RETOUR D'EXPERIENCE Hiver 2009-2010

MAISON SOLAIRE DU "CLOS"
Deux logements locatifs mitoyens

(Enregistrements des températures et humidité relative intérieures et extérieures effectués entre le 14/11/2009 et le 02/05/2010)

Objectifs initiaux :

- 40 $kWh_{ep}/m^2/an$ pour chauffage et eau chaude.
- Utilisation de matériaux sains
- Utilisation d'énergies renouvelables (solaire pour l'eau chaude)
- Systèmes d'économie d'énergie et d'eau (éclairage, limiteurs de débit, chasses d'eau à double vitesse)
- Utilisation simple et la plus passive possible : ces logements sont destinés à la location, leur fonctionnement ne doit pas être complexe ni technique, et ne demander que très peu d'entretien.
- Date de mise en service : 01/06/2008 pour le logement ouest, 28/09/2008 pour le logement est.

Méthode utilisée pour les mesures :

Deux mini-enregistreurs de température et d'humidité on été positionnés pour le logement EST: l'un sous l'escalier de la pièce principale, l'autre à l'extérieur, sous l'avancée de toit au nord du bâtiment.
Une mesure a été enregistrée toutes les heures, depuis le 28/09/2008 jusqu'au 1/04/2009. Les données sont ensuite récupérables sous forme de fichier texte ou tableur, et sont facilement exploitables.

NB : avant de consulter ce document, et afin d'en saisir les tenants et aboutissants, il est utile de lire les premiers retours d'expériences pour les périodes précédentes téléchargeables à cette adresse : http://www.architecturenaturelle.com/projets-101-4.html

MAISON SOLAIRE DU "CLOS"
Deux logements locatifs mitoyens

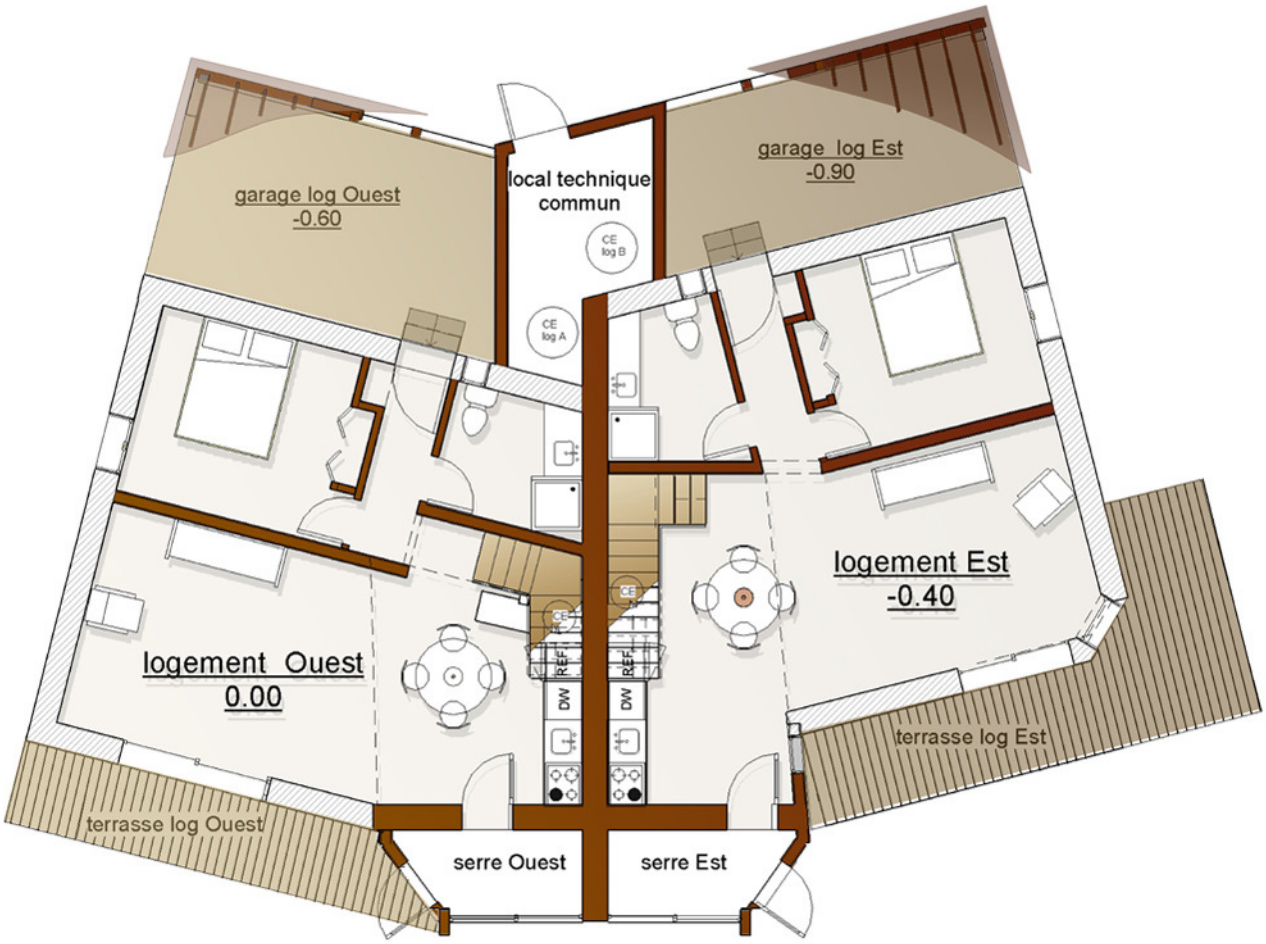
1. DESCRIPTIF

La Maison Solaire du Clos est située dans le sud de l'Ardèche à mi-pente de colline en sortie d'un hameau.
Surface : 157m² de SHON, 135 m² habitables nets constitués de 2 logements locatifs (2 chambres par logement).

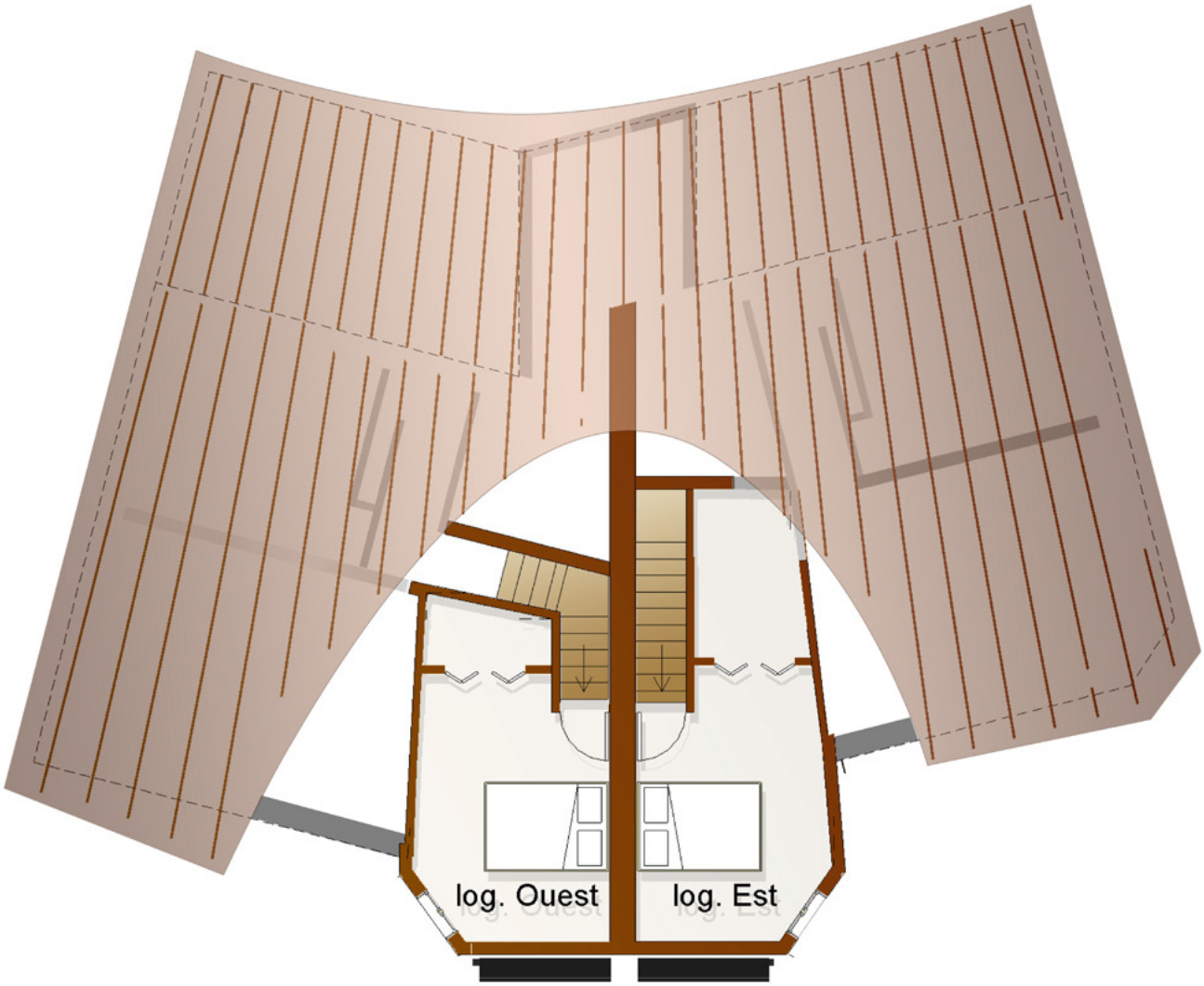
Matériaux utilisés :
- Bois (Douglas) : charpente, structure porteuse centrale, cloisons, équipements extérieurs (douglas).
- Panneaux OSB : parois verticales
- Mélèze : bardage au sud.
- Ouate de cellulose : isolation des murs extérieurs bois et de la toiture.
- Brique à joints minces + isolation extérieure en liège : murs périphériques.
- Dalle béton sur terre plein lourd isolé.

Les intentions : réaliser deux logements locatifs basse consommation d'énergie. Nous avons choisi de concevoir la maison tout entière comme un grand capteur solaire, en favorisant au maximum les apports solaires passifs, et en minimisant les surfaces de déperditions. Les deux logements sont donc mitoyens, sans que cela soit gênant : un décalage permet de préserver l'intimité de chaque locataire. On crée ainsi un bâtiment compact et assez massif.

2. PLANS et DETAILS

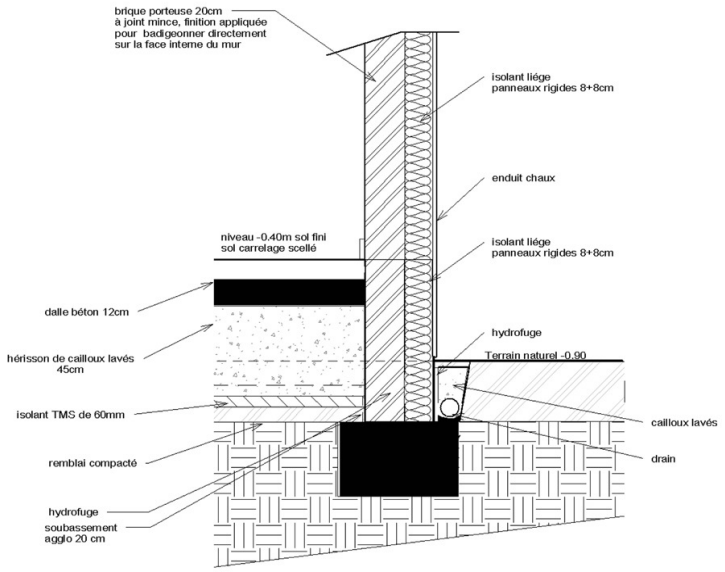


Rez-de-chaussée
Les pièces de vie comportent un coin cuisine avec hotte. Au nord de la partie habitable, une salle de bain et une chambre. Une remise/garage non isolée et non étanche à l'air est adossée au nord de chaque logement.

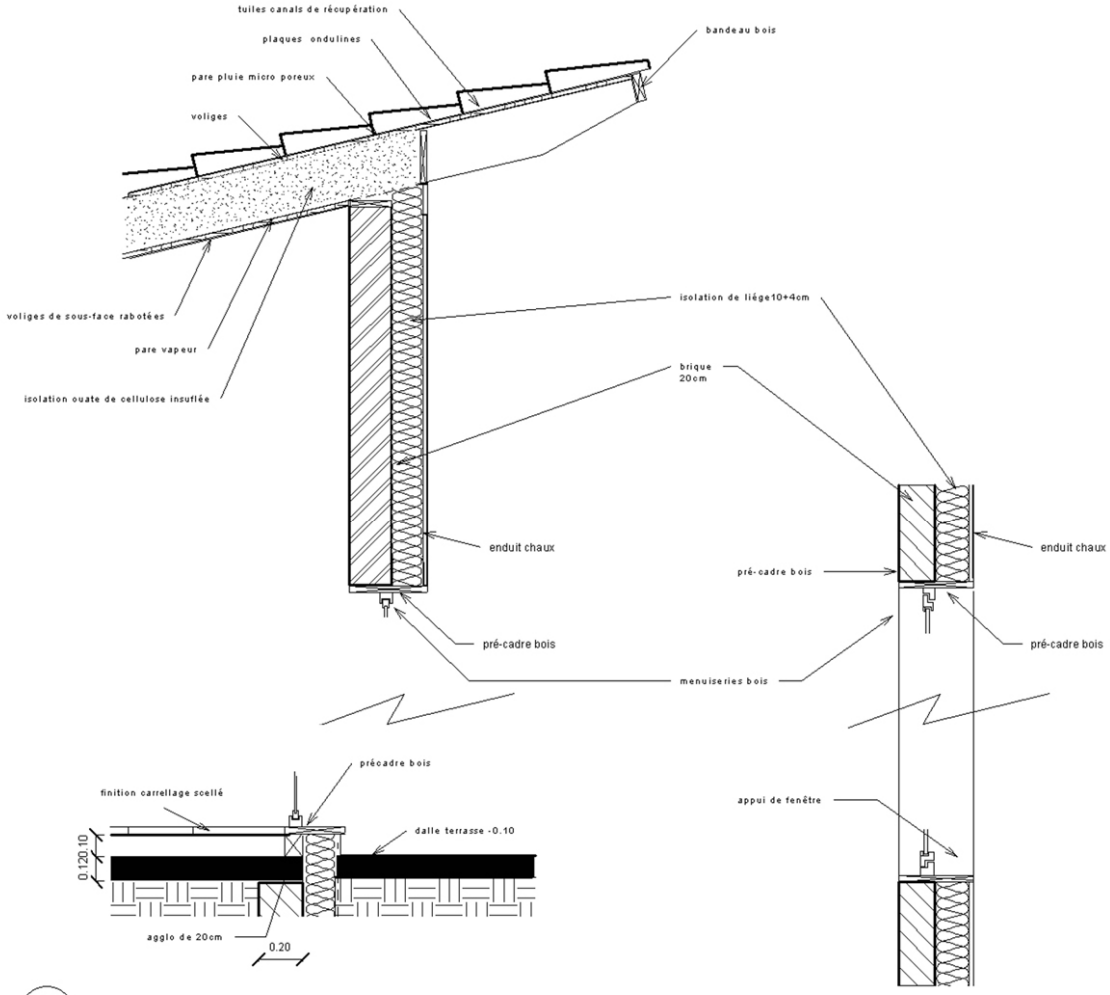


Plan de l'étage.

A l'étage, deux chambres surplombent partiellement la serre et se logent sous la courbure de la toiture. Elles sont ouvertes sur le RDC, contrairement à ce qui est indiqué sur le plan : à l'ouest en mezzanine, tandis qu'à l'est le volume est cloisonné mais ne possède pas de porte.



1 détail fondations



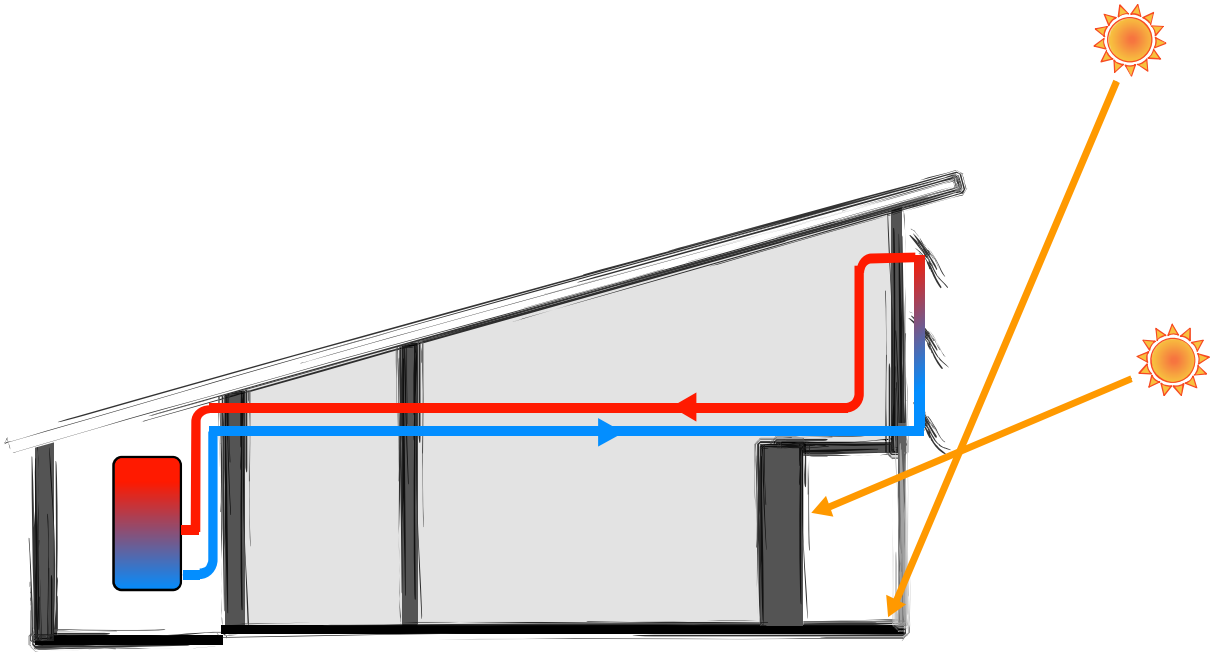
1 détails toiture et menuiseries

3. LA MAISON SOLAIRE EN CHIFFRES :

Solaire passif :
- Surface de vitrage totale au sud : 28m²
- Serres ventilables semi-encastrées utilisées pour le renouvellement de l'air en hiver : 9m² au sol, 18 m² de vitrage s'ouvrant à 50% en été. Cet espace n'est pas considéré comme habitable.

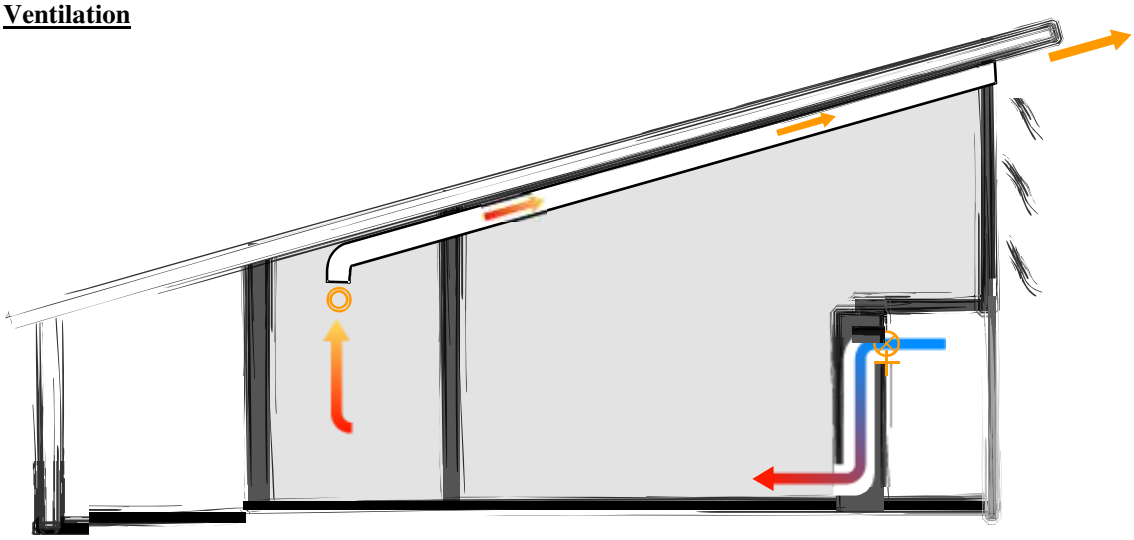
Solaire actif :
- Capteurs solaires thermiques : 7.2m²
- Hydro-accumulation pour l'eau chaude sanitaire : 2 x 350L

Le taux de couverture solaire de l'eau chaude sanitaire a été évalué par calcul à 74 %. Les capteurs, en façade, sont inclinés à 60° pour privilégier la production d'hiver, éviter les surchauffes en été, et servent de casquettes aux baies sud de la serre en été.



En été, les vitrages de la serre et les baies au sud sont ombragés, en hiver ils captent au contraire tout le rayonnement direct. Les panneaux solaires sont orientés de manière à privilégier la production d'hiver, et éviter les surchauffes en été.

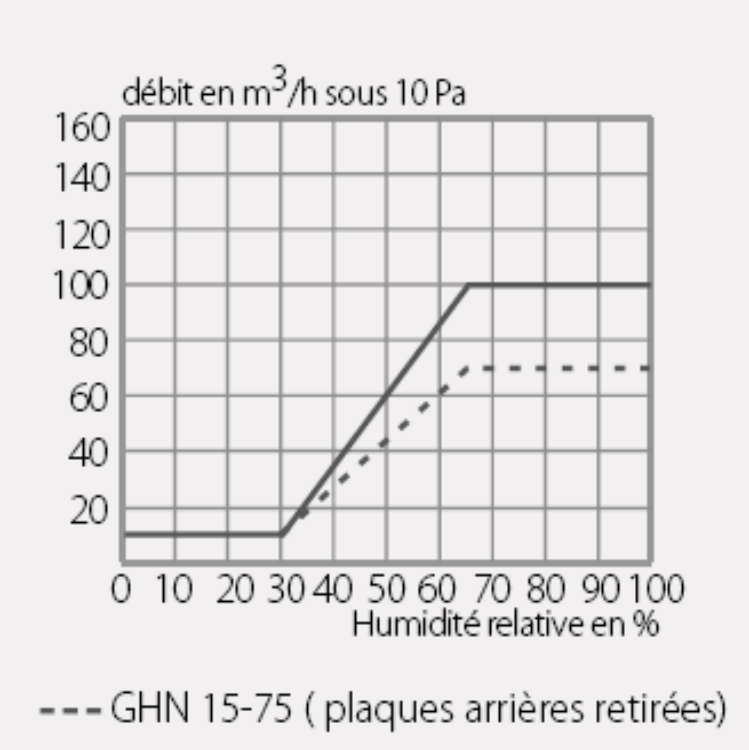
Ventilation



- Chaque logement ne possède qu'une entrée d'air, située au niveau de la serre. L'air amené dans le logement est préchauffé par la serre le jour. Un ventilateur avec thermostat à 19°C permet de forcer le débit jusqu'à 80m3/h en journée. La nuit, la ventilation se fait par convection naturelle seule.
- Le tirage naturel nominal faible permet une ventilation douce (par bouches hygroréglables conçues pour la ventilation naturelle).

-L'unique bouche d'extraction de chaque logement se situe dans la pièce la plus humide (la salle de bain/WC) et est hygroréglable pour ventilation naturelle (Type Aereco GHN735, débit taré à pression atmosphérique normale). Son débit peut varier de 15 m3/h à 75 m3/h en fonction de l'humidité de la pièce.

Voir graphique ci-contre (courbe en pointillés)



- Toutes les pièces (chambres) disposent d'une ventilation haute et basse dans les cloisons afin de bénéficier d'une légère circulation d'air par convection.

Recherche de l'inertie

- Inertie thermique du bâtiment suffisante pour garantir un bon confort estival, stocker la chaleur captée en hiver, et empêcher le refroidissement pendant théoriquement au moins 8 jours sans soleil.
- Dalle béton lourde + terre plein isolé : 120 Tonnes
- Briques des murs de refends intérieures à joints minces remplies de sable : 40 Tonnes. (captage solaire face au baies vitrées).

4. SIMULATION THERMIQUE INITIALE ET HYPOTHESES DE CALCULS

La simulation thermique dynamique multi-zone a été effectuée sur le logiciel PLEIADES+COMFIE.
Lorsque l'on arrive à de hauts niveaux de performances thermiques, les facteurs les plus déterminants ne sont plus les pertes énergétiques dues au bâtiment lui-même, qu'on arrive très bien à quantifier, mais plutôt les apports dus aux occupants, qui dépendent étroitement de leurs habitudes de vie.

Les apports dus à l'activité humaine sont de trois ordres :
- Chaleur métabolique (chaleur utile dégagée par le corps humain).
- Gains des appareils dans le volume habitable.
- Gains solaires, qui peuvent dépendre de l'ouverture ou de la fermeture des volets.

Ainsi, nous avons été amenés à faire des hypothèses :

- Les logements étant prévus pour 2 ou 3 personnes, nous avons fixé le nombre de locataires à 2,5 par logement. On considère que les deux logements sont toujours occupés.
- Présence des occupants : elle a été définie pièce par pièce, pour tenir compte au mieux des apports métaboliques. Les chambres sont occupées de 23h à 7h, les salles de bain de 7 à 8h par 1 personne et de 22 à 23h, les pièces de vie de 7 à 8h et de 18 à 23h. En journée, les pièces de vie sont occupées à 25% (cas d'une personne restant au foyer).
NB : si les logements étaient occupés à 100% en permanence, le bilan serait légèrement meilleur car les apports métaboliques sont un peu supérieurs aux pertes dues à la nécessité de ventilation.
- Nous avons également considéré que les volets restaient ouverts de 7 h à 18h en hiver. Cependant, si les volets des baies vitrés devaient rester fermés en journée (pour raison de sécurité, par exemple) la ventilation de la serre, automatisée et ne nécessitant pas l'ouverture de volets, limiterait le déficit d'apport solaire. En cas d'absence prolongée des habitants, elle permet également le maintien en température des logements.
- Les gains des appareils : nous avons pris comme hypothèse que tous les éclairages utiliseraient des lampes basse consommation, qui chauffent peu, que les circuits électriques seraient assez limités grâce au mur mitoyen technique qui permet de regrouper le câblage (peu de pertes par effet Joule) et que les habitants adopteraient un comportement exemplaire en matière d'économie d'énergie (extinction des appareils possédant des veilles, appareils de classe A). On applique en général un ratio au m² pour évaluer l'énergie dissipée. Ici, les logements sont assez petits, il faut donc tenir compte de la présence de 2 cuisines, de deux salons (2 TV, etc…) donc d'une puissance globale dissipée légèrement supérieure à la normale (maison individuelle classique).

<u>Détermination de la température de confort</u>

La loi française impose théoriquement une température opérationnelle de 19°C dans les pièces de vie en journée, et 16°C dans les chambres ou en température réduite. La température ressentie n'est pas déterminée que par la température de l'air, mais aussi par la température rayonnée par les parois. Ici, les parois étant isolées par l'extérieur, et des matériaux faiblement effusif étant utilisés (brique, bois) la température de confort sera assez basse, la température de surface des murs étant à la température de l'air.

On peut évaluer la température ressentie (ou température opérative) par la formule suivante :

Moyenne pondérée de la température de l'air T_a et de la température radiante T_r

$$T_{op} = (T_a + T_r)/2$$

Le système de ventilation douce utilisé permet de considérer que la vitesse de l'air est faible, donc influe peu sur la sensation de confort, et les murs sont à température ambiante.

$$\mathbf{T_{op} = 19°C}$$

Nous avons donc choisi de conserver 19°C comme température de confort, ce qui est en principe suffisant dans ce cas de figure. La température réduite pour la nuit et les chambres est de 16°C. (Conformément à la RT française).

<u>Choix des données météo :</u>

C'est la station météo de Lanas, en Ardèche, située à 23 km environ du lieu de la construction, qui a été choisie comme référence. Les données météo utilisées sont des moyennes décennales sur la période 1995 à 2004 et sont assez complètes.

Résultats de la simulation du comportement du bâtiment en été

Malgré des températures estivales souvent élevées dans cette région, les températures intérieures restent relativement agréables. On note cependant des pointes très ponctuelles en journée à 28 ou 29 °C au mois d'août, mais qui ne durent pas.
Le choix de matériaux induisant un fort temps de transfert de chaleur (ouate de cellulose de densité supérieure à 50 kg/m3 en toiture, brique et liège) ainsi que l'importante masse inertielle contenue par le volume habitable semblent permettre de lisser efficacement les pics de chaleur.

Résultats de la simulation du comportement du bâtiment en hiver

- Consommation prévisionnelle en énergie finale : 1250 kWh au total, **665 kWh** pour le logement Est et **585 kWh** pour le logement Ouest.
- Période de chauffe estimée: du 20/11 au 17/02.
- Puissance de chauffe nécessaire estimée : 7100 W au total, 3700 W pour le logement Est, 3400 W pour le logement Ouest. Les chambres sont en principe quasiment autonomes.

NB : ces estimations supposent bien entendu que les habitants aient un comportement exemplaire.

5. CONDITIONS EXPERIMENTALES, MESURES ET RESULTATS 2009/2010

Pour ce nouvel hiver, les deux logements ont cette fois fait l'objet d'un enregistrement de température et d'humidité relative, à raison d'une mesure par heure. Un enregistreur a été placé dans les pièces de vie, un autre à l'extérieur sous abri**. Un compteur d'énergie a été placé sur les circuits de chauffage,** qui ne comportent qu'un radiateur (radiant avec deux choix de puissance de 750 W ou 1500 W) situé dans la pièce principale.

Par rapport aux hypothèses utilisées pour la simulation thermique dynamique, un certain nombre de paramètres ont changé :

	LOGEMENT OUEST	LOGEMENT EST
Occupation	3 personnes, dont 1 personne en activité (absente en journée). Les apports internes on donc été supérieurs au logement EST.	1 seule personne, ce qui a limité les apports internes.
Taux d'occupation	Une absence de quelques jours au moment des fêtes de fin d'année est à noter.	Plusieurs absences prolongées sont à noter pour le logement EST (voyages) pendant lesquelles les volets ont été fermés
T° de consigne	La température de consigne du radiateur a été fixée aux environs de 19°C, mais son utilisation n'a été que très ponctuelle, quelques heures pendant les journées les plus froides, en début de matinée ou le soir. Il était systématiquement coupé la nuit.	Comme l'an dernier, les températures de consignes ont été plus hautes que prévu dans la simulation, et n'ont pas été réduites pendant la nuit, **le radiateur d'appoint étant réglé sur 21°C environ et n'étant pas coupé.**
Durée de la période de chauffe	Environ 4.5 mois (mi-novembre à fin mars) Elle a été sensiblement plus longue que prévu par la simulation et que l'année dernière, en raison d'un hiver peu ensoleillé et long.	

Enfin, les conditions météorologiques de la période considérée ont été un peu plus difficiles que les normales. L'hiver, sans être exceptionnellement froid, a été plutôt long. Les températures minimales extrêmes enregistrées n'ont pas été exceptionnelles (-10°C, ce qui est assez courant dans la région) en revanche les pics de froid ont été très fréquents sur la période considérée. L'ensoleillement a été nettement plus faible qu'à l'accoutumé.

Voir ci-après la synthèse de Météo France.

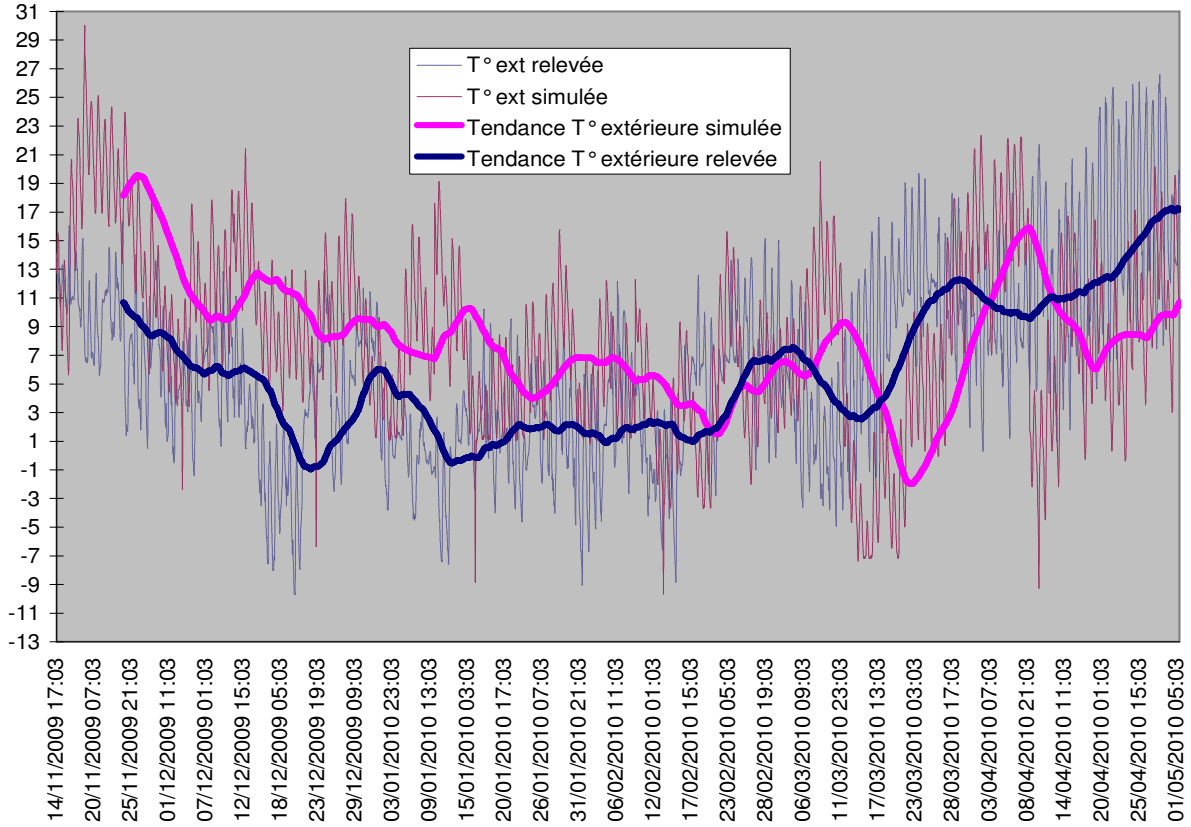
Bilan de l'hiver 2009-2010

L'hiver « climatologique » (décembre-janvier-février) 2009-2010 a été froid, fréquemment neigeux et globalement peu ensoleillé.
Avec une température moyenne sur la France située 1,2 °C sous la normale saisonnière, l'hiver 2009-2010 se positionne parmi les hivers froids, mais non exceptionnels, de ces dernières années. Aussi froid que son prédécesseur, mais plus doux que l'hiver 2005-2006, il s'est cependant singularisé par la succession de trois vagues de froid bien marquées mi-décembre, début janvier et mi-février.*
Ces basses températures associées à un temps plutôt perturbé ont favorisé de fréquentes chutes de neige en plaine sur l'ensemble du pays. En terme d'occurrences de neige, l'hiver 2009-2010 se positionne ainsi comme l'un des plus neigeux de ces trente dernières années. Toujours en raison du froid persistant, la neige a fréquemment tenu au sol. Les épaisseurs ont été parfois conséquentes, mais cependant assez loin des records historiques. Malgré ces chutes de neige répétées, les quantités d'eau recueillies durant cet hiver sont restées limitées. Seules les régions méditerranéennes ont connu des précipitations largement excédentaires. A un degré moindre, les pluies ont aussi été supérieures à la normale de la Bretagne au Nord-Pas-de-Calais ainsi que sur l'Alsace. Ailleurs, le bilan est proche de la normale, voire déficitaire.
L'ensoleillement a été nettement déficitaire sur une grande partie du pays. Seul l'ouest de la France a connu un ensoleillement sensiblement supérieur à la moyenne.
Les derniers jours de l'hiver ont par ailleurs été marqués par le passage d'une très sévère tempête baptisée Xynthia. Elle a concerné de très nombreuses régions, mais tout particulièrement celles situées de la Vendée au Nord-Est. Sur ces régions, les vents ont dépassé 150 km/h sur les côtes et les reliefs et ont souvent atteint 120 à 130 km/h en plaine à l'intérieur des terres.

Source : Météo France

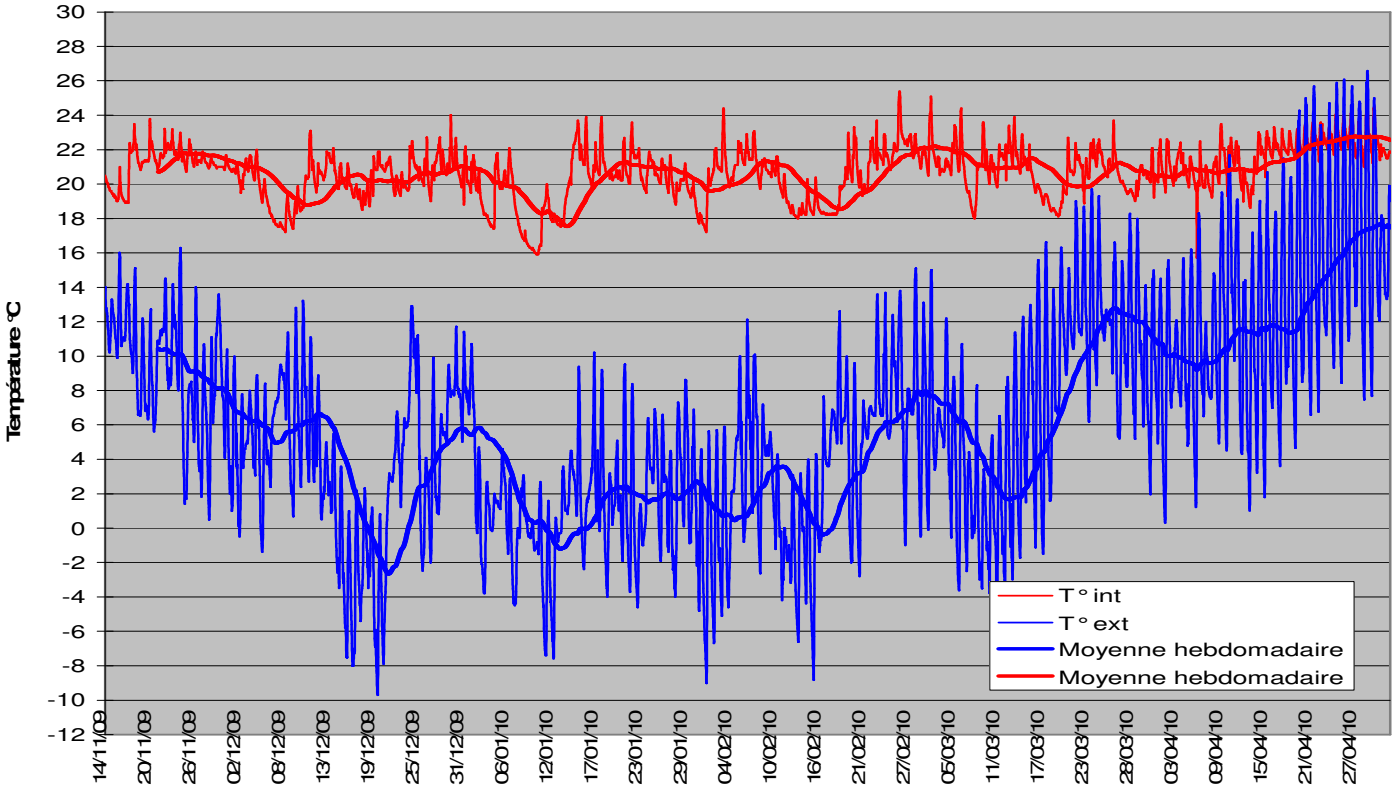
Conditions climatiques relevées localement pour l'hiver 2009/2010 : un hiver long, assez froid et peu ensoleillé, jusqu'à la mi-mars, puis une période de redoux accompagnée de pluies par la suite. Voir ci-dessous le comparatif entre les T° extérieures utilisées pour la simulation et celles réellement relevées. Par le calcul, on obtient une différence de +348 degrés-jours (même ordre de grandeur que l'an dernier) ce qui porte cette année à 2666 DJU (base18), ce qui reste assez exceptionnel pour la région et correspond au climat habituel de la Marne.

Comparaison T° simulée / relévée

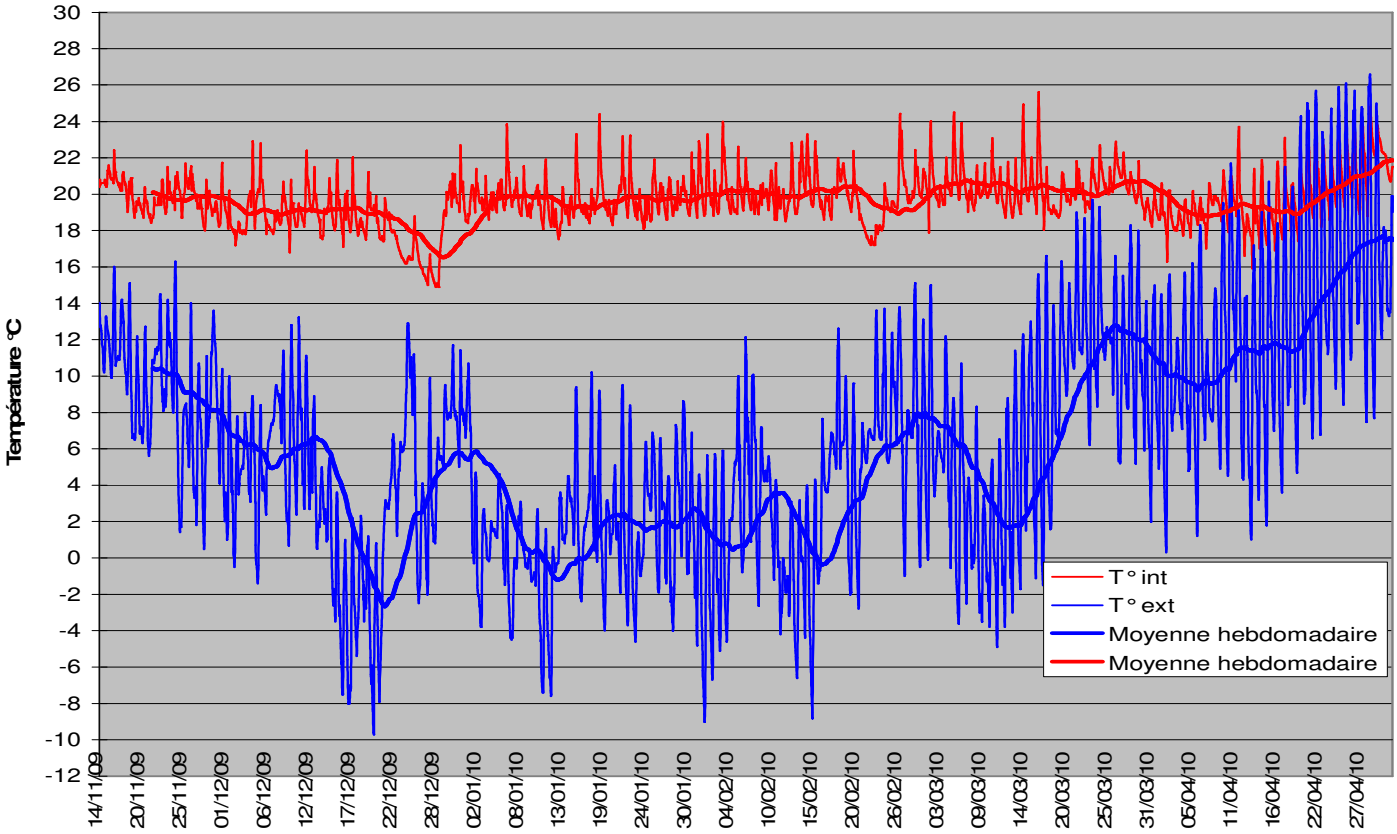


Résultats des mesures de températures

LOGEMENT EST



LOGEMENT OUEST



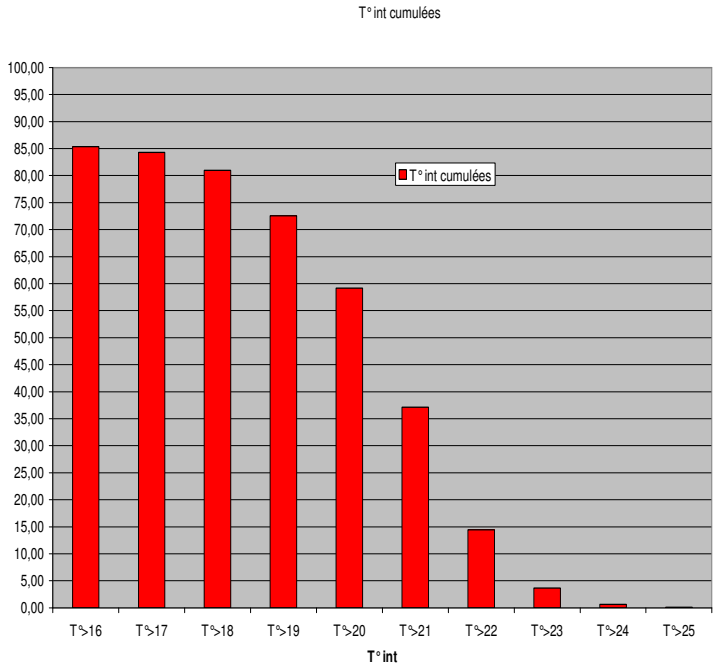
- Ci-dessus, l'évolution des courbes de températures intérieures et extérieures est assez parlante :

	LOGEMENT EST	LOGEMENT OUEST
Température moyenne	20.7°C La température moyenne est un peu inférieure à l'année passée, en raison de plus longues périodes d'absence pendant lesquelles les volets des baies ont été fermés (moins d'apports solaires)	19.7°C La température moyenne est plus basse que celle du logement est, en raison d'une température de confort un peu plus faible, mais surtout d'un arrêt du chauffage la nuit.
Ecart type	1.2°C La température est moins stable que celle du logement ouest. Cela est dû à des absences prolongées plus fréquentes, mais aussi vraisemblablement à une aération par ouverture des fenêtres plus fréquente.	1.05°C La température reste assez stable malgré tout, et oscille régulièrement entre 18 et 22°C environ.
Extrêmes	Min : 16°C Max 25.5 °C	Min : 15°C Max 25.5 °C
	Des pics apparaissent régulièrement en milieu de journée (apports solaires) mais sont moins fréquents que l'an dernier, l'insolation ayant été beaucoup moins bonne. Le minimum relevé correspond aux périodes d'absence sans chauffage et volets fermés. Le maximum correspond, comme c'est très souvent le cas dans ce type de bâtiment, à une surchauffe d'intersaison (mi-mars) : les apports solaires sont conséquents à cette période, les jours rallongeant, et le soleil reste bas sur l'horizon. Les températures extérieures fraîches permettent cependant de réguler rapidement la température intérieure par simple ouverture des fenêtres.	

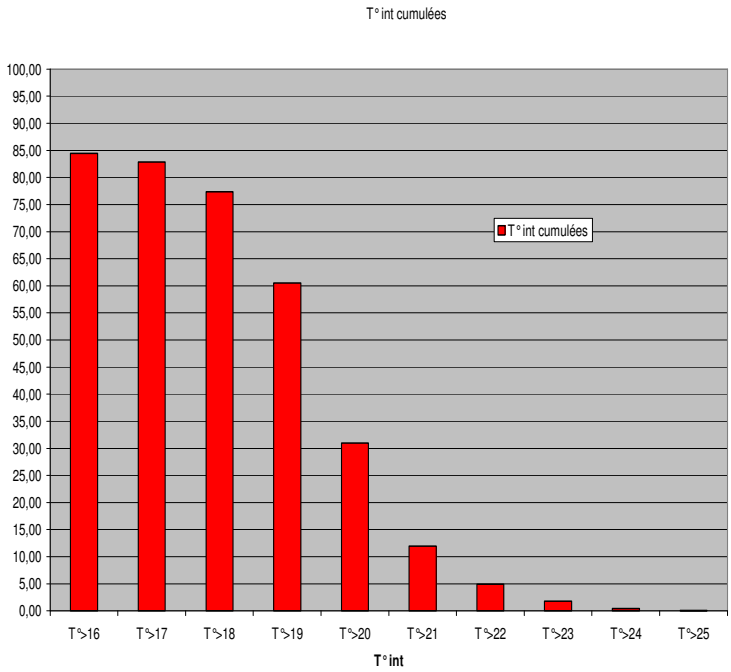
"Baisser la température de consigne de 1°C permet d'économiser 7%"... les échelles de grandeurs habituelles sont assez fausses lorsque les consommations sont très faibles. Ici 1°C de température moyenne en plus provoque le triplement de la consommation. (voir plus bas). Cette forte augmentation n'est cependant pas imputable en totalité à la hausse de la température moyenne.

- Cumul des températures intérieures : indique que la température opérative est assez facilement atteinte (94% du temps environ) et même souvent dépassée. Les surchauffes sont cependant assez rares, la température ne dépassant 24°C que 2.6% du temps.

LOGEMENT EST



LOGEMENT OUEST

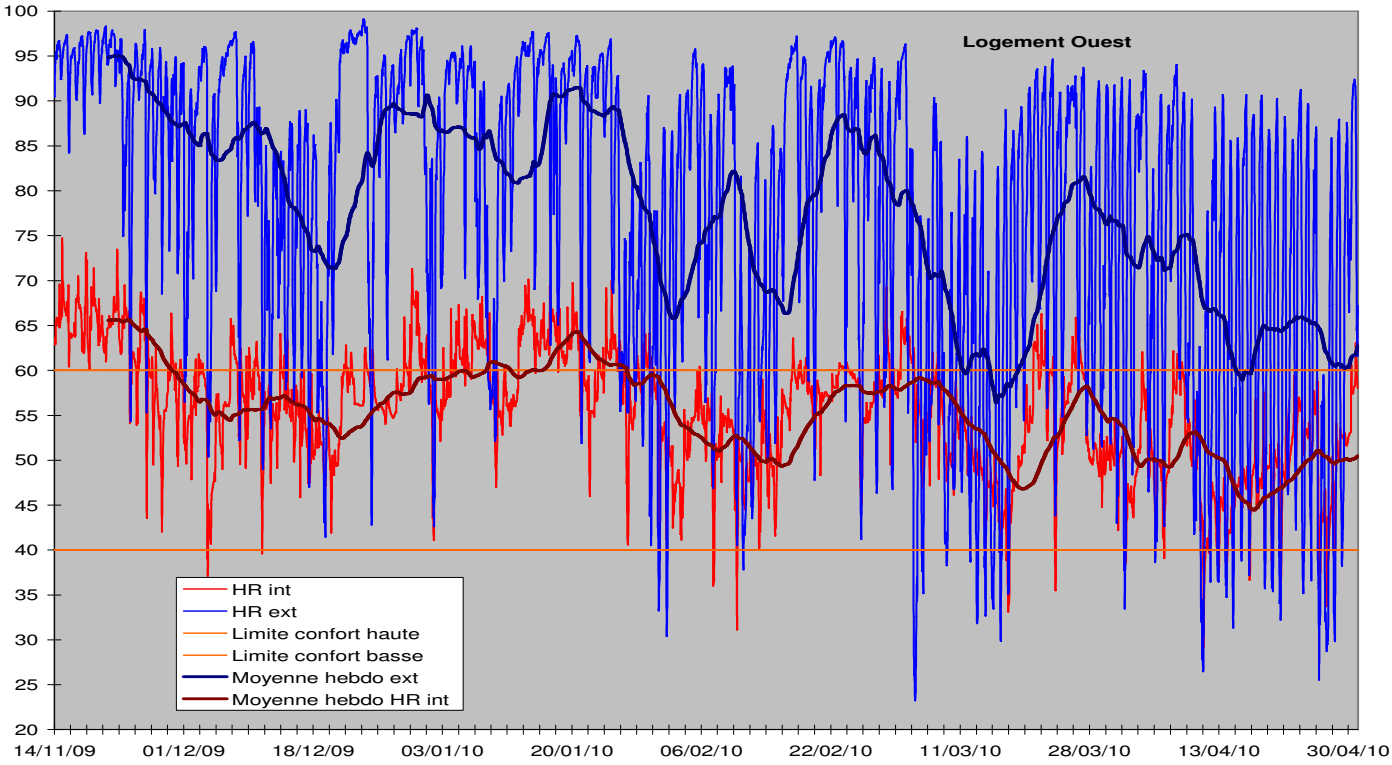


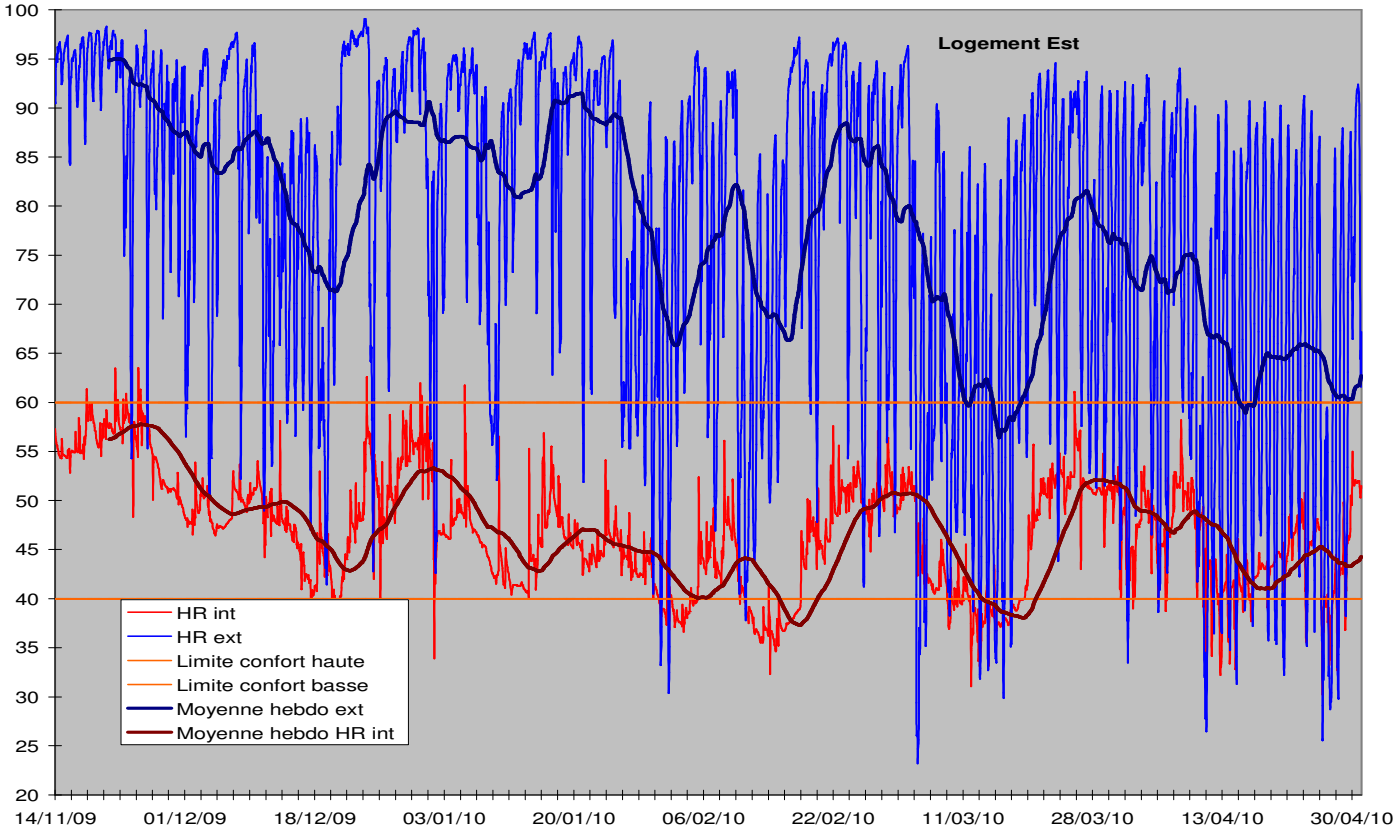
- Comparatif des consommations de chauffage :

	LOGEMENT EST	LOGEMENT OUEST
Température opérative	20.7°C La température moyenne est un peu inférieure à l'année passée, en raison de plus longues périodes d'absence pendant lesquelles les volets des baies ont été fermés (moins d'apports solaires)	19.7°C La température moyenne est plus basse que celle du logement est, en raison d'une température de confort un peu plus faible, mais surtout d'un arrêt du chauffage la nuit.
Surchauffes	Rares : les températures intérieures sont supérieures à 24 °C moins de 1% du temps.	Rares : les températures intérieures sont supérieures à 24 °C moins de 1% du temps.
Consommation chauffage (énergie utile)	**1400 kWh (+110%) soit 18 kWh/m²/an** **La consommation d'énergie de l'appoint de chauffage reste plus élevée que prévu par la simulation, comme l'an passé. Le compteur d'énergie installé sur le circuit de chauffage indique 1400 kWh en fin d'hiver, soit 18 kWh/m²/an en énergie finale**, c'est-à-dire plus du double de ce qui était prévu par la simulation. Causes principales : • Température de consigne plus élevée : **la température intérieure a été supérieure à 20°C pendant 32% du temps.** • Pas de réduction systématique de la température la nuit. • Une seule personne occupe le logement, alors que la simulation en prévoyait 2.5 (moins d'apports internes). • Aération plus fréquente par ouverture des baies, vraisemblablement celles de la serre qui est utilisée comme bureau : bien que la serre ait une faible surface (5 m² environ) et soit en principe destinée à créer un sas d'entrée permettant aussi de préchauffer l'air neuf, elle a été rapidement transformée en petit bureau, les températures, même par temps couvert, y étant souvent agréable. Cela contribue cependant à dégrader les performances. • L'habitante ne se préoccupe pas de sa consommation d'énergie ni du fonctionnement de la maison, et l'aspect financier n'est pas non plus un point important. Les quantités d'énergie étant de toute façon assez faibles, le gain potentiel serait d'environ 80 euros seulement. • Absences fréquentes et prolongées (voyages de plusieurs semaines) en laissant le radiateur allumé en température plus réduite (18°C) mais avec volets fermés, donc avec moins d'apports solaires.	**460 kWh (-21 %) soit 6 kWh/m²/an** **La consommation d'énergie de l'appoint de chauffage est plus faible que prévu par la simulation, comme l'an passé. Le compteur d'énergie installé sur le circuit de chauffage indique 460 kWh en fin d'hiver, soit 6 kWh/m²/an en énergie finale**, c'est-à-dire 21% de moins que ce qui était prévu par la simulation. Causes principales : • Le comportement des locataires est exemplaire : température de consigne optimale, réduction de la température la nuit. **La température intérieure a été supérieure à 20°C pendant 58% du temps.** • Bonne gestion des apports solaires (ouverture de la porte serre/salon, fermeture et ouverture des volets). • 3 occupants en permanence alors que la simulation n'en prévoyait que 2.5 (plus d'apports internes). • Souci d'économie d'énergie, conscience écologique importante.

Résultats des mesures d'humidité relative

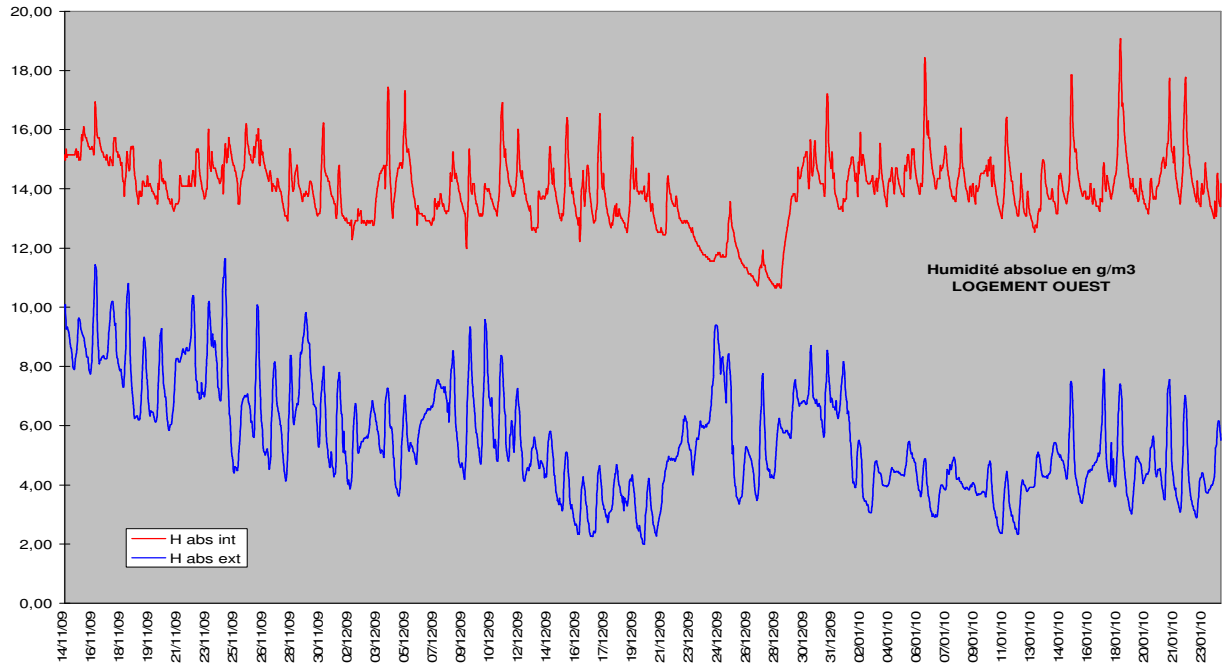
Les conditions de confort sont assez variables d'un individu à l'autre, on considère cependant que l'être humain se sent « bien » lorsque l'humidité relative d'une pièce est comprise entre 40 et 60%.
Ci-dessous, les résultats pour chaque logement, la courbe bleu représentant 1'humidité relative extérieure.

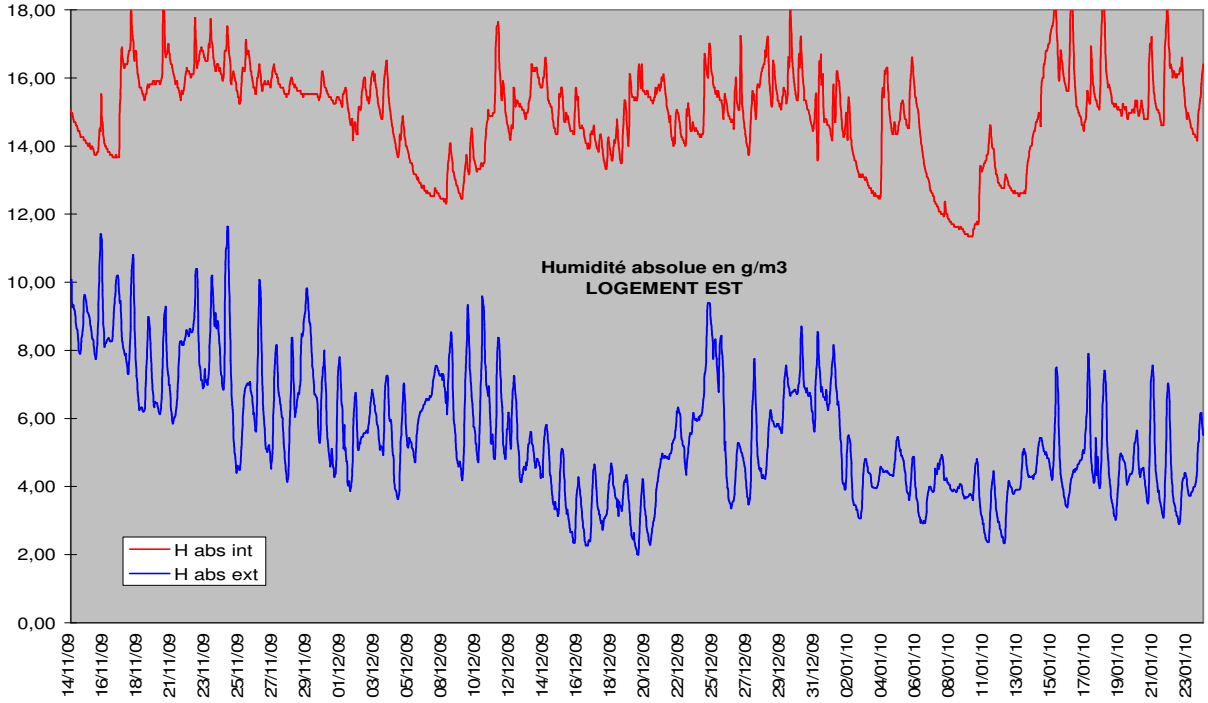




On parle ici d'humidité relative, c'est-à-dire le pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'air. Plus la température de l'air est élevée, plus celui-ci peut contenir de vapeur d'eau. En hiver, il est donc logique que l'humidité relative extérieure soit plus importante, l'air étant plus froid.

- Pour les deux logements, on remarque que les courbes de tendances d'humidité intérieure suivent d'assez près la courbe d'humidité extérieure avec quelques jours de retard.
- L'humidité intérieure du logement Ouest est plus élevée que celle du logement Est. Sans être réellement gênante, elle atteint assez souvent la limite haute, voire la dépasse un peu. Cela est dû à deux choses : le logement a été occupé par trois personnes, ce qui a engendré plus de pics de vapeur d'eau (douches, cuisine, respiration). D'autre part, la température intérieure étant plus faible que celle du logement Est, l'humidité relative y est logiquement plus élevée, comme le montrent les courbes **d'humidité absolue** ci-dessous :





Ces valeurs d'humidité absolue intérieures et extérieures sont données en g de vapeur d'eau par m3 d'air, elles représentent la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air. L'hygrométrie intérieure reste relativement stable pour les deux logements, aux alentours de 15 g/m3 en moyenne. Les valeurs sont relativement proches d'un logement à l'autre.

L'objectif visé est atteint : le bâtiment semble réguler très correctement l'humidité intérieure sans aucun besoin de ventilation mécanique supplémentaire, et sans trop assécher l'air ambiant.

La seule bouche d'extraction hygroréglable située dans le salle de bain est suffisante : **d'après les données du fabricant, elle a assuré un débit variant de 25 à 75 m3/h sur la période considérée, le débit moyen étant de :**

- **50.5 m3/h pour le logement Ouest** (moyenne calculée grâce aux mesures d'humidité intérieure).
- **39 m3/ h pour le logement Est** (moyenne calculée grâce aux mesures d'humidité intérieure).

L'usage de matériaux perméants et régulateurs permet une relative stabilité de l'hygrométrie intérieure tout au long de l'hiver : les parois internes jouent le rôle d'amortisseur, les parois externes également mais leur composition permet en plus un transfert de vapeur vers l'extérieur. **Les variations brutales sont donc lissées.**
Les données recueillies ne permettent cependant pas de calculer précisément l'action des parois de l'enveloppe dans la régulation hygrothermique : il faudrait tenir compte du renouvellement d'air dû aux fuites de l'enveloppe, à l'ouvertures des fenêtres et à la hotte de cuisine.

<u>Une ventilation mécanique aurait-elle été pertinente ?</u>

Souvenez-vous : lors du relevé des consommations du logement Est à la fin de l'hiver 2009, je m'étais livré à un petit calcul de coin de table. Avec une consommation de base de chauffage de l'ordre de 1350 kWh par an, il apparaissait qu'une ventilation simple flux aurait engendré une surconsommation de près de 1300 kWh supplémentaire*, et une double flux avec récupération de chaleur aurait généré une économie 450 kWh (tout cela compté en énergie utile). En intégrant les consommations des ventilateurs, la ventilation double flux faisait théoriquement apparaître une économie de chauffage de l'ordre de 600 kWh sur la saison de chauffe (en énergie primaire cette fois) à condition cependant que la VMC double flux ne soit utilisée que 7 mois sur 12. Utilisée toute l'année, sa consommation électrique devenait pénalisante.*

Si les chiffres sont quasiment identiques pour le logement Est cette année encore, qu'en est-il pour le logement Ouest?
Etant donné sa très faible consommation de chauffage (460 kWh) le potentiel d'économie est très limité. Sachant que la ventilation double flux consommera déjà pendant sa période d'utilisation 202 kWh d'électricité (en imaginant un modèle consommant seulement 40 W, 7 mois sur 12), le potentiel maximum d'économie n'est plus que de 460-202=**258 kWh**. Et la totalité de cette énergie ne sera naturellement pas récupérée.
Comme le taux de ventilation sera en moyenne presque deux fois plus élevé, il n'est même pas certain que cette option soit plus favorable. En coût global (installation+maintenance+consommation+fin de vie) cette solution "techno" finit même par devenir un gouffre puisqu'elle ne permettra dans le meilleur des cas d'économiser que 8000 kWh d'énergie primaire pendant toute sa durée de vie (en restant très optimiste). Pas sûr que cela couvre l'énergie nécessaire à sa fabrication, son transport, son installation, sa maintenance/remplacement et sa destruction/recyclage. Ne serait-on pas alors dans le cas de figure où l'on dépense 1 (voire plus) pour économiser 1 ?
Du point de vue financier, il faudrait plus de 40 ans pour que les économies réalisées remboursent l'achat et la main d'œuvre nécessaire au montage du matériel, même en tablant sur une augmentation annuelle de 10% du kWh électrique, ce qui excède largement la durée de vie de l'installation.
Enfin, si l'appoint de chauffage n'est plus électrique, mais par exemple au bois, alors la solution par ventilation naturelle devient plus intéressante en terme d'énergie primaire. De même, si l'hiver est plus conforme aux normales saisonnières, la dépense énergétique liée à l'appoint de chauffage diminuera, alors que celle liée à la ventilation mécanique restera la même.
Enfin, il est à noter que ventiler à des débits de l'ordre de 100 m3/h perturberait le confort hygrométrique, rendant l'air intérieur trop sec une grande partie de l'hiver, ce qui est classiquement constaté avec l'emploi de ventilations mécaniques.

6. RELEVE DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES

	Composition du foyer (historique)	**Période de consommation**	**Consommation relevée**	**Part <u>estimée</u> de l'électricité spécifique**
Logement Ouest	- Depuis le 01/06/2008 : 1 couple et un enfant d'une dizaine d'année	-Du 01/06/2008 au 02/09/2009 (15 mois)	2378 kWh	Environ 1100 kWh
	- Depuis le 01/01/2009, les locataires ont changé : une mère et son fils d'une vingtaine d'années, depuis septembre 2009 une troisième personne en convalescence habite temporairement avec eux (occupation permanente). Une seule personne est en activité au foyer (horaires de bureaux)	-Du 02/09/2009 au 14/11/2009 (2.5 mois)	424 kWh	380 kWh, l'eau chaude étant majoritairement produite pendant cette période par le solaire. La période de chauffe n'a pas encore commencé.
		-Du 14/11/2009 au 02/05/2010 (5.5 mois)	**2445 kWh**	1400 kWh car les jours sont plus courts, l'éclairage artificiel est plus sollicité. L'eau chaude nécessite à cette période de l'année un appoint électrique (environ 600 kWh estimés sur la période). Le chauffage a quant à lui consommé 460 kWh.
	TOTAL	**23 mois**	**5247 kWh**	
Logement Est	Une personne seule au minimum, accompagnée épisodiquement de sa fille (adulte). Pendant les mois d'été 2009 (vacances scolaires) elle a accueilli quelques membres de sa famille, qui ont utilisé les locaux pendant la journée (sdb, cuisine, etc…) mais ont dormi sous une tente dans le jardin. Pendant l'hiver 2009-2010, elle a souvent voyagé pendant de longues périodes (plusieurs semaines fin 2009)	-Du 28/09/2008 au 02/09/2009 (11 mois)	4134 kWh	Environ 2100 kWh
		-Du 02/09/2009 au 14/11/2009 (2.5 mois)	504 kWh	Environ 500 kWh : la maison est restée inoccupée de mi-octobre à mi-novembre, son occupante étant en voyage. L'eau chaude a vraisemblablement été produite par le soleil uniquement sur la période considérée, pas de chauffage.
		-Du 14/11/2009 au 02/05/2010 (5.5 mois)	**3411 kWh**	1600 kWh. Les jours étant plus courts, l'éclairage artificiel est plus sollicité. L'eau chaude nécessite à cette période de l'année un appoint électrique (environ 400 kWh estimés sur la période), le chauffage a quant à lui consommé 1400 kWh.
	TOTAL :	**19 mois**	**8049 kWh**	

Ces données ont été relevées directement sur le compteur individuel de chaque logement, et correspondent donc à la consommation totale d'électricité de la maison. L'électricité est la seule source d'énergie utilisée ici, à l'exception du gaz en bouteille utilisé pour la cuisine (consommation non connue à ce jour).

Remarque : on note encore une fois que le poste de consommation le plus important n'est pas le chauffage, ni même la production d'eau chaude, mais bien les consommations spécifiques d'électricité (électroménager, informatique, hi-fi, etc...), qui représentent 40 à 60 % du total, bien loin devant les autres postes.

7. CONCLUSIONS

CONSOMMATION CONVENTIONNELLE D'ENERGIE	Energie utile (kWh/m²/an)		Energie primaire avec chauffage électrique (kWh/m²/an)		Energie primaire avec chauffage bois (rendement de 80%) (kWh/m²/an)	
Chauffage et Auxiliaires (régulation)	Ouest 6	Est 18	Ouest 15.5	Est 46.5	Ouest 4.5	Est 13.5
ECS (estimation annuelle car pas de comptage) sur la base de 2.5 personnes et 50l/jours/pers à 55 °C	7.5	7.5	19.5	19.5	19.5	19.5
Eclairage (Estimation annuelles pour ampoules basse conso. partout)	1.5	1.5	4	4	4	4
Total par logement	15	27.5	**39**	**70**	28	36.5
Moyenne (les 2 logts font le même surface)	**21**		**54.5**		**32**	

Ce qui saute évidemment aux yeux est la différence de consommation de chauffage entre ces deux logements qui devraient pourtant avoir pratiquement les mêmes besoins. Cela souligne une fois de plus l'importance du comportement des occupants : le logement Ouest consomme moins que prévu alors que le logement Est dépasse les prévisions de plus de 50% !

Que faut-il en conclure ?
Qu'un des deux logements est au niveau "basse consommation d'énergie" et pas l'autre ? Bien sûr que non puisqu'il suffirait d'inverser les deux locataires pour changer le résultat.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'un logement quel qu'il soit ne peut être performant que si ses occupants sont sensibilisés aux économies d'énergie. Il est illusoire de chercher à formater un comportement humain par l'ajout de technologie dans le bâtiment : que les ouvertures de volets soient automatisés en fonction de la luminosité extérieure n'empêchera pas l'occupant de monter le thermostat à 22°C s'il en a envie, ni d'ouvrir la fenêtre pour profiter pleinement du paysage enneigé, superbe sous le soleil de janvier même s'il ne fait que 2°C dehors. Le ressenti est parfois bien éloigné de la thermique du bâtiment.
En revanche, le concepteur, le maître d'ouvrage ou le propriétaire du bâtiment ont le devoir d'informer l'habitant des bons comportements à adopter. Libre à lui de les suivre ou non. C'est ce qui a été fait ici au moyen d'une simple fiche d'information fournie au locataire.

Le point crucial, d'après moi, est de réussir à obtenir la performance voulue sans ajout excessif de technologie. Pour la Maison du Clos, la maintenance est réduite au minimum. On n'assiste donc pas à un transfert des charges de l'énergie vers l'achat ou la maintenance des systèmes embarqués, ce qui s'observe pourtant très souvent, notamment avec les pompes à chaleurs qui bénéficient d'un effet d'aubaine aujourd'hui, parce que théoriquement plus avantageuses dans le bilan énergétique.
Ainsi, l'occupant a la possibilité d'arriver à la performance prévue sans débourser un centime, simplement en modifiant son comportement. Aujourd'hui, avec l'augmentation du prix des énergies, la précarité énergétique s'installe insidieusement : près de 10% de la population française rencontrent des difficultés à se chauffer. Il serait regrettable que demain la difficulté porte sur la maintenance des appareils de chauffage. Même si les comportements vertueux sont encore peu encouragés aujourd'hui et sont parfois perçus comme une contrainte (ce qui est loin d'être vrai d'ailleurs), nous devons tous nous préparer au jour où ce ne sera plus un choix mais une nécessité. Nous sortons de l'ère de l'énergie gratuite pour entrer dans celle de l'énergie rare (et chère).

NB : Le «coût global» n'est malheureusement jamais abordé par les référentiels BBC, Minergie ou PassivHaus, ce qui est à déplorer, notamment parce que la majeure partie des équipements de ventilation ou de chauffage utilisés pour les bâtiments à basse consommation sont importés, souvent depuis l'Asie. La maintenance représente souvent une part importante des "coûts cachés", financiers pour l'usager, mais aussi environnementaux, puisqu'elle génère du transport. Pour le cas spécifique des pompes à chaleur en France, leurs forts besoins de pointes nécessitent la souscription à un abonnement d'une puissance élevée (en général 12 kVA au moins) qui vient s'ajouter à la facture pour l'usager. Si on fait la somme de ces coûts cachés pour une pompe à chaleur air/air de 10 kW, on arrive déjà à près de 300 euros par an (hors achat du matériel bien sûr), ce qui est déjà très largement au dessus du budget chauffage (pourtant électrique) de la Maison du Clos.