



Interreg



France (Channel Manche) England

**LIVRABLE ICE L3.4.1
EVALUATION DES
PERFORMANCES**

DECEMBRE 2021



ICE Livrable L3.4.1

Evaluation des performances

Auteurs

Gwendal Vonk ^a
Hélène Vente ^a
Xin Li ^b
Alexis Ioannidis ^b
Phedeas Stephanides ^b
Konstantinos J. Chalvatzis ^b

^a Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement du Finistère (SDEF), 9 All. Sully, 29000 Quimper, France

^b Norwich Business School, University of East Anglia, Norwich, NR4 7TJ, UK

Contact :

Gwendal Vonk

Mission Officer in Energy

Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement du Finistère (SDEF), 9 All. Sully, 29000 Quimper, France

Email: gwendal.vonk@sdef.fr

Tel.: +33 (0) 298103636

Format de citation recommandé :

Vonk, G., Vente, H., Li, X., Ioannidis, A., Stephanides, P., Chalvatzis, K. J., 2021. Assessment of the Performances (ICE report T3.4.1), Intelligent Community Energy. <https://www.ice-interreg.eu/public-deliverables>



Rapport ICE L3.4.1

Evaluation des performances

Syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère, Keynergie, Association des Iles du Ponant, Université de Plymouth, Université d'Exeter, Université d'East Anglia, Pôle Mer Bretagne Atlantique, Technopôle Brest Iroise





A propos de ICE

Soutenu par le programme Interreg VA France (Manche) Angleterre, le projet Intelligent Community Energy (ICE) a pour objectif de dessiner et appliquer des solutions innovantes d'énergie intelligente pour les territoires isolés de la Manche. Les îles et les territoires périphériques font face à des challenges énergétiques spécifiques. De nombreuses îles ne sont pas connectées aux réseaux électriques européens et sont dépendantes d'énergies fossiles importées, notamment de générateurs thermiques au fuel. Les systèmes énergétiques dont ils dépendent ont tendance à être moins fiables, plus chers et émettent plus de gaz à effet de serre que sur le réseau continental européen.

En réponse à ces problèmes, le projet ICE considère le cycle entier de l'énergie, de la production à la consommation, et intègre des technologies matures ou nouvelles pour développer des solutions énergétiques innovantes. Ces solutions seront expérimentées et testées sur deux sites pilotes de démonstration (l'île d'Ouessant et le campus de l'Université d'East Anglia), pour prouver leur faisabilité et développer une méthode générale reproductible pour d'autres systèmes énergétiques intelligents isolés ailleurs. Pour transférer cette méthodologie à d'autres territoires isolés, ICE proposera une offre commerciale globale de transition bas carbone. Cela comprendra une évaluation complète des ressources et des conditions énergétiques locales, une proposition de modèle sur mesure pour la transition énergétique et un ensemble de compétences et de technologies bas carbone disponibles dans un consortium d'entreprises sélectionnées. Ce consortium certifié ICE fera la promotion de cette offre auprès d'autres territoires isolés dans et hors de la zone Manche (5 territoires dans un premier temps). Le partenariat ICE réunit des chercheurs et des organismes de soutien aux PME et bénéficie d'une complémentarité France–RU en termes de connaissances et de développement technologique et commercial.

L'implication de PME locales et européennes contribuera à renforcer la compétitivité et la coopération transnationale.



Table des matières

Rapport ICE L3.4.1	3
Evaluation des performances	3
1. Introduction.....	7
2. Analyses des résultats d'expérimentations.....	8
2.1. Infrastructures d'objets connectés.....	8
2.1.1. Les capteurs dans les bâtiments publics à Ouessant	8
2.1.2. Le pilotage du chauffage électrique à Ouessant	11
2.1.3. L'information du consommateur : Consomm'acteur.....	19
2.2. Utilisation de solutions techniques : un compromis à atteindre pour une bonne acceptabilité et utilisation.....	32
2.2.1. Ouessant.....	33
2.2.2. UEA.....	34



1. Introduction

Ce document présente les résultats expérimentaux des solutions techniques de système énergétique intelligent (smartgrid) retenues et déployées sur l'île d'Ouessant, dans le cadre du projet européen ICE du programme Interreg France-Manche-Angleterre.

Ce document présente les résultats de l'infrastructure d'objets connectés avec premièrement, les résultats des capteurs remontant les informations au niveau de la consommation de l'énergie, puis les résultats des expériences faisant le lien entre production et consommation d'énergie avec le pilotage des radiateurs électrique, puis le déploiement d'objets informatifs pour les consommateurs.

Nous ne présentons pas dans ce document les expérimentations relatives à l'hydrolienne ainsi que les données relatives au management de l'énergie. Concernant l'hydrolienne, des problèmes techniques n'ont pas permis d'accumuler suffisamment de données pour permettre une analyse complète et pertinente. Pour ce qui est du management de l'énergie, cette partie est prise en charge par EDF, l'opérateur unique de Ouessant, et les données de performances n'ont pas pu être transmises.



2. Analyses des résultats d'expérimentations

2.1. Infrastructures d'objets connectés

Dans cette section nous présentons les résultats de l'infrastructure des objets connectés. Nous commençons d'abord par présenter les données recueillies par les capteurs dans les bâtiments publics et le rendu du traitement de données et de l'affichage sur la plateforme en ligne. Nous présentons ensuite la solution de pilotage des radiateurs. Enfin, nous présentons l'expérimentation des objets connectés informatiques distribués aux habitants.

2.1.1. Les capteurs dans les bâtiments publics à Ouessant

Nous présentons dans cette partie les données issues des capteurs installés dans les bâtiments publics. En résumé, les capteurs installés se décomposent en deux familles : le sous-comptage électrique et les mesures d'ambiance. Le type de données pour chaque bâtiment est donc très similaires et nous présentons ci-dessous les données de la Bibliothèque comme exemple.

La première gamme de capteurs installés permet de mesurer l'électricité consommée, par le bâtiment en entier ou en effectuant du sous-comptage spécifique sur le chauffage, l'éclairage, les prises...

Le relevé de consommation électrique se présente sous forme de graphique avec en abscisses le temps, et en ordonnées l'énergie électrique consommée, exprimée en kilowattheure (figure ci-dessous).

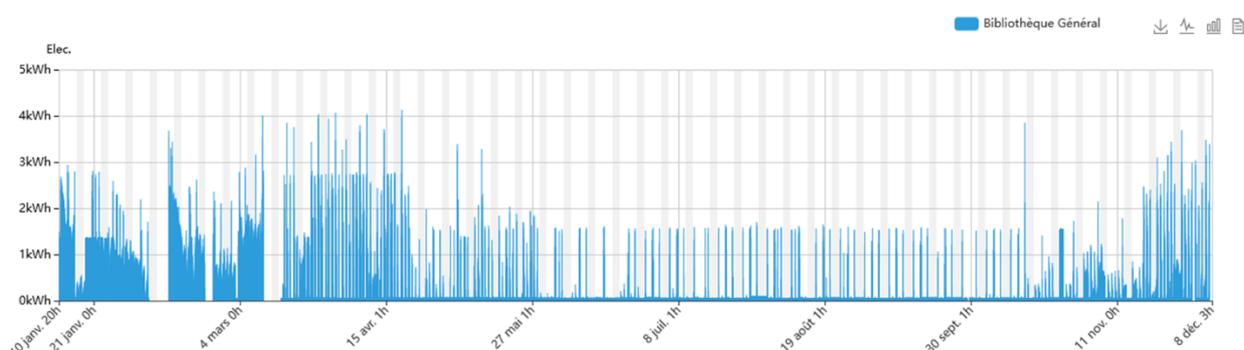


Figure 1 : Relevé de consommation électrique à la Bibliothèque - Janvier 2021 à Décembre 2021

Il est possible d'ajouter sur un même graphique différents sous-comptage électrique, afin d'identifier quels équipements sont responsables de la consommation énergétique. Dans l'exemple de la figure ci-dessous, on a représenté la consommation électrique total (bleu), puis ajouté les consommations des chauffages électriques (vert et gris), et enfin ajouté la consommation de l'éclairage. On constate qu'en hiver, les chauffages électriques représentent la principale source de consommation électrique. Par contre en été, l'éclairage représente une bonne partie de la consommation. On devine aussi un talon de consommation l'été, qui est de l'ordre de 60-70 Wh à chaque heure, soit une puissance de 60-70W. Cela pourrait correspondre à un ordinateur en veille.



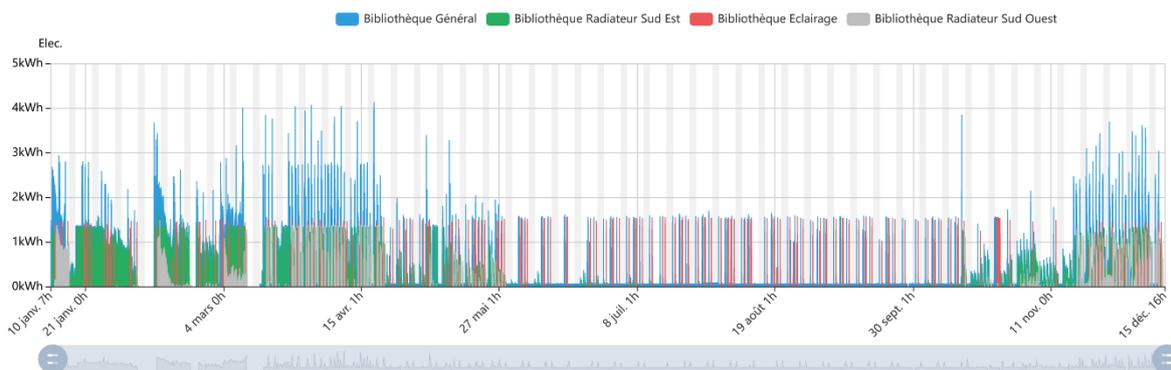


Figure 2 : Sous-comptage électrique à la Bibliothèque - total (bleu), radiateurs (vert et gris), et éclairage

En plus des capteurs de sous-consommation électrique, des capteurs d'ambiance ont aussi été installés. Ces capteurs mesurent la température ambiante, la luminosité, l'humidité et l'activité de la pièce dans laquelle ils sont installés. Certains capteurs peuvent aussi mesurer le taux de CO₂. En plus de ces données mesurées sur place et transmises par onde radio en LoRaWan, nous avons ajouté à la supervision l'information de la température extérieure, qui est récupérée par API sur un site météorologique pour le lieu considéré (ici Ouessant).

Avec l'exemple de la Bibliothèque (figure ci-dessous), cela permet d'analyser la variation de température dans le bâtiment (bleu), et en fonction de la température extérieure (rose). La donnée de l'activité (rouge) consiste à mesurer le temps d'activation du capteur lorsqu'il y a du mouvement dans la pièce.

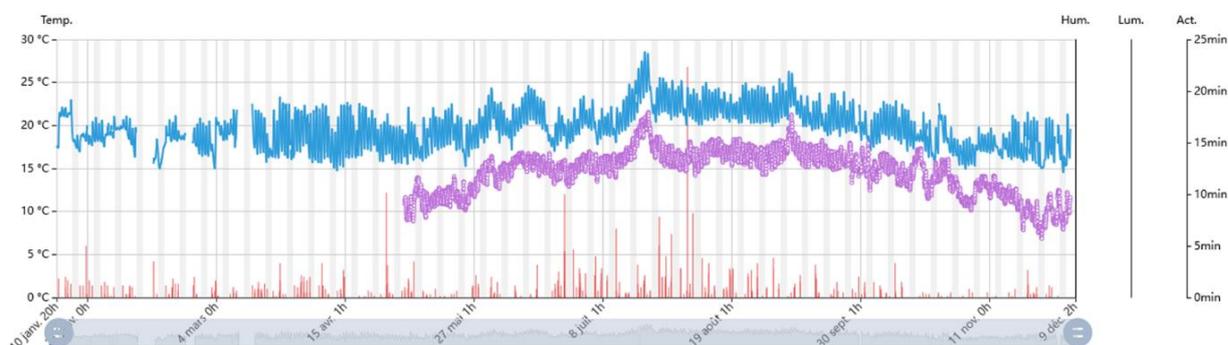


Figure 3 : Relevé de température à la Bibliothèque (bleu), extérieure (rose), et activité (barres rouges)

Le couplage des données énergétiques et des données d'ambiance permet des analyses plus fines, notamment sur l'utilisation d'un bâtiment et l'adéquation entre des consommations énergétique et l'utilisation du bâtiment. Par exemple avec la Bibliothèque, nous avons représenté sur la figure ci-dessous pour une période du 12 février au 21 février 2021 la consommation électrique et la température ambiante ainsi que l'activité mesurée dans la salle. On peut mettre en évidence que le chauffage (bleu) est activé en continu avec en résultat une température (verte) quasi constante. En parallèle, les données d'activité (rouge) montrent que la salle n'a été occupée que ponctuellement sur la période. En conséquence, on peut donc identifier que dans ce bâtiment le chauffage n'était pas réglé et que des économies d'énergies sont possible. Ce bâtiment en particulier fait partie de ceux équipé d'une solution de pilotage de chauffage, présentée au point suivant.



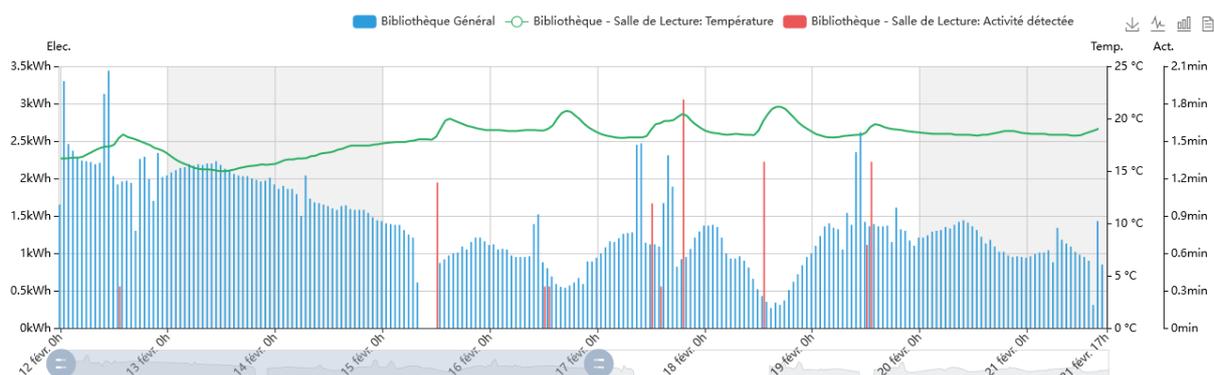


Figure 4 : Bibliothèque - Relevé de consommation électrique (bleu), température (vert) et activité (rouge) - Mise en évidence de chauffage lorsque le bâtiment est inoccupé

La plateforme en ligne permet d'analyser l'ensemble des données collectées et de les afficher sous forme de graphique. En renseignant pour chaque bâtiment les données de température confort et réduit ainsi que le planning d'occupation, la plateforme produit une analyse sur la base des températures mesurées et estime ainsi le potentiel d'économie d'énergie en période ouvrée et en période non-ouvrée. Cela permet ainsi un gain de temps et permet d'identifier les bâtiments où une action prioritaire sera à mettre en œuvre.

EHPAD Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	9%	d'économie potentielle en heures ouvrées	36%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Salle Polyvalente Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	4%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Mairie Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	2%	d'économie potentielle en heures ouvrées	17%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Aérogare Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	2%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Algues et mer Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	13%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Auberge de Jeunesse Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	100%	toujours en dessous des seuils
Bibliothèque Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	11%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Club des Anciens Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	12%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Cantine Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	100%	toujours en dessous des seuils	2%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Ecole Publique Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	1%	d'économie potentielle en heures ouvrées	15%	d'économie potentielle en heures non ouvrées
Maison Médicale Période de chauffe du 2 novembre 2020 au 15 avril 2021	2%	d'économie potentielle en heures ouvrées	5%	d'économie potentielle en heures non ouvrées

Figure 5 : Analyse du potentiel d'économie d'énergie pour les bâtiments, sur la base des températures mesurées. Les économies potentielles semblent plus importantes en période non-ouvrée

Cette infrastructure de capteurs permet de collecter une grande quantité de données, sur des périodes longues, ce qui permet des analyses croisées entre énergie et confort dans les bâtiments. La plateforme réalise des analyses automatisées mais il n'y a pas d'action directe sur les consommations. C'est pourquoi nous avons travaillé sur une solution de pilotage des chauffages qui permet d'agir directement sur la consommation.



2.1.2. Le pilotage du chauffage électrique à Ouessant

L'installation s'est déroulée de Mars à Avril 2021, en période de présence de COVID-19 en France, avec de plus un 3^{ème} confinement qui a commencé le 1^{er} Avril 2021. Cela n'a pas empêché la bonne installation des équipements, par contre les bâtiments étaient moins occupés (Cantine et Bibliothèque) voire même jamais occupé durant la période d'expérimentation (Club des Anciens).

2.1.2.1. Comparaison des résultats Mars-Avril 2021 avec les périodes antérieures

L'analyse de l'impact de l'expérimentation de pilotage repose sur la comparaison du chauffage dans les bâtiments publics pour deux périodes : avant et après installation. La période avant installation couvre l'année 2019 et jusqu'au mois de Novembre 2020. La période après installation couvre la période de Mars à Avril 2021.

La comparaison de la consommation du chauffage se fait par périodes de 7 jours continus, en comparant une à une des périodes qui ont les évolutions de température les plus proches de celles observées pendant la période pilotée (Tableau 1 et Figure 6). Sur la Figure 6, le relevé des températures extérieures moyennes est reporté en bleu. La ligne verte est construite à partir de plusieurs périodes de 7 jours avant installation. Au total, 46 périodes de 7 jours avant installation ont été identifiées pour construire la base de comparaison.

Dans l'ensemble, la courbe de référence (verte) suit bien la courbe après installation. On remarque tout de même une période de 4 jours où il a fait particulièrement chaud fin Mars 2021-début Avril 2021 (courbe bleue).

La zone vert clair autour de la ligne verte représente l'écart type de la température moyenne extérieure des périodes retenues.

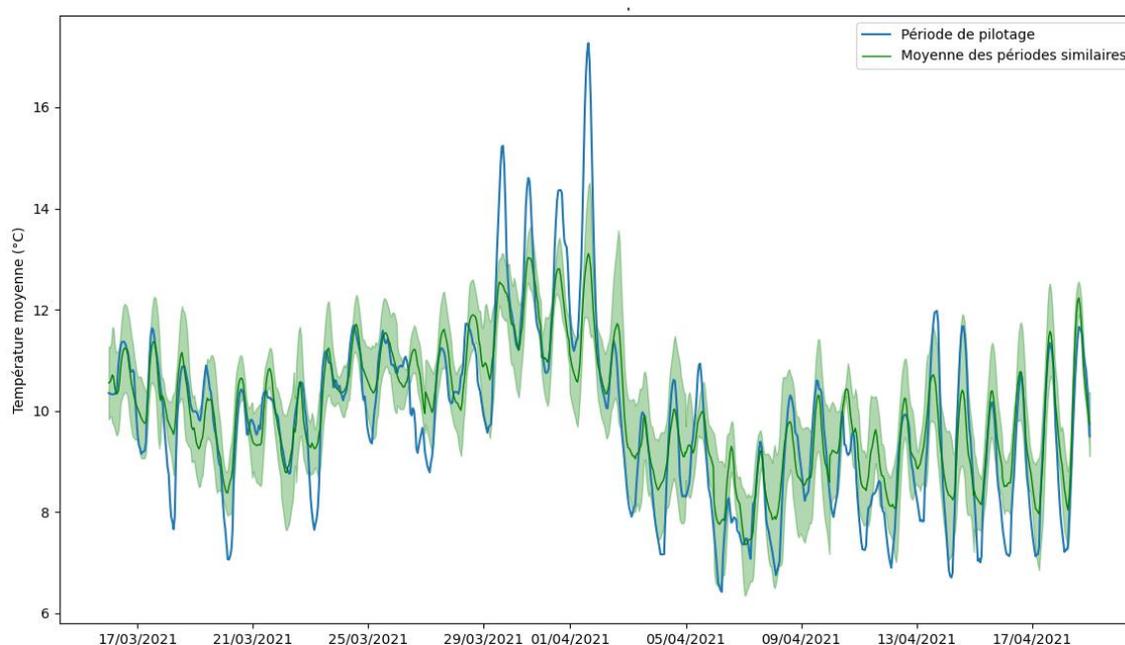


Figure 6 : Profil de température extérieure moyenne pour la période de pilotage (bleu) et les moyennes des périodes similaires de 2019-2020 (vert)



Tableau 1 : Date de début des périodes de 7 Jours issues de la période de référence (2019-2020) similaires retenues pour la comparaison avec la période de pilotage (Mars-Avril 2021)

22/03/2019	05/04/2019	29/04/2019	17/01/2020	04/04/2019
08/02/2019	16/11/2019	14/03/2019	02/04/2019	25/03/2019
11/11/2019	13/11/2019	22/02/2020	18/01/2020	26/03/2019
17/02/2020	11/03/2019	02/04/2019	01/03/2020	12/02/2019
14/01/2019	04/05/2019	21/01/2020	09/02/2019	10/04/2019
21/03/2019	26/04/2019	19/01/2019	24/03/2019	03/05/2019
29/12/2019	25/04/2019	22/01/2020	16/01/2019	
13/02/2019	05/05/2019	01/03/2020	03/04/2019	
05/04/2019	03/05/2019	30/03/2019	21/11/2019	
16/11/2019	21/11/2019	26/12/2019	31/03/2019	

2.1.2.2. Résultats globaux de l'expérimentation à la Mairie et la Bibliothèque

Sur la période de Mars à Avril 2021, l'expérimentation de pilotage des radiateurs électriques a permis de réduire la consommation électrique de la Bibliothèque de l'ordre de 38%, faisant passer la consommation moyenne journalière de 25,8 kWh/j à 16 kWh/j. Pour la Mairie, l'expérimentation semble avoir légèrement augmenté la consommation électrique, de l'ordre de 12%. Nous présentons au point suivant les analyses détaillées pour ces deux bâtiments, et nous montrons que cette hausse de consommation s'explique par un meilleur service.

Tableau 2 : Consommation électrique avant et après pilotage pour la Mairie et la Bibliothèque

Bâtiment	Consommation journalière moyenne non pilotée (kWh)	Consommation journalière moyenne pilotée (kWh)	Evolution	Commentaire
Mairie	75,5	84,7	+12%	Écart qui pourrait ne pas être significatif car écart-type important et impact ponctuel de températures élevées
Bibliothèque	25,8	16,0	-38%	Écart significatif



2.1.2.3. Analyse sur la consommation : validation de la solution technique

Mairie

Pour la Mairie, le pilotage des radiateurs électriques a été mis en service opérationnel à partir du 26/03/21. La mise en service s'est faite plus tard, en raison d'une intervention supplémentaire à réaliser (installation d'une 2nde antenne locale de pilotage pour couvrir l'ensemble des radiateurs du bâtiment).

Le profil de consommation électrique de la Mairie est représenté sur la figure ci-dessous. Une fois le pilotage en fonctionnement, il est clairement visible que la consommation d'électricité est resserrée sur la période d'occupation du bâtiment. De plus, la nuit, la consommation résiduelle est très faible (jaune clair), voire nulle (blanc).

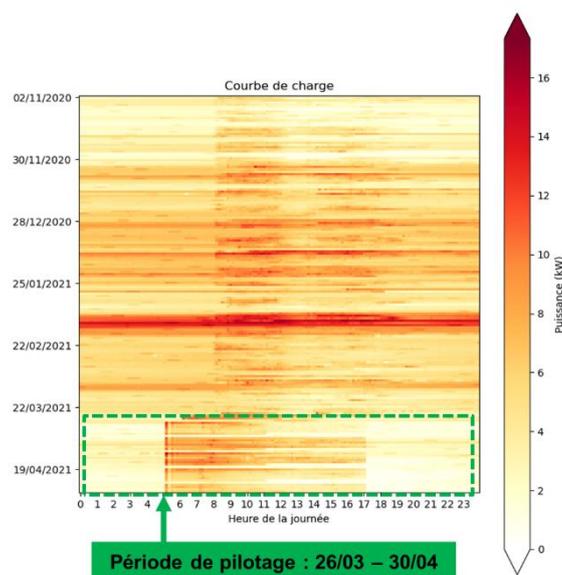


Figure 7 : Profil de consommation électrique à la Mairie, après pilotage - Puissance appelée en kW

La figure ci-dessous représente la consommation électrique journalière en fonction de la température moyenne extérieure. Les données de référence de toutes la période 2019-2020 sont représentées en vert. Les données de référence sélectionnée pour la comparaison (journées des 46 périodes du Tableau 1) sont représentées en bleu. Les données de consommation avec pilotage sont représentées en rouge.



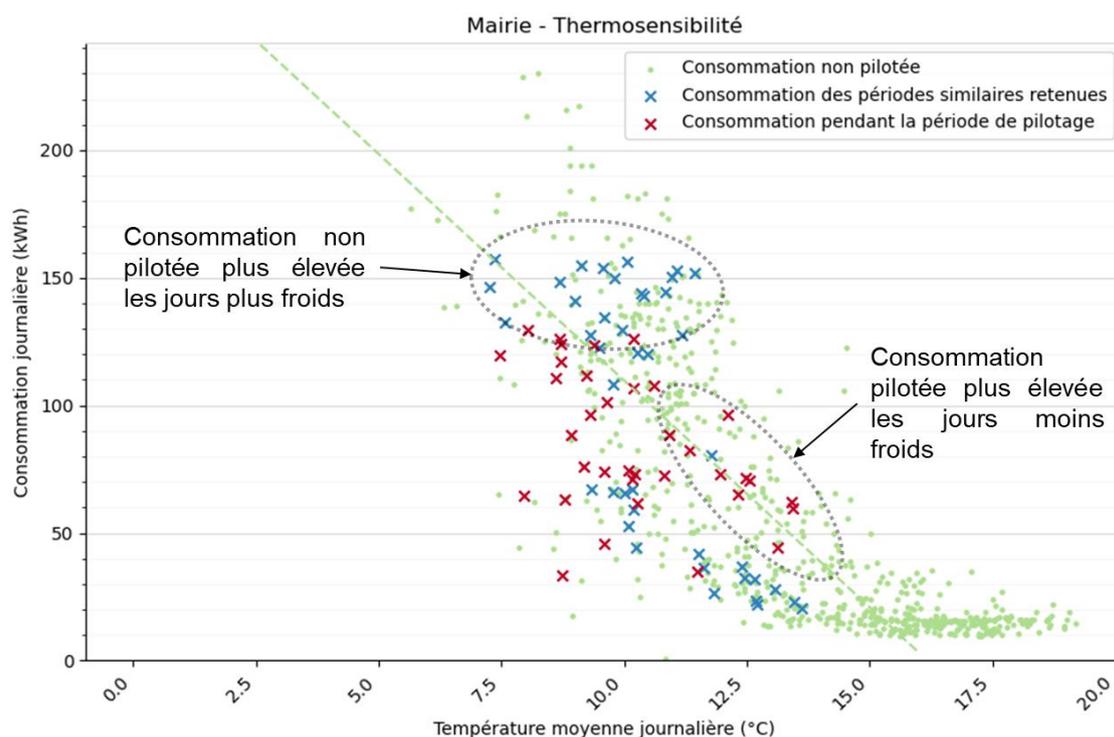


Figure 8 : Analyse de thermosensibilité pour la Mairie, après pilotage - Consommation journalière en fonction de la température extérieure journalière moyenne

Lors des jours froids (Température moyenne extérieur inférieure à 10°C), le pilotage permet de réduire la consommation électrique par rapport aux périodes non pilotées. Plus précisément la consommation ne dépasse pas 130 kWh/jour, alors que les périodes non pilotées similaires montrent des consommations allant jusqu'à 160 kWh/jour.

Lors des jours moins froids (Température moyenne extérieur inférieure entre 11 et 13°C), les données montrent une consommation plus élevée avec pilotage.

Au-delà de l'aspect énergétique, il est aussi important de s'intéresser au service rendu par le chauffage, c'est-à-dire le confort thermique dans le bâtiment. Comme montré mis en évidence sur la figure ci-dessous, avant pilotage la température rencontrée le matin dans les locaux pouvait être relativement faible (17°C) car le chauffage pouvait être éteint, et seulement allumé à l'arrivée du personnel, dont il en résulte une période d'inconfort le temps que les radiateurs fassent remonter la température. On constate aussi un pic de température à 21°C, qui pourrait être le résultat du chauffage resté allumé toute la nuit, et donc une consommation énergétique importante.



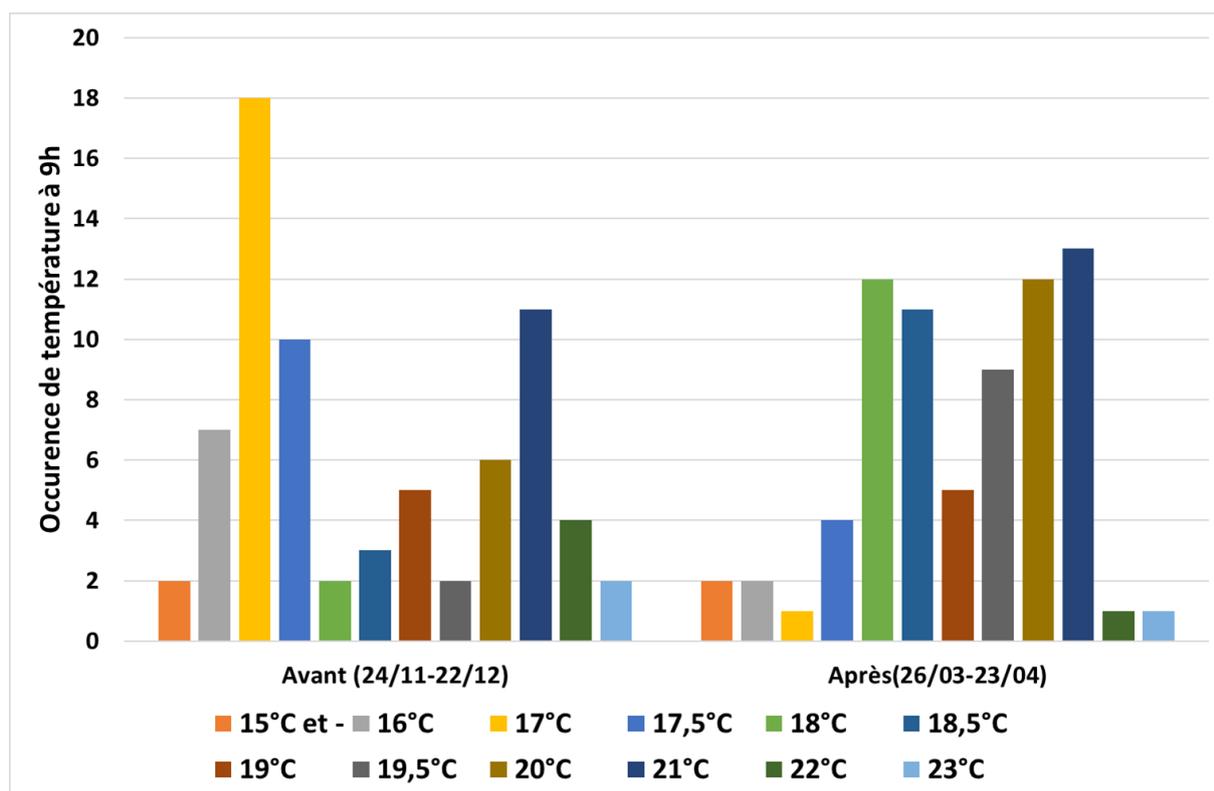


Figure 9 : Distribution de température à l'accueil de la Mairie à 9h du matin, avant et après pilotage des chauffages

Avec le pilotage, la température à 9h se situe très majoritairement entre 18°C et 21°C. Le pilotage permet d'harmoniser la température dans les locaux autour de la température de consigne (20°C), et d'assurer une faible variation d'un jour à l'autre. Avec le pilotage, on assure une température de confort pour le début de la journée de travail, ce qui implique une consommation en amont pour atteindre la température souhaitée. En comparaison avec la période sans pilotage, cela représente une surconsommation énergétique mais liée à une amélioration de confort pour les usagers.

En conclusion pour les résultats de la Mairie, en ne regardant que l'aspect énergétique, la solution de pilotage peut augmenter les consommations pour les périodes intermédiaires (printemps et automne), mais elle assure un confort pour les usagers. Avec des jours plus froids, la solution semble bien réduire significativement les consommations électriques et être donc efficace les jours d'hiver, cependant ce dernier point doit être vérifié et validé par une collecte de données sur un hiver complet.



Bibliothèque

Pour la bibliothèque, le pilotage des radiateurs électriques a été mis en service opérationnel à partir du 16/03/21.

Le profil de consommation électrique de la bibliothèque est représenté sur la figure ci-dessous. Une fois le pilotage en fonctionnement, il est clairement visible que la consommation d'électricité est resserrée sur la période d'occupation du bâtiment. De plus, la nuit, la consommation résiduelle quasi nulle (blanc). On constate pour quelques jours une faible consommation le matin qui correspond au chauffage réduit pour maintenir une température minimum de 15°C dans le bâtiment, lorsqu'il est inoccupé.

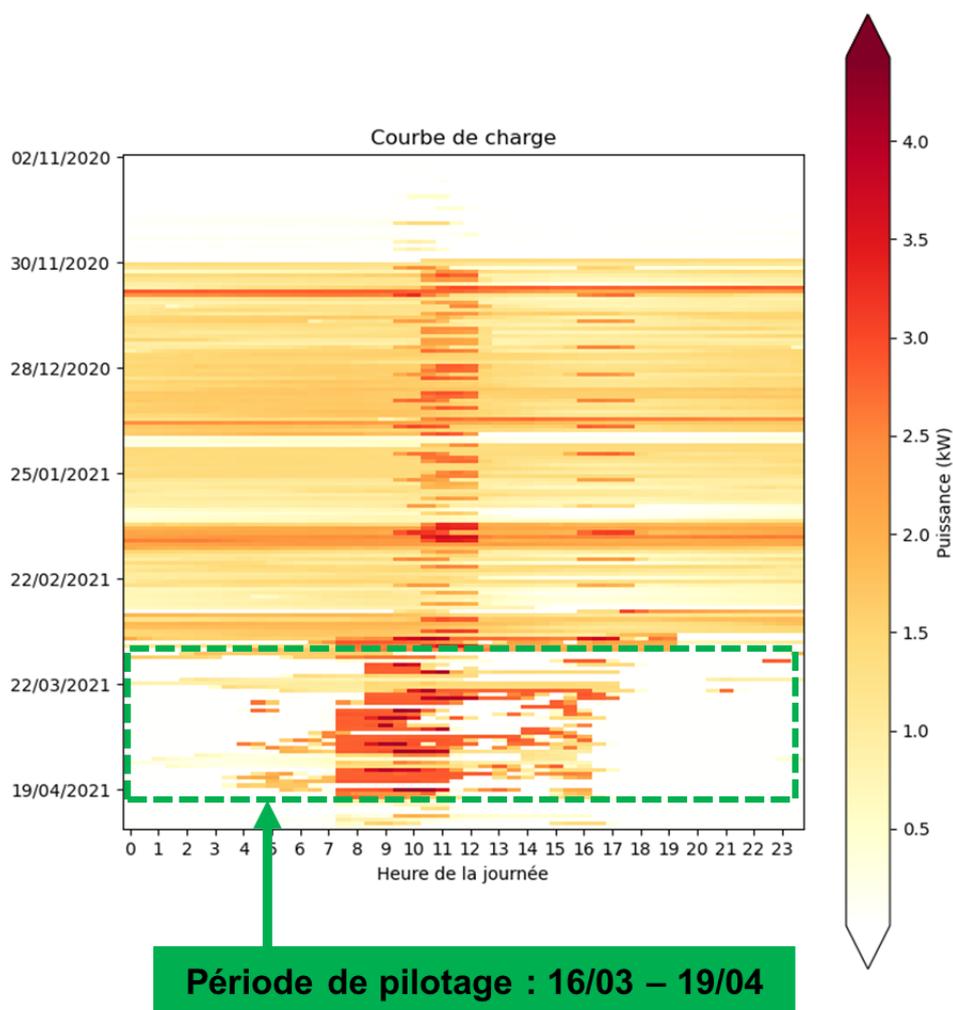


Figure 10 : Profil de consommation électrique à la Bibliothèque, après pilotage - Puissance appelée en kW



La figure ci-dessous représente la consommation électrique journalière en fonction de la température moyenne extérieure. Les données de référence de toutes la période 2019-2020 sont représentées en vert. Les données de référence sélectionnée pour la comparaison (journées des 46 périodes du Tableau 1) sont représentées en bleu. Les données de consommation avec pilotage sont représentées en rouge.

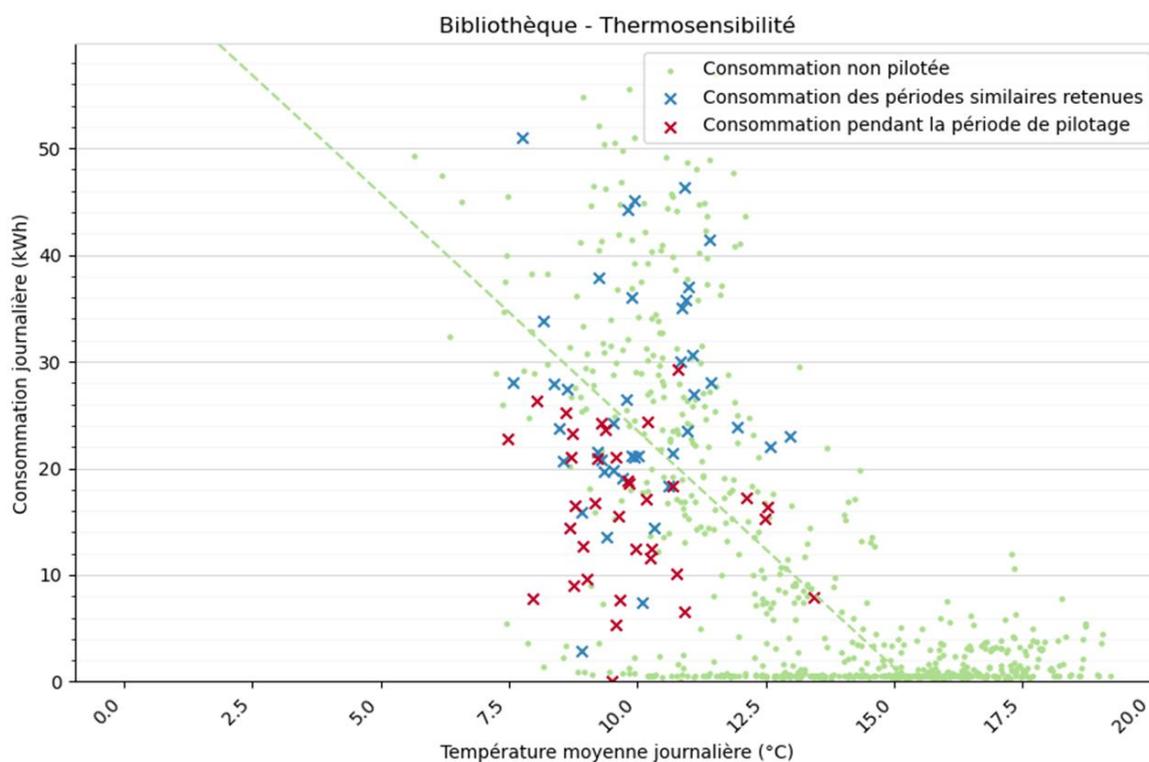


Figure 11 : Analyse de thermosensibilité pour la Bibliothèque, après pilotage - Consommation journalière en fonction de la température extérieure journalière moyenne

Les jours de consommation avec pilotage des radiateurs (rouge) sont nettement plus regroupés et montrent des consommations énergétiques plus faible que les jours de référence avant pilotage (bleu). La consommation journalière maximum rencontrée avec pilotage est de l'ordre de 30 kWh/j alors que pour la période de référence avant pilotage, plusieurs jours ont montré des consommations supérieures à 45 kWh/j et jusque 50 kWh/j.

L'analyse de consommation journalière en fonction de la température moyenne extérieure montre que la solution de pilotage permet de réduire significativement la consommation de la Bibliothèque.

Les relevés de température du capteur connecté de la librairie avant (bleu) et après (orange) pilotage sont reportés sur la figure ci-dessous.



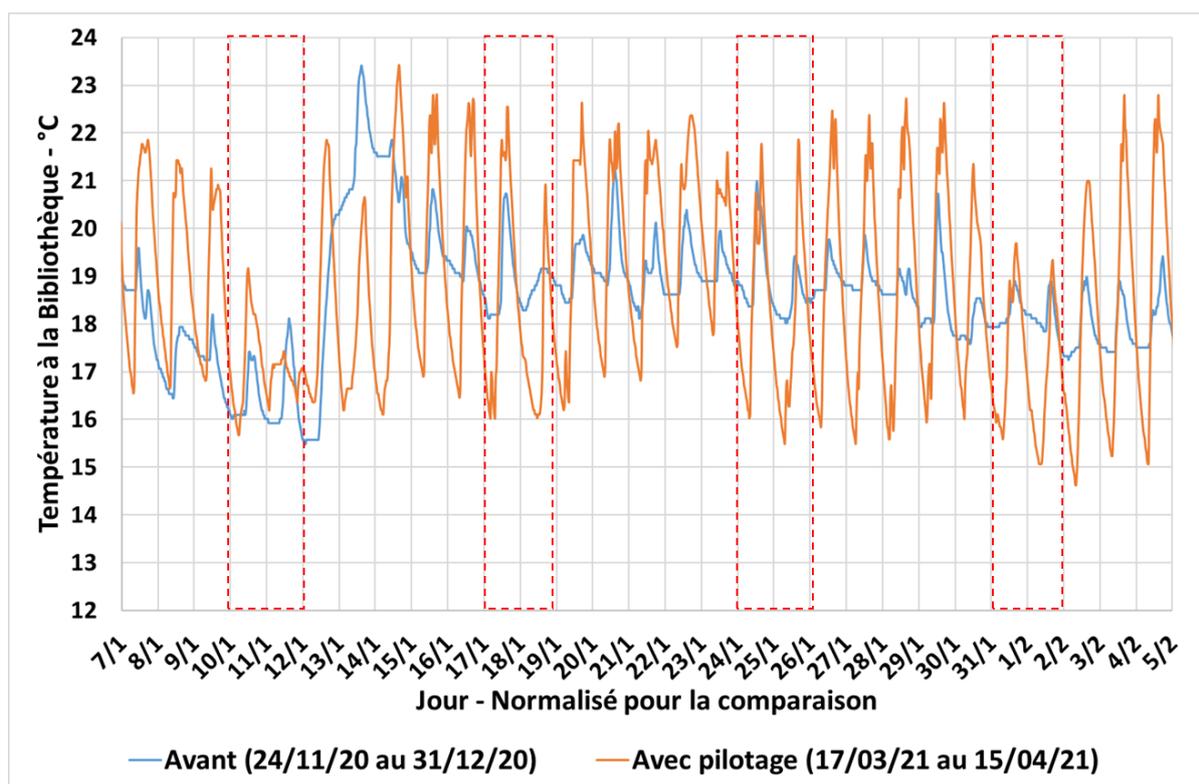


Figure 12 : Relevés de température avant et après pilotage à la Bibliothèque – cadre rouge : week-end

Avant pilotage (bleu), la température à la Bibliothèque montre peu de variation journalière. La température est au début de 19°C puis décroît pour atteindre 16°C-17°C, sur un week-end (cadre rouge). Ensuite la température croît pour atteindre 23°C et enfin elle atteint un palier autour de 18-19°C minimum, avec des pics journaliers à 20°C. On constate que même les week-ends, la température reste supérieure à 18°C.

Après pilotage (orange), la température montre des variations journalières importante, résultant du pilotage alternant entre température de réduit (16°C) et température de confort (20°C). La température dépasse souvent les 20°C en journée, en raison du chauffage du bâtiment par le soleil (Mars-Avril 2021 a été une période très ensoleillée).

Cantine et Club des Anciens

L'expérimentation de pilotage des chauffages s'est déroulée de Mars 2021 à Avril 2021, période durant laquelle la France imposait un couvre-feu en soirée jusqu'à début Avril, puis un 3^{ème} confinement jusque mi-Mai. En conséquence, la cantine et le club des anciens n'ont que très peu ou pas été utilisés pendant la période d'expérimentation. Les résultats ne sont donc pas représentatifs et la comparaison avec la période 2019-2020 n'est pas pertinente.



2.1.3. L'information du consommateur : Consomm'acteur

Dans cette partie nous présentons les expérimentations de distribution d'objets informatifs à destination des usagers/consommateurs/habitants sur les territoires d'expérimentation du projet ICE. Nous commençons par l'expérimentation à Ouessant puis nous présentons l'expérimentation sur le campus de l'Université d'East Anglia.

2.1.3.1. Ouessant

Nous présentons dans cette section les résultats de l'expérimentation à Ouessant. Des objets informatifs sur l'état du réseau électrique à Ouessant ont été conçus et distribués durant l'été 2021.

L'analyse de l'expérimentation repose sur l'identification de changement dans la consommation électrique des volontaires en fonction des changements de couleurs sur l'objet.

Le signal de couleur est déterminé par une formule basée sur la proportion d'énergie renouvelable produite divisée par la puissance totale demandée. Le signal évolue donc au cours de la journée, et de façon marquée par le profil de consommation (figure ci-dessous).

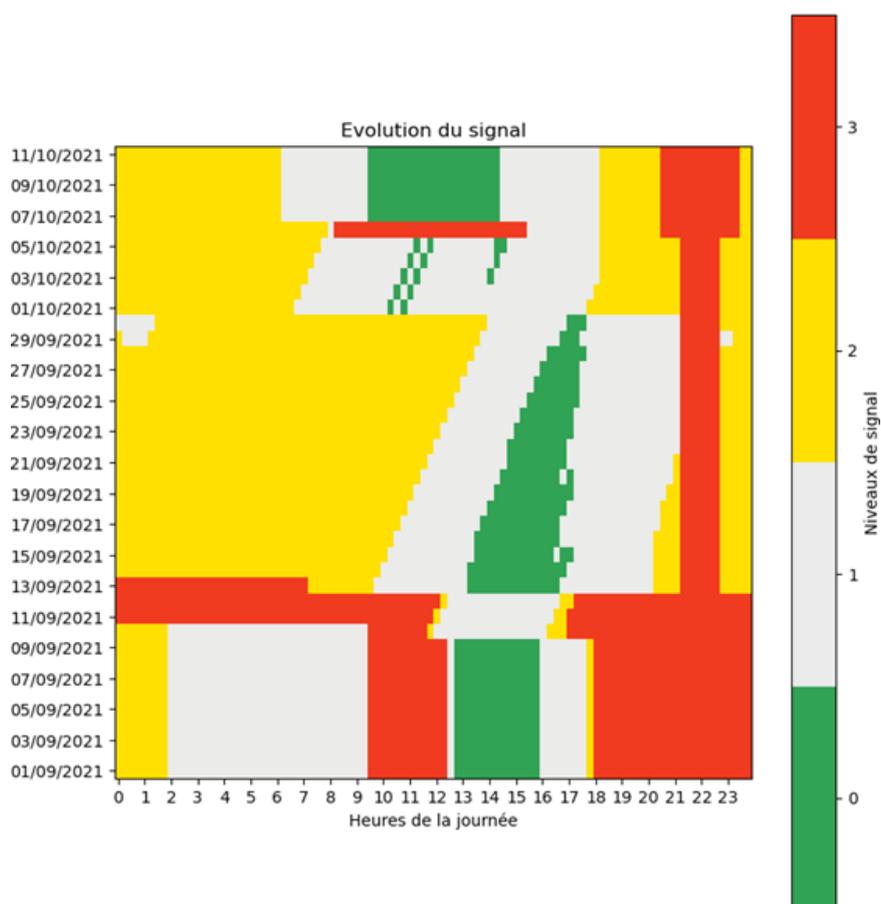


Figure 13 : Evolution du signal de couleur durant la période d'expérimentation



Le signal comporte plusieurs périodes très courtes (15-30 min) qui ne semblent pas pertinentes pour évaluer un changement de consommation. Pour simplifier l'analyse les périodes inférieures à 1h sont supprimées et converties avec la couleur suivante (figure ci-dessous).

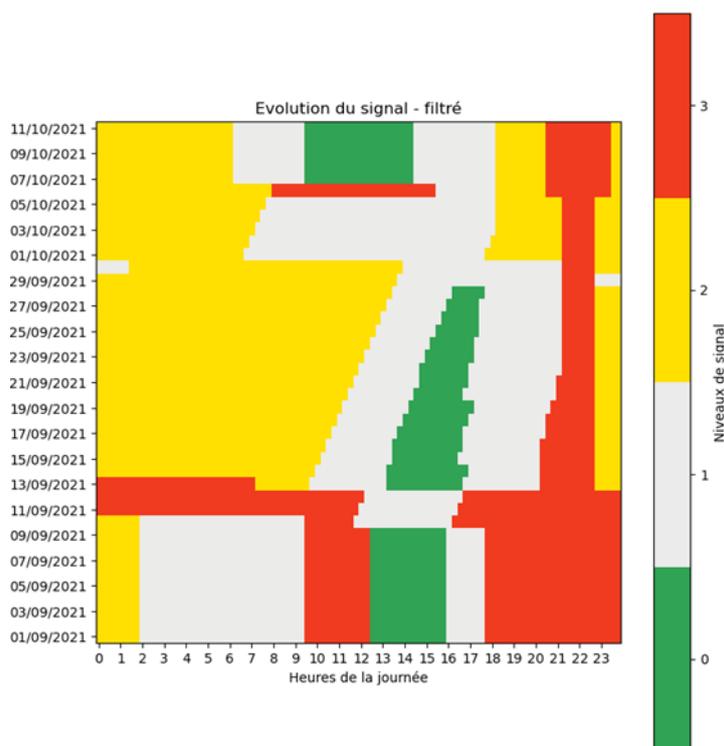


Figure 14 : Evolution du signal simplifié (suppression des transitions courtes)

Le signal se caractérise par 3 périodes distinctes :

- Du 01/09 au 09/09 : Période régulière, dans le profil « été »
- Du 10/09 au 06/10 : Période variable où le signal a été modifié plusieurs fois, il se décale d'une journée sur l'autre notamment. Du 11 au 13 le signal était majoritairement rouge
- Du 07/10 au 11/10 : Période régulière dans le profil « hiver »

Pour étudier l'impact des changements du signal, on filtre également les transitions ayant lieu la nuit, que les volontaires ne verront pas. De plus, on s'intéresse uniquement aux transitions de couleur pour identifier des changements de consommations lors de ces moments (figure ci-dessous).



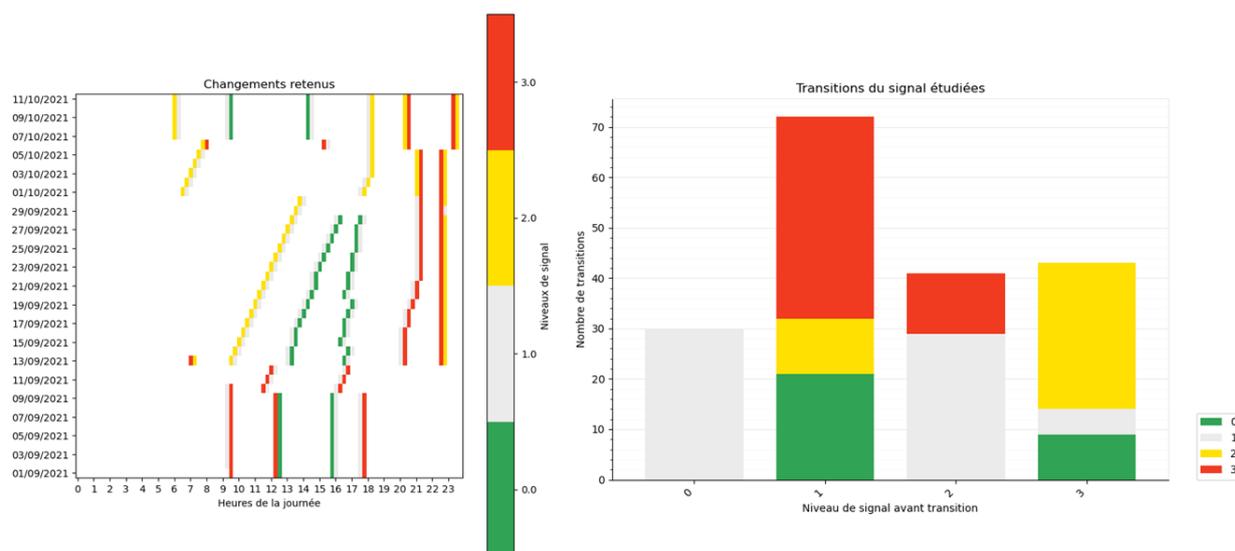


Figure 15 : Transitions de couleur durant l'expérimentation (gauche) et distribution des transitions en fonction de la couleur au moment de la transition (droite)¹

Au final, un total de 186 transitions sont comptabilisées, soit environ 4,5 par jour. Certaines transitions arrivent souvent aux mêmes horaires (rouge → jaune vers 22h, blanc → jaune vers 18h) et d'autres varient plus (jaune → blanc), cela pourrait biaiser l'analyse. Certaines transitions ne se produisent jamais : vert → jaune, vert → rouge et jaune → vert.

Mesure de l'impact d'une transition de couleur sur la consommation énergétique :

Pour quantifier l'impact de l'objet, on compare la puissance moyenne avant et après chaque changement du signal. La puissance moyenne est calculée sur une certaine durée qui doit être suffisamment longue pour lisser les comportements ponctuels et suffisamment courte pour rester proche du changement de signal. Les impacts globaux peuvent être calculés sur la moyenne de toutes les consommations ou sur des consommations normalisées (dont la moyenne est égale à 1) pour ne pas donner trop de poids à un consommateur qui consommerait plus que les autres.

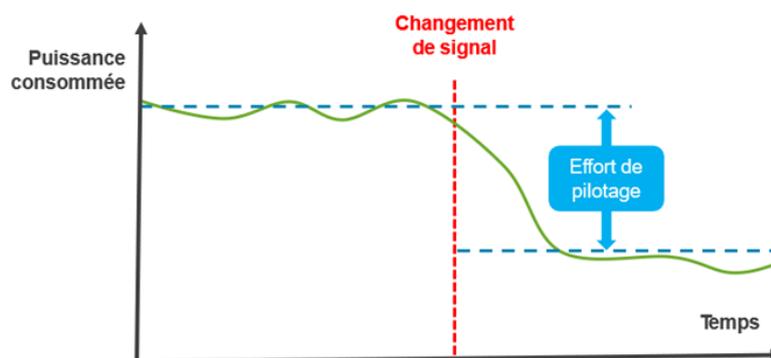


Figure 16 : Schématisation de l'effort de pilotage lors d'un changement de couleur

¹ Comment lire le graphe : Quand le signal était vert (= 0) il a transitionné 30 fois vers blanc (= 1) et aucune autre couleur. Quand le signal était blanc, il a transitionné 21 fois vers vert, 11 fois vers jaune et 40 fois vers rouge...



L'« effort de pilotage » mesure la puissance qui a pu être ajustée selon le changement de signal. Il est positif lorsque le consommateur fait évoluer sa consommation dans le « bon » sens :

- Hausse de la consommation si baisse de couleur (vers le vert)
- Baisse de la consommation si hausse du niveau du signal (vers le rouge).

Résultat des efforts de pilotage sur toute l'expérimentation :

L'analyse des efforts de pilotage montre une distribution des efforts centrée autour de 0 kW avec une allure de courbe Gaussienne (figure ci-dessous), ce qui signifie qu'à l'échelle globale de l'expérimentation, le signal de couleur ne semble pas impacter la consommation des volontaires.

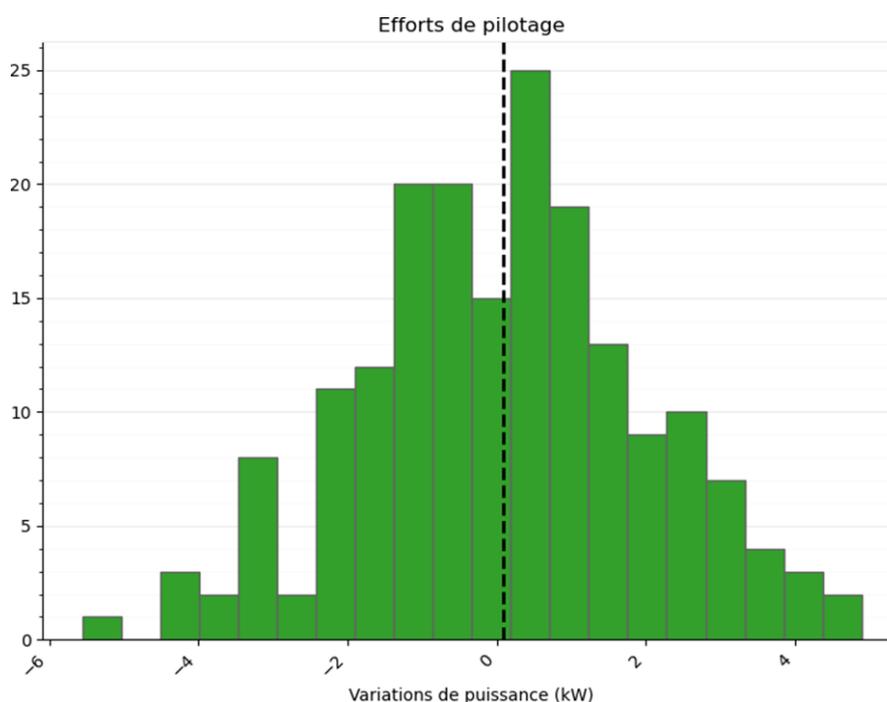


Figure 17 : Distribution des efforts de pilotage

Résultat des efforts de pilotage sur la période 18h-23h :

L'action des volontaires sur leurs consommations ne peut être faite que quand ils sont présents à leurs logements, quand le signal est visible et qu'ils peuvent décider de décaler une consommation. De ce fait, nous avons affiné l'analyse en se concentrant sur la période 18h-23h, qui de fait est la période quand les volontaires sont de façon plus probable chez eux.

Le nombre de transitions (68) est plus faible et certains niveaux de signal ne sont jamais atteints (signal vert).

Les efforts de pilotage de la plupart des participants ne montrent pas de tendance positive dans leurs efforts de pilotage et/ou les efforts semblent distribués aléatoirement. Seuls 3 participants montrent des comportements potentiellement intéressants (figure ci-dessous).



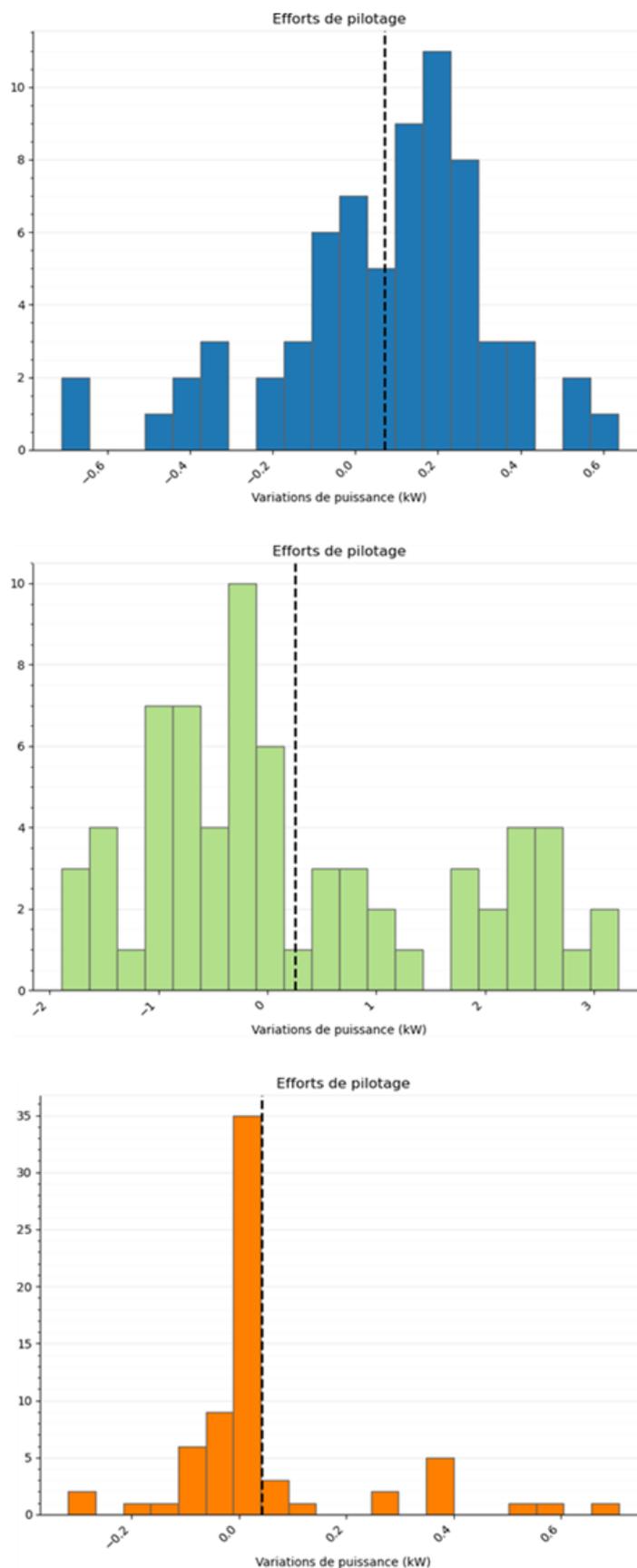


Figure 18 : Distribution des efforts de pilotage pour 3 foyers volontaires : un effort légèrement positif identifié



Courbe bleue : La répartition des efforts semble déformée vers la droite, la moyenne est légèrement positive (0,07 kW)

Courbe verte : Certains efforts de pilotage sont relativement élevés, jusqu'à 3 kW, ce qui fait que la moyenne est légèrement positive (0,25 kW)

Courbe orange : Quelques efforts de pilotage positifs se détachent et font que la moyenne est légèrement positive (0,04 kW)

A ce stade, il serait précoce de conclure à un effet positif certain de l'expérimentation sur les évolutions des consommations des volontaires. Toutefois, il serait intéressant de suivre de près ces participants sur la suite de l'expérimentation.

Limitations de l'expérimentation :

Plusieurs difficultés ont été rencontrées durant cette expérimentation qui ont eu pour conséquences de limiter les conclusions de l'expérimentation :

- La faible durée d'analyse (1,5 mois) avec un signal qui était en cours d'élaboration et qui aurait pu être plus dynamique.
- Le faible nombre d'objets distribués (40 sur un total de 80 disponibles).
- Le faible nombre de personnes dont la consommation a pu être récupérée (17 sur 40 objets distribués).

Perspectives d'amélioration pour la suite :

- Mener une enquête auprès des participants : Ont-ils vu les changements du signal ? Si oui, ont-ils agi pour modifier leur consommation ? Quels leviers ont-ils utilisés ?
- Des exemples de gestes pourraient être donnés dans un fascicule qui accompagnerait l'objet pour que les particuliers aient les bons réflexes : décalage de démarrage d'appareils électroménagers, baisse de la consigne de chauffage pendant quelques heures...
- Récupérer les données de consommation et de production d'EDF pour donner un signal plus réaliste et plus motivant pour les participants.
- Continuer l'expérimentation sur une période plus longue pour avoir un échantillon plus représentatif de toutes les transitions possibles.
- Répliquer l'expérience sur d'autres territoires isolés pour augmenter les données.
- Mener l'expérimentation en particulier lors de la période de chauffage pendant laquelle les particuliers peuvent avoir un contrôle plus élevé sur leur consommation (coupure des chauffages électriques pendant les créneaux rouges par exemple). Les actions sur le chauffage pourraient également être plus faciles à quantifier.



2.1.3.2. UEA

L'Université d'East Anglia (UEA) a annoncé son intention de devenir neutre en carbone d'ici 2045. Avec ses stratégies de développement à faible émission de carbone existantes, l'Université a adopté plusieurs technologies à faible émission de carbone dans son utilisation de l'énergie, notamment l'installation de panneaux solaires photovoltaïques, la mise à niveau de centrales de production combinée de chaleur et d'électricité (CHP), le remplacement des anciennes chaudières inefficaces, l'adoption d'un système de stockage de chaleur thermique et d'autres technologies intelligentes et à faible émission de carbone telles que l'utilisation de la technologie ThermoDeck dans les bâtiments et l'installation d'un système de refroidissement urbain.

L'UEA utilise une approche descendante et ascendante intégrée pour optimiser les performances des technologies à faible émission de carbone. Par exemple, le stockage thermique permet de stocker la chaleur excessive des unités de cogénération et de la libérer lorsque la demande de chaleur augmente ; les chaudières à gaz mises à niveau fonctionnent à leurs niveaux d'efficacité énergétique optimaux (60 % de la production nominale) et s'appuient sur le stockage thermique pour s'adapter aux variations de la demande de chaleur. Le réseau de distribution de chaleur permet aux chaudières cogénération et au gaz de produire de la chaleur avec une efficacité maximale. Avec l'installation d'un équipement de refroidissement d'air, il est également possible de le convertir en unité de climatisation. De plus, le personnel et les étudiants de l'UEA se sont engagés dans le développement de technologies et de mesures respectueuses du climat afin d'atteindre ses objectifs climatiques.

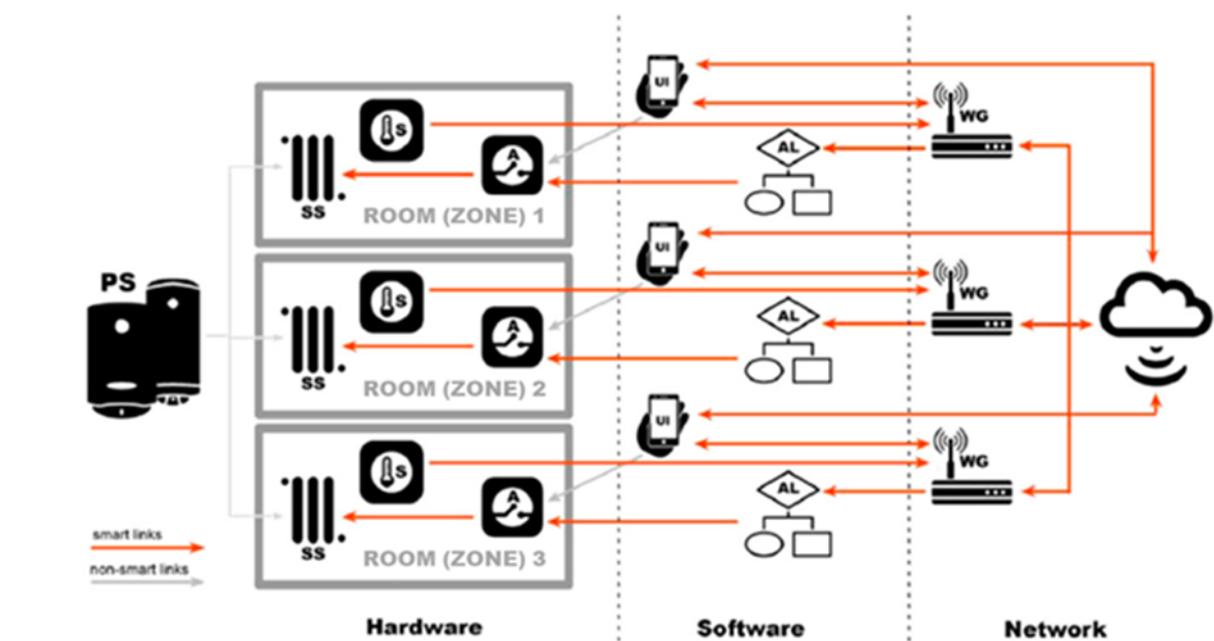
Malgré les efforts déployés pour mettre à niveau ses technologies à faible émission de carbone avec une meilleure efficacité énergétique et des impacts environnementaux réduits, il reste encore de la place pour améliorer encore les performances de consommation d'énergie du côté de la demande. Le projet ICE fournit une démonstration pilote d'une technologie de chauffage intelligent (SHT, pour *Smart Heating Technology*) dans le but d'accroître la sensibilisation des utilisateurs d'énergie à leur consommation d'énergie, de modifier le comportement de consommation grâce à une meilleure gestion de l'utilisation du chauffage, de maximiser le confort des utilisateurs, d'améliorer l'efficacité énergétique globale pour le chauffage et potentiellement fournir une source de flexibilité décarbonée à l'avenir. La solution technologique est combinée à une série d'activités d'engagement des consommateurs tout au long du projet. Ces activités sont d'une importance primordiale pour la compréhension des besoins, des priorités et des valeurs des consommateurs, qui à leur tour contribuent à faciliter l'intégration des technologies à faible émission de carbone sur le campus de l'UEA.

Cette section évalue les avantages et les défis de la mise en œuvre du SHT.

Les technologies de chauffage intelligent et ses performances

Le SHT comprend des composants clés spécifiques, notamment un système de contrôle de zonage, des vannes de radiateur thermostatiques programmables (PTRV), un contrôleur central, des capteurs, des actionneurs et une interface sans fil. La figure ci-dessous montre les technologies mises en œuvre dans les dortoirs de l'UEA. Les détails sur la conception et le fonctionnement du système se trouvent dans le livrable L3.3.1.





LEGENDE :

A: Actionneurs

AL : Algorithme d'auto apprentissage et d'optimisation

PS : Système primaire (chaufferie)

S : capteurs (température intérieur/extérieur)

SS : Système secondaire (radiateurs avec vannes thermostatiques programmables)

UI : Interface utilisateur

WG : réseaux sans-fil

Figure 19 : Représentation schématique de tous les composants et raccordements des SHT conçus et livrés dans les unités résidentielles multizones sur le campus de l'UEA.

Performances des SHT

La mise en place des SHT a permis des économies de consommation de gaz sur une durée de 26 semaines (cf. Figure 20). En particulier, jusqu'à 40 % d'économies d'énergie ont été observées dans l'un des bâtiments (B) par rapport au groupe témoin au même endroit entre la semaine 4 et la semaine 14. Cependant, il y a eu un rebond de la consommation d'énergie après la semaine 14 pour les deux bâtiments (A et B), avec une consommation d'énergie supérieure à celle des groupes témoins.



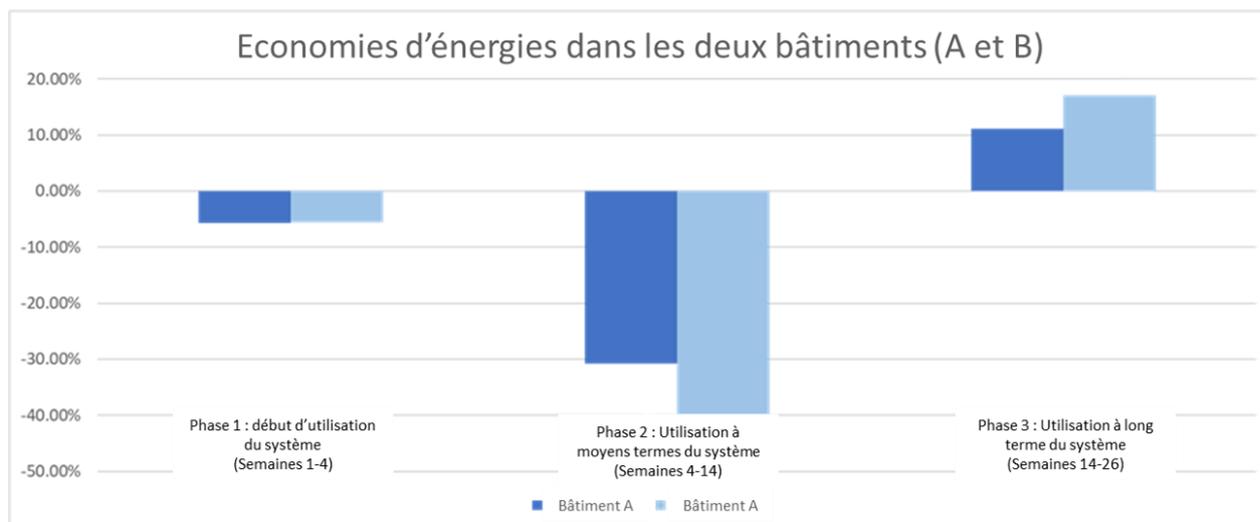


Figure 20 : Économies d'énergie dans les deux bâtiments équipés de l'UEA (par rapport aux appartements témoins)

Avantages de l'augmentation de l'utilisation des SHT

L'installation et l'exploitation des SHT peuvent être un élément important de la transition énergétique globale à faible émission de carbone à l'UEA. L'extension du projet de démonstration à un déploiement à grande échelle de la solution de chauffage intelligent dans les bâtiments résidentiels de l'UEA présente de multiples avantages.

- Il peut renforcer les solutions à faible émission de carbone orientées vers l'utilisateur à l'UEA.

L'installation et l'exploitation des SHT peuvent renforcer l'approche existante axée sur l'utilisateur en élargissant le groupe d'utilisateurs aux étudiants. Plusieurs activités d'engagement avec les étudiants ont été mises en œuvre tout au long du processus, par le biais de groupes de discussion, de sondages et d'entrevues. Ces activités sont utilisées pour l'évaluation des attitudes des étudiants envers la transition énergétique, l'évaluation de leur comportement de consommation, la consultation sur leurs opinions sur les technologies de chauffage intelligent et la démonstration des technologies. Les étudiants étaient bien informés sur la technologie adoptée, leurs moyens de s'impliquer et les résultats possibles de leur participation.

- Il s'intègre aux systèmes énergétiques bas carbone existants et peut contribuer au futur plan de développement bas carbone par une gestion flexible des consommations de chauffage des bâtiments résidentiels.

L'Université prévoit d'augmenter la consommation d'électricité en raison de la décarbonisation accélérée de l'alimentation électrique du réseau. Parallèlement à la fermeture proposée des unités de cogénération, il est également prévu de passer aux pompes à chaleur pour l'approvisionnement en chaleur du campus. Le remplacement de la technologie ainsi que le passage à l'électricité pour l'approvisionnement en chaleur entraîneront inévitablement une augmentation de la consommation d'électricité du réseau. La consommation d'électricité aux heures de pointe est considérablement plus coûteuse que celle des heures creuses. Cela résulte de l'utilisation de combustibles fossiles coûteux pour produire de l'électricité lorsque



la demande est très élevée. En règle générale, les coûts sont inférieurs lorsque la demande est couverte par des technologies énergétiques principalement à faible coût et à faible émission de carbone. Si la consommation de chaleur pouvait être mieux gérée grâce à l'adoption d'un SHT à grande échelle, il peut impliquer une réduction des factures d'électricité et, surtout, une consommation de l'énergie lorsque celle-ci est produite par des technologies énergétiques à faible émission de carbone.

- Il offre de nouvelles opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique

Le système de chauffage intelligent offre une nouvelle approche pour réduire les émissions en améliorant l'efficacité énergétique grâce à l'engagement des utilisateurs. Le contrôle plus diffus du chauffage à différentes périodes de temps et avec des réglages de température plus précis offre un moyen efficace d'augmenter les économies sur la demande de chaleur. Un autre élément important de la participation des utilisateurs est qu'elle peut améliorer la sensibilisation des utilisateurs aux questions liées au changement climatique en général et à la transition dans l'approvisionnement énergétique en particulier. Celles-ci sont fondamentales pour la réussite de la mise en œuvre du plan Net Zero à l'UEA ainsi que pour la transition énergétique bas carbone au niveau national.

- Il offre un moyen rentable de réduire la consommation d'énergie et les émissions

La mise à l'échelle potentielle du système de chauffage intelligent offre également un moyen rentable de réduire la consommation de chauffage dans les bâtiments résidentiels. Le système de chauffage intelligent ne nécessite pas de dépenses importantes en équipement et ses coûts d'exploitation et d'entretien sont négligeables. L'équipement d'alimentation en chauffage existant peut être compatible avec l'installation de SHT sans mise à niveau significative.

L'utilisation du système et ses modèles sont présentés dans les figures 21 à 25 pour faciliter la compréhension des idées de la technologie de chauffage intelligent à différentes périodes. Il est démontré que l'utilisation des SHT a été progressivement réduite dans la plupart des cas. Par exemple, au début du projet, l'utilisation des commandes de chauffage dans la chambre est fréquente au moins plusieurs fois par semaine. À moyen et long terme du projet, dans environ 50 % des applications, il n'était utilisé que moins d'une fois par semaine (voir la figure 21).



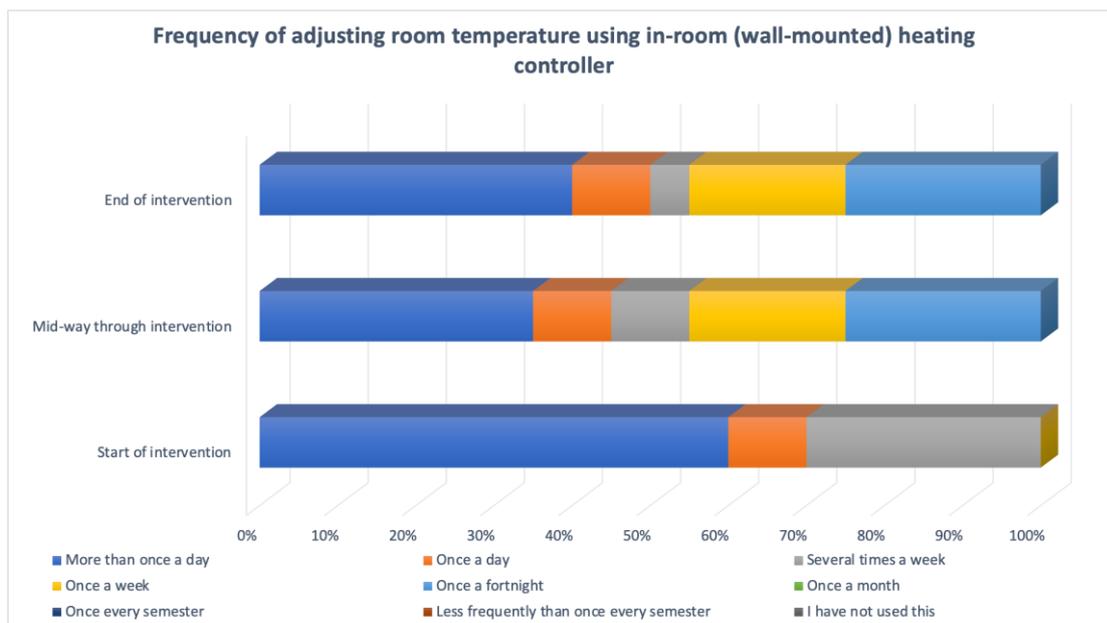


Figure 21 Fréquence signalée de réglage de la température ambiante à l'aide du contrôleur de chauffage dans la pièce

Les fonctions plus avancées du SHT ont reçu encore moins d'attention au cours de la même période. Il y a eu une perte progressive d'intérêts dans les SHT avec le temps. Par exemple, la fréquence d'utilisation de l'interface de chauffage sans fil et des fonctions de contrôle automatique a chuté de manière significative vers la fin de l'intervention, par rapport au début (Figure 22 et 23).

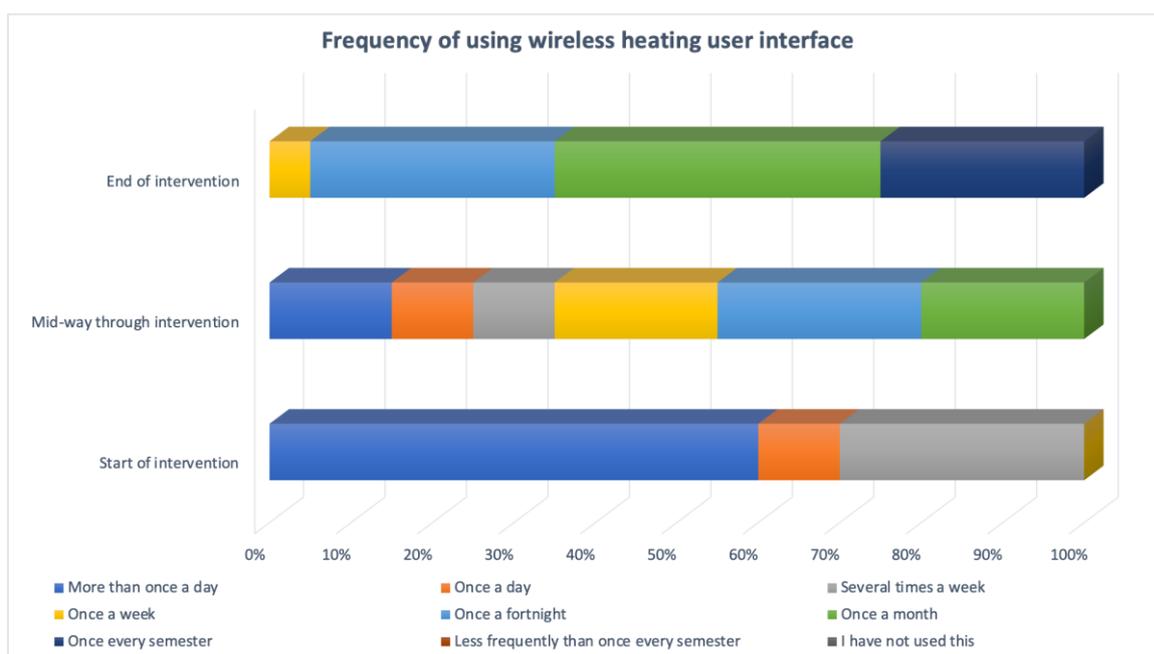


Figure 22: Fréquence signalée d'utilisation de l'interface utilisateur de chauffage sans fil



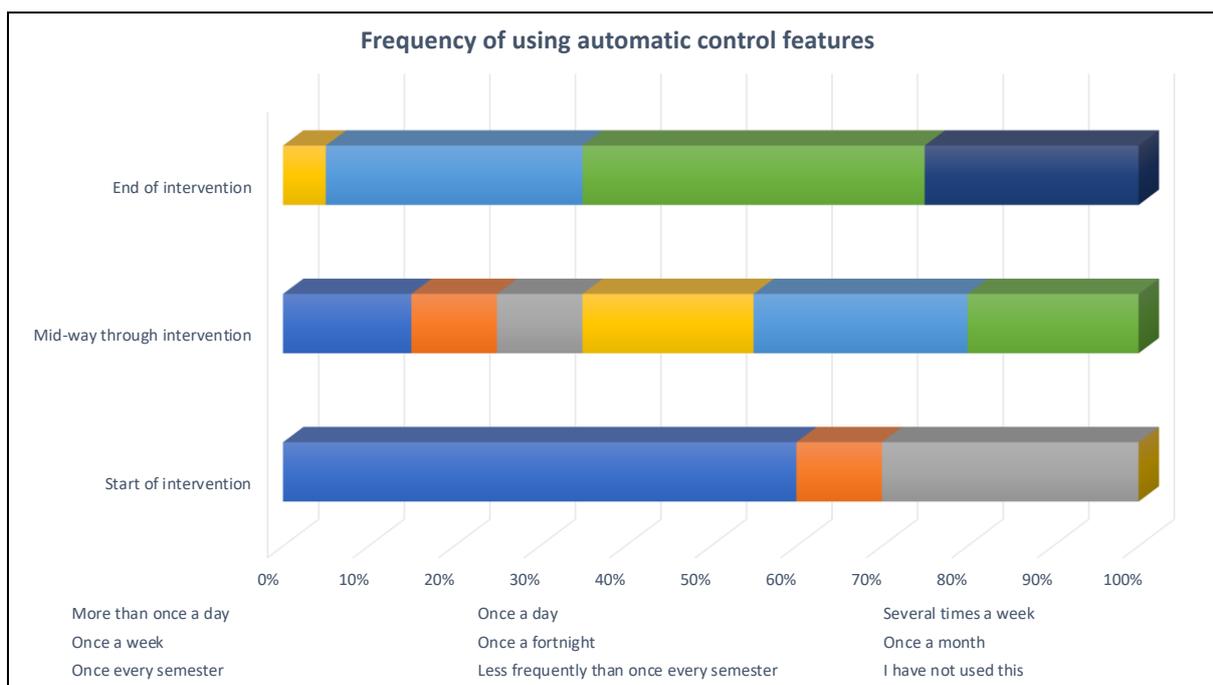


Figure 23: Fréquence signalée d'utilisation des fonctions de contrôle automatique

Les modes de fonctionnement prédéfinis ont quant à eux connu une légère augmentation de la fréquence d'utilisation avec environ 20 % des participants qui ont commencé à utiliser la fonction (Figure 24). En revanche, la plupart des étudiants ont cessé de prêter attention à leur consommation d'énergie (consommation de chaleur et d'électricité) à la fin du projet, comparativement à un bon niveau d'intérêt au début du projet (Figure 25). Plus de détails peuvent être trouvés dans le livrable T5.2.1.

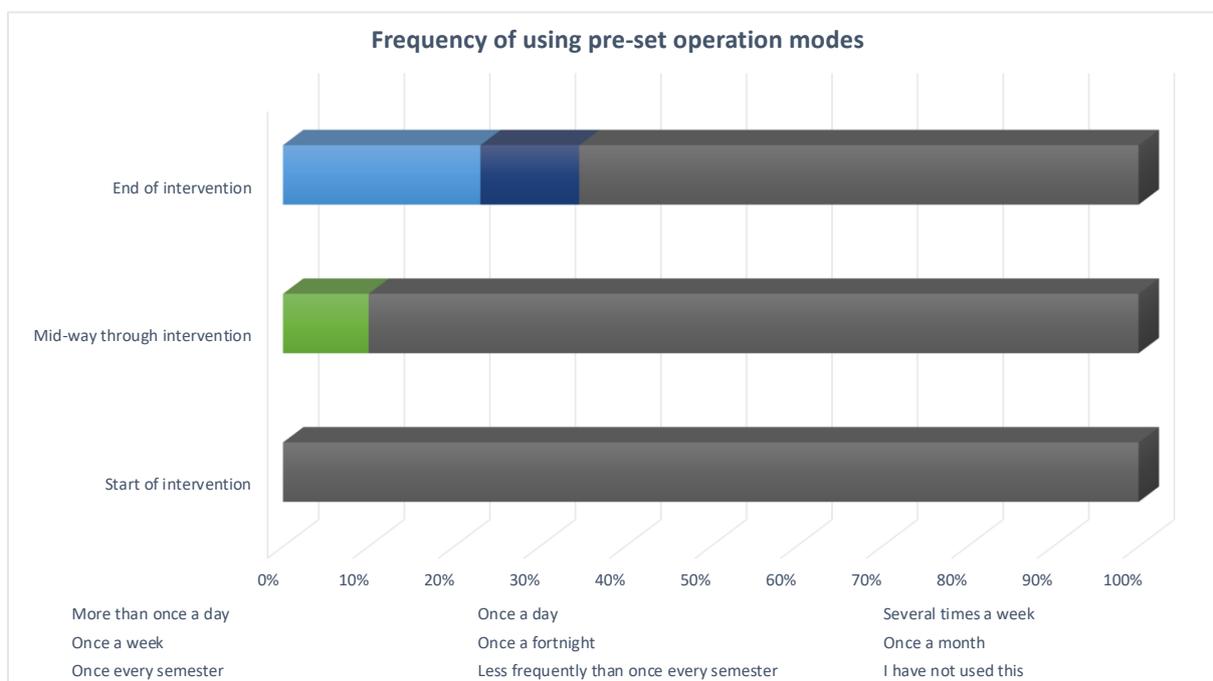


Figure 24: Fréquence signalée d'utilisation des modes de fonctionnement prédéfinis de la technologie de chauffage intelligent



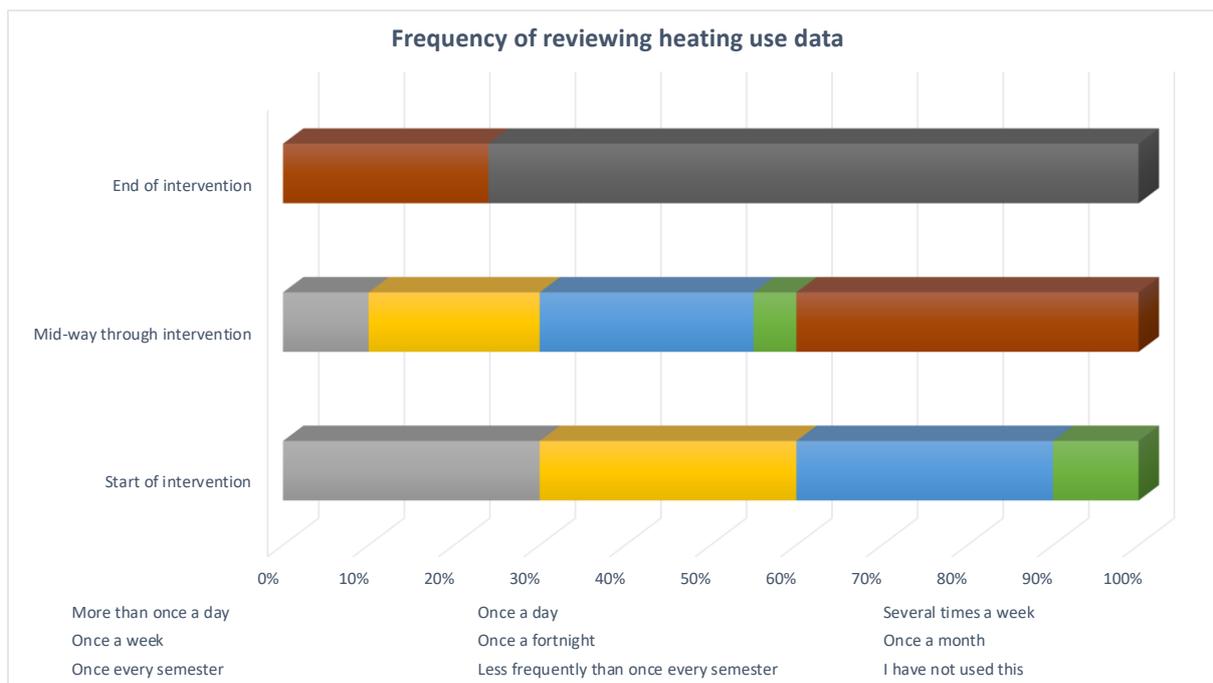


Figure 25: Fréquence déclarée de l'examen des données sur les demandes individuelles d'énergie pour le chauffage

Défis et limites du développement SHT

Malgré les avantages potentiels de l'adoption de SHT, il existe quelques défis qui pourraient entraver le développement de SHT à l'avenir et qui ont été identifiés lors de l'étude pilote dans ICE. Certains des défis sont liés à la technologie elle-même, d'autres sont liés aux expériences des utilisateurs lors de l'adoption de la technologie. Les SHT, même s'ils s'intègrent parfaitement à l'infrastructure existante, peuvent néanmoins être techniquement et socialement perturbateurs. Il est particulièrement pertinent pour les étudiants universitaires de l'UEA pour 2 raisons : premièrement, les étudiants sont habitués à avoir un système de chauffage centralisé sans contrôle précis de la température ambiante et n'ont pas besoin de payer pour le service. Deuxièmement, les étudiants pourraient ne pas ressentir le niveau requis d'appropriation des changements d'infrastructure qui se produisent sur le campus. C'est la nature de leur relation avec les structures d'hébergement qu'ils y restent généralement un an (parfois jusqu'à trois) puis qu'ils s'éloignent.

L'introduction d'une nouvelle technologie nécessitera une adaptation et une familiarisation, qui prennent généralement du temps selon la technologie. Parallèlement à tout le reste, il existe des différences spécifiques au contexte qui se manifestent de diverses manières dans le petit site pilote de l'UEA et, par exemple, dans un projet de logement ou dans un bâtiment public. Le projet ICE apporte l'expérience, à travers ses propres pilotes et pilotes externes, qui enrichit le développement des connaissances. Ces défis sont discutés et contextualisés plus en détail dans la sous-section suivante.



2.2. Utilisation de solutions techniques : un compromis à atteindre pour une bonne acceptabilité et utilisation

Au-delà de la réussite de la mise en œuvre technique des solutions présentées plus haut dans ce rapport ainsi que tout au long du Work Package 3, la nécessité demeure d'approfondir les différents compromis indispensables pour concilier performance, fiabilité et exportabilité du projet. Les recherches approfondies de ce Work Package et sa coordination avec le Work Package 5 font une nouvelle proposition dans laquelle les solutions techniques et leurs propres limites ne sont pas isolées du public, les personnes pour lesquelles ces technologies sont finalement conçues.

Pour commencer par les considérations techniques elles-mêmes, on pourrait commencer par des améliorations de performances. En identifiant les moyens par lesquels les systèmes mis en œuvre permettent une décarbonation plus profonde, la réponse réside généralement dans l'adaptation détaillée de chaque système pour répondre aux caractéristiques spécifiques de la communauté dans laquelle il a été installé. Des performances plus élevées dans ce sens résultent souvent d'une meilleure efficacité du système et d'une meilleure adaptation aux paramètres environnementaux. Cependant, ce sont ces approches qui peuvent avoir, outre les performances souhaitées, des conséquences moins positives car l'augmentation de l'efficacité conduit à un manque de redondance. Même si cela semble initialement positif, cela peut en réalité constituer une menace pour la fiabilité lorsque, pour une raison quelconque, il y a une perturbation des conditions attendues. Plus la gamme de conditions dans lesquelles un système énergétique à faible émission de carbone est conçu pour fonctionner et fonctionner est large, plus ses performances seront mauvaises. Prenons par exemple un système de stockage de batterie en combinaison avec des panneaux solaires. Le système peut être dimensionné pour fournir une énergie adéquate à un îlot pendant 80 % du temps. Pour le reste du temps, cela pourrait livrer, ou non, selon la météo. Il est possible de concevoir le système de manière à ce qu'il délivre de l'énergie 100% du temps mais cela nécessitera un surdimensionnement important de l'ensemble de ses composants. Cela augmentera la redondance du système, le nombre de composants qui ne sont en fait pas utilisés la plupart du temps et qui n'existent que pour servir dans des conditions extrêmes. De telles conceptions ont un coût élevé et, par conséquent, dans le monde réel, des compromis doivent être faits entre performances et fiabilité. De plus, plus un système est conçu pour s'adapter à un environnement spécifique, moins il est probable qu'il convienne à une variété d'autres environnements, ce qui réduit son exportabilité. La grande variabilité des ressources d'énergie renouvelable à travers différents endroits et les conditions locales doivent être abordées avec souplesse afin de permettre les manipulations du système et l'exportabilité.

À cet égard, la méthodologie ICE fournit un cadre flexible dans lequel les solutions appliquées dans les sites de démonstration ont été sélectionnées en fonction de leur adéquation à ces emplacements et à leurs circonstances. C'est une caractéristique et un avantage de l'approche ICE qui lui permet d'être transférable car elle ne dicte pas un type de technologie ou un type de régime opérationnel mais cherche plutôt à trouver ce qui convient à chaque territoire isolé.

Premièrement, il est important de personnaliser des solutions énergétiques intelligentes qui peuvent refléter les besoins, les valeurs, les priorités et les capacités de chacun. Compte tenu du caractère unique des étudiants vivant sur le campus, ils ne participent pas au programme pour obtenir des factures moins élevées. Cependant, de nombreuses autres motivations sont pertinentes. En particulier, la valeur des services intelligents comprend le confort, la commodité et la maîtrise de la consommation d'énergie. Par conséquent, une compréhension approfondie des besoins des consommateurs est essentielle pour permettre de futures participations.

Deuxièmement, pour activer les sources à grande échelle du côté de la demande à l'avenir, de nouvelles solutions techniques sont nécessaires. Par exemple, à l'UEA, les étudiants ne paient pas leurs factures



d'énergie et manquent donc de motivation pour participer à des programmes liés à la demande d'un point de vue économique. Développer de nouvelles interactions entre les utilisateurs d'énergie et les technologies intelligentes est complexe, il est donc logique de privilégier des voies alternatives. Il pourrait y avoir un meilleur moyen de parvenir à la décarbonation si les solutions technologiques ne reposent pas sur l'engagement actif des utilisateurs et une domestication réussie. En ce sens, une automatisation améliorée dans les paramètres dirigés par les étudiants sera utile pour permettre la participation et un haut niveau de confort sans nécessiter un engagement constant avec la technologie.

Enfin et surtout, tout au long de l'étude, nous avons constaté un «écart entre la valeur et l'action», qui a mis en évidence la nécessité d'une nouvelle compréhension de systèmes entiers qui évite de simplifier à l'excès les modèles de changement de comportement. Se concentrer sur plus que les individus, leurs attitudes ou comportements, ou simplement les technologies fait partie de ce processus. Une relation plus complexe entre les utilisateurs d'énergie, les technologies et les modes institutionnels de gouvernance devrait plutôt être soulignée.

La pensée du projet ICE a reçu de multiples influences internationales pour fournir les meilleures solutions possibles pour la zone FCE. L'une de ces expériences externes provient du projet TILOS, de l'île de Tilos en Grèce. Le projet Tilos (financé par le programme européen Horizon 2020) a livré des innovations spécifiques à faible émission de carbone pour un territoire isolé, l'île de Tilos en Grèce. Plus précisément, l'île a été équipée de technologies de production d'énergie à faible émission de carbone, de panneaux solaires et d'une éolienne. Celles-ci sont devenues les principales sources de production d'énergie renouvelable sur l'île. En plus de cela, une batterie communautaire à grande échelle a été installée sur l'île pour fournir un stockage d'énergie électrique en cas de production excédentaire. Cette énergie peut ensuite être utilisée pour alimenter l'île en cas de déficit de production d'énergie. De plus, les maisons de la communauté de l'île de Tilos ont été équipées de systèmes de contrôle de l'alimentation améliorés qui permettent le fonctionnement d'un système de gestion de la demande pour les appareils à forte consommation. Pour Tilos, il s'agit d'appareils de chauffage et de refroidissement (principalement des pompes à chaleur et des radiateurs électriques) ainsi que des chauffe-eaux. Tilos offre un paradigme différent de ceux rencontrés dans le projet ICE en ce sens qu'il dispose d'une connexion par câble à quelques autres petites îles grecques. Avant le projet TILOS, l'île était alimentée exclusivement via cette liaison par câble qui est toujours disponible. Cela signifie qu'il existe un bon degré de redondance dans le système, ce qui augmente la fiabilité. Les leçons du projet TILOS qui sont utiles à la zone FCE sont de s'assurer que le chauffage est pris en considération. Le chauffage est une part importante de la consommation d'énergie des ménages, mais il est souvent négligé dans les régions où il est fourni par un réseau différent, comme le réseau de gaz ou où il repose sur des chaudières au fioul et est complètement indépendant de l'électricité (qui est considérée comme plus étroitement liée à la décarbonation). Une deuxième leçon importante a été de s'assurer qu'une part importante des interventions sera directement liée aux consommateurs. Cela est nécessaire car c'est pratiquement le seul moyen de garantir l'adhésion et l'acceptabilité localisées des nouvelles technologies.

2.2.1. Ouessant

Concernant les expérimentations de smart grid à Ouessant (pilotage des radiateurs et objets informatiques), nous avons pu montrer que d'un point de vue technique les solutions proposées répondent aux cahiers des charges initialement prévus. Cependant, au niveau de l'utilisation, nous avons pu constater que l'utilisation par les usagers n'est pas pleine.



Pour la solution de pilotage de radiateurs, la phase de conception s'est déroulée en fin d'année 2020, période de 2nd confinement en France, et donc aucun déplacement à Ouessant ne s'est fait. Un échange d'informations s'est fait par voie numérique mais s'est avéré inefficace car les informations n'ont pas été transmises jusqu'au personnel de Mairie. De manière générale, le personnel municipal doit gérer les tâches quotidiennes, et ce sur un rythme soutenu, avec en plus le contexte particulier d'un confinement lié au COVID-19.

Il est d'ailleurs tout à fait compréhensible que l'ajout de la conception et le déploiement de solutions nouvelles sortant du périmètre habituel ne soit pas prioritaire, voire même soit une charge supplémentaire. Cette perception peut mener à un rejet en pratique de l'expérimentation, alors que sur le principe les habitants d'Ouessant sont très majoritairement pour des actions de transitions énergétiques (cf livrable 5.2).

Pour les expérimentations qui se sont déroulées à Ouessant, une analyse a posteriori permet aussi de mettre en évidence qu'il y a eu un manque de temps de communication et d'échanges avec les différents intervenants. Ce manque de communication est aussi en directe conséquence de l'éloignement de l'île (6h de déplacement minimum aller-retour plus le temps de travail sur place), mais aussi au contexte particulier du COVID-19 qui a encore plus limité les échanges.

2.2.2. UEA

Des défis similaires ont été observés avec les commandes du système de chauffage à l'UEA. De manière caractéristique, le défi à l'UEA n'était pas tant le manque d'accès des chercheurs sur le campus, puisque celui-ci est situé essentiellement dans la même zone. Cependant, en raison des restrictions liées à la pandémie, le campus n'a pas été utilisé normalement et l'accès dans son ensemble a même été complètement interdit pendant longtemps. En plus de cela, les étudiants devaient assister à leurs cours en ligne, donc beaucoup d'entre eux ne sont pas restés sur le campus et sont restés dans d'autres villes et parfois même dans d'autres pays.

Par conséquent, même si les spécifications techniques de l'intervention ont été atteintes, obtenir une utilisation cohérente était moins simple. Outre la pandémie qui a probablement eu et aura des impacts sur des implémentations similaires, comme cela a été montré dans ce rapport et dans les livrables T5.1.1 et T3.3.1, un niveau élevé d'engagement des utilisateurs a été atteint dans l'ensemble. Cela a donné lieu à plusieurs observations et enseignements utiles qui peuvent être tirés pour les interventions futures.

Au stade initial, plusieurs étudiants impliqués dans l'intervention ont mentionné qu'ils n'utilisaient pas le SHT bien qu'une certaine configuration de la technologie de contrôle intelligent ait été complétée lors de l'installation. Il y avait plusieurs raisons qui ont causé l'inaction, y compris

- Le moment de l'installation n'a pas nécessité d'importants services de chauffage (début de l'automne), ce qui a entraîné un désintérêt des étudiants pour la technologie.
- La nouvelle expérience de vie (déménagement sur le campus de l'UEA, loin de leur famille) a présenté des défis importants à certains étudiants, qui étaient occupés à s'adapter au nouvel environnement et moins disposés à tester le système.
- Les caractéristiques des SHT étaient complexes, ce qui rendait difficile pour les étudiants de connaître la fonction utile du système. Compte tenu de la complexité du SHT, ce serait une activité chronophage pour les étudiants de s'engager pleinement dans le système, sans parler de leur emploi du temps chargé avec d'autres événements à l'université.



Néanmoins, les participants ayant une expertise technique ont apprécié les aspects pratiques et cognitifs de l'apprentissage de l'utilisation du SHT au stade initial. Ils étaient prêts à essayer les fonctions les plus avancées du système, telles que la définition de profils de règles automatisés et la programmation des minuteries lorsqu'ils n'étaient pas dans leur chambre.

Après la phase initiale d'expérimentations et d'essais, les étudiants ont eu tendance à utiliser des formes d'utilisation plus simples plutôt que d'utiliser progressivement les fonctions avancées au milieu du projet. La plupart d'entre eux ont cessé d'utiliser les fonctions les plus avancées mais sont revenus aux fonctions de base des SHT telles que la commande manuelle. Semblable à leur expérience au stade initial, les étudiants ont souligné que la conception du SHT était complexe et déroutante et en général peu conviviale. Une autre expérience négative a été le manque d'instructions suffisantes de la part de l'équipe de maintenance interne du Département des successions. En plus des expériences négatives dans l'adoption des SHT, les étudiants ont souligné certains domaines à améliorer. Ils ont également mentionné une approche intégrée pour améliorer les performances des SHT, ce qui signifie une meilleure coordination entre les SHT, les chaudières et les radiateurs.

Les deux occupants des Living Labs de l'UEA ont pu utiliser de plus en plus des fonctionnalités spécifiques du système à moyen terme, mais l'utilisation de la technologie de la maison intelligente a été extrêmement limitée au cours des dernières semaines de l'intervention. En conséquence, bien que les laboratoires vivants aient réalisé d'importantes économies d'énergie (par rapport aux appartements témoins) avant les vacances de Noël, la consommation d'énergie a considérablement augmenté à la fin de la saison de chauffage.

