

LUDWIGSWINKEL - BÂTIMENT EXISTANT

Étude thermique et énergétique

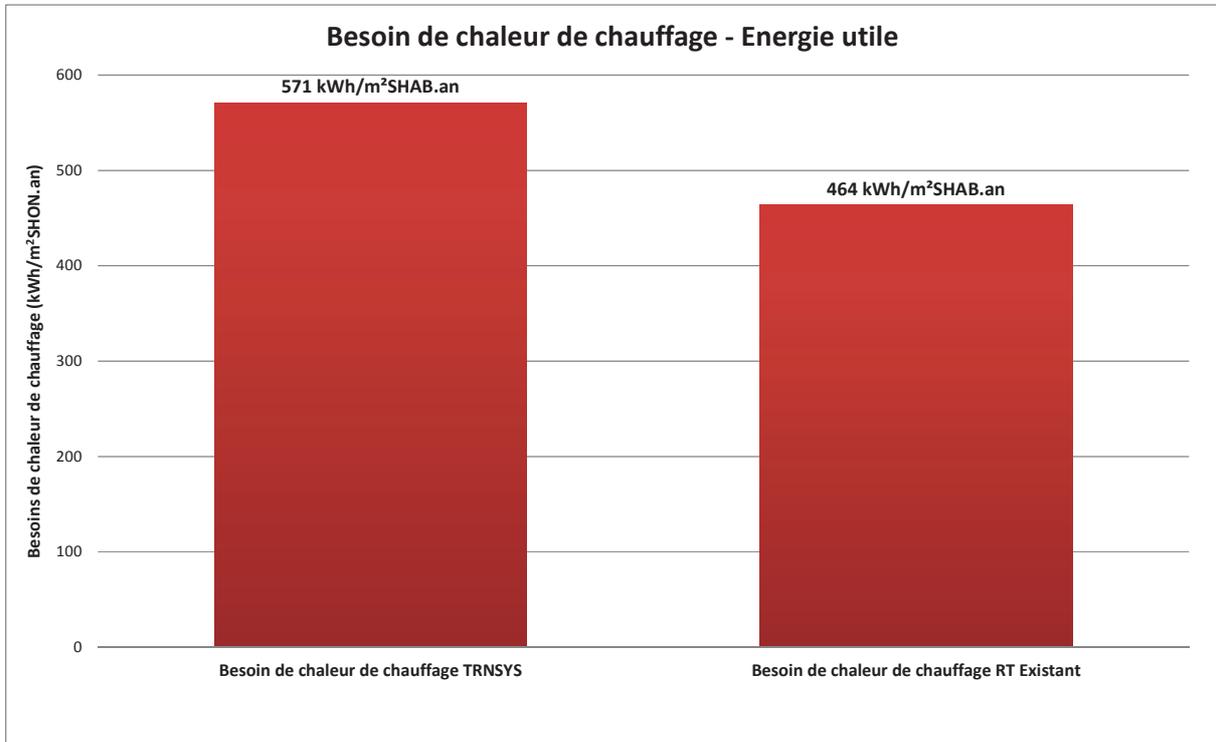


SOMMAIRE

1	BESOIN DE CHAUFFAGE	3
2	CONSOMMATIONS.....	4
2.1	TEMPERATURE DE CONSIGNE : 20°C	4
2.2	TEMPERATURE EN CONSIGNE : 13°C	5
3	ETUDE WUFI	6
3.1	SITUATION ETUDIEE	6
3.2	RESULTATS.....	8
3.2.1	Teneur en eau globale de la paroi	8
3.2.2	Teneur en eau de la poutre bois	9
3.2.3	Teneur en eau de la poutre à l'interface avec le grès	10
3.2.4	Teneur en eau de la paroi en grès.....	11
3.2.5	Teneur en eau du grès à l'interface avec l'enduit intérieur.....	12
4	SIMULATION DYNAMIQUE POUR LE CONFORT D'ETE	14
4.1	CONTEXTE DE L'ETUDE	14
4.2	RESULTATS.....	17

1 BESOIN DE CHAUFFAGE

Le diagramme ci-dessous présente les résultats du besoin de chaleur de chauffage obtenus par le programme de simulation dynamique TRNSYS et le module U48 du logiciel de calcul réglementaire Perrenoud.



L'enveloppe thermique englobe cette fois toute la toiture, comme évoqué lors de la réunion du 23 juillet. Cela explique en grande partie l'augmentation des déperditions et donc du besoin de chauffage de la maison allemande par rapport à la maison alsacienne : le besoin de chaleur de chauffage de la maison allemande est supérieure de 200 kWh/m²_{SHAB.an} par rapport à celui de la maison alsacienne (résultats TRNSYS).

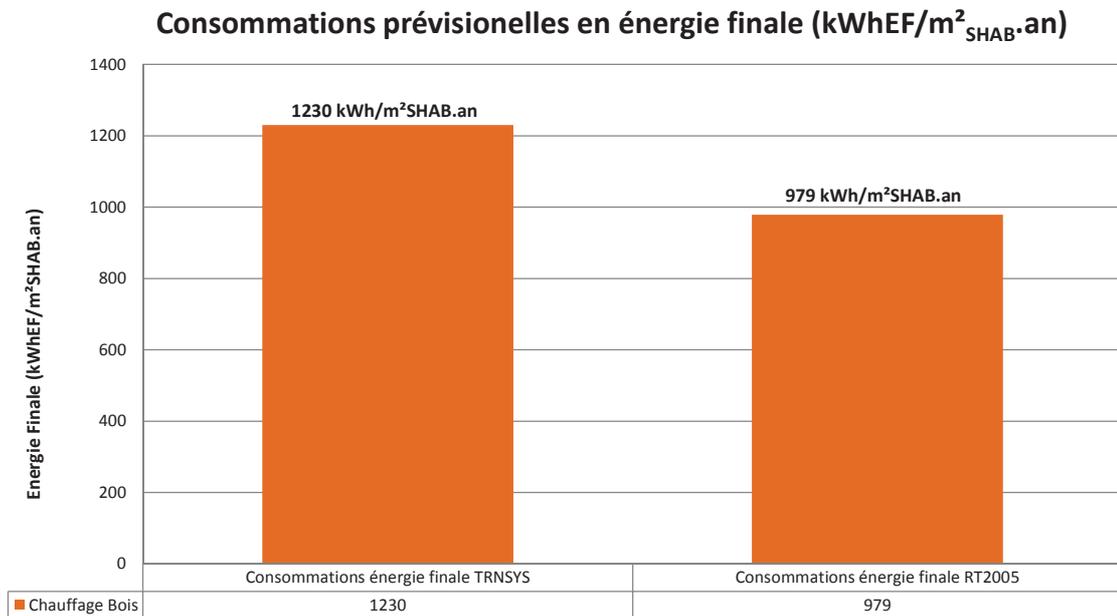
L'écart entre les résultats de TRNSYS et de la RT est de 20%.

2 CONSOMMATIONS

2.1 TEMPERATURE DE CONSIGNE : 20°C

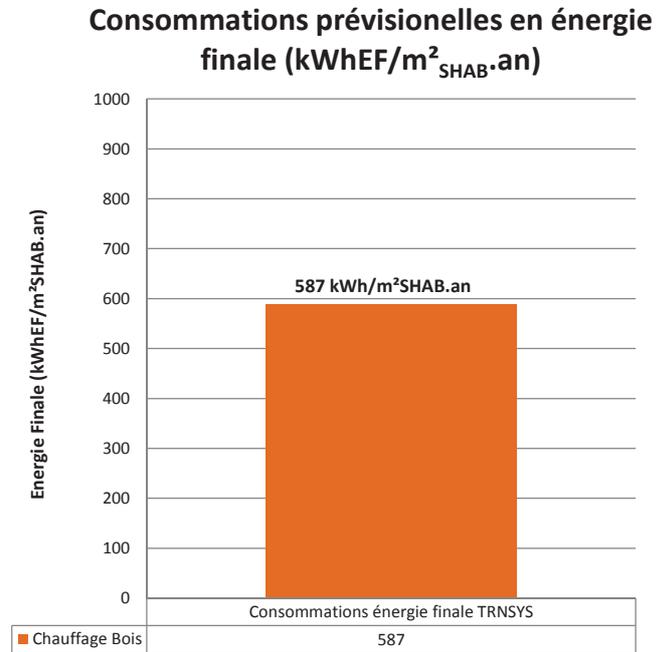
Cette hypothèse a été prise pour les calculs avec TRNSYS. Cela correspond à une consigne de 16°C en réduit pendant la journée (9 heures par jour) et 22°C en occupation. La température de consigne des calculs RT est fixée à 16°C en réduit et 19°C sinon.

Le diagramme ci-dessous résume les consommations en énergie finale obtenues par TRNSYS et par le calcul réglementaire, du poste chauffage uniquement. Nous sommes partis de l'hypothèse d'un chauffage au bois.



2.2 TEMPERATURE EN CONSIGNE : 13°C

On étudie les consommations dans le cas d'un mode de vie courant dans les fermes au début du siècle : la maison n'est pas chauffée au-delà de 13°C.



Les consommations en énergie finale baissent de moitié dans le cas d'une température de consigne de 13°C.

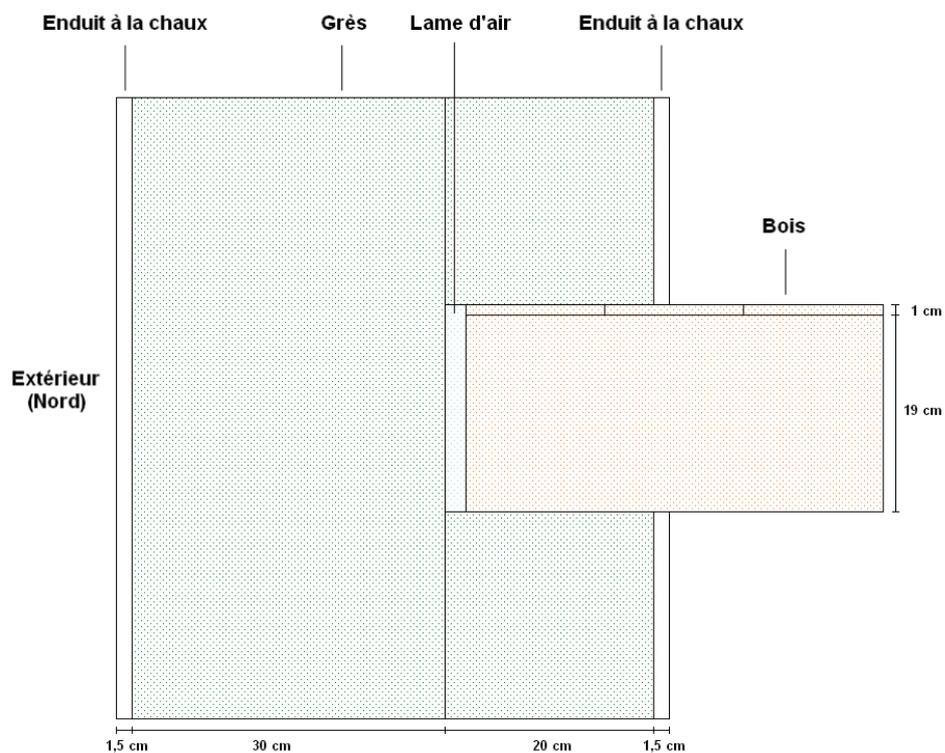
3 ETUDE WUFI

3.1 SITUATION ETUDIEE

- **Portion de la jonction mur / plancher étudiée :**

Nous avons étudié la jonction avec un plancher de lambourdes bois avec le mur extérieur en grès. En effet, avec un air intérieur chaud, la vapeur d'eau qu'il contient peut condenser au contact de la paroi froide du mur en grès. Dans ce cas, l'eau coule le long de la paroi intérieure du mur et stagne au niveau du plancher. Cela constitue un risque pour la pérennité du bois.

On se place en orientation Nord, le cas le plus défavorable. En effet une paroi orientée Nord met plus de temps à s'assécher en été.



- **Matériaux :**

Dans le tableau ci-dessous sont indiquées les caractéristiques des matériaux considérées :

Composition paroi	λ (W/m.K)	μ (-)
Grès Obernkirchner	2,3	32
Bois dur	0,13	200
Enduit à la chaux	0,7	7

- **Conditions initiales :**

Nous avons fixé une valeur initiale en eau telle que les matériaux soient en équilibre avec un air ayant une humidité relative de 80%. Ces conditions initiales sont défavorables et permettent de vérifier si les matériaux s'assèchent ou non au fil du temps.

- **Climat extérieur :**

Le logiciel WUFI est d'origine allemande, la base de données météorologiques concerne uniquement des villes allemandes. Nous avons choisi Mannheim comme climat extérieur de référence dont la latitude est voisine de celle de Strasbourg.

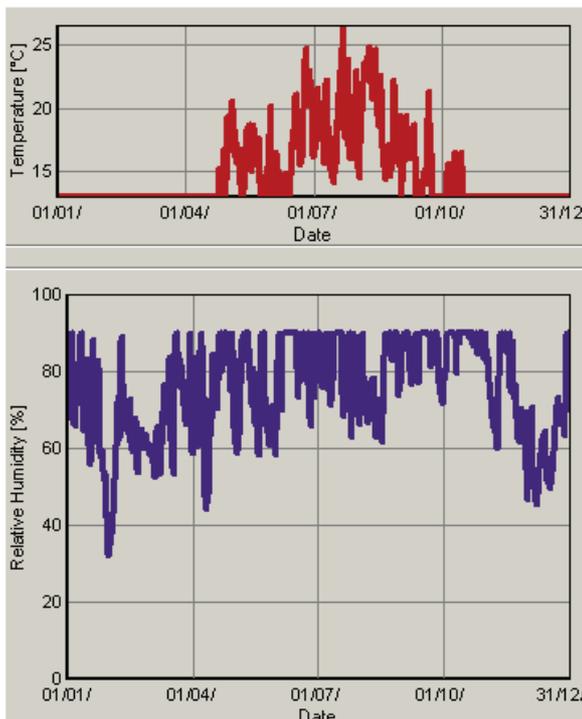
- **Climat intérieur :**

Il s'agit des valeurs d'humidité relative intérieure de la norme ASHRAE 160 mises en relation avec les fluctuations de l'humidité relative de lieu choisi (Mannheim). Cette norme permet également de faire varier l'évolution de l'humidité relative intérieure selon la température de consigne de chauffage de la maison en hiver.

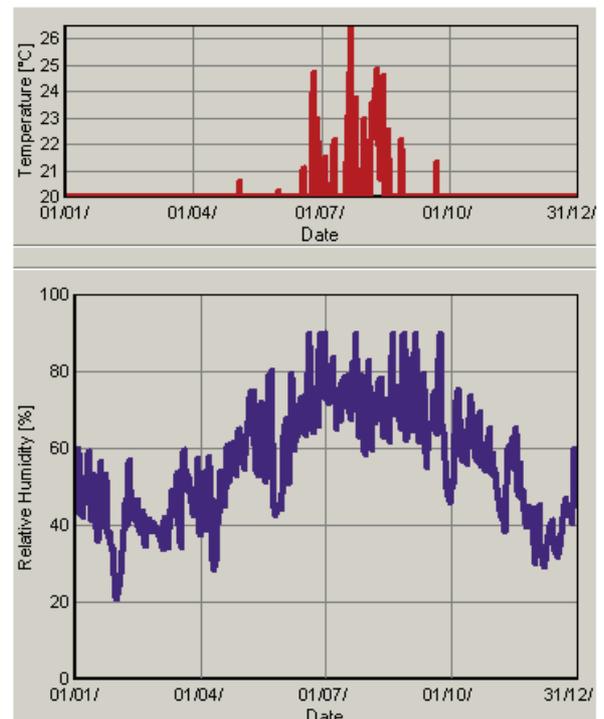
Les deux courbes rouges ci-dessous représentent l'évolution de la température intérieure sur l'année, dans le cas d'une température de consigne de chauffage de 13°C à gauche et de 20°C à droite.

Les deux courbes violettes représentent l'évolution correspondante de l'humidité relative de l'air intérieur. Elles dépendent également du volume du bâtiment, c'est pourquoi les courbes sont légèrement différentes de celles de la maison d'Hunspach. Pour une température de consigne hivernale de 13°C, l'humidité relative oscille ici entre 50 et 90%. Pour 20°C de consigne en hiver, elle est entre 40 et 80%.

13°C de consigne en hiver



20°C de consigne en hiver



- **Paramètres de simulation :**

Les simulations ont été effectuées sur une période de 10 ans.

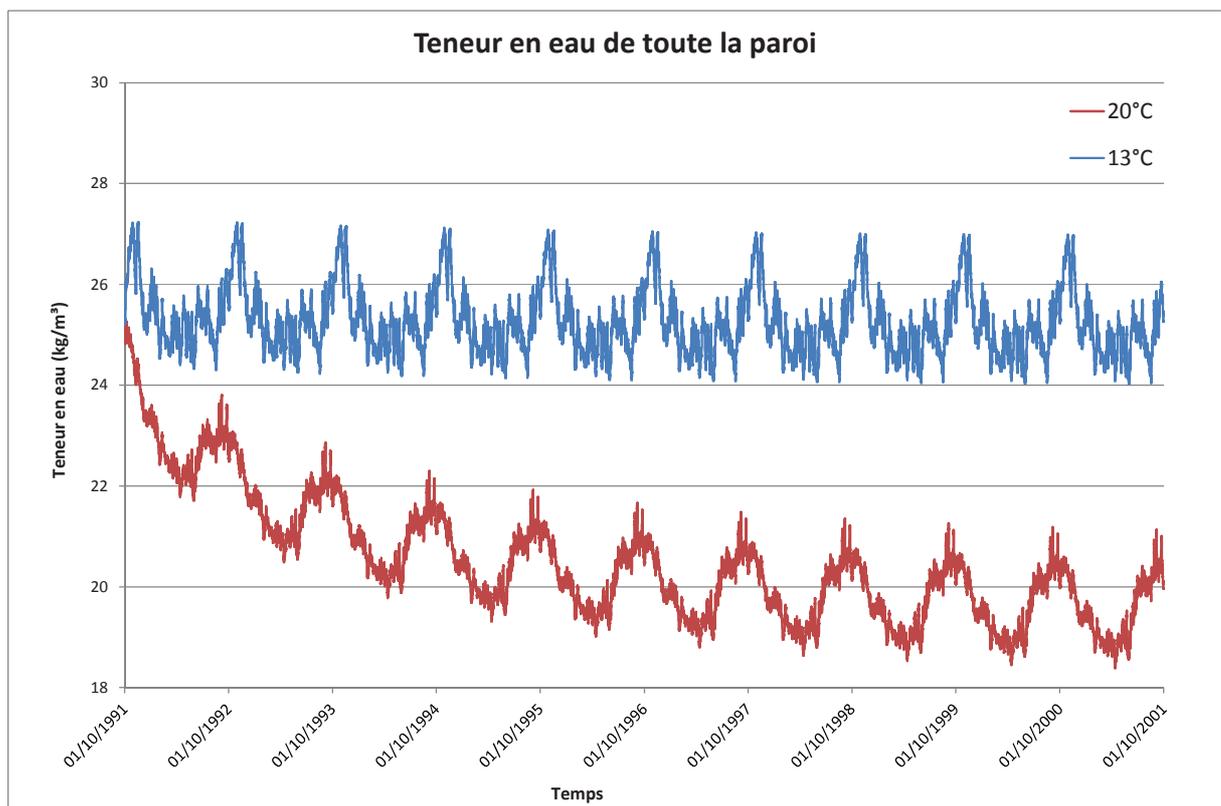
3.2 RESULTATS

Concernant l'interprétation des résultats, les valeurs seuils ne sont pas normées. Les valeurs seuils exploitées ici sont issues de différentes sources (forum Wifi, note technique d'Enertech...). Les valeurs seuils considérées ici sont les suivantes :

- Teneur en eau des matériaux :
 - o Grès et enduit : teneur en eau inférieure à la teneur en eau à l'équilibre avec un air à 85% d'humidité relative.
 - o Bois : teneur en eau inférieure à 20% de la masse sèche.
- Teneur en eau aux interfaces entre matériaux :
 - o Grès/enduit : il est conseillé de ne pas dépasser 85% d'humidité relative.
 - o Bois/grès : teneur en eau inférieure à 20% de la masse sèche (pour le bois).

3.2.1 TENEUR EN EAU GLOBALE DE LA PAROI

Pour s'assurer de la pérennité des composants d'une paroi, la teneur en eau dans la paroi globale doit se stabiliser au fil des ans. Ainsi on saura si la paroi accumule de l'eau au fil des années ou si au contraire elle évacue l'eau qu'elle contient et parvient chaque année à sécher.

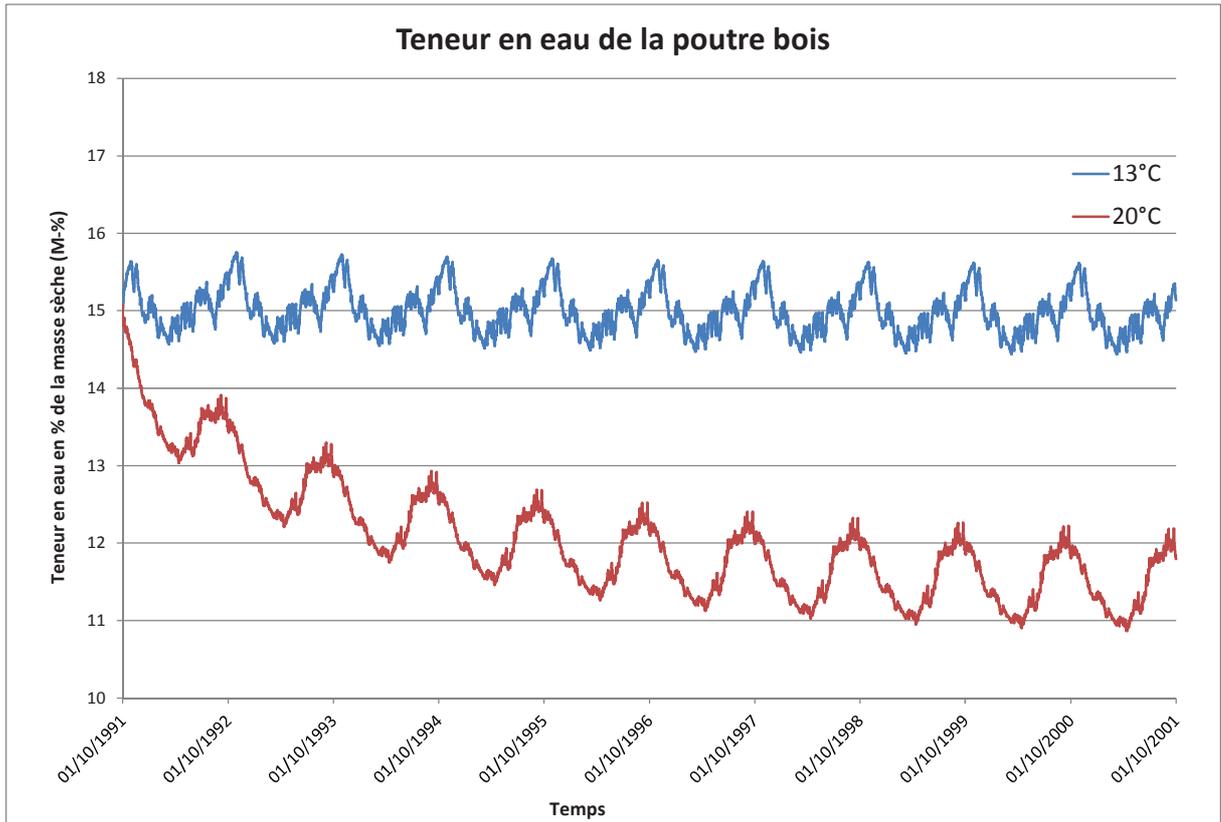
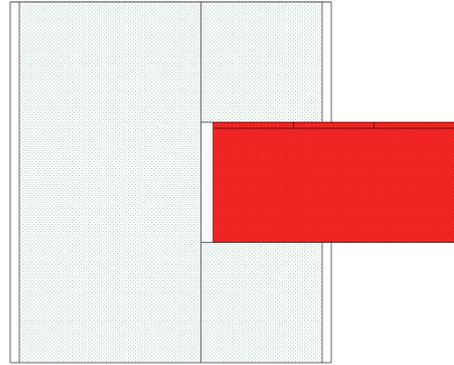


La paroi n'accumule pas d'eau, quelle que soit la température de consigne en hiver. Avec 20°C de consigne, elle sèche jusqu'à arriver à une teneur en eau moyenne de 19,5 kg/m³ après les 10 ans. Avec 13°C de consigne, la paroi contient en moyenne plus d'eau qu'à 20°C : 25 kg/m³ au bout de 10 ans.

Avec une température de consigne de 20°C, la paroi commence par s'assécher pour parvenir à l'équilibre avec l'air ambiant. En revanche avec une température ambiante de 13°C, l'humidité relative de l'air intérieur est plus élevée que celle de la paroi lors du début du calcul, ce qui entraîne une augmentation de cette dernière dans la paroi pour parvenir à l'équilibre avec l'air de la pièce.

3.2.2 TENEUR EN EAU DE LA POUTRE BOIS

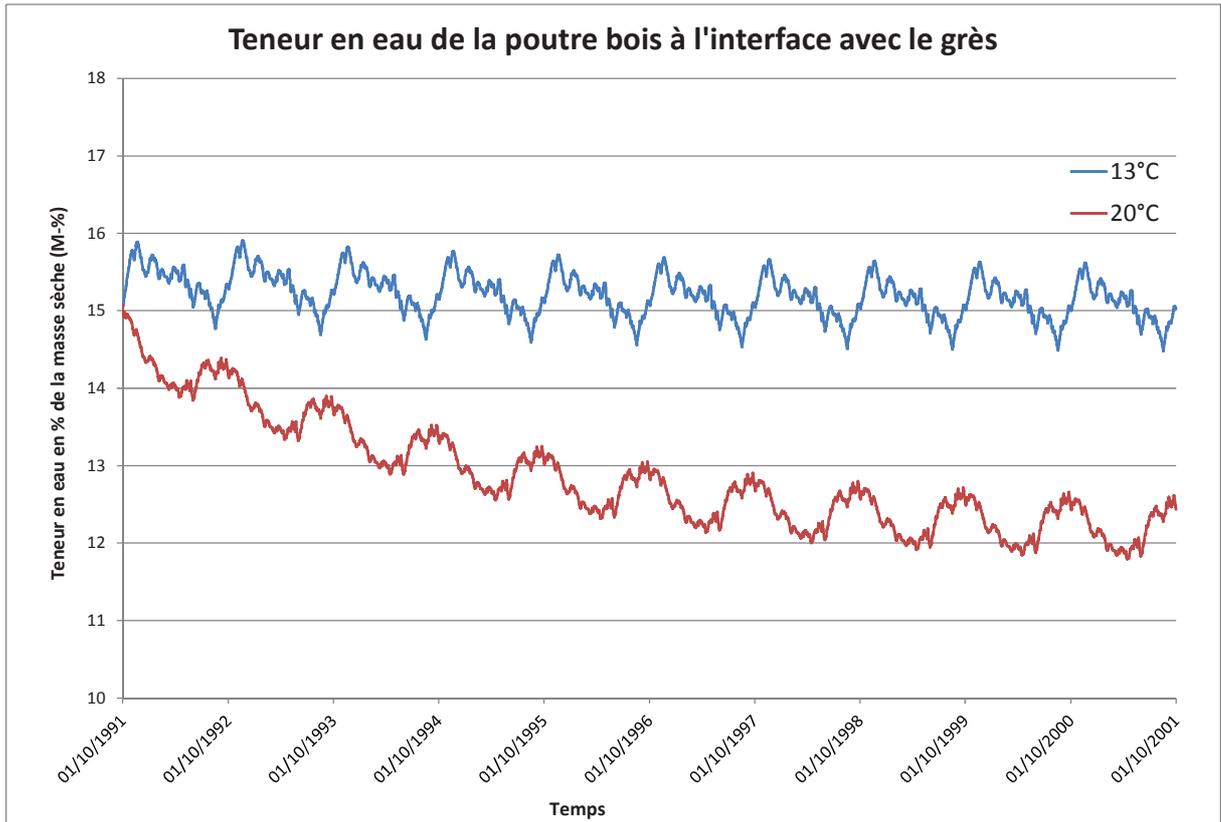
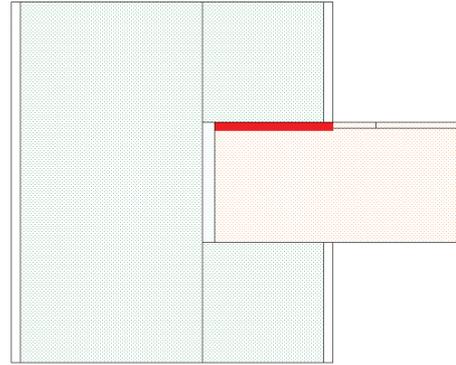
Il s'agit de l'évolution de la teneur en eau de toute la paroi bois la portion étudiée. Elle est en rouge sur le schéma ci-contre.



Dans les deux cas, la quantité d'eau dans la poutre ne dépasse pas la limite de 20% de la masse sèche. Avec 20°C de consigne de chauffage, la poutre sèche mieux et se stabilise à une teneur en eau moyenne de 11,5% de la masse sèche. Avec 13°C, la poutre sèche très légèrement d'année en année et contient en moyenne 15% de sa masse sèche en eau au bout des 10 ans.

3.2.3 TENEUR EN EAU DE LA POUTRE A L'INTERFACE AVEC LE GRES

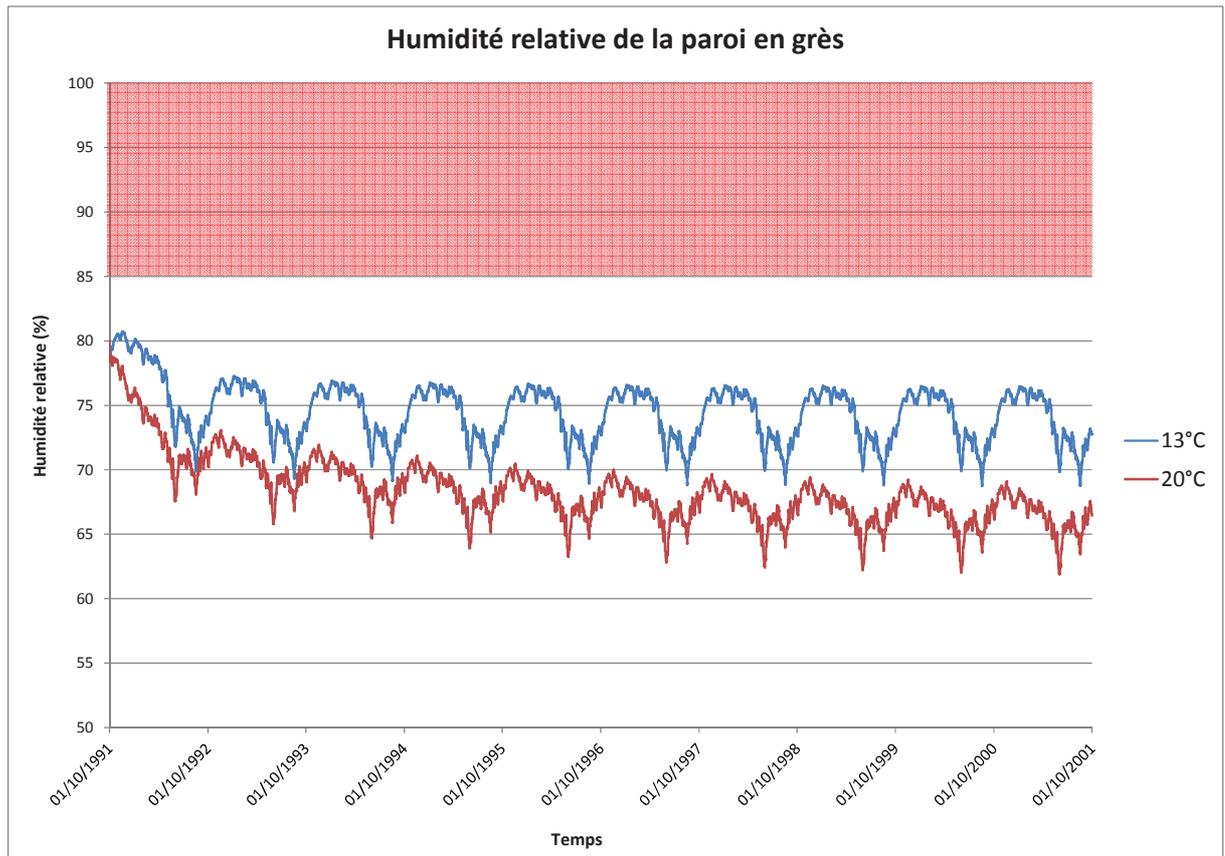
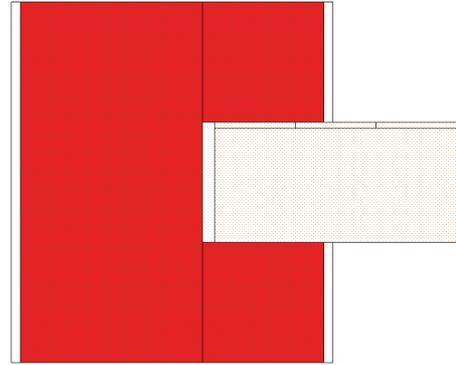
Nous nous intéressons à l'évolution de l'hygrométrie d'une couche limite de bois à l'interface avec le mur en grès. Cette couche limite est mise en évidence en rouge sur le schéma ci-contre.



La limite des 20% de masse sèche n'est pas non plus atteinte dans le bois à l'interface avec le mur de grès. Il n'y a pas de risque de pourrissement du bois à cet endroit.

3.2.4 TENEUR EN EAU DE LA PAROI EN GRES

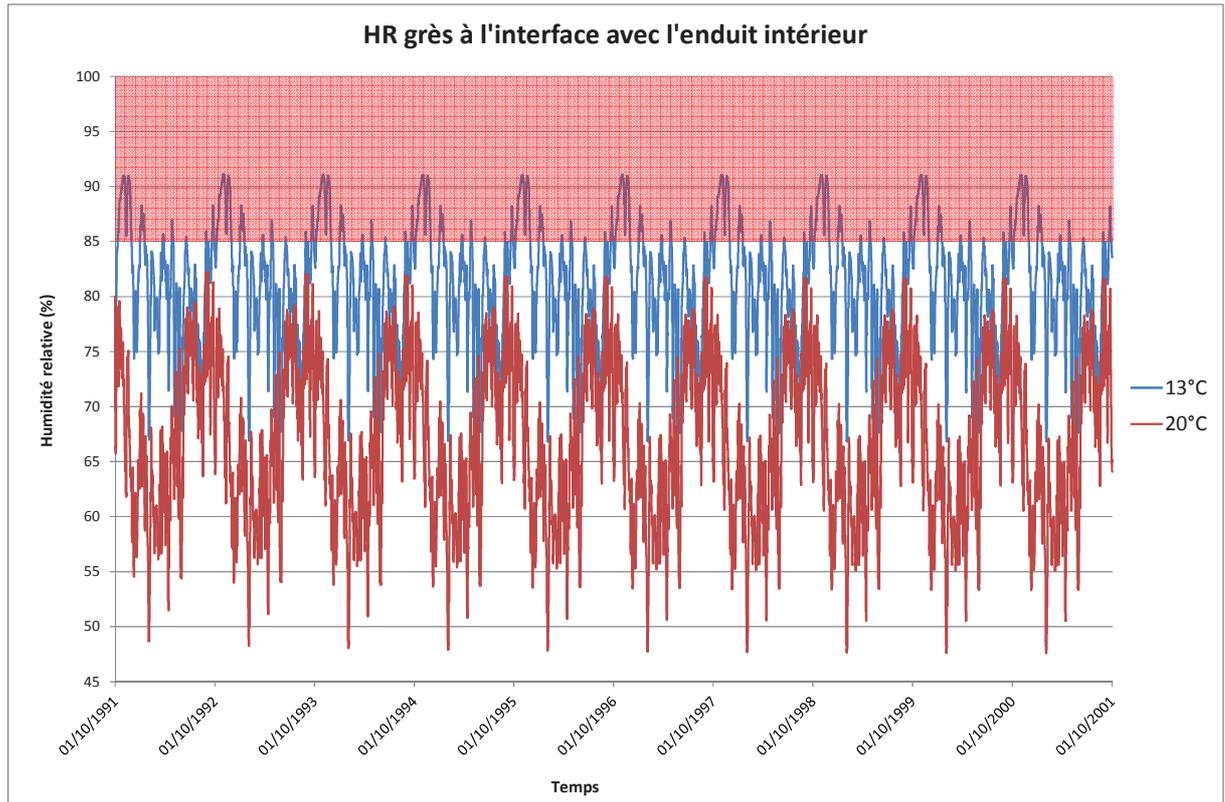
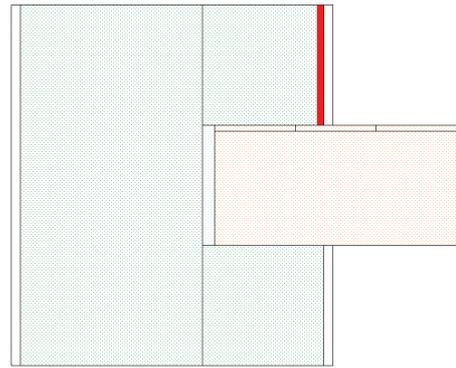
On prend toute la paroi en grès en considération, comme indiqué en rouge sur le schéma ci-contre.



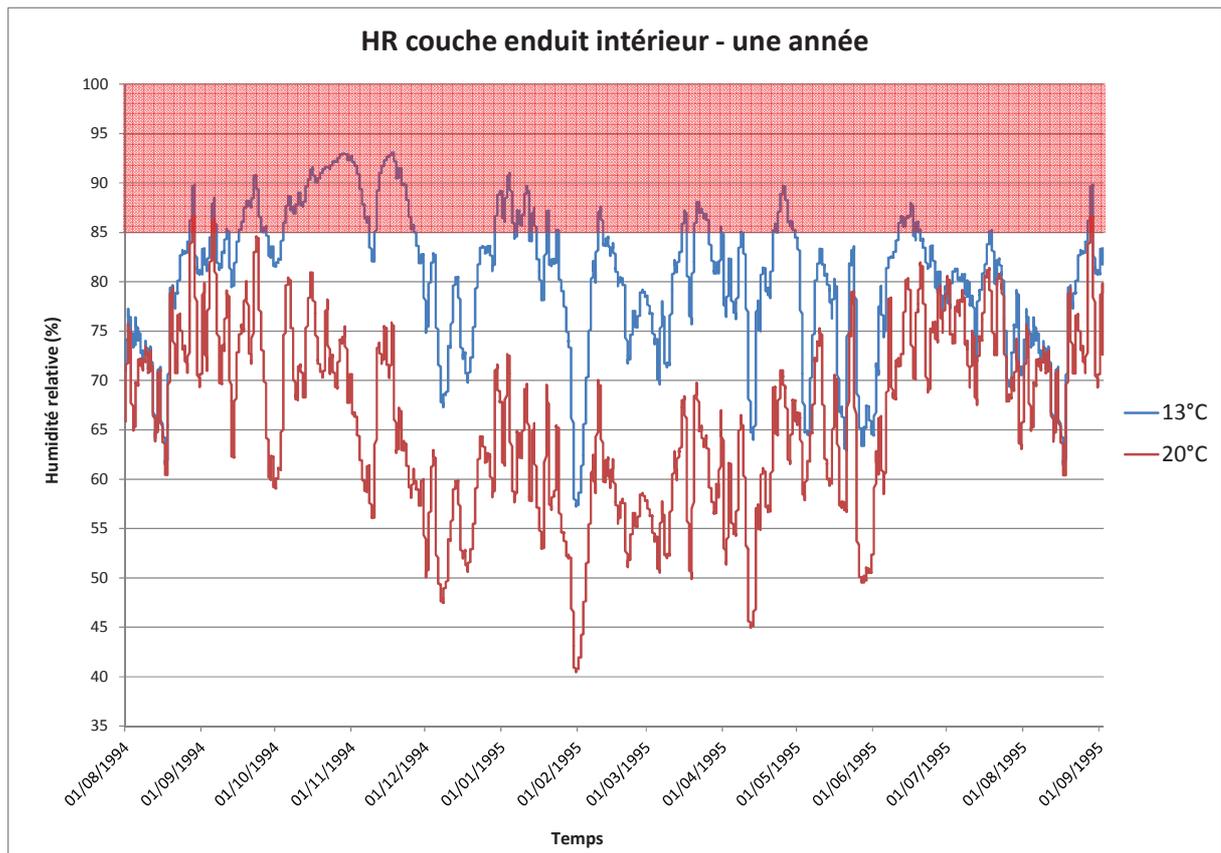
Sur la globalité de la paroi en grès, la quantité d'eau reste en dessous de la teneur à l'équilibre avec un air à 85% d'humidité relative. Avec 20°C de consigne hivernale, la quantité d'eau se stabilise à 65% d'HR, contre 72% avec 13°C.

3.2.5 TENEUR EN EAU DU GRES A L'INTERFACE AVEC L'ENDUIT INTERIEUR

Nous étudions la teneur en eau d'une couche limite de grès de quelques centimètres à l'interface avec l'enduit intérieur. Cette couche est mise en évidence en rouge sur le schéma ci-contre.



Avec 20°C de consigne en hiver, on n'atteint jamais les 85% d'humidité relative. En revanche, on les atteint chaque année. Pour savoir si cela présente un risque quant à la pérennité des matériaux, il faut regarder sur quelles durées cette valeur seuil est atteinte.



En zoomant sur une année (graphique ci-dessus), on voit que la valeur seuil est dépassée sur environ un mois consécutif, ce qui est relativement long. On peut donc considérer que cette valeur (13°C) est une limite inférieure raisonnable pour la température de chauffe en hiver ; une température inférieure engendrerait probablement des dégradations du grès en surface et de la couche d'enduit intérieur.

4 SIMULATION DYNAMIQUE POUR LE CONFORT D'ETE

4.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

- **Données météorologiques**

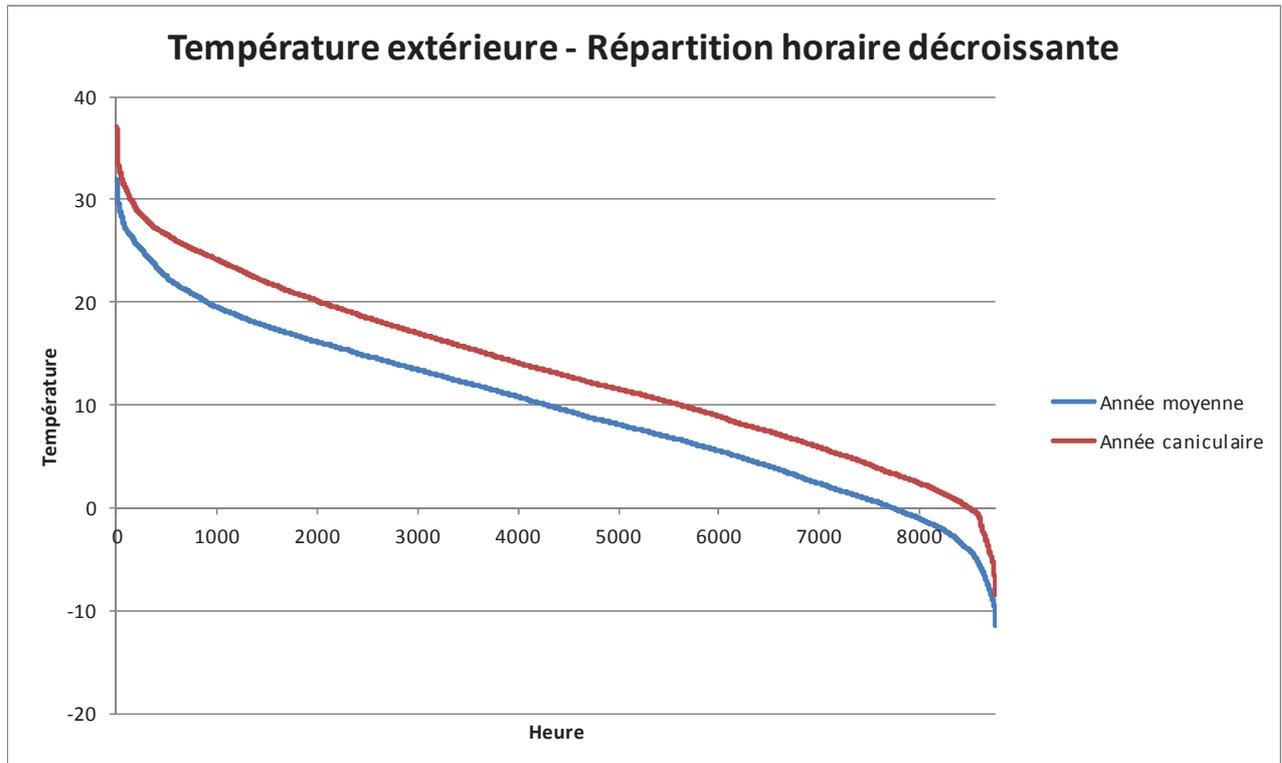


Diagramme de répartition des températures annuelles

Les données météorologiques utilisées sont celles de Strasbourg, pour une année moyenne et une année caniculaire (2003).

Le diagramme représente les températures extérieures en ordonnée et les heures de l'année en abscisse. Les températures ont un pas de temps d'une heure. Il y a 8760 heures par an. Les températures sont classées dans l'ordre décroissant afin de lire les températures maximales ainsi que la fréquence de chaque niveau de température.

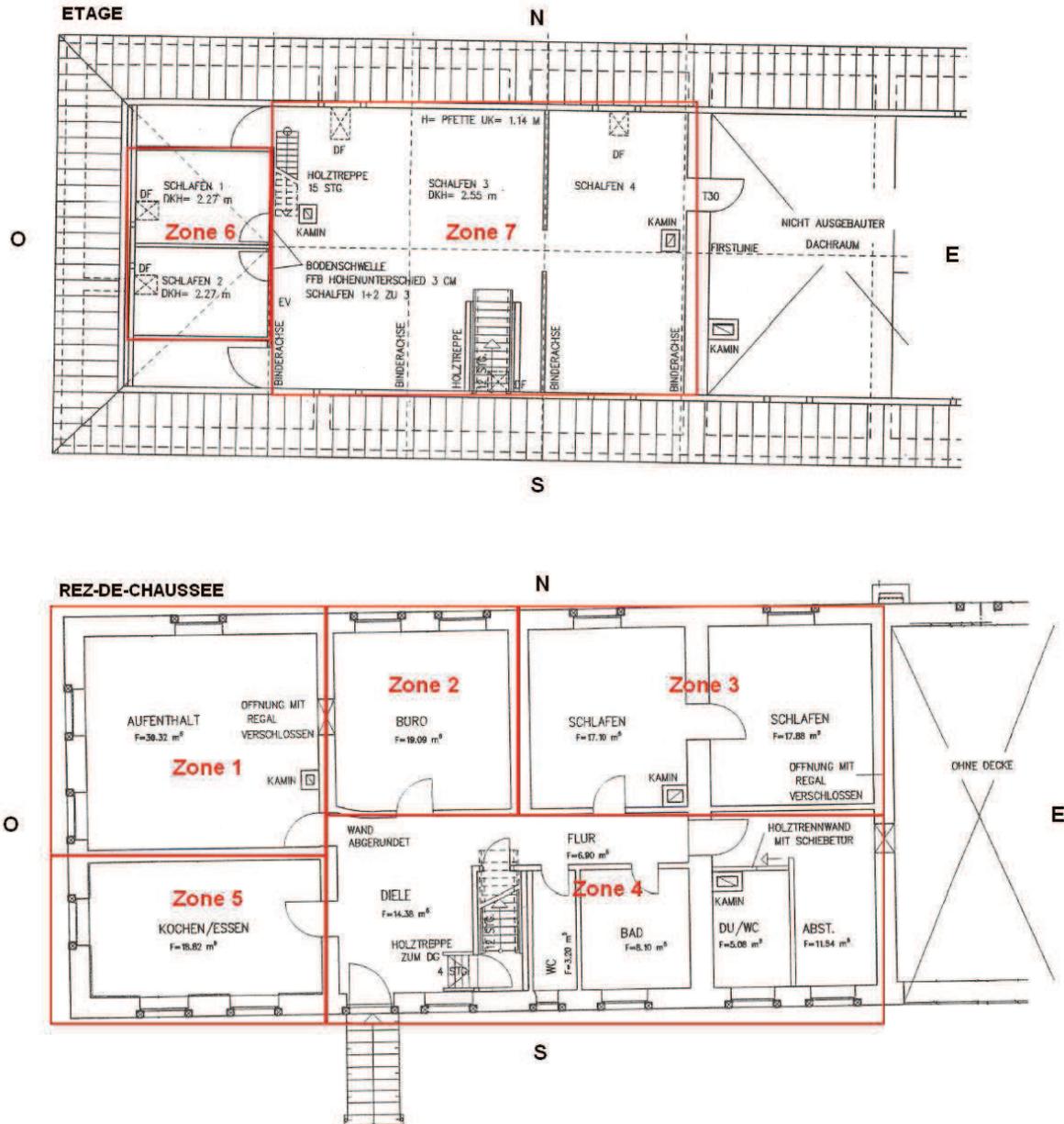
Par exemple, on peut lire sur le graphique que la température extérieure est supérieure à 20 degrés pendant environ 1000 heures pendant une année moyenne et pendant environ 2000 heures pendant une année caniculaire.

- **Zones d'étude**

Huit zones sont étudiées selon leur usage, leur orientation et leur scénario d'occupation :

- La zone 1 pour la salle de séjour, orientée et occupée différemment du bureau et de la cuisine.
- La zone 2 pour le bureau, caractérisée par une occupation et des apports faibles.
- La zone 3 pour la zone de nuit du RDC.
- La zone 4 rassemblant l'entrée, la salle de bains, les WC et un rangement, tous d'occupation épisodique.
- La zone 5 pour la cuisine aux apports internes élevés.
- La zone 6 pour la zone de nuit du R1 orientée Ouest.
- La zone 7 pour la zone de nuit du R1 restante.

Les scénarios d'occupation et d'apport interne sont présentés en annexe.



• Protections solaires :

Toutes les fenêtres des façades Sud, Nord et Ouest sont équipées de volets en bois, qui occultent 100% des rayonnements quand ils sont fermés. Dans la modélisation, on considère que les habitants les ferment lorsque l'ensoleillement incident dépasse 200 W/m². En revanche les velux ne sont équipés d'aucune protection solaire.

• Ventilation naturelle

- Ventilation habituelle par ouverture des fenêtres :

La maison ne dispose pas de ventilation mécanique. Nous avons considéré les scénarios d'ouverture des fenêtres suivants :

- chambres (zones 3, 6 et 7) : entrebâillement des velux pendant une heure le matin (10h à 11h)
- cuisine (zone 5) : entrebâillement des fenêtres une demi-heure à midi et le soir au moment de la cuisine (12h à 13h et 19h à 20h)

- bureau (zone 2), séjour (zone 1) et salle de bains (zone 4) : entrebâillement des fenêtres une demie heure le soir (19h à 20h)

- **Ventilation supplémentaire par ouverture des fenêtres pour le rafraîchissement:**

L'ouverture supplémentaire des fenêtres pour le rafraîchissement en cas de surchauffe est un des paramètres dont on étudie l'influence sur le confort d'été. Cette ventilation supplémentaire a été programmée de cette façon :

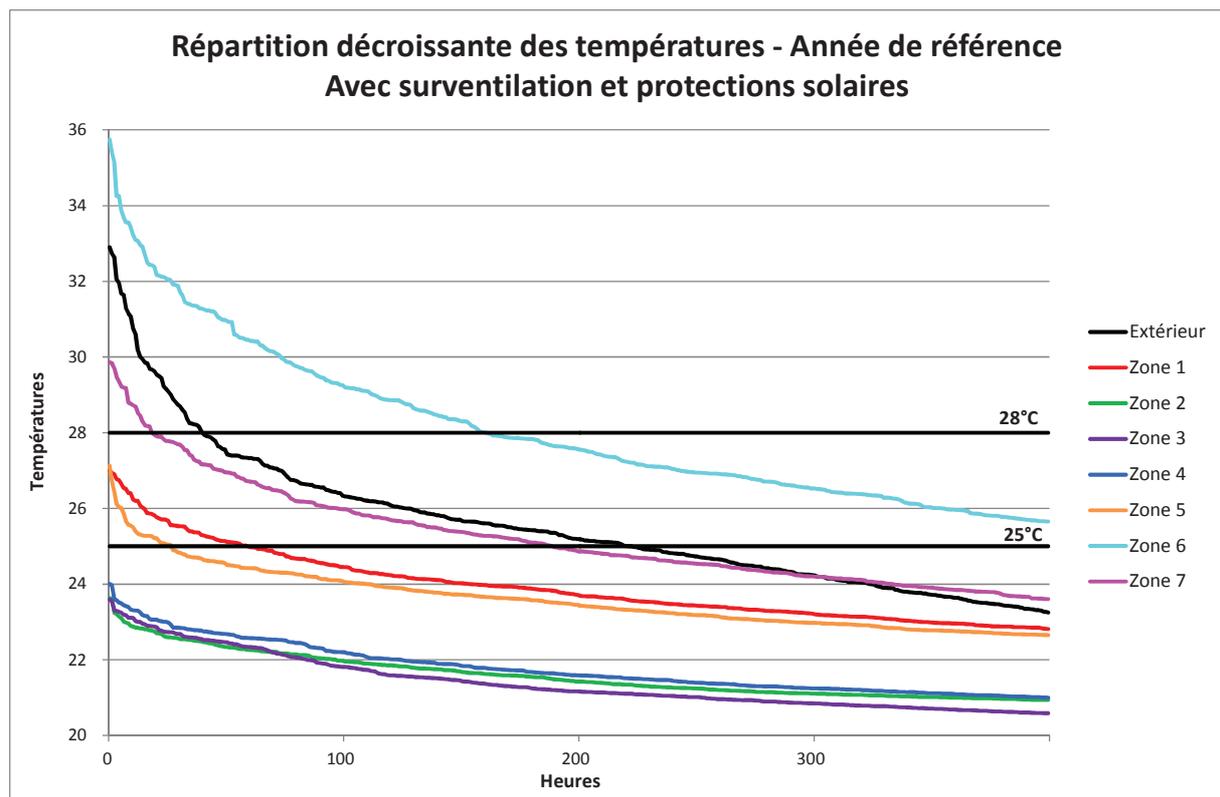
- Dans les zones de jour (zones 1 à 5 hormis 3), lorsqu'elles sont occupées et si la température intérieure est supérieure à la température extérieure, alors les utilisateurs ouvrent les fenêtres et profitent de la fraîcheur extérieure.
- Dans les zones de nuit (zones 3, 6 et 7), si la température intérieure est supérieure à la température extérieure, on considère que les habitants ouvrent un pan de leur fenêtre et le laissent ouvert toute la nuit.

4.2 RESULTATS

• Année de référence

○ Avec ventilation supplémentaire et protections solaires

Dans le diagramme suivant sont présentées les températures dans l'ordre décroissant avec leur fréquence entre début juin et fin septembre. La fermeture des volets et la surventilation sont prises comme hypothèses d'usage, avec les conditions explicitées avant.



Les zones situées dans les combles sont sujettes aux surchauffes, particulièrement la zone 6 orientée Ouest. Il y règne une température supérieure à 28°C pendant 160 heures de l'été. Dans la zone 7 cette fréquence est de 20 heures. L'étage ne dispose pas d'un bon confort d'été.

En revanche, les murs en moellons de grès assurent une très bonne inertie. Les zones 1 à 5 ne subissent pas de surchauffes importantes. Les zones 1 et 5 restent les zones les plus chaudes du rez-de-chaussée en raison de leur orientation Ouest, mais il n'y règne une température supérieure à 25°C que pendant 60 heures dans la zone 1 et 30 dans la zone 5. Au RDC, le confort d'été est très satisfaisant.

- **Sans fermeture des volets**

La simulation sans l'hypothèse de fermeture des volets à partir d'un ensoleillement de 200 W/m² montre que ce critère n'a que très peu d'influence sur les résultats de confort d'été, les arbres assurant déjà un ombrage très satisfaisant.

Les facteurs d'ombrage liés aux arbres ont été calculés à partir des valeurs de transparence des feuilles d'arbre de l'étude sur le logiciel Sombrero « Shadow calculations on arbitrarily oriented surfaces as a preprocessor for simulation programs ».

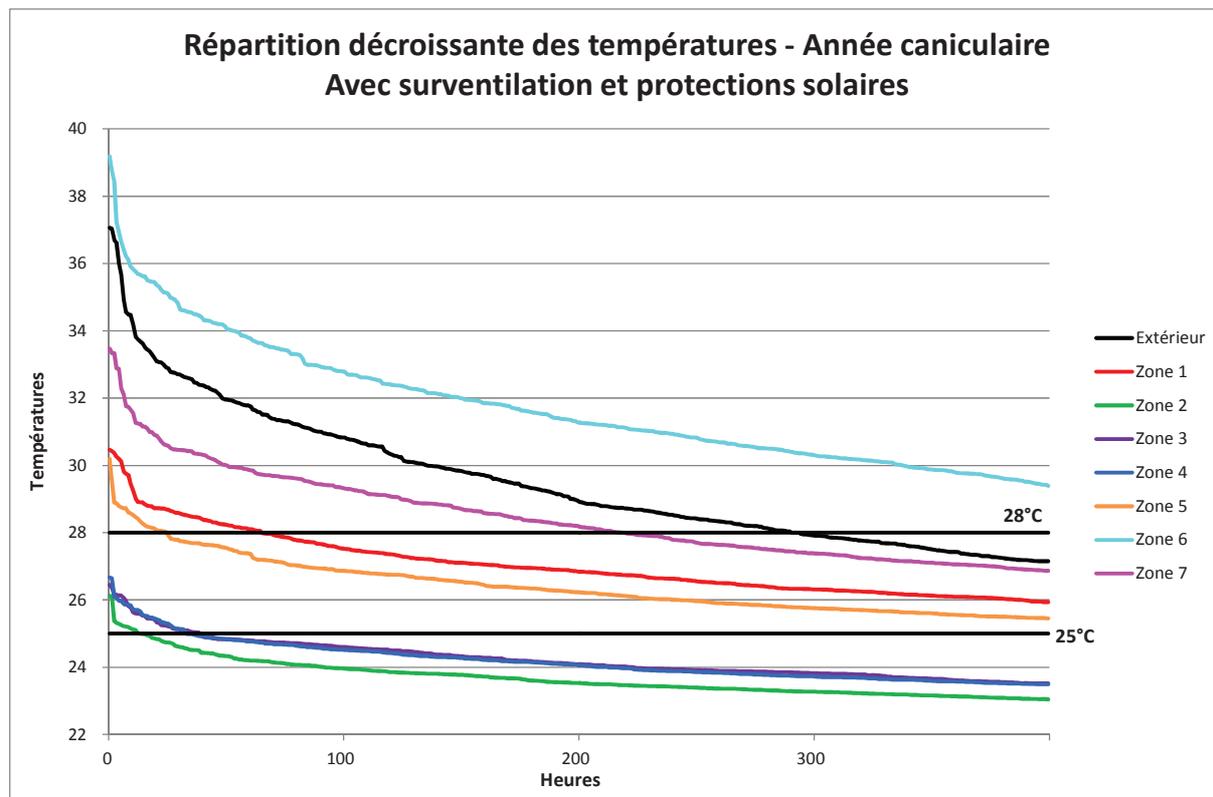
Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Transparency (%)	90	90	50	5	5	5	5	5	30	60	90	90

Table 1: Ground plan of the building with the projected trees and the beginning of the avenue.

- **Sans ventilation naturelle supplémentaire**

De même, en raison de la petite taille des fenêtres en toiture dans les zones 6 et 7, la ventilation nocturne influe très peu sur le confort d'été à l'étage. Quant aux zones du RDC, les plages horaires où l'on peut surventiler (lorsque ces zones sont occupées) ne sont pas suffisantes pour influencer sur le confort d'été. Ceci est lié à l'inertie de ces pièces, en raison des murs en grès.

- **Année caniculaire**



La température maximale atteinte en zone 6 est passée de 36°C à 39°C, c'est la zone la plus exposée aux surchauffes. Dans cette zone on atteint une température supérieure à 28°C pendant 500 heures, et plus de 200 heures en zone 7.

Les températures des zones du bas ne dépassent pas 28°C pendant plus d'une soixantaine d'heures, les murs de grès et l'ombrage des arbres protègent des surchauffes de façon satisfaisante.