



## WORK PACKAGES AND CONTRACT DELIVERABLES FOR COMPLETION END OF AUGUST 2014

### Task 2.7: Bilingual final performance report

Starting date 2012-09-01 Closing date 2013-08-31 (extended by agreement with JTS to 2014-08-31)

### Outputs / deliverables:

Report

### Tâche 2.6:

Date de début 2012-09-01 Date de clôture 2013-08-31 (prorogé par accord avec STC à 2014-08-31)

### Produits / Livrables :

#### b/ Plan d'action conjoint

Rapport



UNIVERSITÉ D'ARTOIS



# IFORE

## Innovation for Renewal

## Bilingual final performance report

In both England and France retrofit of the existing housing stock is being given a high priority since improvement of the built environment can make such a significant contribution to reducing national energy consumption. IFORE is a project funded by the EU Interreg programme that is in many ways a forerunner of the larger scale retrofit projects that are following on from individual demonstrations such as the UK's Retrofit for the Future competition. 100 houses were chosen as the sites for study in both Outreau near Boulogne-sur-Mer in the region of Pas-de Calais and Rushenden on the Isle of Sheppey in Kent. They are well suited to a cross-border study since the geographic distance between them is relatively short and both share a maritime climate. They represent both the similarities and differences between the wider housing stocks of both regions. Consequently the results from IFORE has demonstrated the advantages of cross-border cooperation whilst assessing the feasibility of implementing widely applicable technical and community engagement solutions for retrofit. At the same time sociological studies have characterised the population of the two communities in order to bring the most advantageous results from the retrofit works in reducing carbon emissions but also reducing fuel poverty whilst improving comfort standards.

At Outreau the houses are distributed across four adjacent but distinct sites each with its own housing type. Rushenden is a typical English housing estate that has a larger number of plan types but within a basic form of brick cavity construction that can be found across the south of the country. The 100 houses which are 'stock transfer' (built by the local authority but subsequently transferred to the ownership of AmicusHorizon Housing Association) are within a single area, but the houses for study are interspersed with owner-occupied houses that were sold off as a result of the 1980s 'right to buy' policy; whereas, at Outreau all the units are social housing within the ownership of Pas-de-Calais habitat. At Rushenden homes have been fitted with different renewable energy solutions, such as solar thermal and photovoltaic panels, ground and air source heat pumps. Innovative technologies, a whole-house ventilation system using 'supply air' windows as heat exchangers, and different designs for trombe walls, have been investigated and prototypes at Rushenden and Outreau will continue to be monitored beyond the end of the project.

IFORE est à de nombreux égards un projet pionnier, ouvrant la voie à d'autres programmes de rénovation à plus grande échelle, qui prendront la suite d'expérimentations individuelles menées notamment dans le cadre du concours britannique *Retrofit for the Future*.

100 maisons ont été sélectionnées en vue d'étude, à Outreau, à côté de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) et à Rushenden, sur l'île de Sheppey (Kent). Leur situation géographique convenait à une étude transmanche, ces deux localités n'étant qu'à distance relativement faible l'une de l'autre. Toutes deux se caractérisent par leur climat maritime. Elles présentent les similitudes et différences observables dans le reste du parc de logements de ces deux régions.

Des enquêtes sociologiques ont été menées simultanément auprès des deux populations. Le but recherché était de tirer le meilleur parti des travaux de rénovation, ce qui consistait non seulement à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, mais aussi à limiter la précarité énergétique tout en améliorant le confort des logements.

À Outreau, les logements se répartissent sur quatre sites adjacents mais distincts, chacun caractérisé par un type d'habitat différent. Rushenden est représentative de l'habitat britannique, bâti selon des plans plus variés, mais toujours avec des murs creux en briques, typiques du sud de l'Angleterre.

À Rushenden, les maisons du parc d'AmicusHorizon alternent avec celles occupées par des propriétaires. À Outreau, en revanche, tous les logements relèvent du secteur social et appartiennent à Pas-de-Calais habitat.

À Rushenden, différentes solutions d'énergie renouvelable ont été installées, notamment des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ou des pompes à chaleur sol-air et air-air. Dans les deux sites, on a expérimenté des techniques innovantes sous forme de prototypes : ventilation par fenêtres « dynamiques » (dites aussi « fenêtres ventilées »), échangeurs de chaleur ou différents modèles de murs Trombe.

## Technology

### 1. Survey

Surveys of the seven house types in the UK and four in Outreau, using thermography and pressure testing, gave figures for their current energy consumption and carbon emissions so they could be classified within Energy Performance Certificate bands, they all fall within band E. Compared with national average figures for equivalent house types from the UK Energy Saving Trust, the Rushenden houses generally perform to expectations. The surveys were used to compare and contrast the housing stocks to find ways in which similar technical solutions could be applied across the Channel. The English houses were constructed between 1945 and 1964 whereas the French sample dates from between 1979 and 1983, the latter consequently benefitted from energy saving legislation that followed from the 1970s oil crisis.

Comparison of standards between the two countries and Europe-wide to define targets was made to find a common basis amongst legislative requirements both in England and France and in relation to the Europe-wide standard being introduced as 'Enerphit'. This has been successfully achieved using 'primary energy' as the method of comparison.

Primary energy for space heating and hot water, and energy performance certificate bands, determined using SAP in the UK and ThCEX in France,

UK house types							French house types			
Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Biez	Braque	Chaudiere	Republique
359	343	330	273	289	294	320	230	286	218	207
E	E	E	E	E	E	E	C	D	C	D

Énergie primaire (kWh/m<sup>2</sup> par an) pour le chauffage des locaux et pour l'eau chaude, et classe au diagnostic de performance énergétique, selon SAP au Royaume-Uni et ThCEX en France.

The houses in Rushenden are significantly older than those in Outreau and of worse energy performance. The primary energy use of the houses in Outreau is between 269 and 478kWh/m<sup>2</sup>.yr and in Rushenden between 680 and 1020 kWh/ m<sup>2</sup>.yr (different calculation methods are used in the UK and France).

- Études

Les sept types d'habitat en Angleterre et les quatre existant à Outreau ont fait l'objet de mesures par thermographie et par tests de perméabilité à l'air pour déterminer leur consommation actuelle en énergie et leur taux d'émission de CO<sub>2</sub>. Ils ont ainsi été notés selon le classement du diagnostic de performance énergétique (DPE).

Les maisons anglaises ont été construites entre 1945 et 1964, alors que l'échantillon français date de 1979 à 1983. Les logements les plus récents bénéficient donc des réglementations en matière d'économies d'énergie adoptées à la suite de la crise pétrolière des années 1970.

Afin de définir des objectifs, nous avons comparé les normes en vigueur dans les deux pays ainsi que dans le reste de l'Union européenne. Il s'agissait de trouver une base commune dans les réglementations des deux pays, en faisant également le lien avec la norme européenne dite Enerphit. Nous y sommes parvenus en prenant l'« énergie primaire » comme point de comparaison.

- thermography before and after, elimination of cold bridges, leakiest houses re-clad

What we have done at Rushenden and Outreau is look at a variety of different dwelling types, and a large enough sample - 100 houses - to begin to understand the way in which the houses are being used. After their classification, according to their Energy Performance Certificate ratings, their air-tightness was measured by blower door, and insulation capabilities assessed using thermographic photographs.

From measured surveys, completed at the same time as the pressure tests, basic dimensional information was then available for construction of simulation models to determine the base-case energy consumption of the different types. The models were then used to assess, in terms of payback periods, alternative specifications for the works. At both Outreau and Rushenden external insulation systems were used although of different types, a dry-assembly system for which an assembly line has been built for factory production in France, and a site-applied wet-finished system in Rushenden. Both have the advantage that most of the work takes places outside the homes to minimise disruption, and cold bridges (where for example upper floor joists meet external walls) are eliminated. The largest houses at Rushenden performed badly under pressure test. This was in large part due to their external timber cladding whereas most of the Rushenden houses have brick cavity walls. All the houses at Outreau were more air-tight by comparison, although some of the two-storey houses were relatively complex in section and less air-tight as a result.

- Thermographie avant et après élimination des ponts thermiques et bardage des maisons les plus déperditives

Nous avons observé à Rushenden et à Outreau différents types d'habitations, avec un échantillon assez vaste pour nous donner une idée de leur utilisation.

À partir des mesures obtenues lors des études, nous avons élaboré des modèles de simulation destinés à définir une consommation type pour chaque catégorie d'habitation. Ces modèles nous ont ensuite servi à évaluer, pour le temps de retour sur investissement, différentes spécifications à appliquer aux travaux.

À Outreau comme à Rushenden, nous avons installé des systèmes d'isolation par l'extérieur, mais de types différents : en France, il s'agissait d'un système de construction sèche, pour lequel on a créé une chaîne de montage en vue de production industrielle. En Angleterre, c'était un système en construction humide spécifique à chaque chantier. Les deux solutions présentent l'avantage que les travaux s'effectuant en majeure partie en dehors des habitations, cela limite la gêne occasionnée.

Les plus grandes maisons de Rushenden ont obtenu de mauvais résultats aux tests de perméabilité à l'air. Tous les logements d'Outreau présentaient une meilleure étanchéité à l'air, même si la complexité des plans de certaines constructions à un étage limitait leurs performances.

- Pressure testing, air leakage before and after

The previously timber-clad houses at Rushenden were externally insulated and rendered so they are now of similar appearance to the rest of the retrofitted properties. In addition the windows throughout were renovated and re-fitted which has greatly improved both their energy performance and standard of comfort. One of the interesting aspects was that many of the Rushenden houses were already relatively well-sealed, because of their form - they are basically rectangular boxes with brick cavity walls that were built wet-plastered. AmicusHorizon have succeeded in making them a little more air-tight in most cases - close to the 0.5ach level where indoor air quality and ventilation become a real issue.

house type / no. bedrooms	location	air permeability m <sup>3</sup> .m <sup>2</sup> .hr @50 Pa	ach @ 50Pa
Rushenden average test results			
Type 1 single storey	end-of- terrace	6.7	10.2
1 bedroom	mid terrace	4.4	6.7

Type 2 single storey 1 bedroom	end-of-terrace	4.3	6.3
	mid terrace	3.8	5.7
Type 3 single storey 1 bedroom	mid terrace	3.7	5.9
	end-of-terrace	6.4	10.3
Type 4 2 storey 2 bedroom	end-of-terrace	4.0	6.4
	mid terrace	5.2	8.3
Outreau average test results			
rue du Biez maison de plain pieds		4.5	3.8
rue Braque, deux étages, chambres sous toiture		8.4	5.7
rue Chaudiere, trois niveaux		8.1	3.7
rue Republique, différentes typologies (T3, T4 et T5)		11.0	6.3
<b>Pre-retrofit blower door pressure test results</b>			

Consequently this is an issue we have been anxious to investigate within IFORE because there are relatively few options for the ventilation of retrofitted houses. Mechanical ventilation heat reclaim which is becoming the default system for new-build is extremely difficult to accommodate within existing dwellings, other than when single storey. MVHR is being tested within Manor Close at Rushenden (which are single storey so the ducting can be run within lofts) but a major innovation within IFORE has been research into the ventilation technology of 'supply air' windows, which is discussed later.

- Perméabilité à l'air et déperditions, avant et après

Les maisons de Rushenden à bardage en bois ont fait l'objet d'une isolation par l'extérieur et ont été enduites, ce qui leur a donné un aspect semblable à celui des autres habitations rénovées. Dans tous les logements, on a rénové et reposé les fenêtres, ce qui a grandement amélioré leurs performances énergétiques et le confort des habitants.

Elément intéressant, beaucoup des maisons de Rushenden étaient relativement étanches à l'air en raison de leur plan rectangulaire, avec des murs creux en brique enduits de plâtre à l'intérieur. AmicusHorizon a rendu la plupart d'entre elles encore un peu plus étanches à l'air : elles approchent maintenant un débit de renouvellement de 0,5 vol/h, seuil en dessous duquel la qualité de l'air et la ventilation deviennent vraiment préoccupantes.

Nous avons tenu à examiner cette question car les possibilités de ventilation des logements rénovés sont relativement limitées. La ventilation mécanique à double flux, qui devient systématique dans le bâti neuf, est extrêmement difficile à adapter dans du bâti existant, sauf de plain-pied.

La VMC double flux est en cours d'expérimentation à Manor Close, Rushenden (où les maisons sont de plain-pied, ce qui permet de faire passer les gaines dans les combles). Mais IFORE a innové en procédant à des recherches sur les fenêtres « dynamiques », que nous évoquerons plus loin.

- weather station at Outreau, UK W.Malling statistics

From the outset the Université d'Artois installed, maintained and downloaded data from a weather station in Outreau. In Rushenden we relied on the nearest meteorological station at West Malling, some way along the coast in Kent. Subsequently local weather station data became available from the Institute of Sustainability who now have a weather station in Rushenden. This has however required re-formatting before it can be used as a weather file within the ESP-r simulation software being used in England, which has made for some delays and relative difficulty in running the simulations.

## **2. Simulated performance, pre-retrofit, alternative specifications – thickness of insulation, payback periods**

Dynamic thermal simulation is a valuable decision-making tool when assessing alternative retrofit measures, but different industry standards required that the same software could not be used in each country. Initial surveys were carried out to characterise the housing stock which formed the context for the computer simulations.

Parametric modelling has defined the benefits of standard retrofit technology solutions: each of the 'standard' solutions – insulation, air-tightening, upgrade of windows and boilers – have been modelled, at increasing levels of intervention, to arrive at optimum solutions that informed the final specifications for construction.

A modelling methodology was agreed for translation of the UK research program ESP-r's output into a format that could be compared with results from France. The method used was to adapt the widely-used French program Pleiade et Comfie for parametric modelling of a property type comparable between Outreau and Rushenden. An agreed sequence was followed beginning with construction of models of similar houses at the two sites that were refined to achieve characteristics corresponding with published data, then the building of individual models of each house type that could be used for comparative analysis. The results were well within experimental error giving a high level of confidence for the use of this methodology when assessing the future monitored results.

Simulation models were used to assess the relative worth of the planned measures. Getting the insulation right is the most important pre-requisite, it isn't even worth considering additional measures such as PV panels on roofs until the basic issues have been addressed. The simulations also enabled the optimum specifications to be determined. Greater thickness of insulation eventually starts to have diminishing benefit. The thickness of insulation that proved affordable in England is 60mm of external wall insulation (phenolic foam) which is slightly thinner than would have been preferred. In France the over-cladding panels encapsulate insulation which is made from re-cycled clothing that has been shredded and re-constituted as fleece. The raw material is sourced by arrangement with charity shops.

Payback periods for the specification packages have been agreed for Outreau and Rushenden: simple payback methods have been used, in relation to an agreed priority of measures, and current energy prices within the two communities, to arrive at a comparison of cost and benefits.

- Simulations de performance, pré-rénovation, nouvelles spécifications : épaisseur de l'isolation, temps de retour sur investissement

La simulation thermique dynamique est un outil appréciable d'aide au choix entre différentes méthodes de rénovation. Mais à cause des différences de normes industrielles d'un pays à l'autre, il n'était pas possible d'utiliser le même logiciel en Angleterre et en France. Des études initiales ont servi à caractériser le parc de logements servant de contexte aux simulations informatiques.

Nous avons défini par modélisation paramétrique les avantages des solutions techniques de rénovation : chaque solution « standard » – isolation, étanchéité à l'air, amélioration des performances des fenêtres et des chaudières – a été modélisée à des niveaux croissants d'intervention, pour arriver à une solution optimale à appliquer aux spécifications de construction finales.

Une méthode de modélisation a été adoptée en vue de convertir les résultats du programme de recherche britannique ESP-r dans un format comparable aux résultats obtenus en France. Elle a consisté à adapter les programmes français Pléiades+Comfie, couramment utilisés, à la modélisation paramétrique d'un site de type comparable à Outreau et Rushenden.

Les modèles établis par simulation ont permis de définir des spécifications optimales. À partir d'une certaine épaisseur, l'isolation commence à produire des effets décroissants. En Angleterre, le budget permettait une épaisseur de 60 mm d'isolation des murs par l'extérieur (mousse phénolique), soit un peu moins que l'épaisseur souhaitée. En France, les panneaux extérieurs préfabriqués sont garnis d'un isolant à base de vêtements recyclés, déchiquetés et reconstitués sous forme de laine isolante. La matière première est fournie par l'organisation caritative Le Relais.

Des temps de retour sur investissement applicables aux spécifications techniques ont été convenus pour Outreau et Rushenden. Pour aboutir à une comparaison des coûts et des bénéfices, on a adopté une méthode simple de calcul de ces temps de retour, en fonction du degré de priorité des mesures et des prix de l'énergie en cours dans les deux sites.

- post-retrofit, behavioural variable



Following the download of temperature data from last winter the models will be updated with the current room temperatures. One of the problems when a large proportion of the population is in fuel poverty is that they won't have been very comfortable pre-retrofit. The increased comfort after the work has been done may be enjoyed without any saving in energy. This rebound effect is one that has been widely reported and which could cause the carbon savings to rapidly disappear since room heating is the largest proportion of household fuel consumption.

The figures for last winter have only just become available so the updated numbers will be in the final report we'll publish this autumn. But the results of the questionnaires analysed by our sociologists at the University of Brighton may give some cause for optimism. We'll refine the model further using this kind of evidence but also including the results of monitoring from last winter, which is the first to be post-retrofit and after the ministrations of the Green Doctor.

The impact of user behaviour is a developing discipline that IFORE will help advance: IFORE is a project of sufficient scale and longevity to enable the establishment and continuing progress of an 'energy-community'. Community actions are being designed to achieve the project's goal of continuing energy reductions achieved by the tenants, even given the turnover of population over time.

- Après rénovation, des comportements variables

Quand une importante partie de la population est en situation de précarité énergétique, l'un des problèmes qui se posent est le manque de confort des logements concernés avant rénovation. Une fois les travaux achevés, les habitants peuvent apprécier le gain de confort sans qu'il y ait économie d'énergie. Cet effet rebond, qui a été amplement décrit, risque d'anéantir à brève échéance les avantages écologiques de la rénovation, dans la mesure où le chauffage représente la majeure partie de la consommation énergétique d'un foyer.

L'impact du comportement des utilisateurs est un champ d'étude qu'IFORE aura fait progresser. En effet, ce projet était d'assez grande ampleur et s'étend sur une période assez longue pour susciter l'apparition et le développement d'une « communauté énergétique ». Des actions visant les locataires les inciteront à réduire de manière pérenne leur consommation d'énergie, et ce, même s'ils sont à la longue remplacés par d'autres.

### **3. Monitoring**

- Methodology: Outreau prototype, mass measurements at Rushenden

The improving performance of the houses has been monitored using a number of different methods. Pre-retrofit 'tinytag' loggers were installed to measure humidity and temperature within rooms and external temperature at a number of locations around the Rushenden estate. Into a number we then installed Wattbox which records a larger number of variables. One of the facets that recommended Wattbox from amongst the several systems that were investigated for use in Rushenden was its inbuilt software that enabled the heating controls to be automated for most efficient operation. Wattbox had been used for the UK's 'Retrofit for the Future' Competition as a house heating-controller which can also monitor energy use within dwellings, thereby dispensing

with the need for timers and thermostats which are difficult to set for maximum energy efficiency. By recording household occupancy data (with the ability to learn the patterns and habits of energy usage, especially relating to central heating and hot water usage) it appeared to remove the need for residents to set time-clocks, although settings could be overridden by users pressing a button for 'more heat' or 'less heat'. Its optimisation routines were designed to control and achieve the most efficient operation of heating systems (including solar thermal, condensing boilers and air source heat pumps).

Wattbox by partially automating the control of energy-use was to help achieve the 20% reduction in carbon emissions which is IFORE's target for positive interaction of the project and residents. The inbuilt learning algorithm was designed to gauge the occupants' requirements for heat and hot water and respond accordingly. In operation this didn't work satisfactorily, it proved very unpopular with the residents and had to be disabled. This created some problems with interpretation of the winter data since some was from when the residents were in charge of thermostats, after control was wrested from Wattbox. For some of the houses we are receiving data from the Institute of Sustainability and we are waiting on the last of that, for the winter just past we once again put in tinytags. These will enable, in conjunction with the simulation models built during the project, a firm estimate of reductions due to the retrofit itself and those resulting from behaviour change by the residents.

In France throughout the project, data loggers have been located in 15 houses - a large sample of dwellings for intensive data acquisition and determination of levels of thermal comfort and air quality in rooms. Some prototype retrofitted houses have also been equipped with monitoring devices to plot the thermal behaviour of the 'supply air' windows and efficiency of ventilation. An 'intelligent' controls system has been designed by a consultant to the project. All the tenants at Outreau have been issued with a tablet computer that has software installed to record their energy use and to display the data graphically. Individual households can, using the tablet, track their energy performance and alter on/off settings for heating and hot water.

### **3. Suivi**

- Méthodologie : prototype à Outreau, mesures en grand nombre à Rushenden

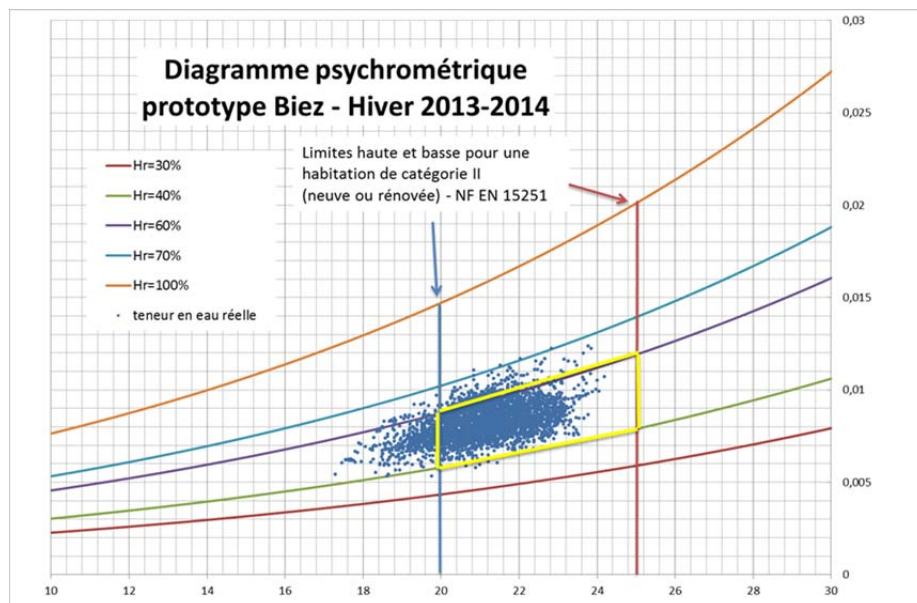
Différentes méthodes ont été utilisées pour contrôler l'amélioration des performances dans les logements. À Rushenden, on a installé en plusieurs endroits du site, avant rénovation, des enregistreurs de données pour mesurer l'humidité et la température des pièces ainsi que la température extérieure. Puis, dans certains logements, nous avons placé des systèmes de contrôle de chauffage Wattbox, qui servent à enregistrer un grand nombre de variables.

Parmi les dispositifs que nous avons envisagés pour Rushenden, l'un des avantages de Wattbox était son logiciel intégré, permettant l'automatisation et donc une plus grande efficacité du chauffage. Son système de contrôle de la chaleur et de la consommation d'énergie évite l'emploi de minuteurs et de thermostats, que les habitants trouvent difficiles à régler.

L'enregistrement des données indiquant l'occupation des logements (doublé d'un apprentissage des habitudes en matière de consommation d'énergie, notamment pour ce qui concerne le chauffage central et l'eau chaude), ce système évite aux locataires de régler des minuteurs, même s'ils peuvent passer outre le paramétrage en appuyant simplement sur un bouton pour obtenir plus ou moins de chaleur. Le dispositif était réglé pour assurer une efficacité maximale des systèmes de chauffage (y compris solaire thermique, par chaudière à condensation ou par pompe à chaleur air-air).

En automatisant en partie le contrôle de la consommation d'énergie, Wattbox était censé permettre d'atteindre la réduction de 20 % des émissions de CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire l'objectif visé par IFORE, supposant une interaction positive des habitants. L'algorithme d'apprentissage intégré au dispositif devait mesurer les besoins des occupants en chaleur et en eau chaude et y répondre.

Dans la pratique, ce système n'a pas fonctionné de manière satisfaisante. Les habitants ne l'appréciant pas du tout, il a dû être désactivé. Les données recueillies pendant la période hivernale ont donc été difficiles à interpréter. En effet, certaines correspondent à la période où, après l'arrêt des mesures par Wattbox, les locataires ont dû régler leurs thermostats, ce qui nous a obligé à réinstaller des enregistreurs de données, une fois la rénovation achevée.



En France, 15 logements ont été équipés d'enregistreurs du début à la fin du projet. La collecte intensive de données sur ce vaste échantillon a permis de chiffrer le confort thermique et la qualité de l'air dans les locaux. Dans certains logements pilotes, nous avons aussi installé des dispositifs destinés à contrôler le comportement thermique des fenêtres « dynamiques » et l'efficacité de la ventilation.

Un consultant français a conçu un système de contrôle « intelligent ». À Outreau, tous les locataires ont reçu une tablette numérique intégrant un logiciel de mesure de la consommation énergétique, avec affichage graphique. Chaque ménage peut ainsi suivre les performances de son logement et modifier les réglages de son chauffage et de son eau chaude.

- Temperature and humidity, comfort

At Outreau this intensive monitoring has included measuring the comfort of the inhabitants, their consumption of hot water and the amount of energy used for space heating. The 'supply air' windows were monitored in situ using the same instrumentation as in the laboratory at the University d'Artois. The windows have been shown to have good visual characteristics in not reducing light levels within rooms and having excellent noise attenuation. The comfort conditions were recorded on a psychrometric chart which assesses comfort in terms of heat and humidity. In addition, levels of carbon dioxide, a usual proxy for indoor air quality, have been measured. These same metrics are being used for description of the monitored data from Rushenden.

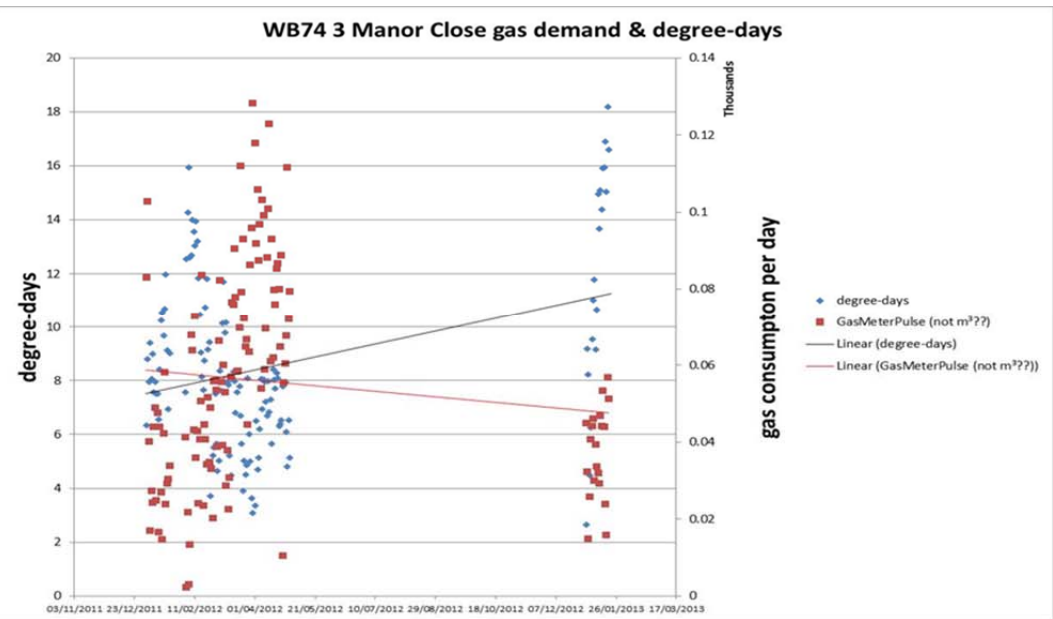
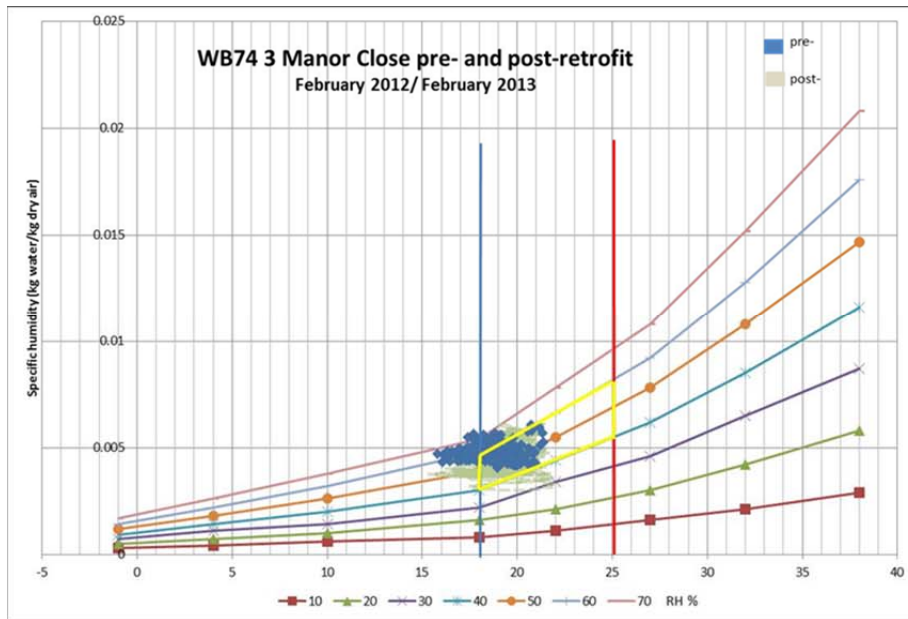
- Température et humidité, confort

À Outreau, ce système de contrôle intensif a comporté une mesure du confort des habitants, de leur consommation d'eau chaude et de l'énergie consacrée au chauffage. Le contrôle des fenêtres « dynamiques » s'est effectué in situ avec les mêmes instruments qu'au laboratoire de l'université d'Artois.

Un diagramme psychrométrique (schéma 2) illustre le niveau de confort en fonction de la chaleur et de l'humidité. Le taux de gaz carbonique, témoin habituel de la qualité de l'air intérieur, a aussi été mesuré. À Rushenden, certaines de ces mesures servent également à décrire les données recueillies.

- Energy performance, gas and electricity, degree-days comparison

As an example, shown here is a single address from the 2012-13 Wattbox data which shows that before the retrofit in 2012 the winter was more severe than 2013, yet after the works the heating load was going down although the number of degree-days increased. This is borne out by the questionnaire reports from across the population as a whole, lower heating bills were recorded despite the colder weather in 2013. Also, plotting room temperatures and humidity on a psychrometric chart for this particular property shows that the internal room conditions are moving towards greater comfort.



More problematic though is electricity. Other retrofit projects have suggested that savings on heating may be used to pay for extra electric devices, in this particular dwelling electricity use may be static or increasing. The sociologist's report has suggested that, for example, whilst awareness about the use of appliances has increased so has television-watching (although an usual stimulus was last year's Olympics).

- Performances énergétiques : gaz et électricité

L'électricité pose plus de problèmes que le chauffage. Il ressort d'autres projets de rénovation que les économies réalisées sur le chauffage servent parfois à l'achat d'appareils électriques supplémentaires. Dans les foyers concernés, soit la consommation électrique reste alors stable, soit elle augmente. Le rapport des sociologues indique, par exemple, que bien que les locataires soient maintenant sensibilisés à la consommation qu'engendrent les appareils, ils regardent davantage la télévision (il est vrai que cette étude a coïncidé avec les jeux Olympiques de 2012).

- Rushenden gas and electric bills. Outreau weekly records (manual, tablets), bills

Sociologists from both countries have been working with the green doctor to build a series of questionnaires and to assess the range of behavioural variables between residents that affected the baseline level of energy usage prior to the building works taking place. The sociologists in both countries have been researching together to understand the energy consumption patterns within the two countries in order to anticipate measures to reduce future consumption as a result of individual behaviour change and community actions.

The questionnaires have enabled an in-depth analysis of changing behaviour patterns in relation to the energy and carbon savings being made by the improved fabric of the houses. The simulation models can then be related to the temperatures of the houses, reflecting how they are being used post-retrofit to isolate the impact of tenant energy engagement. The final of three questionnaires at Rushenden was issued and completed with residents in October 2013, and the concluding questionnaire at Outreau that has been coordinated with the English version was finished in March 2014.

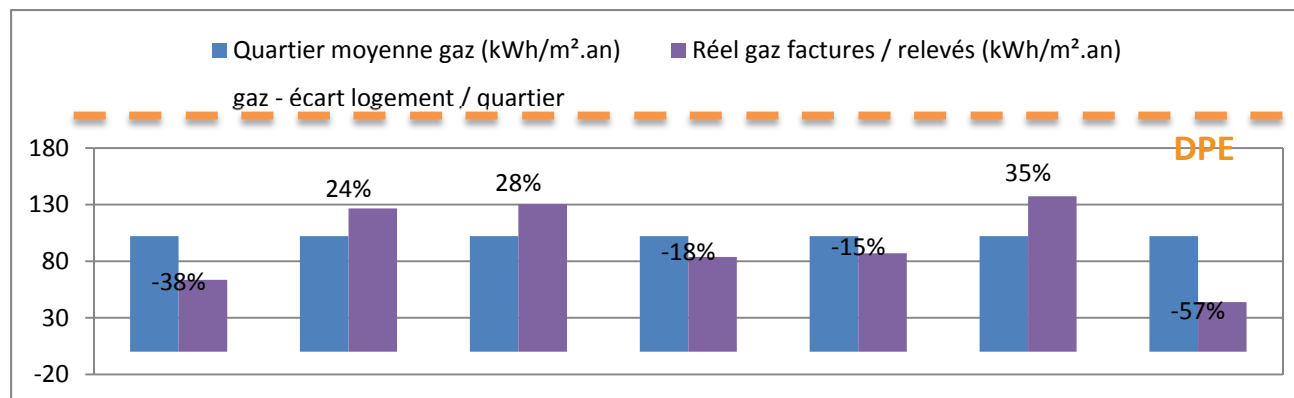
- Factures de gaz et d'électricité à Rushenden. Enregistrements hebdomadaires à Outreau

Dans les deux pays, les sociologues ont collaboré avec le Green Doctor pour élaborer une série de questionnaires afin d'évaluer les variables comportementales influant sur la consommation d'énergie avant la rénovation. Ils ont tenté ensemble d'établir des modèles de consommation dans les deux pays, afin d'anticiper les mesures permettant de modifier les comportements individuels et les actions à mener auprès des habitants pour limiter la consommation future.

Les questionnaires ont débouché sur une analyse approfondie des modèles de changements comportementaux concernant les économies en énergie et la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> rendues possibles par une amélioration de la construction. Les modèles de simulation ont pris en compte la température des logements afin d'isoler les résultats produits par l'implication des locataires. Sur les trois questionnaires proposés à Rushenden, le dernier a été rempli par les locataires en octobre 2013. À Outreau, le questionnaire final, réalisé en coordination avec la version anglaise, a été achevé en mars 2014.

- Utility bills information: ErDF, GrDF

Utility bills made available by French energy providers ErDF and GrDF for Outreau have been used for comparison with the regulatory reference used for the energy performance certification in France (DPE). The DPE has been shown by this analysis to have a limited resemblance to reality; conversations with the residents have provided the key to understanding the real situation.

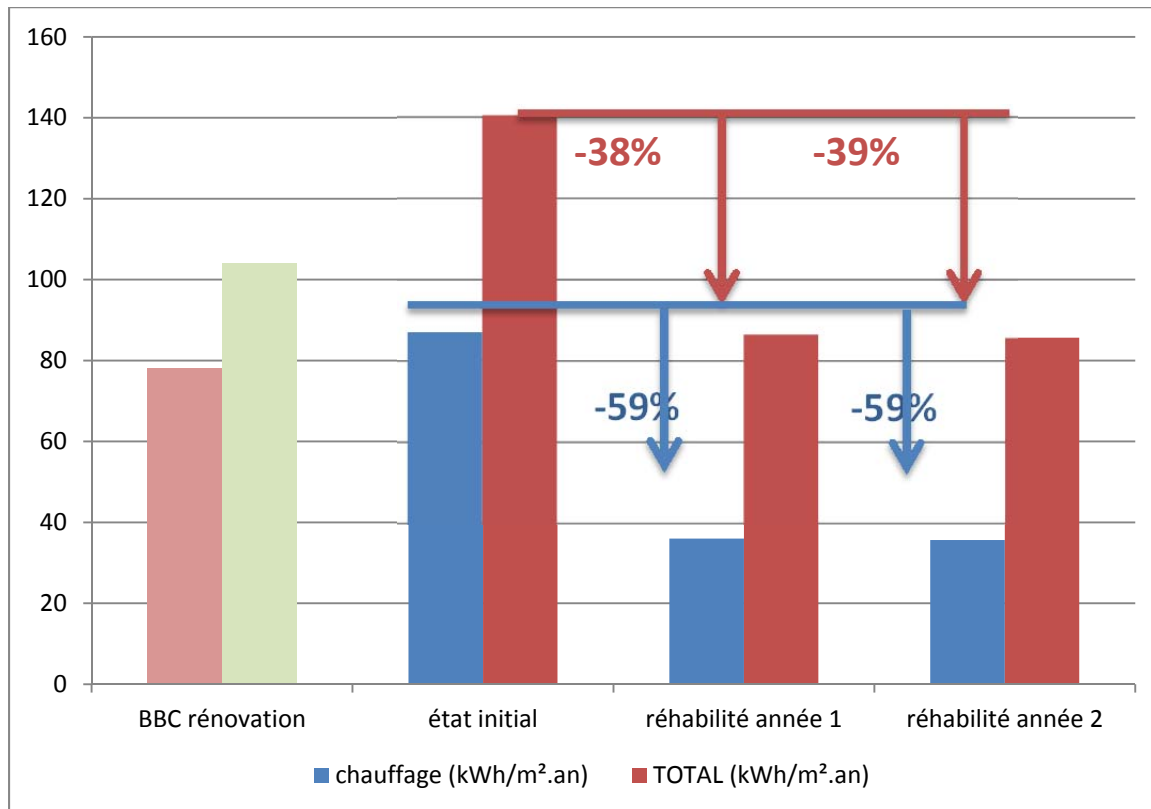


- Information sur les factures des fournisseurs d'énergie : ErDF, GrDF

À Outreau, les factures émises par les fournisseurs français ErDF et GrDF ont servi de points de comparaison avec les notes du diagnostic de performance énergétique (DPE) français. Cette analyse révèle que le DPE n'a que peu de rapports avec la réalité. Des conversations avec les habitants ont été plus concluantes pour comprendre leur véritable situation.

- Pre and post retrofit consumption patterns, support for tenants

At Outreau, contrary to expectations, for gas consumption there were particularly large disparities. The extent of use appears entirely due to different modes of behaviour so the key to more economic consumption is through support to households. This requires an understanding of the different ways in which gas is used – for heating, hot water and cooking. Encouragingly, the prototype innovative retrofit at rue du Biez is showing, to date, a 59% space heat load reduction.



For comparison of the results between the two countries, and for wider comparison with other retrofit projects, the data from IFORE has been entered into the UK Energy Saving Trust database called EMBED. This was set up to contain the results from the UK Retrofit for the Future Competition that have recently become available. The database has wide functionality, enabling individual parameters to be compared between different sites; in addition the database is being progressively enlarged to incorporate the outcomes of other retrofit schemes from around the UK and EU, which will give IFORE's results the widest possible dissemination and usefulness.

- Modèles de consommation pré et post-rénovation, assistance aux locataires

À Outreau, contrairement aux prévisions, nous avons enregistré des disparités particulièrement importantes en matière de consommation de gaz. Ces disparités s'avèrent entièrement dues à des différences de comportement. Le moyen de parvenir à une moindre consommation réside donc dans une assistance aux locataires.

Il faut pour cela analyser leurs différentes utilisations du gaz : chauffage, eau chaude et cuisson. Résultat encourageant, la rénovation pilote menée rue du Biez a engendré à ce jour une réduction de 59 % de la consommation consacrée au chauffage.

En vue de comparaison entre les deux pays et avec d'autres projets de rénovation, les chiffres recueillis dans le cadre d'IFORE ont été incorporés dans EMBED, base de données du UK Energy Saving Trust. Celle-ci a été créée pour rassembler les résultats du concours *Retrofit for the Future*, disponibles depuis peu.

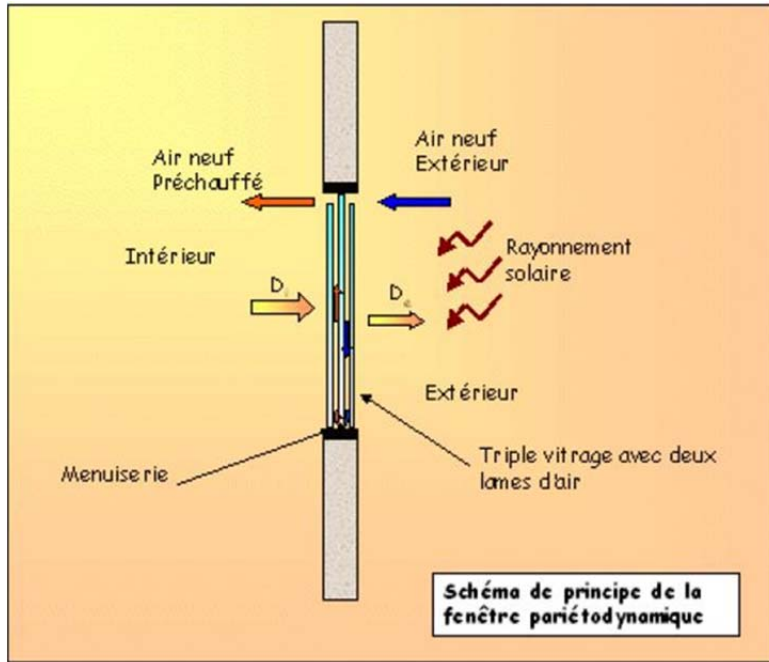
Cette base de données, qui présente de vastes fonctionnalités, permet la comparaison de paramètres entre plusieurs sites. De plus, elle est progressivement complétée par les résultats d'autres programmes de rénovation, réalisés au Royaume-Uni et dans le reste de l'Union européenne.

#### **4. Innovative technologies**

The innovative measures being employed required an extended period of development, laboratory testing and simulation. The university partners to the project have previous research experience demonstrating the energy benefits of trombe walls and ventilated window systems. These are now at the beta stage of development and being refined for mass production.

Although the homes at Outreau have better air-tightness, because of the simplicity of construction at Rushenden (the houses have solid concrete floors and plastered walls) the single storey houses at Manor Close, in particular, were already relatively air-tight. This is a pre-requisite for the viability of advanced ventilation technologies whether MVHR or 'supply air' windows. Low energy construction implies air-sealing the building so an engineered system of ventilation is required for reasons of both health and energy- saving, an important consideration since condensation and mould have been persistent problems in houses on both sides of the Channel.





At a limited number of houses in Rushenden, but in all the houses being retrofitted in Outreau, 'supply air' windows are being trialled and their performance monitored. These 'Paziaud' windows have been tested and optimized by academics at the LGCgE University d'Artois [and the subject of the 2014 PhD Thesis by François Gloriant, a researcher with the project). The windows are different from conventional ones with double glazing in not using sealed units, instead air from outdoors is circulated between the panes of glass so heat that would otherwise escape from the room is entrained in the air path and used to pre-heat the incoming ventilation air i.e. the 'supply air' window acts as a heat exchanger. This is a whole-house system that pulls air in at the perimeter and extracts it from the kitchen and bathroom. In the prototype humid air from these 'wet' rooms is extracted mechanically so that air flow through the rooms is created with enough pressure-drop to pull air through the 'supply air' windows.

The innovative extract system was invented in France. A small hose is connected at the base of a passive stack and is used to blow high velocity air into the duct through a small nozzle. The accelerated jet of air induces higher speed air flow within the passive stack by Bernoulli effect. A single fan can be used to induce a higher flow of air into the passive stacks to maintain negative pressure within the house so the extract system functions no matter what the wind strength or direction. This is being installed into the two-storey houses at Outreau the single storey terraces on rue du Biez have too little stack height to make the system practicable and so individual constant mechanical extract (CME) was installed instead.

- Techniques innovantes

L'application de mesures innovantes a requis une longue période de développement, d'essais en laboratoire et de simulation. L'expérience des universités partenaires a démontré les avantages des murs Trombe et des fenêtres dynamiques. Ces dispositifs en phase bêta de développement sont en cours de perfectionnement en vue de production industrielle.

Si les logements d'Outreau sont plus étanches à l'air, ceux de Rushenden sont relativement performants à cause de la simplicité de leur construction (les sols sont en béton et les murs sont enduits), notamment les maisons de plain-pied à Manor Close. C'est indispensable pour que soient viables des techniques de ventilation élaborées, qu'il s'agisse de VMC à double flux ou de fenêtres « dynamiques ».

Une construction économe en énergie exige une étanchéité à l'air du bâtiment. Il est donc nécessaire d'installer un système de ventilation, tant pour des raisons de salubrité que d'économies d'énergie. Cet aspect est d'autant plus important que, des deux côtés de la Manche, la condensation et les moisissures constituent des nuisances persistantes.

Les fenêtres diffèrent des modèles traditionnels à double vitrage en ce que leurs vitres ne sont pas hermétiquement scellées. De l'air extérieur circule entre les panneaux. La chaleur qui, sans cela, sortirait de la pièce, est entraînée dans le circuit d'air et préchauffe l'air de ventilation entrant. En d'autres termes, la fenêtre « dynamique » (également dite « fenêtre ventilée ») fonctionne comme un échangeur de chaleur. Tout en faisant pénétrer de l'air dans les locaux, ce système assure une extraction dans la cuisine et dans la salle de bains. Dans le prototype, l'extraction s'effectue mécaniquement, afin que l'air circule avec une perte de charge suffisante pour pénétrer dans les fenêtres.

Ce système d'extraction innovant est une invention française. Un petit tuyau, aboutissant en bas du conduit de ventilation naturelle, insuffle de l'air à grande vitesse dans le conduit, par une petite buse. Le flux d'air accéléré augmente la vitesse de l'air circulant dans le conduit, par effet Bernoulli. Un seul ventilateur suffit à produire un flux d'air plus important dans les gaines de ventilation et à maintenir ainsi une pression négative dans le logement. Le système d'extraction fonctionne quelle que soit la force ou la direction du vent. De tels dispositifs sont en cours d'installation dans les maisons à un étage d'Outreau. Dans les maisons de plain-pied de la rue du Biez, les conduits ne sont pas assez hauts pour que le système soit praticable. C'est pourquoi on a installé dans chacune un système d'extraction mécanique continu.

- Simulated performance

At the University d'Artois steady state models have been constructed based on fundamental algebraic functions and using computational fluid dynamics. Using these simulations predictions can be made of the internal temperatures within the window and at the room face of the window, under wintertime conditions, and the insulative capabilities of the window at usual building flow rates. In addition a network model was built to describe the temperature change as the air flows through the window.

- Simulation de performances

L'université d'Artois a construit des modèles statiques reposant sur des fonctions algébriques fondamentales et sur la mécanique des fluides numérique. Selon ces simulations, on peut prévoir la température interne de la fenêtre et celle de la vitre côté pièce en période hivernale, ainsi que les capacités isolantes de la fenêtre au débit habituel dans une construction. Les chercheurs ont aussi créé un modèle réseau destiné à décrire les variations de température de l'air circulant à l'intérieur de la fenêtre.

- Laboratory tests

This analysis was a precursor to the construction of a laboratory test rig within a test cell, the window being cooled on one side and heated on the other to replicate the situation within a real building. The temperatures within the window and on the external surfaces of the window were measured at different rates of flow using an array of thermocouples. Satisfactory resolution was reached between the theoretical model and the experimental setup confirming that the 'equivalent' U-value, which takes into consideration the heated air delivered into the room as well as conductive heat flow through the window itself, is between approximately 0.1 and 0.2W/m<sup>2</sup>K compared with the comparable figure for a conventional triple glazed window of 0.7W/m<sup>2</sup>K.

Subsequent tests within the prototype house at rue du Biez in Outreau have confirmed that an annual reduction in space heating load of between 1000 kWh 1800 kWh can be anticipated, the system is suitable for either natural and mechanical ventilation, and there has been no record of summer overheating. A novel method of window cleaning has obviated the need for the panes of glass to be hinged which makes the windows very cost-competitivel - de-ionised water is injected under pressure through holes at the top of the window frames and leaves through drain holes at the lower edge.

<b>flow rate</b>	<b>T<sub>air blown</sub></b>	<b>q<sub>ext</sub></b>	<b>q<sub>int</sub></b>	<b>U<sub>eq</sub></b>	<b>U<sub>dyn</sub></b>	<b>R<sub>dyn</sub></b>
<b>13,5 m<sup>3</sup>/h (2pa)</b>	7,9 °C	3,6 W/m <sup>2</sup>	55,7 W/m <sup>2</sup>	0,18 W/m <sup>2</sup> K	2,78W/m <sup>2</sup> K	39,4 %
<b>20,8 m<sup>3</sup>/h(4pa)</b>	6,05 °C	1,9 W/m <sup>2</sup>	63,5 W/m <sup>2</sup>	0,09 W/m <sup>2</sup> K	3,17W/m <sup>2</sup> K	30,2 %

- Tests en laboratoire

Cette analyse a servi de base à la construction d'un banc d'essai, dans une chambre d'essai où la fenêtre était refroidie d'un côté et chauffée de l'autre, afin de reproduire la situation existant dans un bâtiment réel. Au moyen d'une batterie de thermocouples, les températures ont été relevées selon plusieurs débits, à l'intérieur de la fenêtre et sur ses faces externes.

Entre le modèle théorique et l'expérimentation, on a abouti à une solution satisfaisante, confirmant que l'« équivalent » du coefficient U (qui prend en considération l'air réchauffé introduit dans la pièce ainsi que le flux de chaleur conducteur passant à travers la fenêtre elle-même) se situe approximativement entre 0,1 et 0,2 W/m<sup>2</sup>K, la valeur obtenue sur une fenêtre standard à triple vitrage étant de 0,7 W/m<sup>2</sup>K.

Les tests effectués par la suite dans la maison pilote de la rue du Biez à Outreau ont confirmé qu'on pouvait prévoir une réduction annuelle de 1 000 à 1 800 kWh de la consommation annuelle utilisée pour le chauffage. Le système convient aussi bien, qu'on utilise une ventilation naturelle ou mécanique. Aucun excès de chaleur n'a été observé en été.

Une nouvelle méthode de nettoyage des vitres a évité la pose de charnières sur les vitres, ce qui rend ces fenêtres très concurrentielles. Cette méthode consiste à injecter sous pression de l'eau ionisée par les orifices en haut du châssis ; elle ressort par les drainages situés en bas.

- Trombe wall installation

Trombe walls have been demonstrated, since the 1970s, as having potential as a low-cost passive solar component for housing but they depend on reliable and simple controls for optimal operation. Within a composite Trombe wall the temperature increases in the air space behind the glazing and in front of the heat store proportional to the extent of solar radiation. This ventilated type of trombe wall is one of the innovative solutions being incorporated into south-facing walls of retrofitted homes at both Outreau and Rushenden. Vents at the lower and upper parts of the insulated wall allow the circulation of warmed air into the room in winter at the top of the trombe wall. A very simple system is being installed to avoid inverse air circulation when the wall is cold. A shutter behind the outer glass pane is closed in summer to avoid overheating. In this way approximately 30 to 40% of incident solar energy can be utilized in winter, and at periods of intermediate temperature - spring and autumn - as a contribution to the space heating load of the rooms served by the device.

- Installation de murs Trombe

Depuis les années 1970, les murs Trombe, composants solaires passifs d'un coût modique, ont démontré qu'ils étaient des solutions d'avenir. Cependant, pour les utiliser de manière optimale, il nécessitent des commandes simples et fiables. Dans un mur Trombe composite, la température augmente dans l'espace situé derrière le vitrage et devant l'accumulateur de chaleur, proportionnellement au rayonnement solaire.

Ce type de mur Trombe ventilé est l'une des solutions innovantes intégrées aux murs exposés au sud des logements rénovés à Outreau et à Rushenden. Des entrées d'air en haut et en bas du mur isolé permettent en hiver la circulation de l'air dans la pièce, par le haut du mur Trombe. Nous avons installé un dispositif très simple évitant une inversion de la circulation de l'air quand le mur est froid.

En été, pour éviter une chaleur excessive, on ferme le volet placé derrière la vitre extérieure. En hiver, ce système permet d'utiliser environ 30 à 40 % d'énergie solaire incidente. Aux saisons intermédiaires, il contribue à chauffer les pièces desservies.

## 5. Validation

The prototype houses on the rue du Biez and rue Braques at Outreau have been intensively monitored for indoor humidity, temperature, and carbon dioxide concentrations. Subsequently all remaining houses on the rue du Biez have been completed and good energy and comfort performance have been recorded. The software developed by Intent Technologies has been installed on 100 tablets that have been issued to, and are being enthusiastically used by, the residents who have been to England to demonstrate their use to the residents at Rushenden.

### 5. Validation

Les logements pilotes de la rue du Biez et de la rue Braque à Outreau ont fait l'objet de contrôles détaillés concernant l'humidité intérieure, la température et les concentrations de gaz carbonique. Par la suite, on a étendu les contrôles à tous les logements de la rue du Biez.

Le logiciel développé par Intent Technologies a été installé sur 100 tablettes numériques, distribuées aux locataires, qui les ont adoptées avec enthousiasme. Lors d'un voyage en Angleterre, ils en ont expliqué le fonctionnement aux habitants de Rushenden.

- Measured performance in houses

Inevitably one finds that monitored data is rather variable, sensors fail, devices go missing, so what we have done is build simulation models, computer models that we are using to help form a complete picture. The models were first validated against one another and related to the energy costs being recorded by the residents, and the room temperatures pre-retrofit. The models were then used to evaluate different building specifications, forecast the reductions in space heating post retrofit, and to investigate the temperatures over the last winter and reports from the building users as to the amounts gas and electricity they are now using.

- Performances mesurées dans les logements

Les données recueillies sont forcément variables : des capteurs tombent en panne, des appareils disparaissent. Pour obtenir un tableau complet, nous avons donc eu recours à des modèles de simulation. Nous avons d'abord validé ces modèles en les comparant entre eux, puis nous les avons liés aux coûts en énergie enregistrés par les locataires et aux températures des logements avant rénovation.

À l'aide des modèles, nous avons ensuite évalué différentes spécifications de construction et établi des prévisions de réduction du chauffage. Ils nous ont aussi servi, après rénovation, à analyser les températures des logements ainsi que les rapports des occupants sur leur consommation en gaz et en électricité.

## **6. Conclusions**

IFORE has tackled one of the difficult issues of our time – how to improve social housing stock, making it more energy resilient, so that energy demand will reduce - as will the necessity for new power stations. It has been a well-focussed investigation, the housing stock in England is amongst the poorest in Europe. Across the Channel the situation is different – the form of buildings, their age and construction, but also in terms of culture and the administration of public housing. So in many ways IFORE has been sufficiently expansive in its aims as to be a good representation of a wide range of European dwellings.

In the course of the project 100 houses have been retrofitted in England and a similar number in France. By monitoring the performance of this relatively large number it has been possible to arrive at a holistic view of the issues that will be involved in country-wide retrofit. Rather than opting for a readily-quantified purely technical solution IFORE has involved the two communities in achieving the best outcomes not just for energy saving and the reduction of fuel poverty but also to improve comfort and living conditions, provide employment, and increase the cohesion of communities.

## **6. Conclusions**

IFORE a permis de surmonter l'une des difficiles questions qui se posent aujourd'hui, celle des moyens à employer pour améliorer notre parc de logements sociaux et le rendre plus économe en énergie de façon à abaisser la demande – et ainsi construire moins de centrales thermiques. Sa cible était bien choisie car le parc immobilier anglais est l'un des moins performants d'Europe pour la consommation d'énergie.

En France, la situation est différente en ce qui concerne la forme, l'âge et le type de construction des logements, mais aussi la culture et la gestion du logement social. À de nombreux égards, IFORE portait sur des aspects suffisamment divers pour être représentatif d'une grande partie de l'habitat européen.

Le projet a donné lieu à la rénovation de 100 logements en Angleterre et autant en France. Le contrôle des performances de ce nombre d'habitations relativement important a fourni une vue globale sur les questions que soulèverait un projet de rénovation à l'échelle d'un pays.

Plutôt que d'opter pour une solution purement technique, facilement quantifiable, IFORE a suscité la participation des deux communautés afin d'aboutir à un maximum de résultats, sous forme non seulement d'économies d'énergie et d'une réduction de la précarité énergétique, mais aussi d'une amélioration du confort et des conditions de vie, de créations d'emplois et d'une plus grande cohésion sociale.

## **Tools derived from the project**

### **1. Predictive device to detect the onset of fuel poverty**

In France a predictive method has been developed from historic figures provided by utility companies for water, electricity and gas consumption, which have been analysed over the last six years' records. Individual households can, by reference to their usage per day, be located within the range which is typical of the community as a whole. Individual households can be compared with their neighbours to show whether or not they fall into a band of consumption representing the normal minimum to maximum levels of consumption. In this way residents can be characterised as falling within one of the groups suggested by sociological research, ranging from careful consumers to those homes using more than would seem necessary. In this way help or advice can be offered to offset costs and to identify those who are in danger of falling into fuel poverty.

The system is not just concerned with quantitative issues such as the costs of retrofit and energy but also qualitative ones such as levels of comfort, and sensitivity to issues with families and individual relationships within the community. The analysis can suggest different levels of engagement on the one hand through use of the PC tablets given to residents to make a record of their energy and water consumption. But also in some cases special help can be provided, by the proximity teams from the housing association, to either engage households in group training or social and technical activities, or alternative methods of help can be arranged. This has resulted in changing roles within the housing association itself, caretakers now have a new task as 'green ambassador', empowering the tenants through organized community approaches and through the provision of energy saving tools, to instil competence in energy-saving and management.

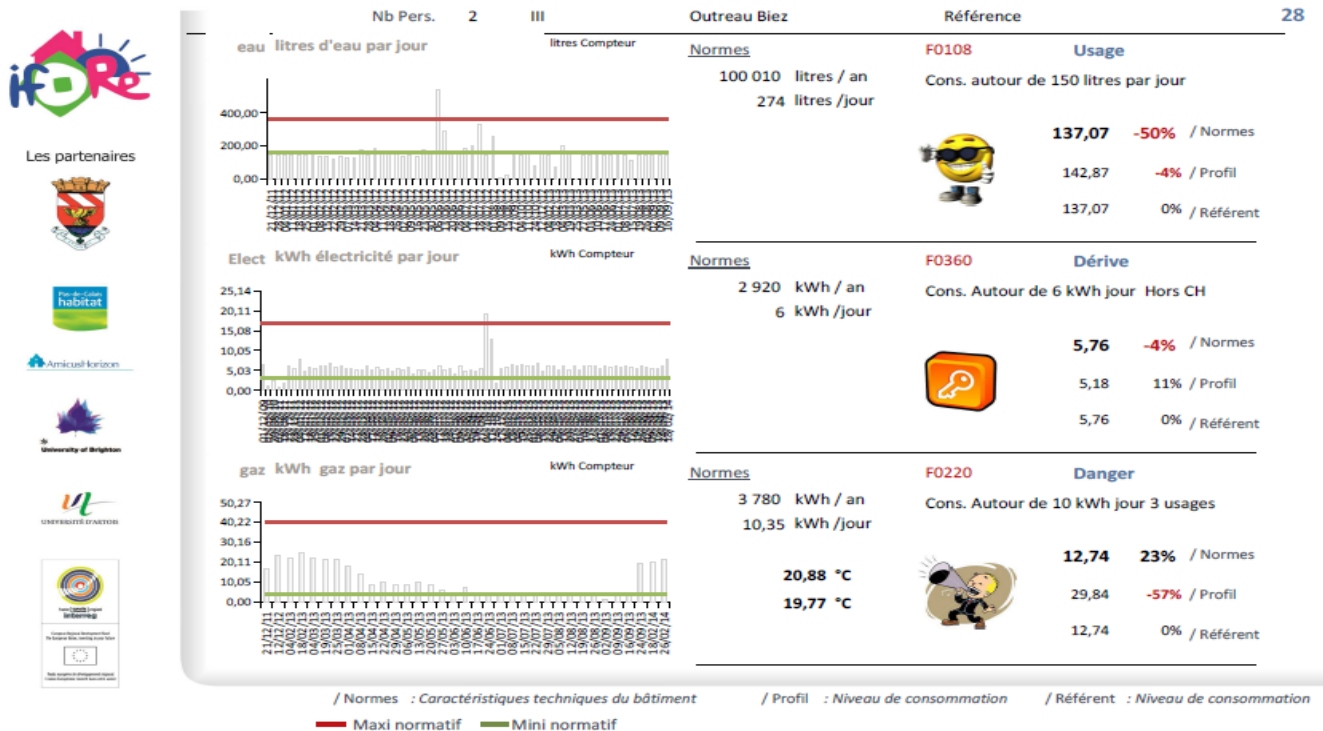
## **Outils dérivés du projet**

### **1. Dispositif prédictif de la précarité énergétique**

En France, une méthode a été mise au point à partir de l'analyse sur les six dernières années d'un historique procuré par les fournisseurs d'eau, d'électricité et de gaz. Elle permet de situer un foyer en fonction de sa consommation quotidienne, comparée à celle des autres locataires dans leur ensemble et à celle de ses voisins en particulier. On détermine ainsi s'il entre dans la fourchette de consommation normale.

De cette façon, on classe les locataires dans l'un des groupes établis par les sociologues, des consommateurs les plus scrupuleux à ceux qui gaspillent. On propose alors de l'aide ou des conseils pour réduire les dépenses et identifier les foyers risquant de tomber dans la précarité énergétique.

Ce dispositif s'applique à des aspects non seulement quantitatifs, comme le coût des rénovations et de l'énergie, mais aussi qualitatifs, comme le niveau de confort ou la sensibilité des habitants aux questions familiales ou individuelles. L'analyse peut définir différents degrés d'implication, comme par exemple lorsque les locataires se voient confier une tablette numérique sur laquelle enregistrer leur consommation en eau et en énergie.



## 2. Quantifying the benefits of the Green Doctor

- UK Carbon reduction target

The UK Climate Change Act commits the country to an 80% reduction in carbon emissions. In relation to housing it is usually thought that about 60% can be achieved by conventional building works – insulation, air tightening, and better boilers. The remaining 20% is increasingly difficult to achieve just using technology. Panels on roofs – PV or solar thermal – can make a contribution particularly in the case of PV since electricity is so carbon intensive. But the big

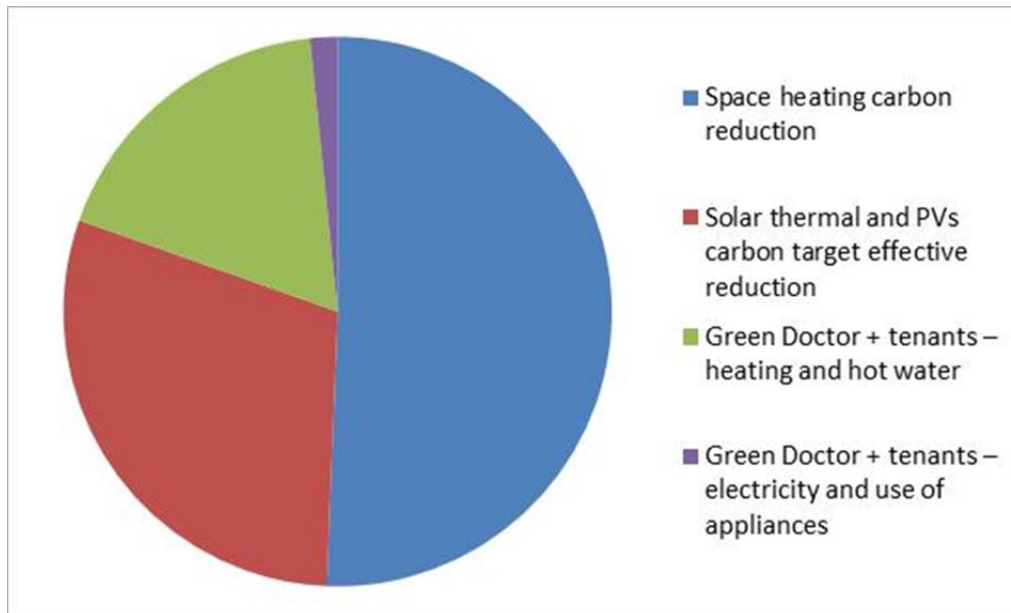


contributor, and the aspect that is little understood, is the relationship of people to their houses. The way in which people live makes a huge difference to the way in which houses perform.

The UK government sponsored the Retrofit for the Future Competition, the results for which were recently published, showed that using a variety of advanced technologies, out of the 80 or so houses that were retrofitted (at 10 times the amount of available funding per house that was available for Rushenden) only 3 managed an 80% reduction.

- Prediction based on the outcome of the models

We started by following the Retrofit for the Future guidelines and plotted the retrofit through SAP and using the Passivhaus software PHPP which gives carbon figures in relation to both gas and electricity. This is based on an indoor temperature of 21 degrees, not surprisingly the larger, leakier houses were operating at lower temperatures. Assuming an averaged indoor temperature of 18.5 degrees which is closer to the reality of under-heated houses in Rushenden, the predicted % reductions in heating load range from 37% to 54%, a function of the restricted budget at Rushenden (it wasn't possible to insulate ground floors for example). We have constructed a simple spreadsheet tool to predict the overall savings with the addition of renewables and the Green Doctor, which could be between 57% and 63%.



- Enhanced performance due to behaviour and renewables

The spreadsheet model can gauge the contribution that might be made by residents' behaviour change and the impact of the Green Doctor. To some extent this has been based on notional figures, the manufacturers' optimistic performance of PV and thermal solar panels, and figures from the sociological survey for residents' behaviour - firstly reducing heating and hot water consumption (turning down temperatures using showers, not baths etc). But also electricity, not leaving TVs on standby etc, one can envisage a total carbon reduction of around 60% with about 80% of the reduction being due to the retrofit and 20% due to the Green Doctor.

Shown here is that as a result of the retrofit, and then the work of the Green Doctor, overall carbon drops and the total reduction increases. The carbon reduction achieved is as good as that managed by 50% of the Retrofit for the Future contestants at 10% of the budget, which implies, for social housing at least, that retrofit projects absolutely need the participation of a Green Doctor.

## **2. Quantification de l'utilité du Green Doctor**

Réduction des émissions de carbone au Royaume-Uni

*Par la loi sur le changement climatique (Climate Change Act), le Royaume-Uni s'est engagé à réduire de 80 % ses émissions de CO<sub>2</sub>. Pour celles produites par les habitations, on considère que les modifications traditionnelles : isolation, étanchéité à l'air et installation de chaudières plus performantes peuvent procurer une réduction d'environ 60 %. Les 20 % restants sont difficiles à atteindre par des moyens uniquement techniques. Les panneaux posés sur les toits (photovoltaïques ou solaires thermiques) sont utiles, en particulier les panneaux photovoltaïques, étant donné que l'électricité engendre de fortes émissions. Mais le facteur le plus efficace – et pourtant méconnu – réside dans le rapport des occupants à leur logement. Le mode de vie influe énormément sur les performances de l'habitation.*

*Le gouvernement britannique a soutenu le concours Retrofit for the Future, dont les résultats ont été récemment publiés. Ceux-ci montrent que sur environ 80 logements rénovés, au moyen de techniques de pointe variées (pour un coût par logement 10 fois supérieur au budget disponible à Rushenden), seuls 3 sont parvenus à une réduction de 80 %.*

Prévisions fondées sur le résultat des modélisations

Au début, nous avons suivi les lignes directrices du concours *Retrofit for the Future*. Nous avons établi notre plan à l'aide de SAP et du logiciel PHPP de Passivhaus, qui donne des mesures d'émissions de CO<sub>2</sub> pour le gaz et l'électricité. On se fonde pour cela sur une température intérieure de 21 degrés. Comme on pouvait s'y attendre, les logements les plus grands et les moins étanches étaient les moins bien chauffés.

Partant de l'hypothèse d'une température moyenne de 18,5 degrés, plus proche de la réalité des logements mal chauffés de Rushenden, le pourcentage envisageable de réduction de la charge de chauffage se situe entre 37 et 54 %, à cause du budget limité disponible à Rushenden (qui n'a

pas permis d'isoler les sols, par exemple). Nous avons élaboré un outil simple, sur tableur, pour établir des prévisions globales sur les économies possibles qui, lorsqu'on ajoutait les énergies renouvelables et le Green Doctor, pouvaient atteindre 57 à 63 %.

Le modèle sur tableur sert à évaluer la contribution qui résulterait d'un changement de comportement des locataires, ainsi que l'impact du Green Doctor. Il se fonde dans une certaine mesure sur des valeurs hypothétiques, sur les performances optimistes du fabricant de panneaux photovoltaïques et solaires thermiques, et sur les chiffres issus de l'enquête sociologique sur le comportement des locataires, qui réduisent au départ leur consommation de chauffage et d'eau chaude (en prenant des douches plutôt que des bains, nécessitant une eau plus chaude).

Mais aussi l'électricité (en ne laissant pas le téléviseur en veille, etc.). On peut alors envisager une réduction totale de 60 % des émissions de CO<sub>2</sub>, dont 80 % résultant de la rénovation et 20 % de l'action du Green Doctor.

Ce schéma indique qu'à la suite de la rénovation, puis du travail du Green Doctor, les émissions de CO<sub>2</sub> chutent et que le pourcentage de réduction s'accroît. La réduction des émissions est de niveau égal à celle obtenue par 50 % des candidats au concours *Retrofit for the Future* et ce, pour un budget 10 fois moins élevé. Cela signifie, au moins pour ce qui concerne le logement social, que le Green Doctor est indispensable à un projet de rénovation.