

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université de Blida 01

Faculté des sciences de l'ingénieur

Institut d'architecture et d'urbanisme



Option : Architecture bioclimatique master 02 classique
Thème

**Étude dynamique sur le comportement
hygrothermique des isolants thermiques dans les
PAROIS : cas d'un habitat individuel dans la ville
d'Alger.**

Présenter par :

Medjamia yassine

Encadrer par :

Mr.TIBERMACHINE ISLAM

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Je remercie d'abord Allah de m'avoir accordé l'aide et ma donné la patience et le courage pour arriver au stade où nous somme aujourd'hui.

Je remercier mes chers parents, et tous nos camarades avec lesquels J'ai partagé des moments mémorables

Je tiens à travers quelques lignes, d'adresser mon profonde gratitude et mes sincères remerciements À mon encadreur, monsieur TIBERMACINE ISLAM, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, ses encouragements et surtout pour ses qualités humains et professionnelles

Mes plus remerciement vont aussi aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail

Je remercie ceux qui m'ont aidé à travers le chemin de ce travail de recherche

Je veux remercier aussi tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration et la finalisation de ce travail

Dédicace

je dédie ce travail

Avec tout honneur et fierté, je dédie ce modeste travail :

*A mes chères parents qui m'a vraiment aider par son encouragement durant
toutes ma vie*

A mes chers frères Yasser Anes Redouane

A ma unique sœur Douaa

A ma chère femme Nour el Houda qui m'as vraiment soutenu

Merci a tous pour tout ce que vous avez fait pour moi

A toute la famille Médjania et Baki

A toute la famille Azizi et Gueramta

A toute la famille Sendjani , Benissa et Bourahel

A mes amis et toute personne m'ait aidé de près ou de loin

Yassine

Résumé

Le secteur de l'habitat est classé comme étant le plus énergivore des secteurs de la ville, en Algérie environ 42 % de la consommation énergétique globale revient au secteur résidentiel

D'autre part, le but de l'homme depuis des siècles était de vivre dans le confort, et le résultat de sa quête pour une vie agréable s'est soldé par l'architecture bioclimatique. Par ailleurs ; les régions caractérisées par un climat tempère telles que la ville d'Alger en Algérie exige d'appliquer ces règles bioclimatiques pour avoir le bien être des habitants. ce travail a consisté améliorer le confort thermique dans un bâtiment à usage d'habitation à travers l'utilisation des matériaux locaux ; en se basant sur une série de simulation via les deux logiciel WUFI PRO 5 et logiciel Pléiades + comfie, pour avoir les meilleurs solutions.

Mots clés : architecture bioclimatique ; développement durable ; éco quartier ; climat semi-aride ; santé ; matériaux locaux ; confort thermique.

ملخص

يصنف قطاع الإسكان باعتباره القطاع الأكثر كثافة في استخدام الطاقة في المدينة، في الجزائر حوالي 42 ٪ من إجمالي استهلاك الطاقة في القطاع السكني من ناحية أخرى، كان هدف الإنسان لعدة قرون هو العيش في راحة، وكانت نتيجة سعيه للحصول على حياة ممتعة تنتهي في هندسة المناخ الحيوي. من جهة أخرى؛ المناطق التي تتميز بمناخ معتدل مثل مدينة الجزائر بالجزائر تتطلب تطبيق قواعد المناخ الحيوي هذه على رفاهية السكان. يتكون هذا العمل من تحسين الراحة الحرارية في مبنى سكني من خلال استخدام المواد المحلية للحصول على أفضل الحلول؛ بناءً على سلسلة من المحاكاة عبر البرنامجين

PRO 5 WUFI وبرنامج Pléiades + comfie.

الكلمات المفتاحية الصحة , مواد محلية , : العمارة البيئية , التنمية المستدامة , حي بيئي , مناخ شبه جاف
الراحة الحرارية

Sommaire :

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Résumé.....	III
Chapitre introductif :	
introduction général	1
Problématique.....	1
HYPOTHESES.....	2
Objectif.....	2
Méthodologies de recherche.....	2
Structure du mémoire	3
Chapitre I : Etat de l'art .	
introduction	4
I. habitat et le confort Thermique en Algérie.....	4
II. l'isolation thermique.....	23
. Conclusion.....	24
chapitre II : Méthode et modèles d'analyse.	
I. Présentation de la ville d'Alger	25
II. Cas de nos étude	34
III. La simulation.....	41
. Conclusion.....	42
chapitre III : Simulation et interprétation des résultat	
I. Interprétations des résultats logiciel WUFI.....	43
II. Comparaison entre les cas les plus défavorables.....	57
I. Interprétations des résultats logiciel PLIEADES	58
II. Comparaison entre les cas les plus défavorables.....	62
. Conclusion.....	63
Conclusion générale	64

Liste des figures Chapitre I

Figure I.1: les paramètres du confort thermiques.....	8
Figure I.2 transfert de chaleur.....	13
Figure I.3 déperdition.....	15
Figure I.4 isolation par l'intérieur.....	16
Figure I.5 isolation par l'extérieur.....	16
Figure I.6 isolation répartie.....	16
Figure I.7: Isolation intérieur et extérieur des murs.....	17
Figure I.8 fibre de bois.....	19
Figure I.9 laine de mouton.....	19
Figure I.10 béton chanvre.....	19
Figure I.11 laine minérale.....	20
Figure I.12laine de verre source.....	20
Figure I.13 terre cuite.....	20
Figure I.14 type de vitrage.....	22
Figure I.15 : une menuiserie en bois.....	22
Figure I.16 : une menuiserie en acier pvc et aluminium.....	23

Chapitre II

Figure II 18 : Localisation de la ville d'Alger.....	25
Figure II :19 :température mensuelle de la ville d'Alger.....	26
Figure II 20 :humidité mensuel.....	27
Figure II 21direction des vents mensuel.....	27
Figure II 22vitesse des vents mensuel.....	27
Figure II 23:localisation géographique de la commune de Birkhadem.....	29
Figure II.24: façade principale.....	29
Figure II.25 : Plan de l'appartement à étudier.....	31
Figure II.26 : façade principale.....	31
Figure II.27 : Wufi pro 5.....	32
Figure II 28-1: pléiades.....	34
Figure II.29: Scenarios d'occupation.....	39
Figure II.30: consigne de chauffage.....	39
Figure II.31: consigne de climatisation en C.....	40
Figure II.32: Scenarios de ventilation en m3/h.....	40
Figure II.33: puissance dissipe en W.....	40
Figure II.34comoposition 1.....	40
Figure II.35 : composition 2.....	41
Figure II.36 : composition 3.....	41
Figure II.37 : composition 4.....	41
Figure II.38 : l'échantillon simulé.....	41
Figure II.39: modélisation 3d dans pléiade.....	41

Chapitre III

Figure III-40 : isolant au milieu ép. = 2 cm.....	43
Figure III-41 isolant au milieu ép. = 5 cm.....	43
Figure III-42 isolant au milieu ép. = 10 cm.....	44
Figure III-43 isolant par l'extérieur ép. = 2 cm.....	44

Figure III-44 isolant par l'extérieur ép. = 5cm.....	45
Figure III-45 isolant par l'extérieur ép. = 10cm.....	45
Figure III-46 isolant par l'intérieur ép. = 2.....	46
Figure III-47 isolant par l'intérieur ép. = 5cm.....	46
Figure III-48 isolant par l'intérieur ép. = 10cm.....	46
Figure III-49: isolant au milieu ép. = 2 cm.....	47
Figure III-50: isolant au milieu ép. = 5 cm.....	48
Figure III-51: isolant au milieu ép. = 10 cm.....	48
Figure III-52: isolant par l'extérieur ép. =2 cm.....	49
Figure III 53: isolant par l'extérieur ép. =5 cm.....	49
Figure III-54: isolant par l'extérieur ép. =10 cm.....	50
Figure III-55 : Figure III-55: isolant par l'intérieur ép.....	50
Figure III-56 isolant par l'intérieur ép.= 5cm.....	51
Figure III-57isolant par l'intérieur ép.= 10cm.....	51
Figure III-58 isolant au milieu ép.= 2cm.....	51
Figure III-59isolant au milieu ép.= 5cm.....	53
Figure III-60 isolant au milieu ép.= 10cm.....	53
Figure III-61isolantpar l'extérieurép=2cm.....	53
Figure III-62isolantpar l'extérieur ép. =5cm.....	54
Figure III 63isolantpar l'extérieur ép. =10cm.....	54
Figure III-64 isolant par l'intérieur ép. =2cm.....	55
Figure III-65 isolant par l'intérieur ép. =5cm.....	55
Figure III-66 isolant par l'intérieur ép. =10cm.....	55
Figure III.67 Besoins en chauffage et en climatisation cas de référence.....	56
Figure III.68 graphe de température pendant une année	62
Figure III.69 graphe de température de la semaine la plus chaude	58
Figure III.70 graphe de température de la semaine la plus froide	58
Figure III.71 humidité relative	58
Figure III.72 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique.....	58
Figure III.73 graphe de température pédant une année.....	59
Figure III.74 graphe de température de la semaine la plus chaude	59
Figure III.76 humidité relative	59
Figure III.77 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique.....	59
Figure III.78 graphe de température pédant une année	60
Figure III.79 graphe de température de la semaine la plus chaude	60
Figure III.81 graphe de température de la semaine la plus froide	60
Figure III.82 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique.....	60
Figure III.83 graphe de température pédant une année	61
Figure III.84 graphe de température de la semaine la plus chaude	61
Figure III.85humidité relative	61
Figure III.86 graphe de température de la semaine la plus froide.....	61

Liste des tableaux :

chapitre I :

Tableau I.1: la température ambiante minimale par rapport au travail effectué.....8

chapitre II :

Tableau II.2 : Tableau des surfaces.....29

Tableau II.3 : Les caractéristiques des parois32

Tableau II.4 : Tableau des scenarios de lame d'air source auteur.....36

Tableau II.5 : Tableau des scenarios du polystyrène extrude source auteur.....37

Tableau II.6 : Tableau des scenarios de fibre de bois source auteur.....38

chapitre III :

Tableau III.7 : Comparaison entre le cas les plus favorables.....57

Tableau III.8 : Comparaison entre le cas les plus favorables.....61

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Resumé.....	III

Chapitre introductif

Introduction :.....	1
Problématique :.....	1
Hypothèses :.....	2
Objectifs :	2
Methodologies de recherche:	2
Structure du mémoire:.....	3

Chapitre I

Introduction :.....	4
I L’habitat et le confort thermique :.....	4
I.1 Habitat:	4
I.2 les divers types du mode d'habitat:	4
I.2.1 Habitat individuel:	5
I.2.2 Habitat collectif:	5
I.2.3 Habitat semi-collectif:	5
I.3 Les facteurs influant sur le site:	6
I.3 Le site:	6
I.3.1 Le site:	6
I.3.2 Le climat:	6
I.3.3 Les condition écologiques:	6
I.3.4 La société:.....	6
I.4 L'Habitat bioclimatique:	6
I.5Le confort hygrothermique:.....	7
I.5.1 définition du confort hygrothermique:.....	7
I.5.2 caractéristique du confort hygrothermique:.....	7
I.6Le confort thermique:	7
I.6.1 définition:.....	7
I.6.2 Les paramètres du confort thermique:	8
I.6.2.1 la température de l'air:	8
I.6.2.2 la vitesse relative de l'air:.....	9
I.6.2.3 La temp'rature moyenne radiante:	9
I.6.2.4 Le degré hygrométrique de l'air:.....	9
I.6.2.5 l'activité métabolique:.....	10
I.6.2.6 la résistance des vêtements :	10
I.6.2.4 Les échanges de chaleur entre le corps humain et l'ambiance environnementale:	11
I.6.3. Les causes d'inconfort:	11
I.6.3.1.Les courants d'air:	11
I.6.3.2.L'asymétrie d'un rayonnement thermique:	11
I.6.3.3.Le gradient thermique vertical de l'air:	11
I.6.3. 4. La température du sol :	11
II l'isolation thermique:	12
II .1.Définition L'isolation thermique:.....	12
II .2.Enveloppe d'un bâtiment:	12
II . 3. Transfert de chaleur:.....	13
II .3.1.La conduction:	13

II .3.2. La convection:	13
II .3.3. Le rayonnement:.....	13
II .4. Notions thermiques:	13
II .4.1.Flux thermiques :.....	14
II .4.2. Conductivité thermique:.....	14
II .4.3.Résistance thermique:.....	14
II .4.4. Le coefficient de transmission calorifique:	14
II .4. 5. Capacité thermique massique:.....	14
II .4.6. Capacité thermique :.....	14
II.4.5 Teneur en eau des matériaux :.....	14
II.5.1. Les ponts thermiques:.....	15
II.5.2.Types de pont thermique:.....	15
II.6.Types d'isolation thermique:.....	16
II.6.1.L'isolation par l'intérieure:	16
II.6.2. L'isolation par l'extérieur:.....	16
II.6.3.L'isolation répartie:.....	16
II.7. Avantages d'isolation thermique:	17
Avantage économique:.....	17
Avantage environnemental:	17
Réduire le niveau de brui:	17
Intégrité structurale d'un bâtiment:.....	18
Empêchement de condensation de vapeur:	18
Protection contre le feu:	18
II.8.Classification des matériaux isolants:	18
II.8.1 Les matériaux bio sources:	18
II.8.1.1. Fibres de bois:	19
II.8.1.2.La laine de mouton:.....	19
II.8.1.3.Béton de chanvre:.....	19
II.8.2. Les matériaux minéraux:	20
II.8.2.1.La laine minérale:	20
II.8.2.2. La laine de roche:	20
II.8.2.3.La laine de verre :.....	20
II.8.2.4.La Terre cuite:	20
II.8.3. Les matériaux synthétiques:	21
II.8.3.1.Le polystyrène (expansé et extrudé):.....	21
II.8.3.2.Les polyuréthanes:.....	21
II.8.4.Le PIV (panneaux d'isolants sous vide):.....	21
II.9.L'aérogel :	21
II.10. L'isolation du vitrage et de menuiserie extérieure ::	22
II.10.1.Les vitrages:	22
II.10.2.Les menuiserie:.....	22
II.10.3.Le bois:	22
II.10.4. L'acier:	23
II.10.5.L'aluminium:	23
II.10.6.PVC:	23
II.11 L'isolation thermique en Algérie:	23
II.11.1 Les logements collectifs:	23
II.11.1 Les logements individuels:.....	23
Conclusion:	24

CHAPITRE II

Introduction	25
I. Présentation de la ville d'Alger:	25
I.1 Situation géographique:	25
I. 2 L'analyse climatique de la région de Alger:	25
I.3 Les données climatiques de la région d'Alger:.....	26
I.3.1 Les température:	26
I.3.2 L'humidité:	27
I.3.3 Le vent:	27
II. Cas de notre étude:	28
II.1Description de l'habitat:	28
II.1.1 Situation géographique :.....	29
II.1.2.Dimension détaillé:.....	29
II.1.3 Aperçu Climatique sur la ville de Birkhadem:.....	30
II. 1. 4 Caractéristiques constructives du projet:.....	30
II.1.5 Plan de l'habitat:.....	31
II.2. Les caractéristiques des parois:	32
II. 3. Présentation de la méthodologie de recherche:	32
II.3.1.a Logiciel de simulation WUFI PRO 5:	32
Domaines d'application:	33
Les étapes de simulation:	33
II.4.1.b Logiciel de simulation Pléiades:.....	34
Présentation.....	34
Domaine d'application :.....	34
Les étapes de simulation :.....	34
III.la simulation:.....	35
III . 1 la méthodologie de la simulation:	35
III.2.Avec Wufi pro 5:.....	35
III.2.a. Les matériaux choisis :.....	35
III.2.b. Les scénarios utilisés:.....	36
III.2.b.1 lame d'aire:	36
III.2.b.2 polystyrène extrude:.....	37
III.2.b.3 fibre de bois:.....	38
III.3.Avec pléiades:	39
III.3.a. Les matériaux choisi:	39
III.3.b. Les scénarios utilisé:	39
III.3.b1.senarios d'utilisation du logement:	39
III.3.b2.les scénarios de simulation :.....	40
III.3.c. Les espaces simulés (L'échantillon de simulation):.....	41
Conclusion :	42

CHAPITRE III

Introduction :.....	43
I. interprétations des résultats obtenu par le logiciel WUFI PRO 5 :.....	44
I.1.lame d'aire:	45
I 1.1. Scénario N °01:.....	46
I .1.2. Scénario N °02:.....	47
I.1.3. Scénario N °03 :.....	48
I.1.4 Synthès:.....	49
I.2.polysteren extrudes:	50

I.2.1. scenario N °04:.....	50
I .2.2. Scénario N °05:.....	50
I .2.3 scénario N °06:	50
I.2.4 Synthès:.....	51
I.3.fibre de bois:	52
I .3.1 scenario N °07 :	52
I .3.2scenario N °08:	54
I .3.3scenario N °0:	55
I.3.4.Synthèse:.....	56
II- Comparaison entre les cas les plus favorable:	56
Synthèse générale:.....	57
III. interprétations des résultats obtenu par le logiciel pléiade:.....	58
III.2. Synthèse : tableau récapitulatif:	62
Conclusion	63
conclusion generale.....	64

INTRODUCTION GENERALE

L'homme a toujours essayé de se protéger des risques du climat (chaleur, vents, pluies...etc.) afin de créer des conditions favorables pour sa vie. En l'absence des sources d'énergie fossile, il était obligé de construire un habitat qui offre le confort durant toute l'année. En Algérie, le besoin de construire vite, pas cher et dans les brefs délais a poussé les décideurs à mettre l'accent sur des aspects quantitatifs et de solidité structurelle aux dépens du confort d'usage. En quatre décennies d'indépendance, le paysage urbain et architectural des agglomérations a connu un changement brutal. L'habitat produit n'a cessé de poser la problématique de la non prise en compte des facteurs physiques et climatiques dans sa conception, cela à provoquer une consommation excessive d'énergie.

Assurer le confort thermique dans l'habitation durant toute l'année en gardant la même température et augmente la consommation des énergies fossiles de secteur du bâtiment. Donc, réduire les dépenses énergétiques dans le bâtiment par prendre en considération le climat et le site ..

PROBLEMATIQUE

L'architecture bioclimatique est l'architecture la plus ancienne elle est caractériser par utilisation des matériaux locaux, pour améliorer le confort hygrothermique..etc. La standardisation actuelle déploie à éloigner l'architecture de son environnement, et ne permet pas de disposer de logements confortables. Ainsi que l'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration des matériaux d'isolation afin de minimiser le recours à la consommation énergétique. L'isolation thermique est l'un des axes principaux de l'architecture bioclimatique, elle permet en même temps d'accroître le confort et de réduire les consommations d'énergie de chauffage et / ou de climatisation, cette dernière est définis comme suit

- L'isolation thermique extérieure qui consiste à envelopper le bâtiment d'un manteau isolant. Dans l'existant, une isolation par l'extérieur peut être envisagée lors d'une rénovation complète ou un ravalement de façade, après avoir consulté les règles d'urbanisme de la commune.
- L'isolation thermique intérieure sera choisie pour les cas de rénovations dans les appartements (car il est difficile d'intervenir sur l'extérieur du bâtiment).

- L'isolation thermique intégrée qui consiste à utiliser des matériaux qui intègrent un isolant dans leur structure : béton cellulaire, brique de chanvre, brique de terre cuite avec isolante.

Comment pouvons-nous améliorer le comportement hygrothermique des parois dans une construction dans la ville d'Alger ? et quels sont les isolations thermiques les plus performant hygro thermiquement pour cette région ?

HYPOTHESES

Afin de répondre à ces questionnements ; nous avons formulé ces hypothèses :

- Le comportement hygrothermique des parois dans une construction peut-être améliorer en changeant la composition de la paroi et le type d'isolant.
- Les types isolations thermiques les plus performantes hygo thermiquement dans la ville d'Alger sont ceux qui assurent une bonne stabilité de température de l'air et d'humidité relative à l'intérieur des bâtiments.

OBJECTIFS :

On peut résumer nos objectifs principaux dans trois points essentiels :

- Etudier le comportement hygrothermique d'une paroi sans isolant et avec isolant en changeant leur type .leur épaisseur et leur emplacement en utilisant le logiciel de simulation WUFI pro5
- Faire une comparaison entre les résultats et faire ressortie les cas les plus favorables
- Voir le confort hygrothermique de notre cas d'étude on intégrant la configuration la plus favorable avec le logiciel PLIEDES 4.18.11.2

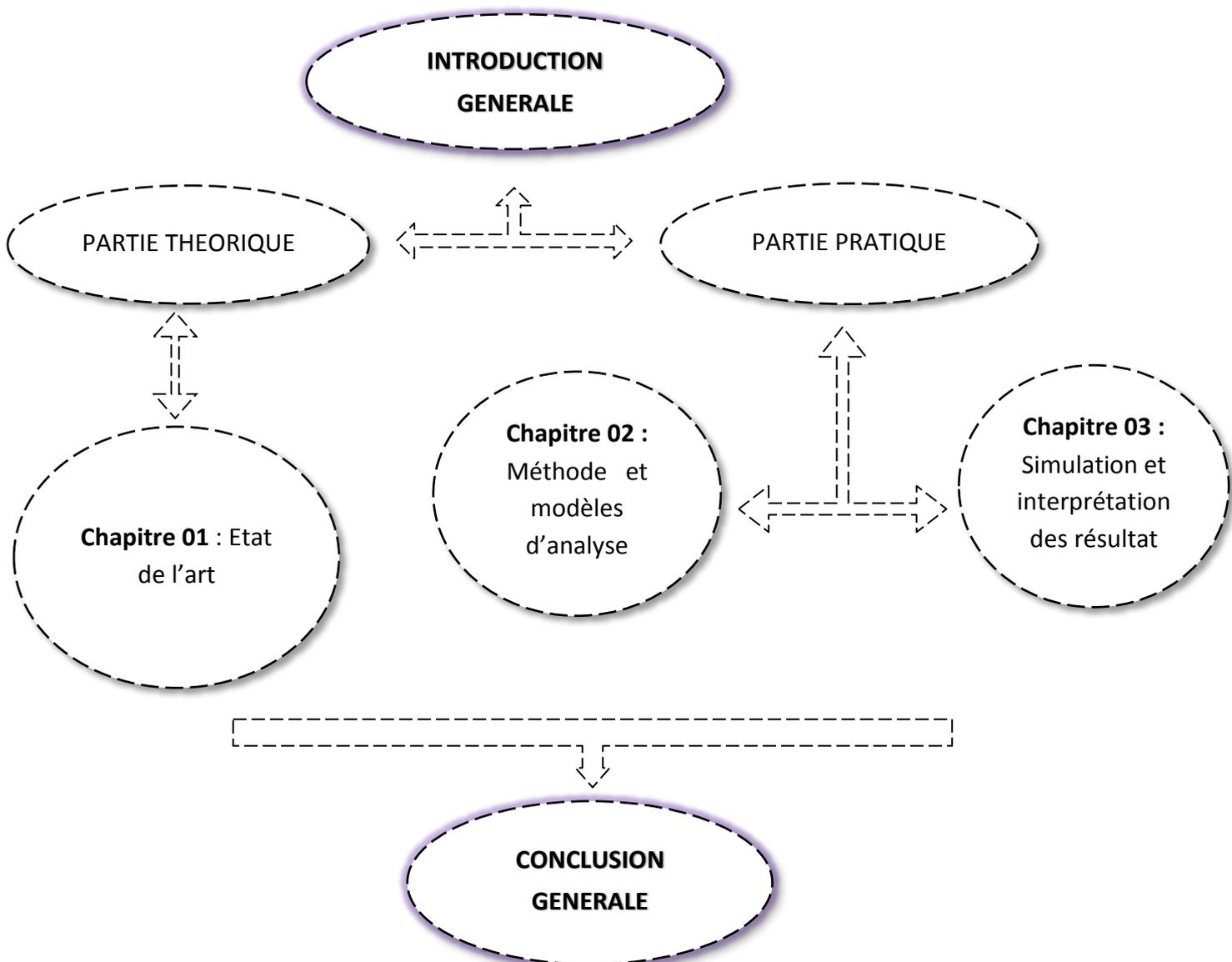
METHODOLOGIES DE RECHERCHE

Cette recherche consiste à évaluer le confort hygrothermique dans un appartement situé à la ville d'Alger. La méthodologie consiste, en premier lieu, de faire une recherche bibliographique sur les études similaires afin de mieux comprendre notre thème. En second lieu, cette étude sera basée sur la méthode expérimentale, dont la technique de simulation dynamique sera adoptée pour tester quelques configurations des parois les plus utilisés dans notre pays. Il s'agit d'utiliser les deux logiciels WUFI pro version 5 et PLEAIDE version 4.18.11.2 .afin d'avoir des réponses à nos questionnements et également vérifier nos hypothèses.

STRUCTURE DU MEMOIRE

Suite à la méthodologie exposée, le présent mémoire se composera de la problématique, la partie théorique et celle pratique. La phase théorique sera présentée par un chapitre. Qui englobe l'habitat /le confort thermique et l'isolation thermique y compris les différents matériaux utilisés. En passant vers la phase pratique, qui sera présentée par deux chapitres le premier se déroulera sur notre cas d'étude. Le deuxième sera sur la simulation thermique et l'interprétation des résultats. Enfin la conclusion générale présentera le résultat de cette recherche et les recommandations sans oublier les axes de recherche afin de compléter les questions restant sans réponses.

La structure du mémoire est présentée sur le schéma suivant.



Introduction

Depuis la nuit des temps, l'homme n'a cessé d'entretenir des rapports dialectiques avec son environnement physico-spatial. Un riche dialogue est toujours opéré entre eux. Ce dialogue va prendre les différentes formes à travers l'histoire, mais la plus pertinente de la symbiose entre l'homme et son environnement a été l'habitat.

La performance énergétique d'une maison dépend avant tout d'une approche cohérente: conception bioclimatique, orientation, isolation, ventilation, , choix des matériaux, Nous allons citer quelques rappels sur le paramètre essentiel à considérer dans l'habitat bioclimatique qui est le confort thermique .les différents modes de transfert de chaleur rencontrés généralement dans le bâtiment, Ainsi que les différents types d'isolation thermique et les matériaux d'isolation utiliser dans les bâtiments,

I. l'habitat et le confort thermique

I.1 Habitat

Si le logement est considéré comme un foyer à surfaces cloisonnées, aménagées pour remplir un certain nombre de fonctions, l'habitat est une notion qui reste liée au concept d'appropriation de l'espace.

L'habitat est l'espace dont le rapport avec l'individu passe par toutes les dimensions formelles, esthétiques et fonctionnelles, c'est toute l'aire fréquentée par l'homme et où s'étendent ses différentes actions.

L'habitat n'est pas seulement un abri comme peuvent le suggérer des notions déterministes physiques, c'est un concept vaste qui englobe des considérations, Plus complexes, en tant que concrétisation de l'habitat.(Christian Norberg-Schulz;1977)

I .2 Les divers types du mode d'habitat

Il existe trois typologies d'habitations, dont deux fréquemment utilisées, l'habitat collectif et l'habitat individuel et en fin l'habitat semi-collectif. Ce dernier récemment apparu fait l'objet d'une réflexion à travers le monde.

I.2.1 Habitat individuel

La notion de l'habitat individuel s'appuie sur un certain nombre d'éléments qui la distinguent des autres types d'habitat, on peut citer parmi cette particularité :

- La notion de construction isolée.
- L'implantation sur un terrain privatif.
- La dimension et le nombre d'étages limités.
- L'absence de parties communes, entre autre en ce qui concerne l'accès.
- Les types d'habitat individuel peuvent être répertoriés entre habitat groupé ou la maison appartient à un ensemble. Et l'habitat dispersé ne comportant qu'un seul logement et ayant une entrée particulière. (idem)

I.2.2 Habitat collectif

L'habitat collectif se caractérise par : La notion d'appropriation individuelle du sol. Une distribution collective : halle d'entrée, cage d'escalier, d'ascenseur, palier, cours. Ces lieux ne sont pas seulement des moyens fonctionnels d'accéder aux logements, mais des lieux identifiables où se développent les relations de voisinage, la relation à l'espace public et à la fois individuelles, les fenêtres d'un logement, balcon, et collective. L'entrée à l'immeuble est la séquence d'accès, la façade entant qu'elle représente collectivement l'image d'un bâtiment. C'est une construction dont la hauteur est supérieure à trois niveaux, dont les accès sont collectifs. L'habitat collectif facilite la vie associative à travers les équipements de proximité qu'il s'implique (centre commercial, école, jardin, terrain de jeux ...etc.).(idem)

I.2.3 Habitat semi-collectif

Appelé aussi intermédiaire, ce n'est ni du collectif ni de l'individuel, mais un type nouveau essayant d'intégrer les qualités de l'un et de l'autre. Ce mode d'habiter est proche de la maison individuelle par certaines qualités, et l'immeuble par l'organisation à l'appartement. Cette forme architecturale a été définie pour la première fois le : 9 août 1974. Elle se base sur trois caractéristiques :

- une hauteur maximale de trois étages.
- un accès individuel.
- Une surface de terrasse égale au quart de celle du logement.

I.3 Les facteurs influant sur l'habitat

L'habitat est conçu dans toute une série d'intentions, il traduit de nombreuses forces qui se présentent comme suit :

I.3.1. Le site

Chaque endroit recèle des potentialités qu'il faudrait exploiter et des contraintes qu'il faudrait prendre en charge ; Schulz dit " qu'il conviendrait de s'implanter de manière à établir une relation amicale avec le site, c'est à dire en respectant le lieu (Gacem, M,T-2010-2011)

I.3.2 Le climat

L'architecture dépend du facteur climatique qui lui dicte les orientations principales pour la conception. L'introduction de la dimension climatique permet d'atteindre les objectifs suivants :

- Avoir la qualité environnementale recherchée.
- Avoir un meilleur vécu pour l'occupant.
- Faire des économies d'énergie.

I.3.3 Les conditions écologiques

A considérer en planification d'un quartier, la protection et la préservation du paysage, la protection de l'eau et l'espace souterrain et afin de préserver les couloirs de ventilation dans l'agglomération urbaine.(idem)

I.3.4 La société

Plusieurs enquêtes faites sur des ensembles d'habitants ont démontré qu'il existe un conflit entre le mode de vie des habitants et l'architecture produite, dictée par une conception qui ne répondait pas aux aspirations des occupants.(idem)

I.4.L'Habitat bioclimatique

visé principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement. L'intérêt du «bioclimatique»

consiste donc à trouver une adéquation entre l'habitat, le comportement des occupants et le climat pour réduire au maximum les besoins de chauffer ou de climatiser, ce qui est en fait un élément fondamental De l'art de l'architecte.(Buland, F-2010)

I.5 Le confort hygrothermique

I.5.1 définition du confort hygrothermique

Le confort hygrothermique signifie assurer une température constante en toute saison (entre 18 et 20 °C), un taux d'humidité de 40 à 60 % et une différence maximale de température entre l'air intérieur et les parois de 3 °C. Ceci doit permettre d'éviter le dessèchement des muqueuses ou la sensation d'étouffement par excès d'humidité, la condensation sur les murs et donc les effets de moisissure, la dégradation de certains types d'enveloppe des bâtiments et la dégradation des isolants. Les paramètres du confort hygrothermique sont : l'isolation thermique des parois, la protection solaire des parois vitrées.(idem)

I.5.2 Caractérisation du confort hygrothermique

On peut caractériser le confort hygrothermique en 3 points : Hygrométrie (lié uniquement à l'humidité spécifique) Thermique (lié uniquement à la température) Hygrothermique (lié à la température et à l'humidité spécifique)

1.6 Le confort thermique

I .6.1 Définition

Pour Claude-Alain Roulet, le confort thermique est un état de bien être général et stable. (C-A Roulet 2004), alors qu'il est défini : «comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. » par Jean-Yves Charbonneau. (Charbonneau, J-Y, 2004) ,il le considère (le confort thermique) comme un état d'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement. (Givoni, B. 1978).

I.6.2. Les paramètres du confort thermique

Les critères les plus importants pour déterminer un bilan thermique en participant au confort thermique sont des paramètres liés soit à l'environnement thermique ou à l'individu. La température de l'air, sa vitesse relative, la température moyenne radiante et le degré hygrométrique de l'air sont des paramètres liés à l'environnement thermique. Bien que l'activité métabolique et la résistance des vêtements sont des paramètres liés à l'individu. (Liébard, A. et De Herde, A. 2005, Deval, J-C.1984).

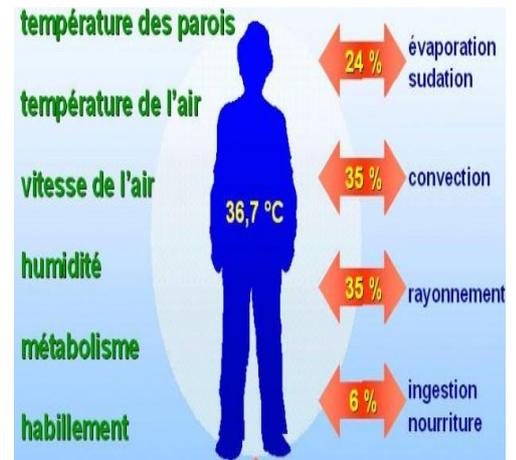


Figure I.01: les paramètres du confort thermiques.

Source <https://www.google.com/search?q=le 1>

I. 6.2. 1. La température de l'air (Ta)

Il s'agit d'un premier facteur à contrôler. C'est déterminant le flux de chaleur entre l'air et l'individu. Lorsque la valeur précise du confort thermique. Alors qu'elle est considérée comme le paramètre le plus important. (Mazouz, S. sans date, Belmaaziz, M. 2011 -2012). La température ambiante minimale pour le confort thermique dépend des autres paramètres comme la nature du travail effectué et le type du local. (Voir tableau).

Nature du travail exécuté	Température minimale obligatoire
Travail léger en position assise, notamment tout travail cérébral, travail de précision ou qui consiste à lire ou à écrire.	20 C°
Travail physique léger en position assise, notamment travail de couture avec machines électriques et travail sur petites machines outils	19 C°
Travail léger en position debout, notamment sur machine-outil	17 C°
Travail moyen en position debout, notamment montage et ébarbage.	16 C°

Tableau 1.1: la température ambiante minimale par rapport au travail effectué.

Source : Charbonneau, J. Y. 2004.

I.6. 2. 2. La vitesse relative de l'air

Il s'agit de la vitesse de l'air qui correspond aux mouvements d'air autour de l'individu. C'est un paramètre très important à cause de son influence sur les échanges de la chaleur par convection et l'augmentation de l'évaporation sur la surface de la peau. (Liébard, A. et De Herde, A. 2005). L'agrandissement de la vitesse de l'air provoque l'augmentation des échanges thermiques. (Belmaaziz, M. 2011-2012).

A l'intérieur d'un bâtiment, la vitesse de l'air est ignorée lorsque elle ne dépasse pas 0.2 m /s. A partir cette valeur de vitesse, l'utilisateur de l'espace commence à ressentir le mouvement de l'air. (Belmaaziz, M. 2011-2012).

I.6. 2. 3. La température moyenne radiante (Tp)

C'est la température des parois environnantes, son influence sur les échanges thermiques se fait par rayonnement. (A. Liébard et A. De Herde, 2005). Il s'agit d'un indicateur important pour le confort intérieur qui peut donner une idée sur la nature d'isolation et l'inertie thermique. (Mazouz, S. sans date).

Pour contrôler la température radiante d'une paroi, il suffit d'augmenter l'inertie thermique des parois en assurant un coefficient de conductivité thermique (k) égale ou inférieure de 1,2. Avec une différence entre la température d'air ambiant et celle des parois qui ne dépasse pas 5°C. (Mazouz, S. sans date).

I.6. 2. 4. Le Degré hygrométrique de l'air

Il s'agit d'un rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. 30% à 70% d'humidité relative dans l'air est dans la plage de confort et ne présente que peu d'influence sur la sensation de confort thermique. (Liébard, A. et De Herde, A. 2005).

L'air ne peut absorber qu'une quantité limitée de vapeur d'eau. Lors d'une ambiance chaude et dans une situation de saturation de l'air, le corps sera en état d'inconfort dû à une difficulté de transpiration de la peau. (Liébard, A. et De Herde, A. 2005).

I.6. 2. 5. L'activité métabolique

C'est la transformation de la nourriture consommée en éléments corporels (protéine et tissu) et en énergie avec de l'eau, du gaz carbonique et des déchets divers. Cette énergie produite va permettre à l'individu de faire l'effort physique ainsi que la production de la chaleur à l'intérieur du corps humain pour le maintenir autour de 36,7 °C. (Roulet, C. A. 2004). L'intensité du travail musculaire provoque une production importante de la chaleur. Le métabolisme est représenté par l'effort physique dépensé dans une activité et rapporté à l'unité de surface de corps de l'individu (w /m^2). (Benlatreche, T. 2006).

Un équilibre entre le métabolisme intérieur, le travail physique et les pertes vers l'environnement extérieur provoque une stabilité de la température intérieure du corps humain. (Belmaaziz, M. 2011-2012).

Trois types de métabolisme, selon l'activité physique de l'individu :

- Métabolisme de base : 75 W la production de chaleur est par un processus végétatif (continu et inconscient).
- Métabolisme du corps au repos : 105 W.
- Métabolisme au travail : jusqu'à 700 W selon la pénibilité du travail. Il s'agit d'un métabolisme musculaire pour la production de la chaleur en affectant un travail contrôlable et conscient. (Benlatreche, T. 2006 ,Belmaaziz, M. 2011-2012).

Le métabolisme est composé par deux parties, une purement thermique et une autre partie mécanique.

I.6. 2. 6. La résistance des vêtements

L'habillement (H) est une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la peau et l'environnement. (Belmaaziz, M. 2011-2012). Sous la couche des vêtements se crée une zone tampon avec son propre microclimat par une température, humidité et vitesse de l'air spécifiques. Ces derniers restent dépendants de la ventilation naturelle sous cette couche (effet de pompage). (Boutaba, 2007, cité par Hamel, KH. 2012).

L'isolation des vêtements, leur pouvoir réfléchissant des rayonnements incidents et leur capacité d'absorption de vapeur d'eau produite par la peau favorisent ou gênent la thermorégulation. (Boutaba, 2007, cité par Hamel, KH. 2012).

I. 6.2.7. Les échanges de chaleur entre le corps humain et l'ambiance environnementale

Afin de réussir ses fonctions corporelles et métaboliques, le corps humain produit de la chaleur par transformation de la nourriture en énergie. (Hegger, M. et al 2011). Alors qu'il existe d'autres Les différents types du transfert de la chaleur sont par convection, par conduction, par rayonnement et par évaporation.

I.6.3. Les causes d'inconfort

Pour bien maîtriser la situation du confort thermique, il est important de connaître les causes d'inconfort pour les éviter. L'insatisfaction thermique peut être le résultat d'une zone d'inconfort Dans l'environnement des occupants.

I.6.3.1. Les courants d'air

La sensation d'un courant d'air, surtout en hiver, peut provoquer la diminution de la température intérieure par convection.

Les occupants vont augmenter la chaleur intérieure. Donc ce facteur d'inconfort agit directement sur la consommation énergétique. (idem).

I.6.3.2. L'asymétrie d'un rayonnement thermique

La grande différence entre la température des parois provoque à l'organisme un inconfort lié au transfert de chaleur. La paroi chaude réchauffe la partie du corps qui est du son côté. Alors que la paroi froide refroidit la partie du corps en exposition. (Le Guay, M.). L'occupant va sentir mal à cause de cette différence.

I.6.3.3. Le gradient thermique vertical de l'air

Généralement, la température augmente en montant. La norme exige une différence de 3°C entre le niveau de 0.1m et 1.1m (la hauteur d'une position assise) pour éviter l'augmentation de la chaleur au niveau de la tête par rapport aux pieds. (Vogt 1995, J. J. cité par Mazari, M. 2012).

I.6.3. 4. La température du sol :

La température trop basse ou trop élevée représente un autre facteur d'inconfort. Hoffman est un des chercheurs qui ont précisé cette notion, alors qu'Olsen BW propose 23°C comme température du sol pour une personne debout et 25°C pour une personne assise. (Mazari, M. 2012).

II l'isolation thermique :

II .1.Définition L'isolation thermique

Elle désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter le transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement entre un milieu chaud et un milieu froid. L'isolation thermique est utilisée dans de nombreux domaines incluant notamment : le bâtiment (maintien d'une température de confort à l'intérieur d'un bâtiment en dépensant le minimum d'énergie) (Gallauziaux et DavidFedullo.2010)

Selon la littérature l'isolation thermique est une technique ou un moyen matériel (un matériau ou combinaison de matériaux) Il retarde le flux de chaleur à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment en raison de sa haute résistance thermique

II .2.Enveloppe d'un bâtiment

Le rôle premier d'un bâtiment est d'assurer à ses occupants un climat intérieur agréable.pour assurer un environnement confortables .il est nécessaire de répondre à des exigences de confort thermique .acoustique optique et d'assurer une bonne qualité de l'air. (idem

L'enveloppe thermique d'un bâtiment est l'élément de construction qui sépare le volume chauffé de l'environnement extérieur .l'enveloppe d'un bâtiment regroupe (idem):

- 1) Les façades (murs et fenêtres)
- 2) Les verrières
- 3) Les toitures
- 4) Les dalles et murs du sol

Pour assurer une bonne qualité de l'environnement intérieur et le confort thermique d'un bâtiments, on peut appliquer des mesures passives et des mesures actives.

Les mesures passives qui sont des mesures architecturales et constructives de protection thermique telle que l'isolation thermique de l'enveloppe, une inertie thermique adaptée aux besoins, les protections solaires, le chauffage solaire passif et le refroidissement passif

Les mesures actives, quand les mesures passives ne suffisent plus, à savoir l'utilisation de technologies de garantir le confort thermique par des actions mécanique telles les installations de chauffage et de refroidissement. (idem)

II. 3. Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Il est régi par une combinaison de lois physiques. La littérature traitant du transfert de chaleur reconnaît essentiellement trois modes de transmission de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement (Gallauziaux et David Fedullo. 2010)

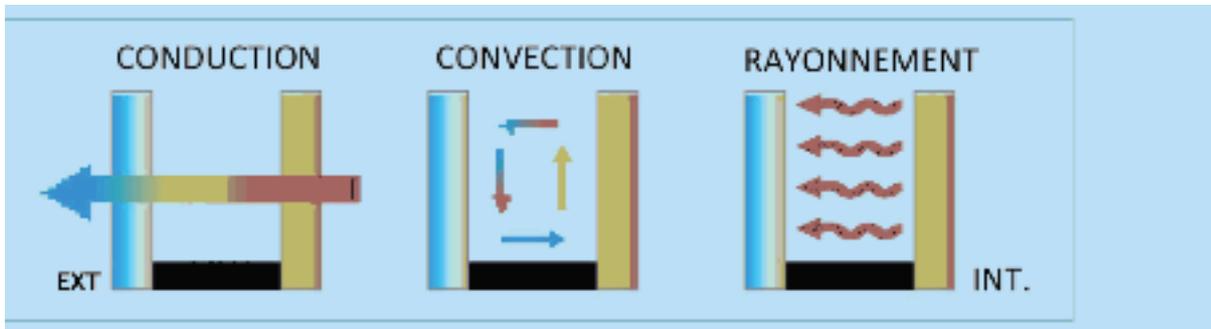


Figure I.2 transfert de chaleur source [https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=BGPMXiz-OuKT1fAP9IS5kAI&q=transfert+de+chaleur&oq=transfert+de+chaleur&gs_l=img.3...0.0..42509...0.0..0.0.0.....1.....gws-wiz-img.idt3PXkmmM#imgrc=pouLqv3GB9jWPM:](https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=BGPMXiz-OuKT1fAP9IS5kAI&q=transfert+de+chaleur&oq=transfert+de+chaleur&gs_l=img.3...0.0..42509...0.0..0.0.0.....1.....gws-wiz-img.idt3PXkmmM#imgrc=pouLqv3GB9jWPM;)

II .3.1.La conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libre (idem)

II .3.2. La convection

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de la chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée. (idem)

II .3.3. Le rayonnement

Dans la transmission de chaleur par rayonnement, le transfert thermique s'effectue par des vibrations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le Vide). Sans aucun contact entre eux, par le déplacement d'ondes dans l'espace qui se propagent en ligne droite sans aucun support de matière (idem)

II .4. Notions thermiques

II .4.1.Flux thermiques

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps (idem)

II .4.2. Conductivité thermique —

La conductivité thermique (notée λ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température (idem)

II .4.3.Résistance thermique

La résistance thermique (notée R) correspond a la capacité d'un matériau à résister au froid et la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier (λ) (idem)

II .4.4. Le coefficient de transmission calorifique

Le coefficient de transmission calorifique (notée U) caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi. C'est l'inverse de la résistance thermique \otimes (idem)

II .4. 5. Capacité thermique massique

On appelle capacité thermique massique (C_p) la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1K (idem)

II .4.6. Capacité thermique

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température de un 1K. Elle s'exprime en (J/K). C'est une grandeur extensive (idem)

II.4.5 Teneur en eau des matériaux

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

II.5.1. Les ponts thermiques

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est modifiée de façon sensible par une absence ou une réduction locale de l'isolation. Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment. Ces déperditions peuvent dépasser pour certains 40 % des déperditions thermiques totales à travers l'enveloppe.

II.5.2. Types de pont thermique

Il existe deux grands types de ponts thermiques :

- Les ponts thermiques des liaisons :

Ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment.

- Les ponts thermiques intégrés:

Ils se trouvent au niveau de la surface d'une paroi à chaque interruption ou dégradation de l'isolation thermique. Dans les parois maçonnées en pierre par exemple, ils se trouvent au niveau des joints de mortier.

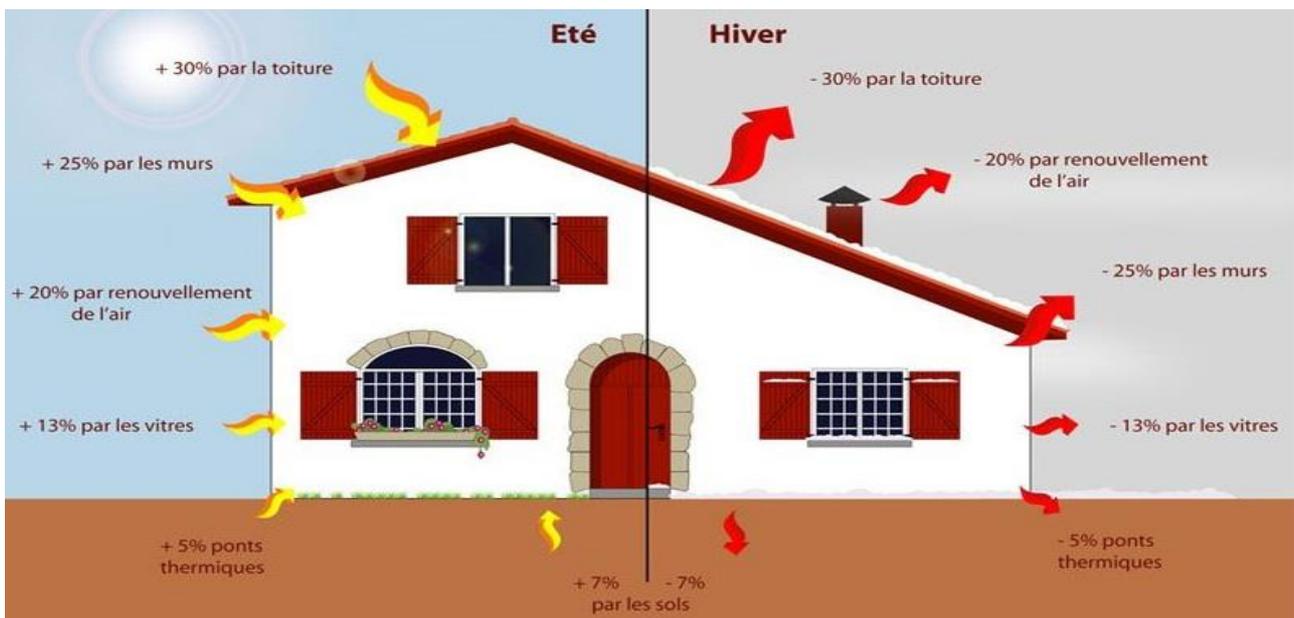


Figure I.3 déperdition Source

https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=MGPMXL3wGbHCxqPihrCACQ&q=dperdition+chaleur+maison&oq=deperdition&gs_l=img.1.1.0j0i10i67j0i7j0i7.385048.388083..390615...0.0.0.127.1055.8j3.....1....1..qws-wiz-img.ymF59845Fd4#imgrc=UZCmsVvwrjAD4M:

II.6.Types d'isolation thermique :

Pour isoler une enveloppe, nous avons trois manières à le faire. Il s'agit de L'isolation intérieure, l'isolation extérieure et celle répartie.

II.6.1.L'isolation par l'intérieure :

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est d'annuler l'inertie thermique de la paroi isolée, diminue l'espace habitable et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie. (Gallauziaux etDavidFedullo.2010)



Figure I.4 isolation par l'intérieure source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=t2TMXKTVKqSKjLsPmb6CsA0&q=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99int%C3%A9rieure&og=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99int%C3%A9rieure&gs_l=img.12...3507655.3533388..3534948...1

II.6.2. L'isolation par l'extérieur:

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieur du mur. Ce souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs, protéger la maçonnerie des intempéries et des variations de la température et supprimer les ponts thermiques. (idem)



Figure I.5 isolation par l'extérieur source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=h3LMXPkPfiTlwTPgJTYCg&q=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+&og=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+&gs_l=img.3...51524.51524..55045...0.0..0.8

II.6.3.L'isolation répartie

Elle est caractérisée par l'utilisation de l'isolation en tant que matériau de construction. Son rôle majeur est la stabilité de la construction, le remplissage et l'isolation en même temps. (idem)



Figure I.6 isolation répartie source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=wHLMX128GoGsaaoIgm&q=L%27isolation+r%C3%A9partie+&og=L%27isolation+r%C3%A9partie+&gs_l=img.12...78923..80039...0.0..0.90.90.1.....1....2j1..gws-wiz-img.0kX5zkiTiXY#imgrc=sCxIk8_zxwbxSM;

Un bon isolant est un mauvais conducteur de la chaleur. En générale les matériaux les plus légers sont les meilleurs isolants, plus le matériau est dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.



Figure I.7: Isolation intérieure et extérieure des murs / source [https://www.google.com/search?hl=fr-](https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=h3LMXPrKPiTlwTPgJTYCg&q=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%&coq=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%gs_l=img.3...51524.51524..55045...0.0.0.87.87.1.....1...2j1.gws-wiz-)

[DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=h3LMXPrKPiTlwTPgJTYCg&q=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%&coq=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%gs_l=img.3...51524.51524..55045...0.0.0.87.87.1.....1...2j1.gws-wiz-](https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=h3LMXPrKPiTlwTPgJTYCg&q=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%&coq=L%E2%80%99isolation+par+l%E2%80%99ext%C3%A9rieur+%gs_l=img.3...51524.51524..55045...0.0.0.87.87.1.....1...2j1.gws-wiz-)

II.7. Avantages d'isolation thermique

L'intérêt principal de l'isolation thermique c'est qu'elle permet de réduire la dépendance sur les systèmes (mécanique/ électrique) pour exploiter le bâtiment confortablement, conserver l'énergie et les ressources naturelles associées, il existe également plusieurs autres avantages de l'utilisation d'isolation thermique dans le bâtiment qui peuvent être résumées comme suit (Gallauziaux etDavidFedullo.2010)

- **Avantage économique** : Des économies d'énergie importantes peuvent être atteintes à l'aide d'utilisation d'isolation thermique, avec peu de dépenses en capital. Il réduit les coûts d'exploitation de l'énergie. (idem)
- **Avantage environnemental** : L'utilisation d'isolation thermique non seulement réduit les coûts d'exploitation de l'énergie, mais entraîne également des avantages environnementaux comme la valorisation des déchets rejetés qui causent des émissions polluantes. (idem)
- **Réduire le niveau de bruit** : L'isolation peut réduire le bruit nuisible et stressant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés. (idem)

• **Intégrité structurale d'un bâtiment** : Les fortes variations de température peuvent causer des mouvements thermiques indésirables, ce qui pourrait endommager la structure du bâtiment. La préservation des bâtiments avec des fluctuations minimales de température contribue à la préservation de l'intégrité des structures de bâtiments. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée en augmentant ainsi la durée de vie des structures du bâtiment. (idem)

• **Empêchement de condensation de vapeur** : Bonne installation de l'isolation thermique aide à prévenir la condensation de vapeur sur la surface de bâtiment. Cependant, il faut faire attention à éviter les effets néfastes de la structure du bâtiment dommageable, qui peuvent résulter de mauvaise installation de matériaux d'isolation ou une mauvaise conception. En plus, les pare-vapeur sont généralement utilisés pour empêcher la pénétration d'humidité dans un isolant à basse température. (idem)

• **Protection contre le feu** : Si le matériau isolant approprié est choisi et correctement installé, il peut aider à retarder la chaleur et à empêcher l'immigration de flamme dans la construction en cas d'incendie. (idem)

II.8. Classification des matériaux isolants :

En thermique, un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement vous sont présents dans les fiches suivantes, classés en 3 grandes familles selon l'origine de leur matière première (Gallauziaux et David Fedullo, 2010)

II.8.1 Les matériaux bio sources :

Constitués principalement de fibres végétales ou animales, leur matière première est donc largement issue de ressources renouvelables et valorise majoritairement des coproduits de l'agriculture ou de l'industrie du bois.

La majeure partie des matériaux bio sources présente un comportement hygroscopique qui associe forte perméabilité à la vapeur d'eau et régulation de l'humidité

II.8.1.1. Fibres de bois :

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de chutes de bois résineux. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées sous forme de panneaux. Pour ce faire une pâte épaisse est formée par adjonction d'eau et d'adjuvants (Gallauziaux et David Fedullo. 2010)



Figure I.8 fibre de bois source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbn=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKF55AF&q=materiaux+disolation+thermique+&og=materiaux+disolation+thermique+&gs_l=img_3...11071845.11079442..11080459...0.0.0.218.3758.10j20j1.....1...1..gws-wiz-img.....0i0i67i0i8i30i0i24i0i10i24.q5nKTaJUxok#imgrc=8ei3lrK5iM09CM:

II.8.1.2. La laine de mouton

La laine de mouton est lavée pour éliminer le suint et les impuretés, puis y sont ajoutés des additifs antimites et des fibres de texturation pour constituer les produits finis d'isolation

Malgré les compromis faits pour la conservation et la texturation de la fibre, la laine de mouton reste un très bon isolant écologique. On peut la trouver en rouleau ou en panneau utilisé pour une isolation rapportée entre ossature, ou encore en vrac sous forme d'écheveaux pour le remplissage des cavités (idem)



Figure I.9 laine de mouton

Source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbn=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKF55AF&q=materiaux+disolation+thermique+&og=materiaux+disolation+thermique+&gs_l=img_3...11071845.11079442..11080459...0.0.0.218.3758.10j20j1.....1...1..gws-wiz-

II.8.1.3. Béton de chanvre :

Le béton de chanvre est constitué d'un mélange à base de chènevotte, d'un liant généralement de la chaux formulée et d'eau. Le dosage en liant est très variable et dépend de l'usage qui en est fait : blocs préfabriqués, conglomerats banchés ou projetés à la machine, enduits isolants (idem)



Figure I.10 béton chanvre

Source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbn=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKF55AF&q=materiaux+disolation+thermique+&og=materiaux+disolation+thermique+&gs_l=img_3...11071845.11079442..11080459...0.0.0.218.3758.10j20j1.....1...1..gws-wiz-img.....0j0i67j0i8i30j0i24j0i10i24.q5nKTqJUxok#imgrc=8ej3lrK5iM09CM:

II.8.2. Les matériaux minéraux

Constitues principalement de ressources minérales vierges ou issus en partie du recyclage pour certains. Sous forme de laines de verre ou de roche. (Gallauziaux etDavidFedullo.2010)

II.8.2.1.La laine minérale

Les laines de verre et de roche sont les isolants conventionnels les plus utilisés dans le bâtiment. (idem)



Figure I.11 laine minérale

sourcehttps://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKFs5AF&q=materiaux+disolation+thermique+&oq=materiaux+disolation+thermique+&gs_l=img.3...11071845.11079442..11080459...0.0..0.218.3758.10j20j1.....1...

II.8.2.2. La laine de roche

Est obtenue à partir de la fusion de roche volcanique (basalte) de fondant et de coke industrielle. Une pâte est alors obtenue, fibrée et encollée par des liants chimique (résine phénoliques) avant d'être stabilisé par chauffage en étuve (idem).

II.8.2.3.La laine de verre

Elle Est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable siliceux et /ou de verre recyclé (idem)

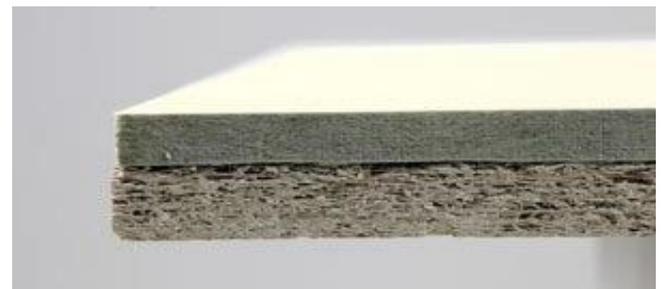


Figure I.12laine de verre source

source<https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKFs5AF&q=materiaux+disolation+thermique+&oq=materiaux+disolation+>

II.8.2.4.La Terre cuite

La terre cuite est composé d'argile séchée au soleil pendant un an qui sera mélangée avec l'eau, du sable et de la sciure de bois, le mélange obtenu sera broyé, humidifié, moulé et cuit. Les produits finis, utilisés encore aujourd'hui, restent les mulots (briques pleines) pour leur fonction décorative mais aussi les blocs à alvéoles verticale multiple ou Mono murs en terre cuite (idem)

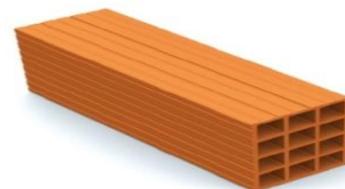


Figure I.13 terre cuite

sourcehttps://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=EXPMXJWpHsO8acKFs5AF&q=materiaux+disolation+thermique+&oq=materiaux+disolation+thermique+&gs_l=img.3...11071845.11079442..11080459...0.0..0.218.3758.10j20j1.....1...1..gws-wiz-img.....0j0i67j0i8i30j0i24j0i10i24.q5nKTqJUxok#imgrc=8ej3lRk5iMn9cM

II.8.3. Les matériaux synthétiques

Issus de ressources pétrochimiques, donc non renouvelables et fortement émetteurs de gaz à effet de serre. Pour la plupart dépourvus de toute sensibilité à l'humidité, ces matériaux peuvent être particulièrement indiqués pour le traitement des zones fortement soumises à l'humidité (soubassement, sous-dalle (Gallauziaux et David Fedullo. 2010))

II.8.3.1. Le polystyrène (expansé et extrudé)

Ces isolants sont produits par l'industrie du pétrole, le plus souvent à partir d'un ou de plusieurs dérivés du processus de raffinage. Le polystyrène expansé est obtenu par polymérisation des billes de styrène qui en sont issues avec de l'eau et du gaz pentane.

Le polystyrène extrudé est obtenu après polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion grâce à un gaz lourd (idem)

II.8.3.2. Les polyuréthanes

Les mousses de polyuréthanes sont obtenues par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'iso cyanate, de polyol, et d'un gaz expulseur (CO₂) avec ajout de stabilisant et d'ignifugeants (idem)

II.8.4. Autres matériaux isolants

II.8.4. Le PIV (panneaux d'isolants sous vide)

Le PIV est composé d'un matériau « âme » confiné dans un film étanche et mis en dépression. Les panneaux isolants sous vide présentent des qualités thermiques exceptionnelles, leur conductivité thermique se situe entre 0.0042 W.m⁻¹. K⁻¹ et 0.0050 W.m⁻¹. K⁻¹. Ils possèdent une bonne capacité de réduction des nuisances sonores et une bonne résistance à la compression (idem)

II.9. L'aérogel :

Mis au point en 1931 par un chimiste Américain, le procédé de fabrication a été développé par la NASA pour l'isolation des satellites. Il consiste à extraire l'eau d'un gel de silice et à la remplacer par de l'air [36]. Les aérogels présentent des caractéristiques d'isolation exceptionnelles, composés de 99.8% d'air, ils sont extrêmement légers et plus proches de l'apparence d'un nuage de poussière que d'un matériau isolant classique ; ils possèdent un excellent coefficient de conductivité thermique, entre 0.011 W.m⁻¹. K⁻¹ et 0.013 W.m⁻¹. K⁻¹. A titre de comparaison, il est trois fois plus isolant que la laine de verre. (idem)

II.10. L'isolation du vitrage et de menuiserie extérieure :

L'isolation de la partie compacte de projet ne signifie pas l'arrivé à la performance thermique souhaité s'il ne soit pas complété par une prise en considération de la partie vitrée de l'enveloppe

II.10.1. Les vitrages :

Le simple vitrage est caractérisé par une performance thermique (U_g) très faible de 5.7 à 6 $w/m^2.k$. A la fin des années 70, l'apparition du double vitrage afin d'emprisonner l'air entre deux vitres. La performance thermique d'un complexe de 4-12-4 est un U_g de 2.9 $w/m^2.k$. Si les verres sont de 6 mm U_g deviendra 2.8 $w/m^2.k$. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

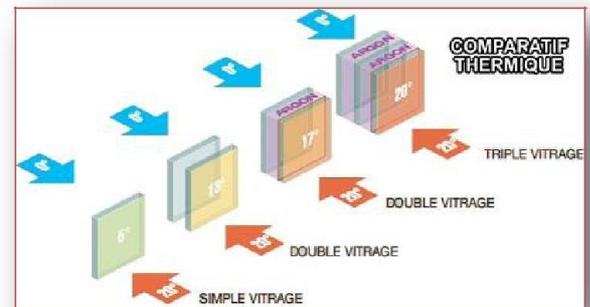


Figure I.14 type de vitrage

source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=W57MXJfDKoq_UrXgnpAP&q=type+de+vitrage+&oq=type+de+vitrage+&gs_l=img.3..0i67j0i9.190292.193779..194610...0.0..0.99.457.5.....1....1.gws-wiz-img.....35i39.9Q8vNf2vjdY#imgrc=ysQZlRkUBvNtAM:

II.10.2. Les menuiseries :

La performance globale d'une ouverture dépendent aussi des châssis qu'ils soient de bonnes qualités isolantes, étanches à l'air et aux intempéries. Les différents matériaux utilisés pour la réalisation des châssis sont :

III.10.3. Le bois :

Est le matériau le plus anciennement utilisé dont il est caractérisé par sa grande isolation thermique et résistance mécanique. Mais son inconvénient principal est sa fragilité vis à vis les intempéries.

Il a besoins d'un entretien fréquent. La solution est d'utiliser un châssis mixte le bois du côté intérieur et l'aluminium vers l'extérieur. (idem).



Figure I.15 : une menuiserie en bois

Source https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=Ip_MXJKbHYG2aamUm6AM&q=menuiserie+en+bois+&oq=menuiserie+en+bois+&gs_l=img.3..0i30j0i5i30j0i8i30.111737.115256..115717...0.0..0.134.1805.16j3.....1....1.gws-wiz-img.....35i39.9Q8vNf2vjdY#imgrc=ysQZlRkUBvNtAM:

II.10.4. L'acier :

Le châssis en acier présente une résistance mécanique excellente mais son inconvénient est sa mauvaise isolation thermique. (idem).

II.10.5.L'aluminium :

Il est un grand conducteur de la chaleur mais cela peut être corrigé par une rupture des ponts thermiques. L'isolation est assurée par les vides d'air des alvéoles à l'intérieur des profilés. (idem).

II.10.6.PVC :

un matériau très utilisé actuellement dont il présente une bonne propriété isolante. (idem)



Figure I.16 : une menuiserie en acier pvc et aluminium source

https://www.google.com/search?hl=fr-DZ&biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=15_MXKS7C1O6aa3BtMgM&q=menuiserie+en+acier&oq=

II.11 L'isolation thermique en Algérie :

Généralement, l'isolation thermique en Algérie représente un domaine ignoré lors de l'édification des constructions de tous types. Une vue rapide sur le cadre bâti permet de montrer ce dernier.

II.11.1 Les logements collectifs :

En Algérie, l'édification des projets à caractère public est suite au cahier de charge qui exige la réalisation des murs extérieurs par double parois en briques creuses avec une lame d'air. Cette lame d'air n'est plus efficace suite aux nombre important des ponts thermiques et les malfaçons des ouvriers qui annulent l'isolation thermique. La disposition de la brique transversale provoque une liaison directe entre l'intérieur et l'extérieur en créant des infiltrations d'eau et des ponts thermiques avec des risques de condensation. (Mazouz, S. 2012).

Dernièrement, l'isolation par le liège aggloméré expansé ou de polystyrène des toitures terrasse a devenu une obligation dans l'habitat collectif.

Concernant la partie vitrée de la construction, le simple vitrage est le plus utilisé en Algérie. La menuiserie est peu étanche et participe à augmenter la perméabilité de l'enveloppe à l'air.

II.11.1 Les logements individuels :

Concernant l'habitat individuel, la grande majorité des constructeurs à caractère privé réalisent la paroi extérieure avec un mur unique sans prendre en considération ni la lame d'air ni un isolant thermique. Cette situation des logements provoque des déperditions thermiques important et augmente la consommation énergétique par les énergies fossiles afin de chauffer ou de climatiser l'intérieur.(idem)

Conclusion :

L'étude du confort thermique et son influence sur l'occupant de l'espace permet aux architectes de prendre des décisions à un stade précoce de la conception architecturale. Son élaboration nécessite l'intervention de six paramètres qui sont la température de l'air ambiant, l'humidité relative, la vitesse de l'air, la température radiante moyenne, l'habillement et le métabolisme.

L'utilisation de l'isolation thermique dans le bâtiment a des plusieurs avantages (économique, environnementale et la réduction de niveau de bruit, etc.). Il existe différents types des matériaux d'isolation thermique (bio sources, minéraux et synthétiques). L'installation des matériaux isolants dans l'enveloppe du bâtiment assurer une bonne isolation thermique par la réduction des déperditions thermique entre le bâtiment et le milieu extérieur.

L'isolation thermique a un effet important sur la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment et sur la réduction de la consommation énergétique de chauffage et de climatisation.

L'isolation thermique joue un rôle principal dans la réduction des consommations énergétiques et également dans la création d'un espace de vie sain et plus confortable dans le bâtiment. En effet, beaucoup des études et recherches sont réalisés sur l'isolation thermique des bâtiments pour améliorer la performance thermique et développer les techniques d'isolation dans les bâtiments pour réduire les besoins énergétiques.

Introduction :

En complétant sur le même trajet de recherche et suite à la présentation de l'expérience algérienne dans le domaine de haute performance énergétique, c'est le temps d'aller plus en détail par l'analyse du cas d'étude. Il s'agit de présenter la région d'Alger par une analyse climatique pour faire sortir les recommandations. Puis, c'est la présentation du projet du cas d'étude (appartement au niveau de la ville de Bir Khadem) par les données graphiques, les caractéristiques constructives. Enfin, c'est la présentation de la méthodologie de recherche employée dans le but d'améliorer le confort thermique en précisant le choix des logiciels de la simulation.

I. Présentation de la ville d'Alger

I.1 Situation géographique :

La ville d'Alger est située au bord de la mer Méditerranée, avec une superficie de 1190 km² et compte 2 882 897 habitants, elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Blida au Sud, la Wilaya de Tipaza à l'Ouest et la Wilaya de Boumerdes à l'Est. Le relief se caractérise par trois zones longitudinales : Le Sahel, le littoral et la Mitidja.



Figure II 18 : Localisation de la ville d'Alger source Google maps

I. 2 L'analyse climatique de la région de Alger :

Selon B. Givoni, le climat est considéré comme étant un ensemble des régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons qui sont divisés en trois catégories: (Estienne, P. et Godard, A. 1970 cité par Benlatrache, T. 2006).

- Facteurs énergétiques : rayonnement, lumière, et température
- Facteurs hydrologiques : précipitations et hygrométrie
- Facteurs mécaniques : vents et enneigements.

La ville d'Alger bénéficie d'un climat tempéré chaud. La pluie dans Alger tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. D'après Köppen et Geiger, le climat y est classé Csa. La température moyenne annuelle à Alger est de 17.7 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 707 mm.

I.3 Les données climatiques de la région d'Alger :

Afin de mieux maîtriser la situation climatique, c'est intéressant de consulter les paramètres liés à l'ambiance de l'individu tel que la précipitation, les vents, les températures...etc. Ces données sont mesurées via méteonome 7

I.3.1 Les températures :

La température de l'air est la grandeur physique le plus important pour définir le degré d'échauffement ou du refroidissement de l'air.

(CRAU, 1983).

Pour la ville de Alger, la température augmente d'une manière régulière du mois de Janvier (12°C) jusqu'au mois de Aout (27°C), par contre une diminution rapide du mois d'Août (27°C) à Décembre (13.5°C) pour les températures mensuelles moyennes.

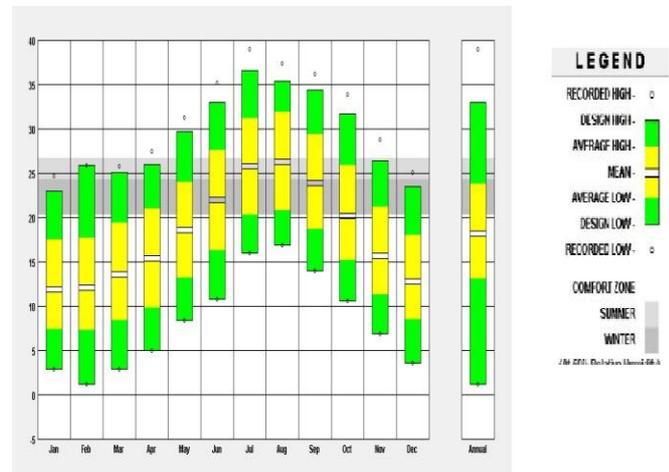


Figure II 19 : température mensuelle de la ville d'Alger source auteur via méteonome 7

Un grand écart entre les températures moyennes minimales et maximales durant la même journée dont il dépasse parfois (20°C).

La chute des températures mensuelles minimales de Décembre à février rend ces mois les plus froids de l'année.

Les valeurs maximales des températures mensuelles de Juillet à Août rendent ces mois les plus chauds de l'année.

Les mois restant sont caractérisés par des températures mensuelles moyennes plus ou moins confortables qui varient entre 16°C en Avril et 26°C en Juin et 25°C en Septembre et 16°C en Novembre.

I.3.2 L'humidité :

- L'humidité relative représente l'évaluation de la quantité de la vapeur d'eau dans l'air. Elle est exprimée en pourcentage. (Givoni, B. 1978).

- Selon le graphe ci-contre, l'humidité relative mensuelle moyenne est maximale durant les mois les plus humides de Septembre à Mai ou elle est d'environ 95% Elle descend légèrement de Juin à Août par des valeurs qui ne dépasse pas les 10 %

- L'humidité moyenne mensuelle maximale est presque stable durant toute l'année.

- L'humidité minimale connaît certain fluctuation entre les mois pluvieux et les mois sèche d'été. Mais sa valeur ne descend pas du 45% .

I.3.3 Le vent :

- Le vent est considéré comme un paramètre instable. Il s'agit d'un déplacement des masses d'air entre les zones de haute pression et celles de basse pression. Il est caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. (Givoni, B. 1978).

- Les vents dominants de la ville d'Alger sont de direction d'Ouest et Sud en printemps et des vents Ouest et Sud- ouest en été qui est le sirocco.

- Le graphe de la vitesse du vent montre que la plus grande vitesse est durant les mois de Mars et Avril (le printemps) par 3.5 à 4 km/ S et atteint la valeur de 2.8 km/h en mois d'Octobre comme une valeur minimale.

- La moyenne annuelle de la vitesse des vents est de 3.5 m/s. Donc, il s'agit des vents moyens.

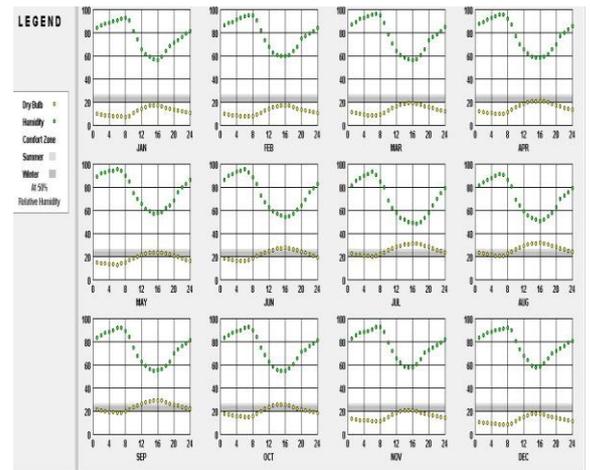


Figure II 20 humidité mensuel source auteur via météo nome 7

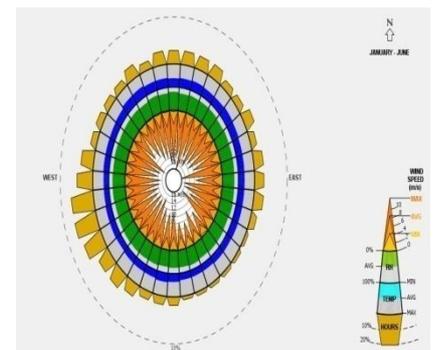


Figure II 21direction des vents mensuel auteur via météo nome 7

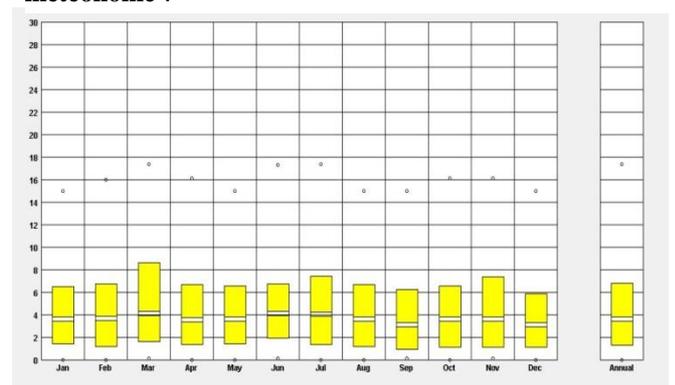


Figure II 22 vitesse des vents mensuel source auteur via météo nome 7

I.4 Synthèse de l'analyse climatique :

L'analyse du climat permet de faire sortir ses caractéristiques spécifiques pour permettre au concepteur d'arriver à une variété des solutions pour intégrer sa bâtisse dans l'environnement immédiat. suite à la lecture des données climatique, il se révèle que :

- Il s'agit d'un climat tempéré caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et humide.
- Un grand écart entre la température maximale et minimale journalière durant toute l'année.
- Un climat trop humide suites à la précipitation et la proximité de la mer.
- La saison hiver et celle d'été sont séparé par des saisons modérées en printemps et en automne.

II. Cas de notre étude :

Dans cette étude l'isolation thermique sera essentiellement faite sur les murs verticaux d'un appartement F 2 au 4eme étage d'un l'immeuble. Nous étudierons l'impact de l'isolation thermique sur le confort et la consommation énergétique de cet appartement pour la région climatique de la ville d'Alger.

La simulation est un moyen efficace pour étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Des techniques bioclimatiques permettent de d'améliorer le confort à l'intérieur de l'habitation et de réduire la facture énergétique.

Afin de voir l'impact de ses techniques sur la température à l'intérieur d'une maison et ses besoins en chauffage et en climatisation, on a choisi pour la simulation les logiciels WUFI et pléiades pour les nombreux avantages qu'ils présentent .

II.1Description de l'habitat :

Nous avons faire notre étude sur un appartement « F2 » au niveau du 4 Emme étage qui possède une surface habitable de 34 m², il est implanté dans la région d'Alger Commune De Birkhadem.

II.1.3 Aperçu Climatique sur la ville de Birkhadem :

Le climat de Birkhadem est chaud et tempéré. L'hiver à Birkhadem se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. . La température moyenne annuelle à Birkhadem est de 17.6 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 697 mm.

II. 1. 4 Caractéristiques constructives du projet :

Selon le devis descriptif et les détails d'exécution de ce projet (données de l'APC), le système constructif du projet est :

- Une structure en poteaux- poutres en béton armé avec un remplissage de briques creuses en terre cuite.
- Les murs extérieurs sont construits par un double mur avec une lame d'air de 5cm remplacée par un isolant thermique, le polystyrène.
- Les fondations sont en béton armé.
- Les planchers intermédiaires sont en corps creux, constituées par une dalle pleine de 4 cm, des poutrelles et de l'hourdis.
- La toiture est en pente (tuile) .
- Les ouvertures sont en simple vitrage avec un cadre en bois.

II.1.5 Plan de l'habitat :

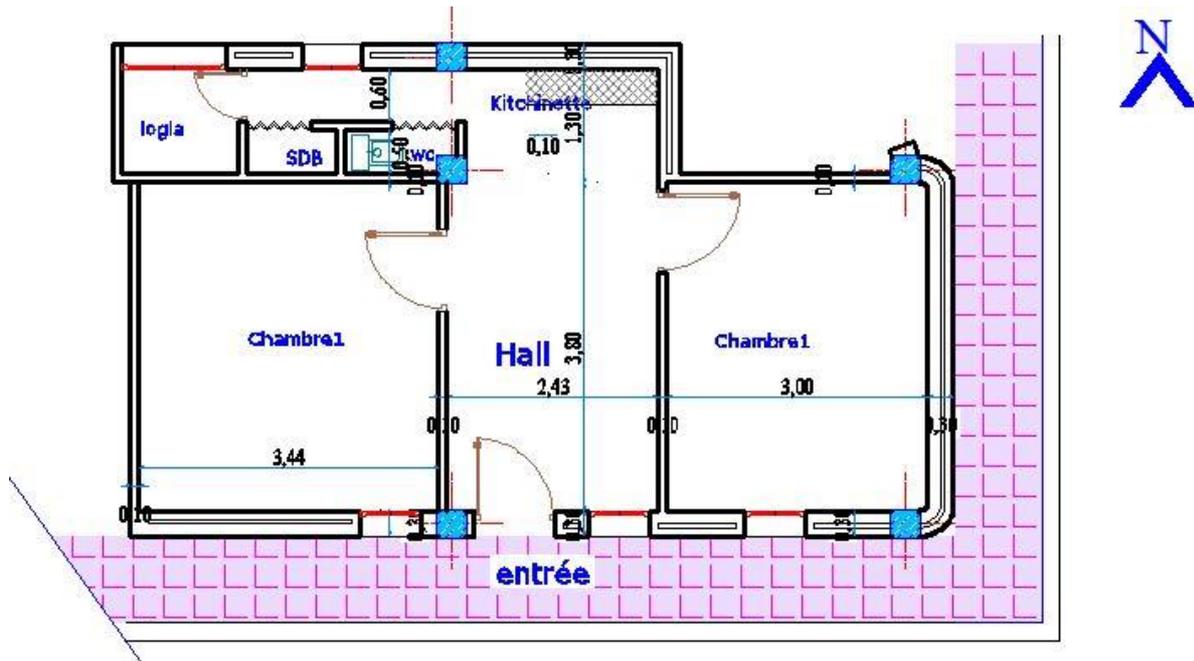


Figure II.25 : Plan de l'appartement à étudier source services techniques APC Birkhadem



Figure II.26 : façade principale source services techniques APC Birkhadem

II.2. Les caractéristiques des parois :

Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]
Murs extérieurs	Plâtre Enduit	0.02
	Mortier ciment	0.03
	Brique Creuse	0.1
	Lame d'air	0.05
	Brique creuse	0.1
	Mortier Ciment	0.03
Murs intérieurs	Plâtre Enduit	0.02
	Brique Creuse	0.1
	Plâtre Enduit	0.02
Plancher	Granito	0.02
	Mortier Ciment	0.03
	Béton plein	0.2
	Plâtre Enduit	0.02

Tableau II.3 : Les caractéristiques des parois source auteur

II. 3. Présentation de la méthodologie de recherche :

Afin d'évaluer l'efficacité énergétique du projet représentant le cas d'étude par rapport à l'existant comme cadre bâti en Algérie d'un côté et par rapport le confort optimal d'un autre côté. Le choix de la méthode de la simulation thermique en utilisant les logiciels WUFI et pléiades afin de répondre aux objectifs de cette recherche.

II.3.1. Les logiciels de la simulation :

II.3.1.a Logiciel de simulation WUFI PRO 5

WUFI est un programme basé sur Windows pour l'analyse hygrothermique (chaleur et humidité) des constructions de l'enveloppe du bâtiment. WUFI est un programme convivial, piloté par menus, pouvant être utilisé sur un ordinateur personnel. Il peut fournir des solutions personnalisées aux problèmes d'ingénierie de l'humidité et d'évaluation des dommages pour divers systèmes d'enveloppe de bâtiment.



Cet outil de conception peut également aider au développement et à l'optimisation de matériaux et composants de construction innovants. Un exemple est que les simulations WUFI ont conduit au développement du ralentisseur de vapeur intelligent, une application réussie d'un outil logiciel à un problème pratique de contrôle de l'humidité.

Figure II.27 : Wufi pro 5 source via wufi

Domaines d'application

Le logiciel WUFI permet de réaliser une étude dynamique des transferts hygrothermiques à travers les parois. Contrairement à des méthodes dites « statiques » comme la méthode GLASER, WUFI prend notamment en compte :

- Les caractéristiques du bâtiment (composition, orientation, matériaux...),
- Les caractéristiques thermiques et hygrométriques extérieures et intérieures,
- Les caractéristiques des matériaux (porosité, teneur en eau, hygroscopicité, perméabilité à la vapeur d'eau, résistance thermique...)

La simulation WUFI permet donc de comprendre les phénomènes hygrothermiques qui se produisent dans la paroi sur plusieurs années et de valider si il y un risque d'humidification du complexe étudié.

Les étapes de simulation

L'étude WUFI se décompose en 5 phases :



II.4.1.b Logiciel de simulation Pléiades

Présentation

Pléiades (anciennement Pléiades+COMFIE, abrégé parfois en "P+C") Son nom est issu de **l'amas ouvert éponyme**, est un logiciel complet pour l'éco conception des bâtiments et des quartiers. À partir d'une saisie graphique ou d'une maquette numérique, différents types de calculs sont accessibles : simulation thermique et énergétique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements ou analyse statistique. Au-delà des aspects énergétiques, l'analyse du cycle de vie évalue les impacts du bâtiment sur l'environnement.

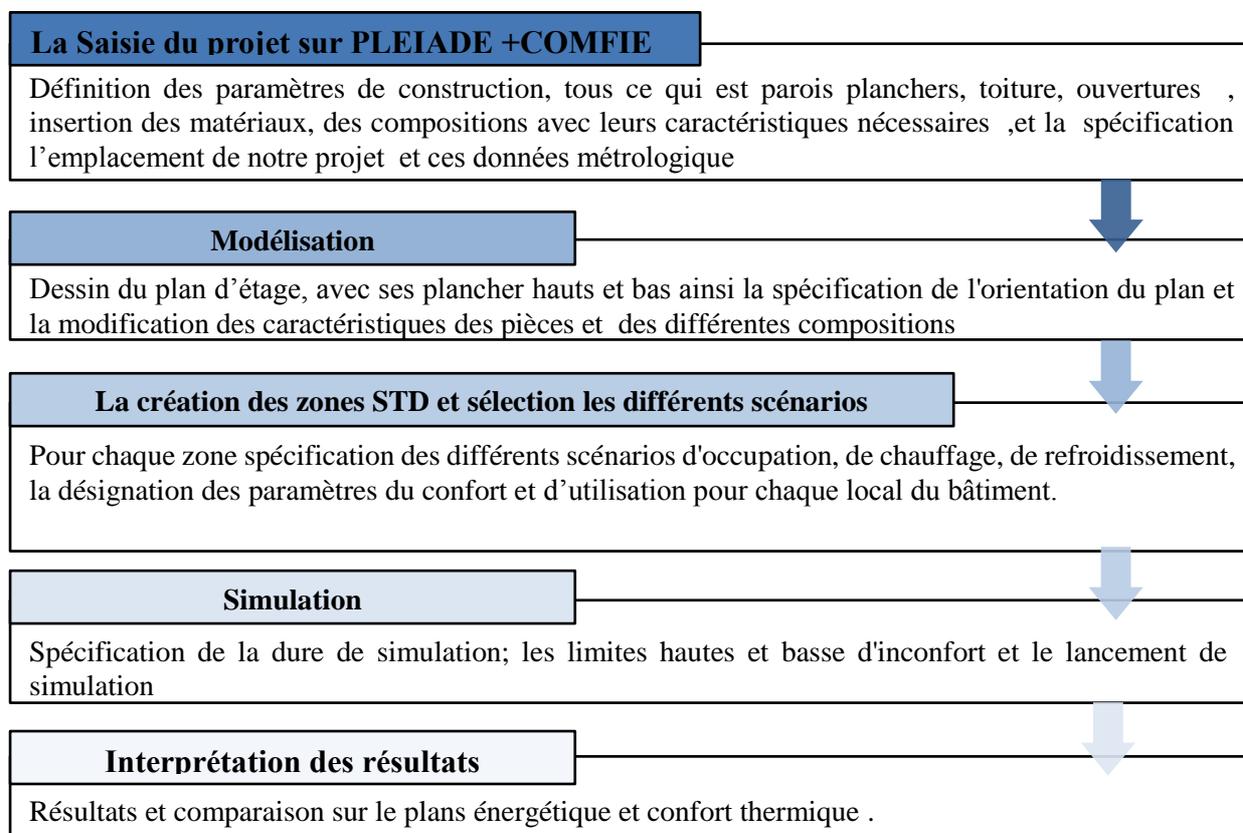


Figure II 28-1: pléiades.
Source <http://www.izuba.fr>

Domaine d'application

Pléiades est notamment utilisé par des architectes et bureaux d'études pour la conception des bâtiments neufs ou la rénovation des bâtiments anciens, par des enseignants pour introduire la thermique du bâtiment aux étudiants, par des chercheurs en énergétique du bâtiment ou en analyse du cycle de vie du bâtiment³

Les étapes de simulation



III. la simulation

III. 1 la méthodologie de la simulation :

Après avoir choisi les outils de simulation, il nous reste à définir l'appartement dans laquelle va se dérouler notre investigation, et notre choix .

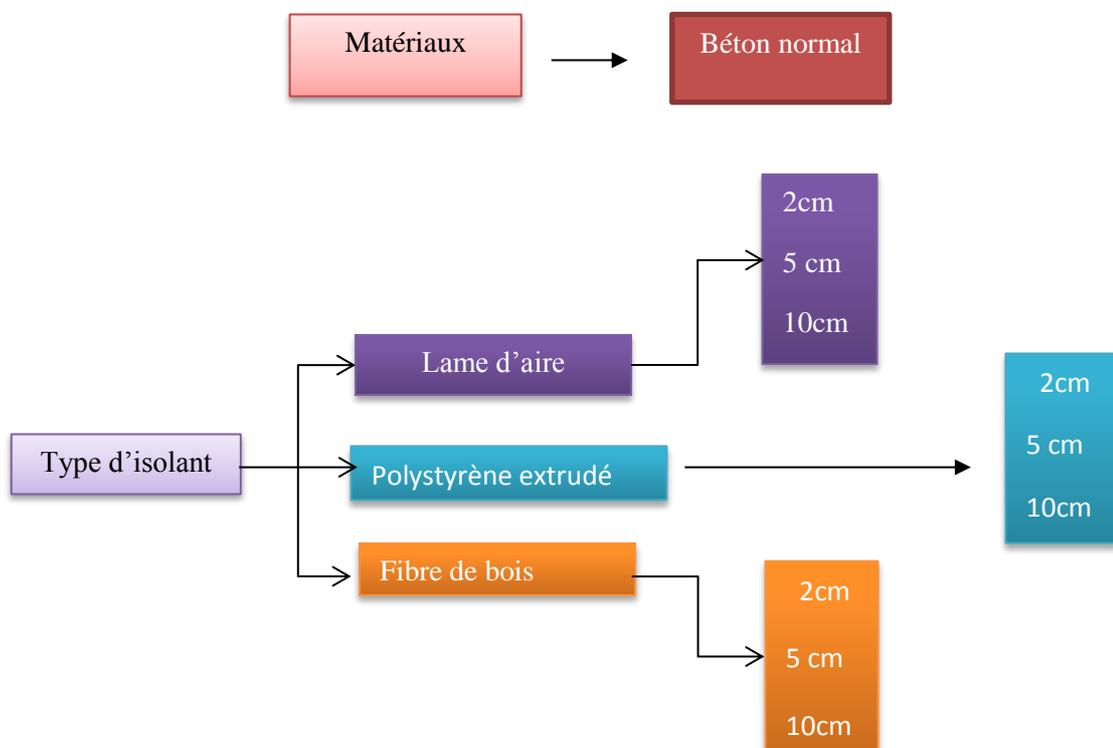
Dans cette optique, notre travail consistera à mesurer la température de l'air et l'humidité relative, et le taux d'heures d'inconfort dans l'appartement en changeant trois fois le type de matériau d'isolation des parois et son épaisseur. Chaque matériau sera simulé avec trois épaisseurs et emplacements différents puis le meilleur résultat sera simulé avec les différentes parois.

À la fin on calculera la consommation énergétique du cas le plus favorable et le cas le plus défavorable pour savoir la quantité d'énergie économisée par le biais des matériaux tout en assurant le confort hygrothermique du bâtiment (18-20 °C pour la température et 40 % - 60% pour l'humidité). L'ensemble de résultats va se représenter sous forme de graphes. Cette méthode facilite la lecture des résultats et permet de positionner le cas d'étude (confort ou inconfort).

III.2. Avec Wufi pro 5

III.2.a. Les matériaux choisis

- Nous allons mettre une lame d'air au milieu de la paroi et on change l'épaisseur à chaque fois



III.2.b. Les scénarios utilisés :(voir annexe 01)

III.2.b.1 lame d'air

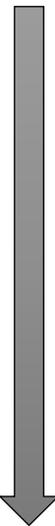
LAME D'AIR	<p align="center">Intérieure</p>  <p align="center">extérieure</p>	Scenario N 01	ep	Scenario N 02	ep	Scenario N 03	ep
		Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02
		Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Lame d'air	0.02
		Lame d'air	0.02	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.02
Béton normal	0.10	Lame d'air	0.02	Béton normal	0.10		
Enduit extérieur	0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02		
Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02		
Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Lame d'air	0.02		
Lame d'air	0.05	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.05		
Béton normal	0.10	Lame d'air	0.05	Béton normal	0.10		
Enduit extérieur	0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02		
Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02		
Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Lame d'air	0.02		
Lame d'air	0.10	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.10		
Béton normal	0.10	Lame d'air	0.10	Béton normal	0.10		
Enduit extérieur	0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02		

Tableau II.4 : Tableau des scénarios de la lame d'air source auteur

III.2.b.2 polystyrène extrude

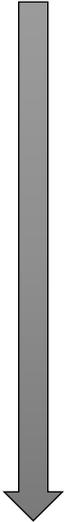
		Scenario N 01	ep	Scenario N 02	ep	Scenario N 03	ep
		<p>Polystyrène extrudé</p>  <p>Intérieure</p> <p>extérieure</p>	Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre
Béton normal	0.10		Béton normal	0.10	Polystyrène	0.02	
Polystyrène extrudé	0.10		Enduit ciment	0.02	extrudé	0.02	
Béton normal	0.02		Polystyrène extrudé	0.02	Enduit ciment	0.10	
Enduit extérieur			Plaque de ciment		Béton normal	0.02	
Enduit en plâtre	0.02		Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02	
Béton normal	0.10		Béton normal	0.10	Polystyrène	0.05	
Polystyrène extrudé	0.10		Enduit ciment	0.02	extrudé	0.02	
Béton normal	0.02		Polystyrène extrudé	0.05	Enduit ciment	0.10	
Enduit extérieur			Plaque de ciment	0.02	Béton normal	0.02	
Enduit en plâtre	0.02		Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02	
Béton normal	0.10		Béton normal	0.10	Polystyrène	0.10	
Polystyrène extrudé	0.10	Enduit ciment	0.02	extrudé	0.02		
Béton normal	0.02	Polystyrène extrudé	0.10	Enduit ciment	0.10		
Enduit extérieur		Plaque de ciment	0.02	Béton normal	0.02		
				Enduit ciment	0.02		

Tableau II.5 : Tableau des scenarios du polystyrène extrude source auteur

III.2.b.3 fibre de bois

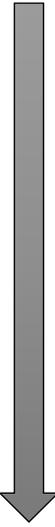
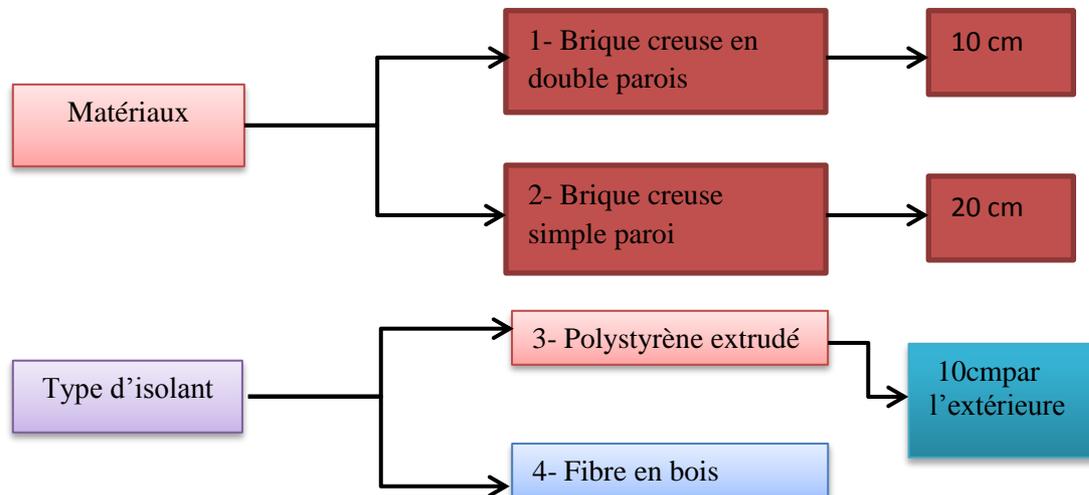
Fibre de bois	Intérieure 	Scenario N 01	ep	Scenario N 02	ep	Scenario N 03	ep
		Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02
		Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Fibre de bois	0.02
		Fibre de bois	0.02	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.02
		Béton normal	0.10	Fibre de bois	0.02	Béton normal	0.10
		Enduit extérieur	0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02
	extérieure	Enduit en plâtre	0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02
		Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Fibre de bois	0.05
		Fibre de bois	0.05	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.02
Béton normal		0.10	Fibre de bois	0.05	Béton normal	0.10	
Enduit extérieur		0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02	
Enduit en plâtre		0.02	Enduit en plâtre	0.02	Plaque de plâtre	0.02	
Béton normal	0.10	Béton normal	0.10	Fibre de bois	0.10		
Fibre de bois	0.10	Enduit ciment	0.02	Enduit ciment	0.02		
Béton normal	0.10	Fibre de bois	0.10	Béton normal	0.10		
Enduit extérieur	0.02	Plaque de ciment	0.02	Enduit ciment	0.02		

Tableau II.6 : Tableau des scenarios de fibre de bois source auteur

III.3. Avec pléiades :

Dans le but d'avoir des résultats numérique sous forme de tableaux pour les besoins annuelle de chauffage et de climatisation et des graphes de température pour évaluer le confort, nous allons réaliser une simulation à travers le logiciel pléiade pour les cas suivants

III.3.a. Les matériaux choisis :



III.3.b. Les scenarios utilisés :

III.3.b1. scenarios d'utilisation du logement

Dans l'onglet bibliothèque du projet on a créé des scénarios personnalisés d'occupation, de chauffage, de ventilation.. Pour chaque zone selon l'utilisation

✓ Occupation :

+ S				Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	1 personne	1	Occupants			
<input type="radio"/>	2 personnes	2	Occupants			
<input type="radio"/>	4 personnes	4	Occupants			

+ S																								Afficher le nom			
Jours																											
Nom																											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
<input type="radio"/>	Ouvré	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4		
<input type="radio"/>	Week-end	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		

Figure II.29 : Scenarios d'occupation. Source : auteur

✓ Chauffage

+ S				Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Absence	7	°C			
<input type="radio"/>	Réduit	16	°C			
<input type="radio"/>	Normal	19	°C			

+ S																								Afficher le nom			
Jours																											
Nom																											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
<input type="radio"/>	Ouvré	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	16	16	16	16	16	16	16	16	19	19	19	19	19	19		
<input type="radio"/>	Mercredi	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	16	16	16	16	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
<input type="radio"/>	Week-end	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
<input type="radio"/>	Absence	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		

Figure II.30 : consigne de chauffage. Source : auteur

✓ Rafraîchissement

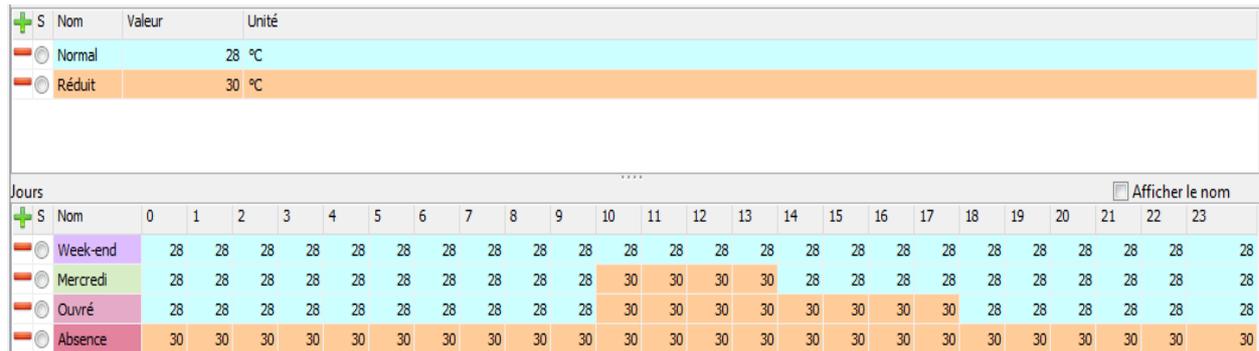


Figure II.31: consigne de climatisation en C°. Source : auteur

✓ Ventilation

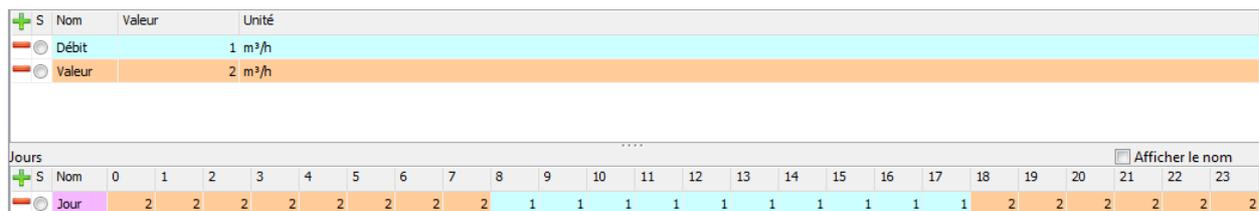


Figure II.32: Scenarios de ventilation en m³/h. Source :auteur

✓ Puissance dissipé

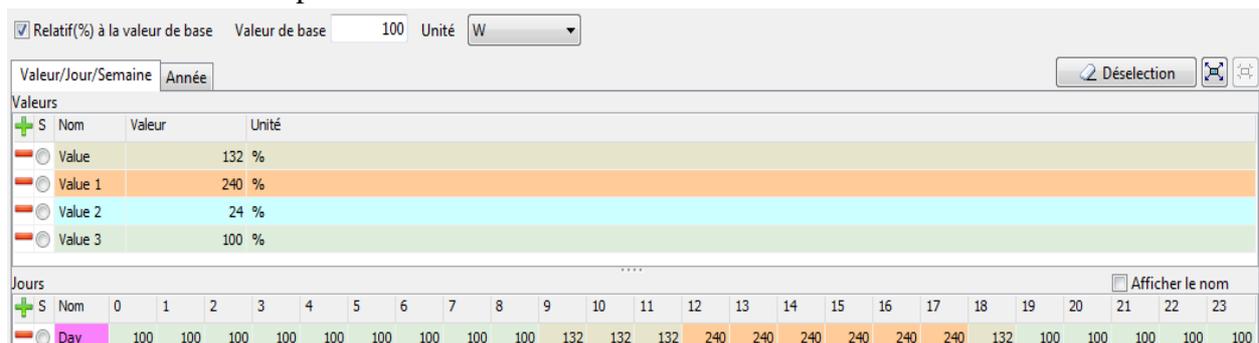


Figure II.33 : puissance dissipe en W . Source : auteur

III.3.b2.les scenarios de simulation

Afin comparer les résultats de la simulation thermique dynamique du projet initial qu'on a effectué et par la suite, d'étudier les solutions permettant dans un premier temps d'améliorer le confort puis de réduire les besoins énergétique nous avons plusieurs expériences

1^{ere} variante cas initial (sans isolant ni lame d'aire)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Enduit plâtre	↓	2.0	30	0.350	0.06	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	↓	3.0	60	1.150	0.03	
Brique creuse de 20 cm	↓	20.0	138	0.952	0.21	
Mortier	↓	3.0	60	1.150	0.03	
Total		28	288		0.33	

Figure II.34comoposition 1 . Source : auteur

2^{ème} variante (double cloison en brique avec une lame d'air de 5cm)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit plâtre	↓	2.0	30	0.350	0.06	
Mortier	↓	3.0	60	1.150	0.03	
brique creuse de 10	↕	10.0	69	0.476	0.21	
Lame d'air 50 mm flux desc.	↕	5.0	0	0.238	0.21	
brique creuse de 10	↕	10.0	69	0.476	0.21	
Mortier	↓	3.0	60	1.150	0.03	
Total		33	288		0.75	

Figure II.35 : composition 1 . Source :auteur

3^{ème} variante (cloison isolée de l'extérieur par le polystyrène)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Plaques ciment	↓	2.0	10	0.190	0.11	
Polystyrène extrudé	↓	10.0	4	0.029	3.45	
Brique creuse de 20 cm	↕	20.0	138	0.952	0.21	
enduit de ciment	↓	2.0	40	1.800	0.01	
Enduit plâtre	↓	2.0	30	0.350	0.06	
Total		36	222		3.84	

Figure II.36 : composition 3 . Source : auteur

4^{ème} variante (cloison isolée de l'extérieur par le fibre en bois)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Plaques ciment	↓	2.0	10	0.190	0.11	
yacine-fibre du bois	↓	10.0	17	0.038	2.63	
Brique creuse de 20 cm	↕	20.0	138	0.952	0.21	
enduit de ciment	↓	2.0	40	1.800	0.01	
Enduit plâtre	↓	2.0	30	0.350	0.06	
Total		36	235		3.02	

Figure II.37 : composition 4 . Source : auteur

III.3.c. Les espaces simulés (L'échantillon de simulation)

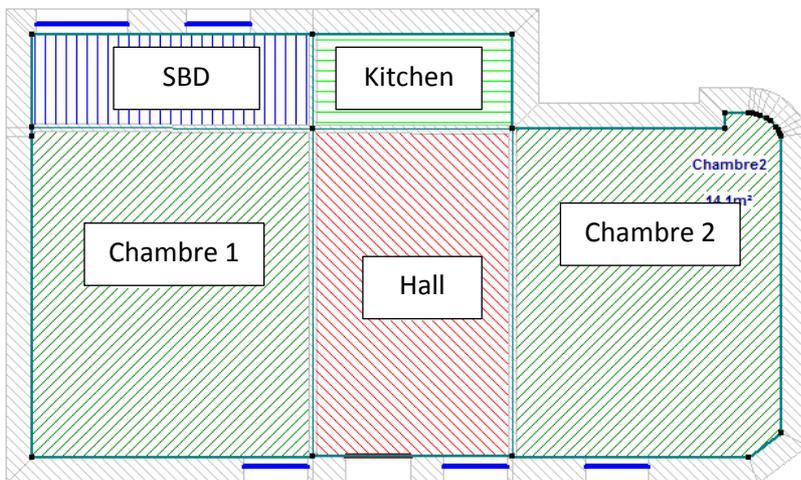


Figure II.38 : l'échantillon simulé. Source :auteur



Figure II.39: modélisation 3d dans pléiade

Conclusion :

D'après l'analyse climatique, il s'en résulte que le climat de la ville d' Alger est caractérisé par un climat humide et froid en hiver avec un été chaud et sec. Deux saisons sont plus ou moins Confortables, le printemps et l'automne. Les spécificités climatiques de la région poussent l'architecte à prendre en Considération des solutions bioclimatiques pendant la création de son œuvre architectural. la réponse sur cette question sera connue suite à l'investigation par simulation hygrothermique en utilisant le logiciel Wufi Pro 5 et pléiades par le choix des échantillons représentants notre cas d'étude.

L'objectif du prochain chapitre sera l'évaluation de cette expérience algérienne en faisant sortir les recommandations nécessaires pour l'amélioration de cette dernière.

Introduction :

ce travail est de faire sortir le modèle qui correspond à une enveloppe la plus efficace possible en tenant compte des mesures précédemment citées. L'impact des mesures d'efficacité énergétique sera étudié séparément en se référant au cas de base pour chaque mesure. Après avoir préalablement paramétrer le cas de base et simuler ces besoins énergétiques.

I. interprétations des résultats obtenu par le logiciel WUFI PRO 5 :

I.1.lame d'aire

I 1.1. Scenario N °01 :

- ❖ La variante n° 1 : isolant au milieu ép. = 2 cm

Pour cette variante nous avons pu constater que

la fluctuation extérieure de la température est environ 8°C en été et 9°C en hiver, tandis qu'elle est plus stable sur la face intérieure ; seulement 2.6 C° en été et 2.9 C° en hiver. Idem pour l'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure l'écart entre les deux est de 10.4% en été et 12.4% en hiver (voir annexe n°01).

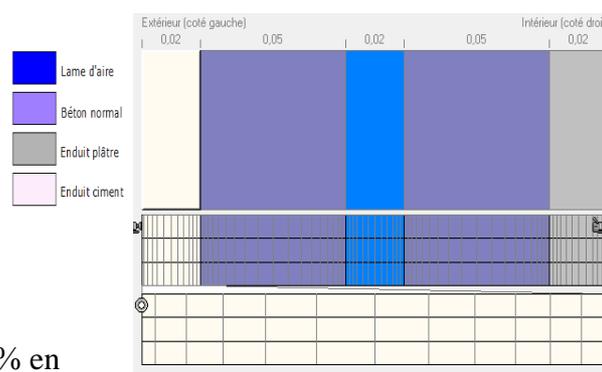


Figure III-40 : isolant au milieu ép. = 2 cm
Source : auteur via WUFI

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 70%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.31kg/m³ ; et 0.38kg/m³ ces valeurs ne dressent pas le risque de développement de moisissures au niveau de différentes couches de la paroi étudié.

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures, ce qui est acceptable.

- ❖ La variante n° 2 : isolant au milieu ép. = 5 cm

Le modèle ci-dessus a enregistré une

fluctuation extérieure de température de 8.4°C en été et 9.2°C en hiver, par contre sur la face intérieure seulement 1.9 C° en été et 2.1 C° en hiver.

La température est plus stable sur la face intérieure pour ce modèle par rapport à celle avec un isolant de 2 cm.

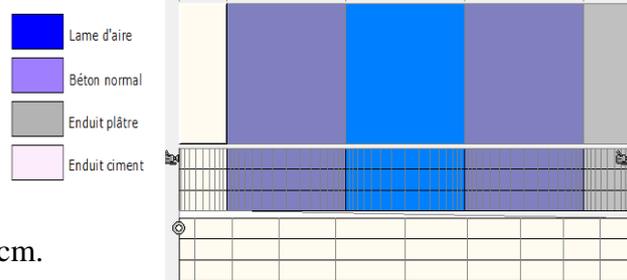


Figure III-41 isolant au milieu ép. = 5 cm
Source : auteur via WUFI

Idem pour l'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 19.1% en été et 17.7% en hiver .

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 67%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.33kg/m^3 et 0.41kg/m^3 ; une faible augmentation par rapport à la variante N°01

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 11 à 12 heures.

❖ La variante n° 3 : isolant au milieu ép. = 10 cm

Dans ce cas on remarque que les fluctuations extérieures de température sont 8.70°C en face été et 9.60°C en hiver, et 1.30°C en été et 1.50°C en hiver sur la face intérieur qui veut dire que la température intérieure est plus stable sur la face intérieure

Concernant l'humidité relative ; les fluctuations sont importantes sur la face extérieure par rapport à la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 23 % en été et 22% en hiver.

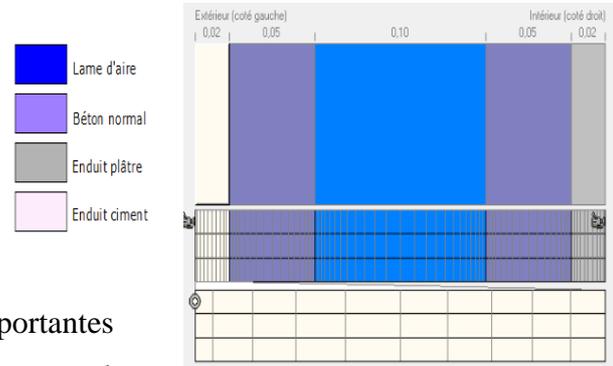


Figure III-42 isolant au milieu ép. = 10 cm Source : auteur via WUFI

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 65%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.37kg/m^3 et 0.47kg/m^3 ; une faible augmentation par rapport à la variante N°02

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 11 à 12 heures.

Nous avons remarqués que l'agrandissement de l'épaisseur (0.24 m) a élevé la résistance thermique ($0.43 \text{ m}^2\text{K/W}$) et diminué le coefficient U ($1.62 \text{ W/m}^2\text{K}$) par rapport les deux variantes précédente (N 01 et N 02)

I .1.2. Scénario N °02 :

❖ La variante n° 4 : isolant par l'extérieur ép. = 2 cm

Pour cette variante nous avons notés que la fluctuation extérieure de la température a augmenté quand nous avons déplacés la lame d'aire vers l'extérieure d'une valeur de 8.25°C en été et 9.07°C en hiver, mais la température intérieur reste stable sur la face intérieure mais la fluctuation est moins que les températures de la variante N°1 de(2.11°C en été et 2.25°C en hiver. l'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure l'écart entre les deux est de 17 % en été et 15 % en hiver (voir annexe n° 1)

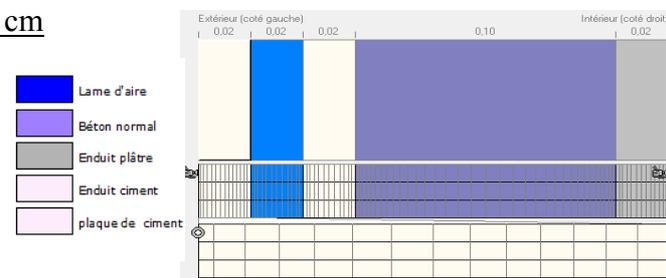


Figure III-43 isolant par l'extérieur ép. = 2 cm Source : auteur via WUFI

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 69%.

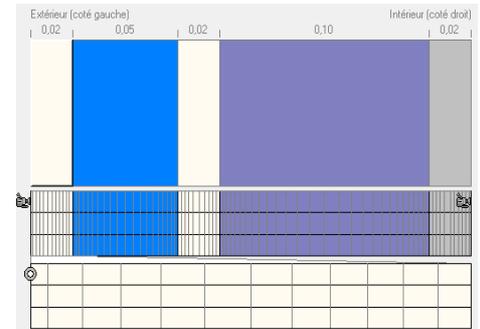
Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.60kg/m^3 et 0.67kg/m^3 ; le risque de développement de moisissures au niveau de différentes couches de la paroi étudié est faible

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12h et 13h

❖ La variante n° 5 : isolant par l'extérieur ép. = 5 cm

Après avoir déplacé la lame d'air de 5 cm

vers l'extérieur Nous avons enregistré une fluctuation extérieure de température de 9.07°C en été et 10.01°C en hiver, par contre les fluctuations sur la face intérieure ont diminués (1.5°C en été et 1.6°C en hiver). Cette diminution à renforcé encore plus la stabilité de la température sur la face intérieure



. Figure III-44 isolant par l'extérieur ép. = 5cm Source : auteur via WUFI

L'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 23.1% en été et 21% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 66%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.62 kg/m^3 et 0.70kg/m^3 ; une augmentation considérable par rapport la variante N°04 .

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 11 à 12 heures

❖ La variante n° 6 : isolant par l'extérieur ép. = 10 cm

les fluctuations extérieures de la

température sont 9.68°C en été et 10.73°C en hiver, et 1.04°C en été et 1.10°C en hiver sur la face intérieure qui veut dire que la température intérieure est plus stable sur la face intérieure

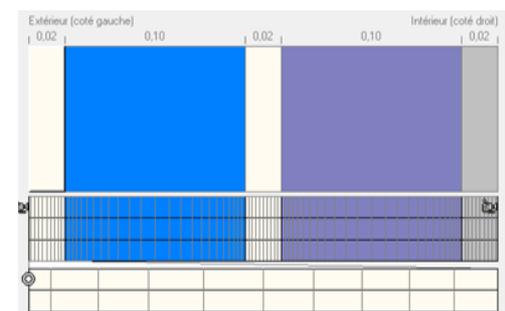


Figure III-45 isolant par l'extérieur ép. = 10cm Source : auteur via WUFI

Concernant l'humidité relative ; les fluctuations sont importantes sur la face extérieure par rapport à la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 26.9 % en été et 29% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 65%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.65 kg/m^3 et 0.75 kg/m^3 ; une augmentation par rapport à la variante N°05.

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures. (Voir le tableau annexe n° 1...).

Nous avons notés que La résistance thermique a augmentée selon l'épaisseur de la paroi et le contraire pour le coefficient U

l'épaisseur (0.26 m) , résistance thermique ($0.45 \text{ m}^2\text{K/W}$) , un coefficient U ($1.58 \text{ W/m}^2\text{K}$)

I.1.3. Scénario N °03

❖ La variante n° 7 : isolant par l'intérieur ép. = 2 cm

nous avons notés que la fluctuation extérieure de la température a diminué quand nous avons déplacés la lame d'aire vers l'intérieur d'une valeur de 7.31°C en été et 7.94°C en hiver, mais la température intérieur reste stable sur la face intérieure ou la fluctuation est de 2.14 C° en été et 2.35 C° en hiver. l'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure l'écart entre les deux est de 17 % en été et 15 % en hiver (voir annexe n° 1)

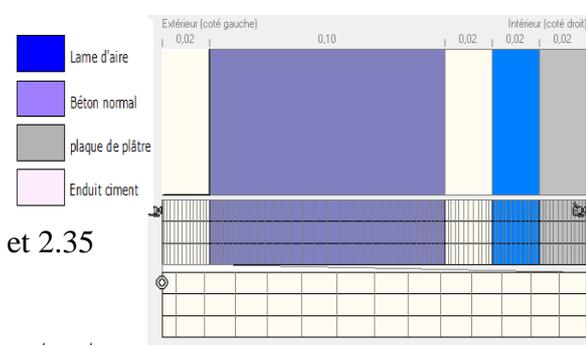


Figure III-46 isolant par l'intérieur ép. = 2 cm Source : auteur via WUFI

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 68%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.60kg/m^3 et 0.70kg/m^3 ; le risque de développement de moisissures au niveau de différentes couches de la paroi étudié est faible

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12h et 13h

❖ La variante n° 8 : isolant par l'intérieur ép. = 5 cm

Après avoir déplacé la lame d'aire de 5 cm vers l'extérieur Nous avons enregistré une fluctuation extérieure de température de 7.35°C en été et 7.96°C en hiver, par contre les fluctuations sur la face intérieur ont diminués par apport la variante N°7 (1.67C° en été et 1.87 C° en hiver). Cette diminution à renforcé encore plus la stabilité de la température sur la face intérieure

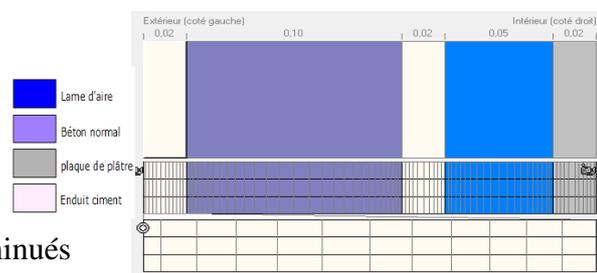


Figure III-47 isolant par l'intérieur ép. = 5cm Source : auteur via WUFI

L'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 16.85% en été et 15.79% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 66%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.62 kg/m^3 et 0.74 kg/m^3 ; une faible augmentation par rapport la variante N°07 .

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 11 à 12 heures

❖ La variante n° 9 : isolant par l'intérieur ép. = 10 cm

Dans ce cas les fluctuations extérieures de température sont 7.35°C en face été et 7.96°C en hiver, et 1.23°C en été et 1.43°C en hiver sur la face intérieure

qui veut dire que la température intérieur est presque stable sur la face intérieure

Concernant l'humidité relative ; les fluctuations sont toujours importantes sur la face extérieure par rapport à la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 18.70 % en été et 17.61% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.65 kg/m^3 et 0.75 kg/m^3 ; une augmentation par rapport à la variante N°08.

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures..

L'épaisseur (0.26 m) de cette paroi nous a donné une résistance thermique d'une valeur de ($0.49 \text{ m}^2\text{K/W}$) et un coefficient U ($1.49 \text{ W/m}^2\text{K}$)

I.1.4 Synthèse :

Après avoir étudié les résultats des 09 variantes nous avons constatés que la température de la face intérieure est dans la marge du confort pendant la période estivale (20°C à 25°C), pas besoin de système de climatisation.

par contre nous avons marqués une baisse de température qui varie entre 1°C et 3°C pendant la période hivernale. $\geq 3^\circ\text{C}$ besoin de système de chauffage

Aussi la diminution des fluctuations pour la température de la face intérieure lorsque nous avons agrandis l'épaisseur de la lame d'aire (stabilité de la température sur la face intérieure plus en plus) avec une baisse de l'humidité relative qui ne dépassait pas la marge du confort et une augmentation considérable de la teneur en eau globale

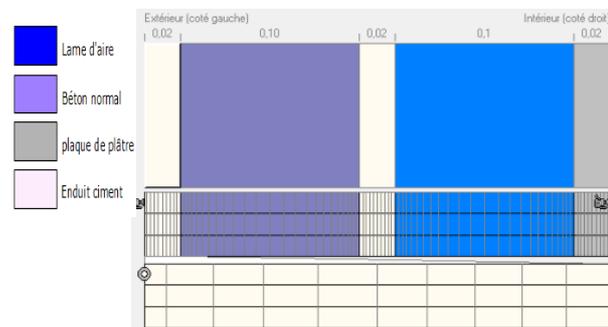


Figure III-48 isolant par l'intérieur ép. = 10cm
Source : auteur via WUFI

Donc les meilleurs résultats sont celle de l'épaisseur le plus élevé (10cm), mais vu que les températures sont presque les mêmes, nous allons optés pour le cas le plus favorable qui diminue le plus les besoin en ventilation chauffage./clim .

(isolation par extérieur de 10 cm) avec une épaisseur de 0.26 m et coefficient U de 1.58 w/m²k

I.2.polysteren extrudes:

I.2.1. scenario N °04:

- ❖ La variante n° 1 : isolant au milieu ep =2cm

nous avons constaté que la fluctuation extérieure de la température est environ 8.96°C en été et 9.85°C en hiver ,et 1.03 C° en été et 1.18 C° en hiver pour la face intérieure donc la température sur la face intérieure est stable

Des fluctuations ont été enregistrées de l'humidité relative ou on trouve l'écart entre les deux faces de 25.28% en été et 24.52 % en hiver (voir annexe n °01).

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.30kg/m³ ; et 0.38kg/m³ ces valeurs ne élèvent pas le risque de développement de moisissures au niveau de différentes couches de la paroi étudié.

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12 heures, et 13 heures ce qui est acceptable.

- ❖ La variante n° 2 : isolant au milieu ep =5cm

Nous avons constatés Une baisse importante de la fluctuation de la température sur la face intérieure en été et en hiver (0.49C° été et 0.67C° hiver) avec une humidité relative maximal 62 % en hiver et 56% en été par contre nous avons marqués une augmentation de la fluctuation de la température sur la face extérieure (9.23C° en été et 10.10 C° en hiver) avec une humidité relative de 88% .

Le risque de développement des moisissures est faible par apport la variante N°01 car la teneur en eau augmente en fur mesure suivant l'épaisseur de l'isolant (entre 0.31 kg/m³ et 0.41 kg/m³)

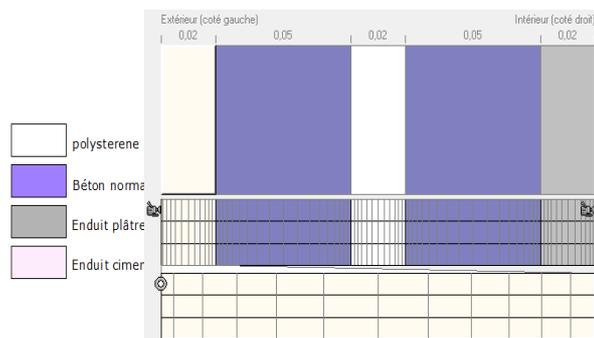


Figure III-49: isolant au milieu ép. = 2 cm
Source : auteur via WUFI



Figure III-50: isolant au milieu ép. = 5 cm
Source : auteur via WUFI

Le temps de déphasage est environ 13h

❖ La variante n° 3 : isolant au milieu ép. =10cm

La baisse des fluctuations de la température sur la face intérieure continue toujours (0.26C° été et 0.45C° hiver) idem pour humidité relative qui atteint une valeur maximale de 61% en été et 55 % en hiver.

La température de la face extérieur n'est pas dans la marge du confort les fluctuations enregistré sont 10.16 C° en été et 9.30 C° en hiver idem pour humidité relative qui dépasse les 80 % .

La teneur en eau globale est entre 0.32 kg/m³

et 0.44 kg/m³

Le temps de déphasage est dans les normes entre 12h et 13h

Nous avons remarqués que l'agrandissement de l'épaisseur (0.24 m) a élevé la résistance thermique (2.61 m²K/W) et diminué le coefficient U (0.36 W/m²K) par apport les deux variantes précédente (N 01 et N 02).

I .2.2. Scénario N °05 :

❖ La variante n° 4 : isolant par l'extérieur ép. =2 cm

Nous avons marqués des fluctuations de température extérieures avec des valeurs de 10.09°C en été et 11.18°C en hiver, et une humidité extérieure de 88 %

L'écart de fluctuation de l'humidité relative entre les deux faces est de 30% en été et 29.65 % en hiver (voir annexe n °01).

la température sur la face intérieure est stable avec des fluctuations 0.75 C° en été et 0.80 C° en hiver

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.58kg/m³ ; et 0.69kg/m³ .

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12 heures, et 13 heures ce qui est acceptable.

❖ La variante n° 5 : isolant par l'extérieur ép. =5 cm

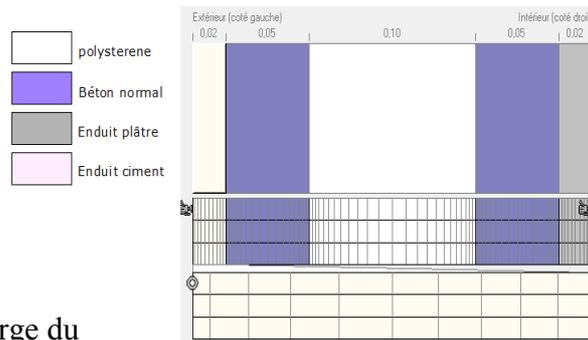


Figure III-51: isolant au milieu ép. = 10 cm Source : auteur via WUFI

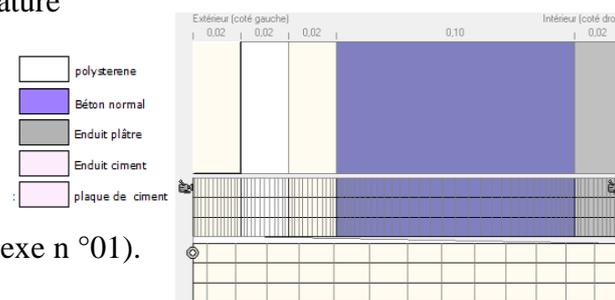


Figure III-52: isolant par l'extérieur ép. =2 cm Source : auteur via WUFI

La température de la face intérieure est dans la marge du confort avec des fluctuations légères (0.42C° en été et 0.45C° en hiver), idem pour humidité relative qui est à 62% en été et 56% en hiver.

Les fluctuations de température sur la face extérieure ont augmentés par apport à la variante N 04, ainsi que l'humidité relative qui atteint une valeur de 90%.

Idem pour la teneur d'eau qui est entre 0.59 kg/m^3 et 0.71 kg/m^3

Le temps de déphasage est entre 12h et 14h

❖ La variante n° 6 : isolant par l'extérieur ép. =10 cm

La température de la face intérieure reste stable et dans la marge du confort avec des fluctuations de 0.38C° en été et 0.32C° en hiver ou la valeur de l'humidité relative ne dépasse pas 61%

la température de la face extérieure continue a baissé avec des fluctuations considérables d'une moyenne de 11C°

l'écart entre humidité relative des deux faces est de 35% en été et 34% en hiver

La teneur en eau globale est entre 0.60 kg/m^3

et 0.74 kg/m^3 ; et le temps de déphasage est important il atteint les 23h.

Nous avons notés que La résistance thermique a augmentée selon l'épaisseur de la paroi et le contraire pour le coefficient U

l'épaisseur (0.26 m) , résistance thermique ($2.63\text{ m}^2\text{K/W}$) , un coefficient U ($0.36\text{ W/m}^2\text{K}$)

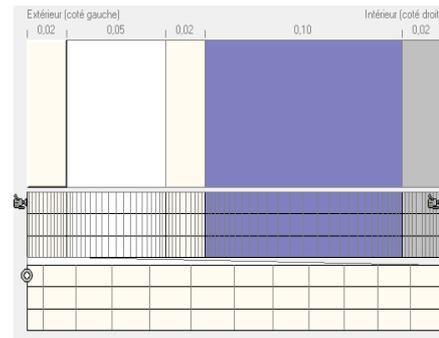


Figure III-53: isolant par l'extérieur ép. =5 cm Source : auteur via WUFI

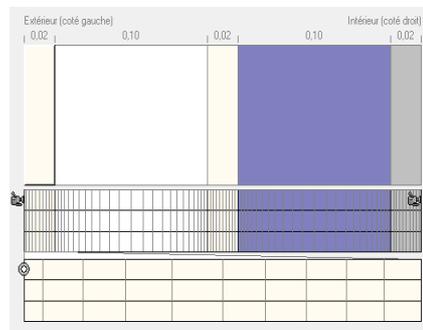


Figure III-54: isolant par l'extérieur ép. =10 cm Source : auteur via WUFI

I.2.3 scénario N°06 :

❖ La variante n° 7 : isolant par l'intérieur ép. = 2cm

Nous avons marqués des fluctuations de température extérieure avec des valeurs de 7.41C° en été et 7.97°C en hiver, et une humidité extérieure de 84 %

Une baisse sur l'écart de fluctuation de l'humidité relative entre les deux faces est de 19.48% en été et 19.75 % en hiver (voir annexe n°01).

la température sur la face intérieure reste stable avec des fluctuations de 0.98 C° en été et 1.17 C° en hiver

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.59kg/m³ ; et 0.68kg/m³.

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures,

❖ La variante n° 8 : isolant par l'intérieur ép. = 5cm

La température de la face intérieure est dans la marge du confort avec des fluctuations de 0.51C° en été et 0.73 C° en hiver, idem pour humidité relative qui est à 62% en été et 56% en hiver.

Les fluctuations de température sur la face extérieure ont augmentés par apport à la variante N 07, l'humidité relative n'est dans la marge du confort

Idem pour la teneur d'eau qui est entre 0.59 kg/m³ et 0.69 kg/m³

Le temps de déphasage est entre 12h et 14h

❖ La variante n° 9 : isolant par l'intérieur ép. = 10 cm

la température de la face extérieure continue a baissé avec des fluctuations considérables d'une moyenne de 7C°

L'écart entre humidité relative des deux faces est de 22% en été et 21% en hiver

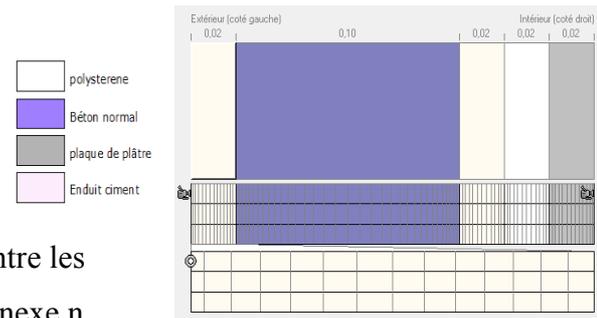


Figure III-55: isolant par l'intérieur ép. = 2 cm Source : auteur via WUFI

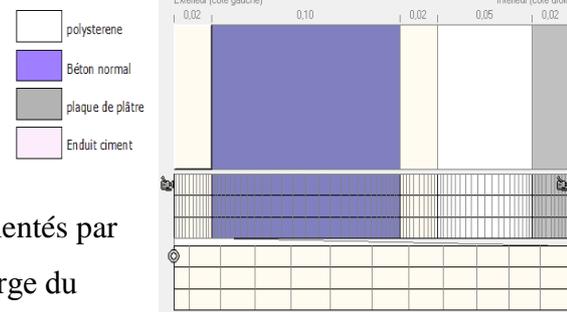


Figure III-56 isolant par l'intérieur ép.= 5cm Source : auteur via WUFI

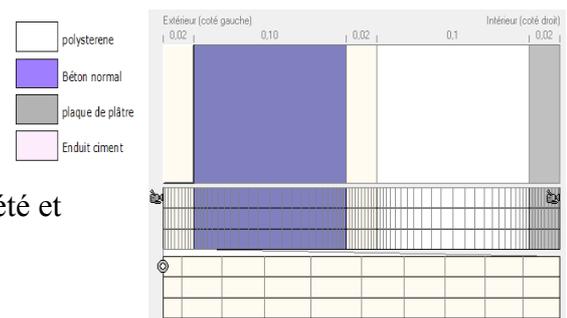


Figure III-57isolant par l'intérieur ép.= 10cm Source : auteur via WUFI

La température de la face intérieure reste stable dans la marge du confort avec des fluctuations de $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}$ en été et $0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hiver ou la valeur de l'humidité relative ne dépasse pas 61%

La teneur en eau globale est entre 0.60 kg/m^3

et 0.71 kg/m^3

Le temps de déphasage est dans les normes entre 12h et 13h

L'épaisseur (0.26 m) de cette paroi nous a donné une résistance thermique d'une valeur de ($2.66\text{ m}^2\text{K/W}$) et un coefficient U ($0.35\text{ W/m}^2\text{K}$)

I.2.4 Synthèse :

Après avoir étudié les résultats des 09 variantes nous avons constatés que la température de la face intérieure est dans la marge du confort pendant la période estivale ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), pas besoin de système de climatisation.

par contre nous avons marqués une baisse de température légère qui ne dépasse pas $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant la période hivernale. Pas besoin de système de chauffage

Aussi la diminution des fluctuations pour la température de la face intérieure lorsque nous avons agrandis l'épaisseur du polystyrène, donc la stabilité de la température sur la face intérieure augmente de plus en plus avec une baisse de l'humidité relative qui ne dépassait pas la marge du confort et une augmentation considérable de la teneur en eau globale

Donc les meilleurs résultats sont celle de l'épaisseur le plus élevé (10cm), mais vu que les températures sont presque les mêmes, nous allons optés pour le cas le plus favorable qui diminue le plus les besoin en ventilation chauffage./clim . et qui a un temps déphasage le plus élevé

(isolation par extérieur de 10 cm) avec une épaisseur de 0.26 m et résistance thermique ($2.63\text{ m}^2\text{K/W}$), un coefficient U ($0.36\text{ W/m}^2\text{K}$)

I.3.fibre de bois :

I .3.1 scenario N °07

❖ La variante n° 1 : isolant au milieu ep =2cm

Le modèle ci-dessus a enregistré une fluctuation extérieure de température de 8.9°C en été et 9.75°C en hiver, par contre sur la face intérieure seulement $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ en été et $3.07\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hiver.

La température est stable sur la face intérieure

Idem pour l'humidité relative ; les fluctuations sont plus importantes sur la face extérieure que sur la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 25.05% en été et 24.42% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 0.53kg/m^3 et 0.62kg/m^3 ; une faible augmentation par rapport à la variante N°01

Le temps de déphasage pour cette configuration dépassera les 12 heures et atteindra les 23 heures.

❖ La variante n° 2 : isolant au milieu ép = 5cm

température est environ 9.07°C en été et 9.93°C

en hiver ,et 0.53°C en été et 2.17°C en hiver pour la face intérieure donc la température sur la face intérieure est plus stable par rapport la variante N°01

des fluctuations ont été enregistrées de l'humidité relative ou on trouve l'écart entre les deux faces de 27.90% en été et 23.22 % en hiver (voir annexe n °01).

L'humidité relative sur la face intérieure a baissé et ne dépasse pas 62%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.88kg/m^3 ; et 0.90kg/m^3 donc le risque de développement de moisissures au niveau de différentes couches de la paroi étudié sera très faible

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12 heures, et 23 heures..

❖ La variante n° 3 : isolant au milieu ép = 10cm

La température de la face intérieure reste stable

et dans la marge du confort avec des fluctuations de 0.24°C en été et 1.66° en hiver ou la valeur de l'humidité relative ne dépasse pas 61%

la température de la face extérieure a enregistré des fluctuations considérables d'une moyenne de 9°C

l'écart entre humidité relative des deux faces est de 29% en été et 21% en hiver La teneur en eau globale est entre 1.46 kg/m^3 et 1.58 kg/m^3

Le temps de déphasage est important il atteint les 23h.

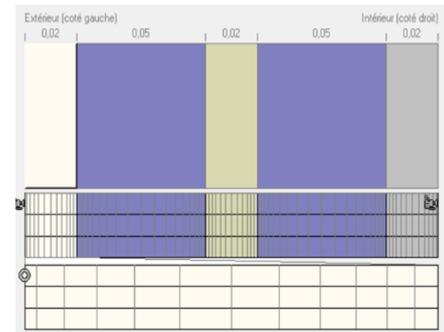


Figure III-58 isolant au milieu ép.= 2cm
Source : auteur via WUFI

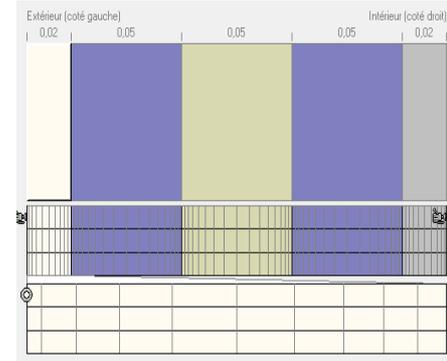


Figure III-59 isolant au milieu ép.= 5cm
Source : auteur via WUFI

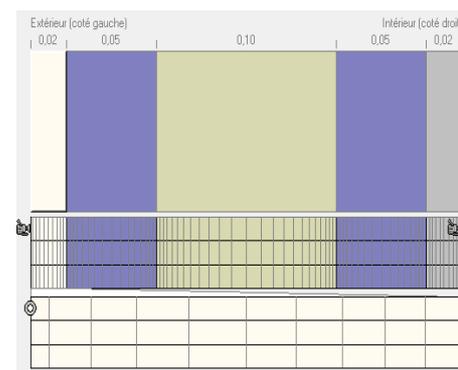
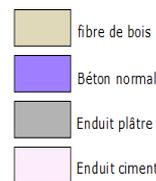


Figure III-60 isolant au milieu ép.= 10cm
Source : auteur via WUFI

Nous avons notés que La résistance thermique a augmentée selon l'épaisseur de la paroi et le contraire pour le coefficient U .

l'épaisseur (0.24 m) , résistance thermique (2.61 m²K/W) , un coefficient U (0.36 W/m²K)

I.3.2scenario N °08

❖ La variante n° 4 : isolant par l'extérieur ép. =2 cm

nous avons marqués des fluctuations de température extérieures avec des valeurs de 9.97°C en été et 11.06°C en hiver, et une humidité extérieure de 88 %

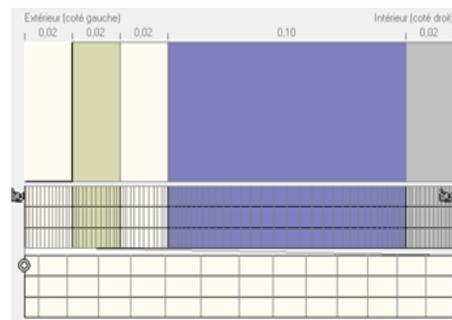


Figure III-61 isolant par l'extérieur ép. =2 cm Source : auteur via WUFI

l'écart de fluctuation de l'humidité relative entre les deux faces est de 28% en été et 28.17 % en hiver (voir annexe n °01).

la température sur la face intérieure est stable avec des fluctuations 0.81 C° en été et 0.85 C° en hiver

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 64%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 0.82kg/m³ ; et 0.92kg/m³ .

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures,

❖ La variante n° 5 : isolant par l'extérieur ép. =5 cm

nous avons marqués des fluctuations de température extérieure avec des valeurs de 10.41C° en été et 11.55°C en hiver, et une humidité extérieure de 90 %
l'écart de fluctuation de l'humidité relative entre les deux faces est de 32.85% en été et 31.7 % en hiver (voir annexe n °01).

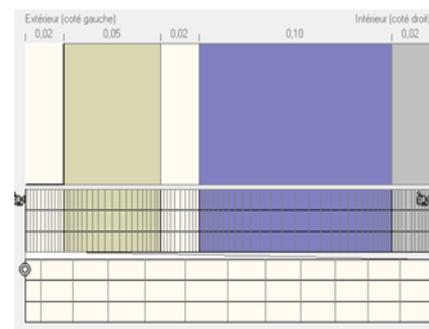


Figure III-62 isolant par l'extérieur ép. =5cmSource : auteur via WUFI

la température sur la face intérieure reste stable avec des fluctuations de 0.46 C° en été et 0.49 C° en hiver

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 62%.

Les valeurs de teneur en eau globale est entre 1.16 kg/m³ ; et 1.28kg/m³ .

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre 12 heures, et 14 heures

❖ La variante n° 6 : isolant par l'extérieur ép. =10 cm

La baisse des fluctuations de la température sur la face intérieure continue toujours (0.39C° été et 0.27C° hiver) idem pour humidité relative qui atteint une valeur maximale de 62% en été et 55 % en hiver.

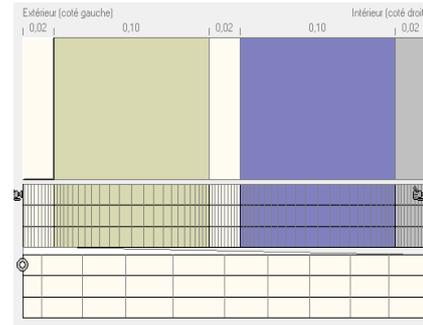


Figure III-63 isolant par l'extérieur ép. =10cm Source : auteur via WUFI

La température de la face extérieur n'est pas dans la marge du confort les fluctuations enregistré sont 10.51 C° en été et 11.66 C° en hiver idem pour humidité relative qui dépasse les 80 % .

La teneur en eau globale est entre 1.75 kg/m³ et 1.88 kg/m³ le temps de déphasage est arrivera jusqu'à 23 heures

Nous avons remarqués que l'agrandissement de l'épaisseur (0.26 m) a élevé la résistance thermique (2.63 m²K/W) et diminué le coefficient U (0.36 W/m²K) par apport les deux variantes précédente (N 04 et N 05)

I .3.3scenario N °09 :

❖ La variante N°7 : isolant par l'intérieur ép. = 2cm

Dans ce cas les fluctuations extérieures de température sont 7.37°C en face été et 7.94 °C en hiver, et 0.96 C° en été et 1.16C° en hiver sur la face intérieur qui veut dire que la température intérieur est plus stable sur la face intérieure

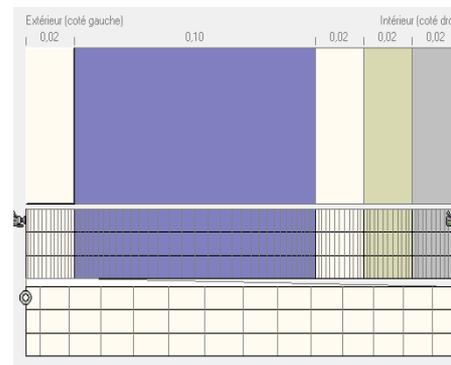


Figure III-64 isolant par l'intérieur ép. =2 cm source : auteur via WUFI

Concernant l'humidité relative ; les fluctuations sont toujours importantes sur la face extérieure par apport à la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 19.82 % en été et 18.94% en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 63%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 082 kg/m³ et 0.94 kg/m³ ..

Le temps de déphasage pour cette configuration est entre ee heures et 12 heures.

❖ La variante N°8 : isolant par l'intérieur ép. = 5 cm

La température de la face intérieure est dans la marge du confort avec des fluctuations de 0.51C° en été et 0.74 C° en hiver , idem pour humidité relative qui est à 61% en été et 56% en hiver.

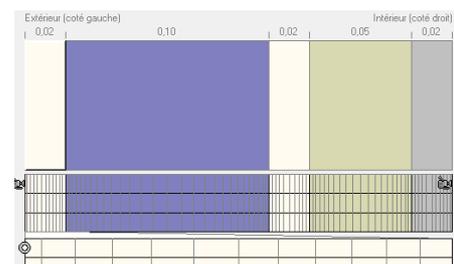


Figure III-65 isolant par l'intérieur ép. =5cm Source : auteur via WUFI

Les fluctuations de température sur la face extérieure ont baissé par rapport à la variante N 07, l'humidité relative n'est dans la marge du confort

la teneur d'eau qui est entre 1.16 kg/m³ et 1.29 kg/m³ et le temps de déphasage est entre 12h et 13h

❖ La variante N°9 : isolant par l'intérieur ép. = 10 cm

Dans ce cas les fluctuations extérieures de température sont 7.32°C en face été et 7.82 °C en hiver, et 0.24 C° en été et 0.47 C° en hiver sur la face intérieure qui veut dire que la température intérieure est stable sur la face intérieure

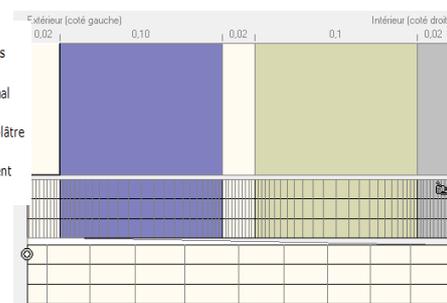


Figure III-66 isolant par l'intérieur ép. =10cmSource : auteur via WUFI

Concernant l'humidité relative ; les fluctuations sont toujours importantes sur la face extérieure par rapport à la face intérieure ; l'écart entre les deux est de 22.21 % en été et 20.50 % en hiver.

L'humidité relative sur la face intérieure ne dépasse pas 60%.

Les valeurs de teneur en eau globale sont entre 1.75 kg/m³ et 1.86 kg/m³ ; une augmentation par rapport à la variante N°08.

Le temps de déphasage pour cette configuration est environ 12 heures. (Voir le tableau annexe n° 1...).

L'épaisseur (0.26 m) de cette paroi nous a donné une résistance thermique d'une valeur de (2.67 m²K/W) et un coefficient U (0.35 W/m²K)

I.3.4.Synthèse :

Après avoir étudié les résultats des 09 variantes nous avons constatés que la température de la face intérieure est dans la marge du confort pendant la période estivale (20 c° à 25 c°), pas besoin de système de climatisation.

par contre nous avons marqués une baisse de température légère qui ne dépasse pas 1C° pendant la période hivernale. Pas besoin de système de chauffage

Aussi la diminution des fluctuations pour la température de la face intérieure lorsque nous avons agrandis l'épaisseur du polystyrène, donc la stabilité de la température sur la face intérieure augmente de plus en plus avec une baisse de l'humidité relative qui ne dépassait pas la marge du confort et une augmentation considérable de la teneur en eau globale

Donc les meilleurs résultats sont celle de l'épaisseur le plus élevé (10cm), mais vu que les températures sont presque les mêmes, nous allons optés pour le cas le plus favorable qui diminue le plus les besoin en ventilation chauffage./clim . et qui a un temps déphasage le plus élevé (isolation par extérieur de 10 cm) avec une épaisseur de 0.26 m et résistance thermique (2.63 m²K/W) , un coefficient U (0.36 W/m²K)

II- Comparaison entre les cas les plus favorables :

	Lame d'aire : isolant par l'extérieur ép. = 10 cm	Polystyrène : isolant par l'extérieur ép. =10 cm	Fibre de bois : isolant par l'extérieur ép. = 10 cm
Fluctuation de la température intérieure (C°)	1.04 C° en été 1.10 C° en hiver	0.38 c° été 0.32C° hiver	0.39 C° été 0.27 C° hiver
Humidité intérieure maximale (%)	65%.	61%	62%
Teneur en eau globale (Kg/m ²)	0.65 kg/m ³ et 0.75 kg/m ³	0.60 kg/m ³ 0.74 kg/m ³	1.75 kg/m ³ et 1.88 kg/m ³
Temps de déphasage (H)	12h	23h	23h
Epaisseur (m)	0.26	0.26	0.26
Résistance thermique (m ² K/W)	0.45	2.63	2.63
coefficient U (W/m ² K)	1.58	0.36	0.36

Tableau III.7 : Comparaison entre le cas les plus favorables source auteur

Synthèse générale

D'après les résultats du tableau ci-dessus ,nous avons constatés que la configuration par l'extérieure des trois types d'isolants est la plus favorable par rapport aux autres configurations mais on opte pour la configuration N 02 polysterne par l'extérieure épaisseur 10 cm qui a une température intérieure plus stable en hiver et en été ,une humidité relative idéal et une teneur en eau globale faible

III. interprétations des résultats obtenu par le logiciel pléiade :

1^{ère} variante cas initial (sans isolant ni lame d'aire)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Chambres	8 865 kWh	310 kWh/m ²	1 172 kWh	41 kWh/m ²	3 620 W	2 227 W	12.57 °C	23.93 °C	27.08 °C
circulation	2 301 kWh	229 kWh/m ²	408 kWh	41 kWh/m ²	989 W	692 W	12.96 °C	24.11 °C	28.15 °C
cuisine	486 kWh	170 kWh/m ²	271 kWh	95 kWh/m ²	462 W	394 W	12.31 °C	20.08 °C	26.94 °C
sbd	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	6.93 °C	19.21 °C	34.71 °C
Total	11 652 kWh	281 kWh/m ²	1 852 kWh	45 kWh/m ²	5 072 W	3 314 W	12.14 °C	23.31 °C	27.98 °C

Figure III.67 Besoins en chauffage et en climatisation cas de référence .Source : auteur via pléiade

Il en ressort de notre première analyse que les besoins en chauffage sont plus importants que celle de climatisation, Nous présentons également les graphes des températures pour évaluer le confort, prenons le graphe d'une années nous avons des températures qui s'éloignent de la plage de confort dans les deux saison hivernale et estivale

Pendant la semaine la plus chaude de l'année nous pouvons observer des températures qui s'éloignent légèrement de la plage de confort avec un pic de 34°C

pour la semaine la plus froide de manière générale, nous avons des températures très loin de la plage de confort et qui ne dépasse pas les 13°C ,

par apport au humidités intérieurs nous avons des humidités très élever durant les mois les plus humides.

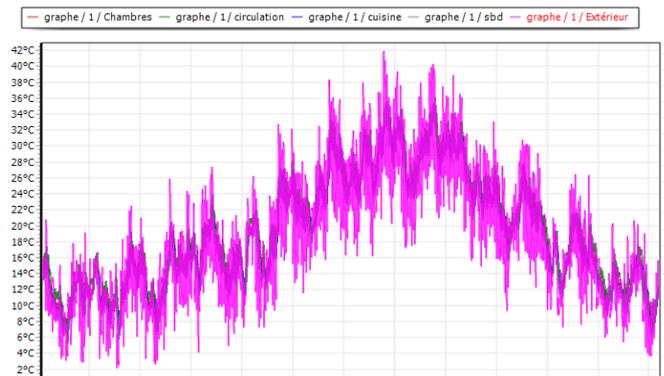


Figure III.68 graphe de température pendant une année .Source : auteur via pléiade

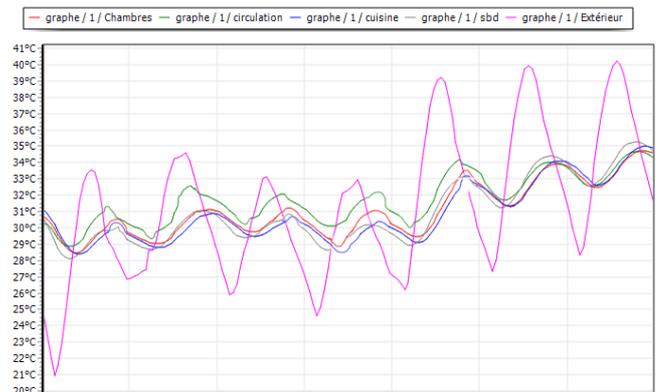


Figure III.69 graphe de température de la semaine la plus chaude .Source : auteur via pléiade

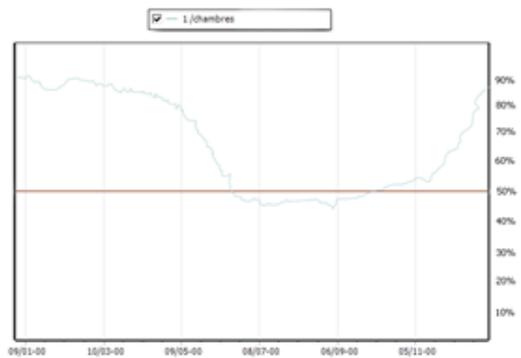


Figure III.71 humidité relative .Source : auteur via pléiade

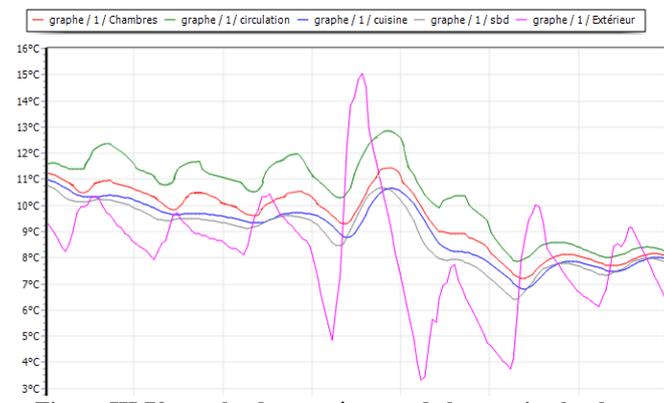


Figure III.70 graphe de température de la semaine la plus froide .Source : auteur via pléiade

2^{ème} variante (double cloison en brique avec une lame d'air de 5cm)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Chambres	6 823 kWh	238 kWh/m ²	911 kWh	32 kWh/m ²	2 768 W	1 637 W	13.17 °C	23.96 °C	26.51 °C
circulation	2 129 kWh	212 kWh/m ²	388 kWh	39 kWh/m ²	924 W	653 W	13.24 °C	24.13 °C	27.98 °C
cuisine	318 kWh	111 kWh/m ²	188 kWh	66 kWh/m ²	367 W	260 W	12.99 °C	20.13 °C	26.09 °C
sbd	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	7.57 °C	19.32 °C	33.95 °C
Total	9 270 kWh	223 kWh/m ²	1 487 kWh	36 kWh/m ²	4 059 W	2 550 W	12.68 °C	23.35 °C	27.46 °C

Figure III.72 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique .Source : auteur via pléiade

Nous avons remarqués la diminution des deux besoins de chauffages et de climatisations

D'autre part nous avons les diagrammes qui montrent des températures estivales toujours élevé et hivernale toujours basse elle rapproche légèrement de la plage de confort mais qui n'arrivent toujours pas au confort

Parallèlement, nous constatons la grande fluctuation journalière de température est toujours présente

Ainsi, l'humidité qui présente des valeurs plus basse par rapport au premier cas mais qui sont toujours élevés surtout durant les mois les plus humides.

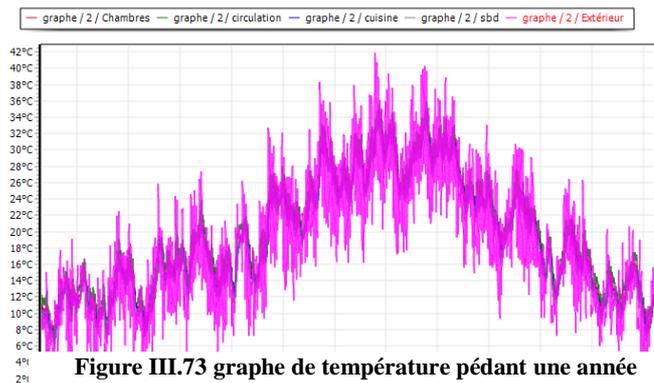


Figure III.73 graphe de température pendant une année .Source : auteur via pléiade

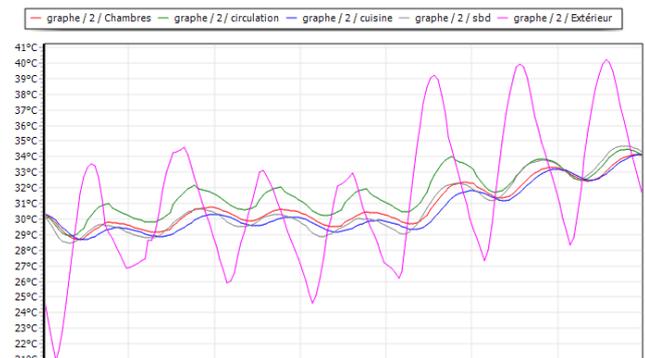


Figure III.74 graphe de température de la semaine la plus chaude .Source : auteur via pléiade

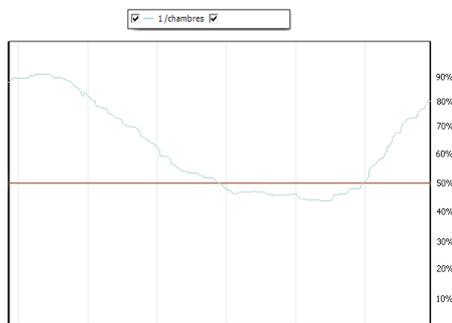


Figure III.76 humidité relative .Source : auteur via pléiade

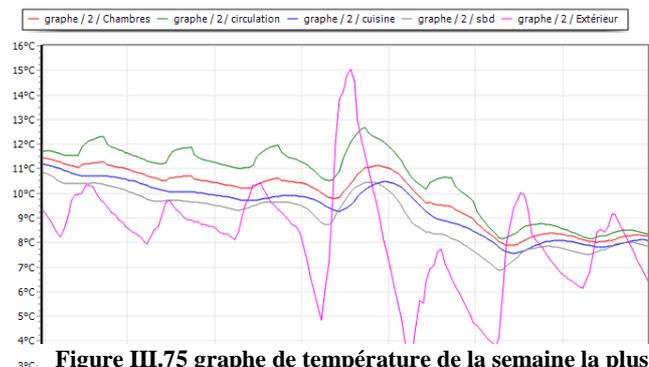


Figure III.75 graphe de température de la semaine la plus froide .Source : auteur via pléiade

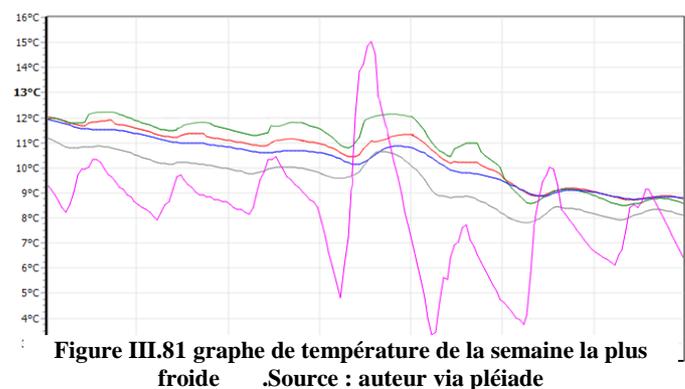
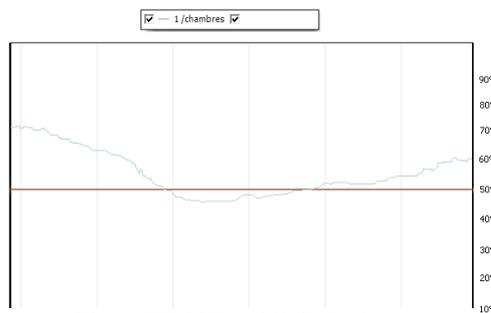
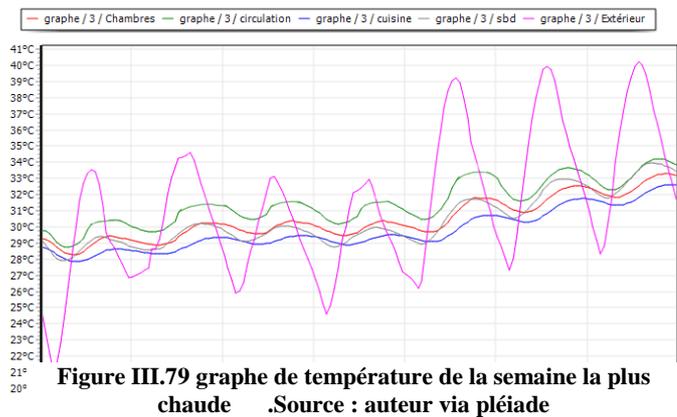
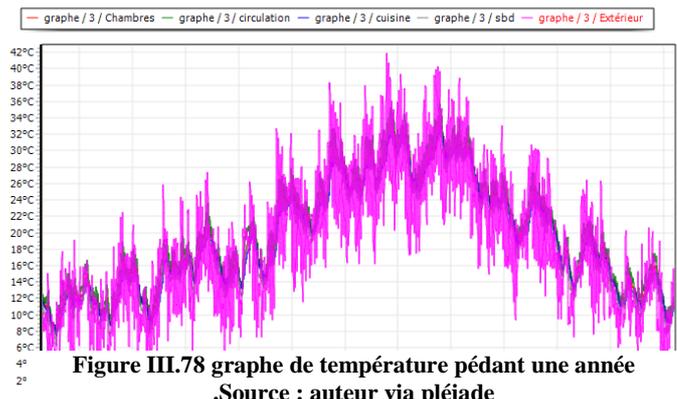
3^{ème} variante (cloison isolée de l'extérieur par le polystyrène)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Chambres	5 007 kWh	175 kWh/m ²	685 kWh	24 kWh/m ²	2 051 W	1 251 W	14.33 °C	24.01 °C	26.00 °C
circulation	1 971 kWh	197 kWh/m ²	370 kWh	37 kWh/m ²	867 W	628 W	13.72 °C	24.15 °C	27.82 °C
cuisine	171 kWh	60 kWh/m ²	116 kWh	40 kWh/m ²	258 W	162 W	14.45 °C	20.24 °C	25.02 °C
sbd	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	8.51 °C	19.48 °C	33.11 °C
Total	7 149 kWh	172 kWh/m²	1 171 kWh	28 kWh/m²	3 176 W	2 041 W	13.69 °C	23.40 °C	26.96 °C

Figure III.77 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique .Source : auteur via pléiade

Par rapport à cette dernière la consommation de l'énergie en matière de chauffage et de climatisation a diminué ainsi des températures qui présente moins de fluctuation donc plus stable pendant la journée pour les deux saisons hivernale et estivale malgré la grande fluctuation des températures extérieurs entre le jour et la nuit

Pa rapport a humidité le graphe présente des humidités plus stable, moins élevé et qui se rapproche du confort.



4^{eme} variante (cloison isolée de l'extérieur par le fibre en bois)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Chambres	5 119 kWh	179 kWh/m ²	699 kWh	24 kWh/m ²	2 090 W	1 265 W	14.31 °C	24.00 °C	26.00 °C
circulation	1 983 kWh	198 kWh/m ²	371 kWh	37 kWh/m ²	871 W	630 W	13.71 °C	24.15 °C	27.81 °C
cuisine	182 kWh	64 kWh/m ²	121 kWh	42 kWh/m ²	264 W	168 W	14.39 °C	20.23 °C	25.06 °C
sbd	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	8.46 °C	19.46 °C	33.13 °C
Total	7 284 kWh	175 kWh/m ²	1 191 kWh	29 kWh/m ²	3 226 W	2 063 W	13.67 °C	23.40 °C	26.97 °C

Figure III.82 Besoins en chauffage et en climatisation double cloison en brique .Source : auteur via pléiade

Ce qu'on remarque ici que les besoins de chauffage et de climatisation ont augmenté par rapport au cas précédent c'est à dire l'isolation par le polystyrène

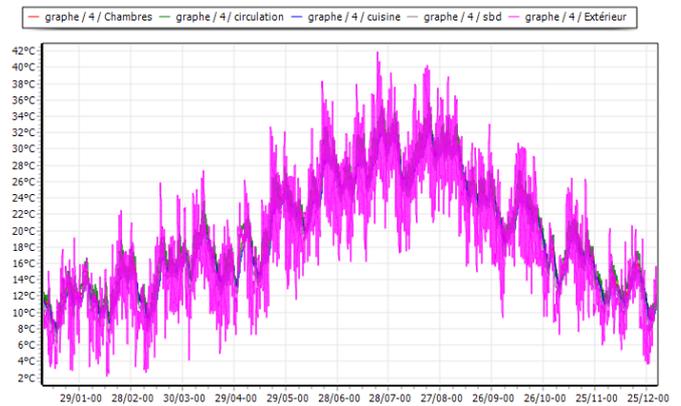


Figure III.83 graphe de température pédant une année .Source : auteur via pléiade

Parallèlement, nous avons des températures moins stables et des humidités légèrement plus élevé toujours par apport au cas d'isolation par le polystyrène

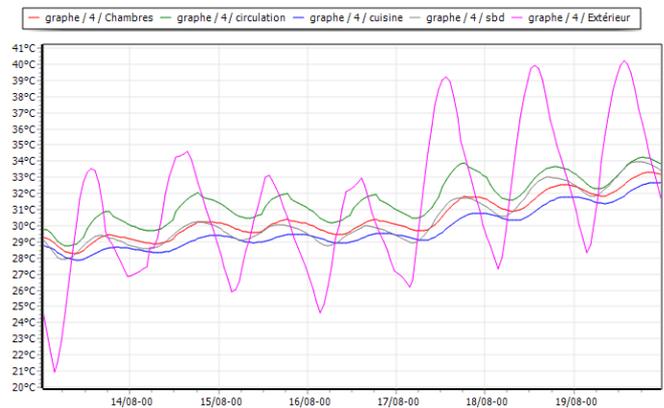


Figure III.84 graphe de température de la semaine la plus chaude .Source : auteur via pléiade

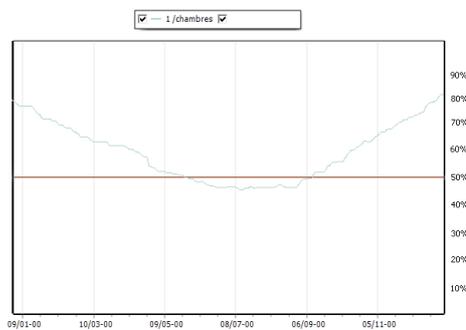


Figure III.85 humidité relative .Source : auteur via pléiade

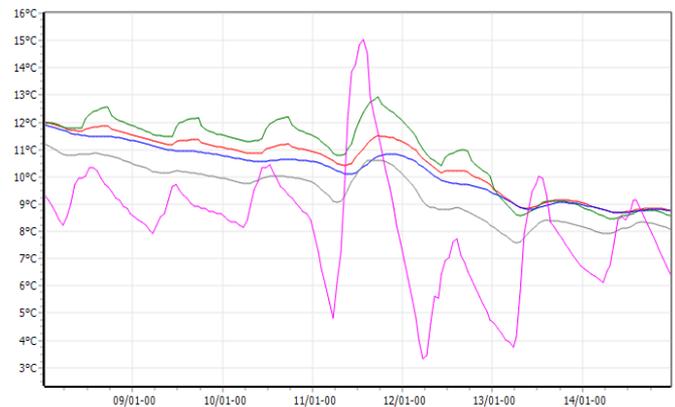
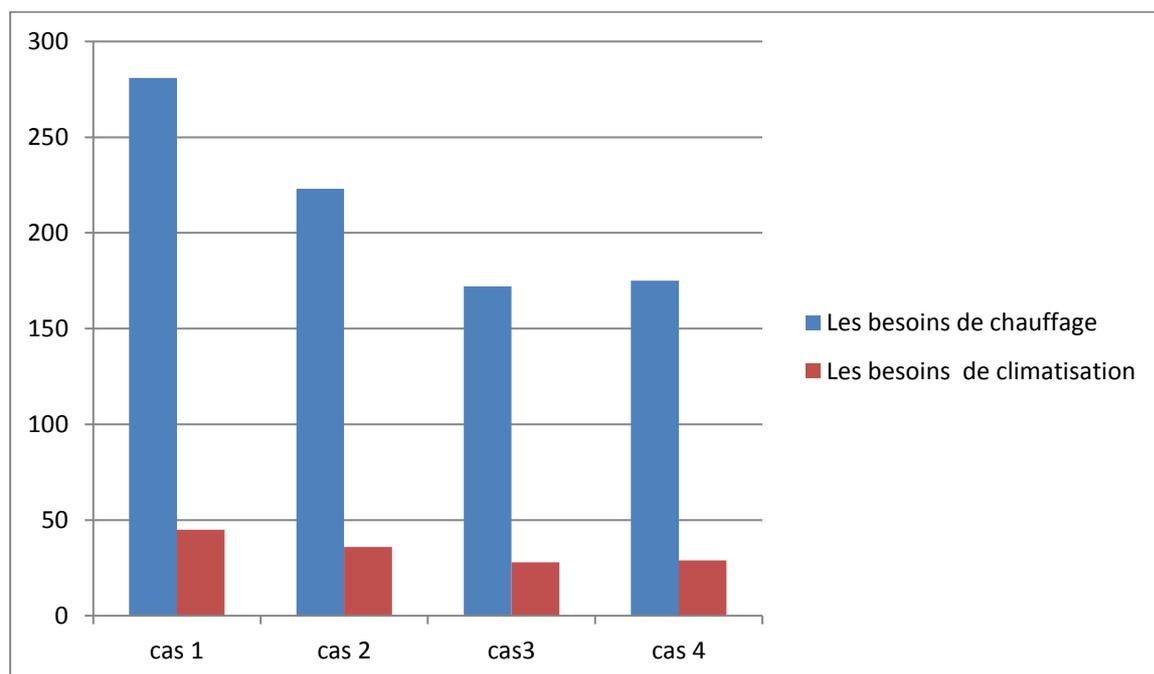


Figure III.86 graphe de température de la semaine la plus froide .Source : auteur via pléiade

III.2. Synthèse : tableau récapitulatif

Les variantes	Les besoins annuelles de chauffage en kwh/m ²	Les besoins annuelles de climatisation en kwh/m ²	Totale des besoins annuels en kwh/m ²
Simple paroi en brique creuse de 20cm	281	45	226
Double cloison en brique avec une lame d'air de 5cm	223	36	259
Cloison isolée de l'extérieur par le polystyrène	172	28	200
Cloison isolée de l'extérieur par le fibre en bois	175	29	204

Tableau III.8 : Comparaison entre le cas les plus favorables source auteur



D'après ces variantes, nous avons constatés que la cloison isolée par le polystyrène de l'extérieur présente les besoins nécessaire au confort thermique annuel les plus bas , et le taux de confort le plus haut, qui apparaît dans le graphe de températures et d'humidité
 Finalement, le choix qui va le mieux à notre cas est la cloison isolée de l'extérieur par le polystyrène pour les deux plans confort et consommation d'énergie

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de comprendre et de maîtriser tout d'abord l'impact de l'isolation pour assurer une sensation de confort

La température ambiante de l'habitation doit être comprise entre 20 et 25 °c avec une certaine stabilité entre les pièces de vie. Les contrastes thermiques sont ainsi particulièrement à éviter

Un air trop sec dessèche les muqueuses. Un air trop humide, peut entraîner la dégradation des revêtements intérieurs et le développement de moisissures, lesquelles peuvent à leur tour provoquer des allergies ou des difficultés respiratoires. Pour un bon équilibre, on estime généralement que l'air doit avoir un taux d'humidité relatif compris entre 40 et 60 %, et pour rendre le confort optimal, l'humidité de l'air doit être homogène dans toute l'habitation, de la salle de bains jusqu'aux chambres. Cette gestion de température peut être pensée à partir d'une isolation efficace

D'autre part, après une série de simulations dans ce chapitre nous avons vu qu'une simple manipulation au niveau des matériaux influence le confort hygrothermique ainsi la consommation énergétique et donne aux concepteurs une idée sur l'impact des matériaux sur la consommation pour l'exploiter aux conceptions futures.

Conclusion générale

L'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatique n'est pas une invention du 20^{ème} siècle. L'architecture bioclimatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette conception permet de diminuer considérablement les besoins de chauffage et de climatisation

Le présent travail de recherche analyse l'impact de l'isolation thermique sur les deux plans confort et consommation énergétique, L'objectif principal de cette étude consiste dans le choix optimal de l'enveloppe du bâtiment dans le climat tempéré d'Alger

La recherche bibliographique autour des isolants, a relevé les principaux fondements qui influent directement sur la consommation de l'énergie et le confort, le type de l'isolant, son emplacement et son épaisseur

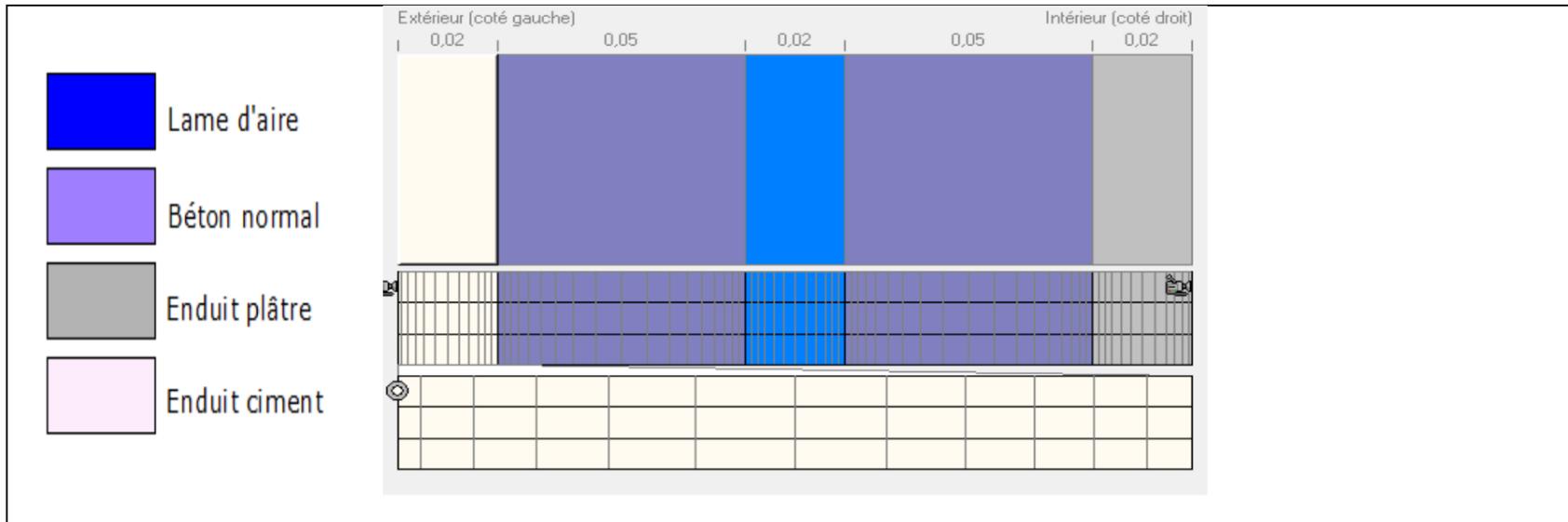
Finalement, Cette étude est limitée géographiquement au cas d'étude (Alger), qui s'adresse dans les zones tempérées et se caractérise par un climat humide. Il est bien que cette étude touche toutes les régions et tous types de climat de l'Algérie.

ANNEX 1

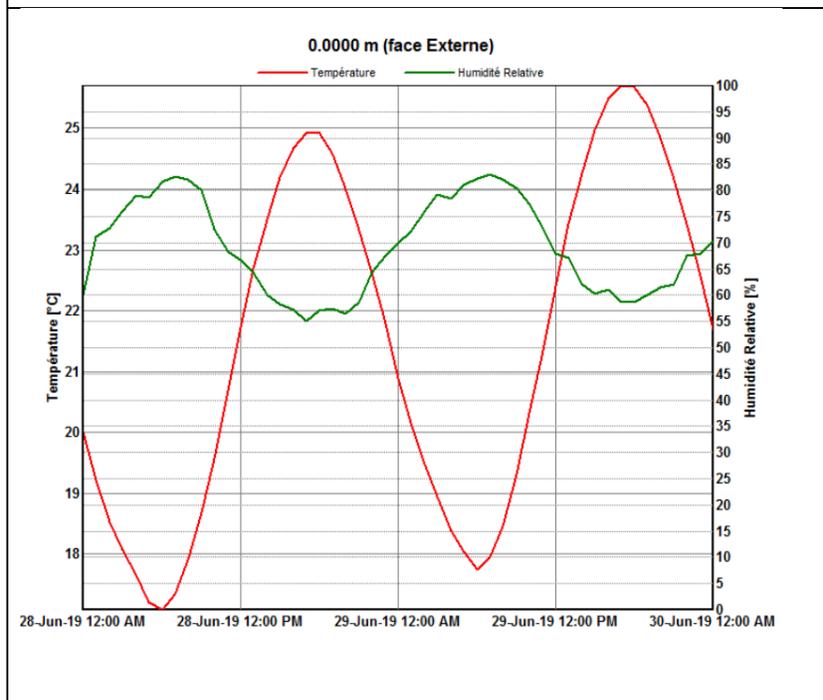
Les Modèles		Epaisseur totale du mur (cm)	Résistance thermique globale R (m²K/W)	Coefficient U (W/m²K)	La Température de la surface (C°)								Humidité relative HR (%)								Temps de déphasage		Teneur en eau Kg/m²			
					Eté				Hiver				Eté				Hiver				été	Hiver	été		Hiver	
					Face intérieure		Face extérieure		Face intérieure		Face extérieure		Face intérieure		Face extérieure		Face intérieure		Face extérieure		Face intérieure	Face intérieure	Min	Max	Min	Max
					max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min						
Sans isolant	Ep = 10 cm	0.14	0.11	3.388	25.09	21.64	25.55	18.13	19.96	16.24	19.02	10.91	73.36	59.70	81.33	59.11	73.96	59.98	77.84	57.60	11h	10h	0.3	0.36	0.29	0.35
LAME D'AIR	Ep = 2 cm	0.16	0.18	2.781	24.99	22.31	25.70	17.74	20.19	17.29	19.09	10.37	70.44	60.03	83.13	58.69	69.28	59.24	80.30	57.85	12h	12h	0.31	0.38	0.31	0.38
	Ep = 5 cm	0.19	0.27	2.191	24.91	22.96	25.82	17.4	20.43	18.28	19.09	9.85	67.74	60.32	84.88	58.31	65.19	58.37	82.55	57.99	12h	11h	0.33	0.41	0.33	0.41
	Ep = 10 cm	0.24	0.43	1.619	24.88	23.54	25.88	17.11	20.72	19.20	19.01	9.40	65.43	60.47	86.13	58.08	61.57	57.28	84.77	58.23	12h	11h	0.37	0.45	0.37	0.46
	EXT _ Ep = 2 cm	0.18	0.19	2.675	24,74	22,63	25,83	17,58	19,97	17,72	19,32	10,25	69,09	60,94	83,44	58,19	67,51	60,04	80,02	57,94	13h	11h	0,6	0,67	0,59	0,66
	EXT _ Ep = 5 cm	0.21	0.29	2.125	24,68	23,19	26,16	17,09	20,22	18,64	19,64	9,63	66,83	61,16	85,70	57,10	63,78	58,85	82,59	56,70	12h	11h	0,62	0,7	0,62	0,70
	EXT _ Ep = 10 cm	0.26	0.45	1.583	24,69	23,65	26,39	16,71	20,55	19,45	19,81	9,08	65,01	61,12	87,57	56,38	60,70	57,41	85,23	56,13	12h	12h	0,65	0,75	0,65	0,75
	INT _ Ep = 2 cm	0.18	0.23	2.428	24,90	22,76	25,28	17,97	20,31	17,96	18,43	10,49	68,07	60,52	82,21	60,06	65,82	58,78	79,99	59,45	12h	11h	0,6	0,69	0,60	0,70
	INT _ Ep = 5 cm	0.21	0.32	1.966	24,89	23,22	25,20	17,85	20,56	18,69	18,21	10,25	66,19	60,54	82,83	60,36	62,89	57,82	81,05	60,20	12h	11h	0,62	0,72	0,62	0,74
	INT _ Ep = 10 cm	0.26	0.49	1.493	24,9	23,67	25,11	17,74	20,84	19,41	17,97	10,01	64,43	60,45	83,40	60,7	60,15	56,77	81,99	61,00	12h	12h	0,65	0,76	0,65	0,78
POLYSTYRENE	Ep = 2 cm	0.16	0.61	1.258	24,88	23,85	25,90	16,94	20,92	19,74	18,96	9,11	64,23	60,43	87,09	58,01	59,62	56,35	86,23	58,44	12h	13h	0,30	0,38	0,30	0,39
	Ep = 5 cm	0.19	1.36	0.647	24,91	24,42	25,91	16,68	21,33	20,66	18,78	8,68	62,08	60,31	88,43	57,98	56,38	54,78	88,23	58,96	13h	13h	0,31	0,40	0,31	0,41
	Ep = 10 cm	0.24	2.61	0.358	24,94	24,68	25,89	16,59	21,54	21,09	18,66	8,50	61,14	60,20	88,82	58,03	55,02	54,02	88,91	59,27	13h	12h	0,32	0,41	0,31	0,44
	EXT _ Ep = 2 cm	0.18	0.63	1.236	24,69	23,94	26,53	16,44	20,77	19,97	19,91	8,73	63,91	61,10	88,89	55,94	58,82	56,49	86,90	55,81	13h	12h	0,59	0,68	0,58	0,69
	EXT _ Ep = 5 cm	0.21	1.38	0.641	24,78	24,36	26,67	16,10	21,23	20,78	19,94	8,21	62,31	60,78	90,65	56,22	56,06	54,98	89,58	55,86	14h	12h	0,59	0,70	0,59	0,71
	EXT _ Ep = 10 cm	0.26	2.63	0.356	24,84	24,46	26,72	15,98	21,46	21,14	19,93	8,00	61,95	61,04	91,20	55,36	55,21	54,19	90,50	55,97	23h	12h	0,60	0,71	0,60	0,74
	INT _ Ep = 2 cm	0.18	0.66	1.18	24,89	23,91	25,04	17,63	21,01	19,84	17,80	9,83	63,95	60,36	84,03	60,96	59,15	56,32	83,17	61,59	12h	12h	0,59	0,66	0,58	0,68
	INT _ Ep = 5 cm	0.21	1.41	0.626	24,93	24,42	24,92	17,5	21,40	20,67	17,50	9,55	62,05	60,24	84,75	61,42	56,26	54,88	84,53	62,62	12h	14h	0,59	0,67	0,59	0,69
	INT _ Ep = 10 cm	0.26	2.66	0.351	24,95	24,68	24,85	17,44	21,61	21,07	17,34	9,43	61,13	60,15	85,01	61,67	54,91	54,15	85,00	63,17	12h	13h	0,60	0,68	0,60	0,71
FIBRE DU BOIS	Ep = 2 cm	0.16	0.61	1.257	24,88	23,86	25,86	16,96	20,33	17,26	18,89	9,14	64,19	60,43	86,97	58,14	52,73	49,61	86,14	58,60	12H	23H	0,53	0,61	0,53	0,62
	Ep = 5 cm	0.19	1.36	0.647	24,93	24,40	25,82	16,75	20,74	18,57	18,68	8,75	62,15	60,24	88,09	58,28	51,22	45,80	87,89	59,25	12H	23H	0,88	0,97	0,88	0,99
	Ep = 10 cm	0.24	2.61	0.357	24,91	24,67	25,77	16,69	20,88	19,22	18,52	8,62	61,17	60,30	88,31	58,44	50,77	44,03	88,34	59,67	11H	23H	1,46	1,56	1,46	1,58
	EXT _ Ep = 2 cm	0.18	0.63	1.235	24,71	23,90	26,46	16,49	20,78	19,93	19,83	8,77	64,06	61,04	88,67	56,84	58,94	56,53	86,75	56,17	12H	12H	0,82	0,91	0,81	0,92
	EXT _ Ep = 5 cm	0.21	1.38	0.641	24,78	24,32	26,58	16,17	21,21	20,72	19,84	8,29	62,47	60,78	90,33	55,79	56,30	55,04	89,28	56,32	14H	12H	1,16	1,27	1,16	1,28
	EXT _ Ep = 10 cm	0.26	2.63	0.356	24,79	24,40	26,59	16,08	21,40	21,13	19,76	8,10	62,16	60,73	90,79	55,78	55,42	54,22	90,14	56,63	23H	12H	1,75	1,86	1,75	1,88
	INT _ Ep = 2 cm	0.18	0.66	1.179	24,90	23,94	25,03	17,66	21,03	19,87	17,80	9,86	63,45	60,39	83,86	60,98	58,54	56,12	82,97	61,61	12H	11H	0,82	0,92	0,81	0,94
	INT _ Ep = 5 cm	0.21	1.41	0.626	24,95	24,44	24,89	17,54	21,42	20,68	17,49	9,61	61,69	60,11	84,51	61,49	55,93	54,69	84,21	62,69	12H	13H	1,16	1,27	1,16	1,29
	INT _ Ep = 10 cm	0.26	2.67	0.351	24,94	24,70	24,81	17,49	21,57	21,10	17,33	9,51	60,86	60,12	84,74	61,79	54,88	54,1	84,57	63,29	12H	12H	1,75	1,85	1,74	1,86

ANNEXE N° 1 : RESULTATS DE SIMULATION (WUFI).

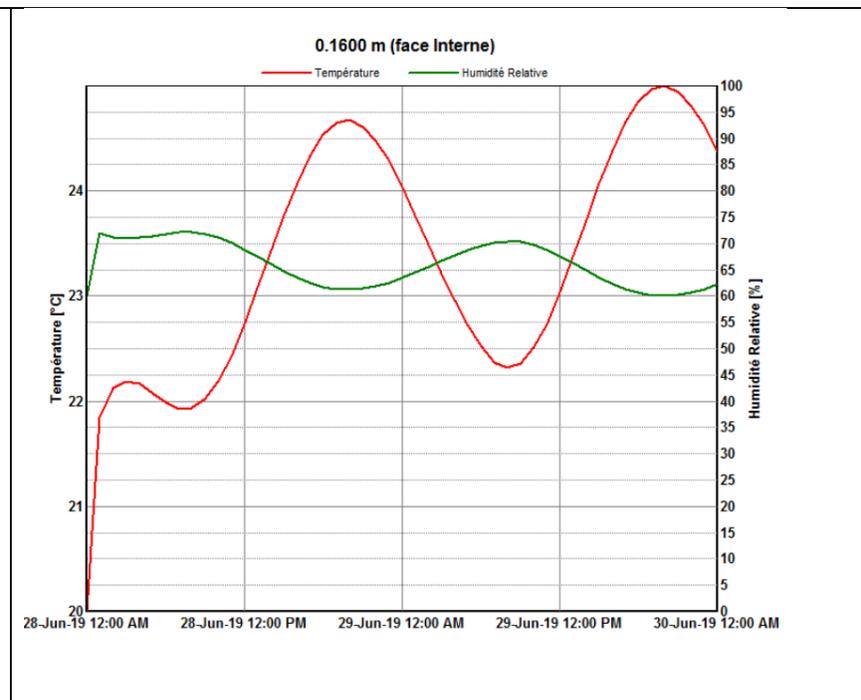
-VARIANTE N° 1 : LAME D'AIR EP= 2 cm



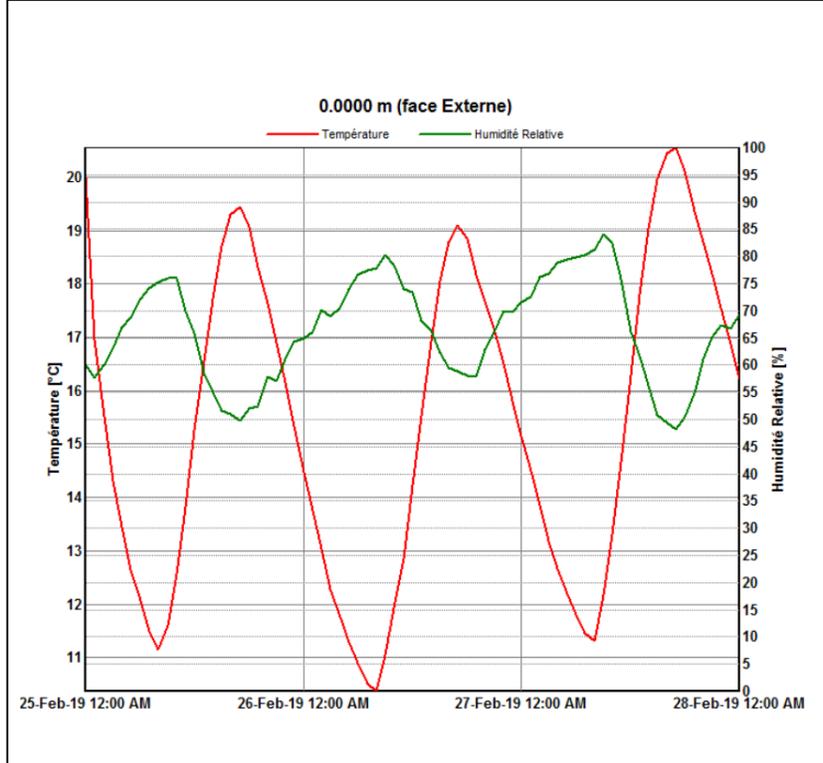
La figure de la variante (composition de la paroi)



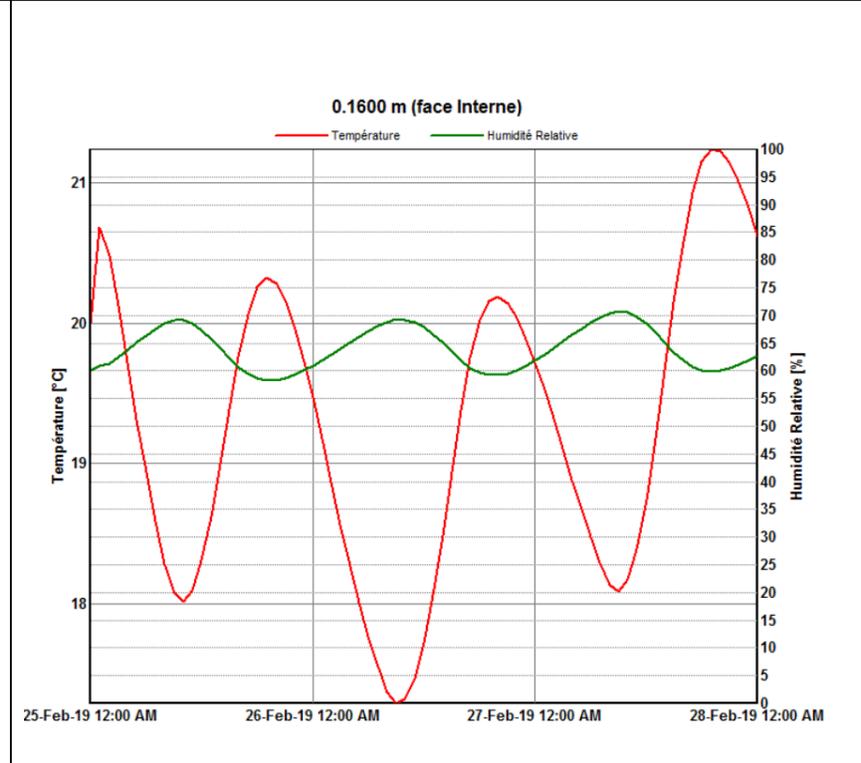
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

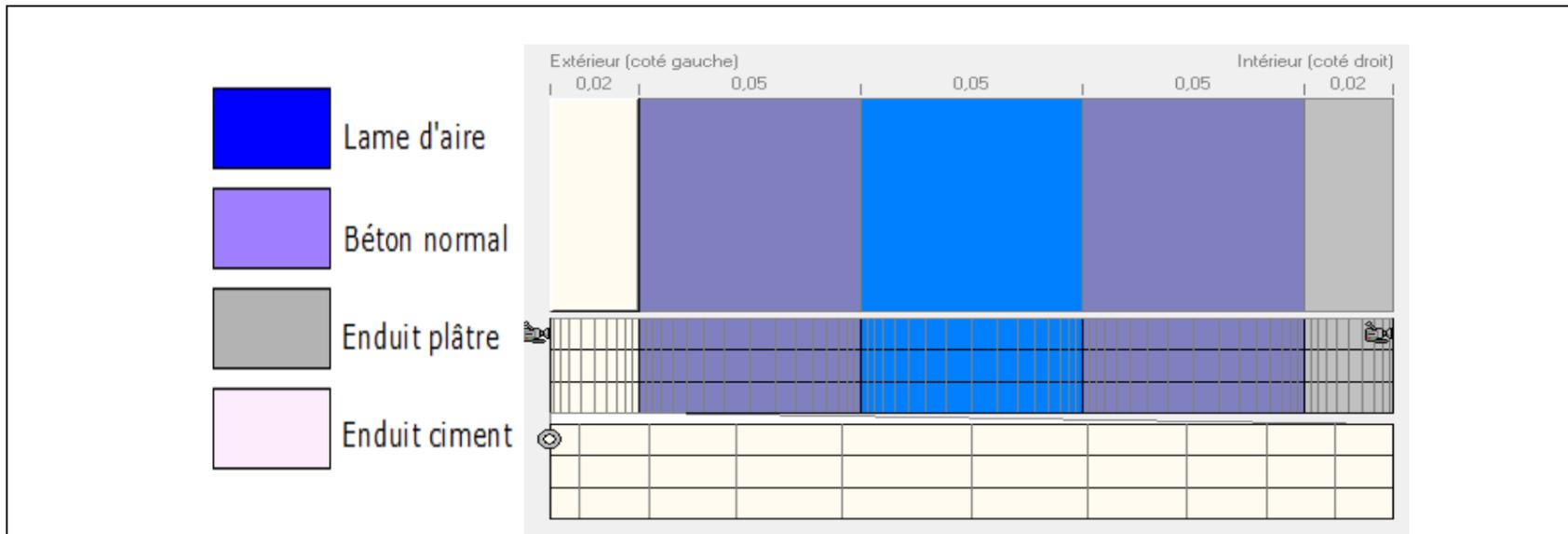


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

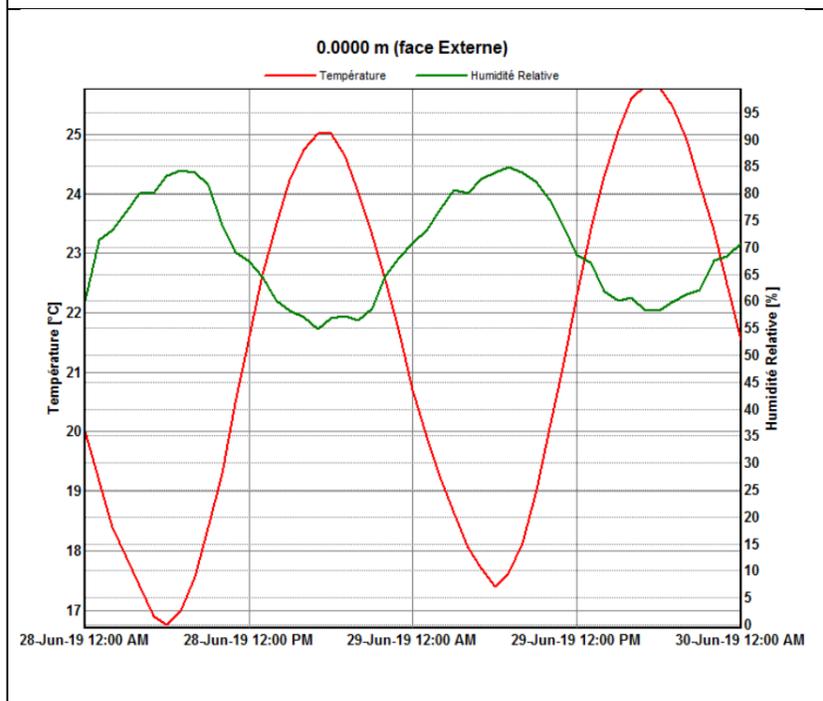


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

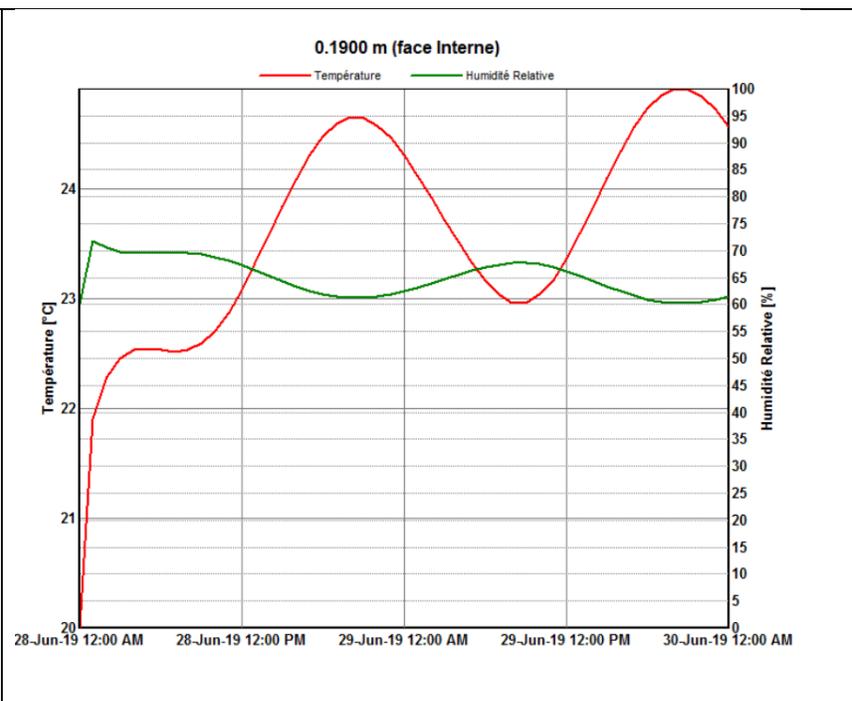
-VARIANTE N° 2: LAME D'AIR EP= 5 cm



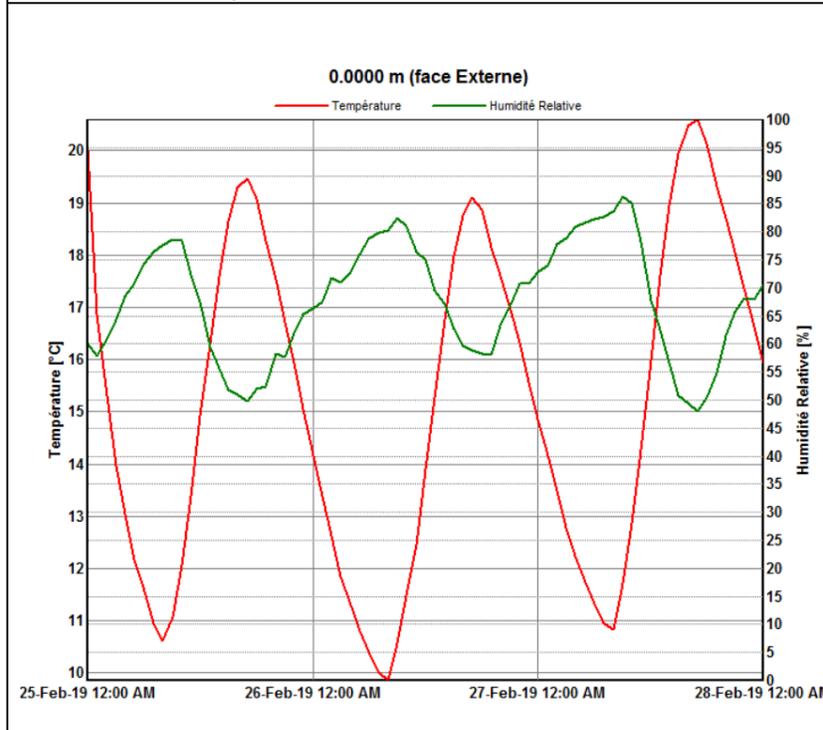
La figure de la variante (composition de la paroi)



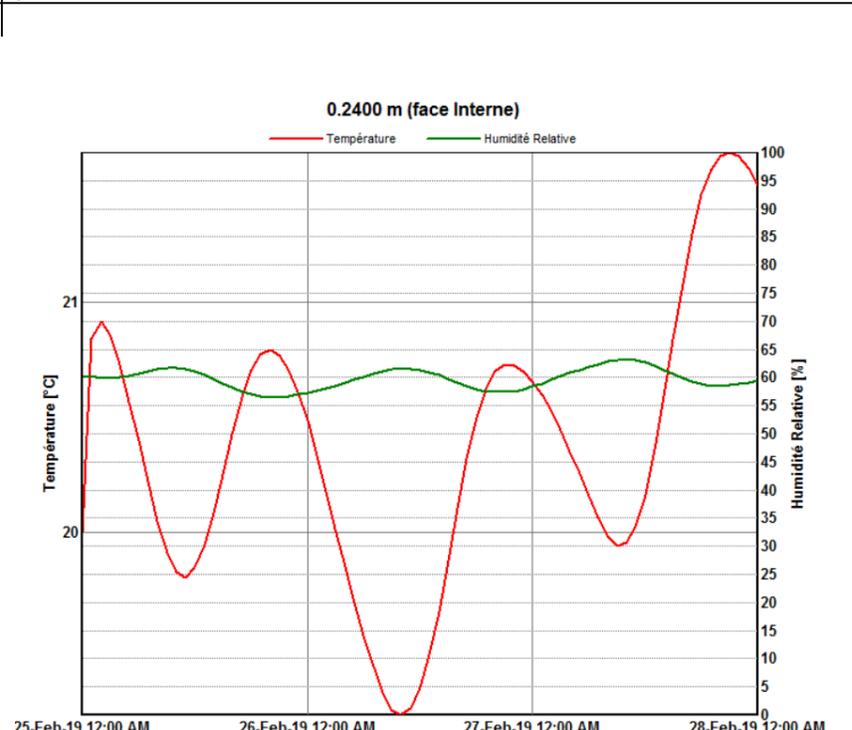
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

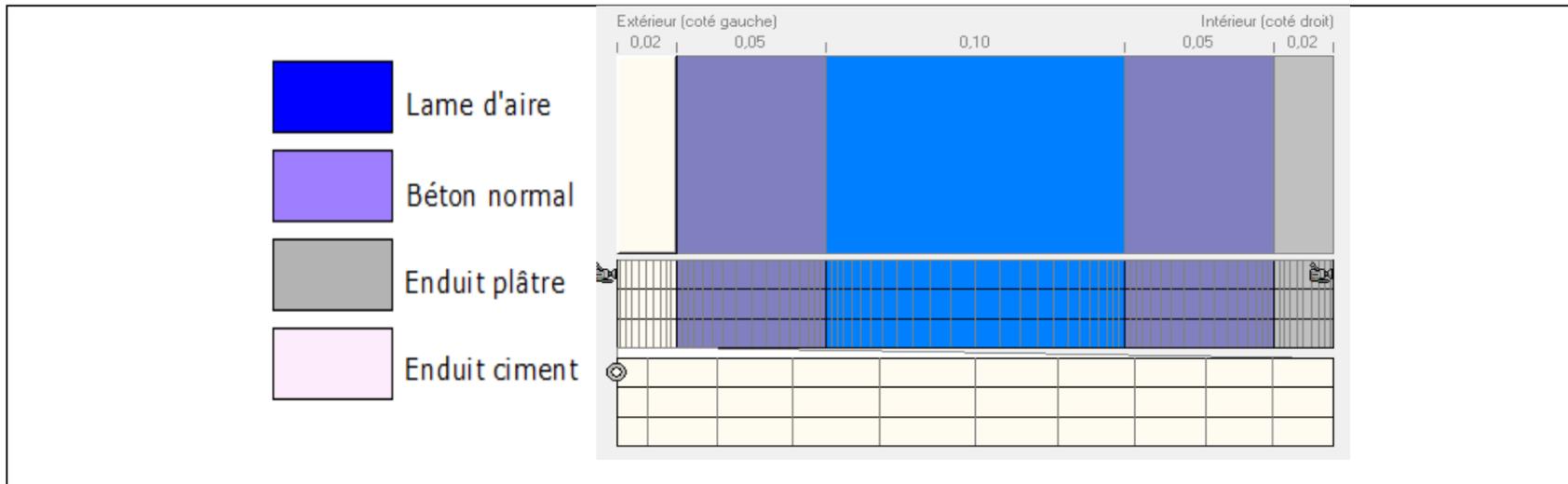


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

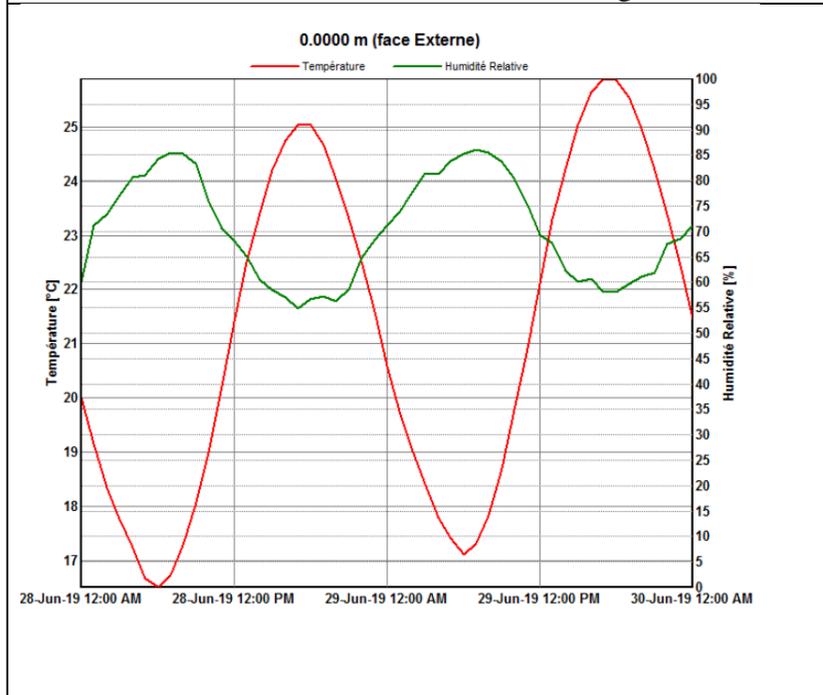


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

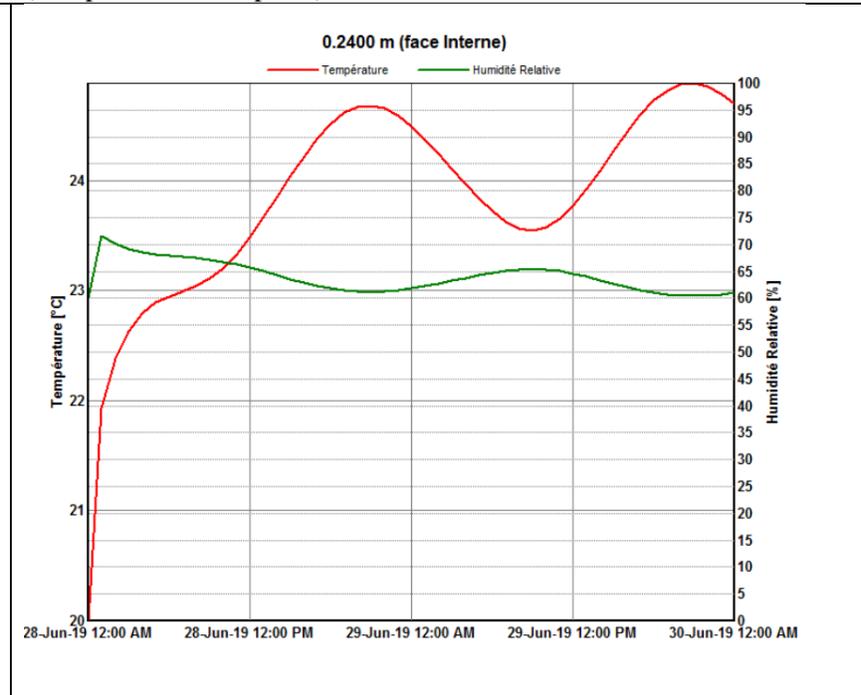
-VARIANTE N° 3: LAME D'AIR EP= 10 cm



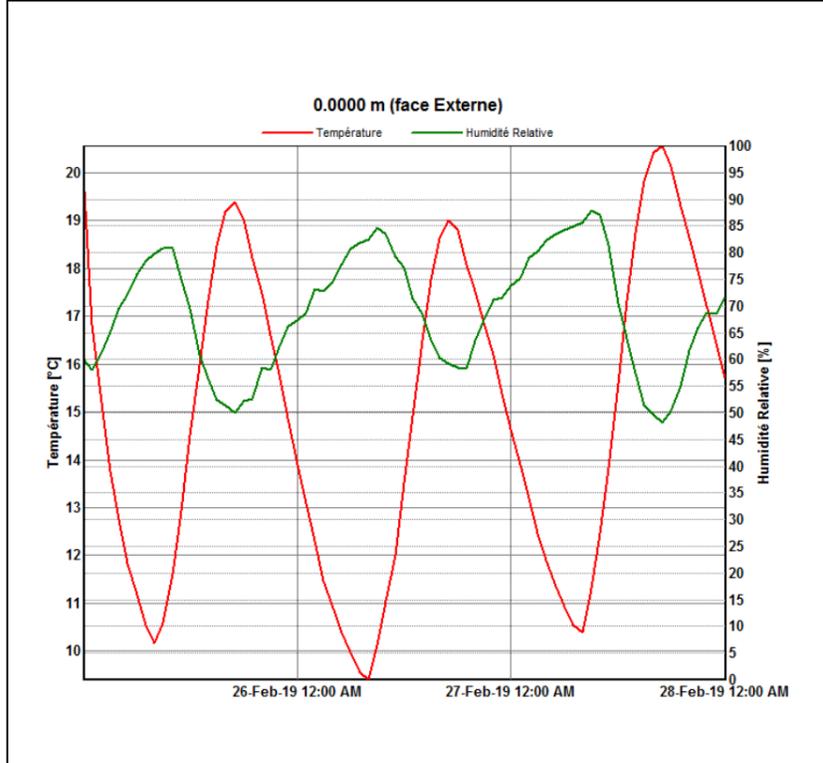
La figure de la variante (composition de la paroi)



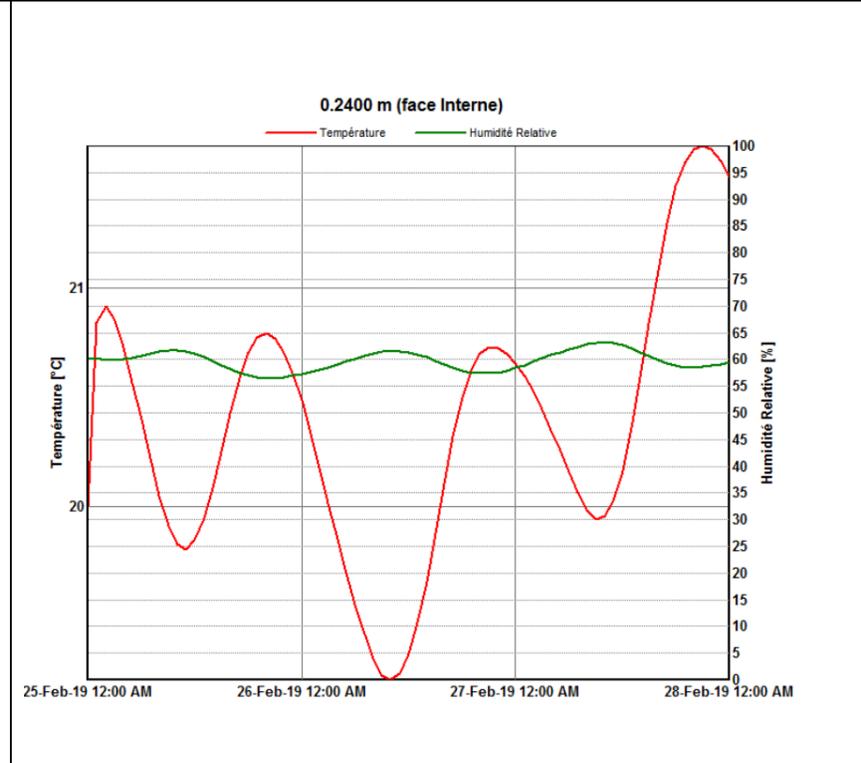
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

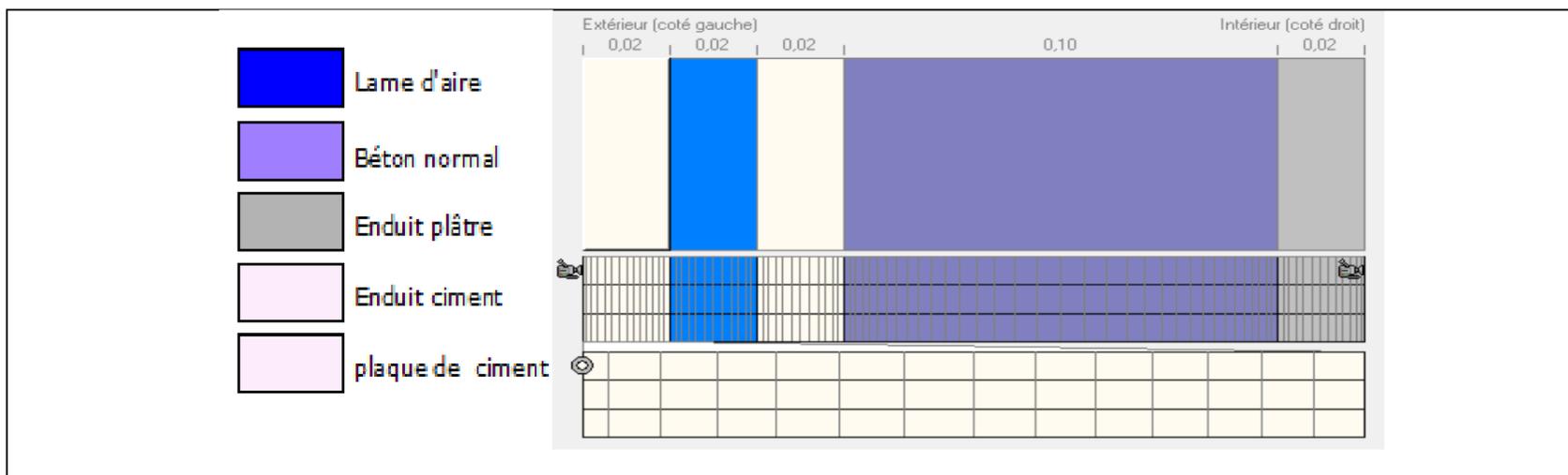


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

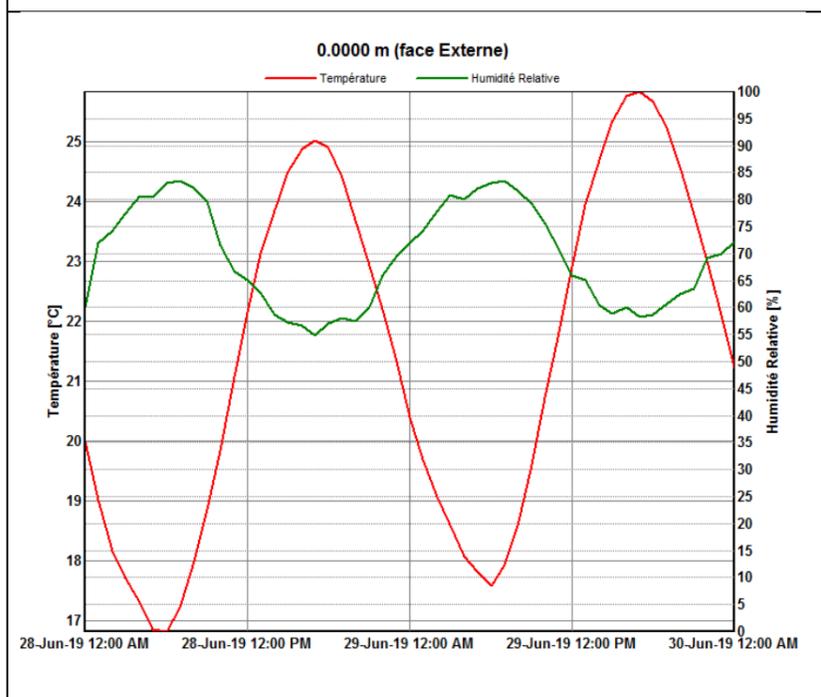


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

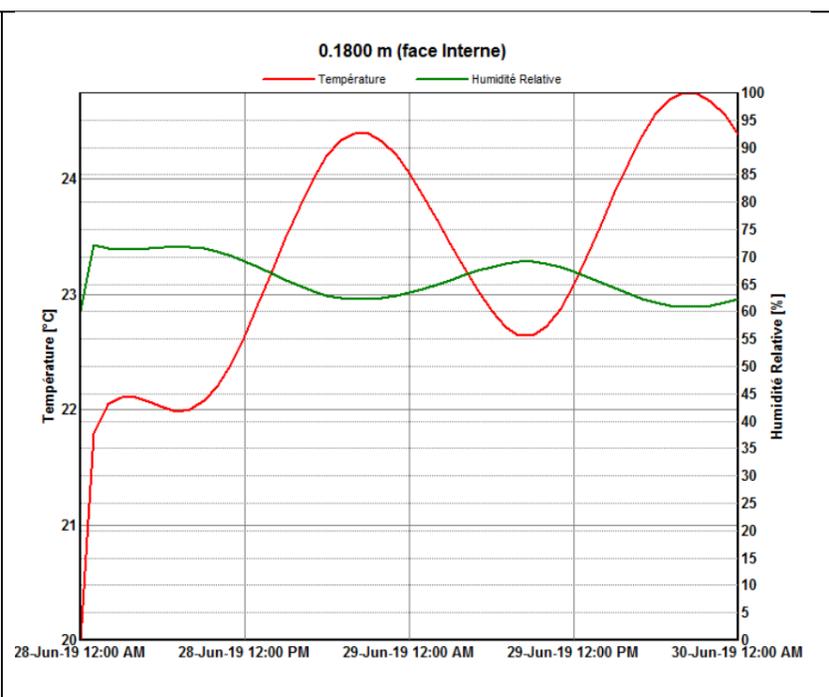
-VARIANTE N° 4: LAME D'AIR extérieur EP= 2 cm



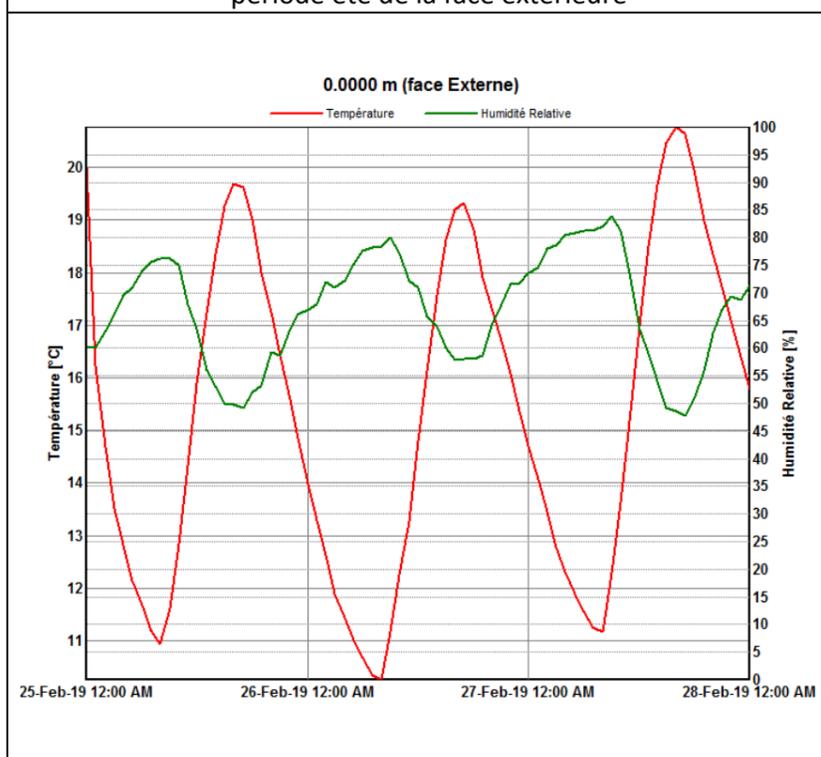
La figure de la variante (composition de la paroi)



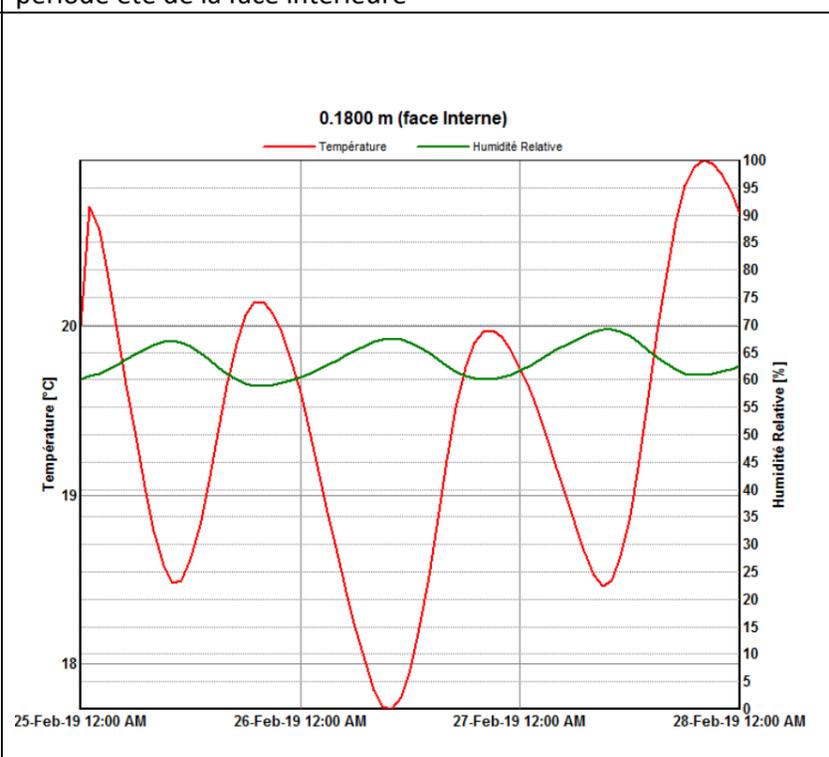
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

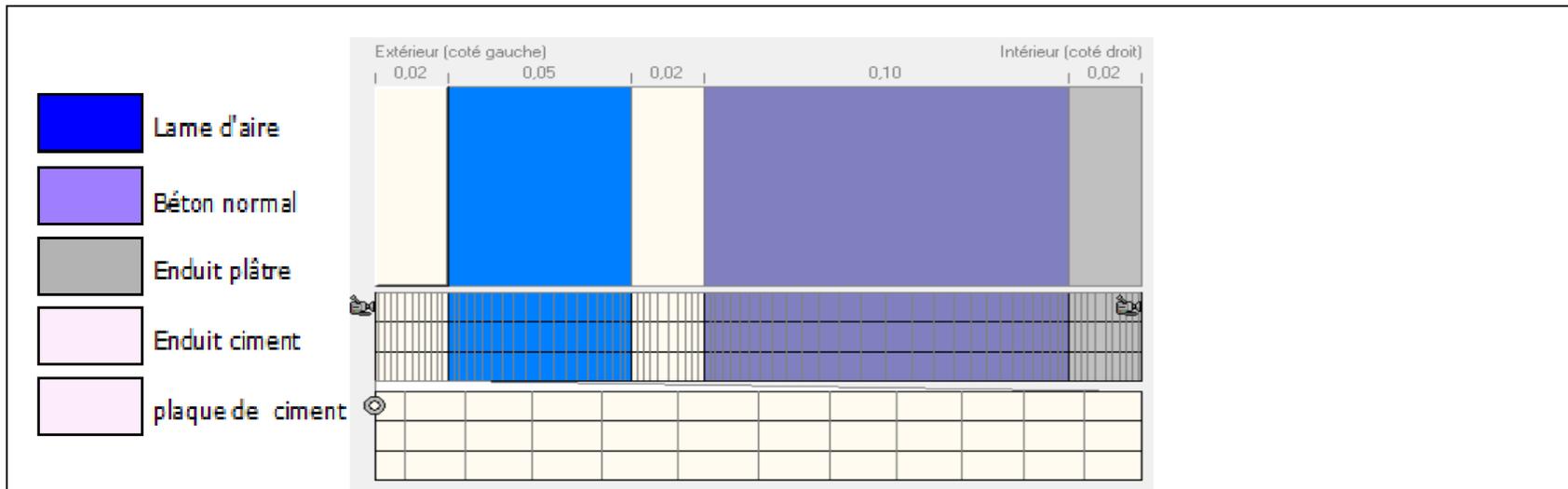


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

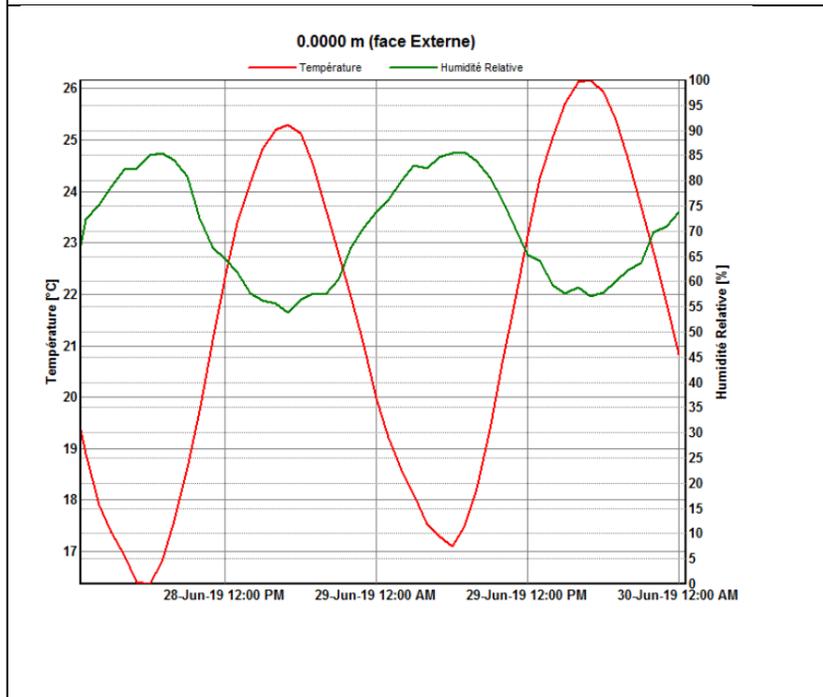


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

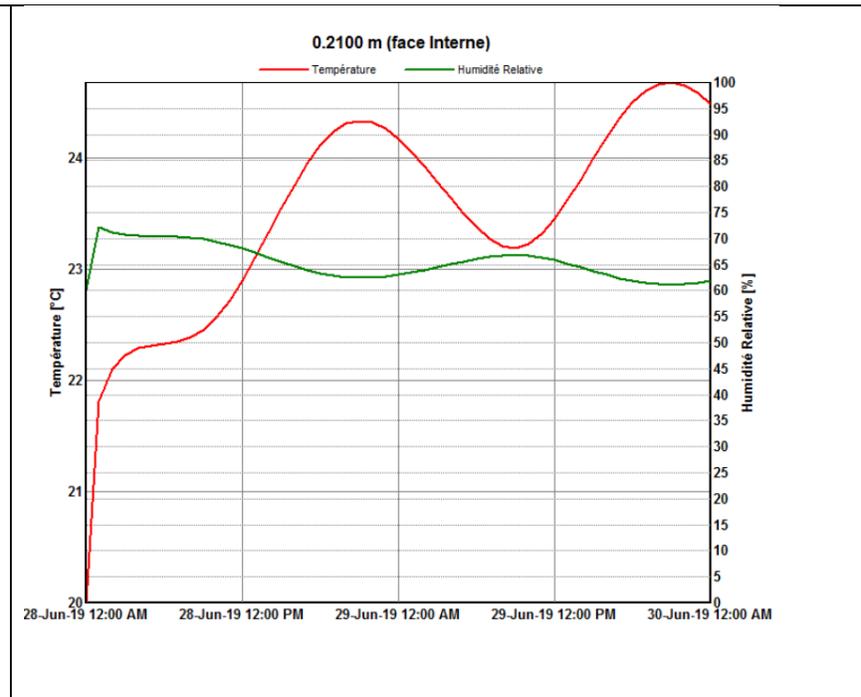
VARIANTE N° 5: LAME D’AIR extérieur EP= 5 cm



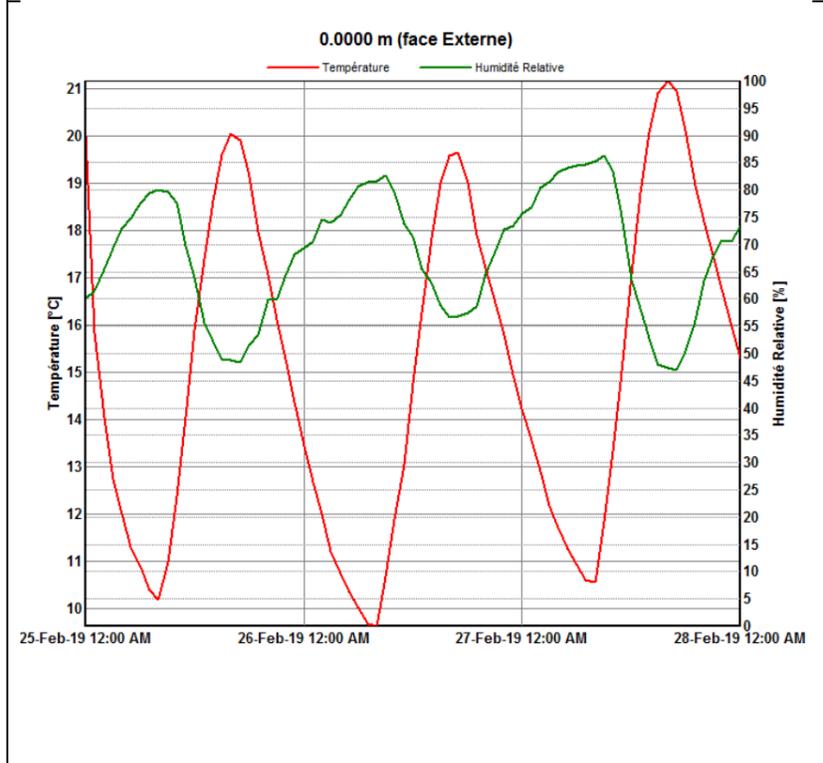
La figure de la variante (composition de la paroi)



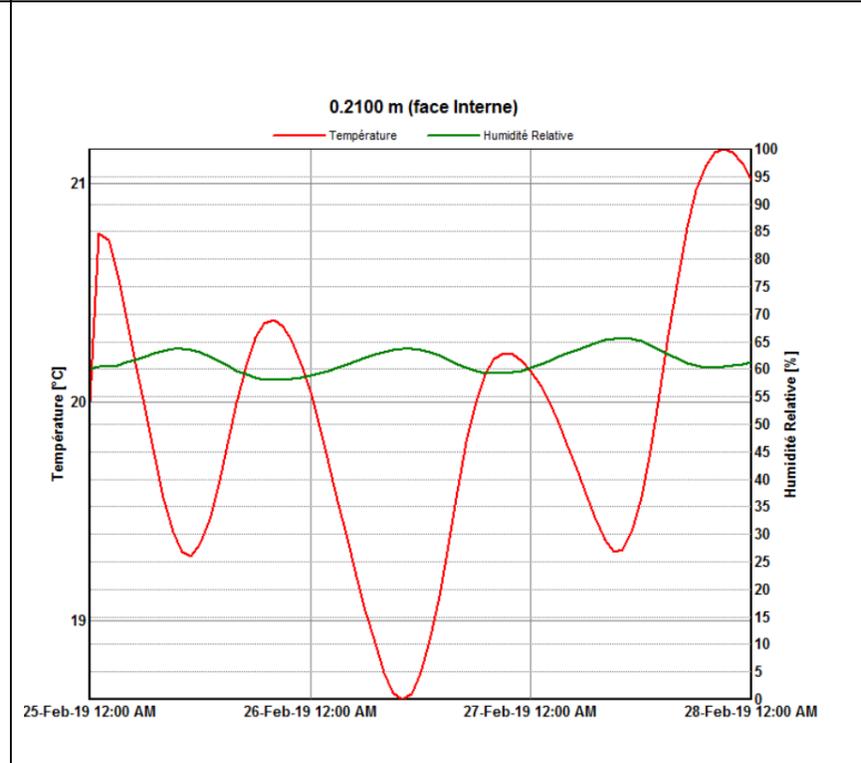
La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

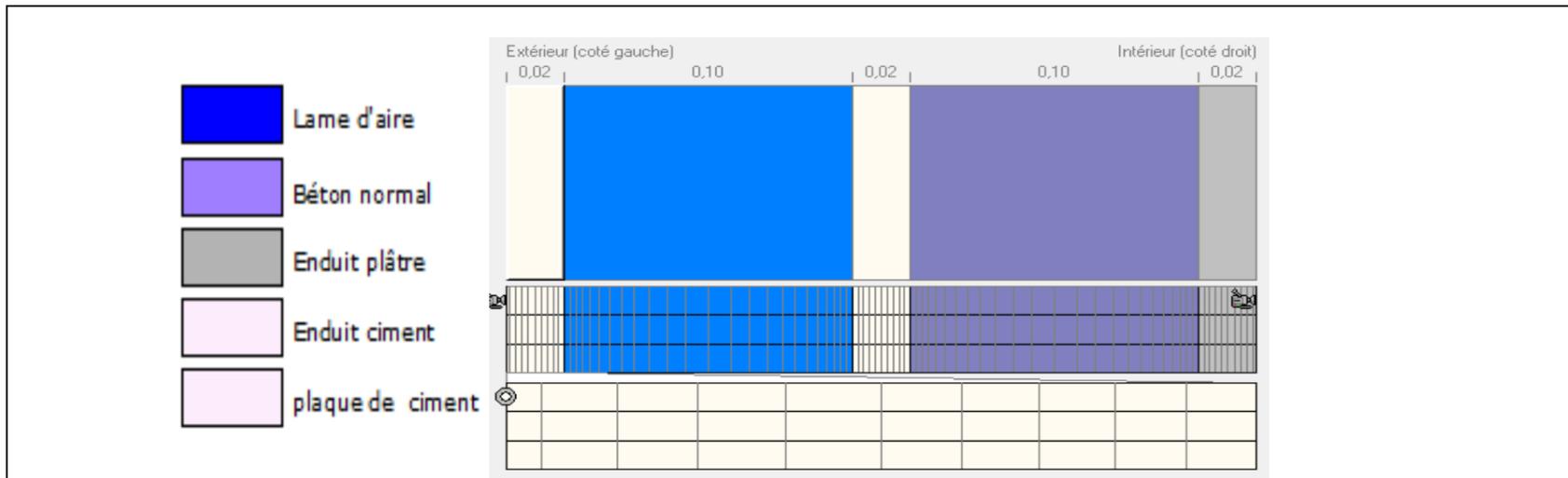


La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

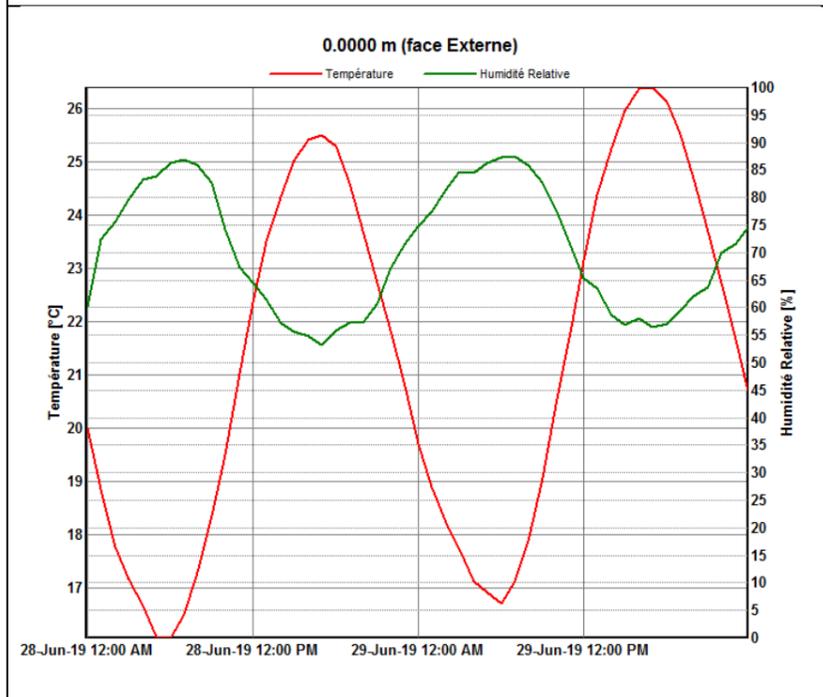


La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

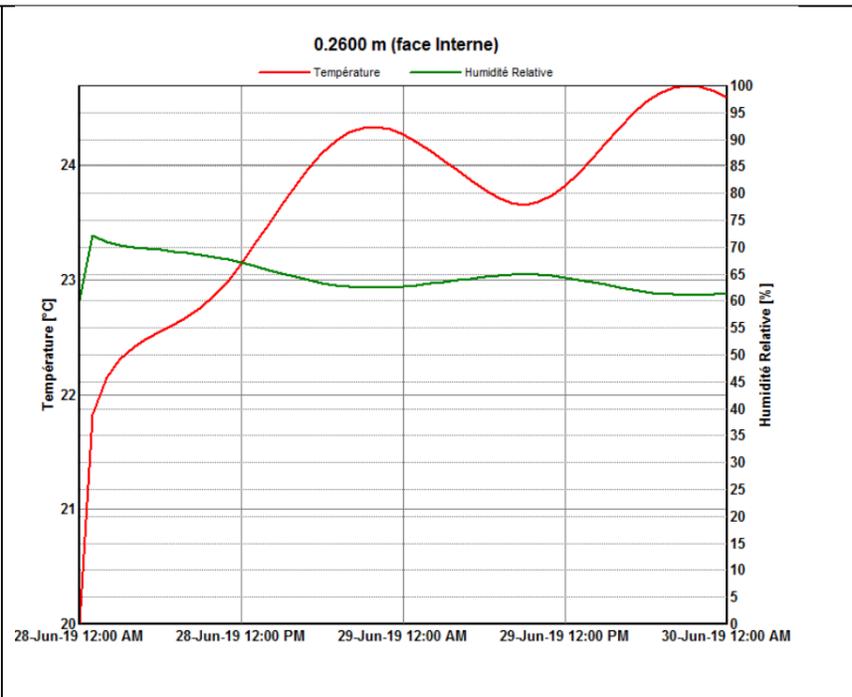
VARIANTE N° 6: LAME D'AIR extérieur EP= 10 cm



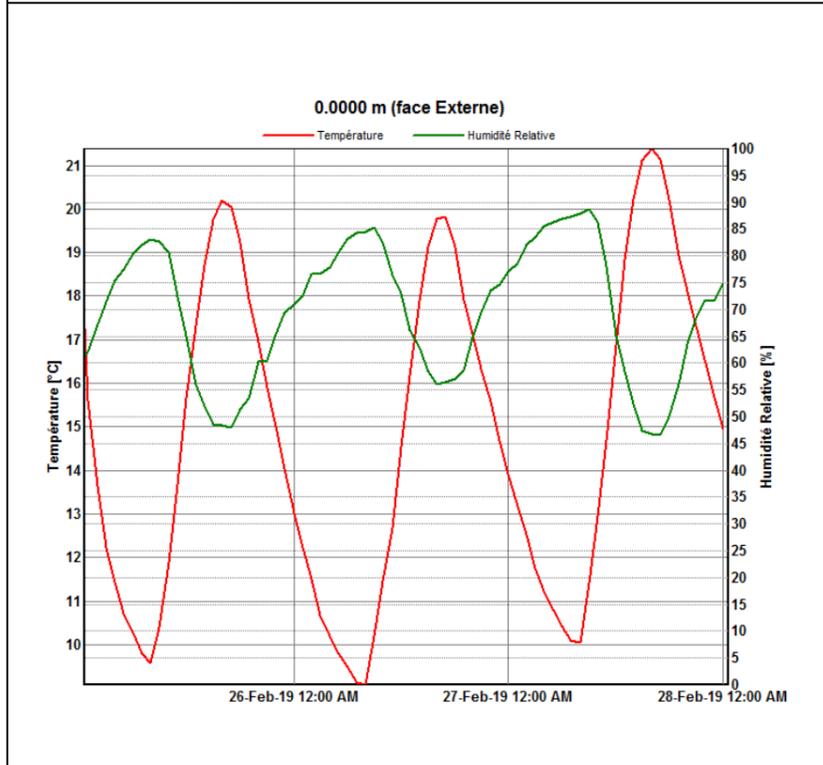
La figure de la variante (composition de la paroi)



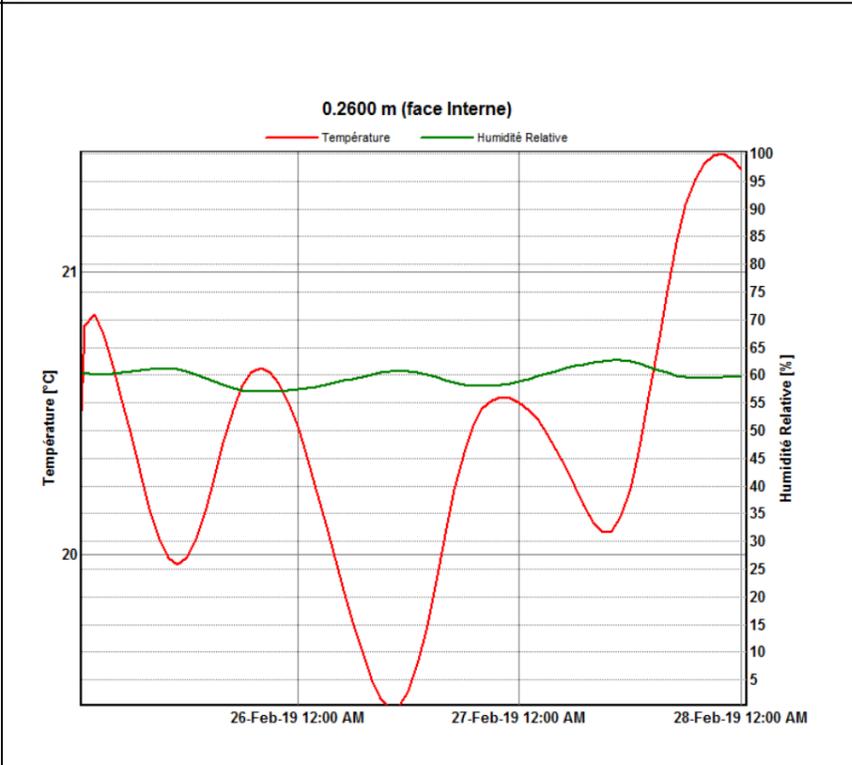
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

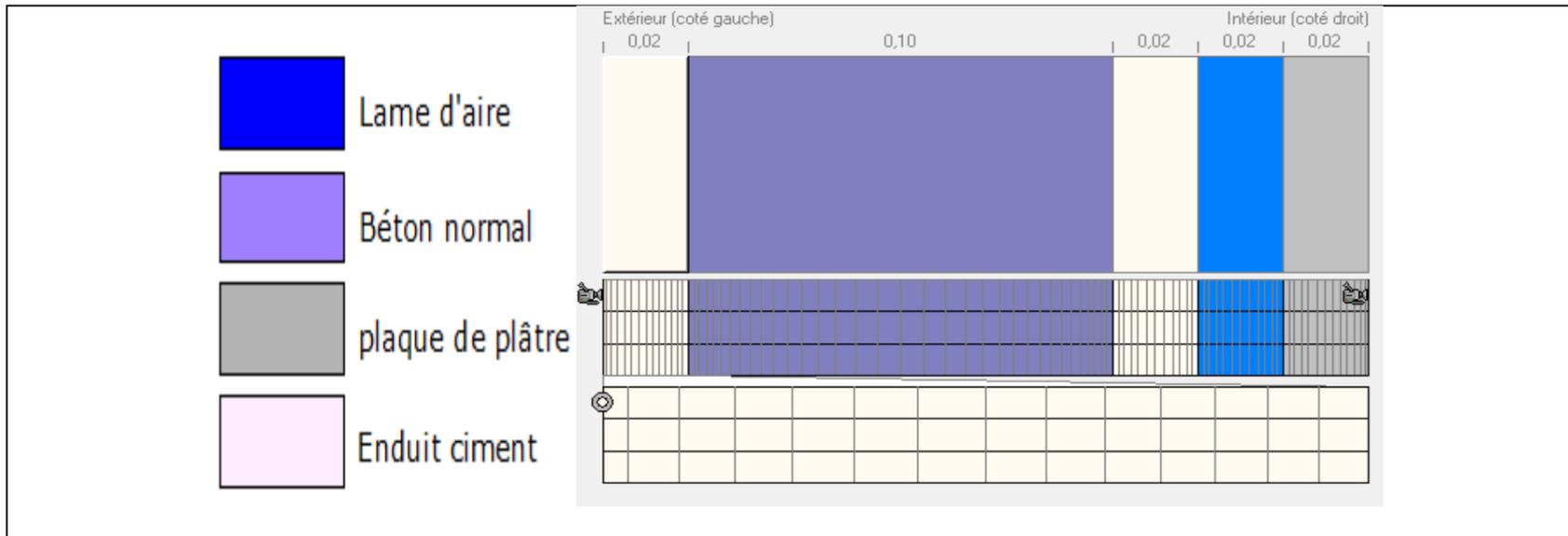


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

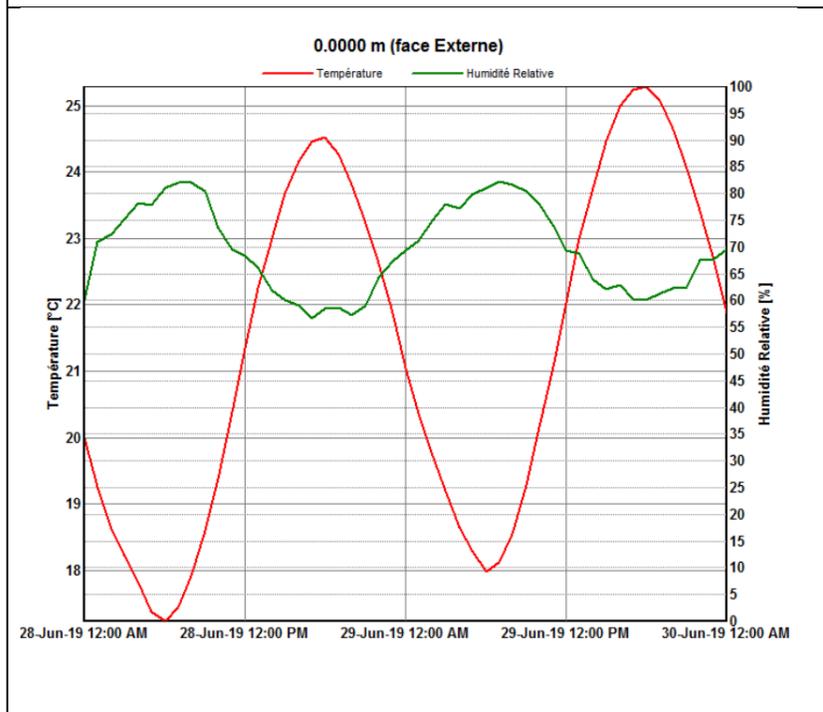


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

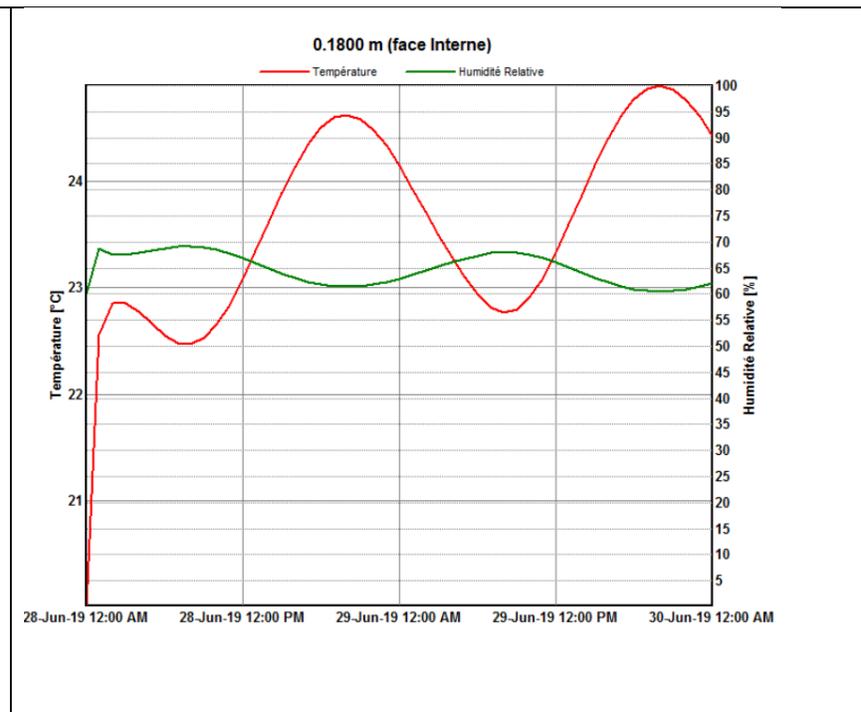
VARIANTE N° 7: LAME D'AIR intérieur EP= 2 cm



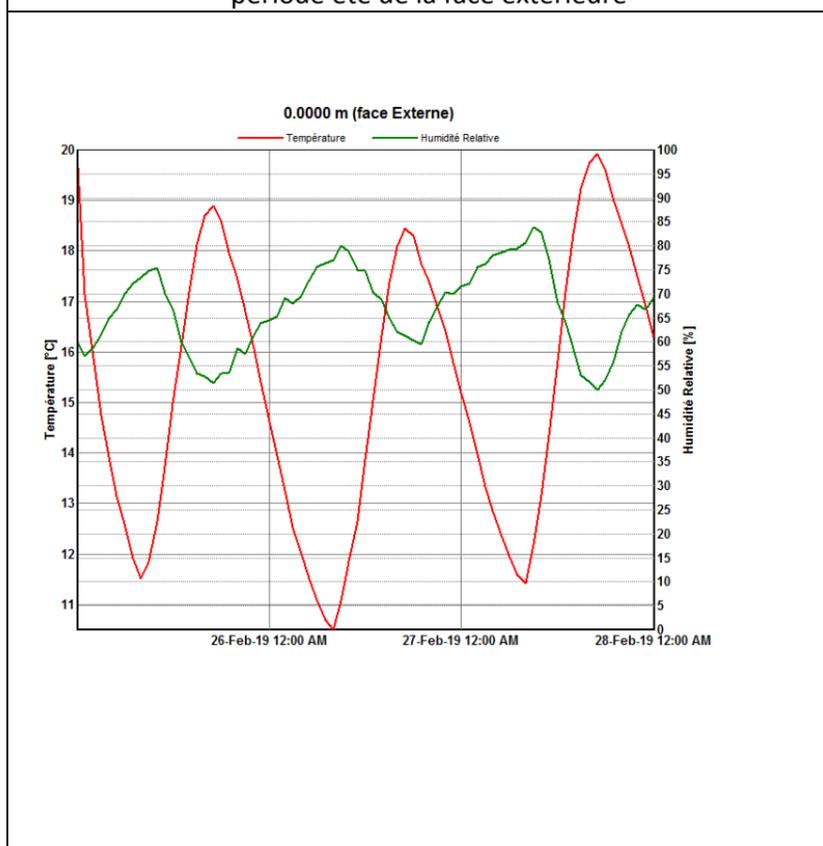
La figure de la variante (composition de la paroi)



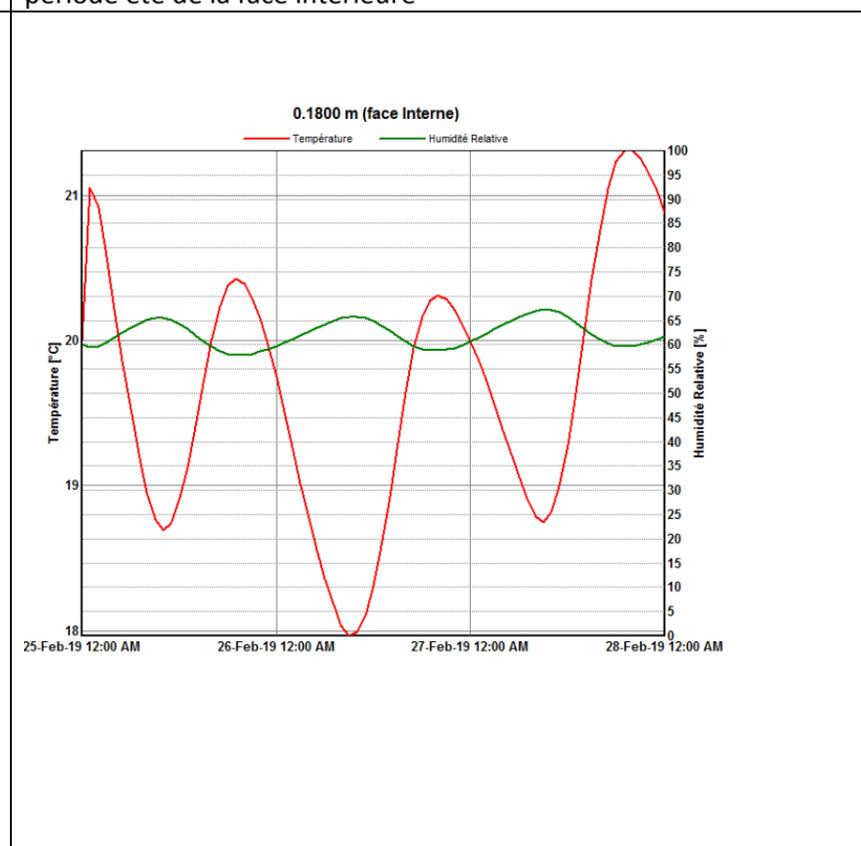
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

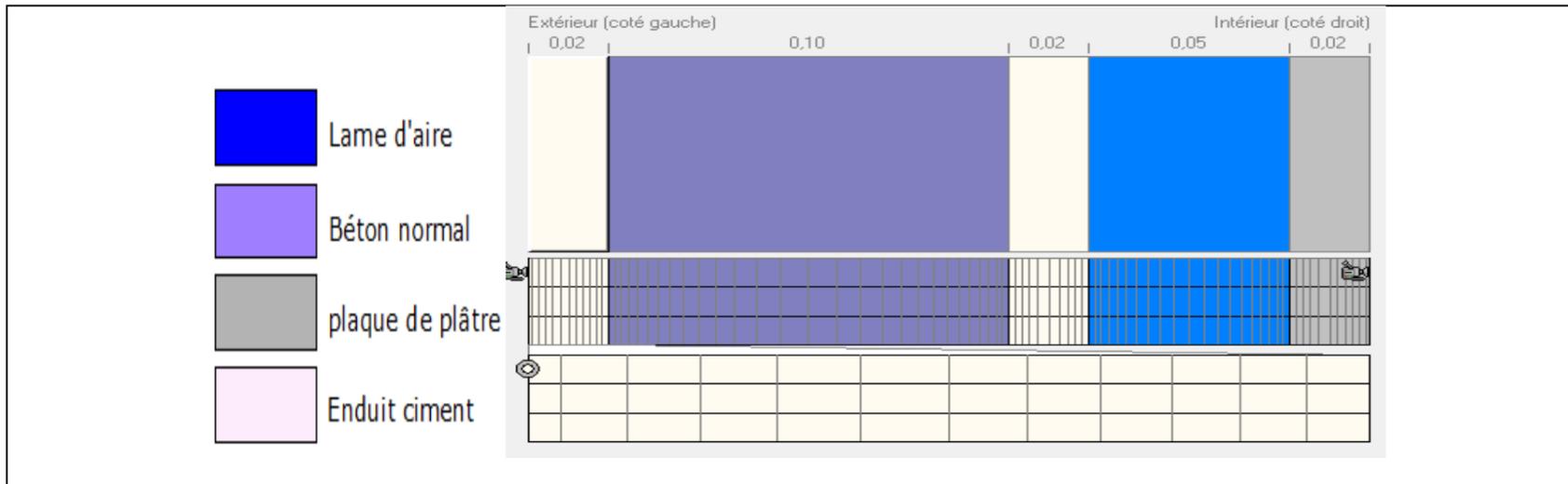


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

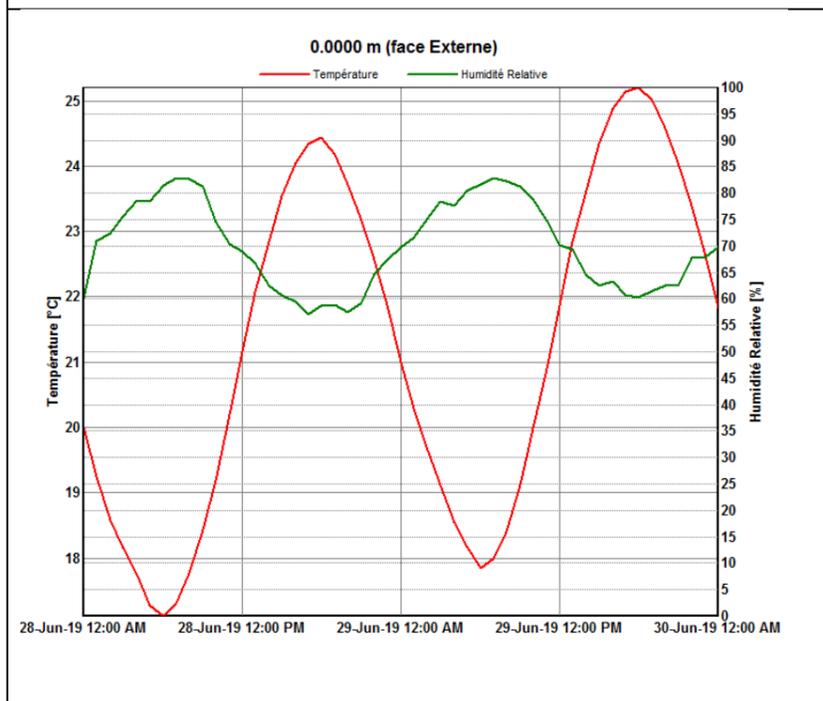


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

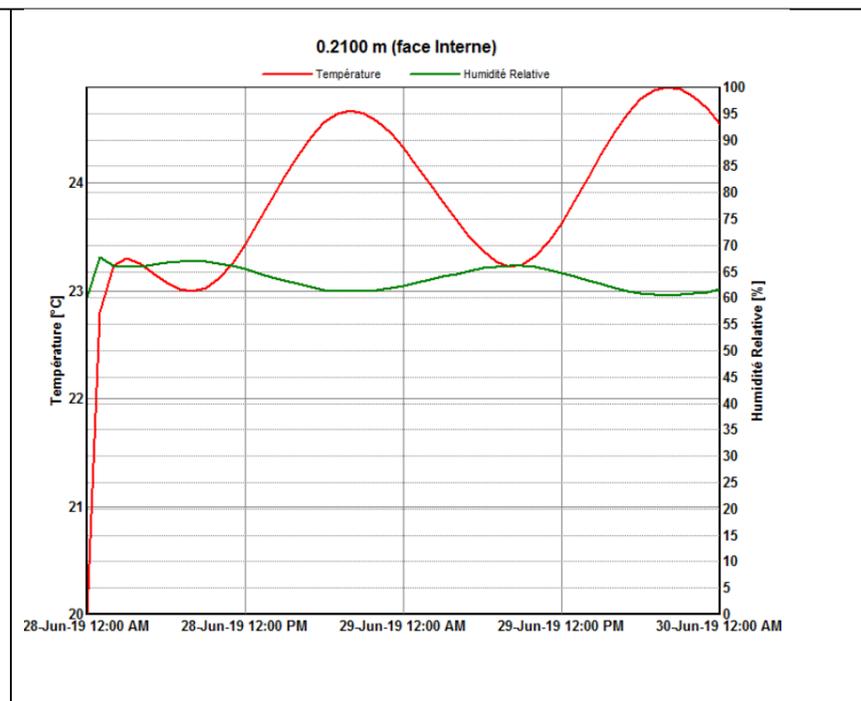
VARIANTE N° 8: LAME D'AIR intérieur EP= 5 cm



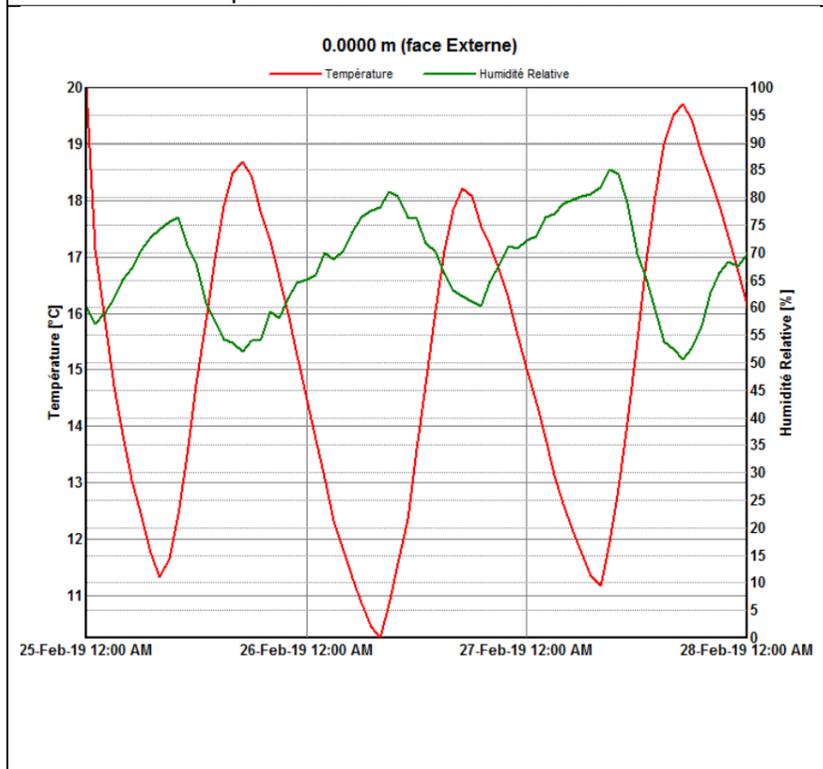
La figure de la variante (composition de la paroi)



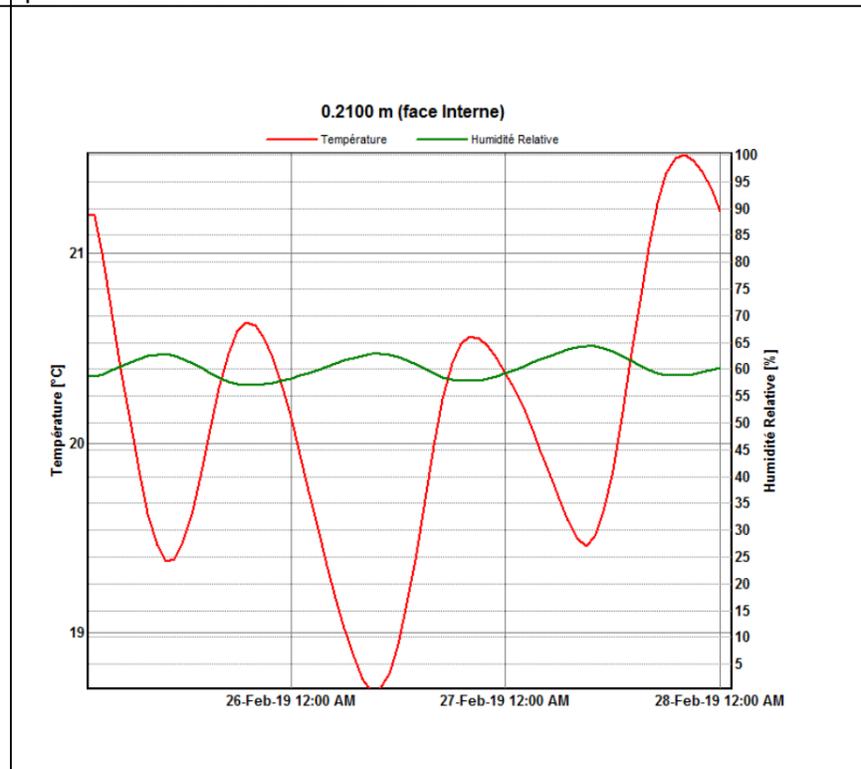
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

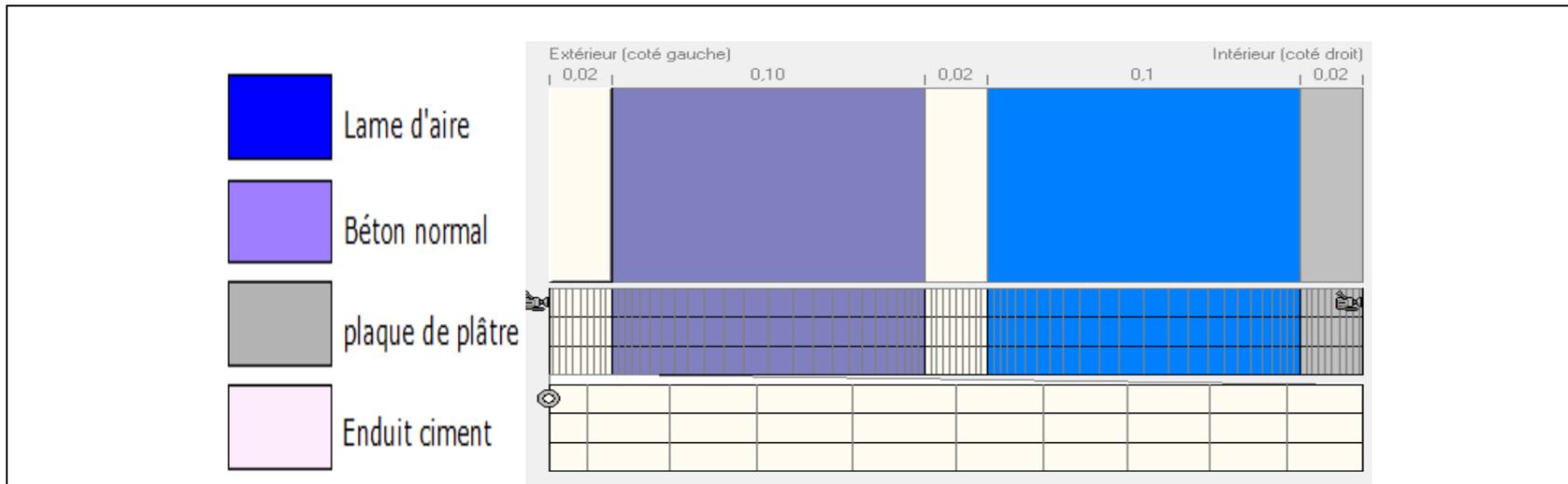


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

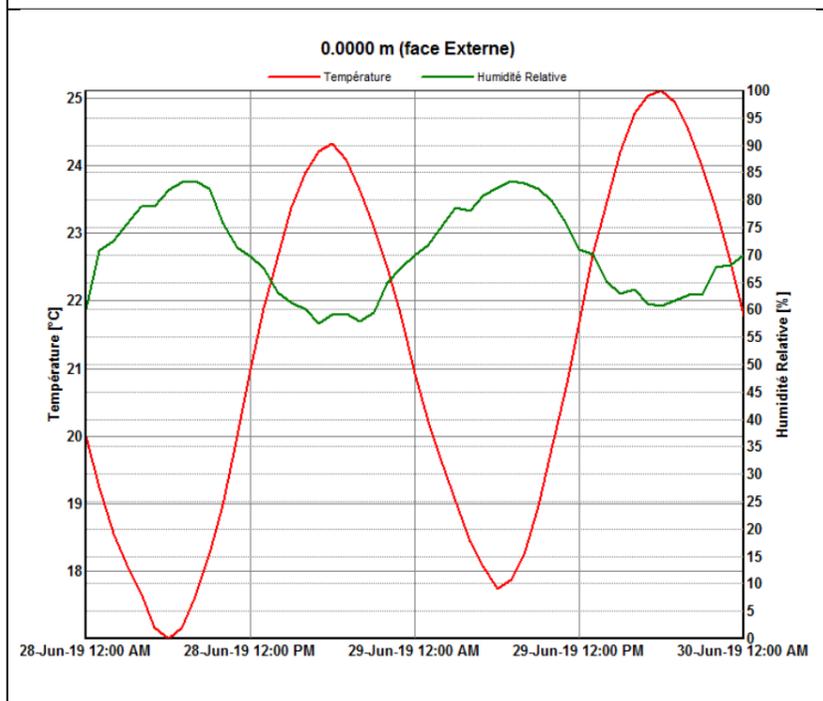


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

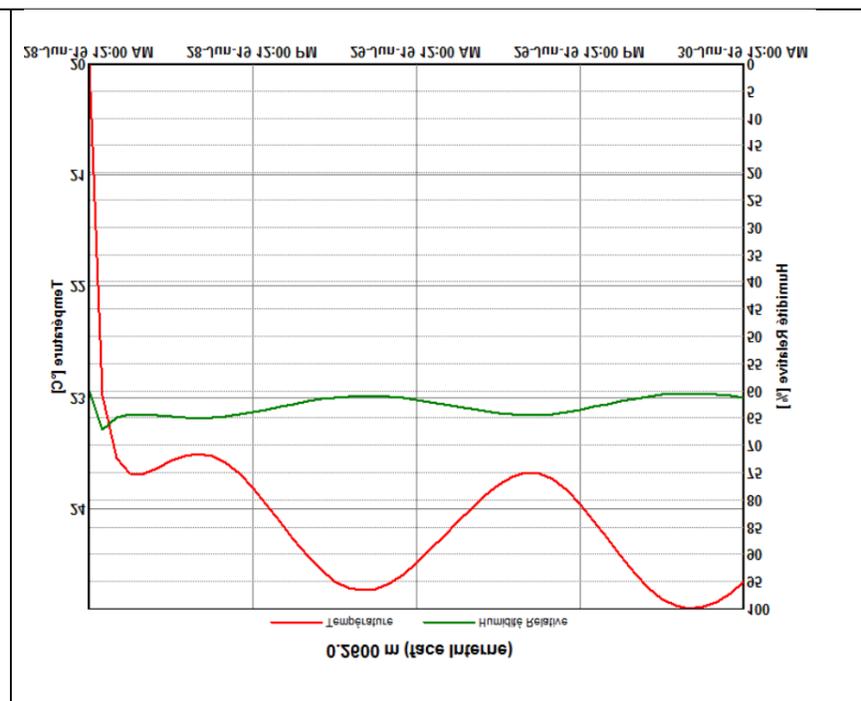
VARIANTE N° 9: LAME D’AIR intérieur EP=10 cm



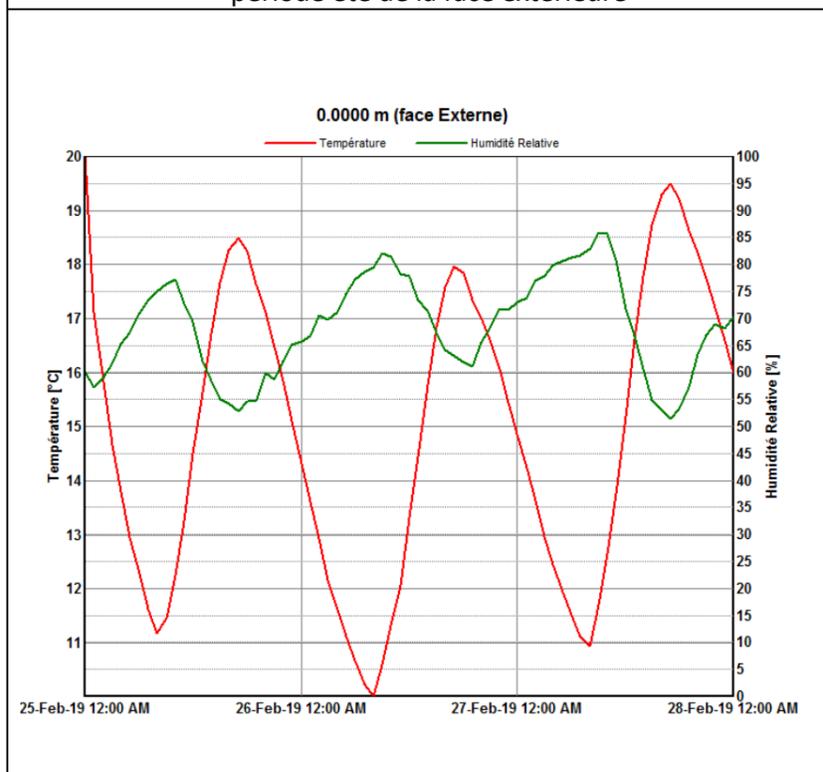
La figure de la variante (composition de la paroi)



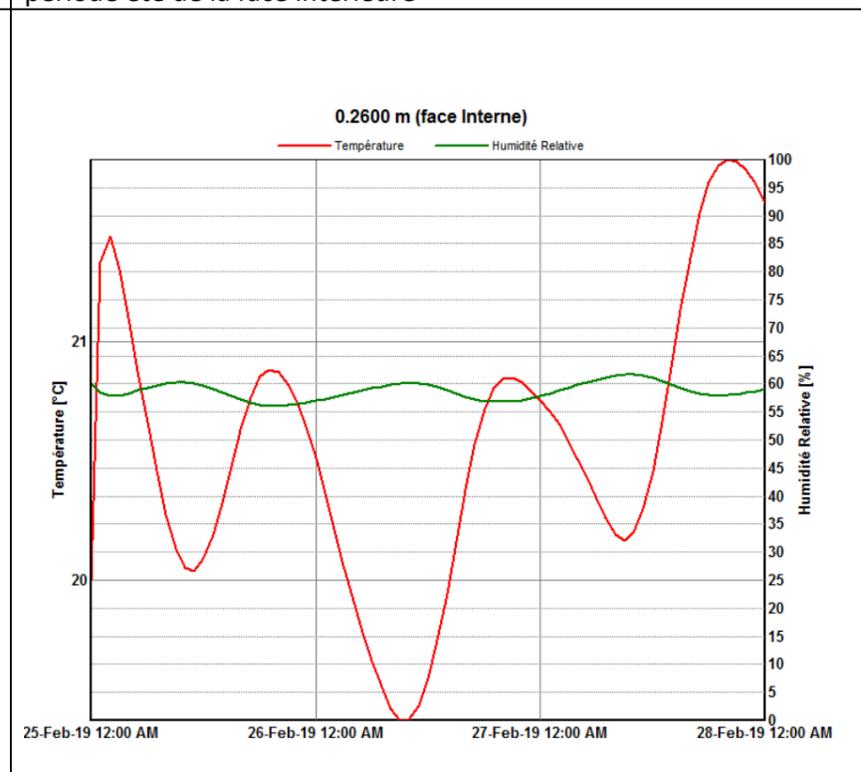
La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

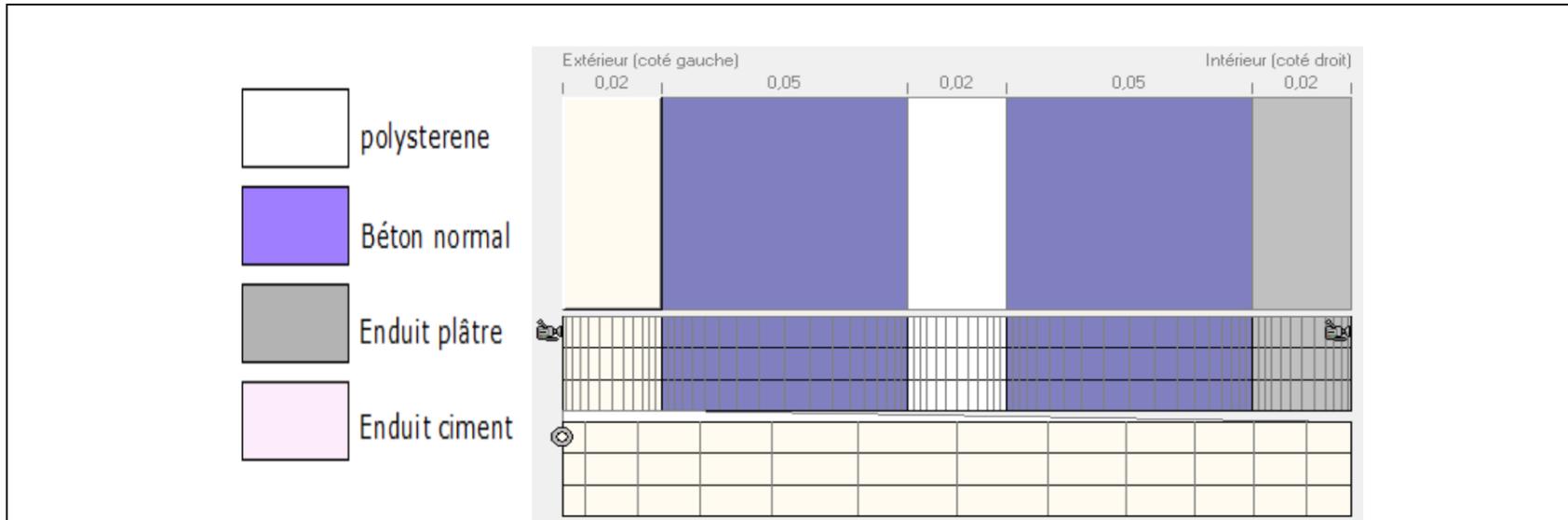


La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

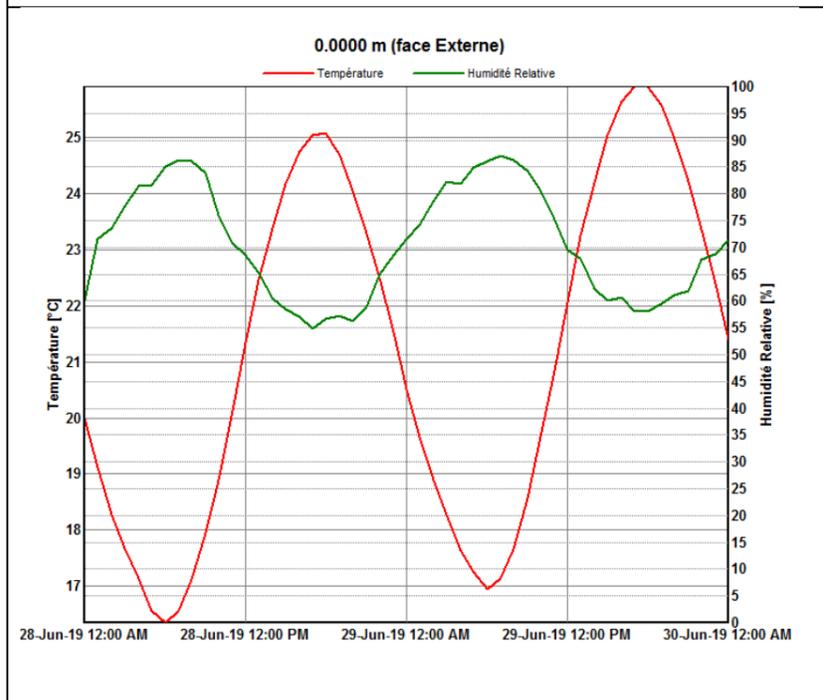


La température T air C ° et L’humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

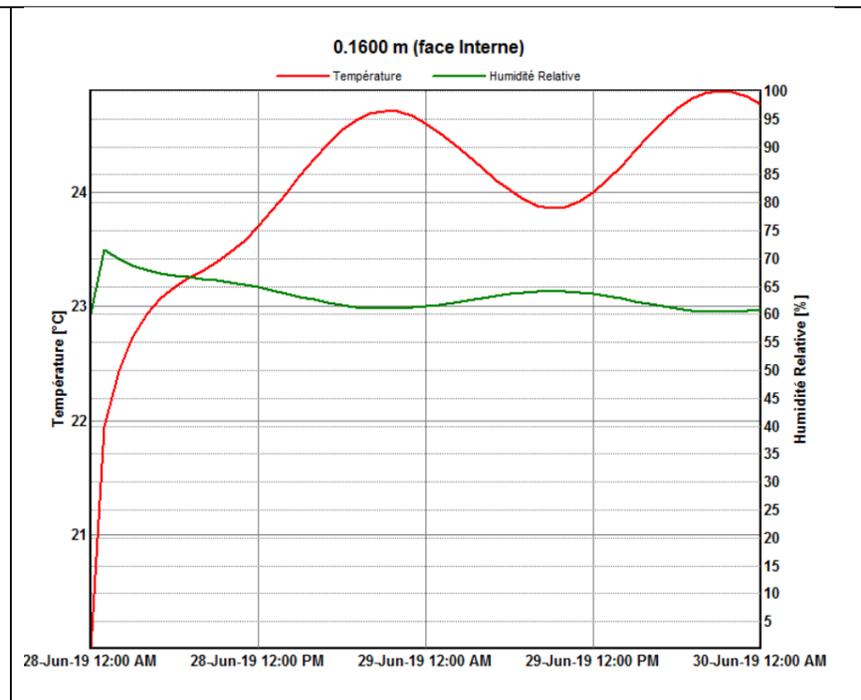
2eme cas VARIANTE N° 1: polystyrène extrudé EP=2 cm



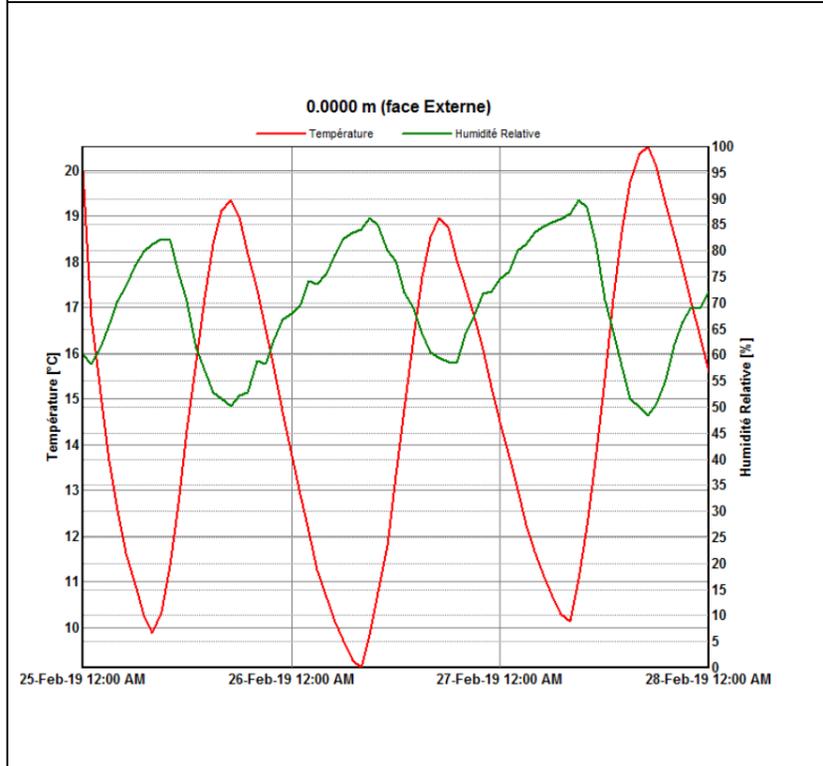
La figure de la variante (composition de la paroi)



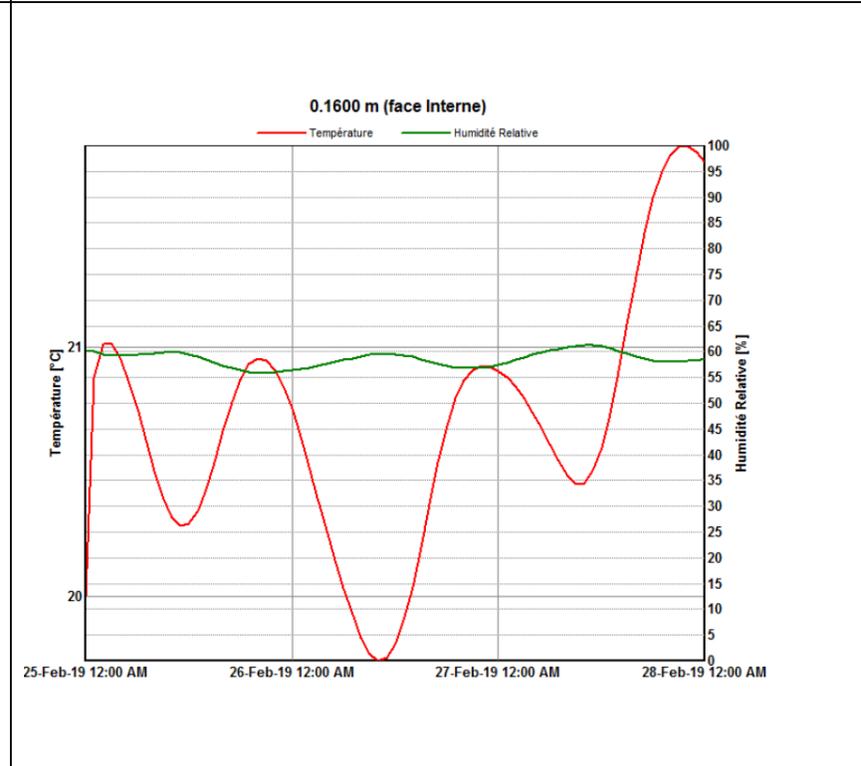
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

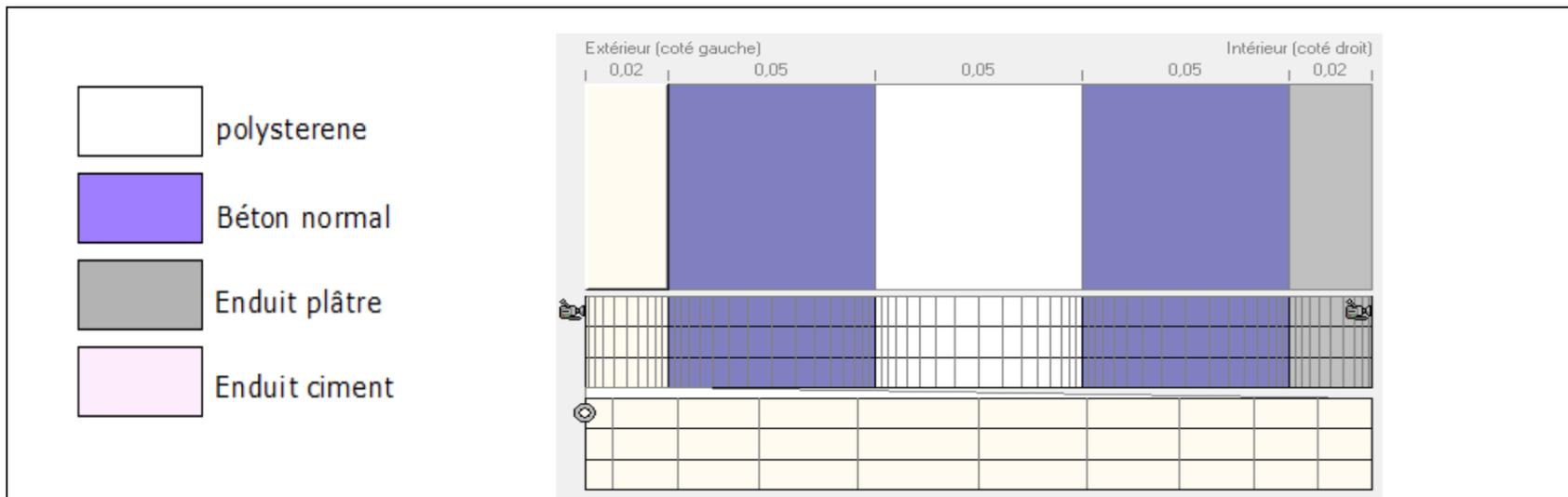


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

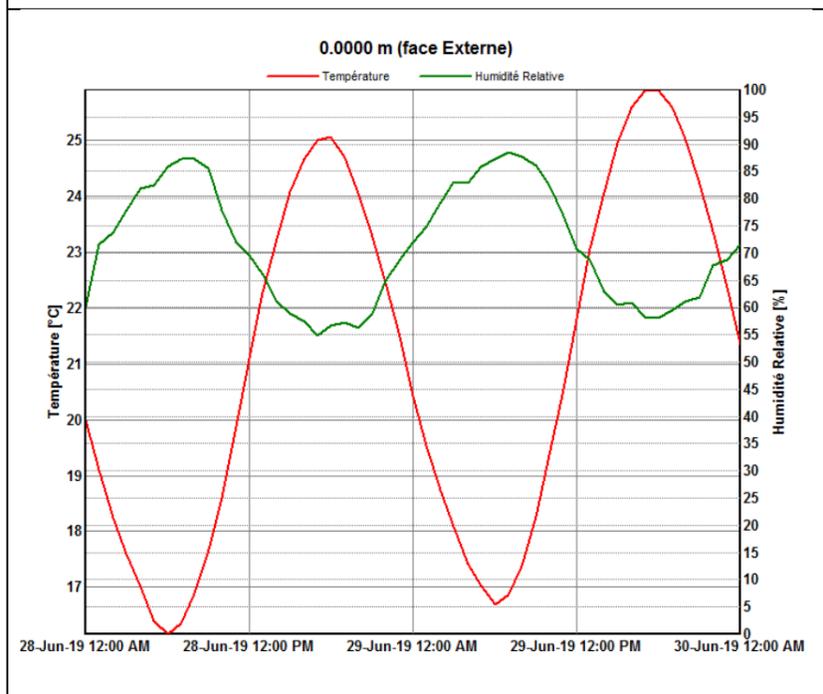


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

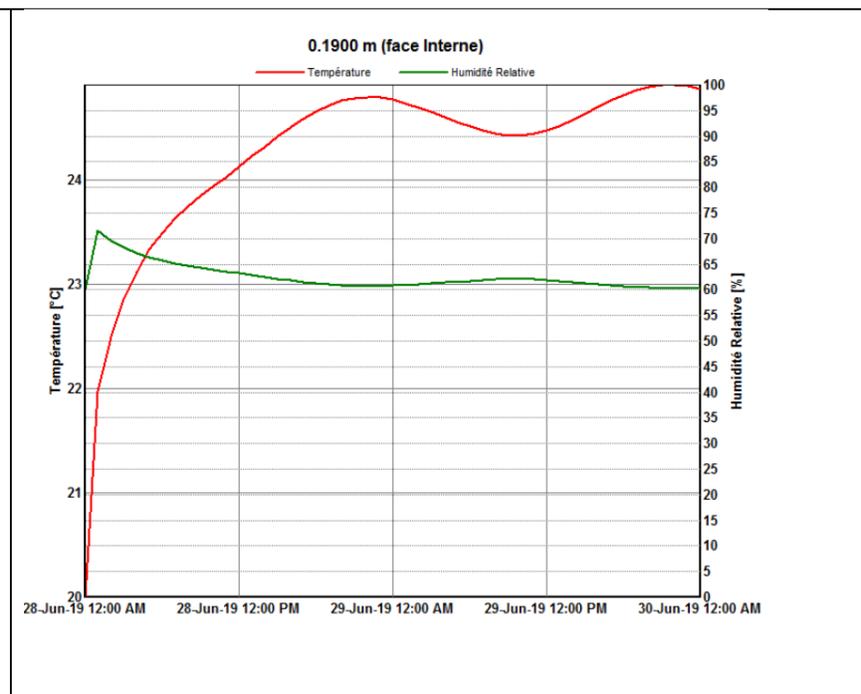
VARIANTE N° 2: polystyrène extrudé EP=5 cm



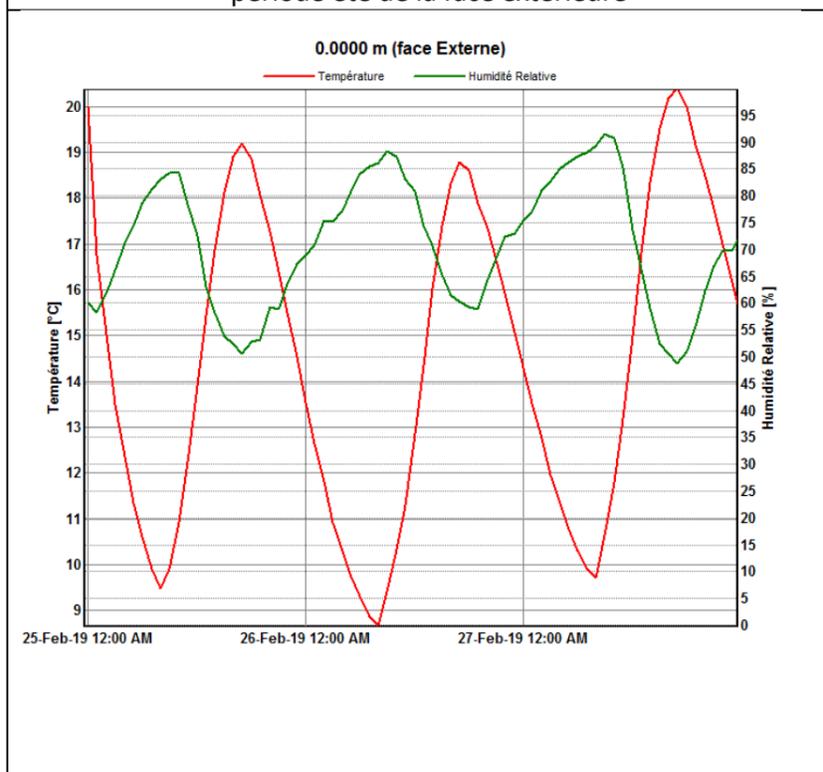
La figure de la variante (composition de la paroi)



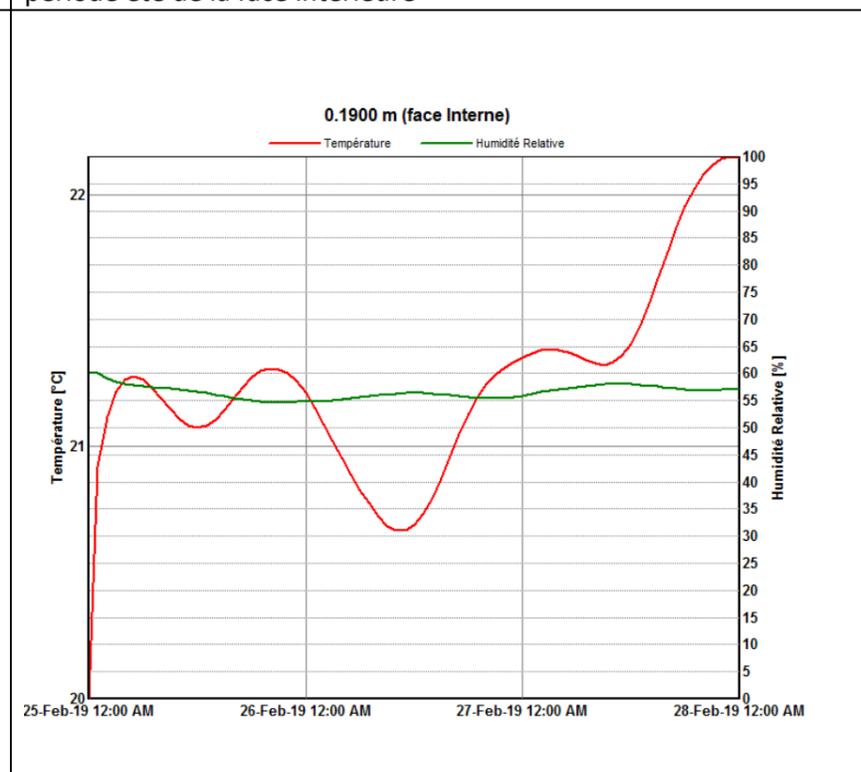
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

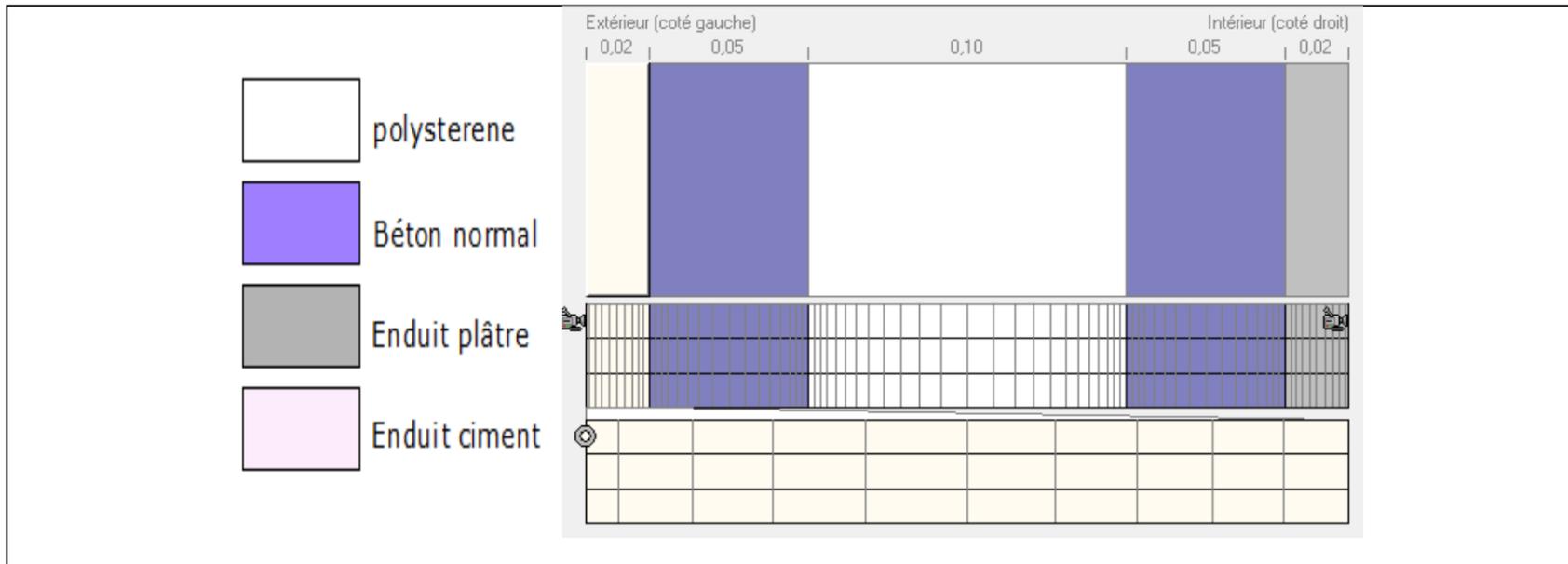


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

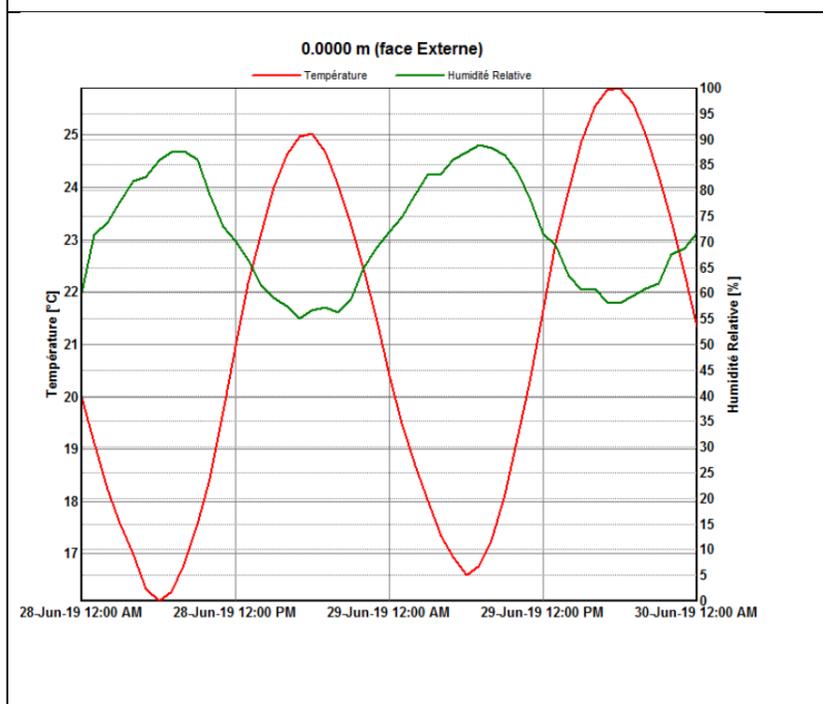


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

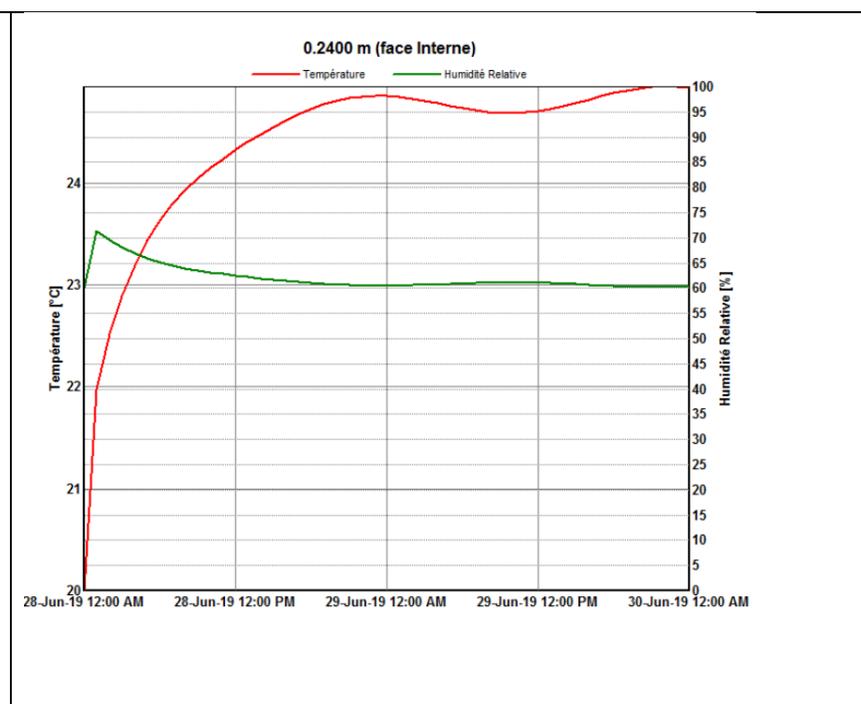
VARIANTE N° 3: polystyrène extrudé EP=10 cm



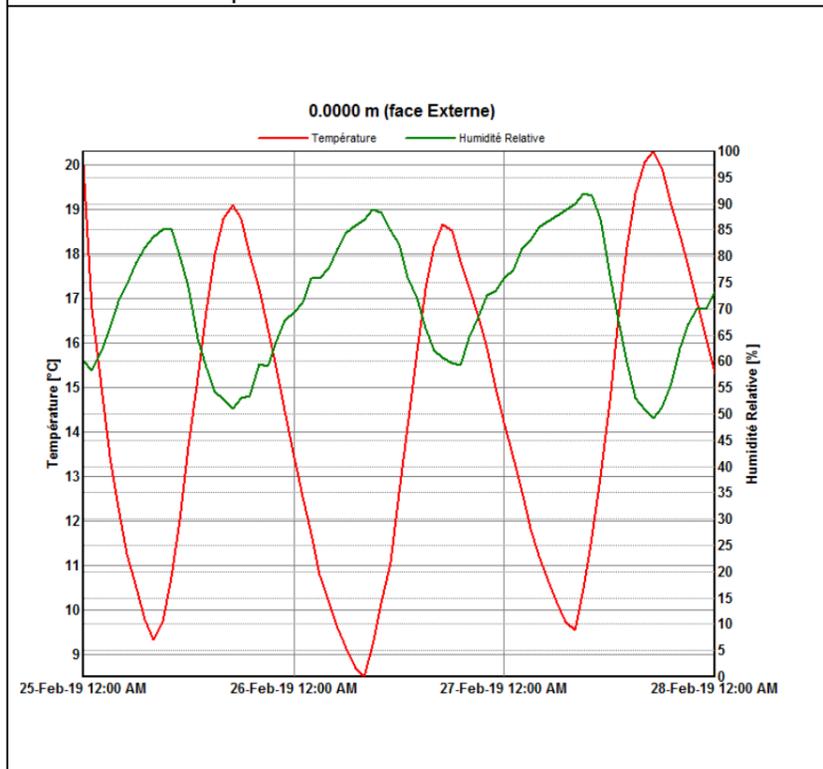
La figure de la variante (composition de la paroi)



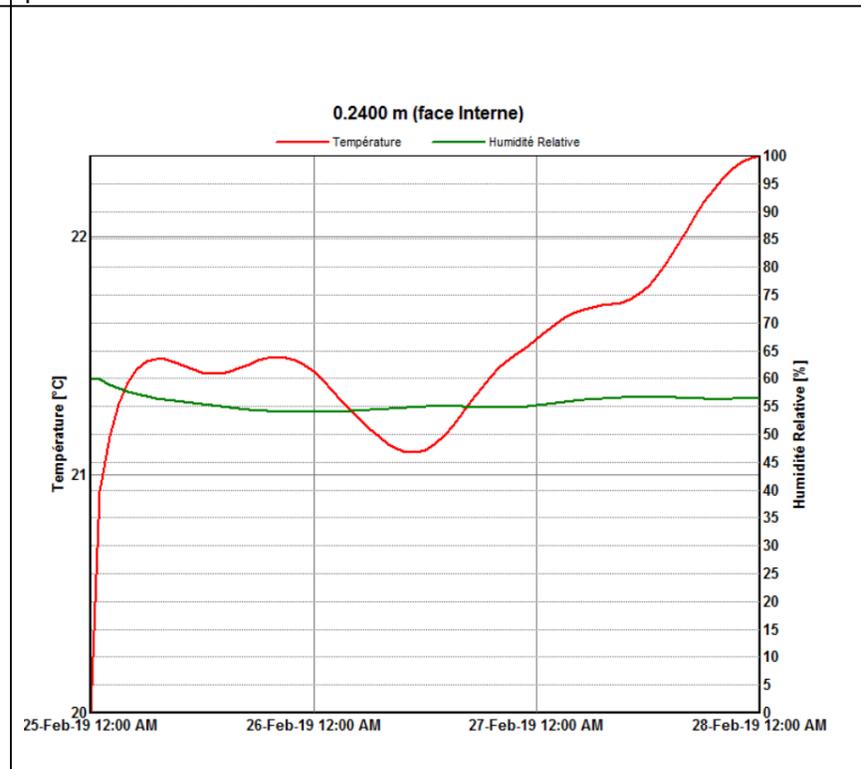
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

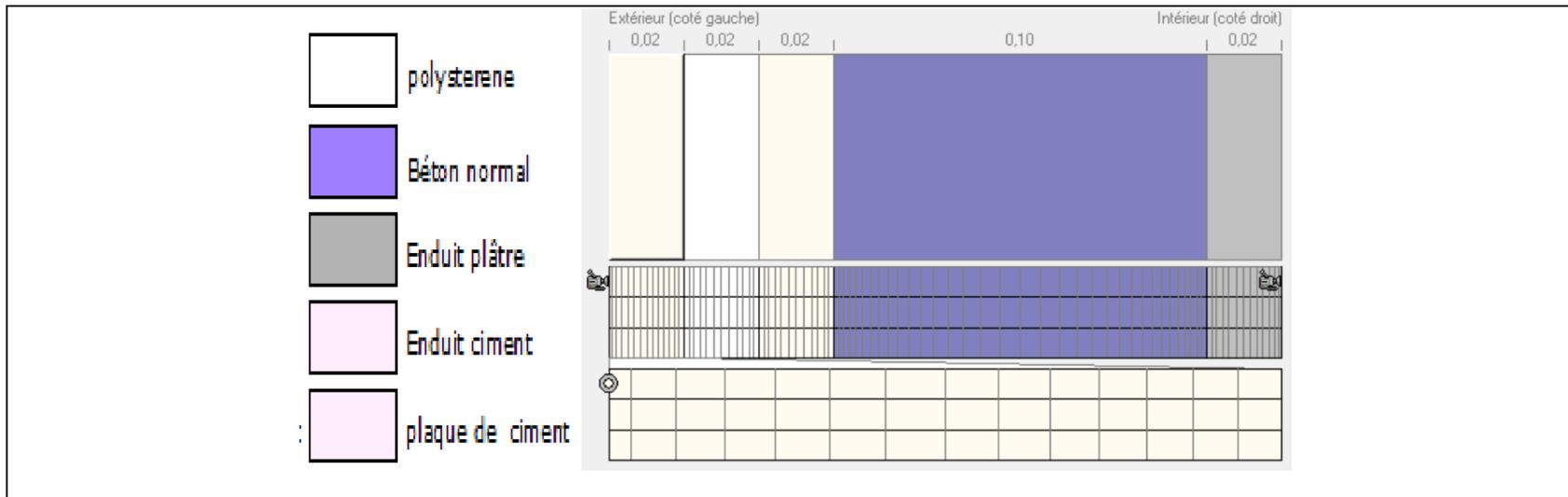


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

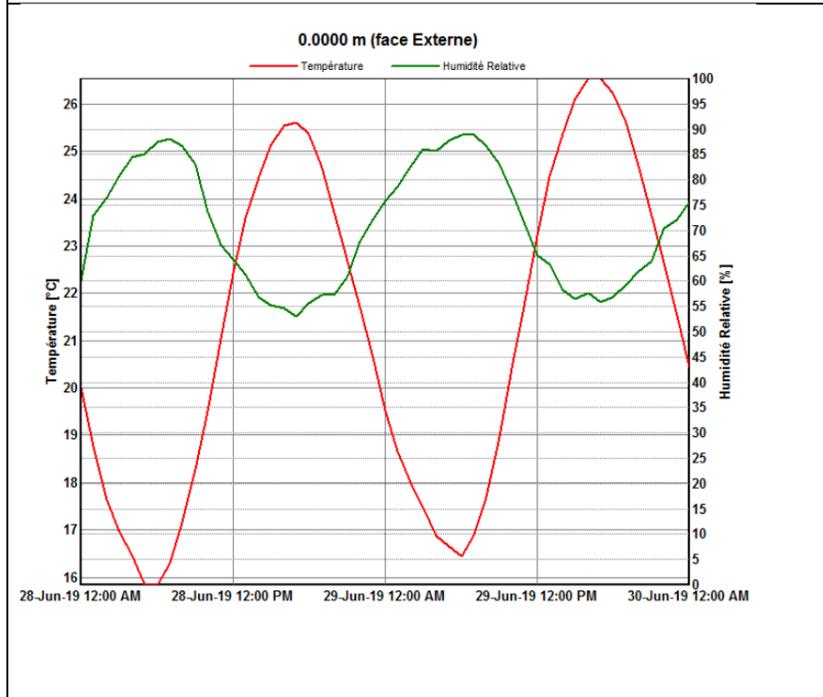


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

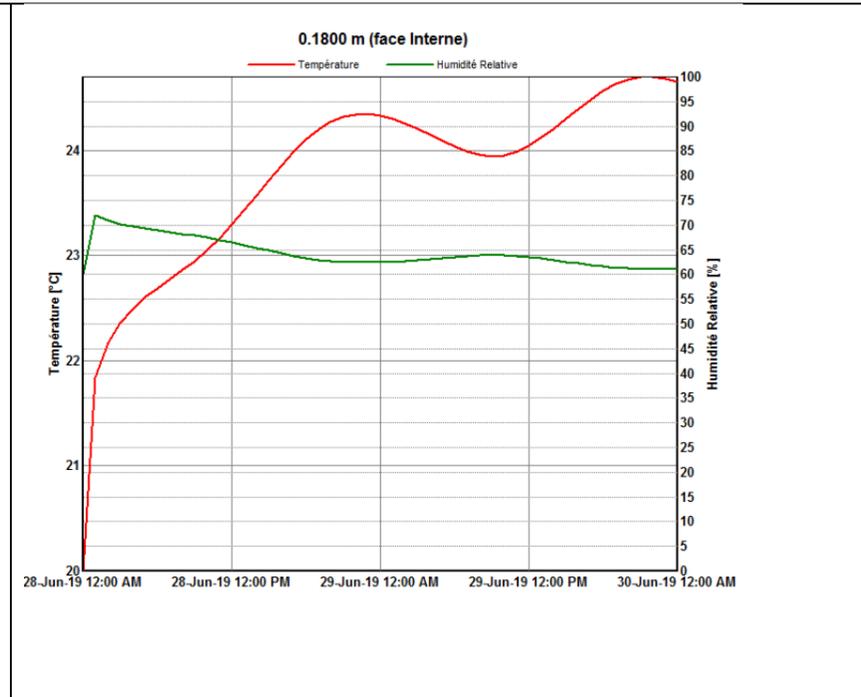
VARIANTE N° 4: polystyrène extrudé extérieur EP=2 cm



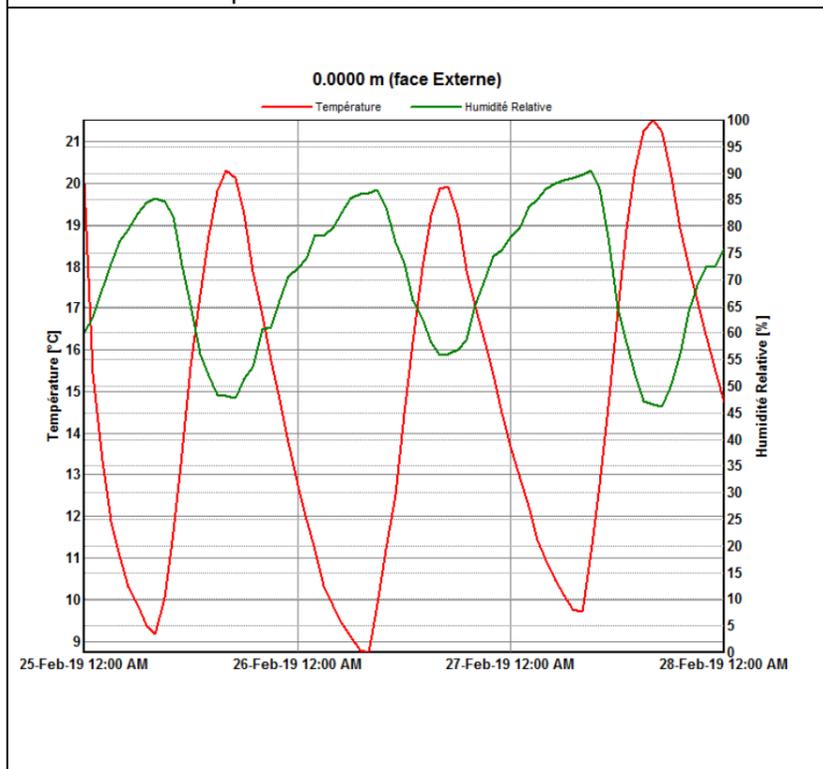
La figure de la variante (composition de la paroi)



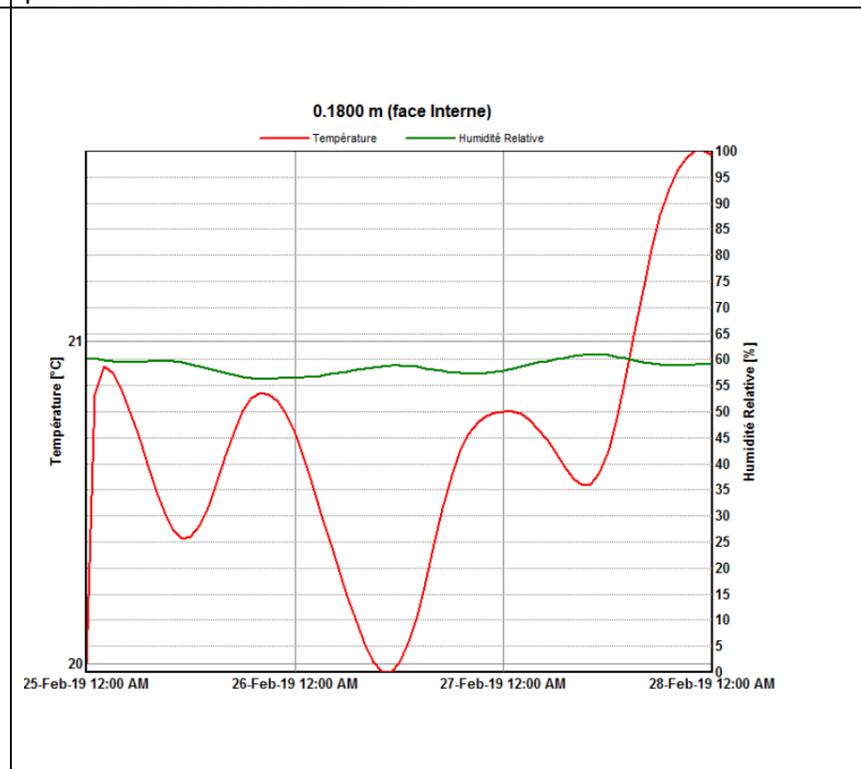
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

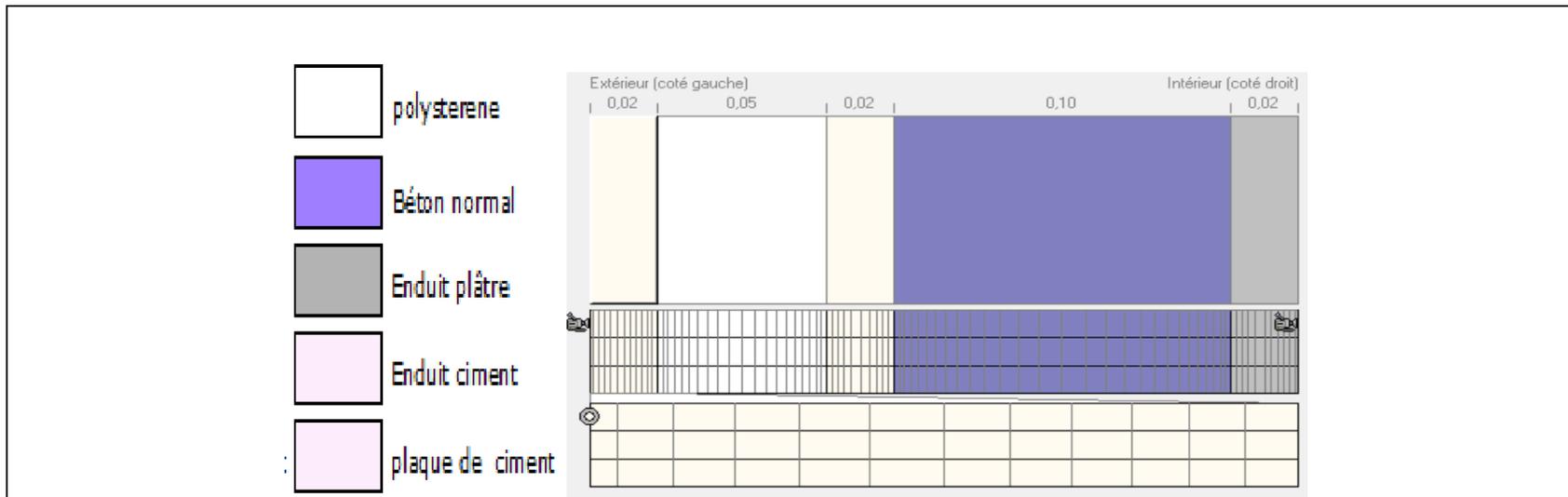


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

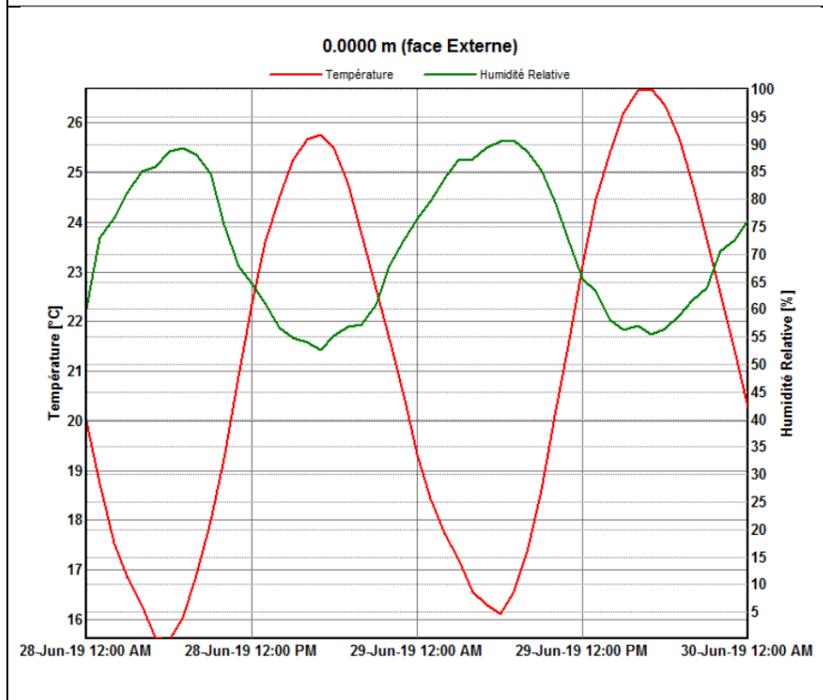


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

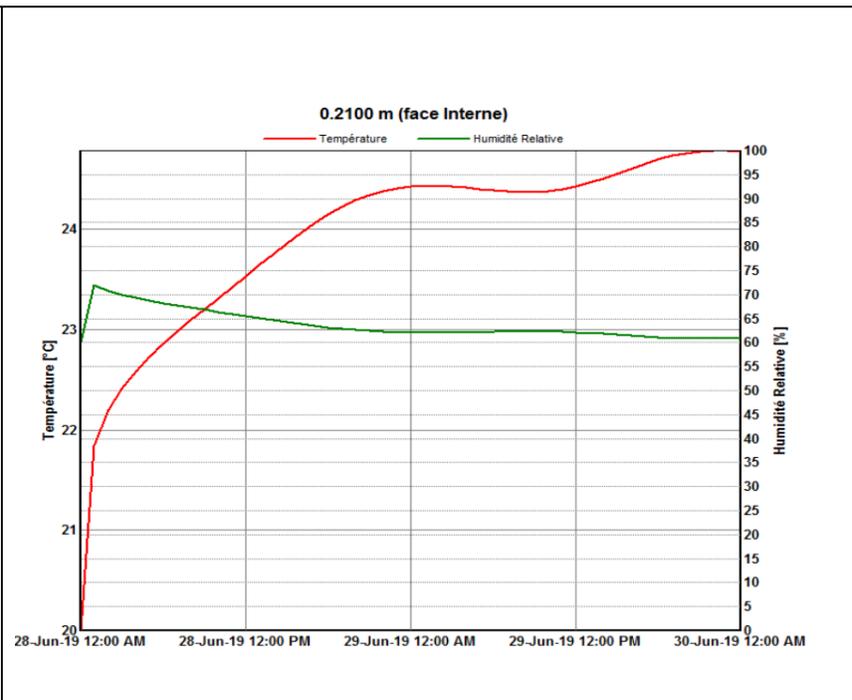
VARIANTE N° 5: polystyrène extrudé extérieur EP=5 cm



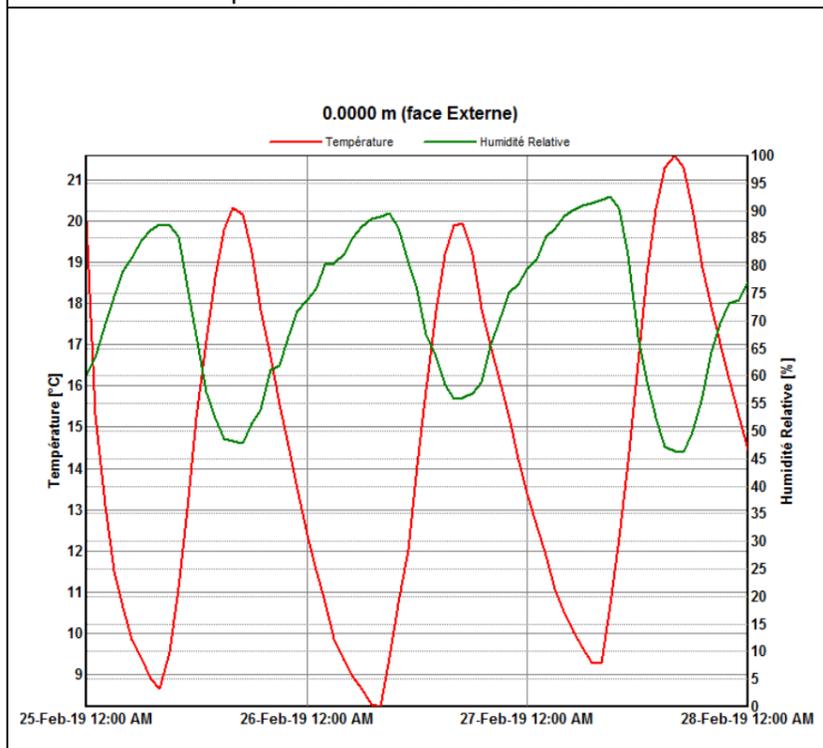
La figure de la variante (composition de la paroi)



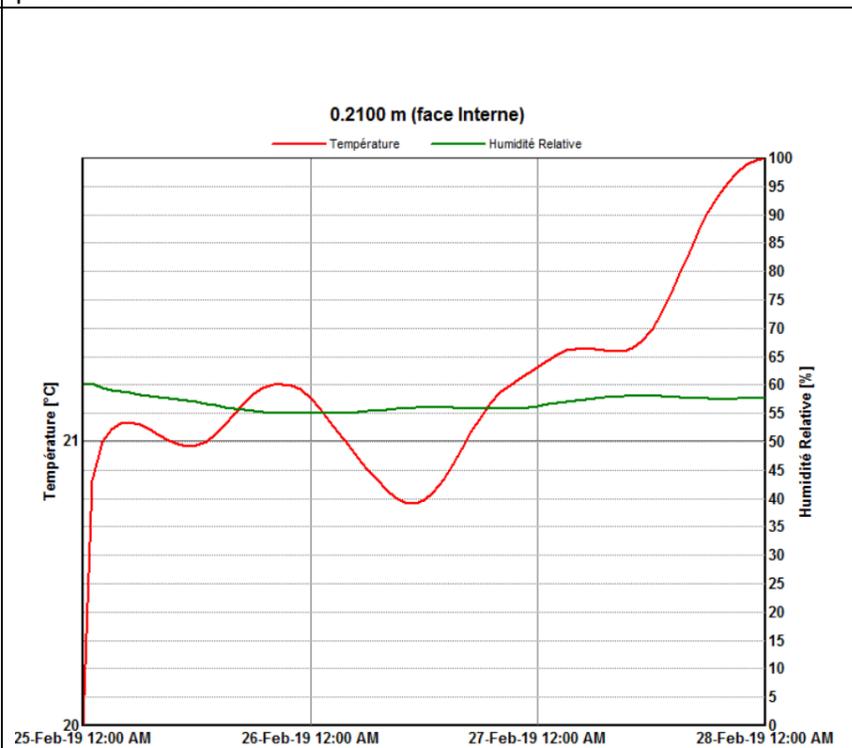
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

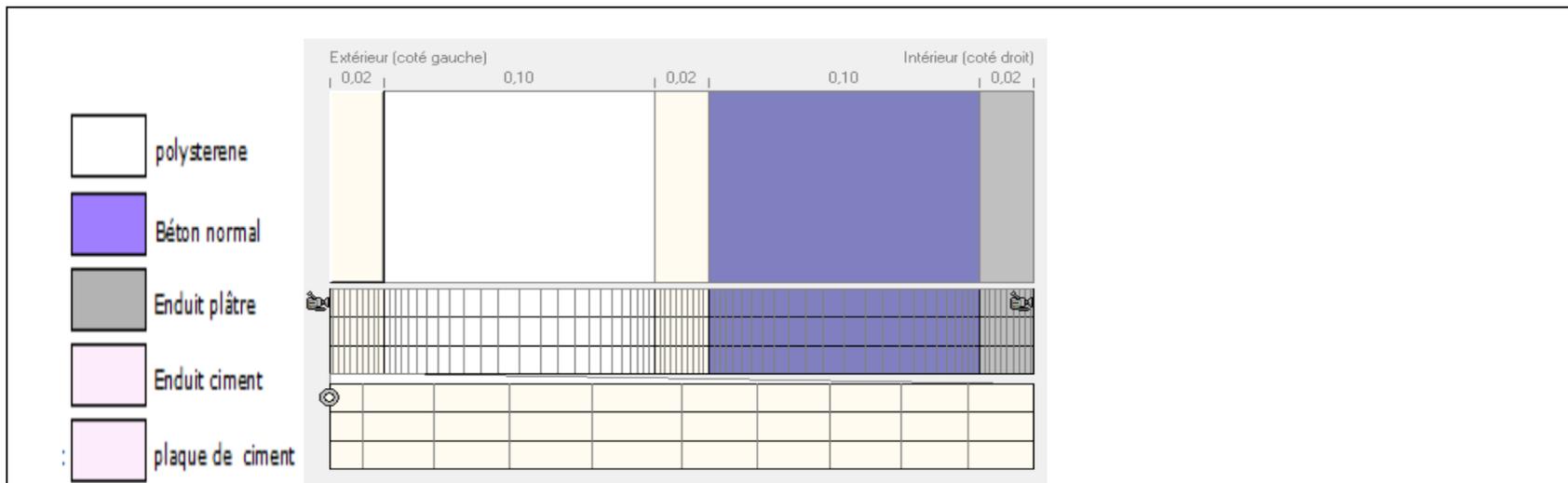


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

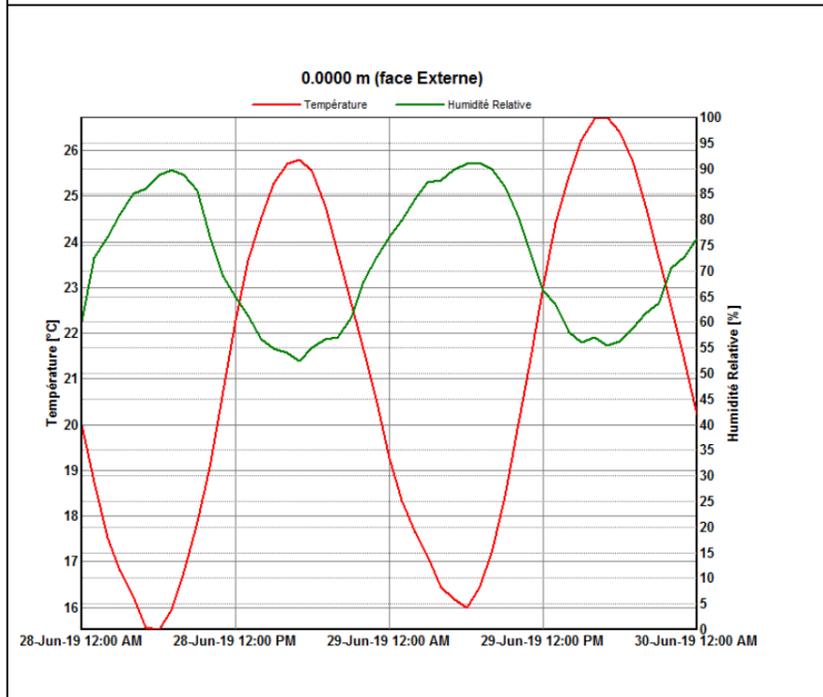


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

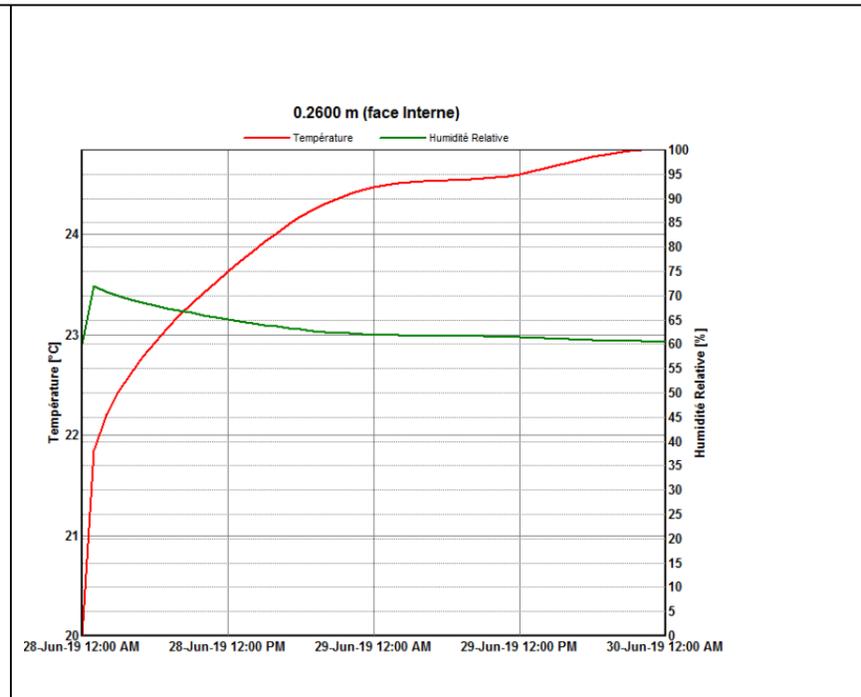
VARIANTE N° 6: polystyrène extrudé extérieur EP=10 cm



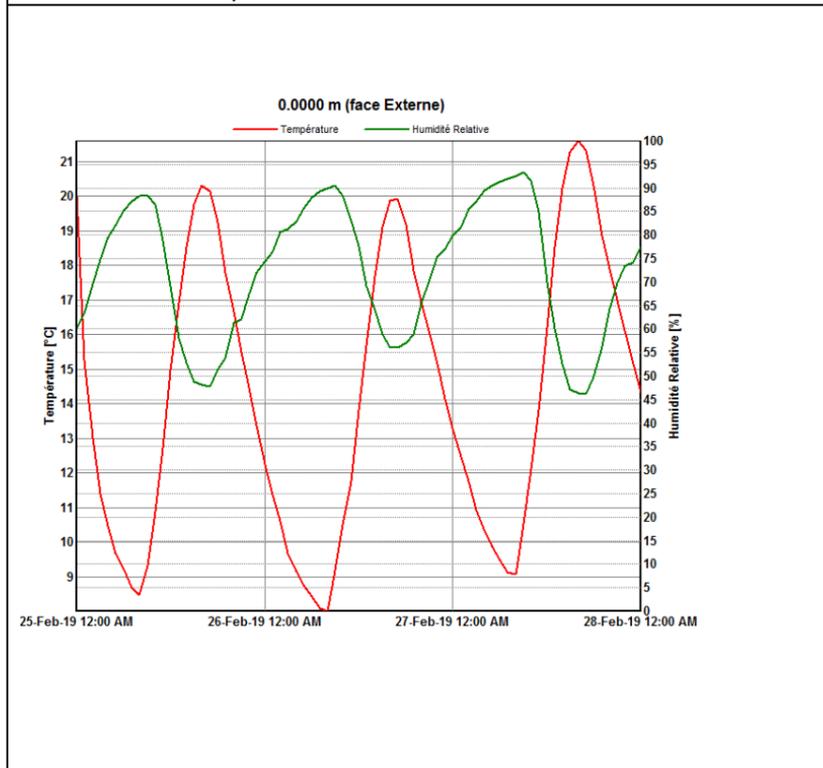
La figure de la variante (composition de la paroi)



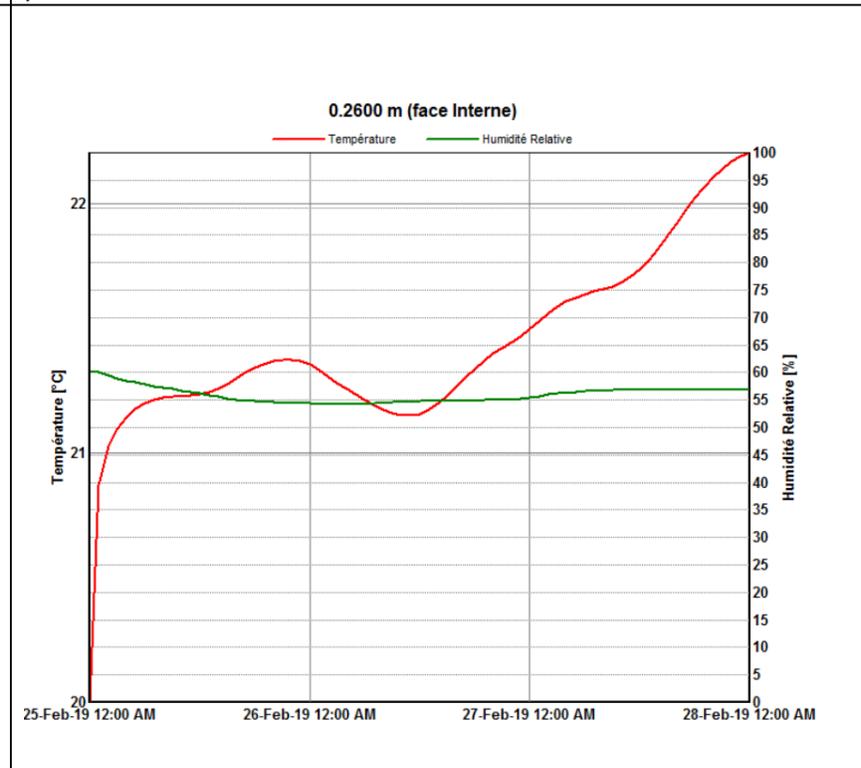
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

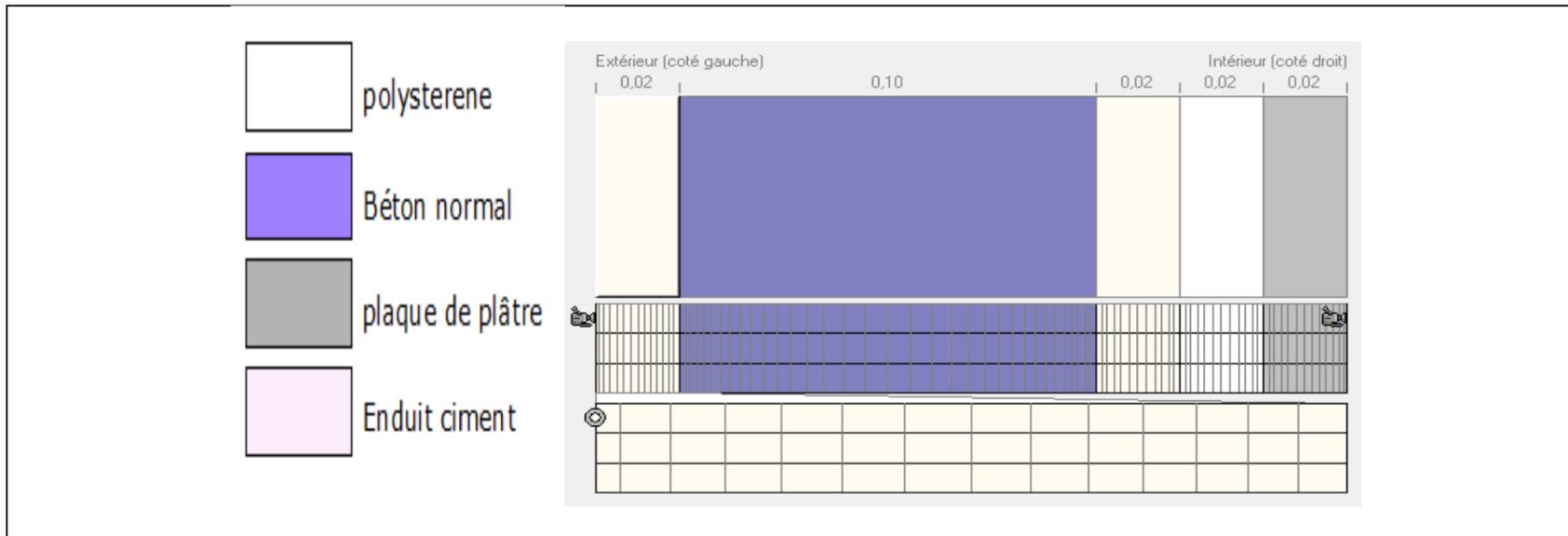


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

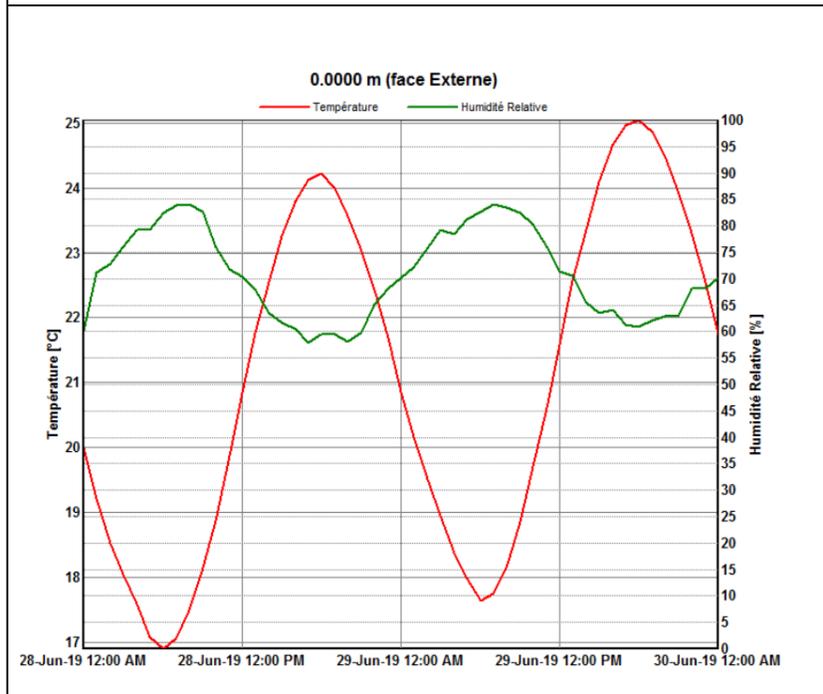


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

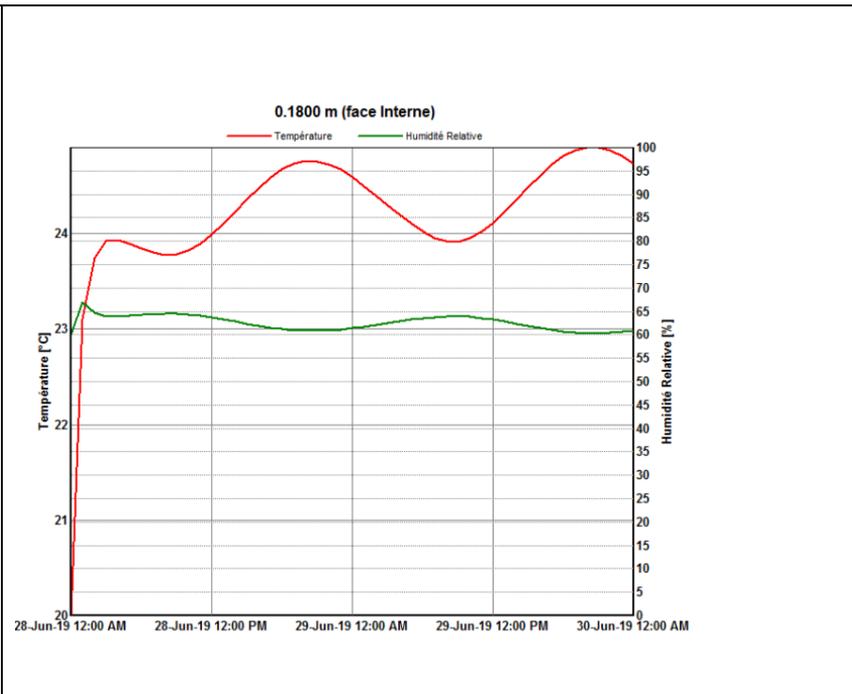
VARIANTE N° 7: polystyrène extrudé intérieur EP=2 cm



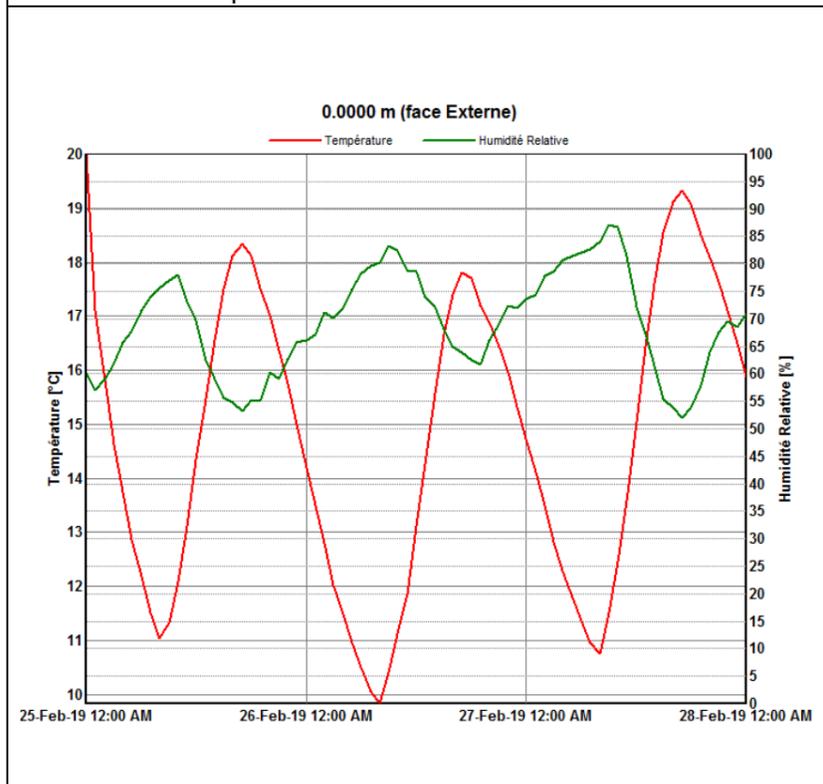
La figure de la variante (composition de la paroi)



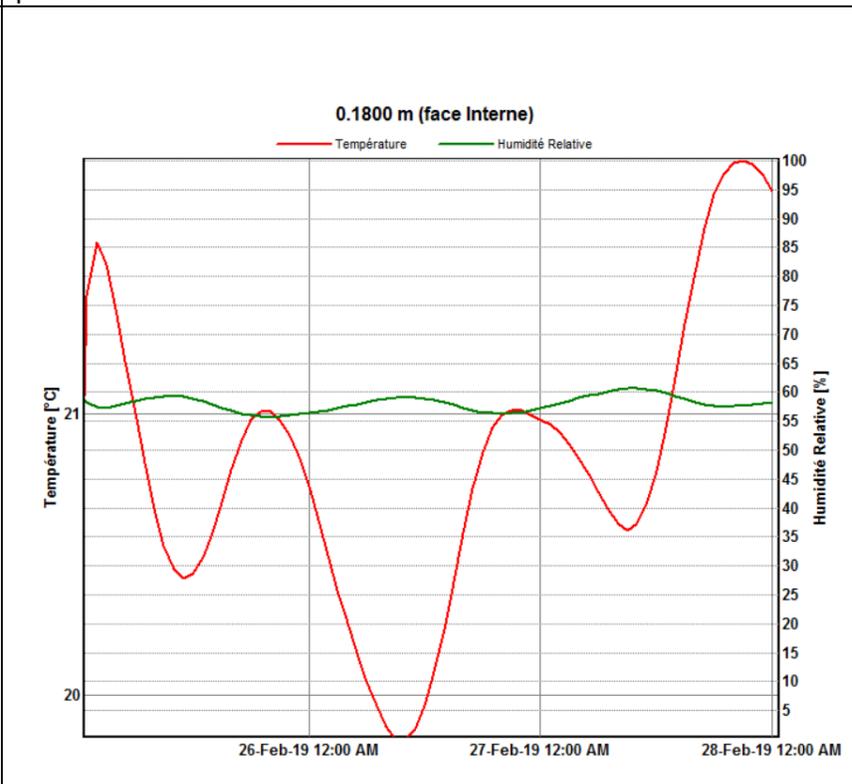
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

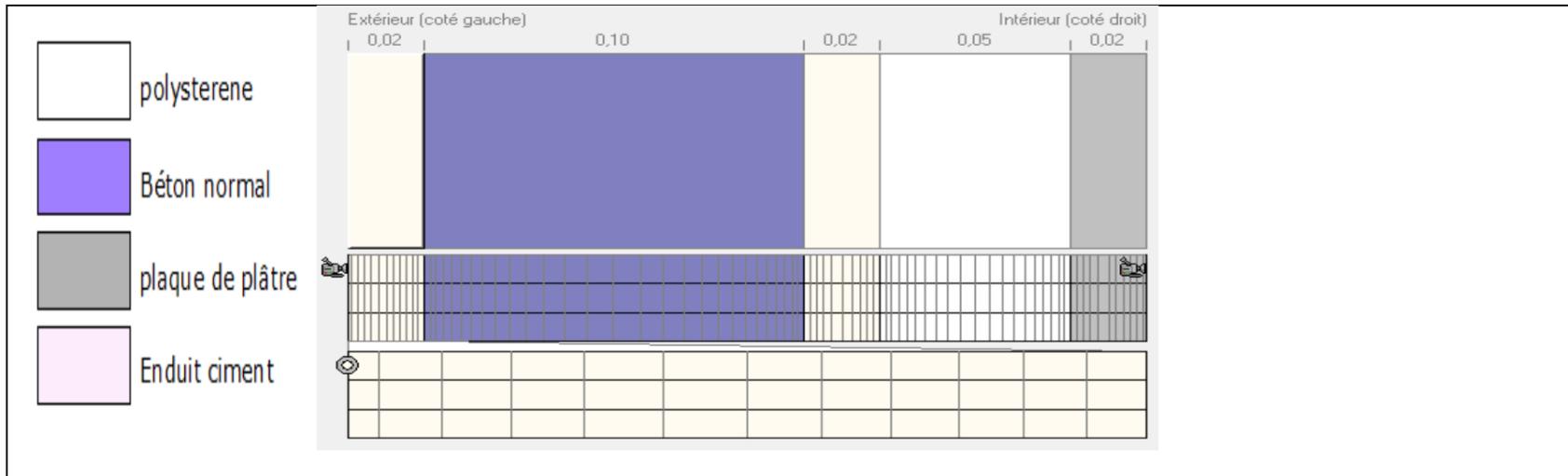


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

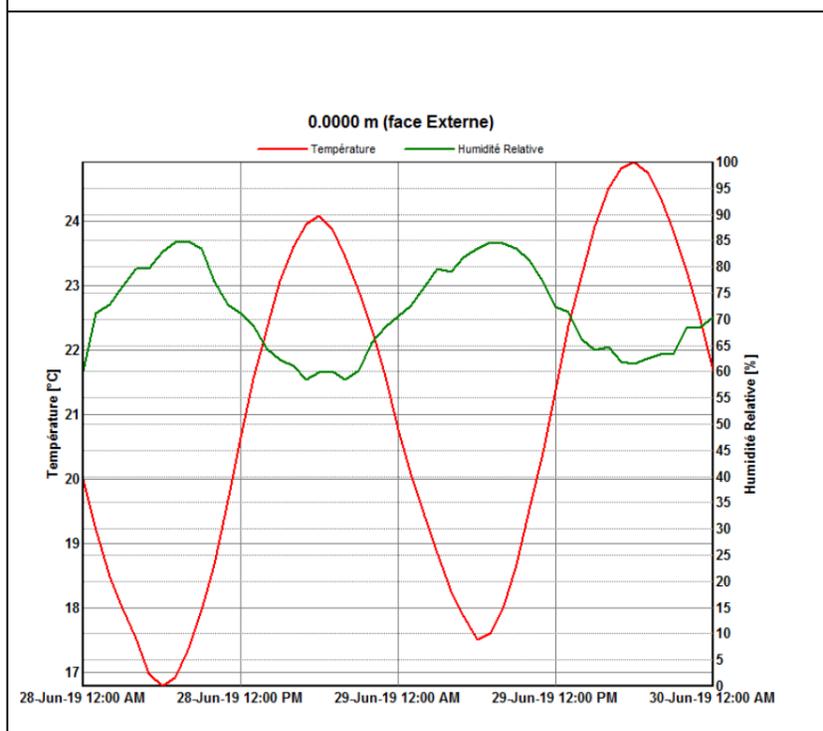


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

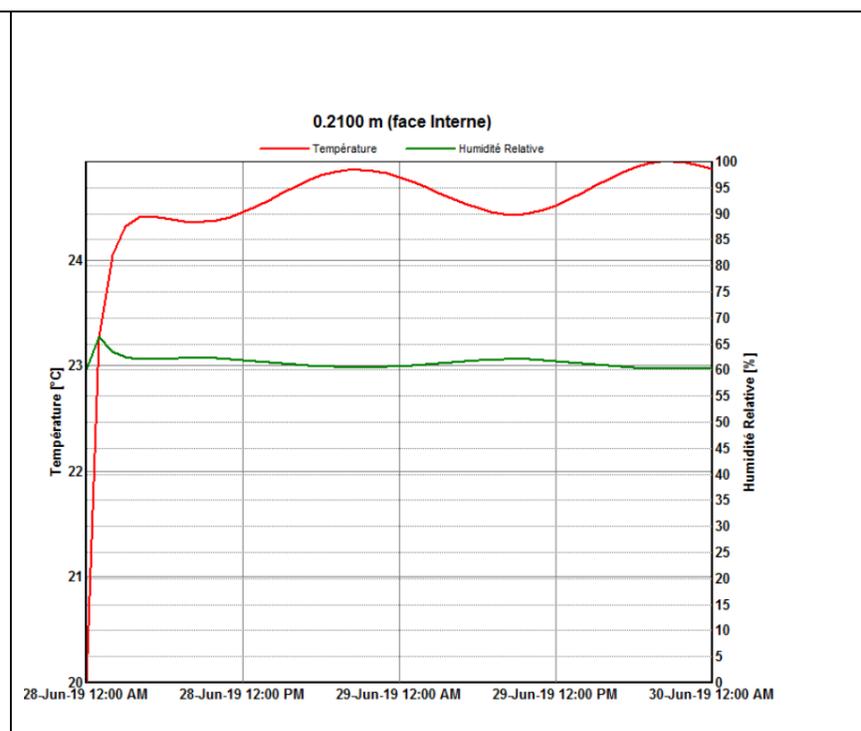
VARIANTE N° 8: polystyrène extrudé intérieur EP=5 cm



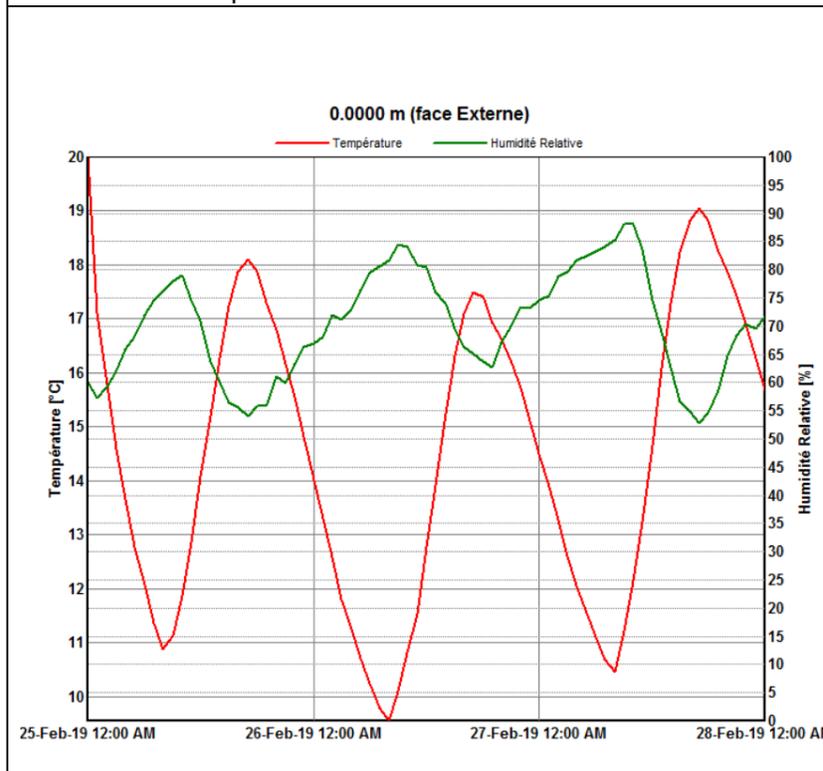
La figure de la variante (composition de la paroi)



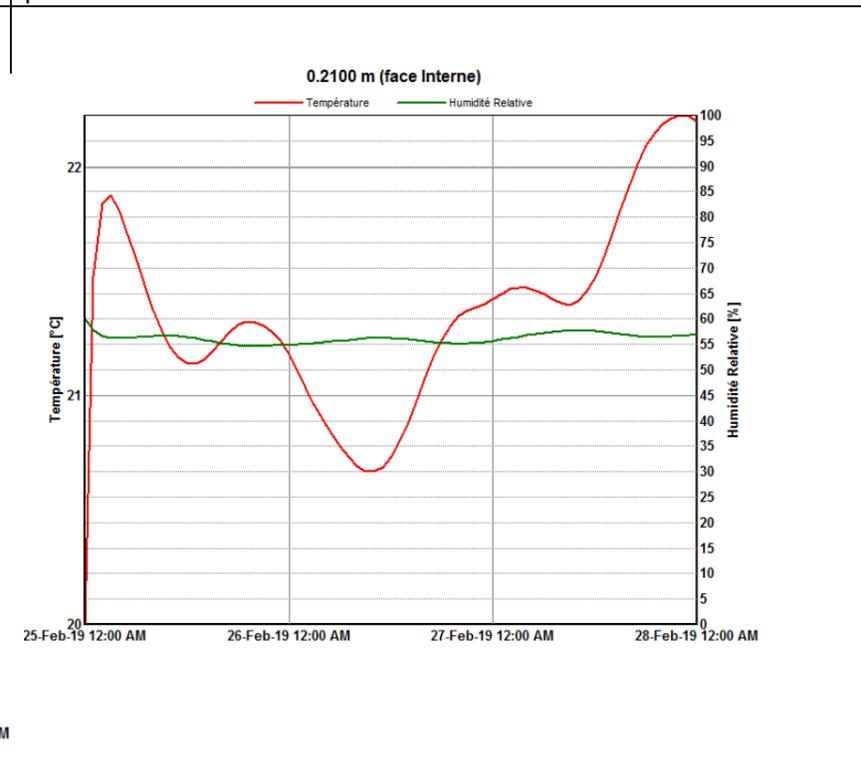
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

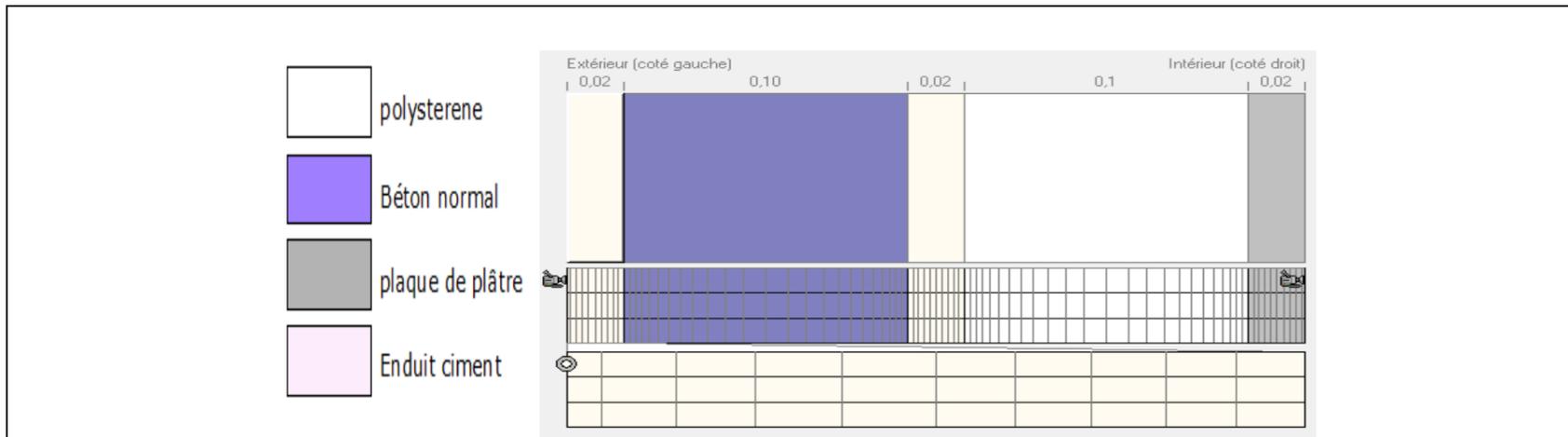


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

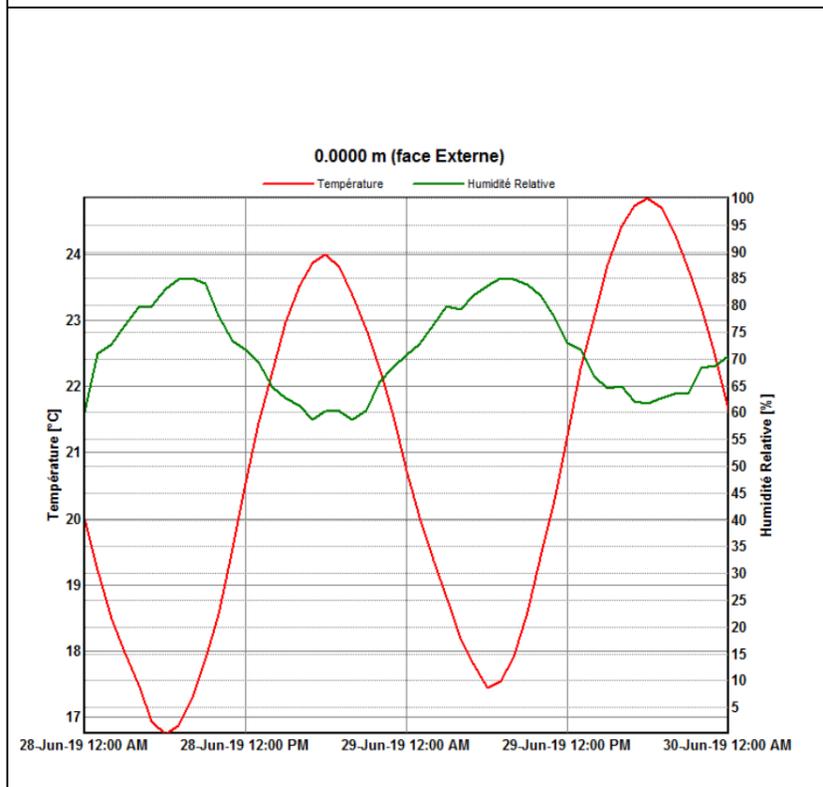


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

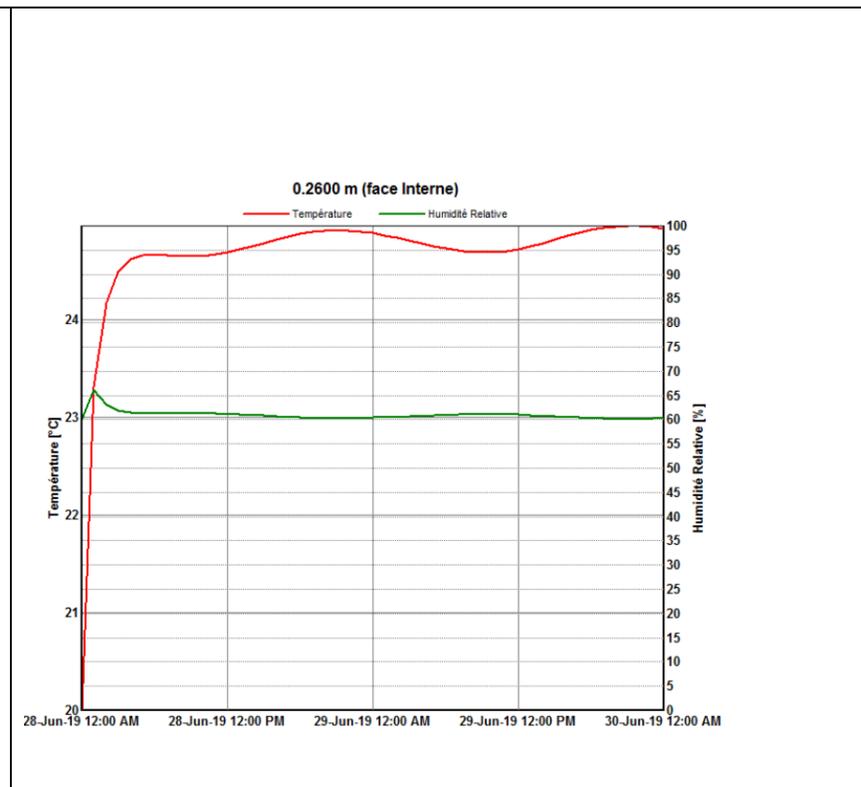
VARIANTE N° 9: polystyrène extrudé intérieur EP=10 cm



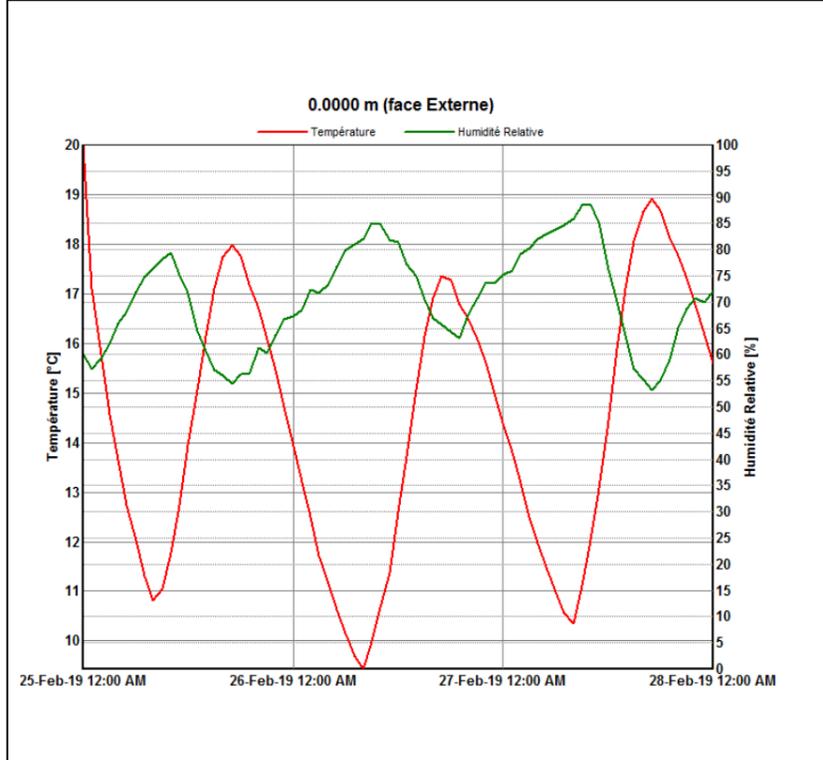
La figure de la variante (composition de la paroi)



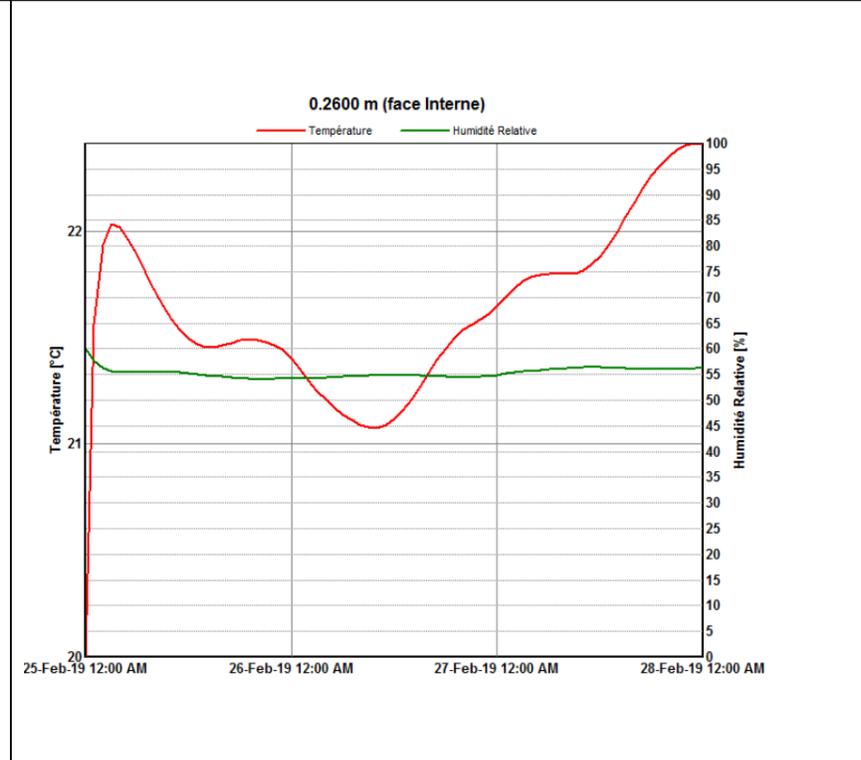
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

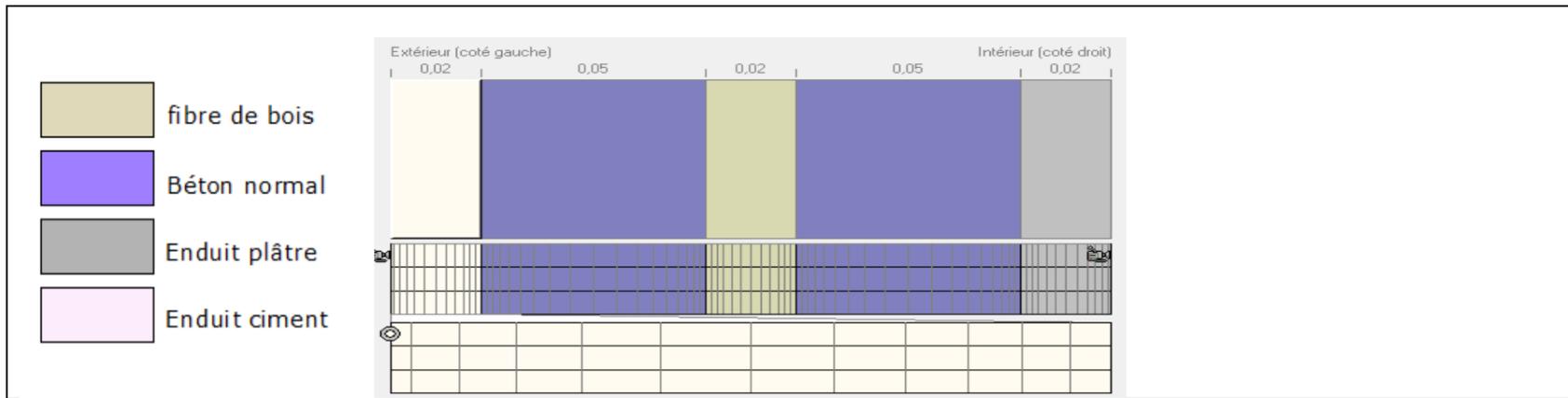


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

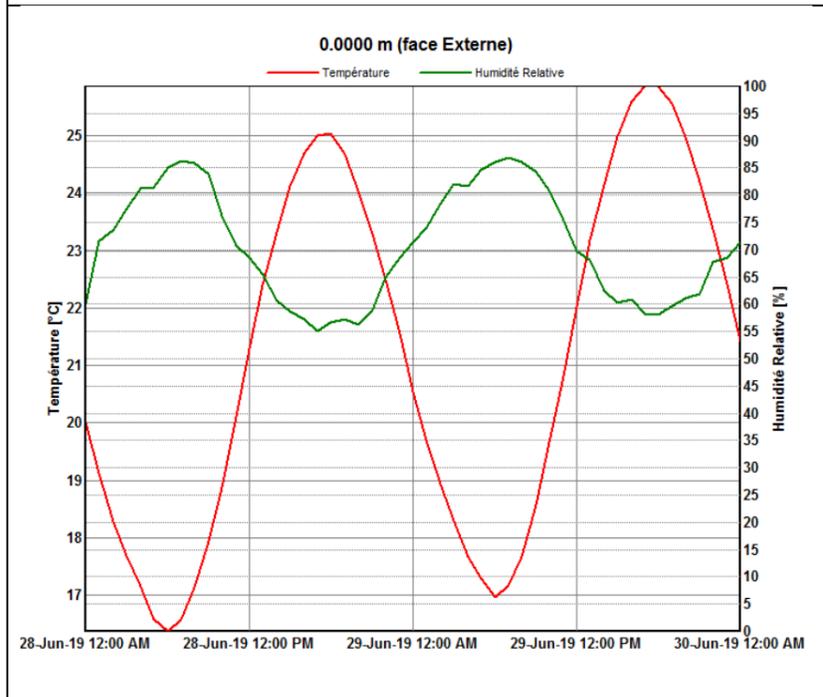


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

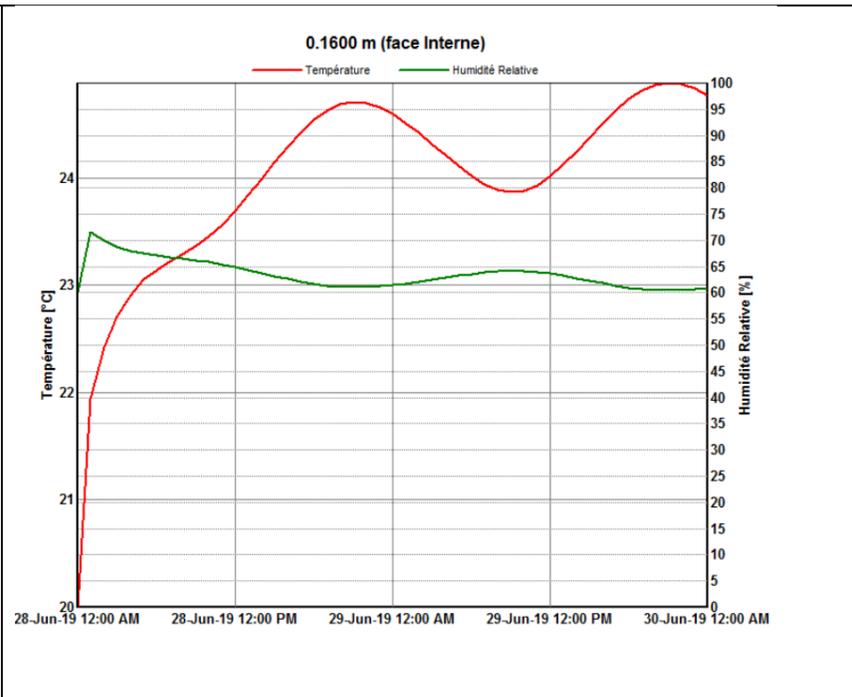
3eme cas VARIANTE N° 1 : fibre de bois EP=2 cm



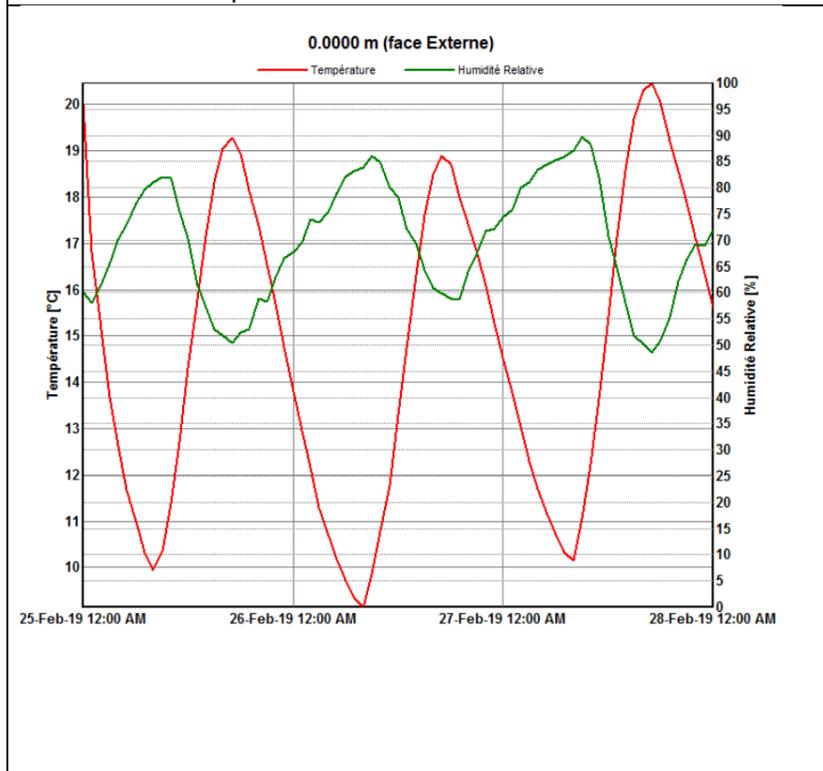
La figure de la variante (composition de la paroi)



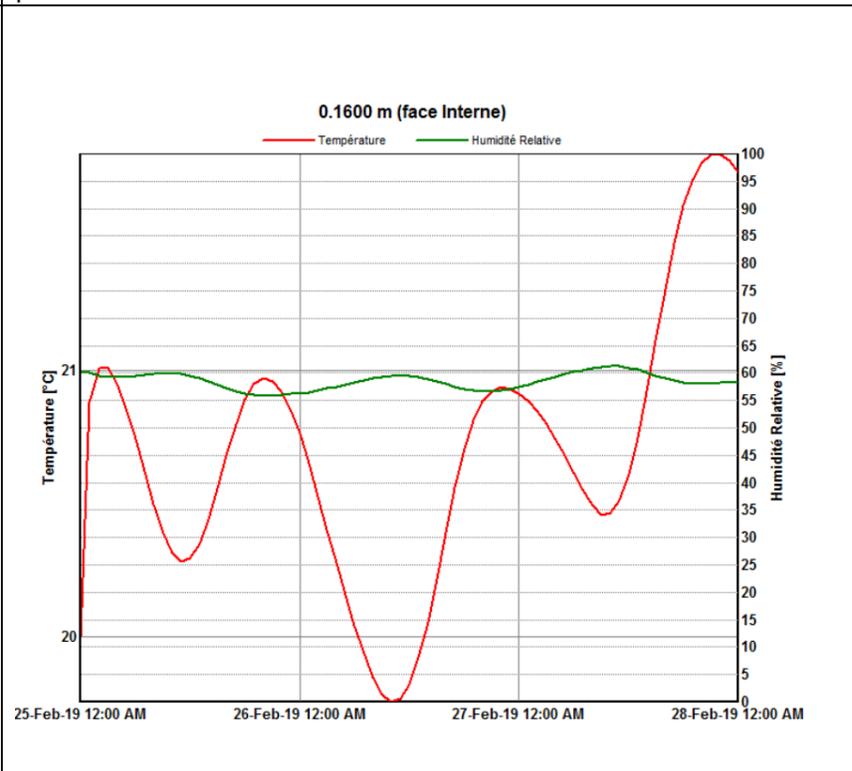
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

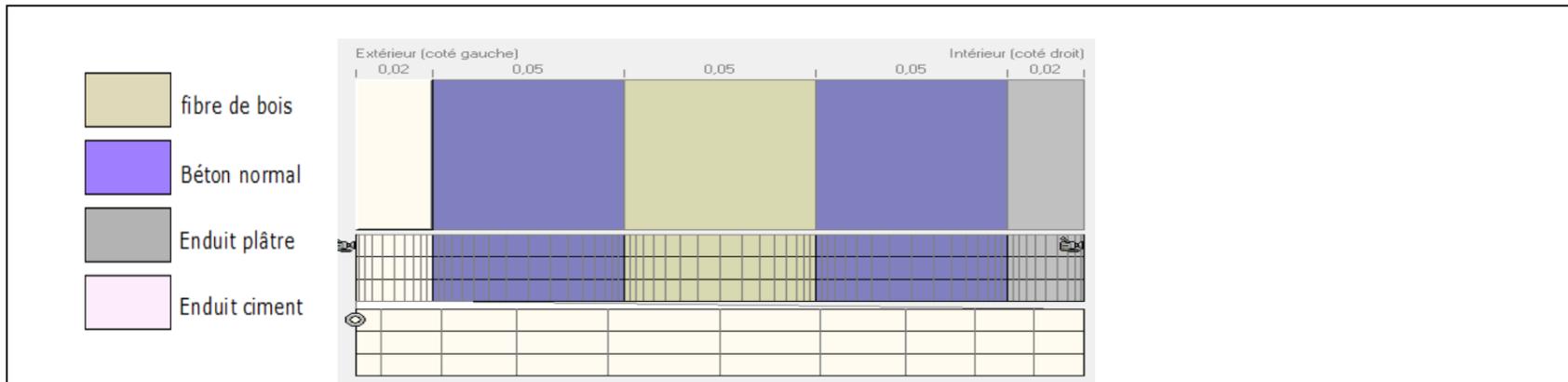


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

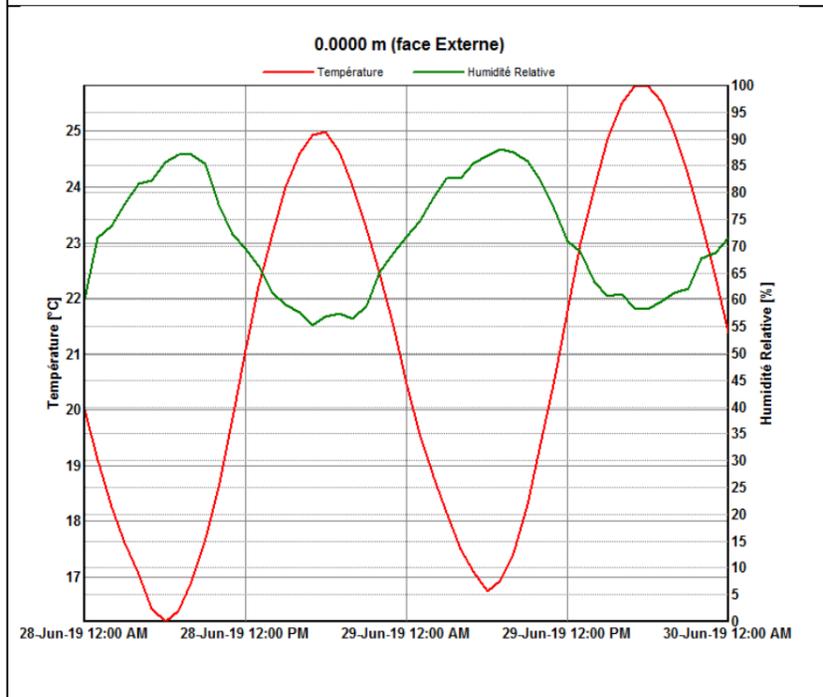


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

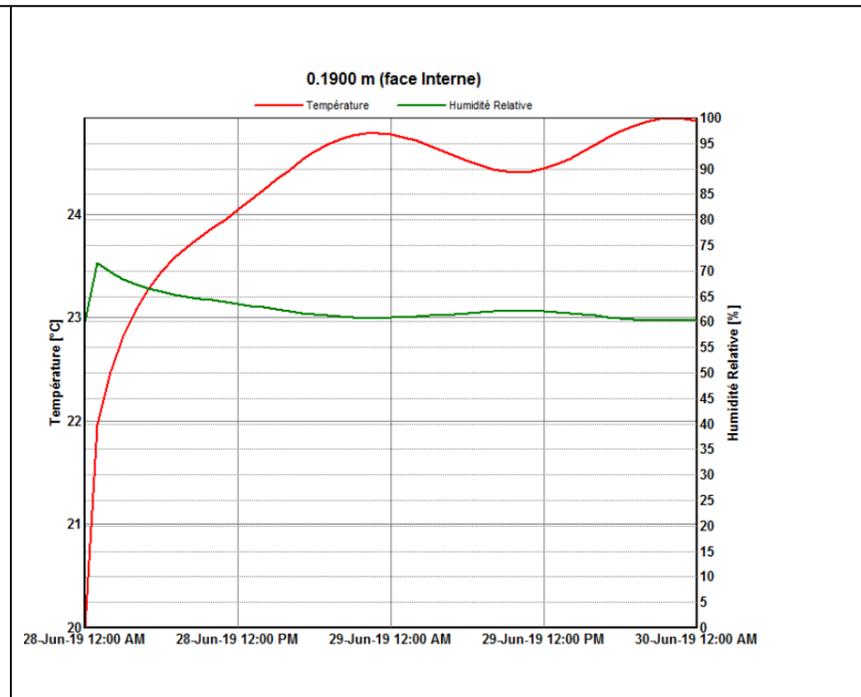
VARIANTE N° 2 : fibre de bois EP=5 cm



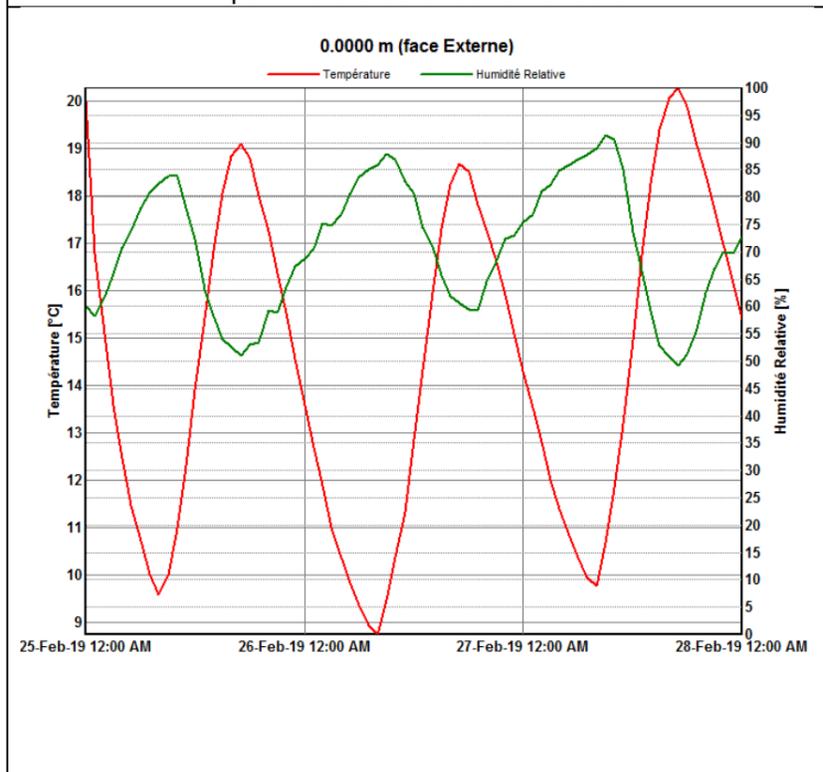
La figure de la variante (composition de la paroi)



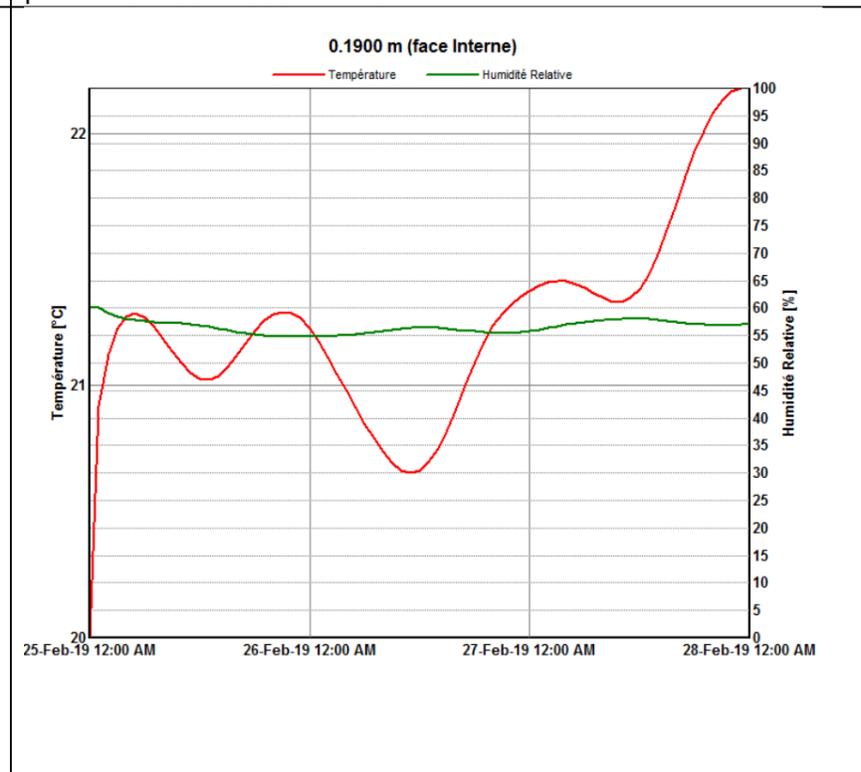
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

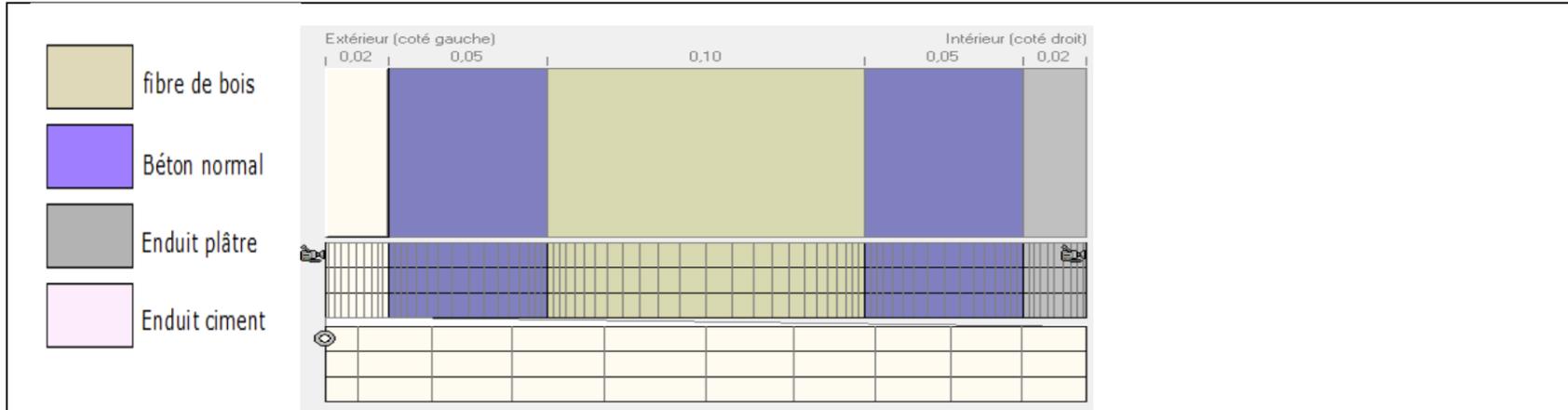


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

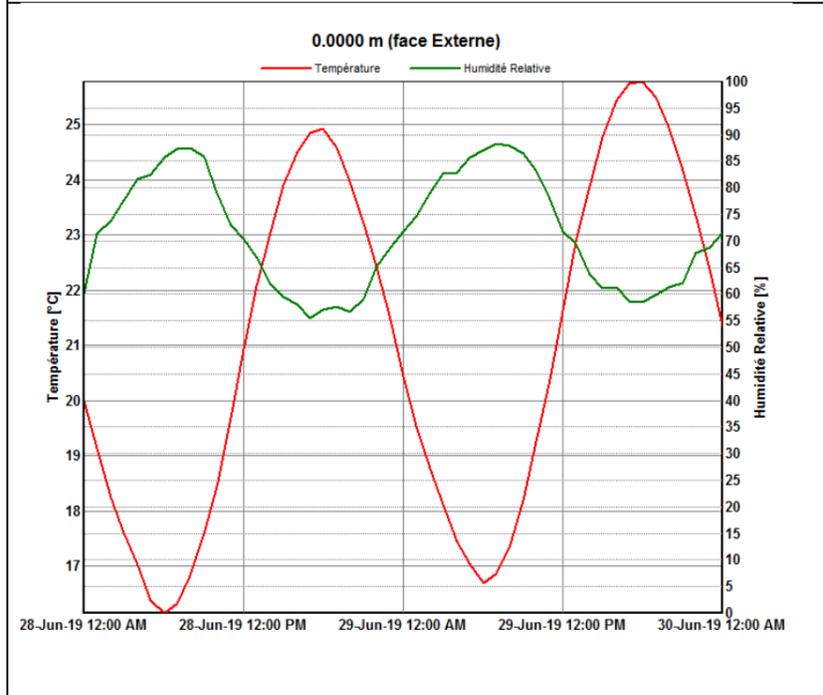


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

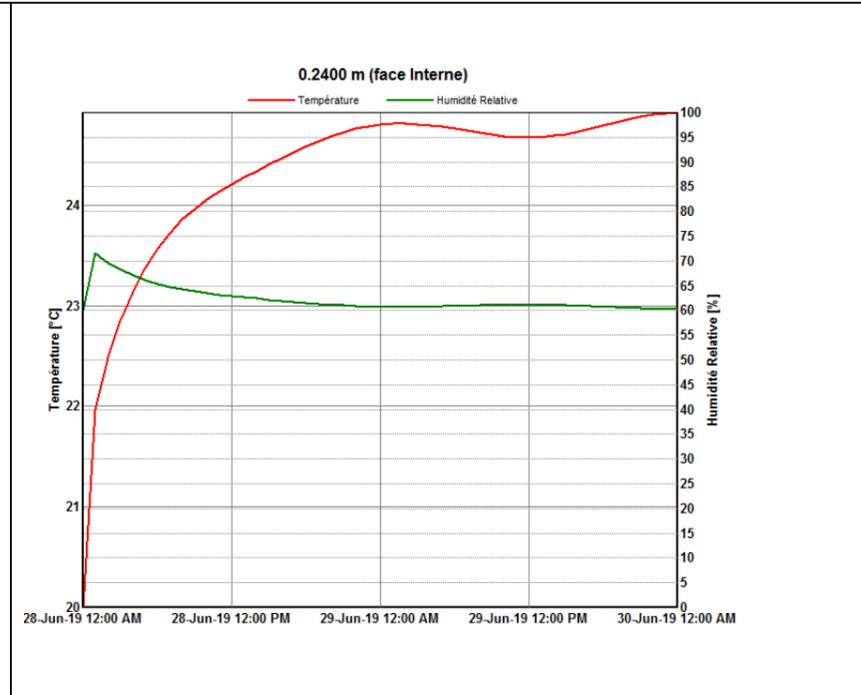
VARIANTE N° 3 : fibre de bois EP=10 cm



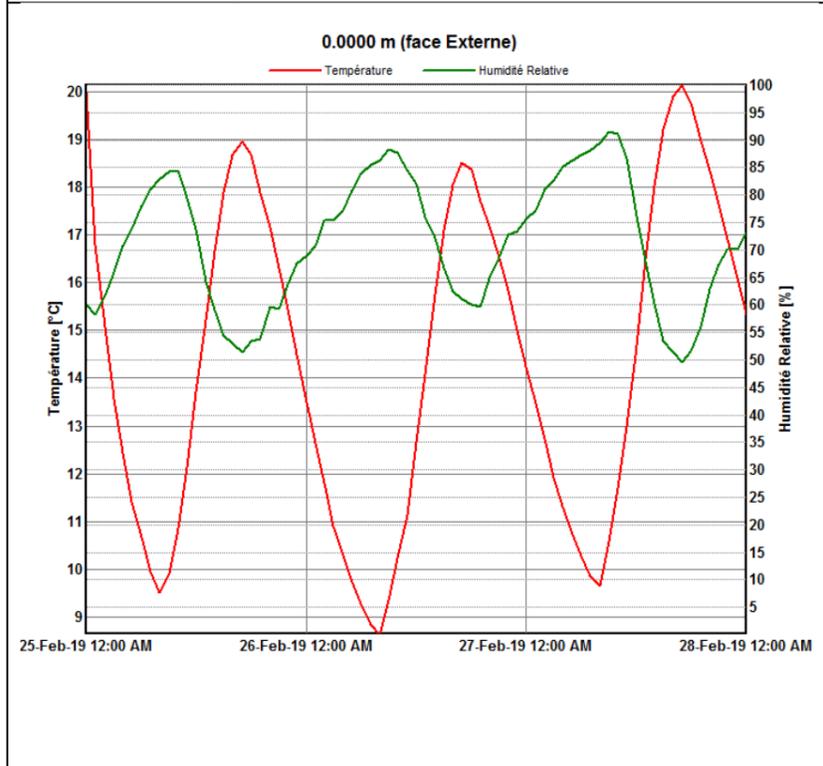
La figure de la variante (composition de la paroi)



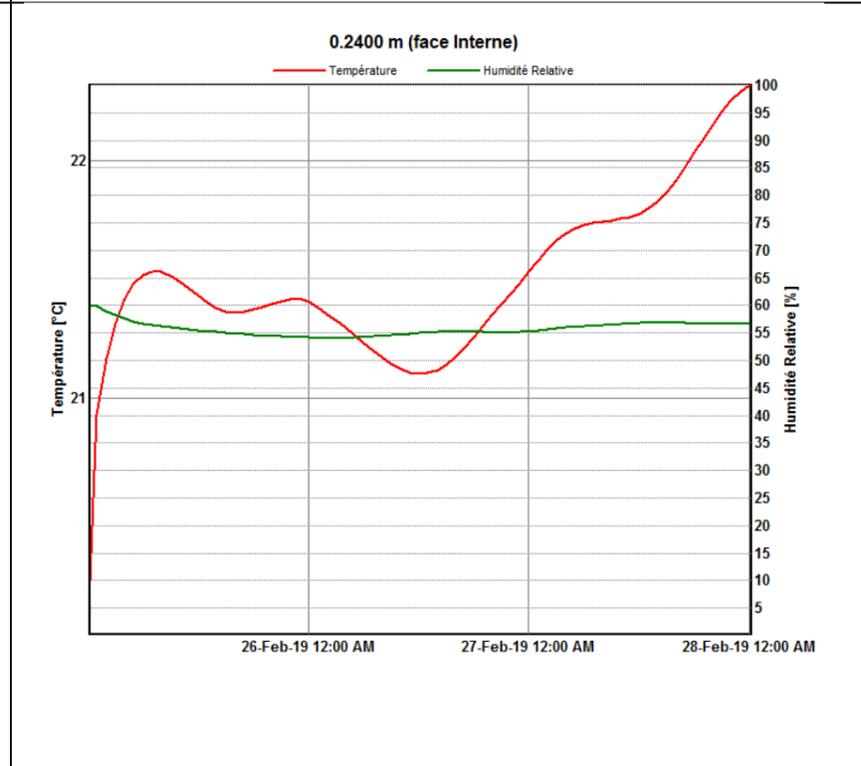
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

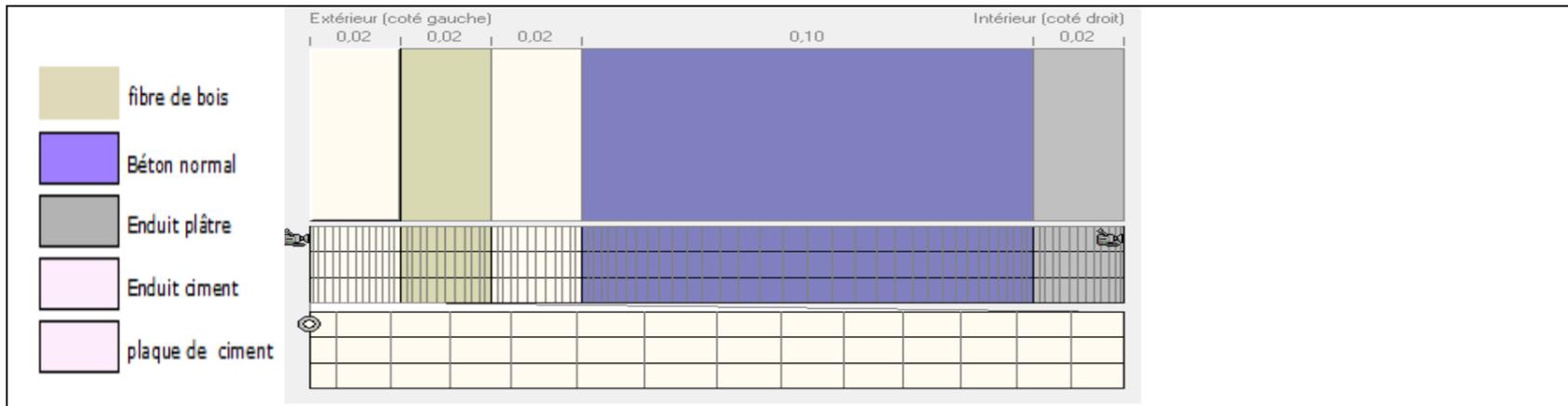


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

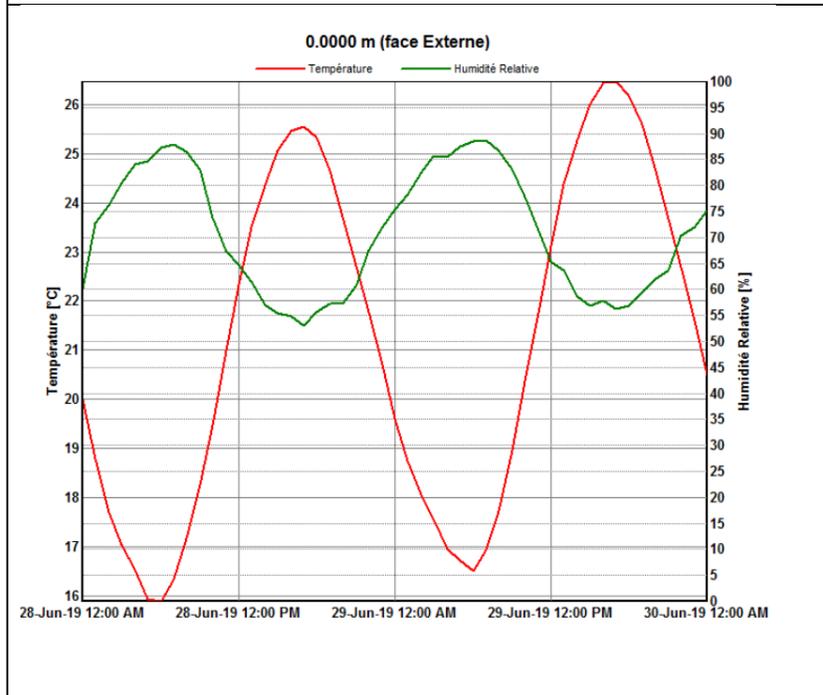


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

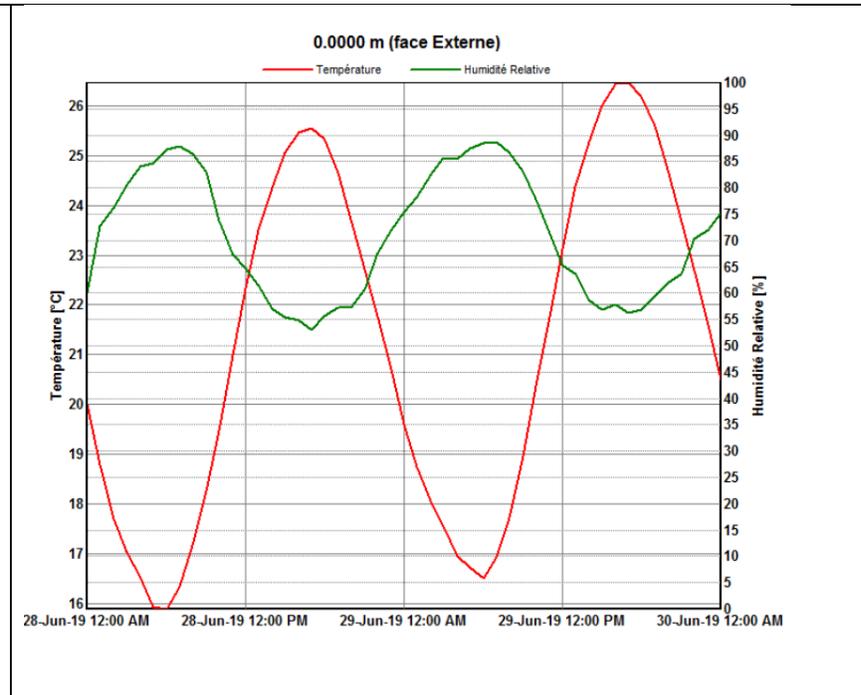
VARIANTE N°4 : fibre de bois extérieur EP=2 cm



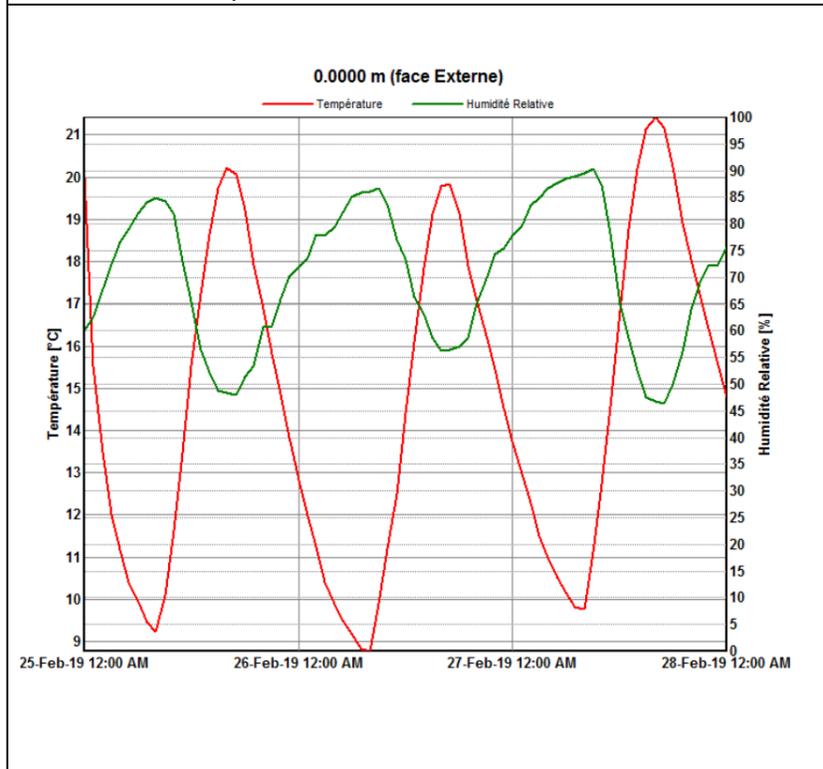
La figure de la variante (composition de la paroi)



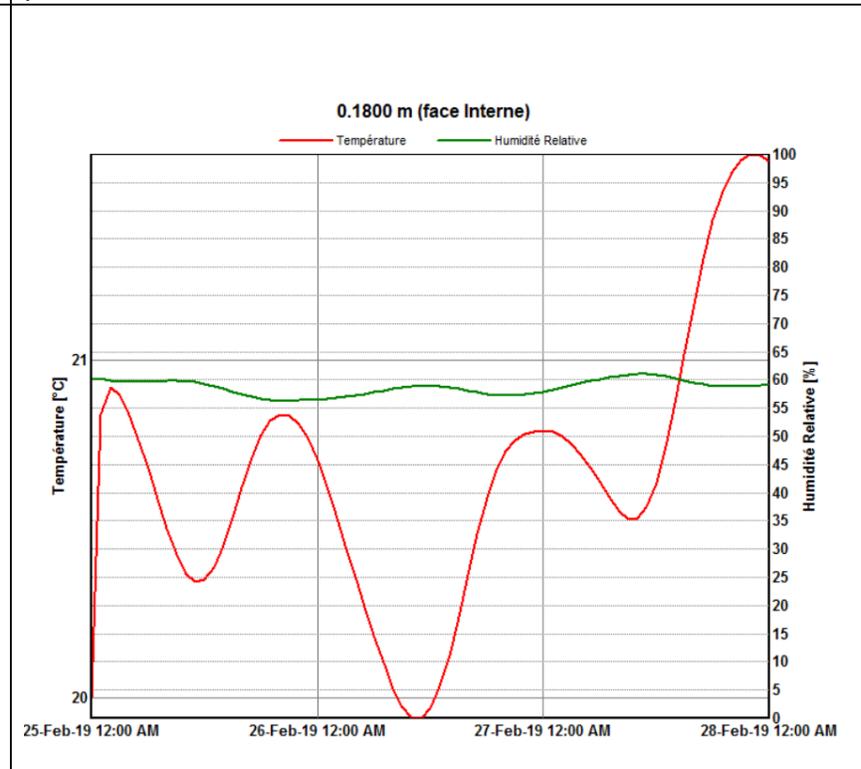
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

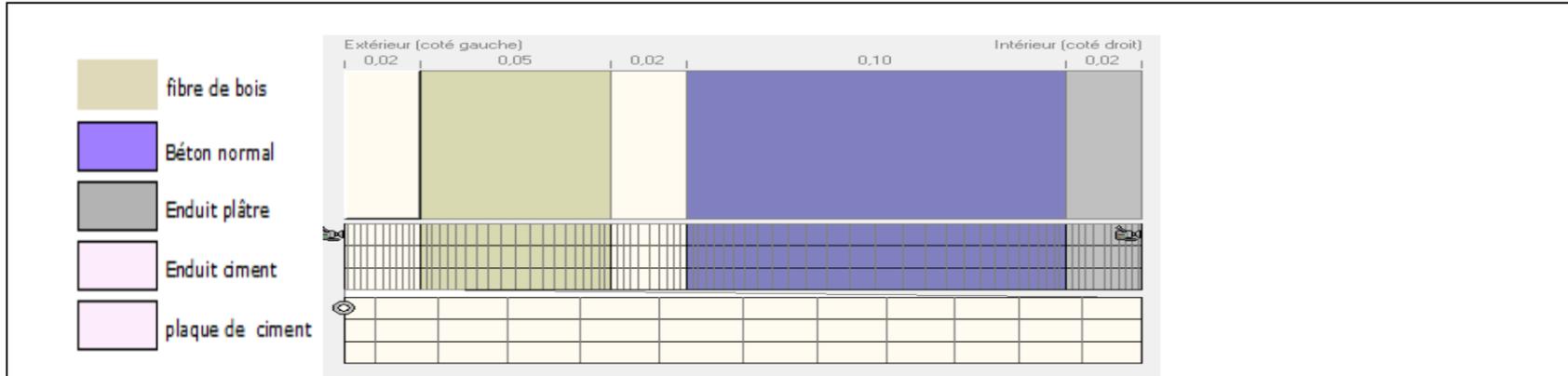


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

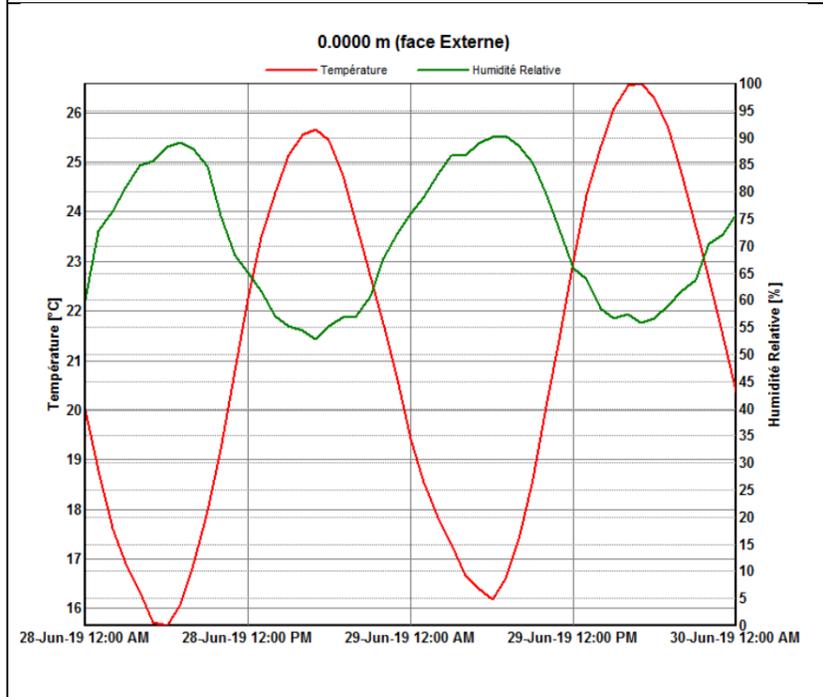


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

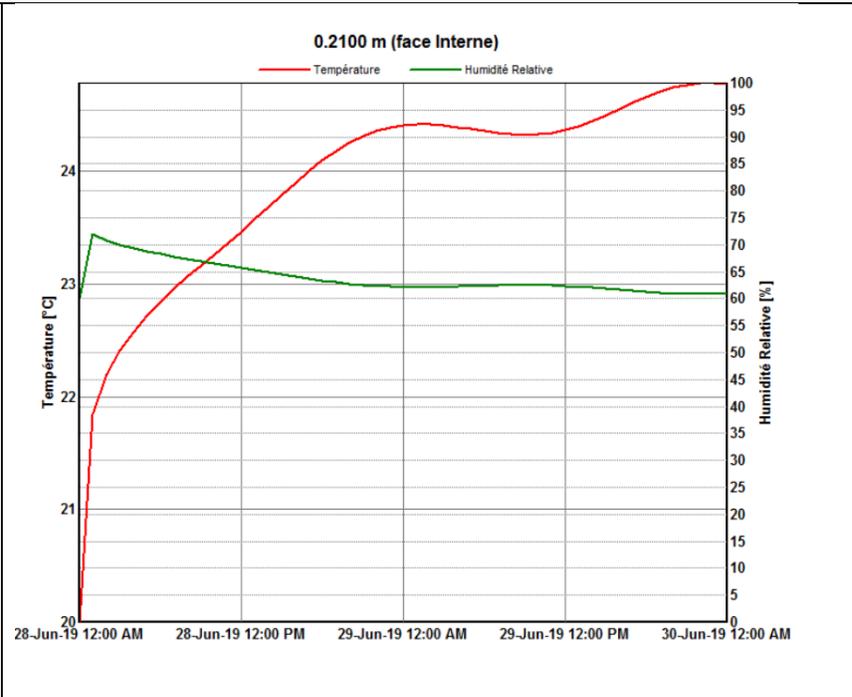
VARIANTE N°5 : fibre de bois extérieur EP=5 cm



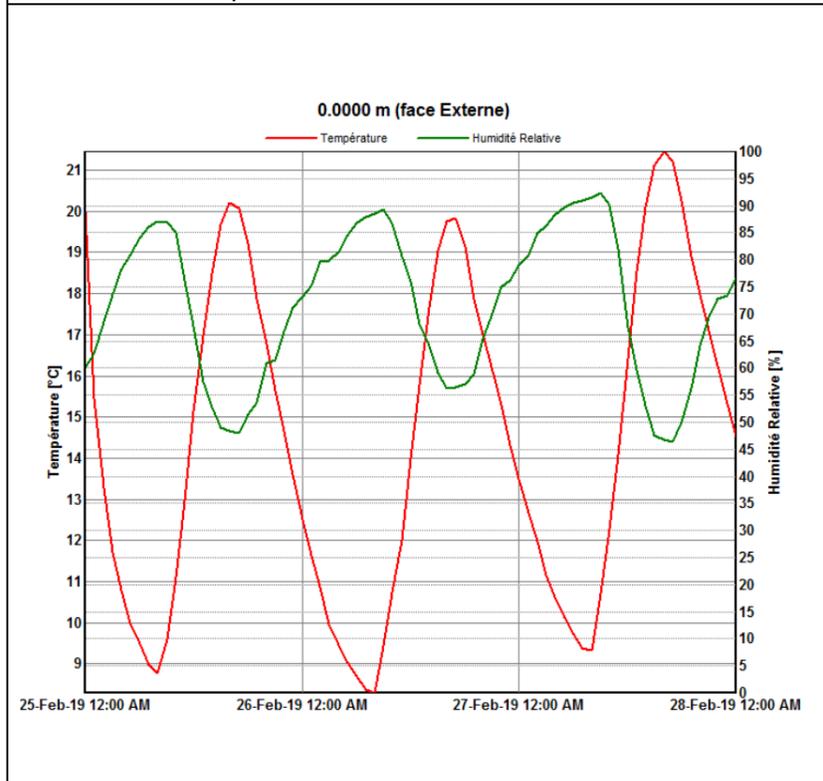
La figure de la variante (composition de la paroi)



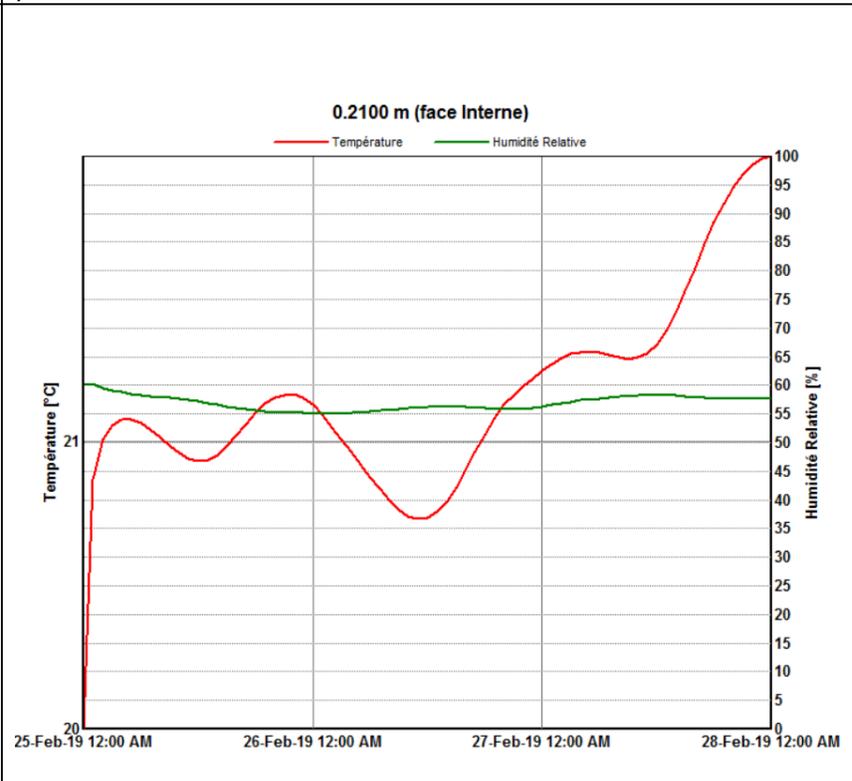
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

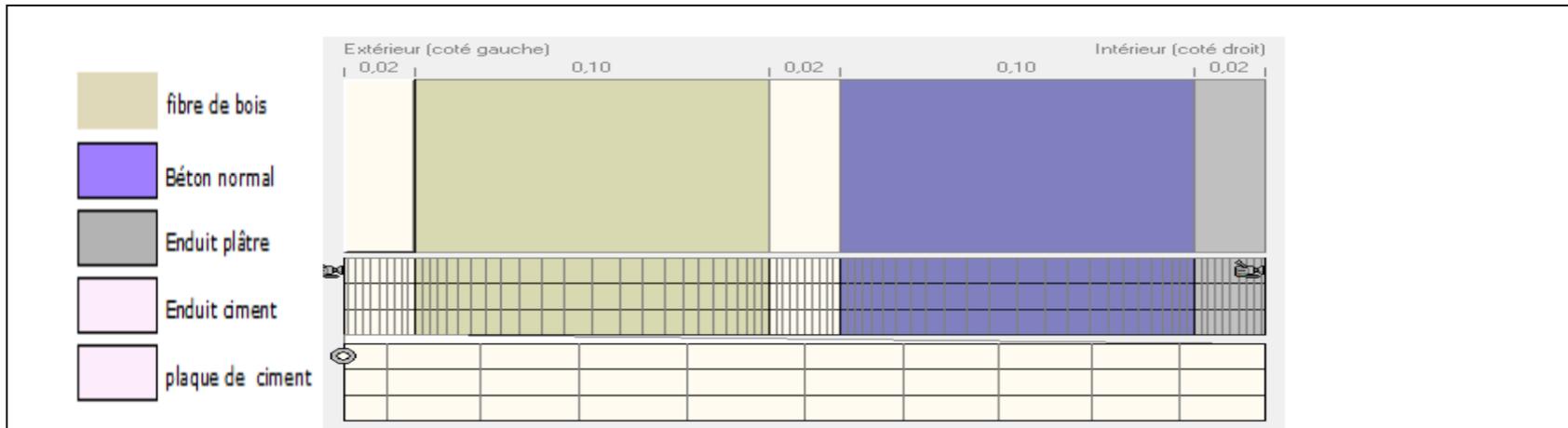


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

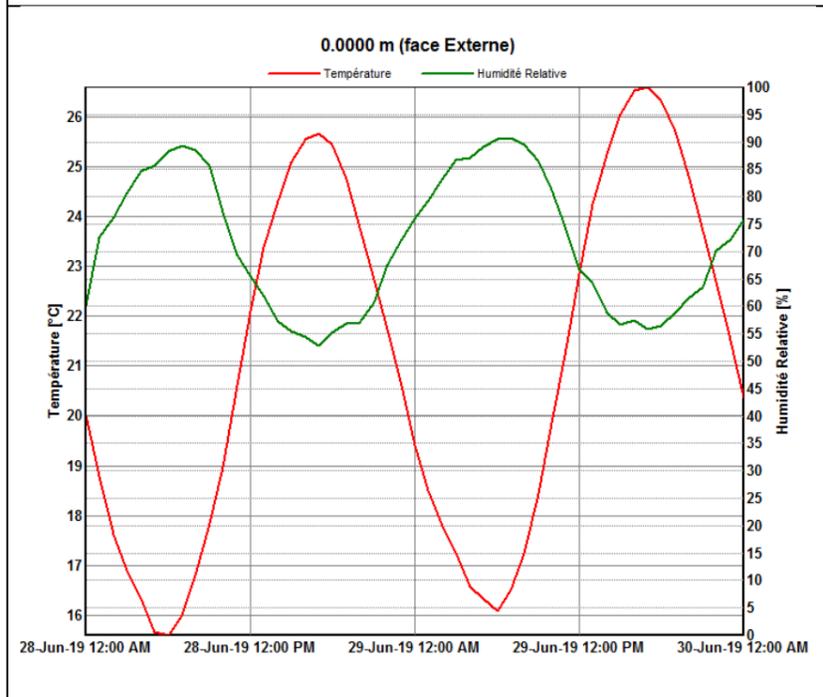


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

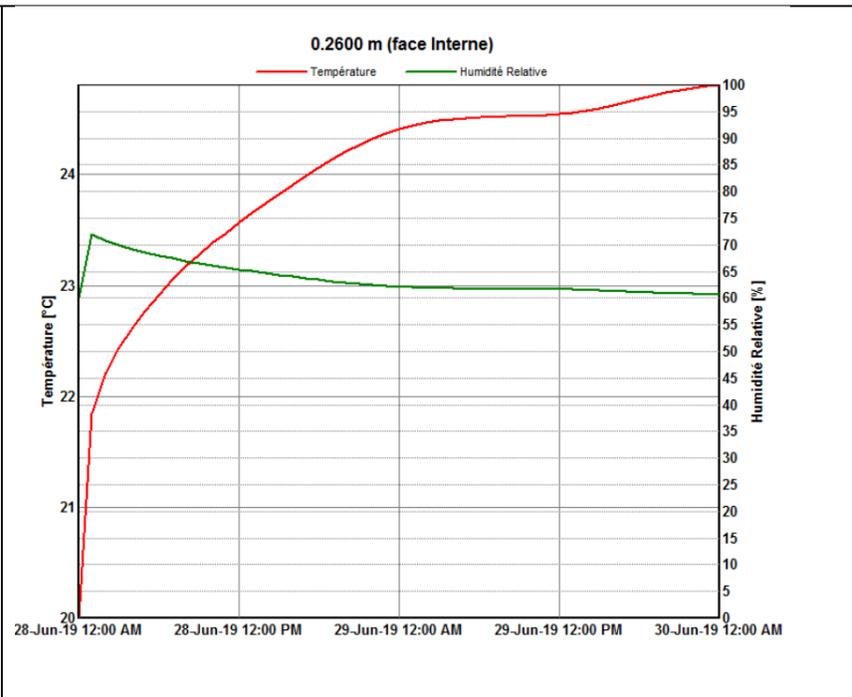
VARIANTE N°6 : fibre de bois extérieur EP=10 cm



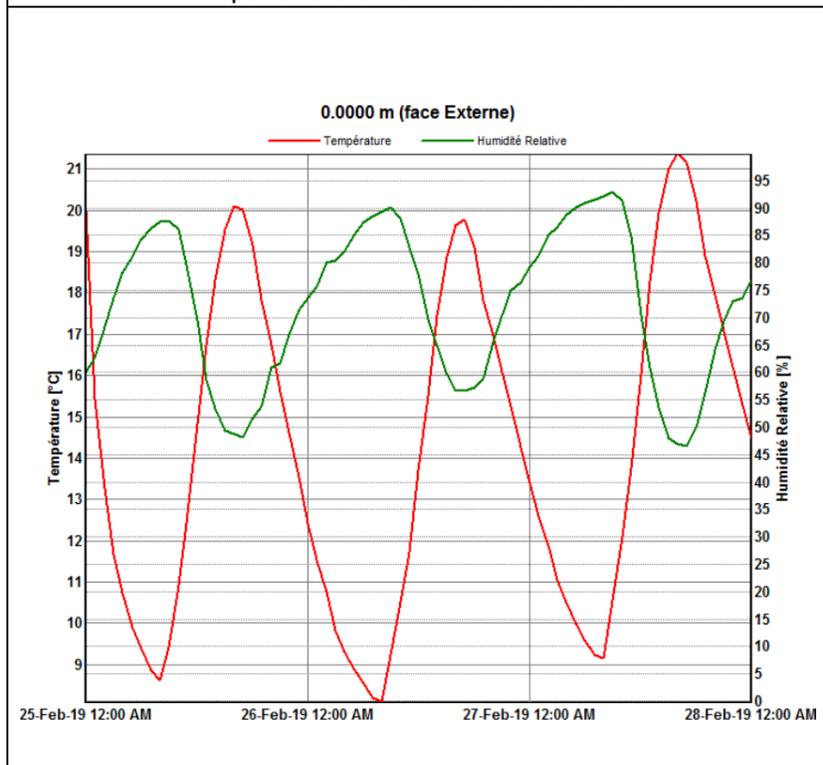
La figure de la variante (composition de la paroi)



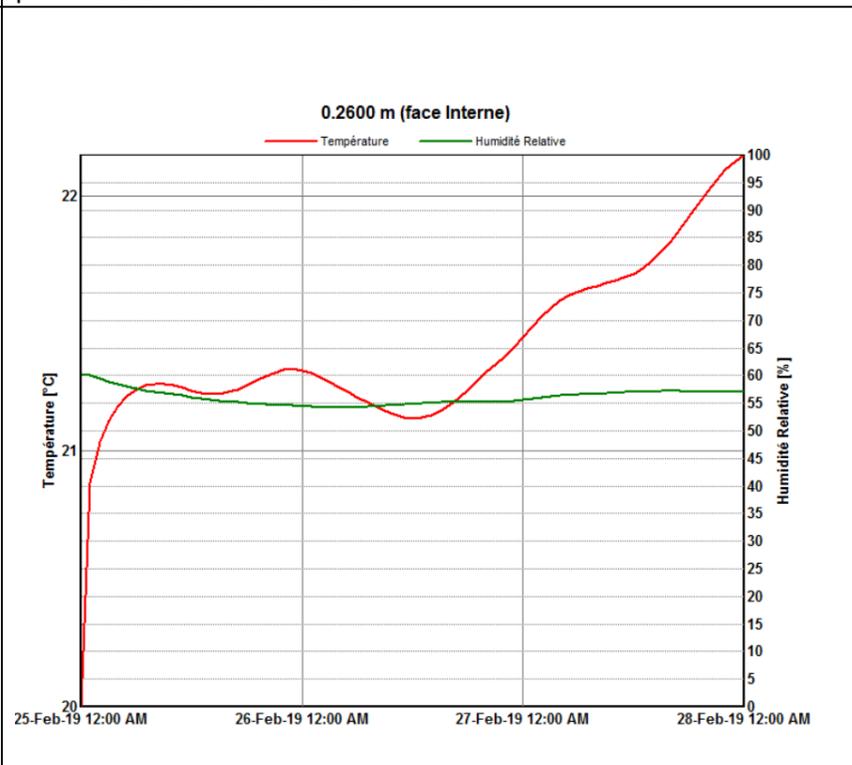
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

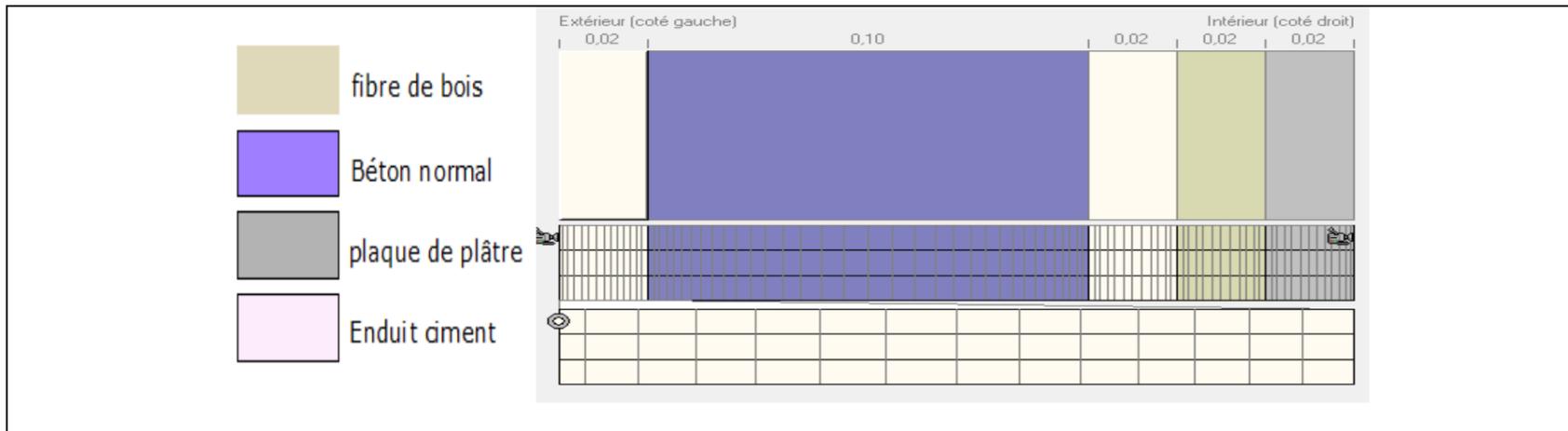


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

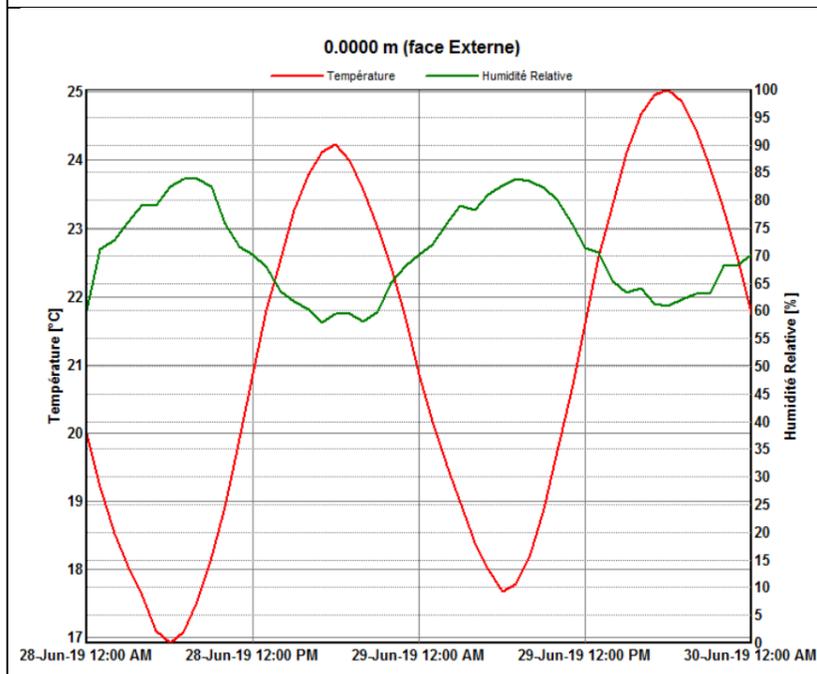


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

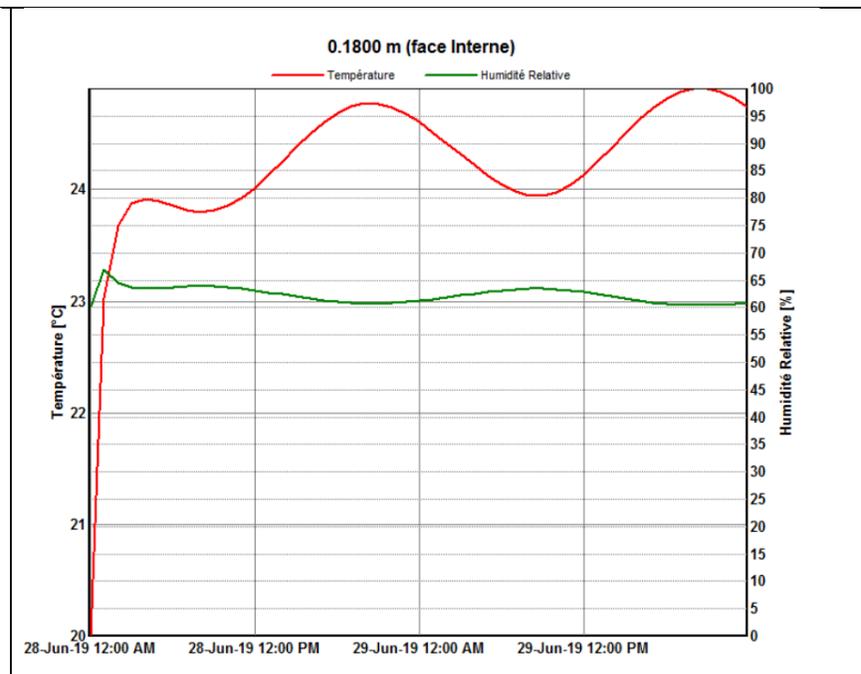
VARIANTE N°7 : fibre de bois intérieur EP=2 cm



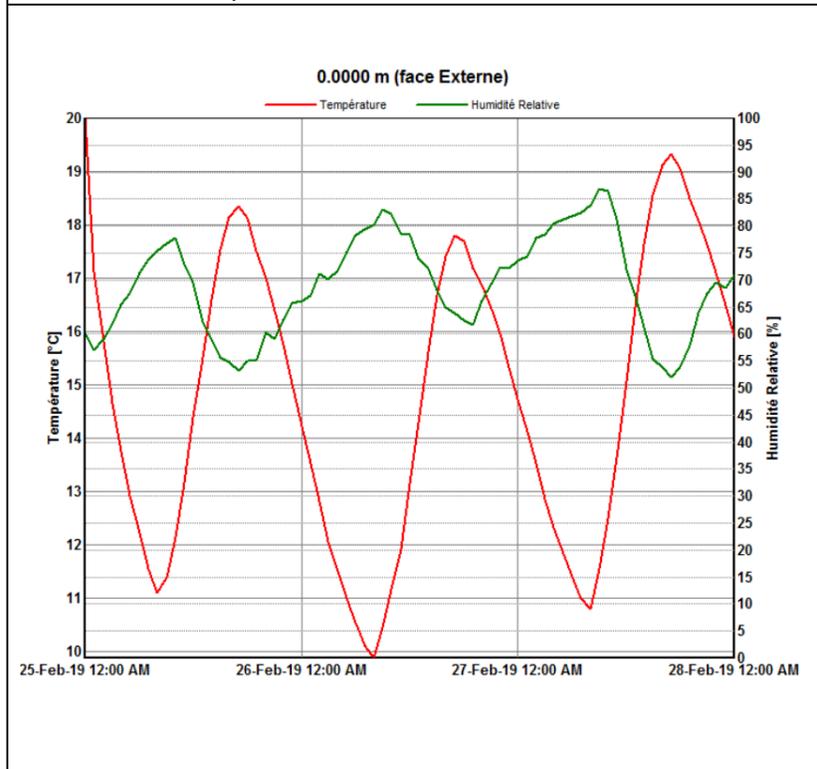
La figure de la variante (composition de la paroi)



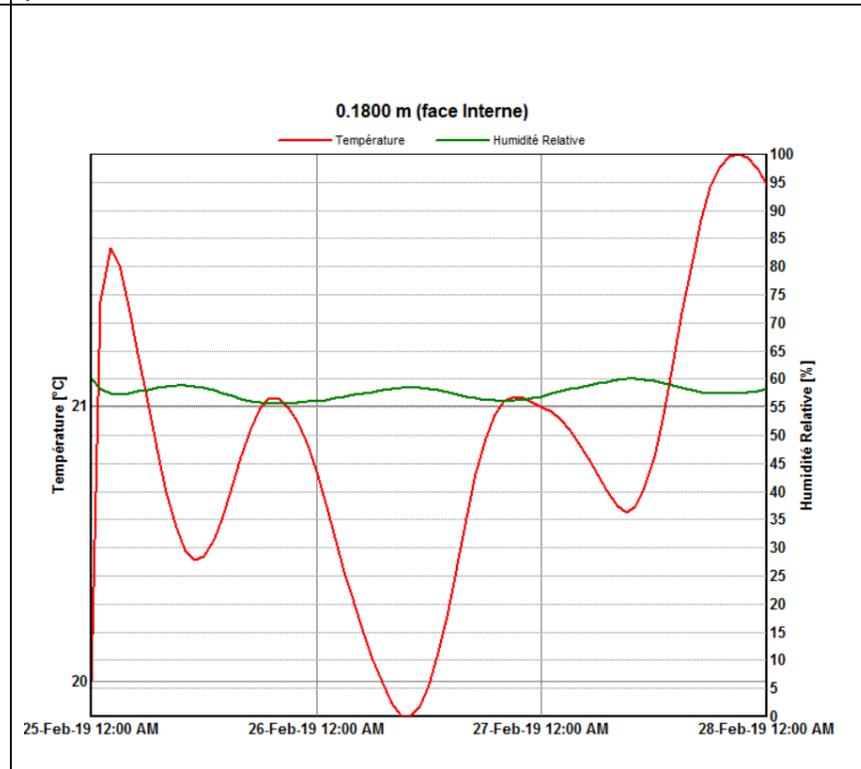
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

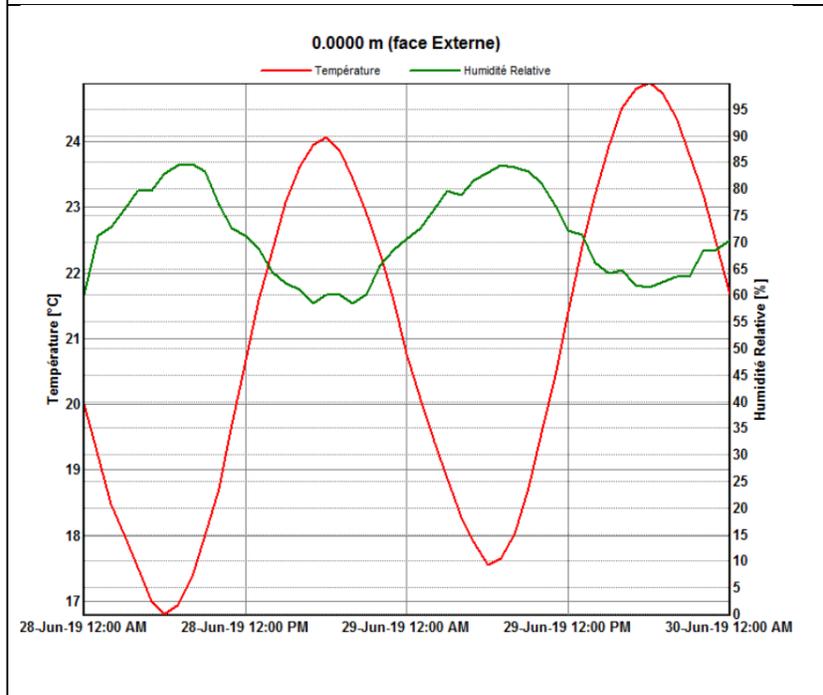


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

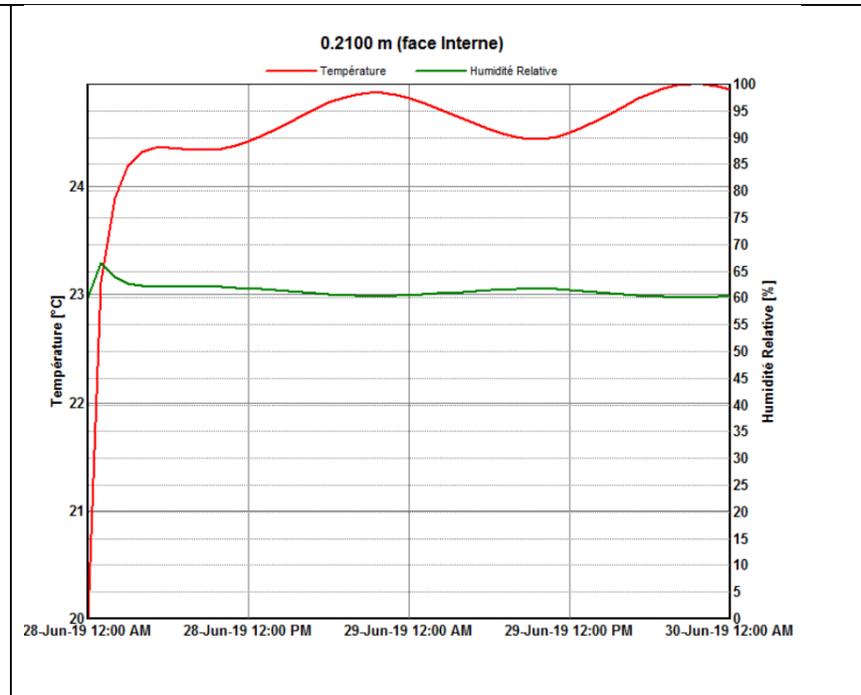
VARIANTE N°8 : fibre de bois EP=5 cm



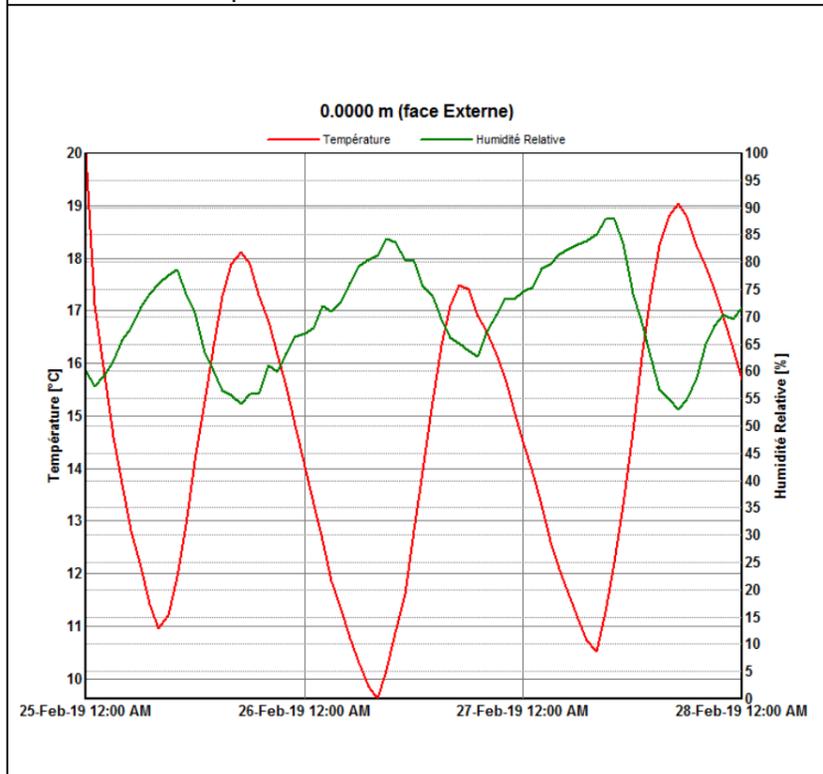
La figure de la variante (composition de la paroi)



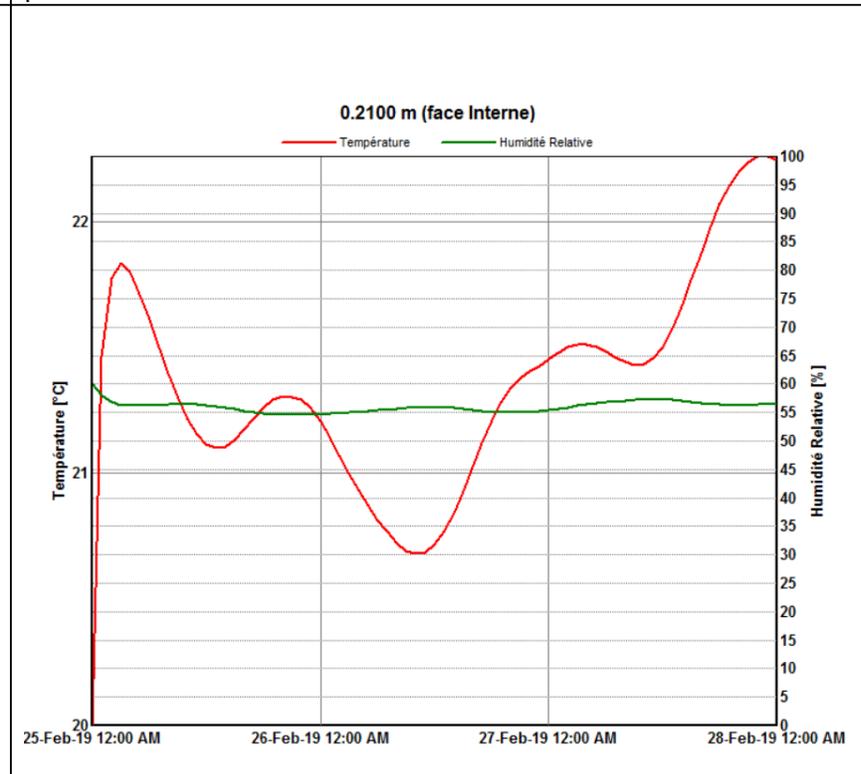
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °

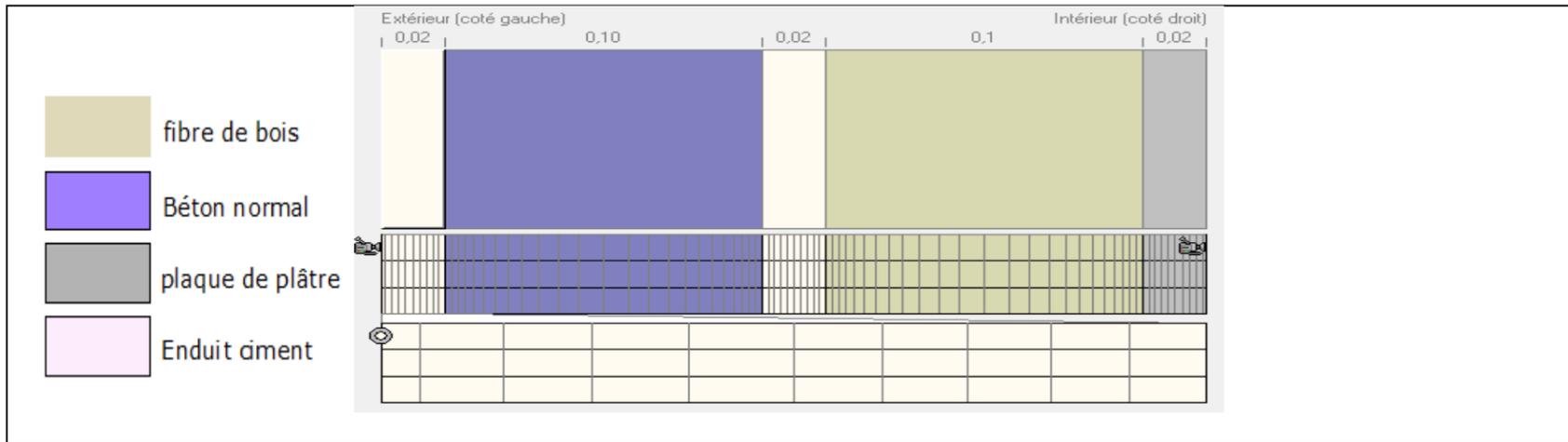


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure

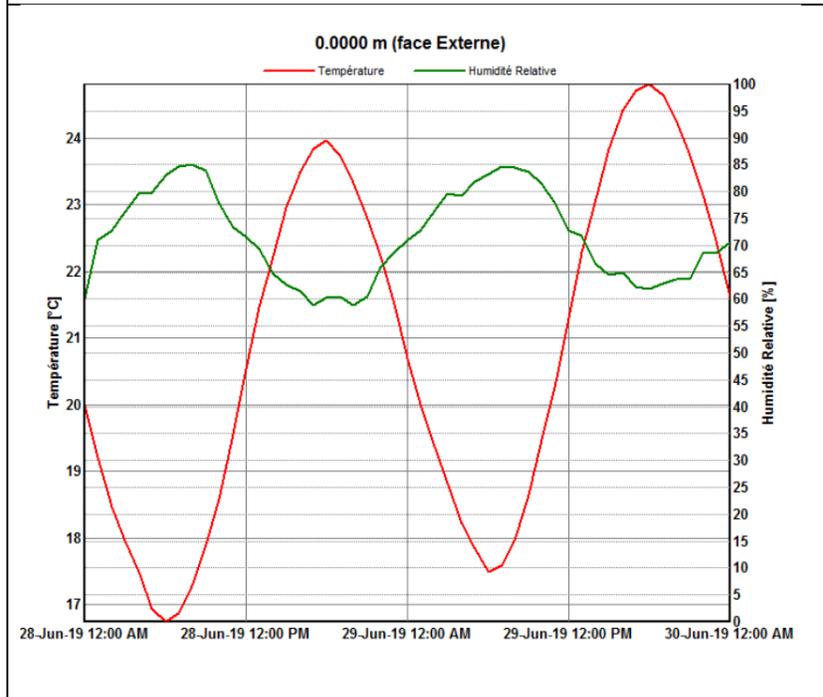


La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

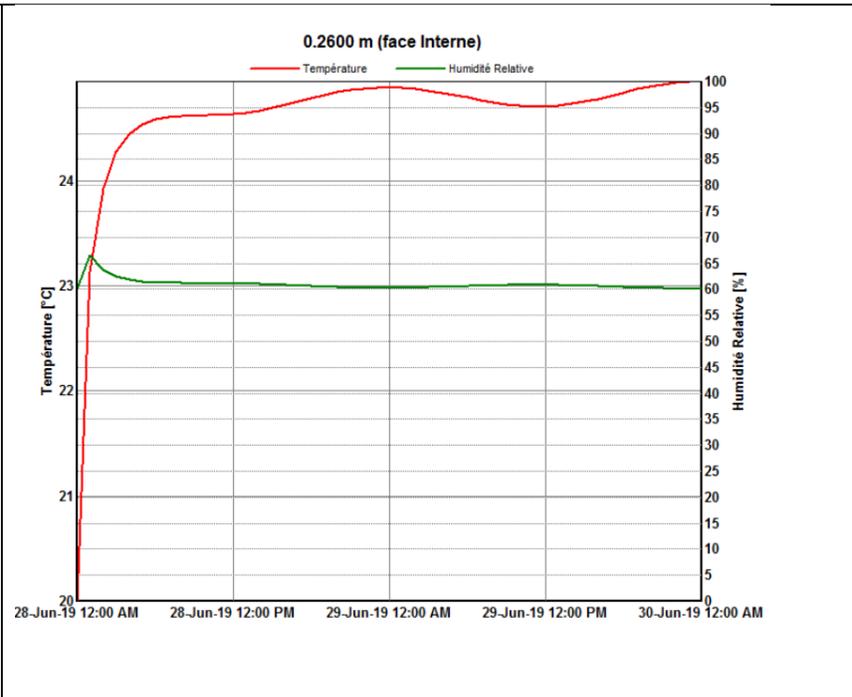
VARIANTE N°9: fibre de bois intérieur EP=10 cm



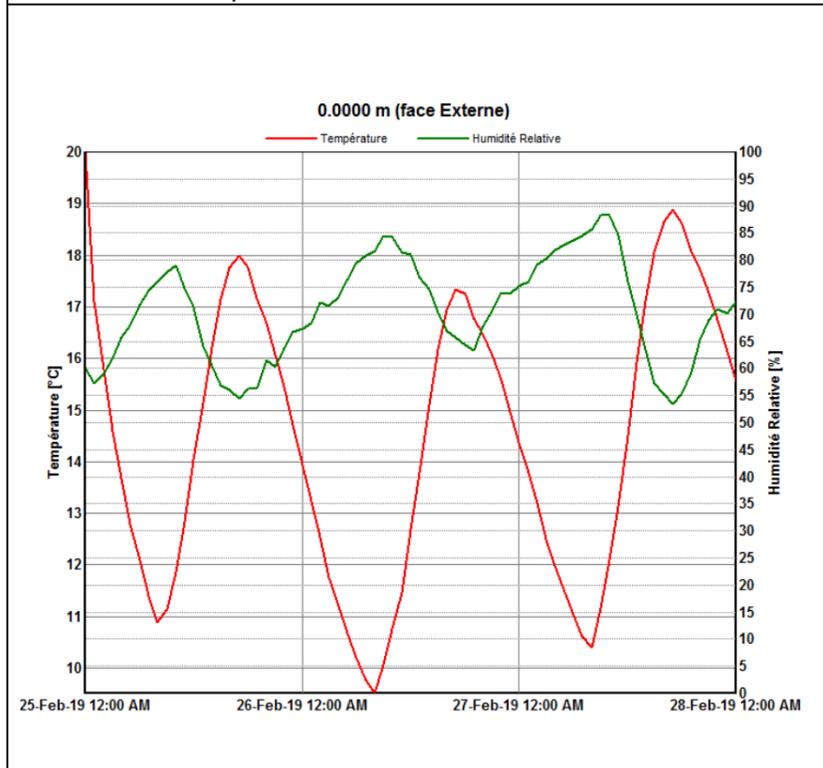
La figure de la variante (composition de la paroi)



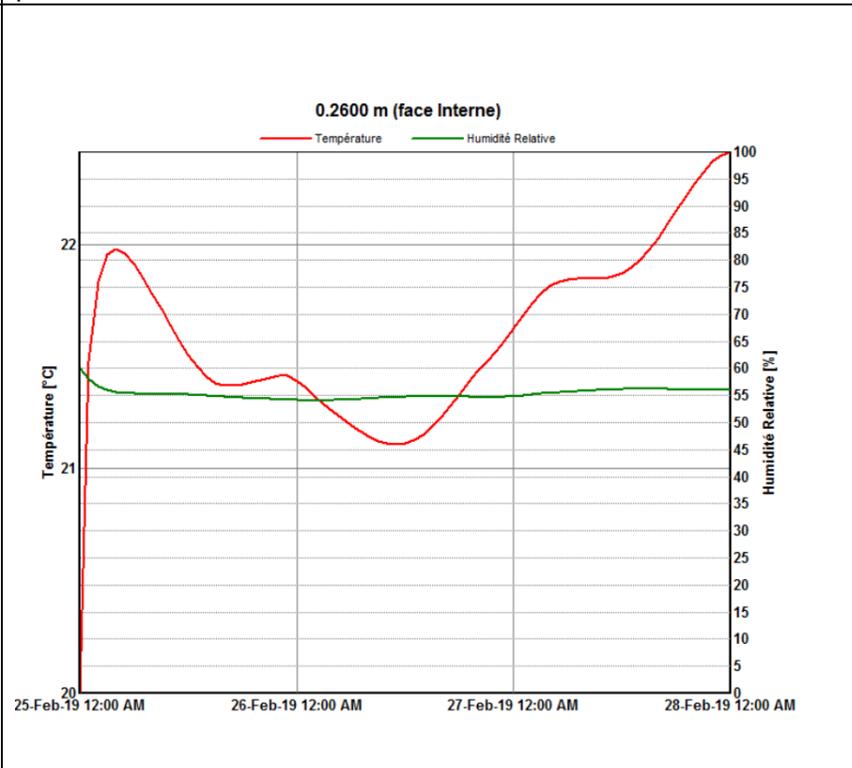
La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période été de la face intérieure °



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face extérieure



La température T air C ° et L'humidité relative HR (%) en période hiver de la face intérieure

Bibliographie

Livres

(Christian Norberg-Schulz; la signification dans l'architecture ,Edition pierre mardaga 1977.

De Haut, P. « Chauffage, isolation, et ventilation écologique », édition Eyrolle, Paris. 2011.

Gallauziaux, T. et Fedullo D. « Le grand livre d'isolation », Edition Eyrolles, Paris. 2010.

Garnier, A. « Le bâtiment à énergie positive ; comment maîtriser l'énergie dans l'habitat », édition Eyrolle, Paris.

Givoni, B. « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

Gonzalo, R. et al « Architecture et efficacité énergétique ; principes de conception et de construction », Edition Boston, Berlin. 2006.

Liébard, A. et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.

Roulet, A. C. « Eco-confort pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », presses et universitaires romandes. Suisse .2004.

Theses et mémoires

Benlatreche T. « Effets thermo-radiatifs et caractérisation microclimatique des cours intérieures dans les édifices publics », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2006.

Gacem, M. « Comparaison entre l'isolation thermique extérieure et intérieure d'une pièce d'un habitat situé dans le site de Ghardaia », mémoire de magister, Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen. 2010-2011

Articles publiés, cours et documents techniques

Belmaaziz, M. « Le confort thermique et stratégie thermiques des êtres humains », 2011- 2012.

Mazouz, S. « Confort thermique », 1ère année poste-graduation cour, département d'architecture de l'université de Biskra.

Mazouz, S. « Confort thermique et construction en climat chaud », Laboratoire de conception et de modélisation des formes architecturales et urbaines (LACOMFA), département d'architecture de l'université de Biskra. 2012.

Bibliographie

Sites Internet :

dpa-distribution.fr

fr.wikipedia.org

fr.solarpedia.net

isolation.maison-materiaux.com/

infos.trouver-un-logement-neuf.com

Le Guay M. sur le site edu.scol.education.fr