

Rapport action tuffeau

Réhabilitation énergétique des bâtiments en tuffeau – Etat de l’art et retours d’expérience

CAHIER n°5

Maison rurale – Cheviré le Rouge



Figure 1-1: Façade Nord, Cheviré Le Rouge



Date de visite : 20 mai 2011

Mesures : juin – décembre 2011

1 Description du bâtiment

Le bâtiment, situé sur une butte, exposé aux vents, est composé de trois parties construites à des époques différentes (figure 1-1).

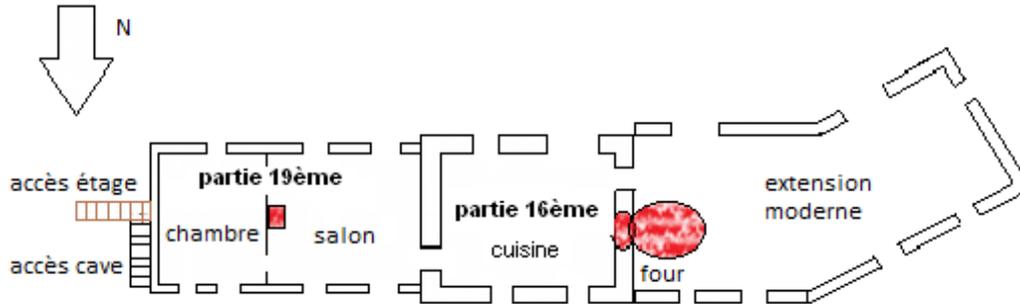


Figure 1-1 : Plan du bâtiment

Au centre du bâtiment, une ancienne boulangerie, datant à priori du XVIème siècle, est en moellons de tuffeau de 65 cm d'épaisseur. Les encadrements d'ouvertures sont en tuffeau et pierres moins tendres (pierres des Rairies).

A l'Est, une extension, en pierres de taille de tuffeau de 22 cm d'épaisseur, date du XIXème siècle. Les encadrements d'ouvertures sont en briques et tuffeau. Une cave est présente sous cette partie. Le soubassement est en pierres dures et plus larges que le mur, dit en saillie.



Figure 1-2 : Accès à la cave, façade Est et soubassement en saillie

A l'Ouest, une extension moderne, en brique monomur de 37 cm, est couverte d'un enduit plâtre-sable gratté.



Figure 1-3 : Partie Est



Figure 1-4 : Partie centrale



Figure 1-5 : Partie Ouest



Figure 1-6 : Vue du Sud-Est



Figure 1-7 : Four à pain de la cuisine non utilisé (XVIème)



Figure 1-8 : Four à pain dans l'extension moderne

2 Objet de la rénovation

L'isolation des murs, des sols et de la toiture a été une priorité ainsi que l'installation d'un système de chauffage central. La construction d'une extension moderne a été réalisée dans le même temps.

Les travaux ont commencé en 2002. Les propriétaires ont emménagé en 2004.

2.1 Traitement de l'enveloppe

Avec l'ouverture d'une baie vitrée, dans l'angle Sud-Ouest de la partie plus ancienne, une agrafe a été installée pour le renforcer.

Les murs de l'ancienne boulangerie et de l'extension du XIXème sont enduits d'environ 6 cm de chaux-chanvre en deux passes. L'enduit a été projeté manuellement puis taloché.



Figure 2-1 : Enduit chaux-chanvre

Les ouvertures, au Sud, ont été agrandies et remplacées par du double vitrage avec tapées pour compenser l'épaisseur de l'enduit chaux-chanvre.



Figure 2-2 : Double vitrage



Figure 2-3 : Ouvertures Nord

Au Nord, les anciennes menuiseries en simple vitrage sont conservées ainsi que les volets qui sont fermés en permanence.



Figure 2-4 : Modifications des ouvertures de la façade Sud, partie XIXème (les deux de gauche)



Figure 2-5 : Baies vitrées, façade Sud (partie moderne et du XVIème)

La toiture est isolée par des panneaux auto-porteurs, rigides, en polystyrène de 20 cm (sarking : isolant disposé sous la couverture).

2.2 Traitement des cloisons et planchers intérieurs

Le mur de refend (55 cm), entre la partie ancienne boulangerie et l'extension du XIXème, est enduit à la chaux naturelle hydraulique avec de la poudre de pouzzolane.

Une cloison légère dans la partie XIXème est montée en briques de terre cuite et tuffeau.



Figure 2-6 : Mur de refend partie XVIème/XIXème : enduit chaux-sable



Figure 2-7 : Cloison en briques de terre cuite dans la partie XIXème

Le sol intérieur a tout d'abord été décaissé afin de mettre en place un hérisson de cailloux drainé et ventilé. Le drain parcourt toutes les anciennes parties du bâtiment à 1 m des murs en intérieur et les bouches de ventilation sortent en façade sud et nord.

Le plancher bas est constitué d'une dalle de chaux hydraulique 5 de 10 cm (avec graviers et sable), d'un polystyrène compris entre 4 et 6 cm, de serpentins du plancher chauffant et d'une chape de béton qui scelle les carreaux de terre cuite et lames de parquet.



Figure 2-8 : Ventilation Sud du drain

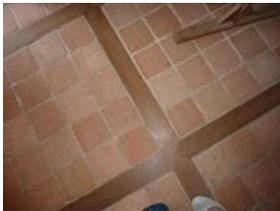


Figure 2-9 : Carreaux et parquet de la cuisine

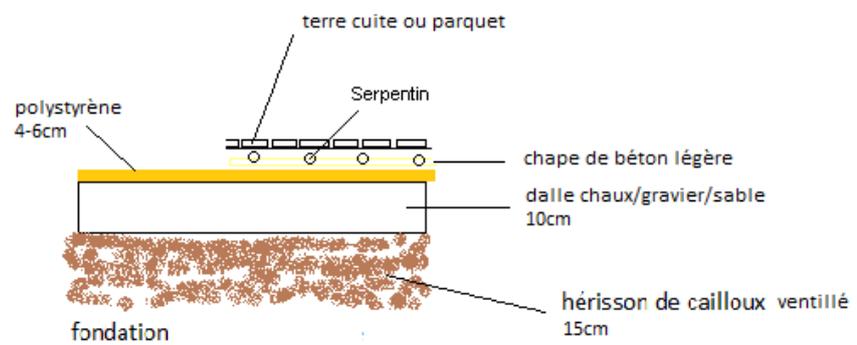


Figure 2-10 : Coupe transversale du plancher bas

Le plancher intermédiaire est porté par les murs de refend et deux poutres maitresses (présentes dans les parties du XVIème et du XIXème) en chêne massif. La poutre de la boulangerie avait été remplacée par une poutre métallique en I.

Les solives reposant sur les poutres, portent des briques en terre cuite (plafonnettes) et une chape chaux-chanvre de 10 cm. Un parquet est prévu en finition.

En sous face, les briques sont enduites d'un plâtre, entre solives.



Figure 2-11 : Plafond de la cuisine



Figure 2-12 : Béton chaux-chaux

2.3 Traitement des systèmes de chauffage et de refroidissement

Aucun système mécanique de ventilation n'a été prévu : la ventilation se fait naturellement car l'air s'infiltré par les défauts d'étanchéité de la maison.

Pour assurer le chauffage de la maison et la production d'eau chaude sanitaire (ECS), il était prévu un système géothermique eau/eau.

L'émission est assurée par :

- au rez-de-chaussée : un plancher chauffant basse température;
- à l'étage : des radiateurs à eau basse température dans chaque chambre.

La régulation est assurée par 8 vannes qui règlent la température de consigne de chaque pièce. Le système de chauffage ayant été sous dimensionné, un poêle à bois sert d'appoint pour chauffer l'extension du XIXème tandis que la production d'ECS est exclusivement assurée par un ballon électrique.



Figure 2-13 : Poêle à bois du salon (XIXème)

2.4 Retour d'expérience

Après huit ans de vie dans la maison isolée, les propriétaires en concluent que l'isolation de chaux-chaivre ne suffit pas dans la partie du XIXème siècle en parpaing de tuffeau de 22 cm. Les habitants ont froid. Cependant cet inconfort ne se fait pas ressentir dans la partie plus ancienne aux murs de 55 cm d'épaisseur.

Sur la paroi Sud, le chaux-chaivre a changé de couleur en pied de mur, couleur rouille. Ce phénomène serait dû à un mauvais mélange de chaux-chaivre ou montrerait une humidité excessive.

La pièce plus à l'Est, prévue à la base pour une chambre d'enfant, est la plus humide et froide et sert donc au final de bibliothèque.



Figure 2-14 : Coloration rouille de l'enduit chaux-chaivre, côté Sud



Figure 2-15 : Fente entre la poutre et l'enduit

L'air s'infiltré partout dans la maison : haut des fenêtres, portes, ... et crée des courants d'air. Les volets côté Nord sont fermés en continu et diminuent la clarté des pièces.

A l'extérieur, la façade est très détériorée : le tuffeau est très altéré par son contact direct avec des pierres ou du ciment moins tendres (figure 2-16).

Au Sud, la façade présente des parties noircies dues au rayonnement solaire (figure 2-17).



Figure 2-16 : Tuffeau détérioré par la présence de pierres dures et de ciment



Figure 2-17 : Différence d'altération de la pierre selon l'exposition au rayonnement solaire

Aujourd'hui, les propriétaires envisagent d'améliorer leur confort thermique en effectuant une isolation par l'extérieur, en bardage bois, de la partie XIXème. Malgré la perte de l'esthétisme tuffeau/brique, les habitants préféreraient favoriser leur confort.

3 Thermographie infrarouge

Un diagnostic thermographique a été réalisé sur cette maison le 16 février 2012 en conditions moyennement favorables (clichés pris en soirée après une après-midi ensoleillée). Il a permis toutefois d'identifier quelques éléments intéressants.

La figure 3-1 montre l'homogénéité des températures de surface entre les deux parties anciennes du bâtiment sur la façade sud, par l'extérieur.



Figure 3-1 : façade nord extérieur

La vue de l'intérieur de cette même façade fait apparaître quelques ponts thermiques dans l'isolation par l'enduit chaux / chanvre : en plafond et autour des menuiseries.



Figure 3-2 : façade nord intérieur

La façade est (figure 3-3) fait apparaître des déperdition thermique importante au droit des traversées de poutres, de la menuiserie et de la liaison pignon-bandes de rive.

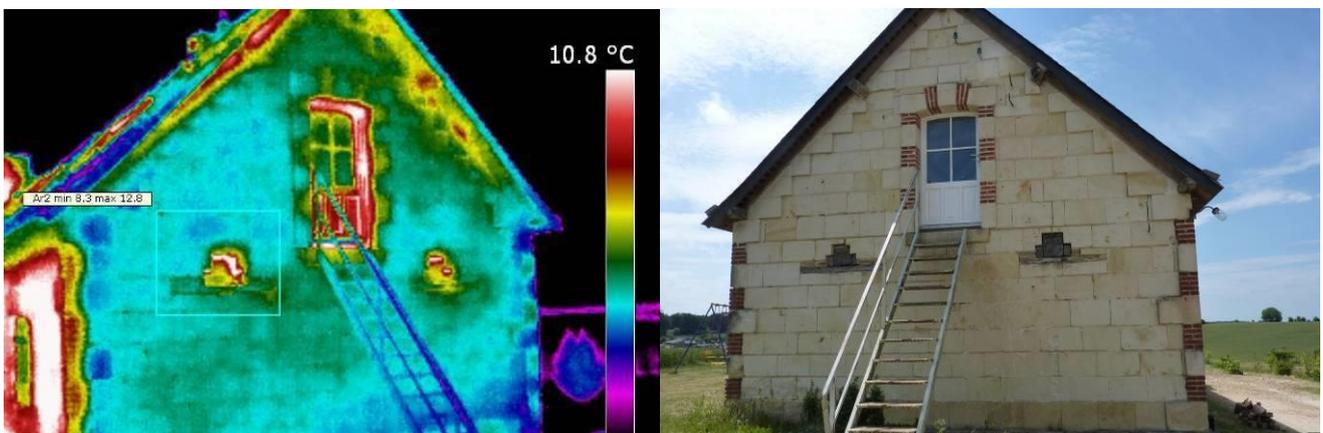


Figure 3-3 : façade est

4 Instrumentation légère

4.1 Plans d'instrumentation

La figure 4-1 présente le schéma d'instrumentation du bâtiment. Des sondes de température et hygrométrie ont été placées dans chaque pièce du rez de chaussé, ainsi qu'en extérieur, sur les façades nord et sud.

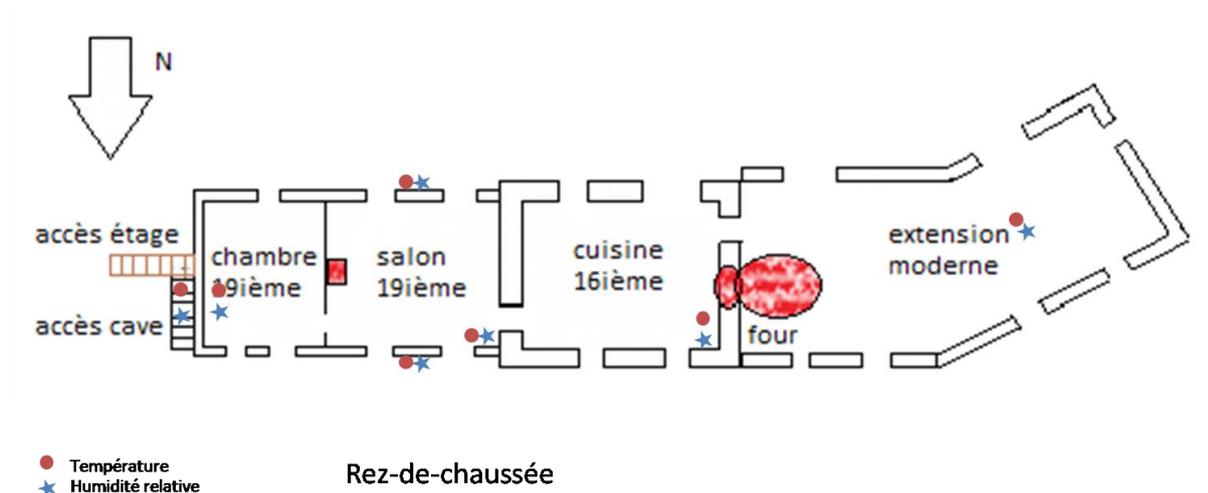


Figure 4-1: Plan de l'instrumentation du rez-de-chaussée

A noter que la chambre à l'est sera identifiée comme bibliothèque et l'extension moderne comme chambre.

4.2 Résultats des mesures

La campagne de mesure s'est étendue du 9 juin 2011 au 23 décembre 2011 pour l'extérieur, et du 10 juin 2011 au 30 avril 2012 pour l'intérieur.

4.2.1 Les conditions extérieures

Les conditions extérieures ont été mesurées sur deux orientations (nord et sud).

L'écart moyen sur la période de mesure entre les températures Sud et Nord est d'environ 0,5°C. L'évolution des températures est proche. Nous nous intéresserons uniquement à la température au Sud.

Température moyenne	16,3°C
Maximum de température	38,4°C
Minimum de température	1,3°C
Journée la plus chaude	27/06/11

Figure 4-2 : Température extérieure mesurée du 6 juin 2011 au 23 décembre 2011 : moyennes et extrêmes

Conditions extérieures - Cheviré le rouge

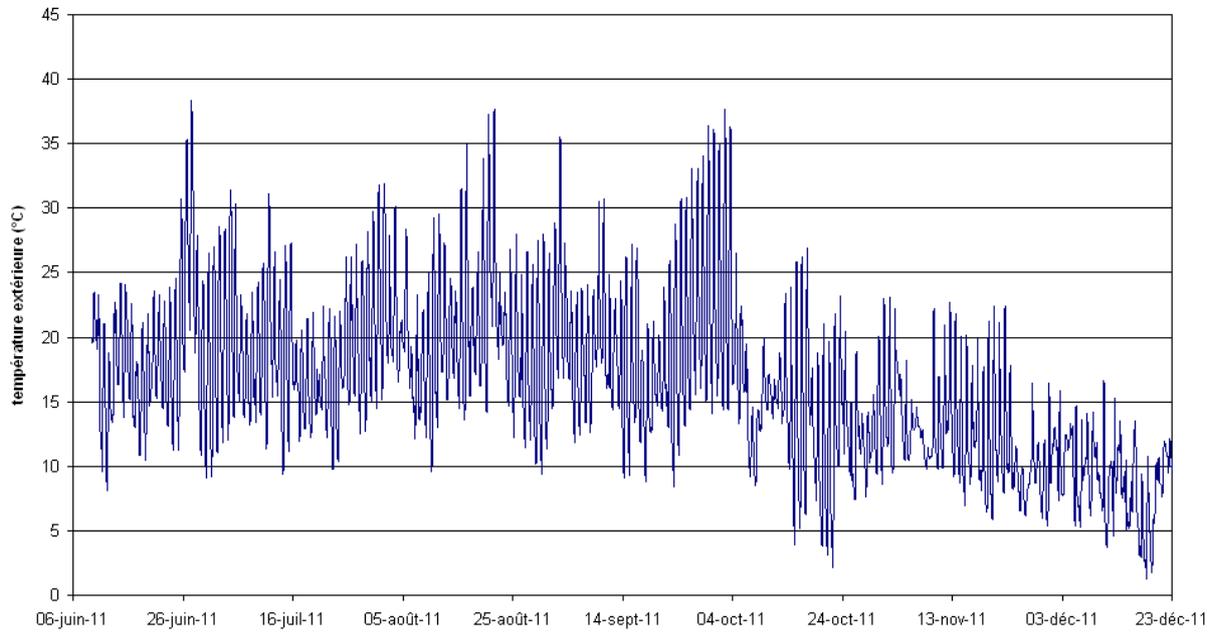


Figure 4-3 : Température extérieure mesurée au sud du 6 juin 2011 au 23 décembre 2011

La chute des températures se fait progressivement à partir d'octobre 2011.

4.2.2 La température moyenne et l'amplitude

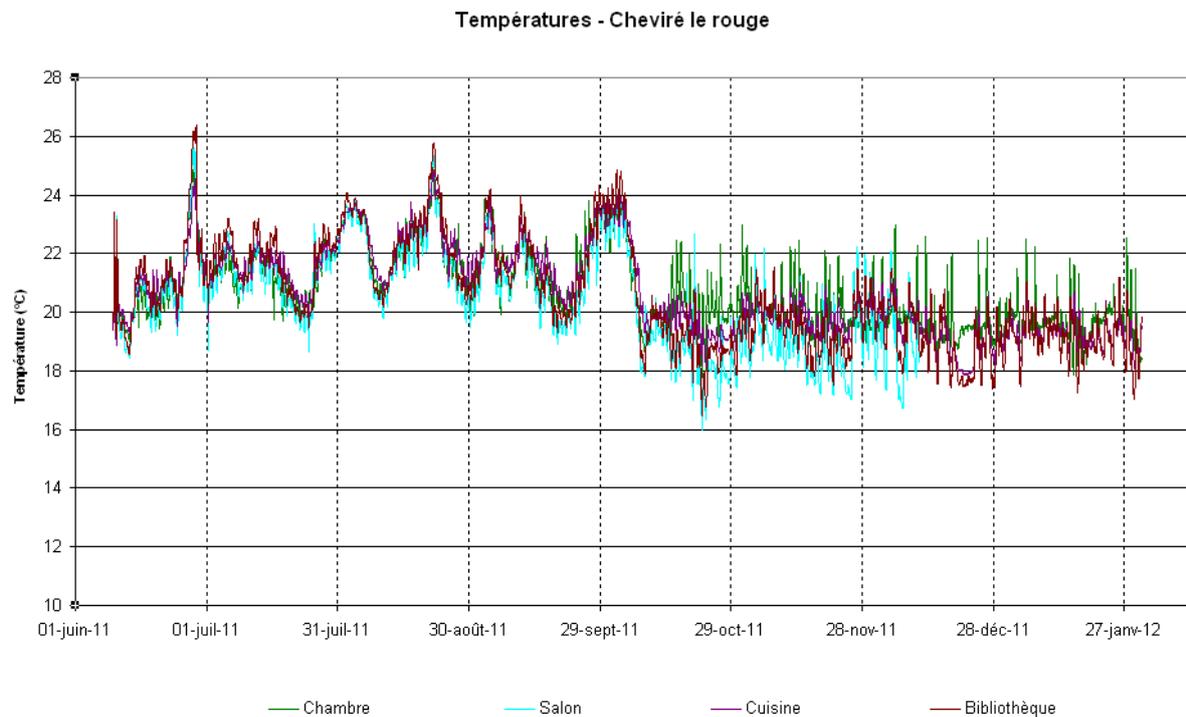


Figure 4-4 : Évolution des températures intérieures de juin 2011 à janvier 2012

Les figures 4-5 et 4-6 mettent en évidence que pendant l'été les 4 pièces intérieures instrumentées ont des comportements similaires. Il semblerait que la mise en route du chauffage soit intervenue vers la fin du mois de septembre, les températures sont alors plus régulières mais les profils de températures se différencient d'une pièce à l'autre.

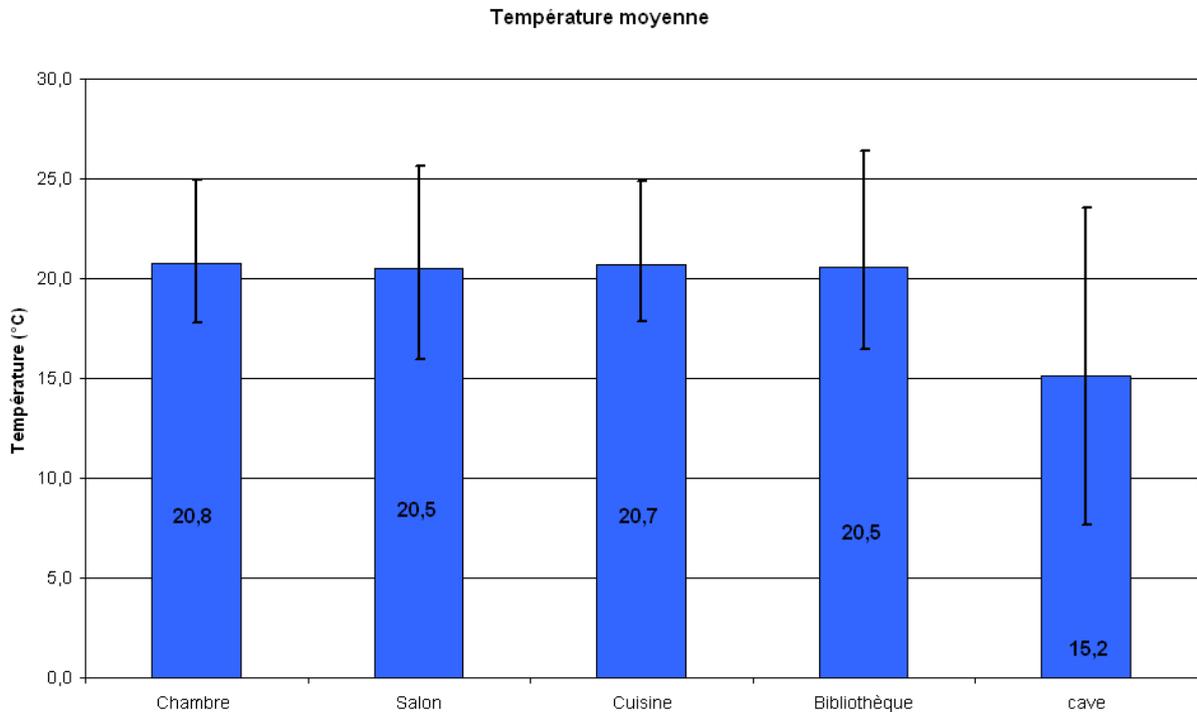


Figure 4-5 : Moyenne et amplitude des températures mesurées de juin 2011 à janvier 2012

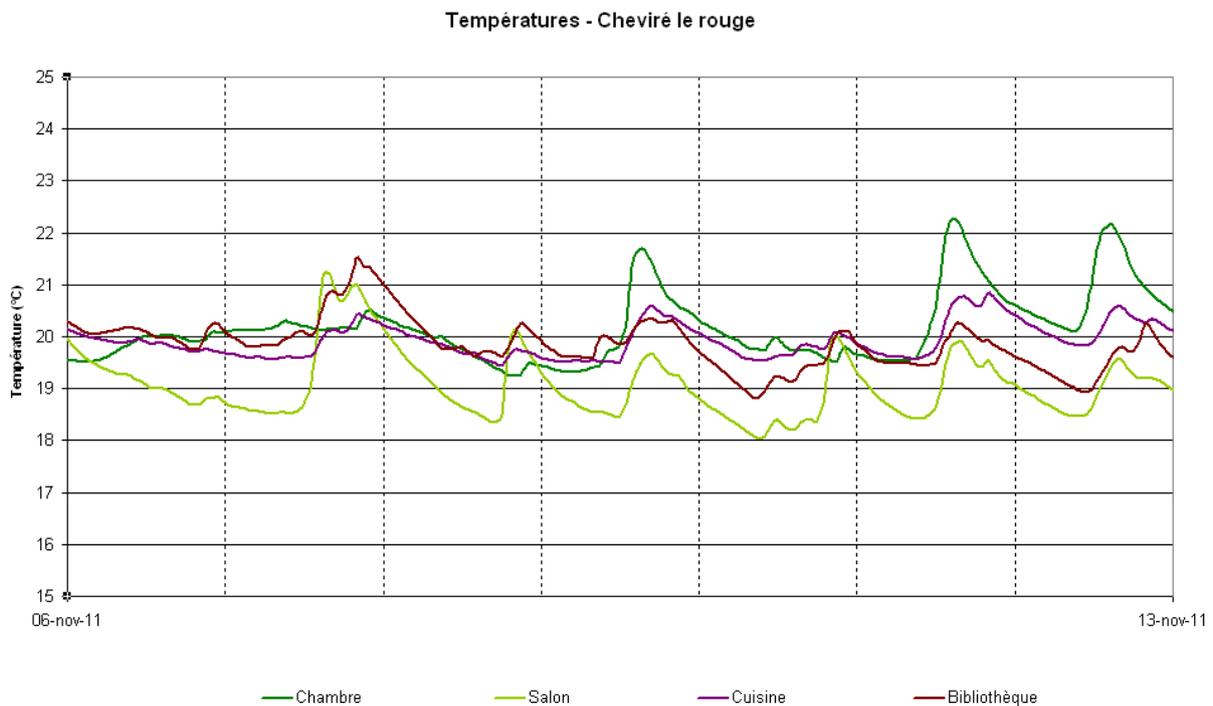


Figure 4-6 : Profils de températures intérieures en hiver

La figure 4-6 présente les températures des pièces au cours d'une journée froide. Comme la Figure 4-4 l'avait mis en évidence, les pièces ne sont pas chauffées exactement de la même manière. La Figure 4-6 montre que le thermostat du salon semble être placé aux alentours de 19°C avec une variation de $\pm 1^\circ\text{C}$. Il s'agit de la pièce la plus froide, les autres pièces ont des températures de consigne aux alentours de 20°C. La chambre présente des maximums de températures pouvant atteindre les 22°C.

4.2.3 Le déphasage

Le déphasage a été calculé sur la journée la plus chaude par rapport à la température mesurée sur la paroi Sud. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des températures le 27/06/11 dans le séjour.

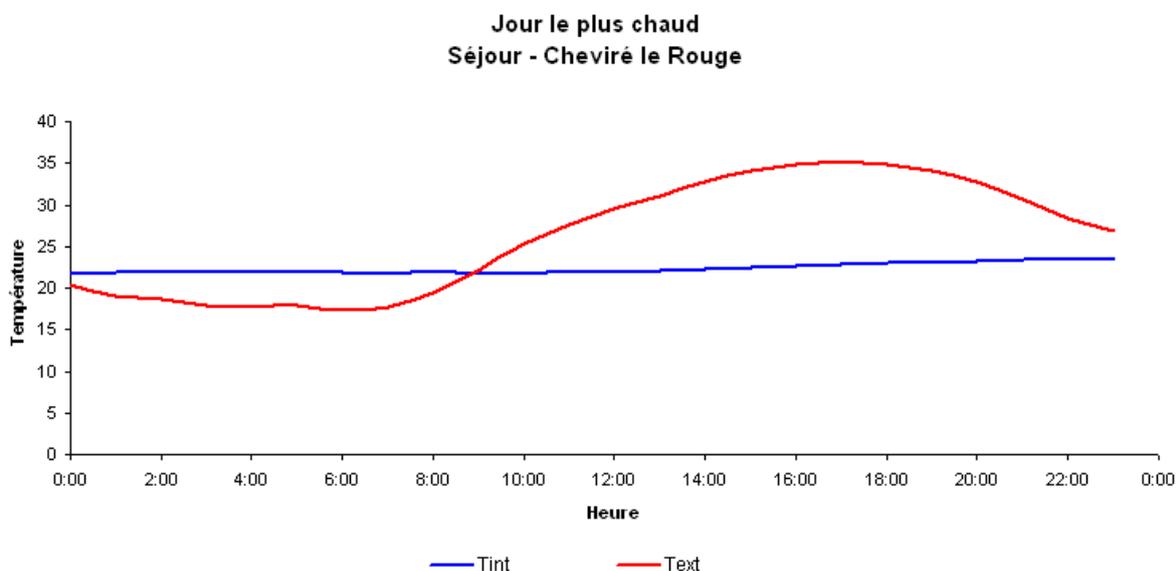


Figure 4-7 : Déphasage et amortissement dans le séjour sur la journée la plus chaude

Pièce	amortissement	Déphasage
Chambre (moderne)	11	7h - 5h
Séjour (19 ^{ème})	10	8h - 6h
Bibliothèque (19 ^{ème})	13	7h - 6h
Cuisine (16 ^{ème})	14	6h - 6h
Cave	5	1h

Les déphasages des pièces sont proches, toutes les pièces présentent un amortissement de la température élevé. Et un déphasage de 6 à 8 heures. Notons que la chambre, située dans l'extension en brique monomur présente des caractéristiques équivalentes que les pièces en tuffeau vis à vis de l'inertie.

4.2.4 Le confort interieur

L'inconfort hygrothermique a été calculé sur les différentes pièces. Les résultats donnés sur le graphique de la figure 4-8 correspondent au pourcentage de temps pendant lequel la pièce est à l'extérieur de la zone de confort.

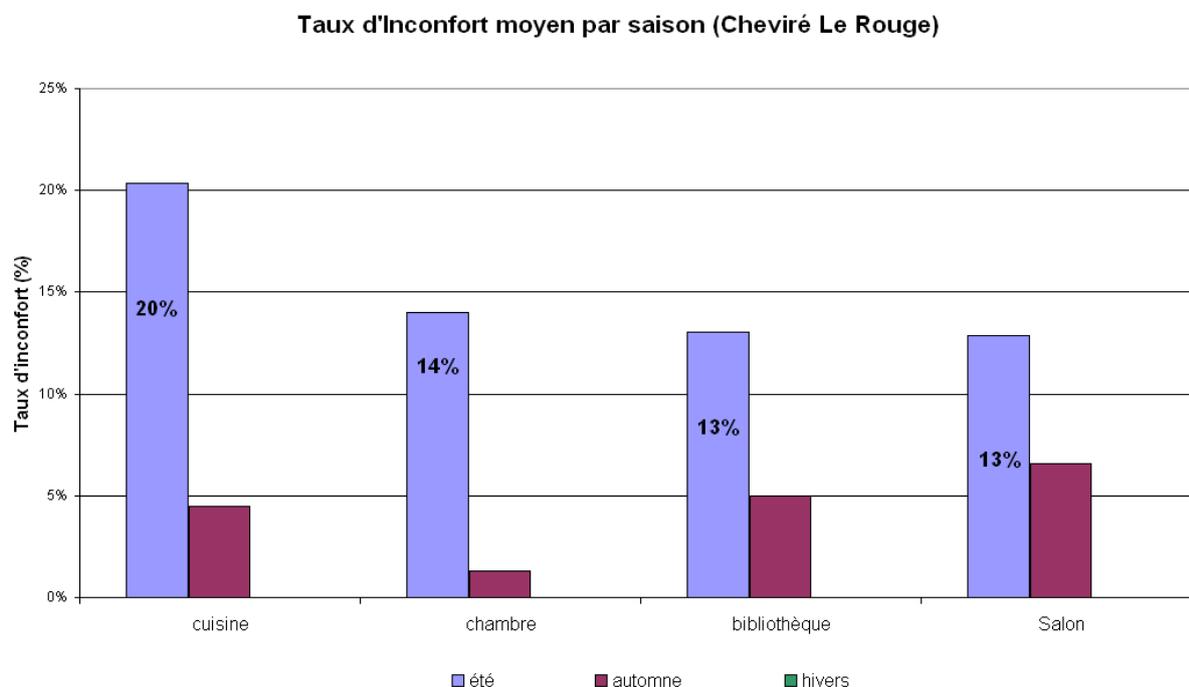


Figure 4-8 : Taux d'inconfort dans les pièces instrumentées en fonction des saisons

La Figure 4-8 montre que le bâtiment est globalement confortable : l'inconfort est inférieur à 20%. La cuisine est la pièce la moins confortable en été et le salon en automne. Un zoom est réalisé sur ces deux pièces pour analyser les causes de ces inconforts.

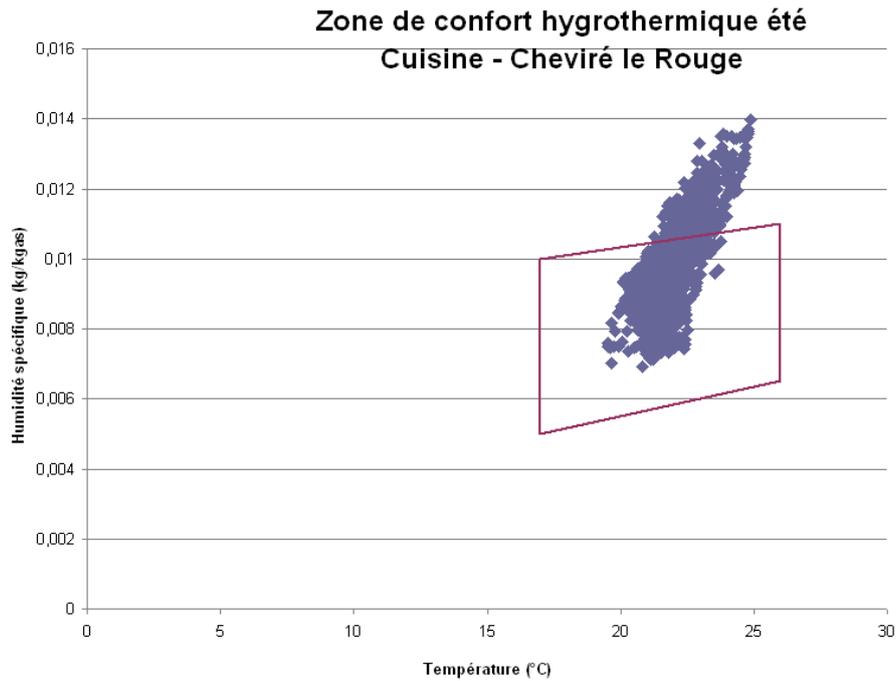


Figure 4-9 : Confort hygrothermique de la cuisine durant l'été 2011

La Figure 4-9 met en évidence que l'ensemble de l'inconfort constaté dans la cuisine est lié à l'humidité. En effet, les températures ne dépassent pas la limite haute de 26°C.

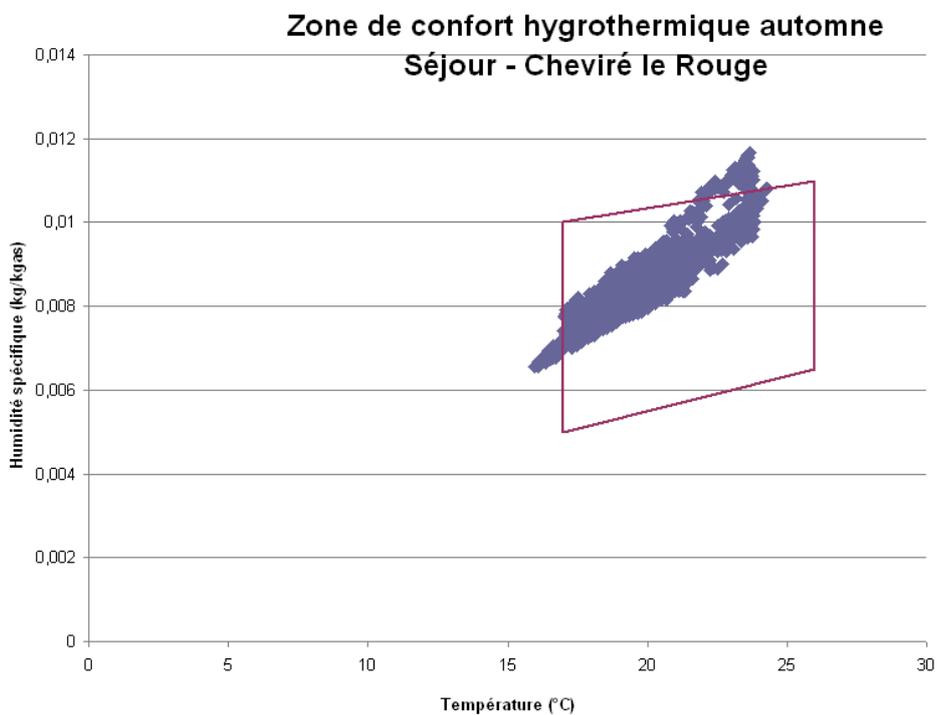


Figure 4-10 : Confort hygrothermique du séjour Durant l'automne 2011

Le séjour présente un inconfort en automne d'origine à la fois thermique et hydrique. La température intérieure se situe parfois en-dessous des 17°C. Il peut s'agir d'une la période de transition avant la mise en route du chauffage ou de périodes d'ouverture des fenêtres. Une humidité légèrement trop élevée est parfois également constatée dans cette pièce.

5 Conclusion

Ce bâtiment présente une ambiance plutôt confortable en été et en automne. Les températures constatées en été ne dépassent pas les 28°C (seuil de confort) et la régulation de chauffage semble donner des températures intérieures confortables. Le déphasage et l'amortissement du bâtiment permettent d'atténuer les variations des températures extérieures. Il n'y a pas de différences notables entre les différentes constructions de ce bâtiment. Il subsiste cependant un inconfort d'origine hydrique..