 145 avec isolant LdV entraxe 400mm – pare-vapeur – sur-isolation intérieure fibre de bois 60mm avec contre ossature section 50x60mm entraxe 400mm – lambris brut 18mm (pour les salles de vie) / plaque plâtre BA13 type H (pour les pièces humides)



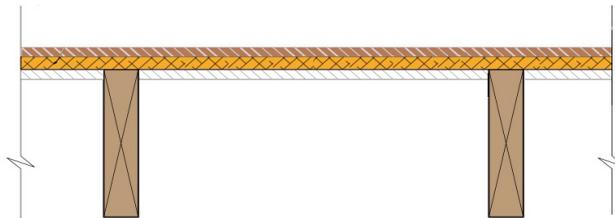
2.2.3 Toiture rampant

Lambris 18mm – sur- bois isolation intérieure fibre de bois 100mm avec contre ossature section 50x60mm entraxe 400mm – pare-vapeur - structure chevrons 45x220mm isolant LdV 220mm entraxe 400mm – écran de sous toiture – couverture



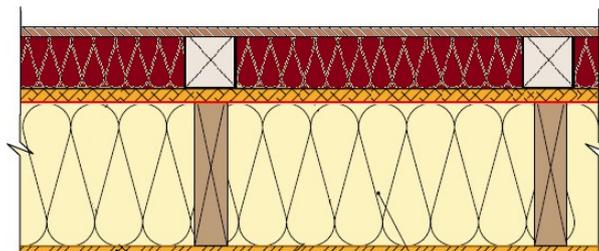
2.2.4 Plancher intermédiaire

Parquet bois 16 mm brut – OSB3 19mm - solivage massif apparent section 60 x 200 entraxe 400mm – BA13 (R15) vissé entre les solives en sous-face du panneau de plancher



2.2.5 Plancher bas bois

Parquet bois 16 mm posé sur lambourdes section 50x50 entraxe 400 – remplissage isolant FdB entre lambourdes ép 50 mm – OSB3 19mm – pare-vapeur – solive 45x220 entraxe 400 – isolant 220 mm LdV – OSB3 9mm



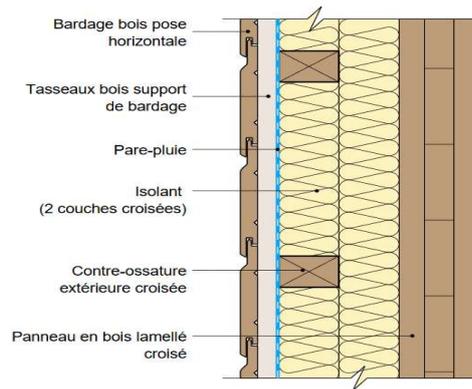
Autres exigences :

- Acoustique – Isolement D > 30dB pour le bâtiment complet.
- ➔ Assurer un R (indice d'affaiblissement acoustique) > 35 dB pour les parois en partie courante considérées.
- Feu – R15 ➔ Ok avec un revêtement intérieur de type BA13.
- Feu – R15 ➔ Ok avec un revêtement intérieur de type lambris 18mm

2.3 Configuration C

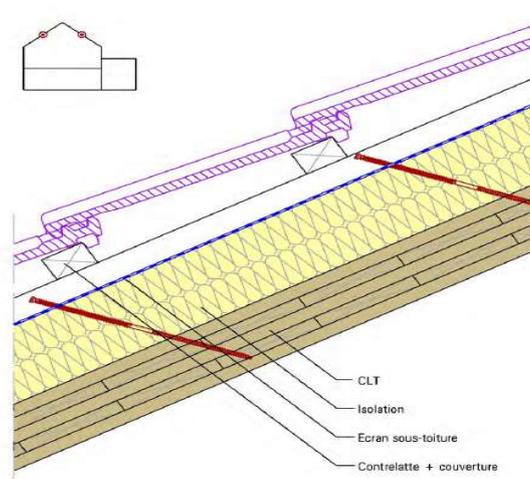
2.3.1 Murs extérieurs

CLT mini 90 mm, isolant semi-rigide en deux couches croisées (2 x 100 mm) porté par ossature et contre-ossature 45x100 entraxe 600mm, pare-pluie, tasseau, bardage



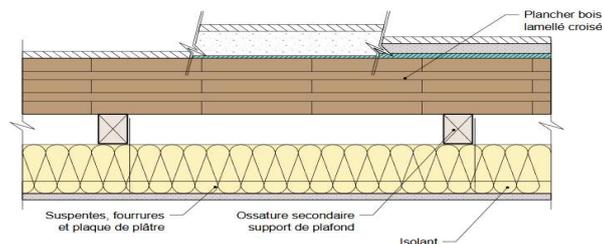
2.3.2 Toiture rampants

Couverture tuiles sur latte et contre latte, écran de sous-toiture HPV, isolant rigide pose sarking ép. 300mm, CLT épaisseur mini 150mm



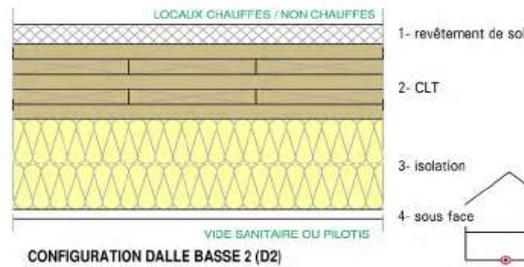
2.3.3 Planchers intermédiaires

Revêtement de sol (tout type possible), panneau CLT 150 mm mini d'épaisseur, contre-ossature support de plafond 40x60 entraxe 60 cm, isolant semi-rigide 100mm (correction acoustique), plafond suspendu BA13 sur ossature métallique



2.3.4 Plancher bas

Revêtement de sol (tout type possible), panneau CLT 150 mm mini d'épaisseur, isolant rigide type PSE 150 mm, sous-face éventuelle OSB 9mm (sous-face présente si visible depuis l'extérieur)



3 Résultats

3.1 Comparaison des configurations A et B

En comparant les configurations A et B, l'intérêt de cette tâche est d'évaluer l'impact maximale apporté par la prise en compte des phénomènes et spécificités étudiés durant le projet. Les résultats sont calculés pour les paramètres relatifs à l'inertie ainsi que pour les indicateurs de la réglementation thermique actuelle et à venir :

Sans prise en compte de l'inertie hygroscopique

		Configuration A		Configuration B		Écart	
		RDC	R+1	RDC	R+1	RDC	R+1
Inertie quotidienne	Cm (kJ/(m ² .K))	88	86	92	92	5%	7%
	Am (m ² /m)	3,5	3,4	3,8	3,7	9%	9%
Inertie séquentielle	Cms (kJ/(m ² .K))	97	96	118	118	22%	23%
Climat froid (Nancy)	Tic	29,1	28,7	28,8	28,3	-0,3°C	-0,4°C
	Tic ref	32,7	31,8	32,7	31,7	0°C	-0,1°C
	BBio	87,2	82,9	87,7	84,6	+0,5 pts	+1,7 pts
	DIES	25,5	20,8	24,2	17,4	-4,9%	-16,0%
Climat chaud (Nice)	Tic	32,9	32,7	32,7	32,4	-0,2°C	-0,3°C
	Tic ref	35,1	34,3	35,1	34,3	0°C	0°C
	BBio	38,3	38,4	38,4	39,0	+0,1 pts	+0,6 pts
	DIES	13,7	11,4	13,2	10,6	-3,7%	-6,9%

Avec prise en compte de l'inertie hygroscopique avec peinture en surface

		Configuration A		Configuration B		Écart	
		RDC	R+1	RDC	R+1	RDC	R+1
Inertie quotidienne	Cm (kJ/(m ² .K))	88	86	92	92	5%	7%
	Am (m ² /m)	3,5	3,4	3,8	3,7	9%	9%
Inertie séquentielle	Cms (kJ/(m ² .K))	97	96	118	118	22%	23%
Climat froid (Nancy)	Tic	29,0	28,6	28,7	28,3	-0,3°C	-0,3°C
	Tic ref	32,6	31,7	32,5	31,6	-0,1°C	-0,1°C
	BBio	87,5	83,3	88,7	85,7	+1,2 pts	+2,4 pts
	DIES	22,7	18,2	22,6	15,5	-0,4%	-15,0%
Climat chaud (Nice)	Tic	32,8	32,5	32,5	32,2	-0,3°C	-0,3°C
	Tic ref	35,1	34,2	35,0	34,1	-0,1°C	-0,1°C
	BBio	38,5	38,6	39,5	40,2	+1 pts	+1,6 pts
	DIES	12,5	10,5	11,8	9,6	-5,3%	-8,24%

Avec prise en compte de l'inertie hygroscopique sans peinture en surface

		Configuration A		Configuration B		Écart	
		RDC	R+1	RDC	R+1	RDC	R+1
Inertie quotidienne	Cm (kJ/(m ² .K))	88	86	92	92	5%	7%
	Am (m ² /m)	3,5	3,4	3,8	3,7	9%	9%
Inertie séquentielle	Cms (kJ/(m ² .K))	97	96	118	118	22%	23%
Climat froid (Nancy)	Tic	28,7	28,3	28,5	28,0	-0,2°C	-0,3°C
	Tic ref	32,4	31,5	32,4	31,5	0°C	0°C
	BBio	87,2	83,1	88,6	85,7	+1,4 pts	+2,6 pts
	DIES	21,7	16,3	21,2	14,5	-2,7%	-11,0%
Climat chaud (Nice)	Tic	32,5	32,3	32,3	32,0	-0,2°C	-0,3°C
	Tic ref	34,9	34,0	34,8	34,0	-0,1°C	0°C
	BBio	38,4	38,3	39,2	40,0	+0,8 pts	+1,7 pts
	DIES	11,0	9,1	10,8	8,7	-2,2%	-5,2%

La configuration B, maximisant les phénomènes étudiés, induit une augmentation du Bbio d'au maximum 1,6 pts. L'ajout du tampon hygroscopique induit un effet faible sur le Bbio en moyenne (un peu plus marqué sur la configuration B maximisant les phénomènes) et peu de différences entre les revêtements intérieurs avec peinture ou sans peinture.

La configuration B permet un abaissement de la valeur de la Tic d'au maximum 0,4 °C et de la DIES jusqu'à 3,4h. Ces observations sont valides à condition que le bois soit « ouvert » à la vapeur (propriétés longitudinales).

3.2 Configuration C : CLT

Pour la configuration CLT, les résultats présentés portent sur les indicateurs réglementaires :

Sans prise en compte de l'inertie hygroscopique

Niveaux	Climat	Tic	Tic ref	BBio	DIES
RDC	Nancy	27,2	32,8	75,0	17,3
RDC	Nice	31,5	35,2	31,0	8,9
R+1	Nancy	27,1	31,8	71,6	12,9
R+1	Nice	30,8	34,3	31,9	7,9

Avec prise en compte de l'inertie hygroscopique avec peinture en surface

Niveaux	Climat	Tic	Tic ref	BBio	DIES
RDC	Nancy	27,3 (+0,1°C)	32,6 (-0,2°C)	76,3 (+1,3 pts)	14,5 (-16%)
RDC	Nice	31,4 (-0,1°C)	35,0 (-0,2°C)	32,3 (+1,3 pts)	8,2 (-8%)
R+1	Nancy	27,0 (-0,1°C)	31,5 (-0,3°C)	73,1 (+1,5 pts)	12,1 (-6%)
R+1	Nice	31,4 (+0,6°C)	34,1 (-0,2°C)	33,3 (+1,4 pts)	7,2 (-9%)

Avec prise en compte de l'inertie hygroscopique sans peinture en surface

Niveaux	Climat	Tic	Tic ref	BBio	DIES
RDC	Nancy	27,1 (-0,1°C)	32,4 (-0,4°C)	76,3 (+1,3 pts)	14,5 (-16%)
RDC	Nice	31,1 (-0,4°C)	34,8 (-0,4°C)	32,2 (+1,2 pts)	7,4 (-17%)
R+1	Nancy	27,0 (-0,1°C)	31,5 (-0,3°C)	73,1 (+1,5 pts)	12,1 (-6%)
R+1	Nice	31,1 (+0,3°C)	33,9 (-0,4°C)	33,2 (+1,3 pts)	6,4 (-19%)

Les valeurs du Bbio sont plus faibles pour la configuration C, présentant un niveau d'isolation supérieur, que les pour les configurations A et B.

Pour les indicateurs de confort d'été (Tic et DIES), les effets en configuration C sont plus faibles voire négatifs, l'augmentation de l'inertie apportée par le CLT minimise les effets des autres phénomènes étudiés.

4 Synthèse

La comparaison des configurations A et B prouve qu'adapter la composition des parois favorise l'évaluation vis-à-vis du confort estival (réduction de la Tic d'au maximum 0,4 °C pour le cas étudié).

En revanche cela peut induire une augmentation du Bbio, il est toutefois à noter que l'indicateur Bbio est toujours nettement inférieur à $B_{bio_{max}}$ pour le cas étudié.

La configuration CLT maxime l'inertie thermique du bâtiment bois, ce niveau d'inertie engendre une réduction de la valeur de la Tic comparativement aux deux autres configurations. Comparativement à la configuration A qui minimise les effets, la Tic est au maximum réduite de 1,7°C, sachant que la Tic_{ref} est non modifiée.

Du point de vue des effets seuls liés à la prise en compte du tampon hygroscopique :

- ➔ La configuration B est celle pour laquelle les effets sont les plus nets
 - Réduction de Tic jusqu'à 0,8°C
 - Augmentation de Tic-Ticref jusqu'à 0,5°C
 - Les propriétés choisies pour le bois sont essentielles : avec des propriétés radiales, les effets sont du même ordre que la configuration A
- ➔ La mise en place d'une peinture réduit les effets au même niveau que la configuration A

La configuration CLT présente les meilleurs résultats en termes de confort d'été quels que soient les indicateurs choisis.

Conclusion et valorisation

Le projet Thermique d'Été Bois a permis d'étudier l'impact réel de certains phénomènes et paramètres spécifiques de la construction à ossature bois sur le confort estival, notamment sur les indicateurs actuels et à venir de la réglementation thermique. L'apport des éléments d'ossature sur les paramètres d'inertie du bâtiment, l'influence de la lame d'air ventilée derrière le bardage sur l'amortissement du facteur solaire des parois opaques et l'effet de l'inertie hygroscopique des parois sur la réponse en température intérieure ont ainsi pu être étudiés.

Afin d'améliorer ou d'affiner la manière dont la réglementation juge les bâtiments à ossature bois vis-à-vis du confort d'été, les travaux menés durant le projet portant sur les ponts thermiques intégrés et la lame d'air ventilée seront valorisés à travers la rédaction de projets présentables en commission Thbat (novembre 2018). De plus, des fiches méthodologiques portant sur ces deux sujets ont été rédigées et sont mises à disposition des acteurs de la filière et des bureaux d'études. Ces fiches synthétisent les méthodes développées et propose un accompagnement pas à pas afin de pouvoir les appliquer et les utiliser pour le calcul réglementaire dans les logiciels conformes. Ces fiches se trouvent en annexe du présent livrable.

Les différentes actions du projet ont également permis de mettre en place un modèle permettant de prendre en compte les effets des phénomènes d'inertie hygroscopique sur le confort thermique d'été pour quelques bâtiments. Avant d'imaginer une intégration dans la réglementation thermique, des travaux supplémentaires doivent être réalisés. Il s'agit dans un premier temps de fiabiliser les résultats du modèle. Un stage a été réalisé cet été dans ce sens de sorte d'appliquer les calculs à un plus large panel de bâtiments et de comparer les résultats du modèle avec un outil de calcul de transferts hygrothermiques du commerce.

Une thèse financée par le CEA et l'ADEME intitulée « comment le matériau bois contribue-t-il à la performance énergétique et au confort hygrothermique des bâtiments ? » va démarrer début octobre. Elle permettra d'affiner les observations et la prise en compte des phénomènes. Elle est toutefois complètement décorrélée du modèle développé pour le cœur de calcul de la réglementation. Dans un second temps, des actions supplémentaires doivent être menées sur le cœur de calcul réglementaire pour revoir les paramètres d'entrée du modèle. Il s'agit d'une part de compléter les bases de données matériaux existantes, de réfléchir à une évaluation plus exhaustive des apports internes d'humidités et enfin de réfléchir à la manière dont les revêtements intérieurs peuvent être intégrés dans le calcul réglementaire, sachant que pour l'instant aucune description de ces revêtements n'est nécessaire dans la méthode de calcul alors que c'est un point indispensable lorsque l'on traite des phénomènes d'inertie hygroscopique.

Des travaux futurs doivent également être menés pour évaluer l'impact de la prise en compte de cette inertie sur les débits de ventilation (hygrorégulables) et les consommations des systèmes de refroidissements liés à la baisse des charges latentes de l'ambiance intérieure.

Annexes : Fiche méthodologiques

THERMIQUE ETE BOIS

FICHE METHODOLOGIQUE

CALCUL DES PARAMETRES D'INERTIE SELON LA METHODE DEVELOPPEE

Rédaction : Thomas Garnesson – NOBATEK/INEF4
Date : 20/09/2018
Version : 2

RAPPEL SUR LA METHODE DEVELOPPEE

La prise en compte de l'inertie apportée par les montants d'ossature bois d'une paroi se fait au travers des paramètres χ_j et χ_s (capacité thermique périodiques quotidienne et séquentielle). Ils sont utilisés pour déterminer les valeurs des paramètres C_m et A_m caractérisant l'inertie quotidienne et la valeur du paramètre C_{ms} relatif à l'inertie séquentielle. Ceux-ci sont directement utilisés par le moteur de calcul RT.

La méthode proposée pour le calcul de l'inertie quotidienne (χ_j) et de l'inertie séquentielle (χ_s) est une méthode dite « par décomposition ». Il s'agit alors de décomposer la paroi à couches hétérogènes en deux parties : la partie « isolant » et la partie « ossature ».

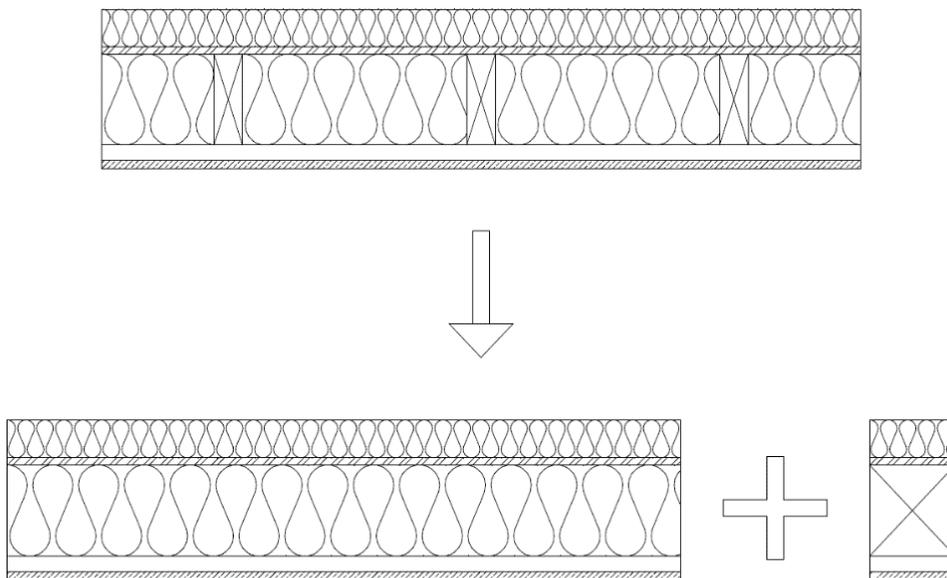


Figure 1 : Principe de la méthode par décomposition

Pour l'inertie quotidienne, la capacité thermique périodique χ_j de chaque partie est calculée via la méthode par calcul matriciel proposée dans la norme *NF EN ISO 13786*. La capacité thermique quotidienne de la paroi complète est alors prise égale à la somme des capacités de chaque partie pondérées au prorata de leur présence.

Pour l'inertie séquentielle, la capacité thermique périodique χ_s de la partie « isolant » est calculée via la méthode de l'épaisseur efficace décrite dans l'annexe A de la *NF EN ISO 13786*. Cette même méthode est utilisée pour le calcul de la capacité thermique de la partie « ossature » mais en retenant une valeur différente de l'épaisseur efficace maximale. Comme pour l'inertie quotidienne, la capacité thermique séquentielle de la paroi complète est prise égale à la somme des capacités de chaque partie pondérées au prorata de leur présence.

ETAPES A SUIVRE POUR LE CALCUL DES PARAMETRES D'INERTIE

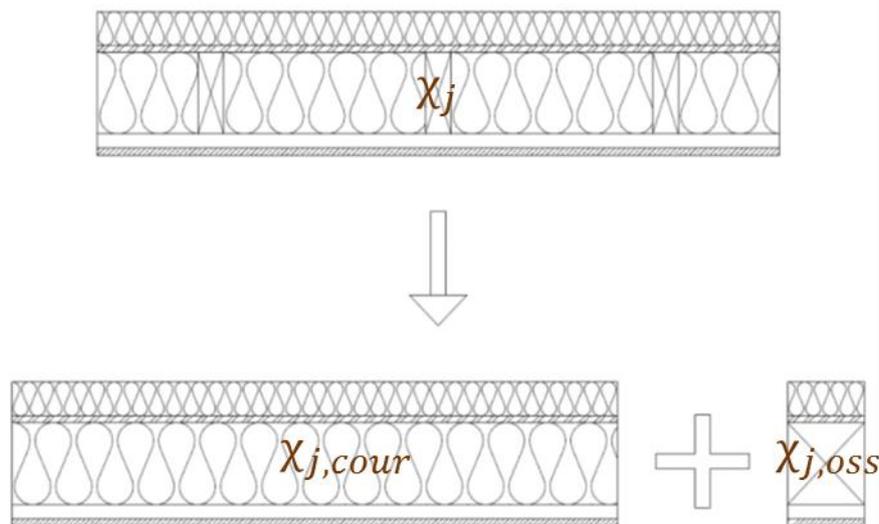
La détermination des paramètres d'inertie C_m , A_m et C_{ms} suit les étapes suivantes :

1. Calcul des paramètres χ_j et χ_s de chaque paroi
2. Calcul des paramètres C_m , A_m et C_{ms} pour chaque niveau du bâtiment et détermination du niveau le plus défavorable
3. Utilisation des valeurs calculées des paramètres C_m , A_m et C_{ms} pour le calcul réglementaire

ETAPE 1 : CALCUL DES PARAMETRES D'INERTIE DES PAROIS

INERTIE QUOTIDIENNE

Pour le calcul de la capacité thermique quotidienne d'une paroi χ_j , la méthode par calcul matriciel selon la norme *NF EN ISO 13786* est utilisée. La paroi à ossature hétérogène est décomposée en sous éléments homogènes. Pour chacun de ces sous éléments, la capacité thermique quotidienne est calculée. La capacité thermique quotidienne de la paroi complète est ensuite calculée en tenant compte des capacités thermiques des sous éléments et de leur présence au sein de la paroi. La figure suivante présente le principe de la méthode par décomposition.



$$\chi_j = R_{cour} \times \chi_{j,cour} + R_{oss} \times \chi_{j,oss}$$

Figure 2 : Principe de calcul de la capacité thermique quotidienne par la méthode par décomposition

Exemple pour un mur ossature bois avec isolant en âme et voile travaillant intérieur :

Le tableau suivant présente la composition de la paroi pour cet exemple.

Tableau 1 : Composition du mur ossature bois avec isolant en âme et voile travaillant intérieur

	Epaisseur [m]	λ [W/(K.m)]	ρ [kg/m ³]	C [J/(kg.K)]	R [m ² .K/W]
BA13	0.013	0.25	800	1000	0.05
Lame d'air	0.025	-	-	-	0.18
OSB	0.01	0.13	650	1700	0.08
Isolant / Montants	0.2	0.038 / 0.15	60 / 450	1030 / 1600	5.26 / 1.33

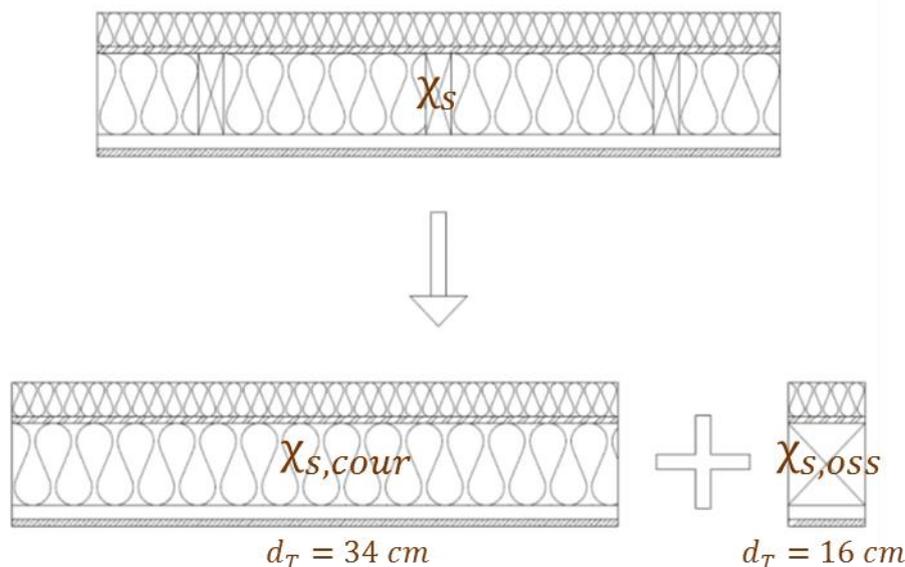
Les résultats présentés dans le tableau suivant tiennent compte d'un entraxe entre montants de 400 mm et d'une épaisseur de montant de 45 mm. Pour le calcul des capacités thermiques quotidiennes selon la norme *NF EN ISO 13786* il convient de ne pas tenir compte des résistances thermiques superficielles des parois.

Tableau 2 : Résultats obtenus sur la paroi exemple pour le calcul de la capacité thermique quotidienne

Part de la partie "isolant" :		88.75%
Part de la partie "ossature" :		11.25%
Capacité thermique quotidienne χ_j [kJ/(m².K)]		
Calcul matriciel par décomposition		
Partie "isolant"	Partie "ossature"	Paroi complète
24.59	35.32	25.80

INERTIE SEQUENTIELLE

Pour le calcul de la capacité thermique séquentielle d'une paroi χ_s , la méthode de l'épaisseur efficace décrite dans l'annexe A de la norme *NF EN ISO 13786* est utilisée. La paroi à ossature hétérogène est décomposée en sous éléments homogènes. Pour les sous éléments correspondant à l'isolant, une épaisseur efficace maximale de 34 cm est retenue. Pour ceux correspondant à la partie ossature, l'épaisseur efficace maximale est de 16 cm. La capacité thermique séquentielle de la paroi complète est ensuite calculée en tenant compte des capacités thermiques des sous éléments et de leur présence au sein de la paroi. La figure suivante présente le principe de la méthode par décomposition.



$$\chi_s = R_{cour} \times \chi_{s,cour} + R_{oss} \times \chi_{s,oss}$$

Figure 3 : Principe de calcul de la capacité thermique séquentielle par la méthode par décomposition

Par définition, la capacité thermique séquentielle de la paroi est au moins égale à sa capacité thermique quotidienne $\chi_s \geq \chi_j$. Dans le cas où la capacité thermique séquentielle calculée par la méthode de l'épaisseur efficace est plus faible que la capacité thermique quotidienne, la valeur considérée est égale à la capacité thermique quotidienne $\chi_s = \chi_j$.

Exemple pour un mur ossature bois avec isolant en âme et voile travaillant intérieur :

La composition de la paroi retenue pour cet exemple est présentée dans le Tableau 1. Les résultats présentés dans le tableau suivant tiennent compte d'un entraxe entre montants de 400 mm et d'une épaisseur de montant de 45 mm. Pour le calcul des capacités thermiques séquentielles selon la norme *NF EN ISO 13786* il convient de ne pas tenir compte des résistances thermiques superficielles des parois.

Tableau 3 : Résultats obtenus sur la paroi exemple pour le calcul de la capacité thermique séquentielle

Part de la partie "isolant" :		88.75%
Part de la partie "ossature" :		11.25%
Capacité thermique séquentielle		
χ_s [kJ/(m².K)]		
Méthode épaisseur efficace par décomposition		
Partie "isolant"	Partie "ossature"	Paroi complète
24.59	76.17	30.39

$$\chi_{s,\text{isolant}} = 21.45 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K}) < \chi_{j,\text{isolant}}$$

$$\text{Donc } \chi_{s,\text{isolant}} = \chi_{j,\text{isolant}} = 24.59 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

ETAPE 2 : CALCUL DES PARAMETRES D'INERTIE POUR CHAQUE NIVEAU

Les paramètres d'inertie à l'échelle du bâtiment C_m , A_m et C_{ms} sont calculés pour chaque niveau à partir des équations suivantes.

$$C_m = \sum A_i \times \chi_{ji} + 20 \times A_{niv} \text{ [kJ/K]}$$

$$A_m = \left(\sum A_i \times \chi_{ji} \right)^2 / \left(\sum A_i \times \chi_{ji}^2 \right) \text{ [m}^2\text{]}$$

$$C_{ms} = \sum A_i \times \chi_{si} + 20 \times A_{niv} \text{ [kJ/K]}$$

Où :

A_i [m²] est la surface de la paroi i

χ_{ji} [kJ/(K.m²)] et χ_{si} [kJ/(K.m²)] sont respectivement les capacités thermique quotidienne et séquentielle de la paroi i

A_{niv} [m²] est la surface utile du niveau du bâtiment considéré

Par définition la capacité thermique séquentielle est au moins égale à la capacité thermique quotidienne $C_{ms} \geq C_m$. Dans le cas où la capacité thermique séquentielle est plus faible que la capacité thermique quotidienne, la valeur considérée est égale à la capacité thermique quotidienne $C_{ms} = C_m$.

Les valeurs des paramètres d'inertie retenues pour le calcul réglementaire thermique sont celles du niveau le plus défavorisé vis-à-vis de l'inertie quotidienne. Lorsque l'un des niveaux présente le couple de valeurs (C_m, A_m) le plus faible alors il s'agit du niveau le plus défavorisé. Lorsqu'une telle situation ne se présente pas, il est proposé de retenir le niveau qui présente la valeur $\sqrt{(C_m/A_{niv})^2 + (A_m/A_{niv})^2}$ la plus faible comme étant le niveau le plus défavorisé d'un point de vue de l'inertie quotidienne.

ETAPE 3 : UTILISATION DES PARAMETRES D'INERTIE CALCULES POUR LE CALCUL REGLEMENTAIRE

Sous Pléiades+Comfie les valeurs calculées des paramètres d'inertie C_m , A_m et C_{ms} peuvent être utilisées lors d'un calcul réglementaire. Elles sont ramenées à la surface du niveau considéré (C_m/A_{niv} , A_m/A_{niv} et C_{ms}/A_{niv}). Ces valeurs sont renseignées manuellement. La figure suivante présente la fenêtre de saisie correspondante.

The screenshot shows a software window titled 'Groupe 1' with the following sections and values:

- Ventilation**
 - Hall (un seul par zone)
 - Débit d'air en occupation (BBio): 39 m³/h
 - Indice de perméabilité à l'air du groupe (Q4Pasurf): 0.6 m³/(h.m²)
- Chauffage/Climatisation**
 - Climatisation, Catégorie: CE1
 - Programmation de la relance de chauffage: Horloge à heure fixe
 - Utilisation locale de bois énergie comme énergie principale (chauffage et/ou ECS)
- Inertie**
 - Inertie automatique (NF EN ISO 13786)
 - Inertie quotidienne: Personnalisée
 - Capacité thermique (Cm): 112 kJ/(K.m²)
 - Surface d'échange (Am_Surf): 3.2 m²/m²
 - Inertie séquentielle: Personnalisée
 - Capacité thermique (Cms): 119 kJ/(K.m²)

Figure 4 : Utilisation des valeurs des paramètres d'inertie calculées pour un calcul réglementaire thermique sous Pléiades+Comfie

THERMIQUE ETE BOIS

FICHE METHODOLOGIQUE

DETERMINATION DES FACTEURS SOLAIRES DES PAROIS AVEC BARDAGE

Rédaction : Thomas Garnesson – NOBATEK/INEF4
Date : 27/07/2017
Version : 1

RAPPEL SUR LA METHODE DEVELOPPEE

Lors d'un calcul réglementaire RT2012, la présence d'un bardage influence le facteur solaire de la paroi. Les Règles Th-S prennent en compte la présence d'une lame d'air ventilée par l'introduction d'un coefficient de correction. Celui-ci dépend alors de quelques paramètres du bardage. L'équation utilisée pour la détermination du facteur solaire d'une paroi opaque est présentée en suivant :

$$F_S = \alpha_{bardage} \times K_{corr_{ia}} \times R_{se} \times U_k$$

Où :

$\alpha_{bardage}$ [1] est le coefficient d'absorption solaire de la peau du bardage

R_{se} [$m^2 \cdot K/W$] est la résistance thermique superficielle extérieure (convection et rayonnement)

U_k [$W/(m^2 \cdot K)$] est le coefficient de transmission thermique de la paroi opaque

$K_{corr_{ia}}$ [1] est le coefficient de correction associé à la prise en compte de la lame d'air extérieure ventilée

La méthode développée consiste à caractériser l'influence du bardage au travers d'un coefficient correctif sur facteur solaire. Celui-ci est donné pour différentes configurations de bardage en tenant compte des paramètres reconnus comme influents. L'équation suivante est utilisée pour la détermination du facteur solaire d'une paroi opaque avec lame d'air ventilée :

$$F_S = F_{S,ps} \times R_{se} \times U_k$$

Où :

$F_{S,ps}$ [1] est le coefficient correctif associé au bardage

ETAPES A SUIVRE POUR LE CALCUL DES PARAMETRES D'INERTIE

La détermination des facteurs solaires d'une paroi opaque suit les étapes suivantes :

1. Détermination du coefficient correctif sur facteur solaire $F_{S,ps}$ relatif à la configuration de bardage
2. Calcul du facteur solaire en condition estivale $F_{S,E}$ et du facteur solaire en condition hivernale $F_{S,C}$ de la paroi opaque avec bardage
3. Utilisation des valeurs calculées des facteurs solaires $F_{S,E}$ et $F_{S,C}$ pour le calcul réglementaire

ETAPE 1 : DETERMINATION DU COEFFICIENT CORRECTIF SUR FACTEUR SOLAIRE

Le coefficient correctif sur facteur solaire $F_{S,ps}$ dépend de la configuration de bardage considérée. Les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- > $\alpha_{bardage}$ [1] : coefficient d'absorption solaire de la peau du bardage
- > e_{la} [m] : épaisseur de la lame d'air ventilée
- > H_{la} [m] : Hauteur de la lame d'air ventilée
- > t_{oss} {simple ; contre ossature} : Type d'ossature support du bardage

Le coefficient d'absorption solaire de la peau du bardage $\alpha_{bardage}$ peut être déterminé en fonction de sa couleur. Le tableau suivant issu des Règles Th-S peut être utilisé :

Tableau 1 : Valeur par défaut de $\alpha_{bardage}$, Règles Th-S

Catégorie	Couleurs	Valeur de α_k par défaut
Clair	Blanc, jaune, orange, rouge clair	0,4
Moyen	Rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen	0,8
Noir	Noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre	1,0

Le type d'ossature t_{oss} est dépendant du type de pose du bardage. Dans le cas d'un bardage à lames verticales, une contre ossature doit être posée sur l'ossature principale de support afin de ménager une lame d'air ventilée.

En fonction de la valeur de ces paramètres, le coefficient correctif sur facteur solaire est issu du tableau suivant :

Tableau 2 : Valeurs des coefficients correctifs sur facteur solaire

Catégorie 1	H_{la} [m]											
	[2;9]				]9;16]				]16;24]			
e_{la} [m]	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$	$\alpha_k = 0,4$	$\alpha_k = 0,6$	$\alpha_k = 0,8$	$\alpha_k = 1$
[0,02;0,05[	0.35	0.50	0.64	0.78	0.36	0.52	0.68	0.83	0.37	0.54	0.70	0.86
	0.36	0.53	0.68	0.84	0.38	0.55	0.72	0.89	0.39	0.57	0.75	0.92
[0,05;0,08[	0.29	0.41	0.52	0.63	0.30	0.44	0.56	0.68	0.32	0.46	0.59	0.71
	0.31	0.45	0.58	0.70	0.34	0.49	0.63	0.77	0.36	0.52	0.67	0.82
[0,08;0,1]	0.26	0.37	0.47	0.57	0.28	0.40	0.51	0.61	0.29	0.42	0.53	0.64
	0.29	0.41	0.53	0.64	0.32	0.45	0.58	0.71	0.34	0.48	0.63	0.76

En gris les valeurs pour un bardage sur contre ossature horizontale

L'épaisseur de la lame d'air comprend l'ossature principale et la contre ossature

Exemple pour une paroi avec bardage :

Le tableau suivant présente la configuration du bardage pour cet exemple :

Tableau 3 : Caractéristiques du bardage

Coefficient d'absorption solaire α	Epaisseur de la lame d'air $e_{la} [m]$	Hauteur de la lame d'air $H_{la} [m]$	Type d'ossature t_{oss}
0.6	0.05	3	contre ossature

Pour la configuration présentée dans le tableau précédant, la valeur du coefficient correctif sur facteur solaire est égale à $F_{s,ps} = 0,45$.

ETAPE 2 : CALCUL DES FACTEURS SOLAIRES

Les facteurs solaires pour les périodes estivale et hivernale, respectivement $F_{S,E}$ et $F_{S,C}$, sont calculés à partir des équations suivantes :

$$F_{S,E} = F_{S,ps} \times R_{se-E} \times U_{k-E}$$

$$F_{S,C} = F_{S,ps} \times R_{se-C} \times U_{k-C}$$

Où :

$F_{S,ps}$ est le coefficient correctif sur facteur solaire

$R_{se-E} [m^2.K/W]$ est la résistance thermique superficielle extérieure en condition estivale (convection et rayonnement)

$R_{se-C} [m^2.K/W]$ est la résistance thermique superficielle extérieure en condition hivernale (convection et rayonnement)

$U_{k-E} [W/(m^2.K)]$ est le coefficient de transmission thermique de la paroi opaque en condition estivale

$U_{k-C} [W/(m^2.K)]$ est le coefficient de transmission thermique de la paroi opaque en condition hivernale

D'après les Règles Th-S :

$$R_{se-E} = 0,07 m^2.K/W$$

$$R_{se-C} = 0,04 m^2.K/W$$

$$\frac{1}{U_{k-E}} = \frac{1}{U_{k-C}} + 0,03$$

Où $U_{k-C} [W/(m^2.K)]$ est calculé conformément aux Règles Th-U.

Exemple pour une paroi avec bardage :

Le tableau suivant présente la composition du mur ossature bois pour cet exemple :

Tableau 4 : Composition du mur ossature bois

	Epaisseur [m]	λ [W/(K.m)]	ρ [kg/m ³]	C [J/(kg.K)]	PT intégré	
					Entraxe [m]	ψ [W/(K.m)]
BA13	0.013	0.25	800	1000	0.4	0.02
Lame d'air	0.025	0.139	1	1224		
Isolant / Montants	0.145	0.038	60	1030		
OSB	0.01	0.13	650	1700		
Isolant	0.06	0.038	60	1030		

La configuration de bardage retenue est celle présentée dans le Tableau 3 dont le coefficient correctif sur facteur solaire est égal à $F_{S,ps} = 0,45$. Les valeurs des différents paramètres et des facteurs solaires $F_{S,E}$ et $F_{S,C}$ sont présentées en suivant.

$$U_{k-C} = \frac{1}{R_{paroi} + R_{si-C} + R_{se-C}} + U_{PT}$$

$$U_{k-C} = \frac{1}{5,70 + 0,13 + 0,04} + \frac{0,02}{0,4} = 0,220 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

$$\frac{1}{U_{k-E}} = \frac{1}{0,220} + 0,03 = 4,575 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$F_{S,E} = 0,45 \times 0,07 \times 0,219 = 0,007$$

$$F_{S,C} = 0,45 \times 0,04 \times 0,220 = 0,004$$

ETAPE 3 : UTILISATION DES FACTEURS SOLAIRES CALCULES POUR LE CALCUL REGLEMENTAIRE

Sous Pléiades+Comfie les valeurs calculées des facteurs solaires $F_{S,E}$ et $F_{S,C}$ peuvent être utilisées lors d'un calcul réglementaire. Ces valeurs sont renseignées manuellement lors de la définition de la paroi. La figure suivante présente la fenêtre de saisie correspondante.

Nom: ME6_10_Model_V2
Complément:
Origine: Origine des caractéristiques

Caractéristiques thermiques | Données RT | Données méthode RTS

Données fiche RSET

Type paroi: Paroi verticale (dropdown) Up indicatif: 0.22 W/m².K
Nature paroi: Mur extérieur (dropdown)
Système de construction: OB - Ossature bois (dropdown)

Epaisseur isolant: 20.5 cm Proposition
Résistance isolant: 5.39 m².K/W Automatique d'après matériaux
Origine des données de l'isolant: (dropdown) RAZ

Forcer Up

Forcer Sf

Sf-C hiver	0.0026	Sfv-c hiver	0
Sf-E été	0.0045	Sfv-E été	0

Figure 1 : Utilisation des valeurs des facteurs solaires calculées pour un calcul réglementaire thermique sous Pléiades+Comfie