Référence n° : E35-18-001
Accessibilité : Libre

Auteur : Antoine BATARD
Date : 22/01/2018 Signature :

Chef de groupe E35 : Grégory SAVIDAND
Date : 22/01/2018 Signature :

Mémo

Concept YRYS

Simulation Thermique Dynamique

OBJET :

Ce rapport a pour objectif de présenter le travail réalisé en terme de simulation thermique dynamique, dans le cadre du projet Concept YRYS de Maisons France Confort dans lequel EDF intervient comme l'un des partenaires.

PARTICIPANTS : Antoine BATARD, Céline ILIAS

RELECTEURS : Céline ILIAS, Jean-Michel DUMAY

DIFFUSION :

EDF R&D : Céline ILIAS, Jean-Michel DUMAY, Emmanuel DE BOURMONT

Externe : Maisons France Confort, Bastide Bondoux, CEA

RÉSUMÉ :

EDF intervient en tant que partenaire du projet YRYS pour apporter sa vision d'énergéticien responsable dans la réalisation d'un nouveau concept d'habitat de demain. La R&D d'EDF apporte son expertise en matière de simulation thermique du bâtiment pour définir des scénarios d'optimisation de l'autoconsommation de la production locale d'électricité. Ce cas d'étude a permis d'appliquer pour la première fois la chaîne d'outils de modélisation développée dans le cadre du projet ANR MERRUBI. A partir d'une maquette numérique du bâtiment, un modèle Modelica a été réalisé. Quatre scénarios de simulations ont été retenus afin d'étudier le comportement du bâtiment.

Sommaire

1 Présentation de l'étude **2**
1.1 Contexte . . . 2
1.2 Objectifs . . . 2

2 Description des modèles numériques **2**
2.1 Présentation des outils . . . 2
2.2 Modélisation numérique de l'enveloppe du bâtiment . . . 3
2.3 Paramétrage des propriétés géométriques et physiques du bâtiment . . . 4
2.4 Calcul des apports solaires . . . 4
2.5 Génération du modèle numérique en Modelica/BuildSysPro . . . 6

3 Résultats des simulations **7**
3.1 Présentation des scénarios . . . 7
3.2 Scénario 1 : Enveloppe du bâtiment en évolution libre . . . 7
3.3 Scénario 2 : Enveloppe du bâtiment en évolution libre (volets fermés) . . . 8
3.4 Scénario 3 : RT 2012 (Volets fermés le jour + Fenêtres ouvertes la nuit) . . . 9
3.5 Scénario 4 : RT 2012 (Volets tjrs ouverts + Fenêtres tjrs fermées) . . . 10

4 Comparaison des résultats **12**

Liste des Figures

1 Maquette et chantier de Concept YRYS - MFC . . . 2
2 Chaîne de modélisation MERRUBI . . . 3
3 Chaîne de modélisation MERRUBI appliquée à Comcept YRYS . . . 3
4 Modélisation de l'enveloppe de Concept YRYS sous SketchUp (en blanc les parois opaques, en bleu les baies vitrées, en jaune la toiture et en vert les masques solaires) . . . 4
5 Paramétrage des propriétés géométriques et physiques du bâtiment . . . 5
6 Calcul des apports solaires incidents sur les parois extérieures du bâtiment . . . 5
7 Génération du modèle Modelica de Concept YRYS . . . 6
8 Aperçu du code du modèle Modelica de Concept YRYS . . . 6
9 Évolution des températures de Concept YRYS en évolution libre, sur une année . . . 7
10 Évolution des températures de Concept YRYS en évolution libre avec les volets fermés, sur une année . . . 8
11 Évolution des températures de Concept YRYS en calcul RT 2012 avec les volets fermés la journée et fenêtres ouvertes la nuit, sur une année . . . 9
12 Évolution des températures de Concept YRYS en calculée sur une année . . . 10
13 Énergie de chauffage de Concept YRYS calculée sur une année . . . 11

Liste des Tableaux

1 Surfaces et volumes des zones thermiques modélisées . . . 4
2 Scénarios de simulation du modèle . . . 7
3 Détails des scénarios de simulation . . . 7
4 Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en evolution libre, sur une annee . 8
5 Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en evolution libre avec les volets fermés, sur une annee . . . 9
6 Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en calcul RT 2012 avec les volets fermés la journée et fenêtres ouvertes la nuit, sur une année . . . 10
7 Moyennes et maximums des températures de Concept YRYS en calcul RT 2012, sur une année . 11
8 Moyennes et maximums des températures extérieures, et besoin de chauffage de Concept YRYS calculée sur une année . . . 11
9 Comparaison des besoins de chauffage de Concept YRYS . . . 12
10 Comparaison des températures intérieures maximales de Concept YRYS . . . 12

1 Présentation de l'étude

1.1 Contexte

Figure 1: Maquette et chantier de Concept YRYS - MFC

L'étude porte sur le bâtiment "Concept YRYS" (cf. Figure 1), dans le cadre d'un projet de Maisons France Confort (MFC). Le bâtiment est une maison individuelle permettant de mettre en avant des innovations sur le plan construtif, mais aussi d'intégrer des produits et des savoir-faires des différents partenaires du projet afin de promouvoir de nouvelles solutions. Page officielle du projet

1.2 Objectifs

EDF est un des partenaires de Concept YRYS et intervient à différents moments du projet :

1. Tout d'abord pendant la phase de modélisation et d'étude thermique du bâtiment,
2. puis sur l'étude des scénarios envisageables d'autoconsommation,
3. et enfin, sur l'intégration de la Smartflower (SmartFlower par EDF ENR) et d'une batterie Zinium (Zinium par EDF).

Ce rapport a pour objectif de faire un résumé seulement des travaux de modélisation thermique réalisés par EDF.

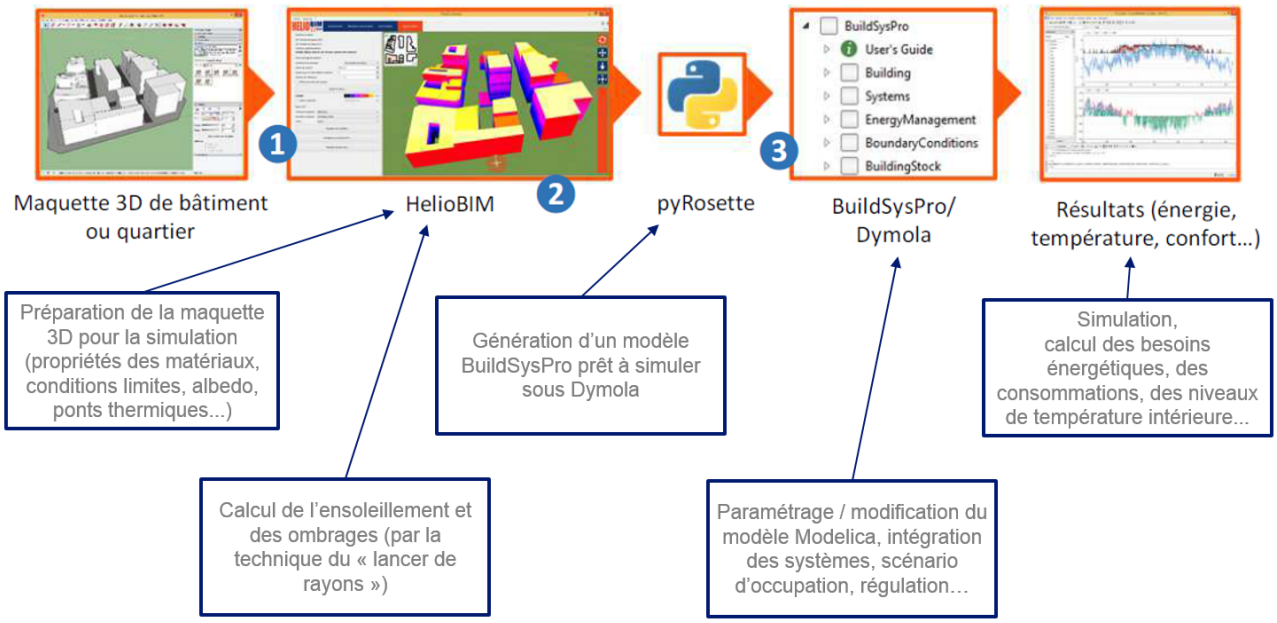
2 Description des modèles numériques

2.1 Présentation des outils

La modélisation thermique de Concept YRYS s'est décomposée en trois étapes :

1. Modélisation numérique de l'enveloppe du bâtiment
2. Simulations thermiques du bâtiment sans les systèmes
3. Simulations thermiques du bâtiment avec les systèmes (non décrit dans ce rapport)

Afin de réaliser les simulations, un modèle numérique du bâtiment a été réalisé avec une chaîne d'outils de modélisation développée par EDF (cf. Figures 2 et 3). Cette chaîne permet à partir d'une maquette simplifiée du bâtiment (ex : SketchUp) de réaliser automatiquement un modèle numérique du bâtiment. Ce modèle est codé en Modelica et utilise des sous-modèles de la modélothèque open-source BuilSysPro.



Source : EDF – Hassan BOUIA, Mathias BOUQUEREL, Mathieu SCHUMANN (TREE – Groupe Modélisation, Environnement et Bâtiments)

Figure 2: Chaîne de modélisation MERRUBI

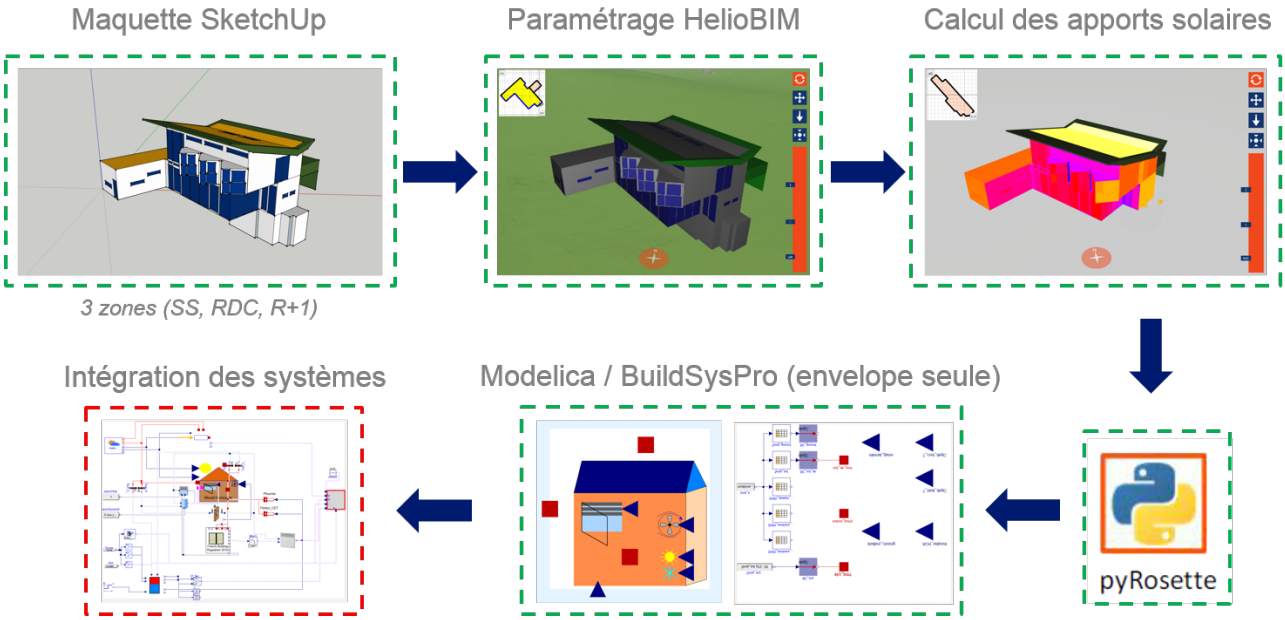


Figure 3: Chaîne de modélisation MERRUBI appliquée à Comcept YRYS

2.2 Modélisation numérique de l'enveloppe du bâtiment

La première étape a été de réaliser sous SketchUp la modélisation de l'enveloppe du bâtiment (cf. Figure 4). La bâtiment est découpé en 3 niveaux : sous-sol, rez-de-chaussée et 1er étage. L'usage du sous-sol (salle de réception) n'est pas pris en compte et est considéré comme un vide sanitaire. Il possède un garage ouvert et un local technique non chauffé accolé au rez-de-chaussée. La façade la plus vitrée du bâtiment est orientée au Sud-Ouest.

Le choix a été fait de modéliser le bâtiment en 4 zones thermiques distinctes : les trois niveaux, plus le local technique non chauffé du rez-de-chaussée afin de prendre en compte son comportement thermique sur la zone thermique du rez-de-chaussée, mais aussi son ombre sur le bâtiment. Le bardage de la toiture ainsi que le garage ouvert ont également été modélisés comme étant des masques solaires. Quelques modifications géométriques

ont été faites afin de corriger certains problèmes techniques de modélisation.

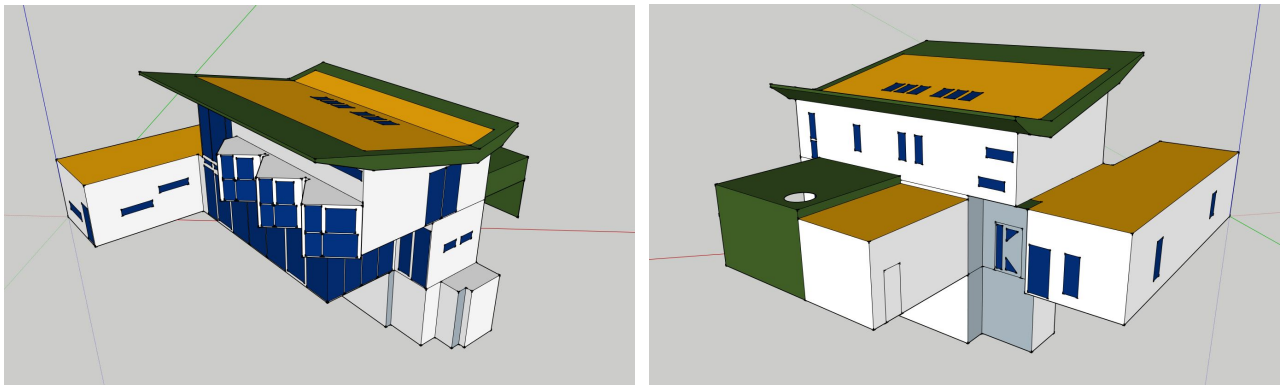


Figure 4: Modélisation de l'enveloppe de Concept YRYS sous SketchUp (en blanc les parois opaques, en bleu les baies vitrées, en jaune la toiture et en vert les masques solaires)

Les surfaces au sol modélisées sont celles à l'intérieur du bâtiment sans compter l'emprise de l'épaisseur des murs. Les volumes des zones thermiques sont les volumes intérieures (cf. Table 1).

Zone thermique	N°	Surface (m^2)	Volume (m^3)
1er étage	1	104.8	375.1
Rez-de-chaussée	2	143.6	492.5
Sous-sol	3	43.2	139.9
Local technique	4	19.7	64.3
	Total	311.2	1071.8

Tableau 1: Surfaces et volumes des zones thermiques modélisées

2.3 Paramétrage des propriétés géométriques et physiques du bâtiment

Une fois la maquette SketchUp du bâtiment réalisée, celle-ci est importée dans l'outil HelioBIM (développé par EnerBIM et EDF). Celui-ci permet d'attribuer au bâtiment différentes caractéristiques (cf. Figure 5) :

- environnementales : météo, hauteur et albedo du sol...
- géométriques : orientation, épaisseurs des parois et des baies...
- physiques : matériaux composants chaque paroi et leurs propriétés thermiques...
- de scénarios : températures de consigne de chauffage et de climatisation, ventilation, éclairage, apports internes...

L'albedo du sol est fixée à 20%. La base de données des compositions de parois ainsi que les propriétés physiques des matériaux utilisées correspondent aux caractéristiques des fiches techniques de l'étude thermique réglementaire.

2.4 Calcul des apports solaires

Le calcul des apports solaires incidents sur chacune des parois opaques et chacune des baies est également réalisé par le logiciel HelioBIM. La méthode du lancer de rayons est utilisée pour calculer les flux incidents (global, direct et diffus) sur chaque paroi extérieure. Cette méthode permet de prendre en compte ombres du bâtiments sur lui-même et les masques solaires, et d'obtenir des résultats relativement plus précis que les calculs analytiques. Il est possible de paramétrer les multi-réflexions du rayonnement entre les différentes surfaces

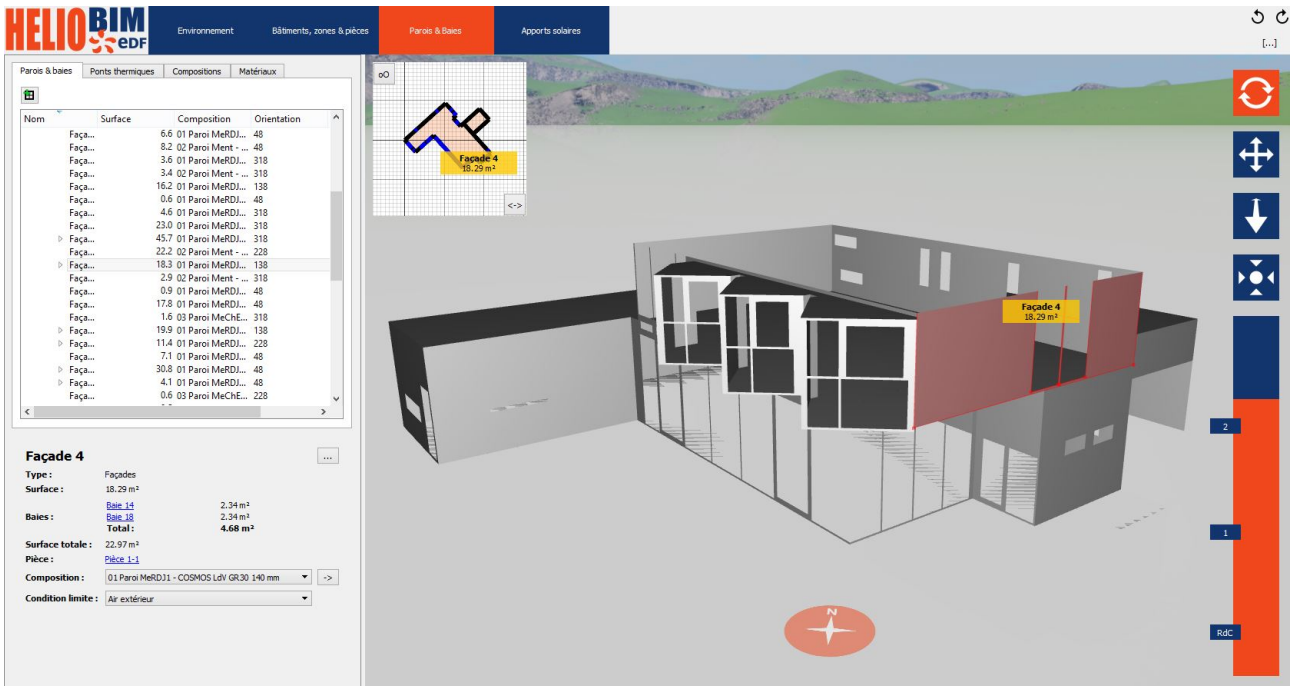


Figure 5: Paramétrage des propriétés géométriques et physiques du bâtiment

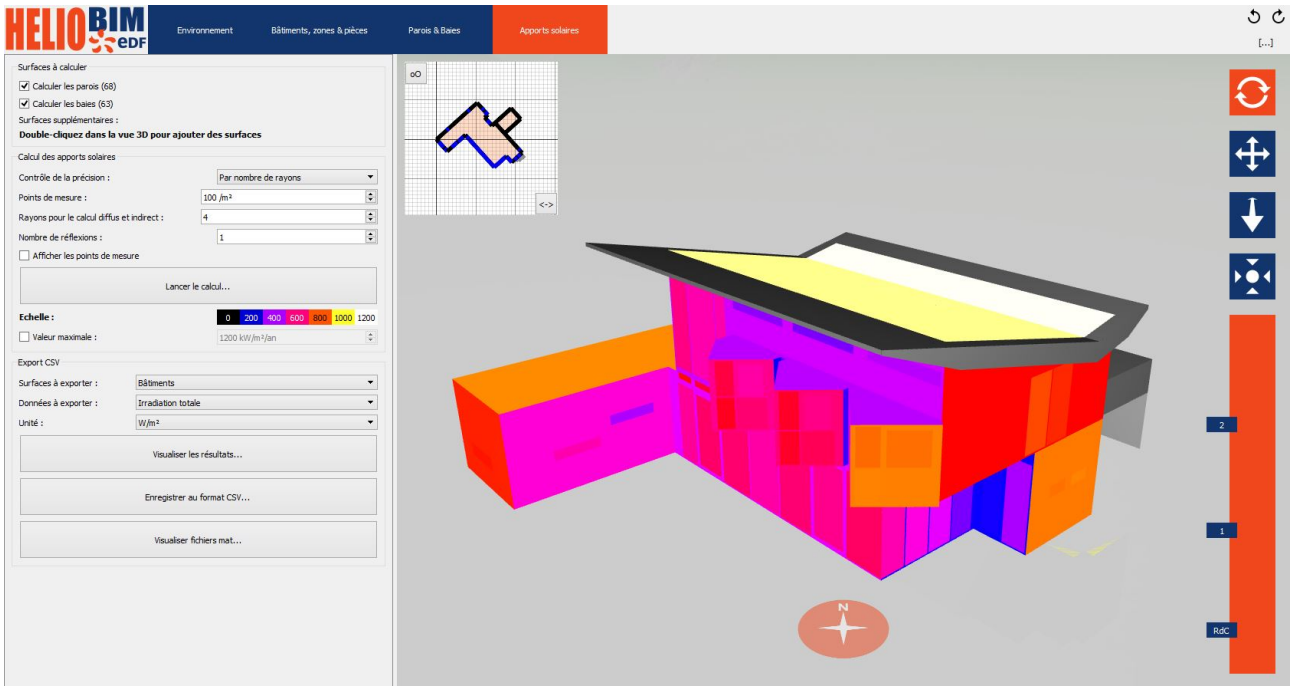


Figure 6: Calcul des apports solaires incidents sur les parois extérieures du bâtiment

du bâtiments et le sol. Dans le cas étudié ici, nous avons considéré une multi-réflexions avec 3 réflexions possibles (cf. Figure 6).

Une fois le calcul des apports solaires effectué, nous générons différents fichiers :

1. fichier gbXML (contenant toutes les informations géométriques et physiques du bâtiment)
2. fichier des apports solaires globaux sur chaque paroi opaque
3. fichier des apports solaires directs et diffus sur chaque baie
4. fichier météo contenant les températures, humidités et pressions totales extérieures

Le premier fichier permet de créer le modèle numérique du bâtiment en langage Modelica, et les trois autres définiront les conditions limites du modèle.

2.5 Génération du modèle numérique en Modelica/BuildSysPro

A partir du fichier gbXML du bâtiment, nous lançons un script nommé pyRosette développé sous python afin de générer le modèle Modelica correspondant à Concept YRYS. Ce script identifie chaque élément et propriété inscrits dans le gbXML et le retranscrit en Modelica avec les modèles de la bibliothèque BuilSysPro (cf. Figures 7 et 8).

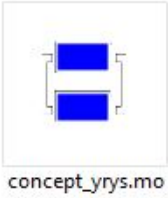


Figure 7: Génération du modèle Modelica de Concept YRYS

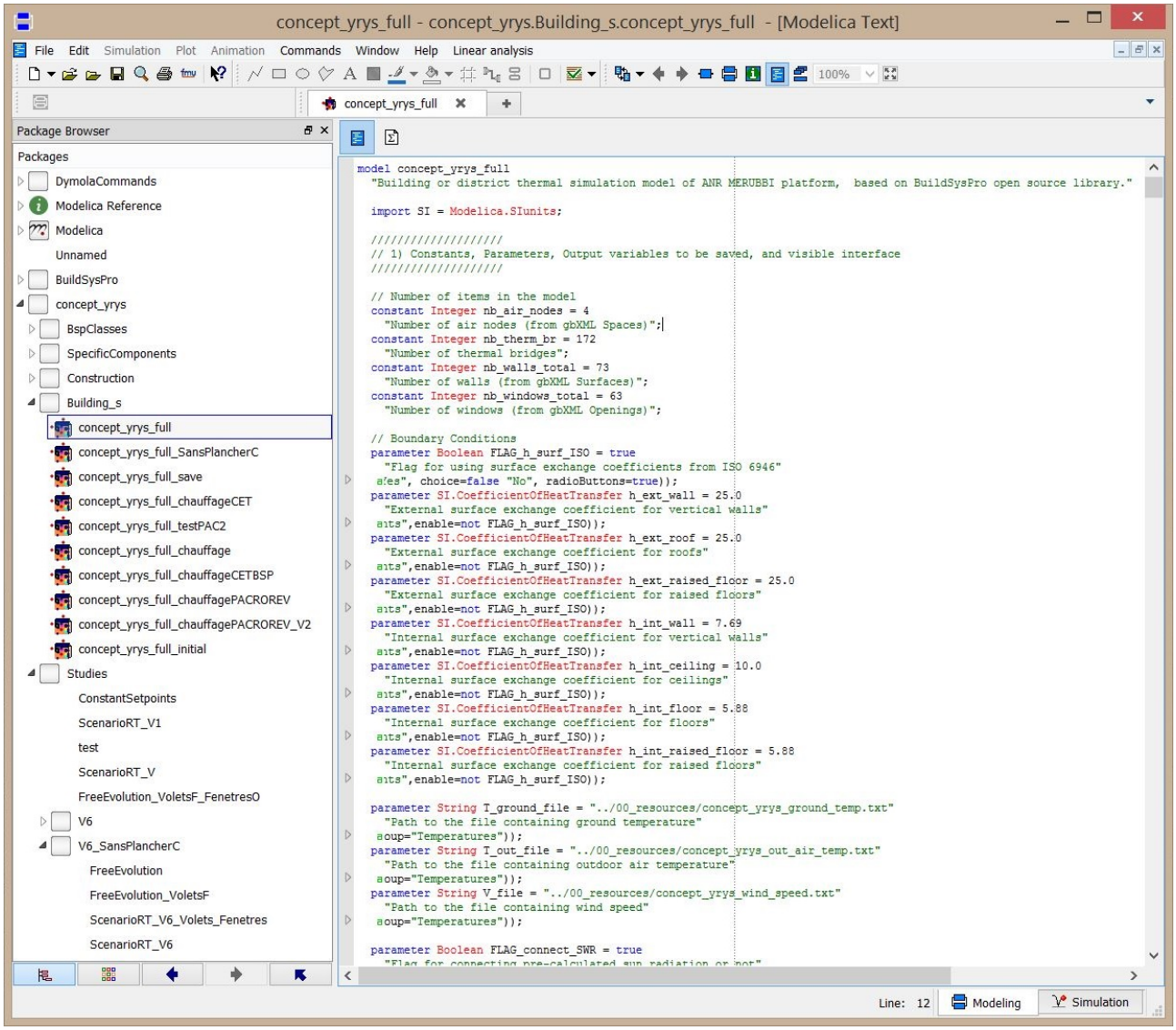


Figure 8: Aperçu du code du modèle Modelica de Concept YRYS

3 Résultats des simulations

3.1 Présentation des scénarios

Le paramétrage du modèle Modelica est effectué suivant les données de l'étude thermique réglementaire. Quatre scénarios de simulations ont été retenus afin de comparer et caler les différents modèles du bâtiment développés par les partenaires du projet. Les tableaux 2 et 3 récapitulent les quatre cas. Les résultats des simulations nous intéresseront en terme de températures intérieures (1er étage et du rez-de-chaussée) et besoin de chauffage.

N°	Scénario
1	Évolution libre + Volets tjrs ouverts
2	Évolution libre + Volets tjrs fermés
3	$T_{consigne}$ + App. internes et ventilation RT2012 + Volets fermés le jour + Fenêtres ouvertes la nuit
4	$T_{consigne}$ + App. internes et ventilation RT2012 + Volets tjrs ouverts + Fenêtres tjrs fermées

Tableau 2: Scénarios de simulation du modèle

N°	Bâti	App. solaires	$T_{consigne}$	App. internes	Ventilation	Volets O.	Fenêtres O.	Systèmes
1	Oui	Oui	Non	Non	Non	Toujours	Jamais	Non
2	Oui	Oui	Non	Non	Non	Jamais	Jamais	Non
3	Oui	Oui	RT 2012	RT 2012	RT 2012	22h-6h	22h-6h	Non
4	Oui	Oui	RT 2012	RT 2012	RT 2012	Toujours	Jamais	Non

Tableau 3: Détails des scénarios de simulation

3.2 Scénario 1 : Enveloppe du bâtiment en évolution libre

Le scénario 1 a pour objectif d'étudier l'évolution des températures intérieures dans chacune des zones du bâtiment lorsque celui-ci évolution de façon libre, c'est à dire sans aucun régulation de température intérieure. Les apports solaires sont pris en compte sur les parois opaques et les baies vitrées. Aucun apport interne, système de chauffage, climatisation, ni ventilation n'est modélisé. Les fenêtres restent tout le temps fermées et les volets ouverts.

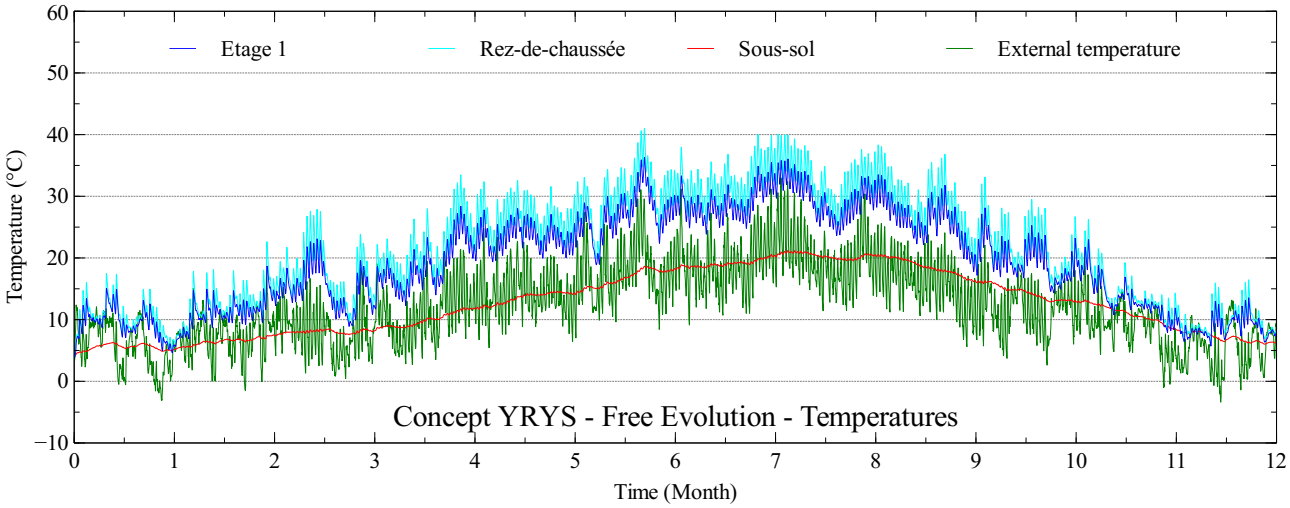


Figure 9: Évolution des températures de Concept YRYS en évolution libre, sur une année

	R+1 (104,82 m²)			RDC (143,57 m²)		
Mois	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**
Janvier	9,2	15,0	-	10,1	17,5	-
Février	11,1	18,7	-	12,4	22,7	-
Mars	14,9	23,1	-	17,0	27,9	-
Avril	18,7	28,4	-	21,3	33,5	-
Mai	23,4	28,0	-	26,3	32,6	-
Juin	27,2	36,3	-	30,1	41,0	-
Juillet	29,1	35,8	-	32,3	40,1	-
Août	29,6	36,0	-	32,5	40,0	-
Septembre	25,2	31,8	-	27,8	36,8	-
Octobre	19,2	25,6	-	21,2	29,5	-
Novembre	12,2	20,5	-	13,2	22,3	-
Décembre	8,7	13,6	-	9,6	16,5	-
Annuel	19,0	36,3	-	21,1	41,0	-

Tableau 4: Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en evolution libre, sur une annee

On peut observer des températures relativement élevées sur la période estivale, qui peuvent monter jusqu'à 41 °C au rez-de-chaussée et 36 °C au 1er étage (cf. Table 4). Les températures au rez-de-chaussée semblent être supérieures à celle du 1er étage à cause apports solaires apportés au travers des grandes baies (cf. Figure 9).

3.3 Scénario 2 : Enveloppe du bâtiment en évolution libre (volets fermés)

Le scénario 2 correspond au scénario 1 mais avec les volets fermés 24h/24h. L'objectif est d'étudier l'évolution des températures intérieures dans chacune des zones du bâtiment lorsque celui-ci évolue de façon libre, mais sans prendre en compte les apports solaires à travers les vitrages.

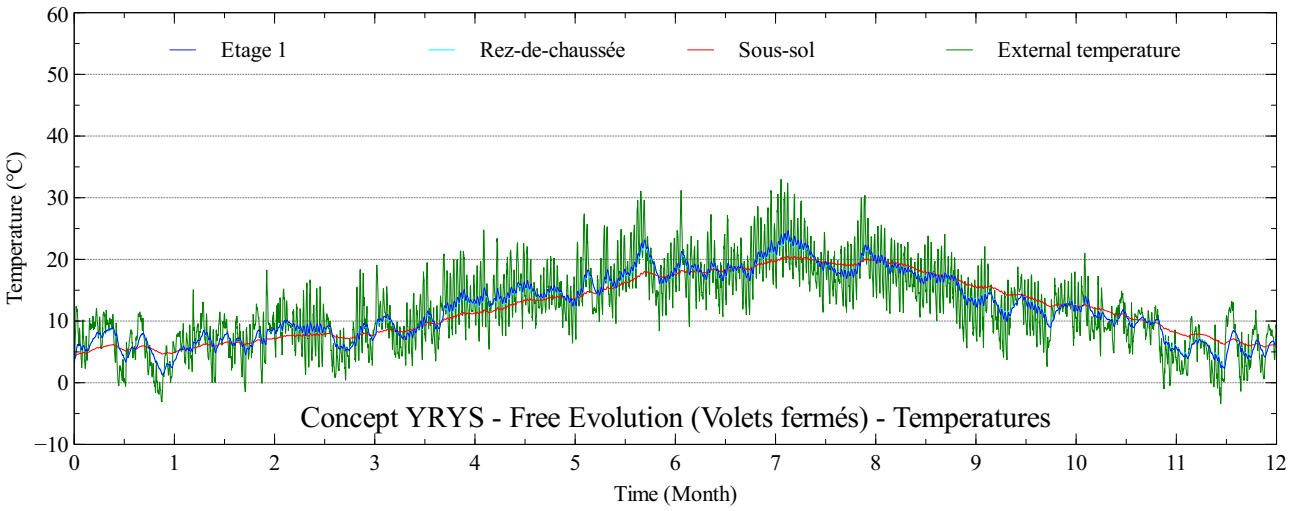


Figure 10: Évolution des températures de Concept YRYS en évolution libre avec les volets fermés, sur une année

On constate que les températures intérieures sont plus faibles que dans le scénario 1 (cf. Figure 10). Les valeurs maximales sont aux alentours de 25 °C (cf. Table 5). De plus, les températures du rez-de-chaussée et du 1er étage semblent être identiques. Cela confirme que l'écart de températures entre les deux étages était bien dû aux apports solaires traversant les vitrages.

Mois	R+1 (104,82 m²)			RDC (143,57 m²)		
	T_{mean} (°C)	T_{max} (°C)	E_{ch} (kWh)	T_{mean} (°C)	T_{max} (°C)	E_{ch} (kWh)
Janvier	5,6	9,0	-	5,6	8,9	-
Février	6,7	8,7	-	6,6	8,6	-
Mars	8,1	10,2	-	8,1	10,1	-
Avril	10,5	15,1	-	10,4	14,9	-
Mai	14,3	16,6	-	14,2	16,4	-
Juin	17,7	23,2	-	17,5	22,9	-
Juillet	19,2	24,1	-	19,1	23,9	-
Août	20,3	24,7	-	20,2	24,5	-
Septembre	16,5	19,8	-	16,6	19,7	-
Octobre	12,2	14,7	-	12,3	14,7	-
Novembre	9,0	12,5	-	9,0	12,4	-
Décembre	5,6	8,5	-	5,6	8,5	-
Annuel	12,1	24,7	-	12,1	24,5	-

Tableau 5: Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en evolution libre avec les volets fermés, sur une annee

3.4 Scénario 3 : RT 2012 (Volets fermés le jour + Fenêtres ouvertes la nuit)

Le scénario 3 permet de s'approcher du calcul règlementaire de la RT 2012. Il s'agit ici d'un scénario purement virtuel visant à vérifier que, dans des conditions très favorables, les températures intérieures restent raisonnables. Il impose des températures intérieures avec une consigne minimum de 19 °C en cas de présence, 16 °C en cas d'absence inférieure à 48h et 7 °C en cas d'absence supérieure à 48h. Les apports internes sont pris en compte à hauteur de 4,83 équivalents adultes pour l'ensemble du bâtiment. La ventilation est fixée avec un débit de 143 m^3/h pour le 1er étage, et de 145 m^3/h pour le rez-de-chaussée. Les volets sont fermés la journée de 6h à 22h toute l'année afin de minimiser les apports solaires au travers les vitrages. Les fenêtres sont ouvertes la nuit de 22h à 6h toute l'année afin de maximiser le renouvellement d'air. Le calcul des besoins de chauffage est donc faussé avec ce scénario. Aucun système n'est modélisé, cependant une puissance de chauffage est injectée sur chaque nœud d'air afin de maintenir les températures de consigne. Les consommations correspondantes sont alors comparables à celle d'un équipement de chauffage parfait qui aurait un rendement de 1. Cette méthode permet de s'approcher du calcul réglementaire du besoin de chauffage.

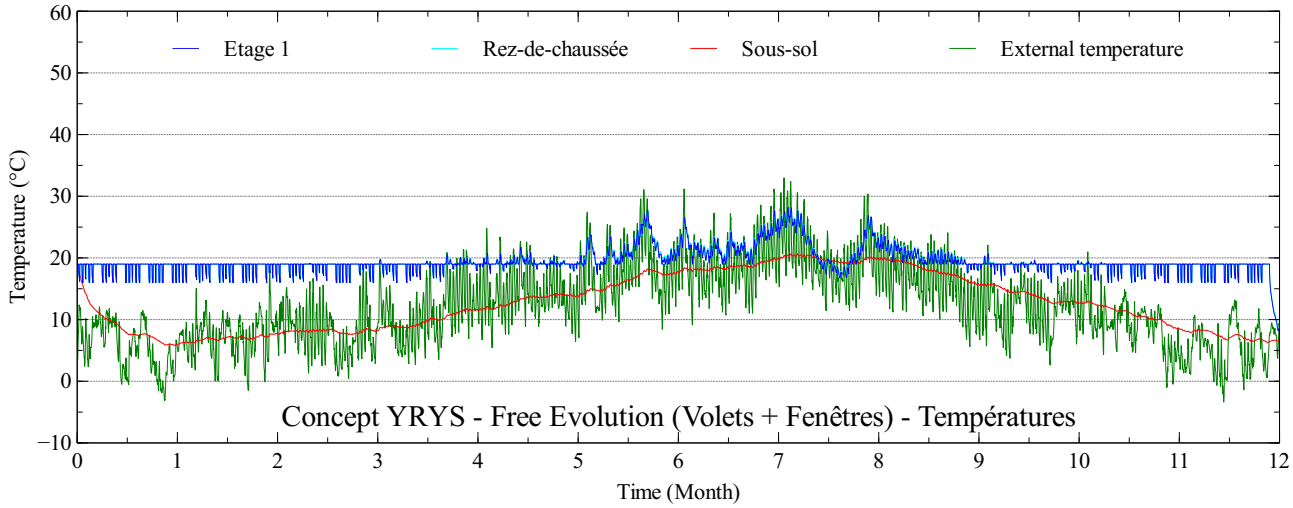


Figure 11: Évolution des températures de Concept YRYS en calcul RT 2012 avec les volets fermés la journée et fenêtres ouvertes la nuit, sur une année

Ce scénario nous indique les températures intérieures de confort d'été dans le cas où nous minimisons les

	R+1 (104,82 m²)			RDC (143,57 m²)		
Mois	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**
Janvier	18,4	20,0	-	18,4	20,0	-
Février	18,5	19,0	-	18,5	19,0	-
Mars	18,6	19,1	-	18,6	19,2	-
Avril	18,8	20,5	-	18,8	20,5	-
Mai	19,2	21,7	-	19,2	21,7	-
Juin	21,3	27,7	-	21,4	27,7	-
Juillet	22,3	27,8	-	22,5	27,8	-
Août	21,8	28,2	-	21,8	28,2	-
Septembre	19,9	22,8	-	20,0	23,1	-
Octobre	18,8	19,6	-	18,8	19,8	-
Novembre	18,5	19,3	-	18,5	19,4	-
Décembre	16,4	19,1	-	16,4	19,1	-
Annuel	19,4	28,2	-	19,4	28,2	-

Tableau 6: Moyennes et maximums des temperatures de Concept YRYS en calcul RT 2012 avec les volets fermés la journée et fenêtres ouvertes la nuit, sur une année

apports solaires et que l'on maximise la ventilation naturelle la nuit. On peut observer que la température intérieure maximale est aux environs de 28 °C (cf. Figure 11 et Table 5), ce qui reste raisonnable.

3.5 Scénario 4 : RT 2012 (Volets tjrs ouverts + Fenêtres tjrs fermées)

Le scénario 4 correspond au scénario 3 mais sans fermeture des volets, ni ouverture des fenêtres. Ce cas permet d'étudier les températures intérieures et de calculer les besoins de chauffage. Ce cas permet de calculer des besoins de chauffage comparables avec les besoins du calcul règlementaire et d'obtenir des températures intérieures comparables à ceux obtenus par la modélisation du CEA avec ce même scénario.

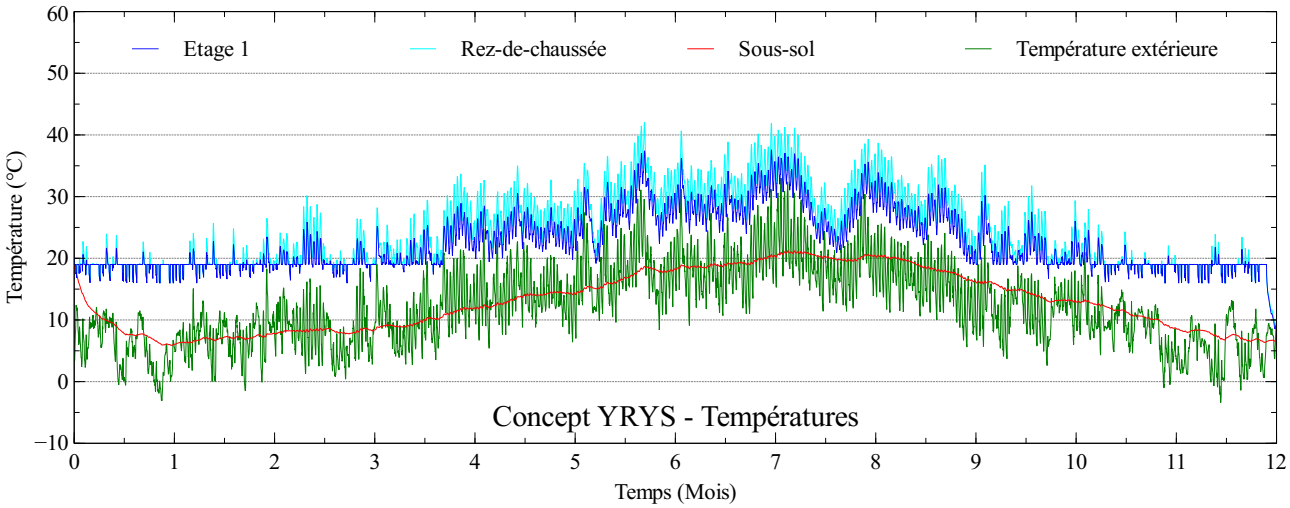


Figure 12: Évolution des températures de Concept YRYS en calculée sur une année

On observe des températures intérieures maximales de 42 °C au rez-de-chaussée et 38 °C au 1er étage (cf. Table 7). Ce scénario est donc le pire en terme de confort d'été.

La courbe de l'énergie de chauffage cumulée sur l'année (cf. Figure 13) nous permet de calculer la répartition mensuelle (cf. Table 8). En rapportant chaque énergie mensuelle à la surface du bâtiment, on peut déterminer le besoin de chauffage mensuel de Concept YRYS. Le calcul annuel du besoin de chauffage

	R+1 (104,82 m²)			RDC (143,57 m²)		
Mois	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**	**T_{mean} (°C)**	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh)**
Janvier	18,7	21,7	954,3	18,9	24,0	990,3
Février	19,0	23,5	666,6	19,5	26,5	636,9
Mars	19,5	25,9	484,0	20,7	30,2	374,8
Avril	21,3	28,9	189,4	23,3	33,7	92,1
Mai	24,1	30,6	0,0	27,0	35,0	0,0
Juin	27,8	37,4	0,0	30,9	42,0	0,0
Juillet	29,7	37,6	0,0	32,9	41,9	0,0
Août	28,6	37,1	0,0	31,6	41,2	0,0
Septembre	25,8	32,3	6,3	28,5	36,7	0,1
Octobre	20,9	27,5	83,2	22,7	31,8	27,3
Novembre	18,9	23,3	672,8	19,2	25,4	672,7
Décembre	16,7	21,8	836,6	17,0	23,9	899,6
Annuel	22,6	37,6	3893,0	24,3	42,0	3693,8

Tableau 7: Moyennes et maximums des températures de Concept YRYS en calcul RT 2012, sur une année

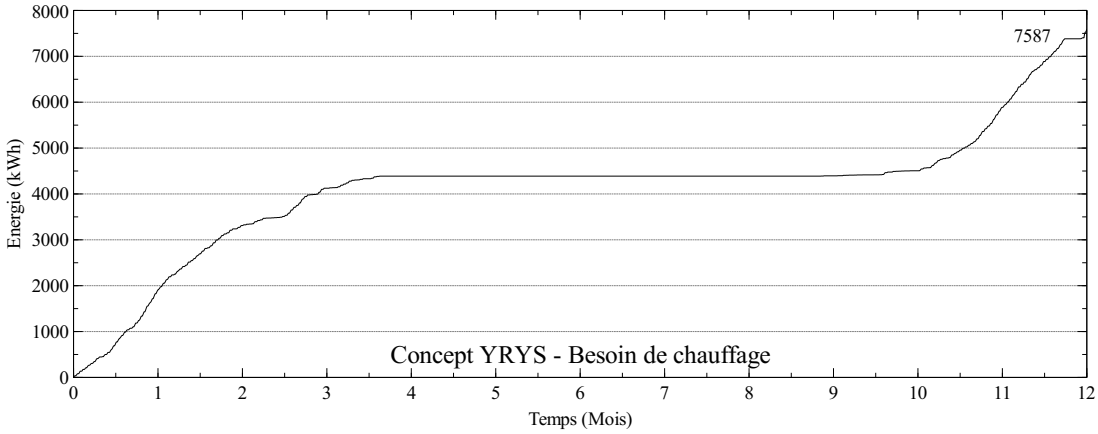


Figure 13: Énergie de chauffage de Concept YRYS calculée sur une année

Météo RT H1a		Bâtiment (248,39 m²)
T_{mean} (°C)	**T_{max} (°C)**	**E_{ch} (kWh/m²)**
5,6	12,4	7,83
7,1	18,3	5,25
8,0	18,4	3,46
11,0	21,4	1,13
14,3	24,8	0,00
18,0	31,1	0,00
19,5	33,0	0,00
19,8	32,4	0,00
15,6	24,1	0,03
11,9	21,0	0,44
7,9	17,3	5,42
5,4	13,2	6,99
12,0	33,0	30,54

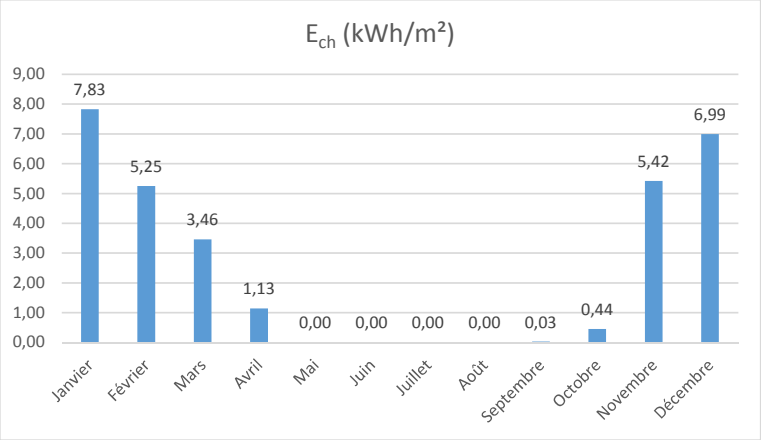


Tableau 8: Moyennes et maximums des températures extérieures, et besoin de chauffage de Concept YRYS calculée sur une année

s'élève à $30,54\ kWh/m^2/an$ pour une surface intérieure modélisée de $248,39\ m^2$. Rapporté à la SHON du calcul réglementaire qui est de $271,79\ m^2$, le besoin de chauffage est égal à environ $27,91\ kWh/m^2/an$. Le calcul réglementaire réalisé sur Concept YRYS indiquant un besoin de chauffage de $27,20\ kWh/m^2/an$, le modèle développé en donne une valeur très proche.

D'autre part, les simulations réalisées dans cette étude permettent de mettre en évidence des températures intérieures de confort d'été relativement élevées.

4 Comparaison des résultats

Les résultats obtenus par EDF ont été comparés à ceux obtenus par d'autres partenaires du projet (Bastide Bondoux et CEA) dans l'optique d'une convergence des modèles. Bastide Bondoux a réalisé des calculs règlementaires alors que le CEA a réalisé des calculs thermiques dynamiques via le logiciel Pléiade. Les tableaux 9 et 10 récapitulent les résultats obtenus (rapportés à la surface thermique suivant la RT 2012).

Besoins de chauffage $kWh/m^2_{SRT}/an$	Scénario 4
EDF R&D	29,8
Bastide Bondoux	27,1

$S_{RT} = 272\ m^2$

Tableau 9: Comparaison des besoins de chauffage de Concept YRYS

Température intérieure max (°C)	Scénario 2			Scénario 1		
	R+1	RDC - villa	RDC - studio	R+1	RDC - villa	RDC - studio
EDF R&D	24,7	24,5		36,3	41,0	
CEA	26,4	24,7	23,0	43,5	35,9	32,0

Tableau 10: Comparaison des températures intérieures maximales de Concept YRYS

Les valeurs des besoins de chauffage et des températures intérieures maximales calculées avec les scénarios 1 et 4 sont plutôt proches. Cependant, des écarts relativement importants sont observables avec le scénario 2 (lorsque les apports solaires via les baies sont ajoutés : volets ouverts). Ces différences pourraient notamment s'expliquer par :

- la prise en compte de l'inertie des cloisons dans les modèles du CEA et non ceux d'EDF,
- les méthodes de calcul des apports solaires qui ne sont pas les mêmes pour les deux partenaires.

En conclusion, EDF tient à mettre en évidence les risques de surchauffe l'été et donc à de potentiels pics d'inconfort. Il pourrait être pertinent de prévoir des solutions techniques pour limiter les apports solaires sur les grandes baies vitrées du rez-de-chaussée.