

PRATIQUES ET CONSOMMATION D'EAU CHAUDE SANITAIRE : ENSEIGNEMENTS D'UNE EXPERIMENTATION SOCIOTECHNIQUE DANS LE SECTEUR DOMESTIQUE

Accompagner la rénovation des équipements
et le changement durable des pratiques liées
à l'ECS chez les ménages français

RAPPORT FINAL

Mai
2021

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée par Nicolas ANDREAU et Julien SPILEMONT du bureau d'études ENERTECH pour la partie technique et Dorian LITVINE[†] du cabinet d'études et de conseil ISEA pour la partie sciences sociales, dans le cadre du projet ECSpect - financement ADEME (APR "Vers des bâtiments Responsables à l'horizon 2020" - 2018).

Nous tenons à remercier tout particulièrement l'ADEME pour sa confiance et son soutien financier, l'ensemble des industriels qui ont contribué techniquement et matériellement à ce projet (Atlantic, Cotherm, Gaïa Green, Helioscop, Hydrao, Isosten), Remi de Laage (SSE Conseil) pour sa contribution technique ainsi que les 13 ménages ayant pris le temps de contribuer à cette expérimentation très engageante.

[†] Dorian LITVINE est chercheur, consultant, facilitateur et formateur chez ISEA, cabinet de recherche action, de conseil et de formation en Sciences Sociales spécialisé sur les pratiques et comportement, la méthodologie d'action et la maîtrise d'usage (énergie, bâtiment, eau). Contact : dorian.litvine@iseaprojects.com

CITATION DE CE RAPPORT

ANDREAU N., LITVINE D., SPILEMON J., 2022. Le projet ECSpect - Pratiques et consommation d'eau chaude sanitaire : enseignements d'une expérimentation sociotechnique dans le secteur domestique, 173 pages, pour le compte de l'ADEME

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de convention : 1904C0016

Appel à projets de recherche Vers des Bâtiments Responsables à l'horizon 2020"

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Enertech et Dorian LITVINE (ISEA)

Coordination technique - ADEME : LARUELLE Céline

Direction/Service : DVTD/SB



TABLE DES MATIERES

Introduction : contexte, objectifs et méthodologie.....	6
ETUDE TECHNIQUE.....	9
1. Généralités	9
1.1. Métrologie en place sur les installations	9
1.1.1. Grandeurs mesurées.....	9
1.1.2. Consommation électrique de la résistance	9
1.1.3. Compteur de chaleur individuel.....	9
1.1.4. Communication des données	10
1.1.5. Procédure de détermination des températures ECS stockée et EF.	10
1.2. Description du protocole de test.....	12
1.2.1. Etat des lieux et réactivation de la métrologie	12
1.2.2. Formation des groupes A et B	14
1.2.3. Enchaînement des actions.....	14
1.2.4. Tableau de bord à destination des usagers	15
1.2.5. Suivi mensuel des données	15
2. Mise en œuvre des solutions	17
2.1. Généralités	17
2.1.1. Présentation des équipements T1.....	17
2.1.2. Présentation des équipements T2.....	17
2.1.3. Actions comportementales C1, C2	18
2.1.4. Calendrier d'intervention.....	18
2.2. Dispositifs hydro-économiques robinets (T1).....	19
2.2.1. Calendrier.....	19
2.2.2. Mise en œuvre et retours	19
2.3. Dispositif hydro-économique douches (T1).....	20
2.3.1. Calendrier.....	20
2.3.2. Mise en œuvre	21
2.4. Jaquettes isolantes (T1).....	27
2.4.1. Calendrier.....	27
2.4.2. Mise en œuvre et retours	27
2.5. Thermostat électronique pilotable et connecté (T2).....	29
2.5.1. Calendrier.....	29
2.5.2. Mise en œuvre et retours	29
2.6. Chauffe-eau Smart (T2)	32
2.6.1. Calendrier.....	32
2.6.2. Mise en œuvre et retours	32
2.7. Récupération de chaleur sur la douche (T2).....	34
2.7.1. Calendrier.....	34
2.7.2. Mise en œuvre et retours	35
2.8. Autoconsommation PV pour ECS (T2)	36
2.8.1. Calendrier.....	36
2.8.2. Mise en œuvre et retours	37
Module PV.....	37
3. Résultats de mesure	41
3.1. Méthodologie d'analyse.....	41
3.2. Résultats généraux	43
3.2.1. Réductions globales des consommations	43
3.2.2. Répartition des gains sur les consommations électriques.....	44
3.2.3. Répartition des gains sur l'énergie utile.....	46
3.2.4. Répartition des gains sur les pertes statiques	47
3.3. Zoom sur les actions T1	48
3.3.1. Dispositifs hydro-économiques	48
3.3.2. Jaquette isolante	51
3.4. Zoom sur les actions T2.....	55
3.4.1. Préambule : y a-t-il adéquation entre l'énergie stockée et les besoins réels ?	55
3.4.2. Thermostat pilotable.....	56
3.4.3. Chauffe-eau smart	59
3.4.4. Récupérateur de chaleur	61
3.4.5. ECS photovoltaïque.....	64
4. Conclusion technico-économique.....	67
VOLET SCIENCES SOCIALES	69
5. Cadre conceptuel et méthodologique – les hypothèses de notre étude expérimentale sociotechnique	69



5.1. Objectifs spécifiques au volet sciences sociales.....	69
5.2. L'ECS, un bien de consommation singulier - cadre conceptuel et hypothèses.....	69
5.2.1. Gestes, pratiques, comportement et habitudes liés à l'ECS	70
5.2.2. Les apports de la psychologie sociale – déterminants du passage à l'action.....	73
5.2.3. Synergie entre les dimensions technique, sociale et comportementale	75
5.2.4. La participation et l'implication dans le processus de changement	77
5.3. Méthodologie générale du volet sciences sociales	78
5.3.1. Les diverses méthodes de recueil et d'intervention	79
5.3.2. Un dispositif expérimental de terrain – impact, intensité et ordre des interventions	80
5.3.3. Optimisation du recueil et allègement des biais.....	81
5.4. Le protocole d'étude - étapes et panel	81
5.4.1. Détail des actions de notre démarche itérative dite "de panel".....	81
5.4.2. Liste des outils mobilisés.....	82
5.4.3. Contenu des divers modes de recueil.....	83
5.5. Echantillon d'étude et périmètre de validité de nos résultats	84
5.5.1. Construction de l'échantillon	84
5.5.2. Description et qualité de l'échantillon.....	84
5.5.3. Le périmètre de validité de nos résultats – quelle représentativité ?	85
6. Principaux résultats	87
6.1. Représentations et appropriation technique autour de l'ECS.....	87
6.1.1. Les représentations de l'ECS chez les participants.....	87
6.1.2. Appropriation du sujet de l'ECS et des éléments techniques.....	88
6.1.3. Appropriation des équipements smart et connectés	93
6.1.4. La sensation de contrôle sur le changement de pratiques.....	98
6.2. L'adoption de gestes économes et le changement de pratiques liés à l'ECS.....	104
6.2.1. Gestes expérimentés et intégrés dans les pratiques – nombre, ratios et profils de ménages	104
6.2.2. Description des actions économes adoptées/ancrees – le rôle de l'effort perçu	107
6.2.3. Evolution de la perception d'effort et liens avec la sensation de contrôle	112
6.2.4. Les motivations, freins et leviers au changement de pratiques liées à l'ECS.....	115
6.3. Efficacité des gestes adoptés et gains obtenus – L'impact de nos interventions.....	124
6.3.1. Résultats observés et sensation de bénéfice à agir	124
6.3.2. Les gestes qui sont souvent adoptés sont-ils aussi les plus efficaces ? Approche geste par geste	125
6.3.3. Les gains obtenus – approche par logement (tous gestes confondus)	128
6.3.4. Les facteurs qui influencent les gains obtenus	130
7. Conclusion, discussion et recommandations	137
7.1. Enjeux et singularités de l'ECS	137
7.2. Stimuler le changement de pratiques de l'ECS – interventions, mécanismes et leviers	138
7.2.1. Gains générés par notre protocole : efficacité et ordre optimal des interventions	138
7.2.2. Facteurs à cibler en priorité pour faciliter le changement de pratiques	139
7.2.3. Mécanismes clefs du changement de pratiques, leviers & gestes économes à privilégier.....	140
7.3. Pistes d'actions et d'étude pour la suite - recommandations	141
7.3.1. Actions et études à mener.....	141
7.3.2. Autres éléments méthodologiques - recommandations	143
8. Références bibliographiques	145
ANNEXES.....	147
Index des tableaux et figures	167



Sigles et acronymes

ADEME :	Agence de la Transition Ecologique
ECS :	Eau Chaude Sanitaire
CE :	Chauffe-Eau Electrique
TPB :	Théorie du Comportement Planifié (<i>Theory of Planed Behavior</i>)
T1,T2	Actions <u>techniques</u> , respectivement de niveau 1 et 2, mises en place dans les logements
C1,C2	Actions <u>comportementales</u> , respectivement de niveau 1 et 2, mises en place dans les logements



INTRODUCTION : CONTEXTE, OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

Contexte et objectifs

L'eau chaude sanitaire (**notée ECS**) représente environ 35% des besoins d'eau du ménage et plus de 12% de la consommation d'énergie¹. En effet, l'ECS croise deux ressources, et donc deux factures : l'eau froide et l'énergie consommée pour la chauffer et la maintenir à température d'usage.

De plus, devant l'effacement progressif des consommations de chauffage dans les constructions neuves ou rénovées, l'ECS devient un poste de plus en plus significatif dans la facture d'énergie des ménages. Etant donné les objectifs gouvernementaux de performance énergétique du parc immobilier, l'usage et la consommation d'ECS constituent donc un enjeu majeur et croissant.

Parmi toutes les énergies, l'électricité est la première source de production d'ECS, à savoir 46% des logements en résidence principale. Avec un parc de plus de 15 millions d'unités pour 37 millions de logements en 2020, le chauffe-eau électrique à accumulation à effet Joule (**notés CE**) est le système de production d'ECS le plus répandu. Bien qu'affaibli par le durcissement de la réglementation thermique, il demeure incontournable par son faible coût, sa simplicité de mise en œuvre et sa robustesse. Il devrait donc perdurer pendant un certain temps.

Une campagne de mesure financée par l'ADEME en 2017 a permis de caractériser les performances de ces chauffe-eaux en condition réelle. Confiée au bureau d'études Enertech, elle a été menée sur 20 sites résidentiels équipés de chauffe-eaux à effet Joule. La finesse et l'exhaustivité de cette campagne en font un outil d'observation de terrain sans précédent : consommation électrique, température de stockage, d'eau froide et d'ambiance, débit d'eau et énergie puisés, le tout au pas de temps de la minute en mesure communicante.

Ces mesures montrent la part prépondérante de la consommation du chauffe-eau dans la facture d'électricité (jusqu'à plus de 50%) mais aussi la forte variabilité des volumes puisés par personne, des températures moyennes de stockage et des pertes statiques. Elles mettent donc en évidence un potentiel important de réduction des consommations et montrent l'intérêt de travailler à la maîtrise de la consommation d'ECS par les ménages équipés d'un CE, tant sur le plan technique (marges d'amélioration) que des pratiques de consommation.

Trois observations principales articulent la réflexion qui est à l'origine du projet ECSpect :

- La réglementation actuelle ne permettra pas une évolution significative des performances des CE. Les fabricants ont convergé vers un standard technico-économique qui n'est pas amené à évoluer significativement dans ce sens.
- Les observations faites sur le terrain montrent une absence de maîtrise des consommations des ménages : pertes statiques des appareils, absence de contrôle des températures stockées, variabilité des débits, peu de sobriété dans les usages, etc.
- Le manque de données précises sur la consommation et les usages de l'ECS, sur la dimension "technique" (temps de puisage, consommation par poste, etc.) mais également comportementale (profils, habitudes de consommation, freins et leviers au changement de pratiques, etc.), empêche d'articuler un programme de rénovation global autour d'actions prioritaires bien ciblées.

L'ambition du projet ECSPECT (ECS - Programme d'Expérimentations Comportementales et Techniques) est de palier à ce défaut de connaissance, notamment en testant et en évaluant sur le terrain diverses solutions techniques et approches comportementales de changement de pratiques et de réduction des consommations d'ECS. Dans la continuité de la campagne "Chauffe-eaux ADEME" (2017), l'objectif global du projet est multiple :

- Quantifier le plus objectivement possible les marges d'optimisation des CE qui s'offrent aujourd'hui, en mettant en œuvre un large panel de solutions techniques évaluées par la mesure ;
- Quantifier par la mesure, au sein d'un programme sociotechnique complet, la marge de réduction de consommation d'ECS propre à la minimisation des débits de puisage et à la mise en pratique d'un ensemble de gestes économes ;
- Analyser les situations et mécanismes favorables au changement de pratiques liées à l'ECS auprès de 13 ménages ;
- Identifier les déterminants de ce processus et notamment les freins et leviers à la réduction de la consommation ;
- Tester l'effet de divers outils et modes d'intervention sur le changement de pratiques, et d'identifier les profils plus disposés à faire des efforts.

Le programme ECSpect s'emploie à valoriser la métrologie en place, en retenant 14 des 20 sites dans lesquels la mesure sera poursuivie pendant 24 mois afin de mettre en œuvre l'ensemble des actions et d'en évaluer l'impact.

Approche méthodologique et protocole expérimental

Notre étude porte sur les ménages détenteurs d'un CE pour la production d'ECS. Elle propose un programme de recherche expérimentale innovant en sciences sociales, comportementales et de l'ingénieur, qui croise intrinsèquement la dimension technique, humaine et sociale. Sa force réside dans la mise en œuvre d'un protocole expérimental composé d'une gamme de solutions et d'interventions sur les volets techniques, usages et pratiques. D'une durée de plus de 24 mois, ce protocole croise diverses dimensions afin de produire des données riches et fines sur l'interface sociotechnique : (1) l'installation/amélioration d'équipements et réseau ; (2) le recueil de données (mesures par instrumentation, entretiens et questionnaires), (3) la démarche participative (atelier); (4) l'accompagnement au changement (manipulation de matériel de mesure, dépassement des freins, etc.) et (5) l'expérimentation sous contrôle.

¹ ADEME 2016 / <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/leau-chaude-sanitaire>



En effet, le programme repose sur un dispositif expérimental "en site naturel" (*field experiment*)² (Brent et al., 2017 ; Litvine & Wüstenhagen, 2011) dans lequel les 13 ménages sont partagés en deux groupes relativement similaires (groupe A et B) : dans l'un des groupes (A) nous intervenons d'abord sur le plan comportemental (informer, sensibiliser, accompagner, etc.) puis technique (équipements, mesures, etc.), et dans l'autre groupe (B) l'ordre est inversé : technique puis comportemental.

Chaque bouquet d'actions (techniques et comportementales) comporte 2 niveaux : un niveau léger numéroté "1" et un niveau plus approfondi numéroté "2". Les actions sont ainsi qualifiées de T1 ou T2 pour les interventions techniques et C1 ou C2 pour les interventions comportementales.

Les interventions techniques consistent en l'installation de divers équipements : jaquette d'isolation du chauffe-eau, installation de dispositifs hydro économes, pose d'un chauffe-eau intelligent (smart), pommeau de douche communiquant indiquant le volume d'eau consommé, pose d'un thermostat électronique pilotable, etc. Ces équipements ont été installés en deux étapes : T1 et T2. L'intervention T1 porte sur des éléments simples appliqués à la totalité des ménages tandis que l'intervention T2 concerne des équipements plus sophistiqués, dont certains n'étaient destinés qu'à un ménage (ex. l'installation PV en autoconsommation pour alimenter le C, dispositif de récupération de chaleur sur eau usée des douches, etc.).

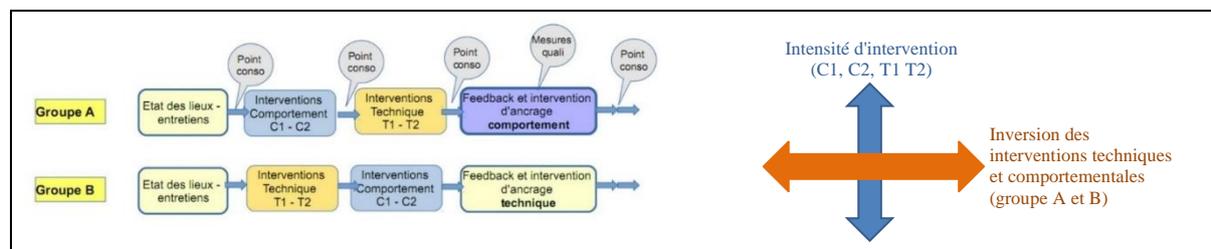
L'intervention C1 se base sur des outils d'information et de sensibilisation, dans une approche d'éco-gestes renforcée ; informations générales sur la consommation d'ECS, les enjeux et les gisements (fascicule) ; visite active visant à observer les modes de consommation ; exprimer le niveau d'effort perçu pour une liste de nouveaux gestes ; s'engager sur quelques gestes. L'intervention C2 combine divers outils d'accompagnement au changement (travailler sur les freins et motivations, expérimenter-faire-voir, se fixer des objectifs, donner de l'autonomie, etc.) qui requiert et induit un niveau d'implication supérieur par l'utilisateur.

Ce dispositif expérimental s'adosse à un protocole empirique riche et varié, basé sur une démarche de panel, à savoir avec une récurrence des points d'intervention et de recueil/mesures, afin de bien observer l'évolution. Un atelier participatif a également été mené en décembre 2020 avec 10 des 13 ménages, dans une démarche d'accompagnement au changement et de co-développement entre participants, afin notamment de stimuler le changement de pratiques ainsi que la durabilité de ce dernier.

Au final le protocole proposé intervient à la fois sur (1) la diversité des modes de recueil et d'intervention, (2) l'intensité de cette intervention à travers 2 étapes mobilisant des outils différents (C1/C2 et T1/T2), et enfin (3) sur l'ordre des interventions de nature technique et comportementale (groupe A et B).

Nous analysons ensuite l'impact de cet ordre d'intervention sur le comportement et sur le niveau de participation. Un questionnaire mensuel (A7) visait à contrôler au mieux les facteurs tierces, autrement dit les situations/facteurs pouvant modifier la consommation d'ECS au-delà des pratiques des ménages (nouveaux occupants, absences, travaux et fuites). Ce contrôle est essentiel dans une expérimentation (terrain ou laboratoire).

Ce mode empirique offre des conclusions fortes quant à l'influence croisée des interventions de type comportemental et technique sur le changement de pratiques (conclusions de nature causale), en étant le plus proche des conditions naturelles, ici au domicile des participants.

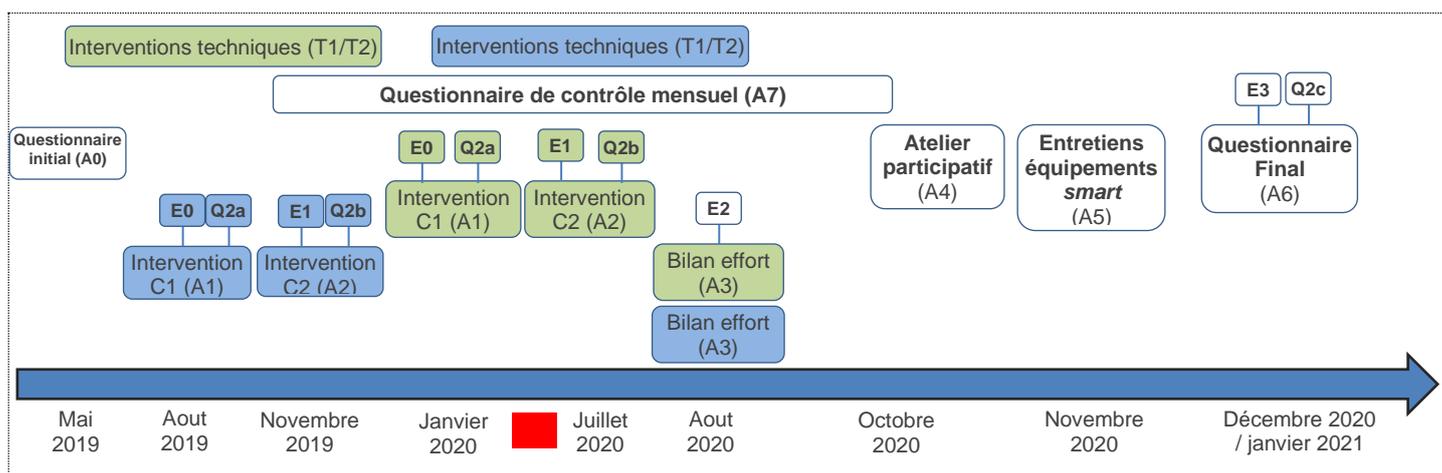


Calendrier du projet

Le calendrier du projet a représenté un véritable défi. Les interventions techniques et comportementales devaient être séquentielles, mais inversées entre les deux groupes, ce qui a compliqué fortement l'organisation. Les délais d'approvisionnement du matériel, les contraintes d'agenda des ménages et le fait d'alterner face à face et distanciel ont intensifié les difficultés.

² Les expérimentations de terrain (*field experiment*) constituent un mode expérimental dans lequel le traitement est réalisé dans un cadre "naturel", en modifiant le moins possible le réalisme, en comparaison avec des expérimentations en laboratoire (*lab experiment*).

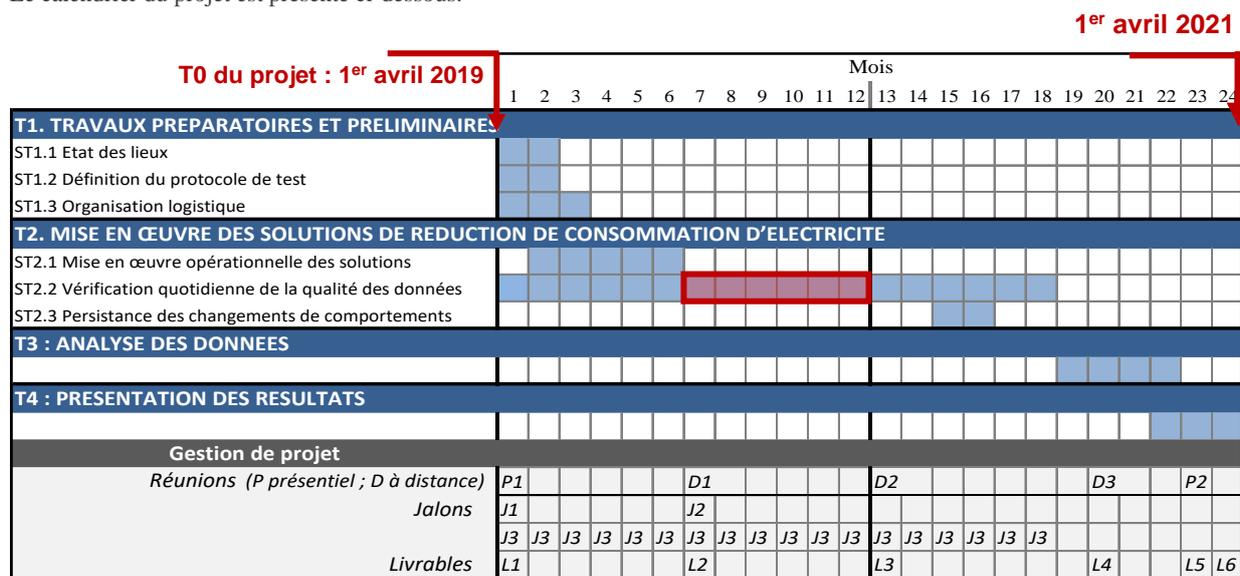




Groupe A ■
 Groupe B ■ Actions communes aux deux groupes 1^{er} confinement covid 19 ■

De plus, chaque intervention était espacée d'au moins un mois, afin de laisser du temps pour assimiler les informations fournies, expérimenter de nouveaux gestes, jauger l'effort et au final induire ou pas le changement de geste/ pratique. Nous avons dû espacer certaines interventions du fait de la crise sanitaire, notamment celles du groupe B (6 mois entre C1 et C2), ainsi que l'atelier. Enfin, nous souhaitons également laisser un temps significatif entre la dernière intervention et le questionnaire final. Concernant les entretiens menés sur les équipements *smart* (Cotherm, Vizengo, Hydrao, Helios4You et GaiaGreen), nous souhaitons attendre quelques mois après la dernière intervention technique, afin de laisser un temps aux participants pour manipuler les équipements.

Le calendrier du projet est présenté ci-dessous.



L'état des lieux s'est déroulé du 14 mai au 07 juin 2019 en accord avec le planning.

La mise en œuvre des solutions dans les logements a débuté le 17 juillet 2019 soit 2,5 mois plus tard que prévu et s'est achevée le 17 mars 2020 soit 6 mois plus tard que prévu. Cet écart s'explique en partie par un retard au démarrage du projet ainsi que par la mise en œuvre des solutions dans les logements qui a pris plus de temps que prévu et dont on a finalement souhaité qu'elles soient espacées entre elles d'un mois minimum.

La dépose des appareils de mesures s'est déroulée courant octobre 2020.

La période de mesure avec l'ensemble des solutions techniques et comportementales effectué a ainsi durée 6 mois aux lieux des 12 initialement prévus.



ETUDE TECHNIQUE

1. Généralités

1.1. Métrologie en place sur les installations

1.1.1. Grandeurs mesurées

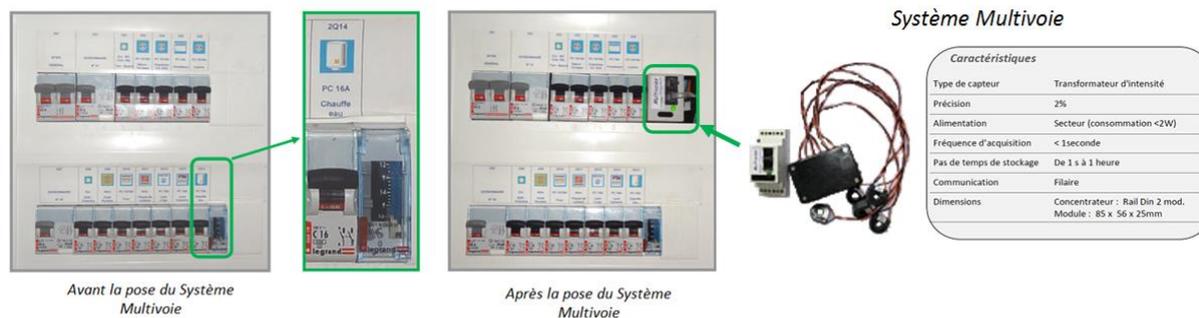
La métrologie en place sur chaque installation permet de mesurer **au pas de temps de la minute et en communiquant** les paramètres suivants :

- ✓ Consommation électrique du chauffe-eau,
- ✓ Volume d'ECS puisé sur le chauffe-eau (via les impulsions du compteur de chaleur installé sur l'arrivée d'eau froide du chauffe-eau lors du projet *Chauffe-eau ADEME*),
- ✓ Energie thermique soutirée au chauffe-eau (via les impulsions du compteur de chaleur),
- ✓ Température de l'eau en applique sur l'entrée du chauffe-eau (eau froide) avec calibration de la mesure grâce à l'information de température fournie par le compteur de chaleur,
- ✓ Température de l'eau en applique sur la sortie du chauffe-eau (eau chaude) avec calibration de la mesure grâce à l'information de température fournie par le compteur de chaleur.

Nous avons également suivi au pas de temps de 10 minutes la température ambiante du local dans lequel est situé le chauffe-eau.

1.1.2. Consommation électrique de la résistance

Les consommations électriques des chauffe-eaux ont été suivies à partir d'une pince ampèremétrique située au niveau du disjoncteur dédié dans le tableau électrique.



Cette pince ampèremétrique a été raccordée à un concentrateur de données. Ces équipements composent le système Multivoie.

1.1.3. Compteur de chaleur individuel

Afin de mesurer le volume d'eau chaude puisée et l'énergie thermique produite par le chauffe-eau, nous avons fait installer par une entreprise de plomberie un compteur de chaleur sur chaque chauffe-eau (installation datant du projet *Chauffe-eau ADEME*).

Ce compteur Multical 402 du fabricant Kamstrup nous a fourni les informations « énergie puisée » et « volume puisé » sous forme d'impulsions, à raison de :

- 1 Pulse pour 100Wh (pour l'énergie)
- 1 Pulse pour 1 litre (pour le volume)

Les pulses énergie et volume émis par les compteurs sont enregistrés au pas de temps de la minute par un enregistreur d'impulsions. Ce capteur dispose par ailleurs de deux sondes de températures qui sont disposées en applique sur l'arrivée eau froide du chauffe-eau et la sortie eau chaude.

Ces données sont communiquées en permanence au module radio du système Multivoie.



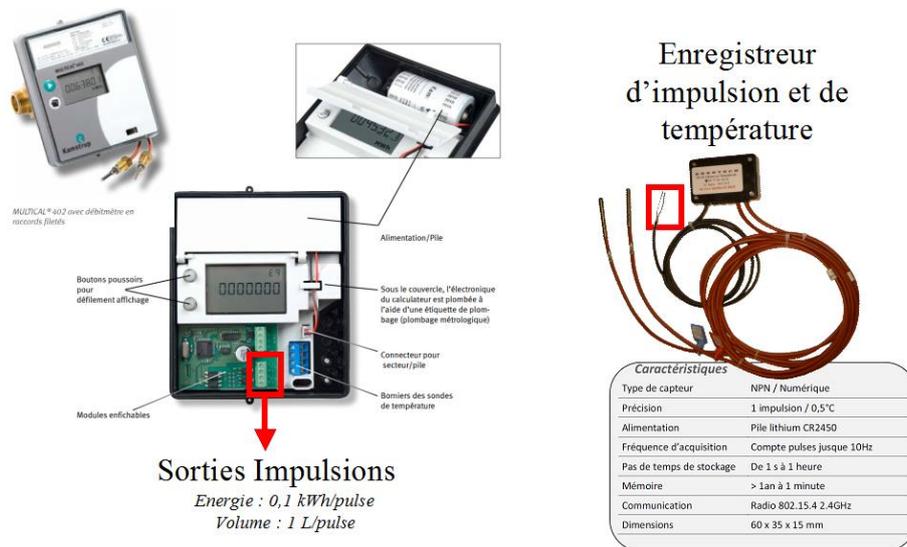
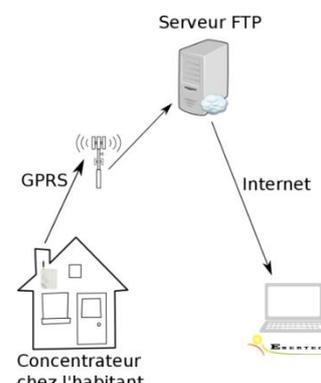


Figure 2 : Mise en œuvre du compteur de chaleur Multical 402 de Kamstrup.

1.1.4. Communication des données

Sur le concentrateur de données dans le tableau électrique sont également raccordés pour la fonction communicante :

- ✓ Un module radio réceptionnant les données mesurées par le module température/impulsions ;
- ✓ Un module GPRS qui permet le renvoi de l'ensemble des données sur un serveur FTP (interne à ENERTECH) via le réseau de téléphonie mobile.



1.1.5. Procédure de détermination des températures ECS stockée et EF.

Comme expliqué précédemment, les températures « eau chaude » et « eau froide » ont été mesurées à l'aide de sondes de contact sur les tuyaux d'entrée et de sortie du chauffe-eau. La mesure en applique étant moins précise qu'en doigt de gant, les données ont été corrigées par des offsets calibrés sur les sondes en doigt de gant de chaque compteur de chaleur.

La problématique qui est abordée ici est la suivante : les températures en applique évoluent dans le temps et, lorsqu'il n'y a pas de puisage, sont proches de la température ambiante du local où se trouve le chauffe-eau. Il faut donc traiter les données pour en extraire des températures d'eau froide d'une part et d'eau chaude stockée en haut du chauffe-eau d'autre part.

Le graphique en Figure 3 illustre un comportement typique des sondes durant un train de puisage :

- Lorsqu'il n'y a pas de puisage, les températures d'eau chaude et d'eau froide se confondent, en tendant vers la température ambiante du local (début et fin du graphe) ;



- Lorsqu'il y a un puisage de plus de 2 minutes, la température d'ECS augmente pour atteindre ce que nous considérons comme la température de stockage, pour ensuite diminuer doucement vers la valeur de la température ambiante. Pour l'eau froide, sa température diminue puis augmente à nouveau doucement pour tendre vers la température ambiante ;
- Lorsqu'il y a un puisage d'une durée inférieure à 2 minutes, les sondes de température d'eau chaude et d'eau froide n'atteignent pas les valeurs observées lors de puisages plus longs.

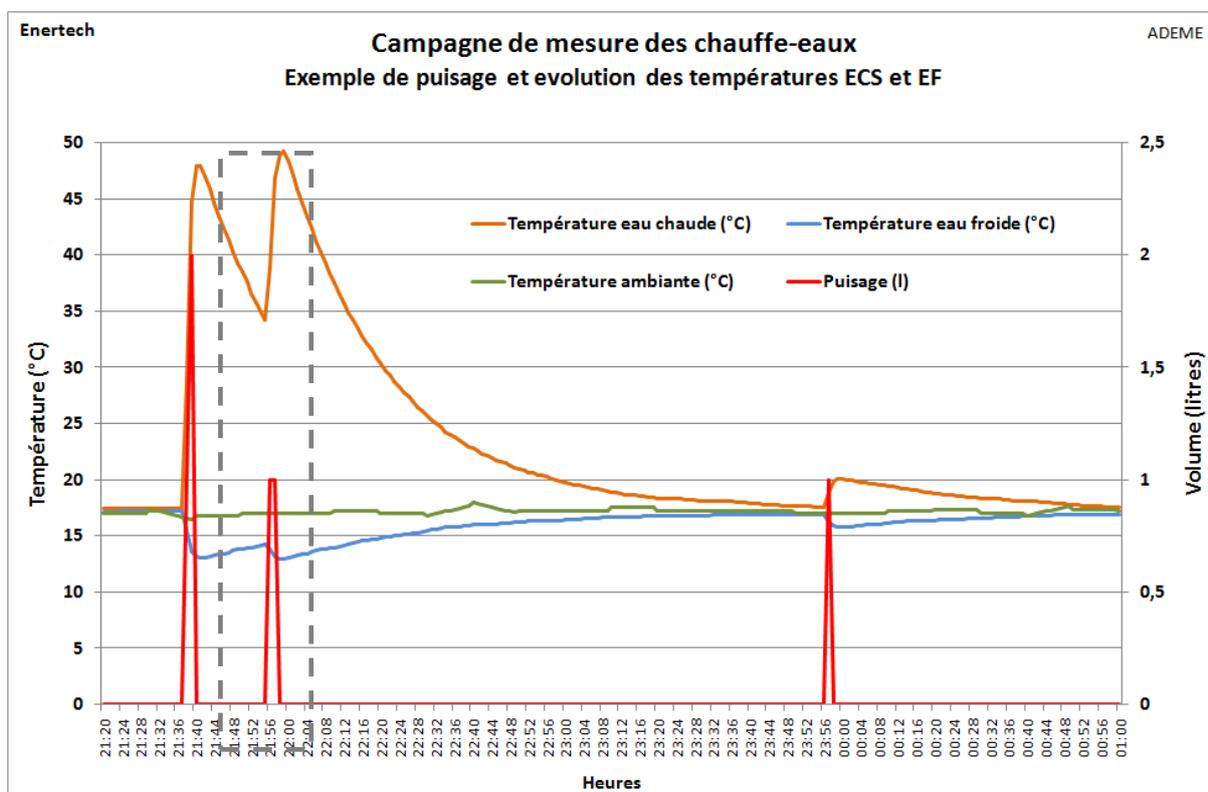


Figure 3 : Evolution des températures en fonction des puisages (pas de temps 1 minute).

Pour obtenir la température d'eau chaude et d'eau froide propre à chaque puisage, nous avons utilisé la procédure suivante, illustrée dans le Tableau 1 :

- Détection d'un cycle de puisage supérieur à 2 minutes ;
- Extraction des températures de stockage et d'eau froide, du début du puisage (T_0) jusqu'à « $T_0 + 5$ min. », ces profils formant des « cloches » ;
- Sélection de la température maximale de chaque profil pour « T°C Eau Chaude » et de la température minimale pour « T°C Eau Froide ».

Date	Heure	Puisage (L)	T°C ambiante (°C)	T°C Eau Chaude	T°C Eau froide (°C)
25/03/2017	21:30	0	17,4	17,5	17,2
25/03/2017	21:31	0	17,3	17,5	17,3
25/03/2017	21:32	0	17,2	17,5	17,3
25/03/2017	21:33	0	17,1	17,5	17,3
25/03/2017	21:34	0	17	17,5	17,3
25/03/2017	21:35	0	16,9	17,5	17,3
25/03/2017	21:36	0	16,8	17,5	17,2
25/03/2017	21:37	0	16,7	17,5	17,2
25/03/2017	21:38	1	16,6	28,7	15,5
25/03/2017	21:39	2	16,5	44,8	13,6
25/03/2017	21:40	0	16,8	48	13,2
25/03/2017	21:41	0	16,8	47,9	13,1
25/03/2017	21:42	0	16,8	47	13,2
25/03/2017	21:43	0	16,8	45,9	13,2
25/03/2017	21:44	0	16,8	44,7	13,3
25/03/2017	21:45	0	16,8	43,5	13,4
25/03/2017	21:46	0	16,8	42,4	13,4
25/03/2017	21:47	0	16,8	41,4	13,5
25/03/2017	21:48	0	16,8	40,4	13,7
25/03/2017	21:49	0	16,8	39,3	13,8
25/03/2017	21:50	0	17	38,5	13,9

Tableau 1 : Données issues de la zone en pointillée du graphique en Figure 3. Erreur ! Source du renvoi introuvable.

Cette méthode nous a permis d'extraire, pour l'ensemble des 20 chauffe-eaux suivis lors du projet *chauffe-eau ADEME*, près de 17 000 cycles de puisage supérieurs à 2 minutes (contre 48 000 cycles de puisages mesurés, supérieurs à 1 min). Pour chacun de ces 17 000 cycles nous avons ainsi pu extraire une durée de puisage, un volume puisé et des températures assimilée à « eau chaude stockée » et « eau froide » propres à chaque puisage (Tableau 2).

Logement	Date	Heure	Durée (min.)	Volume (litres)	T°C ECS	T°C EF	T°C ambiance
Log1	25/03/2017	10:29	6	14	50,1	12,8	17,0
Log1	25/03/2017	10:37	3	7	49,9	12,8	17,5
Log1	25/03/2017	11:31	4	4	50,2	13,0	17,1
Log1	25/03/2017	11:48	16	41	52,0	12,7	18,2
Log1	25/03/2017	12:16	2	3	49,6	13,0	17,6
Log1	25/03/2017	21:38	2	3	48,0	13,1	16,6
Log1	25/03/2017	21:56	2	2	49,3	13,0	17,0
Log1	26/03/2017	10:05	8	19	49,9	12,7	16,6
Log1	26/03/2017	10:14	3	7	49,4	12,7	16,8
Log1	26/03/2017	13:49	6	9	50,9	12,7	16,7

Tableau 2 : Exemple de post-processing des puisages avec les températures EF, ECS et ambiances associées.

1.2. Description du protocole de test

1.2.1. Etat des lieux et réactivation de la métrologie

La première étape du programme ECSpect était de retourner physiquement dans les 14 logements³ participants avec les objectifs suivants :

- Présenter aux participants le programme d'expérimentation et notamment les équipements techniques susceptibles d'être mis en place.
- Effectuer la remise en route de la métrologie (changement des piles et de certains mesureurs défectueux, relevé des index des compteurs de chaleur et vérification du bon fonctionnement de la chaîne de communication de la mesure).
- Effectuer de nouvelles mesures des débits instantanés aux points de puisages.
- Etudier les faisabilités de mise en œuvre et d'acceptation des interventions techniques envisagées, en lien avec les contraintes de chaque fabricant.
- Recueillir les informations sociodémographiques de base auprès des participants afin de constituer les deux groupes du protocole.

	20					21					22					23														
	13-mai	14-mai	15-mai	16-mai	17-mai	18-mai	19-mai	20-mai	21-mai	22-mai	23-mai	24-mai	25-mai	26-mai	27-mai	28-mai	29-mai	30-mai	31-mai	01-juin	02-juin	03-juin	04-juin	05-juin	06-juin	07-juin	08-juin	09-juin		
Log 01																														
Log 04																														
Log 05																														
Log 06																														
Log 07																														
Log 08																														
Log 09																														
Log 10																														
Log 11																														
Log 12																														
Log 13																														
Log 15																														
Log 17																														
Log 18																														
Log 19																														

Figure 4 : Date de réalisation des états des lieux préliminaires dans les logements.

³ 15 logements étaient initialement prévus dans le programme ECSpect. Un logement s'est malheureusement désisté au démarrage.



ECSPECT - Etat des lieux initial – profil des ménages

Numéro du logement : _____
Nom : _____
Date : _____

1) Quelle est l'activité professionnelle actuelle du ou des responsables de ménage ?
Note: l'activité pour 1 ou 2 responsables / NB : personne(s) impliquée(s) dans les décisions liées à la consommation ou du budget, ou en charge de ces dernières

Responsable 1	Responsable 2
	1. Agriculteur, fermier
	2. Artisan / Commerçant / propriétaire d'une entreprise de moins de 10 salariés
	3. Chef d'entreprise de 10 employés ou plus
	4. Cadre supérieur, profession libérale (médecin, dentiste, etc.), Haut fonctionnaire
	5. Cadre, enseignant, profession intermédiaire du secteur privé ou public
	6. Employé (bureau, commerces, services, santé, secteur public...)
	7. Ouvrier
	8. Retraité
	9. Étudiant
	10. Autre (sans emploi, au foyer...)

2) Si le/les responsables sont inactifs (chômage, sans emploi ou à la retraite), quelle était sa/leur occupation précédente ?

Responsable 1	Responsable 2
	1. Agriculteur, fermier
	2. Artisan / Commerçant / propriétaire d'une entreprise de moins de 10 salariés
	3. Chef d'entreprise de 10 employés ou plus
	4. Cadre supérieur, profession libérale (médecin, dentiste, etc.), Haut fonctionnaire
	5. Cadre, enseignant, profession intermédiaire du secteur privé ou public
	6. Employé (bureau, commerces, services, santé, secteur public...)
	7. Ouvrier

3) Pour vous, utiliser de l'eau chaude c'est avant tout une question ...
Choisir maximum 3 réponses, en les classant par ordre d'importance

a. De plaisir
b. De confort
c. Financière (Economie - facture)
d. D'hygiène et de santé (1)
e. De sobriété (contrôler sa conso) et d'impact sur l'environnement
f. D'usage (c'est utile un point c'est tout)
g. Autre : « C'est pratique, pour le ménage, laver la vaisselle, etc. » _____

4) Concernant l'ECS, vous considérez-vous (votre ménage) comme un

1. Petit consommateur
2. Moyen consommateur
3. Gros consommateur
4. Ne souhaite pas répondre

5) Il y a-t-il un événement ou changement dans un avenir proche qui pourrait modifier votre consommation d'ECS de manière significative ?
-
-
-

Actions écologiques (déchets, mobilité, conso, recyclage, etc.) ?
oui / un peu / non / pas visible

Figure 5 : Questionnaire ayant servi à l'élaboration des deux groupes définis dans le protocole.

Remarque importante : le logement 5 s'est désisté.

Les occupants du logement 5 ont déménagé en mai 2019. Les nouveaux locataires se sont montrés très réticents à engager leur participation à cette étude malgré les arguments du projet. Le contact du bailleur social concerné (Drôme Aménagement Habitat) n'a pas permis de rétablir la situation. Les occupants ainsi que l'électricien qui intervenait alors dans le logement se sont très rapidement montrés hostiles et ont menacé de jeter le matériel séance tenante. Nous sommes donc allés déposer les capteurs en urgence.

L'état des lieux a permis de constater des écarts de consommations d'ECS significatifs entre l'année de la campagne de mesure chauffe-eaux et l'année qui a suivi (avant démarrage d'ECSpect). La comparaison des index annualisés des deux périodes est présentée en Figure 6. On notera les éléments suivants :

- Le **log.07** a connu une augmentation de près de 100%. L'occupant n'a identifié aucun événement susceptible d'expliquer cette augmentation.
- Le **log.08**, personne seule et souvent absente, a connu une augmentation importante en valeur relative mais correspondant seulement à 77kWh/an.
- L'occupante du **log.04** (logement social) est décédée fin janvier 2019 et a été remplacée au mois de mai 2019 par un locataire ayant par chance un profil de puisage a priori relativement similaire (environ une douche par semaine).
- Les occupants du **log.10** (2 adultes/2enfants, logement social) ont déménagé fin novembre 2017. La nouvelle occupante est seule et occupe les lieux depuis début décembre 2017. La diminution de 80% du puisage ECS correspond à ce changement.

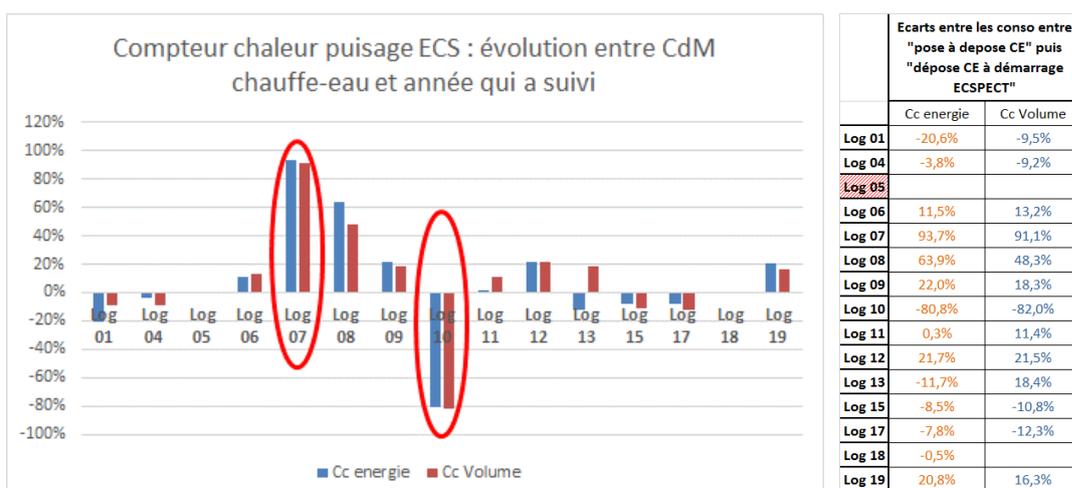


Figure 6 : Ecart relatif entre les index de consommation énergie/ volume de la campagne de mesure chauffe-eau ADEME et de l'année qui a suivi.

Ces données nous invitent à renforcer notre vigilance dans l'interprétation des mesures avant/après action. La variabilité naturelle des puisages (en l'absence d'action particulière) peut à elle seule générer des écarts de consommations d'eau et d'énergie importants.



1.2.2. Formation des groupes A et B

A la suite de l'état des lieux sociotechnique, les groupes A et B ont pu être créés (Figure 7). Le protocole défini dans le projet consiste en effet à séparer l'échantillon en deux groupes dans lesquels les interventions comportementales et techniques seront inversées. L'objectif est d'analyser l'éventuel impact de l'intervention dans la sensibilité des occupants aux actions comportementales.

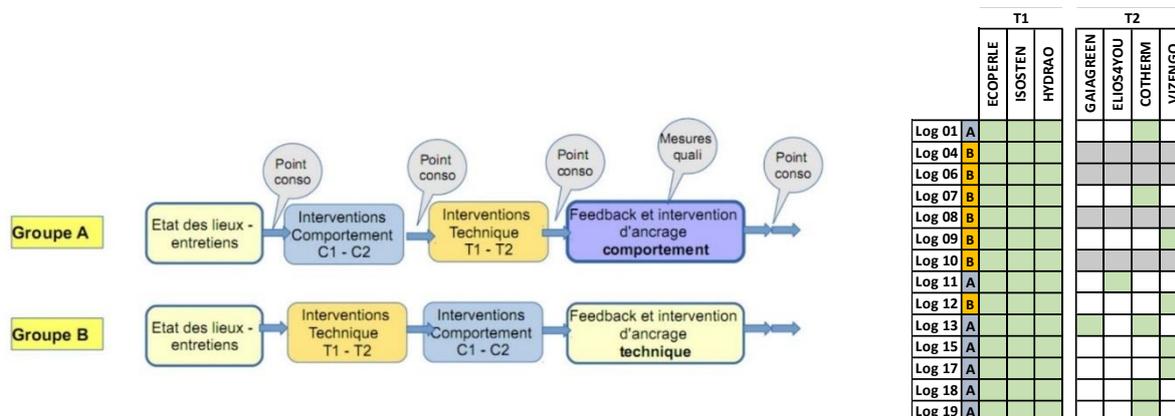


Figure 7 : Répartition des logements au sein des deux groupes A et B. NB : Les numéros des logements correspondent bien à ceux qui ont été attribués aux logements lors de la campagne de mesure Chauffe-Eau ADEME.

On notera que l'ensemble des logements du groupe A (actions comportementales puis actions techniques) sont des logements qui ont tous fait l'objet d'interventions T2 lourdes, tandis que les quatre seuls logements qui n'ont pas eu d'action T2 appartiennent au groupe B.

Des tests ont été effectués afin de s'assurer que les deux groupes étaient homogènes sur la base des variables psychosociologiques renseignées lors du questionnaire préalable (CSP, motivations liées à l'eau chaude, niveau d'engagement écologique) ainsi que des données déjà existantes (nombre d'occupants, classe de revenus, surface habitable, consommation d'eau, etc.). Les deux groupes sont plutôt homogènes, même si des différences significatives subsistent notamment au niveau de la surface moyenne (le groupe A présente une surface habitable et un nombre d'occupants supérieurs en moyenne au groupe B).

NB : Les numéros des logements présentés ici sont les numéros ayant été attribués aux logements lors de la campagne de mesure Chauffe-Eau ADEME.

Il faut noter ici une prédominance assez forte des contraintes techniques dans le choix des groupes. En effet les interventions techniques T2 (lourdes) :

- S'avèrent contraignantes sur le choix des installations (contraintes liées au matériel mis en place, à la difficulté de trouver une installation propice à la récupération de chaleur, à celle de trouver le logement acceptant une installation photovoltaïque, etc.).
- Nécessitent des délais de réalisation plus longs que prévu (artisans difficilement mobilisables dans l'urgence, comme on le sait !).

Ces contraintes sont illustrées ci-dessous.

CONTRAINTES TECHNIQUES interventions T2

	GAIAGREEN	ELIOS4YOU	COTHERM	ATLANTIC
Log 01	Pb accès aux évacuations	Maison de village, vieux bourg, ABF	OK	Pb accès
Log 04	Logement collectif et locatif	Logement collectif et locatif	pas de smartphone	OK
Log 06	Pb accès aux évacuations	Maison de village, vieux bourg, ABF	Thermostat électronique ACI+	Pb accès
Log 07	OK	OK	OK	OK
Log 08	Logement collectif et locatif	Logement collectif et locatif	pas de smartphone	Pb accès
Log 09	Pb accès aux évacuations	Difficultés d'accès	OK	OK
Log 10	Logement collectif et locatif	Logement collectif et locatif	pas de smartphone	Pb accès
Log 11	Pb accès aux évacuations	OK	pas compatible	OK
Log 12	Pb accès aux évacuations	Chauffe Eau alimenté en triphasé	Alimentation en triphasé sans neutre	OK mais en triphasé
Log 13	OK	OK	OK	OK
Log 15	Logement social locatif	Logement social locatif	OK	OK
Log 17	Pb accès aux évacuations	Maison de village, vieux bourg, ABF	OK	OK
Log 18	Pb accès aux évacuations	Maison de village, vieux bourg, ABF	OK	OK
Log 19	Pb accès aux évacuations	Maison de village, vieux bourg, ABF	OK	OK

Figure 8 : Contraintes techniques liées aux interventions T2.

1.2.3. Enchaînement des actions



Le protocole de test finalement mis en œuvre dans les logements est détaillé en Figure 9. Erreur ! Source du renvoi introuvable..

GROUPE A	Niveau « light » C1			Niveau « renforcé » C2				Travaux « light » T1			Travaux « plus lourds » T2				Persistance des comportements
	Sensibilisation en présence des occupants aux éco-gestes quotidiens			Organisation d'un atelier collectif de partage de bonnes pratiques, freins et de co-construction de solution				Jaquette isolante	HYDRAO avec red. débit et couleurs	EcoPerf	Thermostat électro	CE Smart	LaDouche / Gaia Green	Install PV	
2 mois entre chaque interventions															
Logement concernés	Tout les log			Tout les log				Tout les log	Tout les log	Tout les log	Log 01, 13, 16, 19	log 15 et 17	Log 13	Log 11	Tout les log, présent à l'atelier
Intervention 1	✓ C1 + HYDRAO sans réducteur débit et sans code couleur			-				-	-	-	-	-	-	-	-
Intervention 2	-			✓ C2 + mise en place code couleur et réducteur débit HYDRAO				-	-	-	-	-	-	-	-
Intervention 3	-			-				✓	✓	✓	-	-	-	✓	-
Intervention 4	-			-				-	-	-	✓	✓ + retrait jaquette	✓	Hydrao+accup esle	-
Intervention 5	-			-				-	-	-	-	Remise de la jaquette	-	-	-
Intervention 6	-			-				-	-	-	-	-	-	-	✓

GROUPE B	Travaux « light » T1			Travaux « plus lourds » T2				Niveau « light » C1			Niveau « renforcé » C2				Persistance des comportements
	Jaquette isolante	HYDRAO	EcoPerf	Thermostat électro	CE Smart	LaDouche / Gaia Green	Install PV	Sensibilisation en présence des occupants aux éco-gestes quotidiens			Organisation d'un atelier collectif de partage de bonnes pratiques, freins et de co-construction de solution				
2 mois entre chaque interventions															
Logement concernés	Tout les log	Tout les log	Tout les log	Log 07	log 9 et log 12	-	-	Tout les log			Tout les log				Tout les log, présent à l'atelier
Intervention 1	✓	avec red. sans code couleur	✓	-	-	-	-	-			-				-
Intervention 2	-	-	-	✓	✓ + retrait jaquette	-	-	-			-				-
Intervention 3	-	-	-	-	Remise de la jaquette	-	-	-			-				-
Intervention 4	-	-	-	-	-	-	-	✓ C1 + HYDRAO sans réducteur débit et sans code couleur			-				-
Intervention 5	-	-	-	-	-	-	-	-			✓ C2 + mise en place code couleur et réducteur débit HYDRAO				-
Intervention 6	-	-	-	-	-	-	-	-			-				✓

Figure 9 : Protocole de test suivi dans les logements.

Quelques remarques sur le déroulement du protocole :

- Un « point consommation » a été réalisé entre C1 et C2 dans le groupe A afin d'orienter les actions de comportement de type C2. ISEA a ainsi pu constituer un kit de manipulation/expérimentation (cf. p. 83) constitué d'un bloc note aimanté (à placer sur le chauffe-eau, afin de faciliter le relevé du compteur après sensibilisation), d'un sablier avec ventouse (pour effectuer le test d'une douche de 5 minutes), d'un débitmètre pour comparer les débits aux différents points de puisages, sensation d'eau qui coule, etc., d'un thermomètre (pour évaluer si la T° interne au chauffe-eau n'est pas élevée) et d'un chronomètre pour calculer le temps pour obtenir une eau tiède ou chaude (pédagogie autour des « pièges » du mitigeur, avec un appel d'eau chaude/tiède souvent pour ne souvent pas la consommer).
- La difficulté posée par le pommeau Hydrao, qui cumule une action de type T1 et une action de type C1, a été contournée grâce à la possibilité (offerte par le pommeau) de déclencher ou non le code couleur (C1), et de disposer ou non le réducteur de débit (T1). Lors des actions C2 nous avons activé les codes couleurs, fixé des objectifs en termes de débit (gradient) et navigué dans l'application pour en faciliter l'appropriation.

1.2.4. Tableau de bord à destination des usagers

Le suivi des mesures de consommation étant déjà complexe à réaliser, nous avons rapidement identifié l'importance de pouvoir isoler des facteurs inhabituels ou exogènes au mode de consommation du ménage. Nous entendons ici des évènements ou changements opérés qui pourraient modifier significativement la consommation d'ECS sans que cela ne soit imputable au comportement ni aux équipements techniques : accueillir une ou plusieurs personnes pendant au moins une nuit, quitter le logement pendant au moins une nuit, travaux réalisés, fuites identifiées, etc.

Un questionnaire a été envoyé mensuellement à tous les participants depuis octobre 2019, et ce dès lors que tous les membres du groupe ont participé au C1. Pour ceux qui n'ont pas internet, nous procédons par téléphone. Nous avons créé un questionnaire spécial "confinement" pour les mois de mars et avril 2020.

Les réponses des participants sont ensuite reportées sur le document de suivi des consommations envoyé tous les mois à l'ADEME par ENERTECH.

Ce tableau de bord, non prévu initialement, est relativement chronophage, mais essentiel pour contrôler et lisser d'éventuels changements de consommation. Il pourrait être amélioré et utilisé dans d'autres projets portant sur la consommation de fluide.

1.2.5. Suivi mensuel des données



Durant toute la période de mesure un fichier de suivi des données a été envoyé tous les mois à l'ADEME. Ce fichier possède un onglet par logement et intègre les données suivantes moyennées à la semaine :

- ✓ Energie élec chauffe-eau (kWh)
- ✓ Energie utile puisée (kWh)
- ✓ Pertes du chauffe-eau (kWh)
- ✓ Température moyenne d'eau froide (°C)
- ✓ Température moyenne ECS puisée (°C)
- ✓ Température maxi ECS puisée (°C)
- ✓ Volumes puisés sur le chauffe-eau (Litres)
- ✓ Volumes puisés « équivalents 40°C » (Litres)
- ✓ Nombre total de puisages (sans unité)
- ✓ Part de puisages de plus de 5min (%)
- ✓ Part de puisages de 2 à 5min (%)
- ✓ Part de puisages de moins de 2min (%)
- ✓ Durée moyenne des puisages (mn)
- ✓ Volume douche puisé (L) (données HYDRAO)
- ✓ Nombre de "puisages douches" (données HYDRAO)

Les principales interventions techniques ainsi que celles issues du tableau de bord évoqué précédemment ont été reportées dans ce fichier de suivi et ont permis d'affiner considérablement le traitement de données (Cf. Figure 10).

Entre pose et dépose CE		Cc énergie (kWh/sem.)		Cc Volume (l/sem.)		A - Energie élec chauffe-eau (kWh)	B - Energie utile puisée (kWh)	C - Pertes du chauffe-eau (kWh)	D - Température moyenne eau froide (°C)	E - Température moyenne ECS puisée (°C)	F - Température max ECS puisée (°C)	G - Puisages sur le chauffe-eau (Litres)	H - Puisages équivalents 40°C (Litres)	I - Nombre total de puisages (sans unité)	J - Part de puisages > 5min (%)	K - Part de puisages de 2 à 5min (%)	L - Part de puisages de < 2min (%)	M - Durée moyenne des puisages (mn)	Hydrao - Volume douche puisé (L)	Hydrao - Nombre de "puisages douches" (par)
17,9	363,5	15,8	430,4																	
Entre dépose CE et début ECSPECT		Cc énergie (kWh/sem.)		Cc Volume (l/sem.)		A - Energie élec chauffe-eau (kWh)	B - Energie utile puisée (kWh)	C - Pertes du chauffe-eau (kWh)	D - Température moyenne eau froide (°C)	E - Température moyenne ECS puisée (°C)	F - Température max ECS puisée (°C)	G - Puisages sur le chauffe-eau (Litres)	H - Puisages équivalents 40°C (Litres)	I - Nombre total de puisages (sans unité)	J - Part de puisages > 5min (%)	K - Part de puisages de 2 à 5min (%)	L - Part de puisages de < 2min (%)	M - Durée moyenne des puisages (mn)	Hydrao - Volume douche puisé (L)	Hydrao - Nombre de "puisages douches" (par)
15,8	430,4	7,6	266,36																	
Entre début ECSPECT et 25/10/2019		Cc énergie (kWh/sem.)		Cc Volume (l/sem.)		A - Energie élec chauffe-eau (kWh)	B - Energie utile puisée (kWh)	C - Pertes du chauffe-eau (kWh)	D - Température moyenne eau froide (°C)	E - Température moyenne ECS puisée (°C)	F - Température max ECS puisée (°C)	G - Puisages sur le chauffe-eau (Litres)	H - Puisages équivalents 40°C (Litres)	I - Nombre total de puisages (sans unité)	J - Part de puisages > 5min (%)	K - Part de puisages de 2 à 5min (%)	L - Part de puisages de < 2min (%)	M - Durée moyenne des puisages (mn)	Hydrao - Volume douche puisé (L)	Hydrao - Nombre de "puisages douches" (par)
7,6	266,36																			
Informations ISEA		Moyennes hebdo		15,3	8,54	6,8	17,5	44,9	46,8	25,0	313,4	28,6	23,5%	37,3%	36,6%	3,5				
Interventions et métrologie		27/05/2019 : remise en route																		
28/05/2019 : intervention IS sur MVIM		27/05/19	02/06/19	19,5	12,4	7,1	18,9	44,5	46,6	307	372,5	0	0%	0%	0%					
		03/06/19	09/06/19	15,8	8,9	6,9	20,4	45,8	47,8	283	366,7	31	13%	52%	50%	2,9				
		10/06/19	16/06/19	19,7	13,8	5,9	19,9	44,1	46,9	448	539,4	64	13%	30%	52%	2,5				
		17/06/19	23/06/19	16,3	8,8	7,5	20,9	44,3	46,6	294	360,2	38	13%	39%	47%	2,5				
		24/06/19	30/06/19	13,1	7,7	5,4	23,2	45,5	48,6	274	363,7	50	12%	32%	56%	2,4				
		01/07/19	07/07/19	11,2	5,8	5,4	24,6	45,4	46,9	229	309,3	34	15%	38%	47%	2,6				
		08/07/19	14/07/19	12,5	6,7	5,8	24,5	45,3	47,1	260	348,9	44	7%	43%	50%	2,5				
		15/07/19	21/07/19	11,5	5,1	6,4	24,4	45,4	46,8	200	369,2	30	13%	30%	57%	2,4				
		22/07/19	28/07/19	11,3	6,2	5,1	25,6	46	48	250	354,2	51	6%	41%	53%	2,3				
		29/07/19	04/08/19	12,3	6	6,3	25	44,9	46,6	242	321,1	35	20%	34%	46%	2,9				
		05/08/19	11/08/19	8,9	3,6	5,3	25,3	44,8	46,5	150	199	21	14%	52%	33%	2,9				
		12/08/19	18/08/19	11,2	5,1	6,1	24,2	43,9	46,5	201	250,6	28	7%	46%	46%	2,6				
		19/08/19	25/08/19	13,3	7,4	5,9	23,7	45,3	46,9	277	367,1	28	21%	50%	39%	3,4				
		26/08/19	01/09/19	12,4	6,2	6,2	24,1	46	47,4	230	316,8	33	21%	36%	42%	3,2				
		02/09/19	08/09/19	15,4	9,7	5,7	23,3	44,9	46,8	367	474,7	61	10%	34%	56%	2,4				
		09/09/19	15/09/19	13	5,8	7,2	22,1	44,4	46,4	202	251,7	31	23%	19%	38%	2,7	27,9	28		
		16/09/19	22/09/19	11,9	5,7	6,2	22,3	44,6	46,2	202	254,5	34	15%	35%	50%	2,6	28,9	17		
		23/09/19	29/09/19	13,4	6,2	7,2	21,6	45,9	47,1	207	273,4	23	26%	35%	39%	3,5	29,0	12		
		30/09/19	06/10/19	14,3	7,6	6,7	20,6	45,2	47	243	338,1	39	13%	31%	56%	2,3	35,9	14		
		07/10/19	13/10/19	17,6	9,9	7,7	19,4	44,7	47,3	310	380,7	30	23%	47%	40%	3,4	39,5	13		
		14/10/19	20/10/19	16,9	9,3	7,6	18,9	44,6	47,8	283	344,7	35	9%	43%	49%	2,6	38,8	15		
		21/10/19	27/10/19	16,9	10,3	6,6	18,1	43,4	46,3	310	358,1	31	19%	32%	48%	3,1	42,6	10		
		28/10/19	03/11/19	20,5	13,6	6,9	17,5	44,1	46,8	399	471,7	57	7%	49%	44%	2,5	42,6	16		
		04/11/19	10/11/19	19,3	11,2	8,1	16,3	43,6	45,8	316	364	33	18%	30%	52%	3	51,4	20		
		11/11/19	17/11/19	24,6	16,4	8,2	13,4	44,1	48	421	485,9	44	20%	34%	45%	3,1	42,5	17		
		18/11/19	24/11/19	21,9	11,9	10	11,7	43,8	46,2	288	326,7	29	10%	48%	41%	2,7	34,0	10		
accident = hospital (que son fils ponctuellement à la maison)		25/11/19	01/12/19	17,6	9,2	8,4	12,7	45,2	45,9	223	265,5	10	60%	20%	5,9	29,4	7			
		04/12/19	10/12/19	17,2	8,9	8,3	13,8	44,2	45,8	217	249,3	18	22%	39%	39%	3,5	23,8	8		
accident = hospital (que son fils ponctuellement à la maison)		09/12/19	15/12/19	16,3	5,8	10,5	11	45,1	46,4	194	228,1	11	43%	45%	9%	5,4	28,7	5		
accident = hospital (que son fils ponctuellement à la maison)		16/12/19	22/12/19	12,8	3,6	9,2	11,9	44,9	45,8	151	177,3	11	36%	45%	18%	4,6	21,1	6		
		23/12/19	29/12/19	14,5	3,9	10,6	12	45,8	46,5	178	214,9	10	50%	30%	20%	6	20,8	7		
encore absent (éducation)		30/12/19	05/01/20	17,2	6,7	10,5	10,9	45,6	46,4	217	258,8	14	57%	43%	0%	5,7	28,3	7		
encore absent (éducation)		06/01/20	12/01/20	15,5	7,7	7,8	10,5	45,1	46,5	174	204,1	12	38%	25%	38%	3,8	18,1	7		
encore absent (éducation)		13/01/20	19/01/20	14,9	8,5	6,4	10,7	44,1	46,5	163	185,8	15	27%	46%	33%	3,9	0	0		
encore absent (éducation)		20/01/20	26/01/20	15	9,9	5,1	10,3	45,9	46,8	223	267,3	12	50%	42%	8%	5,7	0	0		
encore absent (éducation)		27/01/20	02/02/20	13,9	9,3	4,6	10,6	45,9	46,5	207	248,5	12	42%	50%	8%	5,4	0	0		

Figure 10 : Impression d'écran d'un onglet (=un logement) du fichier de suivi.



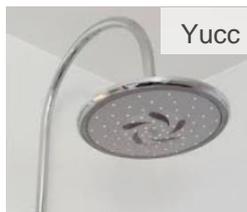
2. Mise en œuvre des solutions

2.1. Généralités

2.1.1. Présentation des équipements T1

Ce paragraphe présente succinctement les équipements posés dans le cadre des actions T1. Ces actions concernent l'ensemble des logements du projet.

- **Jaquette isolante** : Housse IsoPlus de chez ISOSTEN, composée de ouate de Polyester d'une épaisseur de 50 mm et d'un pare-vapeur aluminisé armé intérieur et extérieur. ($R=1.19 \text{ m}^2.K/W$). La partie supérieure est constituée d'un chapeau de 100mm.
- **Dispositif hydro-économe pour évier/lavabo** : Matériel ECOPERL, Recharge Série AIR-T autorégulé par membrane (c'est-à-dire permettant de calibrer le débit indépendamment de la pression disponible), avec **2,5 L/min sur les lavabos salle de bain et 6 L/min sur les éviers cuisine**.
- *NB : le débit calibré peut ne pas être atteint si la pression disponible dans le logement est insuffisante ou si le point de puisage est très entartré.*
- **Dispositif hydro-économe pour douche** : Pommeaux et tête de douche HYDRAO (Aloé et Yucca) avec système Gateways HYDRAO pour le suivi des consommations de douches à distance dans les logements acceptant ce suivi et disposant d'une connexion wifi (volume puisée, température de l'eau mitigée durant la douche et durée de savonnage). Débits des pommeaux : 9 L/min sans réducteur et **6.6 L/min avec réducteur**.



2.1.2. Présentation des équipements T2

Ce paragraphe présente succinctement les équipements posés dans le cadre des actions T2. Ces actions ne concernent pas l'ensemble des logements du projet. Le choix des logements est décrit dans le paragraphe 3.2 *Formation des groupes A et B*.

- **Thermostat électronique pilotable et connecté** : Thermostat IQuaFlex programmable (Type iTS) de COTHERM. Ce produit, encore au stade de prototype, doit permettre de piloter la température de consigne du ballon et de programmer des périodes de ralenti ou de non-chauffe (vacances/week-end) via une application smartphone ou via un afficheur raccordé en filaire au thermostat. S'il est raccordé à une box via le WIFI, les informations de température de consigne et de programmation horaire/hebdomadaire peuvent être remontées sur un serveur FTP.

Lors de nos passages de remise en route », nous avons testé la compatibilité de ce thermostat avec les chauffe-eaux. Si l'on ajoute à cela la contrainte accès Wifi, nous retenons pour cette action les **logements 1, 7, 13, 18 et 19**.

- **Chauffe-eaux smart** : le choix du chauffe-eau smart s'est arrêté sur le **VIZENGO** de chez ATLANTIC plutôt que sur le LINEO, notamment pour ne pas modifier les capacités de stockage des ballons. Les contraintes d'accessibilité et de facilité d'installation, d'abonnements (HP/HC) et de capacité de stockage des chauffe-eaux existants dans les logements nous ont conduits vers les **logements 9, 12, 15 et 17** pour la mise en place de cette intervention technique.



- **Système de récupération de chaleur :** Le système LaDouche n'a finalement pas été retenu, car le produit est encore en développement. Notre choix s'est donc porté sur l'installation d'un système de récupération gravitaire **GAIAGREEN**. Le **logement 13** disposait de la configuration adéquate pour la mise en place de ce système (évacuation de douche accessible au niveau inférieur).



- **Système d'autoconsommation photovoltaïque :** Seul le **logement 11** avait la configuration adéquate pour la mise en place d'une installation photovoltaïque avec système d'autoproduction **ELIOS4YOU / POWER REDUCER** (orientation, accessibilité et structure toiture, contraintes ABF, distance toiture-tableau électrique, etc.). Ce système permet l'injection de l'énergie photovoltaïque excédentaire (non consommée par le logement) dans le chauffe-eau.
- Un système de supervision permet de connaître l'énergie autoconsommée et l'énergie éventuellement injectée sur le réseau.

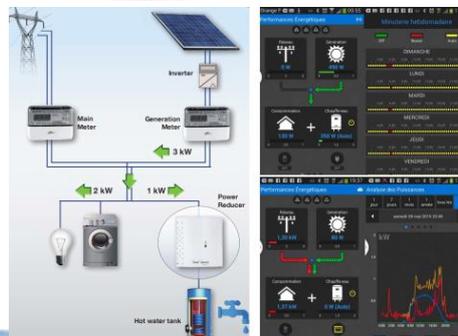


Figure 11 : Emplacement initialement prévu pour l'installation PV du logement 11.

2.1.3. Actions comportementales C1, C2

Voir le chapitre 5.4.1.

2.1.4. Calendrier d'intervention

Les interventions techniques se sont déroulées du 17/07/2019 au 17/03/2020. Les mesureurs ont été déposés entre le 07 et le 13/10/ 2020.

Le retard pris au démarrage de cette sous-tâche n'a pu être rattrapé au cours la mise en œuvre des différentes interventions. La disponibilité des plombiers assurant la pose des Chauffe-Eaux smart et du récupérateur d'énergie ainsi que la réception tardive des thermostats communicants (produit en cours de développement) a en partie accentué le décalage de planning.

Ce calendrier ne fait mention que des principales interventions. Les interventions de maintenances/réglages, de(re)mise des jaquettes sur les chauffe-eaux smart, d'aide à la prise en mains des outils (applications/commandes) n'apparaissent pas. En tout, ce sont **86 interventions techniques et 28 d'ordre sociale/humaine** qui ont eu lieu durant cette étude sur l'ensemble des 14 logements participants (soit une moyenne de 8 interventions par logements !).

NB : Le logement 10 n'a pas consenti à participer aux phases comportementales de l'étude.



Groupe	Log	Evier	Evier	Lavabo	
		cuisine 1	cuisine 2	Lavabo 1	Lavabo 2
A	Log 01	5,0 L/min		8,0 L/min	6,5 L/min
A	Log 11	8,5 L/min		8,5 L/min	9,0 L/min
A	Log 13	12,0 L/min	8,5 L/min	4,5 L/min	
A	Log 15	8,5 L/min		6,8 L/min	
A	Log 17	3,5 L/min	7,5 L/min	4,0 L/min	5,0 L/min
A	Log 18	13,5 L/min		7,0 L/min	8,0 L/min
A	Log 19	8,0 L/min		6,5 L/min	6,0 L/min
Moyenne détaillée		8,4 L/min	8,0 L/min	6,5 L/min	6,9 L/min
Moyenne globale		8,3 L/min		6,6 L/min	
B	Log 04	10,0 L/min		7,8 L/min	
B	Log 06	5,5 L/min		4,5 L/min	
B	Log 07	9,0 L/min		7,5 L/min	
B	Log 08	9,5 L/min		8,5 L/min	
B	Log 09	5,5 L/min		7,5 L/min	
B	Log 10	8,0 L/min		6,5 L/min	
B	Log 12	7,0 L/min		11,0 L/min	11,0 L/min
Moyenne détaillée		7,8 L/min		7,6 L/min	11,0 L/min
Moyenne globale		7,8 L/min		8,0 L/min	
Moyenne détaillée		8,1 L/min	8,0 L/min	7,0 L/min	7,6 L/min
Moyenne globale		8,1 L/min		7,2 L/min	

Figure 14 : Débits mesurés avant pose des dispositifs hydro-économiques.

Nous avons mis en place, sur 30 points de puisages, les recharge Serie AIR-T autorégulées par membrane de Ecoperl avec les débits suivants :

- Evier cuisine : 6L/min (recharge verte)
- Lavabo salle de bain : 2,5L/min (recharge orange)



Nous pouvons donc considérer avoir réalisé une réduction moyenne de débit de :

- **Eviers : -27% sur groupe A** (min 0% ; max -56%) **et -21% sur groupe B** (min 0% ; max -40%).
- **Lavabos : -60% sur groupe A** (min -38% ; max -72%) **et -67% sur groupe B** (min -44% ; max -77%).

Il faut noter que 4 logements avaient des débits inférieurs à ceux proposés. Nous avons malgré cela installé des « réducteur » de 6L/min, sachant que les participants déclarent détartre fréquemment les « réducteurs » au vinaigre et que la mesure instantanée peut avoir un niveau de précision de +- 0,5 L/min. Pour les lavabos de la salle de bain, tous les débits mesurés au préalable étaient supérieurs à 2.5 L/min.

Un seul point de puisage (lavabo logement 4) n'était pas déjà équipé d'un « aérateur ».

Retours participants

Un participant s'est plaint de la réduction de débit à son lavabo car il utilisait selon lui plus d'eau froide qu'avant pour obtenir de l'eau chaude. Nous avons vu avec lui qu'en réduisant le débit, l'arrivée de l'eau chaude prenait plus de temps mais pas que le volume d'eau mort était le même. Cette discussion nous interroge sur l'intérêt des réducteurs de débits sur les points puisage desservis par de long réseau de distribution sans bouclage, si le point de puisage est peu utilisé.

2.3. Dispositif hydro-économe douches (T1)

2.3.1. Calendrier

Dans le **Groupe B** (T1-T2 puis C1-C2), la mise en place des pommeaux s'est déroulée du 17 au 26 juillet 2019. Les pommeaux réducteurs de débits (6,6 L/min) ont été mis en place avec codes couleurs désactivés (Cf. Figure 15) puisque cette information relève d'une action comportementale « C2 ». Les codes couleurs ont été activés lors des interventions C2 et ajustés par ISEA en concertation avec les participants.

Dans le **Groupe A** (C1-C2 puis T1-T2), la mise en place des pommeaux sans réducteurs de débits et sans code couleur s'est déroulée lors des interventions C1 (27 août au 10 septembre 2019). Les réducteurs de débits ont été mis en place lors des interventions T1 (4 au 12 décembre 2019), et les codes couleurs activés et ajustés lors des interventions C2. L'idée de mettre en place ces pommeaux sans code couleur ni réducteur de débit était d'obtenir l'information des volumes puisées par pommeau via les Gateways mises en place (Cf. Figure 15).



Les pommeaux et têtes de douches ont été laissés en cadeaux aux participants. Seuls les gateways ont été récupérées lors de la dépose de mesureurs, entre le 07 et le 13/10/2020.

GROUPE A	Sept. 2019 (sans reducteur ; sans code couleur)									Nov. 2019 (sans reducteur ; avec code couleur)									Decembre 2019 (avec reducteur ; avec code couleur)									Janvier 2020														
	35			37			45			49			50			3																										
	26/8	27/8	28/8	29/8	30/8	31/8	1/9	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	21/2	31/2	41/2	51/2	61/2	71/2	81/2	91/2	101/2	111/2	121/2	131/2	141/2	151/2	13/1	14/1	15/1	16/1	17/1	18/1	19/1
Log 01								C1										C2																								
Log 11								C1										C2																								
Log 13								C1										C2																								
Log 15																		C2																								
Log 17								C1										C2																								
Log 18								C1										C2																								
Log 19																		C2																								
GROUPE B	Juillet 2019 (avec reducteur ; sans code couleur)									Dec. 2019 - Janv. 2020									Aout - Sept. 2020 (avec reducteur ; avec code couleur)																							
	29			30			51			3			35			39																										
	15/7	16/7	17/7	18/7	19/7	20/7	21/7	22/7	23/7	24/7	25/7	26/7	27/7	28/7	16/12	17/12	18/12	19/12	20/12	21/12	22/12	13/1	14/1	15/1	16/1	17/1	18/1	19/1	24/8	25/8	26/8	27/8	28/8	29/8	30/8	21/9	22/9	23/9	24/9	25/9	26/9	27/9
Log 04				T1																																						
Log 06																																										
Log 07																																										
Log 08				T1																																						
Log 09				T1																																						
Log 10				T1																																						
Log 12				T1																																						

Figure 15 : Planning de mise en œuvre des pommeaux, de leur réducteur de débits et de leur code couleur.

2.3.2. Mise en œuvre

Pommeaux et têtes de douches T1

La mesure des débits instantanés avant pose des pommeaux est indiquée en Figure 16 :

Groupe	Log	Pommeau SdB 1	Tête colonne	Pommeau SdB 2
A	Log 01	5,0 L/min	4,0 L/min	6,5 L/min
A	Log 11	4,0 L/min	0,6 L/min	5,0 L/min
A	Log 13	10,0 L/min	6,0 L/min	12,0 L/min
A	Log 15	5,5 L/min		
A	Log 17	9,0 L/min		6,0 L/min
A	Log 18	6,0 L/min		8,0 L/min
A	Log 19	7,5 L/min		5,0 L/min
Moyenne détaillée		6,7 L/min	5,0 L/min	7,1 L/min
Moyenne globale		6,6 L/min		
B	Log 04	8,5 L/min		
B	Log 06	5,5 L/min		
B	Log 07	7,5 L/min		6,0 L/min
B	Log 08	6,0 L/min		
B	Log 09	7,5 L/min	6,0 L/min	
B	Log 10	7,0 L/min		
B	Log 12	8,0 L/min		10,0 L/min
Moyenne détaillée		7,1 L/min	6,0 L/min	8,0 L/min
Moyenne globale		7,2 L/min		
Moyenne détaillée		6,9 L/min	4,2 L/min	7,3 L/min
Moyenne globale		6,6 L/min		

		Pommeau SdB 1	Tête colonne SdB 1	Pommeau SdB 2
A	Log 01	0%	0%	0%
	Log 11	29%		14%
	Log 13	-34%	10%	-45%
	Log 15	20%		
	Log 17	-27%		10%
	Log 18	10%		-18%
	Log 19	-12%		26%
moyenne détaillée		-2%	5%	-2%
moyenne globale		-1%		
B	Log 04	-22%		
	Log 06	0%		
	Log 07	-12%		0%
	Log 08	0%		
	Log 09	-12%	10%	
	Log 10	-6%		
	Log 12	-18%		-34%
moyenne détaillée		-10%	10%	-17%
moyenne globale		-9%		
moyenne détaillée		-6%	7%	-6%
moyenne globale		-4%		

Figure 16 : Débits mesurés avant pose des pommeaux (à gauche) et réduction relatives obtenues après pose (à droite).

Les pommeaux hydro-économiques posés étant calibrés à 6.6 L/min, nous pouvons considérer avoir réalisé les réductions de débits suivantes :

- Groupe A : -1% (avec une réduction min de +29% et une réduction max de -45%)
- Groupe B : -9% (avec une réduction min de +10% et une réduction max de -34%)

NB : dans certains cas le débit obtenu après mise en place du pommeau était supérieur au débit initial. Nous avons fait le choix de changer le pommeau quoi qu'il arrive afin de permettre l'action comportementale associée au code couleur et de bénéficier des données Hydrao.

Dans le cadre de l'intervention T1 dans le groupe B, nous avons pris soin de désactiver (via l'application smartphone) les codes couleurs des pommeaux et têtes de douches afin de ne pas avoir d'influence sur le plan comportemental.



A noter que dans 3 logements (log 1, 9 et 19) et pour un pommeau la pression était trop faible pour assurer le bon fonctionnement du pommeau HYDRAO (hauteur de jet d'eau inférieure à 70cm sans réducteur de débit). Il faut noter en effet que le pommeau ne dispose pas de pile ni de batterie : sa carte électronique est alimentée par une petite turbine mise en rotation par le passage de l'eau pendant un puisage.

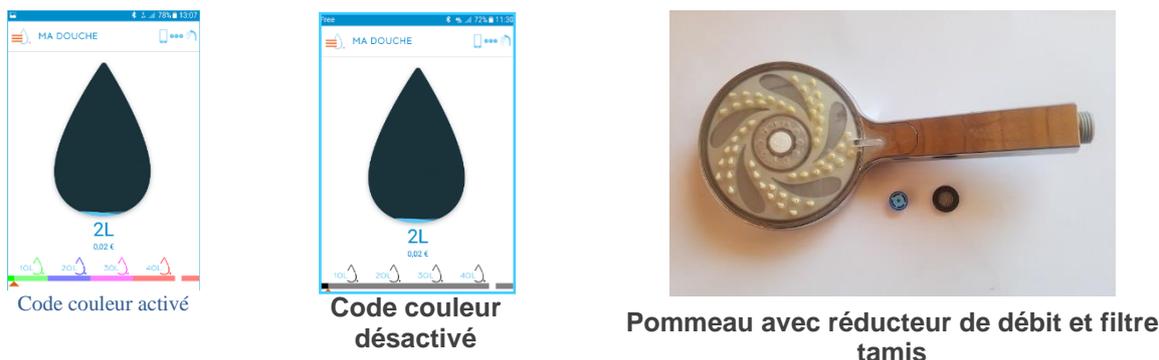


Figure 17 : Application Hydrao et pommeau Aloé avec son réducteur de débit.

Les codes couleurs ont été activés et ajustés par ISEA en concertation avec les participants. (Cf. Figure 18).

Log	Numéro du pommeau	ID du pommeau	V1	V2	V3	V4	reglage usine				
							V1	V2	V3	V4	
1	pommeau SdB R+2	01473831-39363138-002e0058	12	18	30	48	10	20	30	40	V1 0-10L
	pommeau SdB R+1	01473831-37353936-0029001e	12	18	30	48					
	tête de douche	01473831-38373632-001b004d	20	25	45	70					
4	pommeau	01473831-38373632-0022004e	10	20	30	40					
6	pommeau	01473831-38373632-00270035	10	20	30	40					V2 10-20L
7	pommeau	01473831-38373632-0030001f	6	12	18	24					
	pommeau	01473831-38373632-0041003f	6	11	22	40					
8	pommeau	0b473832-35333639-003d003d	12	22	42	50					
9	tête de douche	0c473832-35333639-0024002e	32	65	75	100					V3 20-30L
	pommeau	0c473832-35333639-0027002b	OFF	OFF	OFF	OFF					
10	pommeau	0c473832-35333639-0030004a	30	40	50	60					
11	pommeau SdB R+1	0d473832-35333639-002a0036	10	20	30	40					V4 30-40L
	pommeau RdC	0d473832-35333639-004a0055	OFF	OFF	OFF	OFF					
12	pommeau	0d473832-35333639-004c0027	12	22	42	50					
	pommeau	0e473831-39323938-0031001a	18	45	70	100					
13	pommeau SdB R+1	0e473832-35333639-00440048	21	35	56	70					
	pommeau RdC	10473831-38373632-0041004c	10	20	30	40					
	tête de douche	10473831-39323938-001b004c	10	25	40	60					
15	pommeau	10473831-39323938-004e003c	30	50	65	75					
17	pommeau SdB R+1	10473831-39323938-0052002b	10	20	30	40					
	pommeau SdB R+2	17473831-36383435-003e002e	10	20	30	40					
18	pommeau SdB R+1	18473831-36383435-002e0040	OFF	OFF	OFF	OFF					
	pommeau SdB R+2	19473831-36383435-002c0034	10	20	30	40					
19	pommeau RdC	19473831-36383435-0036001b	13	21	33	48					
	pommeau SdB R+2	19473831-36383435-003e0055	10	20	30	40					

Figure 18 : Intervention C2 et réglages des codes couleurs de chaque pommeau.

Extraction des données

En se connectant avec un smartphone via l'application HYDRAO à un pommeau pendant un puisage, il est possible d'obtenir le nombre de douches effectuées avec le volume puisé associé, pour un historique de 200 douches.

La Gateway proposée par HYDRAO permet de faire remonter plus d'information et de manière automatique, sans nécessité de lancer l'application sur un smartphone. Elle effectue après chaque puisage une connexion automatique entre le pommeau et le serveur HYDRAO, via la box internet de l'occupant, pour transmettre les données.

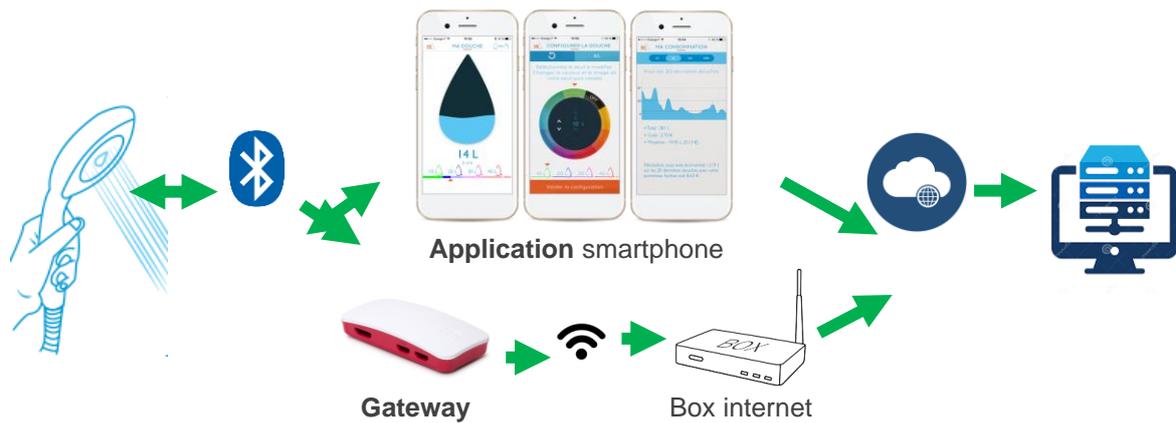


Figure 19 : Chaînes et protocoles de communication du système HYDRAO.

Gateway :

La Gateway permet de faire remonter après chaque douche les données suivantes :

- Un horodatage ;
- Une durée de puisage ;
- Un débit ;
- Un volume puisé ;
- Une température de puisage au pommeau (non fonctionnel) ;
- Une durée de savonnage (interruption de puisage pendant la douche).

La procédure de mise en place de la Gateway est la suivante :

- Récupérer auprès du participant le nom de réseau (SSID) et la clef WiFi (PSK) de la box internet.
- Avec un PC portable, rentrer les SSID et PSK sur le fichier .conf du dossier BOOT stocké sur la carte micro SD à l'intérieur de la Gateway (Figure 20).
- Brancher la Gateway qui doit être à moins de 4 mètres du/des pommeau(x) suivi(s).
- Connecter un PC portable à la box internet du participant et accéder à la page administrateur de celui-ci afin de vérifier la reconnaissance de la Gateway par la box (Figure 20).

Cette chaîne de communication n'a pas pu être réalisée sur 8 pommeaux et têtes de douche répartis sur 5 logements. En effet 3 logements n'ont pas de box internet, un participant ne souhaite pas nous fournir ses identifiants et un dernier ne souhaite pas activer le WiFi de sa box internet.

A cela s'ajoutent 2 logements pour lesquels la vérification de reconnaissance via la page administrateur n'as pas pu être effectuée (problème de box et d'accès admin).



Figure 20 : Paramétrage et reconnaissance de la Gateway.

Application smartphone V1 :

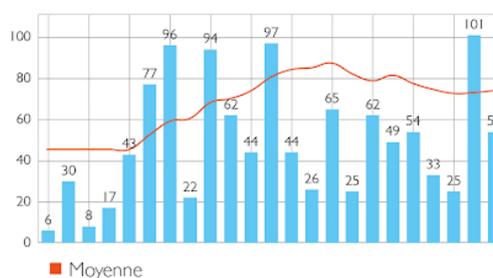
Lorsqu'un logement ne dispose pas de Gateway, l'extraction des données peut être effectuée par via l'application smartphone et doit dans ces cas être effectué par ENERTECH, ISEA ou les participants eux-mêmes. La nature des données est cependant



plus limitée qu'avec une Gateway (pas d'horodatage donc agglomération des volumes puisés de toutes les douches à la date de l'extraction).

Pour extraire les données stockées dans un pommeau (mémoire maximum de 200 douches), il faut effectuer un puisage et se connecter en Bluetooth au pommeau avec l'application HYDRAO. Le transfert des données du smartphone vers les serveurs d'HYDRAO s'effectue par la suite lors d'un accès du téléphone à la 4G.

Le problème de l'application V1 est l'accumulation des données extraites sur différents pommeaux consultés. Ainsi, le graphique « ma consommation » n'affiche pas les données du pommeau consulté mais de l'ensemble des pommeaux consultés auparavant dans les autres logements.



Graphique « ma consommation »

Figure 21 : Visualisation de l'application smartphone Hydrao V1.

Afin de visualiser et d'envoyer au serveur HYDRAO seulement les données du pommeau souhaité, il faut au préalable supprimer les données stockées sur le smartphone, lancer l'application, extraire les données du pommeau souhaité et trouver un endroit où réceptionner la 4G. Cette manipulation est à répéter pour chaque pommeau et tête de douches.

Application smartphone V2 :

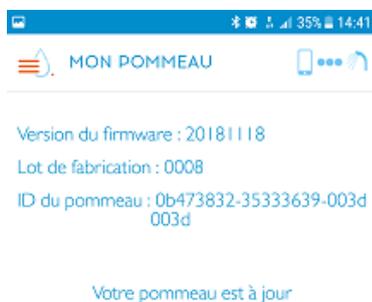
Par la suite, HYDRAO a mis en ligne une nouvelle version de son application permettant l'extraction et le stockage des données en créant des dossiers par pommeaux.

Il a été nécessaire d'associer chaque pommeau à l'application. Nous avons donc fourni à HYDRAO une liste d'identifiants de pommeaux dans les logements présentant des problèmes d'absence de box internet, de WiFi ou encore de connexion au réseau 4G (Cf. Figure 22).

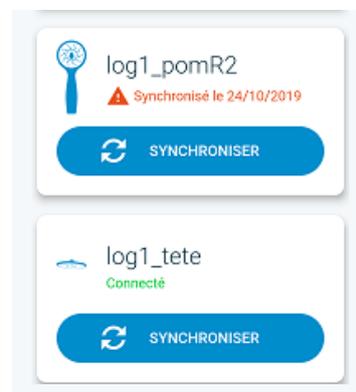
Le choix des pommeaux s'est limité à ces stricts cas de figure car une fois associés à l'application, les pommeaux risquent de ne plus pouvoir envoyer de données via la Gateway (conflit entre Gateway et application V2).



Hydrao
(Nouvelle version)



Identifiant pommeau



Synchronisation entre dossiers créés et pommeaux détectés

Figure 22 : Visualisation de l'application smartphone Hydrao V2.

Traitement des données Hydrao :

HYDRAO nous envoie mensuellement les données brutes à travers 5 fichiers (data_flow.csv ; data_liveShower-2.csv ; data_shower.csv ; data_soapingTime.csv ; data_threshold.csv). A partir de ses données nous extrayons pour chaque pommeau (et donc chaque logement) le volume d'ECS hebdomadaire puisé pour les douches.



Identifiant	Hydrao	Logement	Heure	Temps	Valeur
10473831	36383435	00300018	2019-08-11	07:24	06.40500000000039,9
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	07:58	03.66200000000046,9
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	08:52	11.73200000000047,23
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:05	30.72800000000056,65
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:25	36.79400000000059,21
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:31	11.27400000000060,362
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:32	18.62000000000060,8
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:35	30.72800000000056,65
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:37	51.61300000000060,369
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:38	31.38600000000060,3240
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:07	36.189000000000101,78
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:09	36.368700000000102,1
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:10	36.103000000000103,18
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:55	37.47500000000068,45
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:59	35.13400000000069,34
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	10:00	41.69200000000070,23
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:04	14.23800000000079,38
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:05	14.23800000000079,38

Données brut HYDRAO

Identifiant	Hydrao	Logement	Heure	Temps	Log1	Log2	Log3	Log4	Log5	Log6	Log7	Log8
10473831	36383435	00300018	2019-08-11	07:24	6.405							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	07:58	3.662							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	08:52	11.732							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:05	30.728							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:25	36.794							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:31	11.274							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:32	18.620							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:35	30.728							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:37	51.613							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:38	31.386							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:07	36.189							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:09	36.369							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:10	36.103							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:55	37.475							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:59	35.134							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	10:00	41.692							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:04	14.238							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:05	14.238							

Traitement Enertech

Identifiant	Hydrao	Logement	Heure	Temps	Log1	Log2	Log3	Log4	Log5	Log6	Log7	Log8
10473831	36383435	00300018	2019-08-11	07:24	6.405							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	07:58	3.662							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	08:52	11.732							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:05	30.728							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:25	36.794							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:31	11.274							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:32	18.620							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:35	30.728							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:37	51.613							
10473831	36383435	00200034	2020-01-24	18:38	31.386							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:07	36.189							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:09	36.369							
10473831	36323938	00100042	2019-08-11	19:10	36.103							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:55	37.475							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	09:59	35.134							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	10:00	41.692							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:04	14.238							
10473831	36383435	00200034	2020-01-11	18:05	14.238							

Insertion dans le suivi hebd

Figure 23 : Protocole de traitement des données brutes Hydrao par Enertech.

L'intérêt initial de ce protocole était de tracer pour chaque logement et au pas de temps de la semaine, la part de puisage ECS liée aux douches sur la part totale de puisage (mesurée au compteur de chaleur). Ce suivi devait nous permettre d'une part de connaître la part de l'usage « douche » dans un foyer, d'autre part de disposer d'un observable très intéressant pour l'évaluation de la mise en place des écogestes.

Il s'avère malheureusement que l'ensemble des obstacles et contraintes rencontrées dans ce dispositif n'a permis de disposer des données complètes (à ce jour) que sur 4 pommeaux sur les 25 déployés. Le détail est présenté en Figure 24 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**



Part douche
sur total ECS
(hydrao)

Communication des données Hydrao (volumes puisés aux pommeaux)

Logement	Pommeau	Produit posé	envoi Hydrao	ID du pommeau	Moyen de communication	Présence de données
logt 1	pommeau SdB R+2 pommeau SdB R+1 tête de douche	Aloé Aloé Yucca	V2	0b473832-35333639-003d003d 0d473832-35333639-004c0027 0c473832-35333639-0027002b	Pas de gateway (Wifi désactivé, personne électrosensible)	OK relève smartphone oct OK relève smartphone oct OK relève smartphone oct 18%
logt 4	pommeau	Aloé	V1	01473831-38373632-001b004d	Pas de gateway ni smartphone	Pas de relève smartphone
logt 6	pommeau	Aloé	V1	01473831-38373632-0041003f	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	Problème de communication
logt 7	pommeau pommeau	Aloé Aloé	V1 V1	17473831-36383435-003e002e 10473831-39323938-001b004c	Gateway mise en place (connexion non vérifiée sur page admin)	dernier puisage le 05/08/19 OK relève smartphone oct 27%
logt 8	pommeau	Aloé	V1	0e473831-39323938-0031001a	Pas de gateway ni smartphone	OK relève smartphone oct 40%
logt 9	tête de douche pommeau	Yucca Aloé	V1 V1	10473831-39323938-0052002b 01473831-39363138-002e0058	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	Dernier puisage 12/06/20 Dernier puisage 14/08/20
logt 10	pommeau	ALoé	V1	18473831-36383435-002e0040	Pas de gateway ni smartphone	OK relève smartphone oct 11%
logt 11	pommeau SdB R+1 pommeau RdC	Aloé Aloé	V2 V2	0c473832-35333639-0030004a 01473831-38373632-0030001f	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	dernier puisage le 04/04/20 OK 24%
logt 12	pommeau pommeau	Aloé Aloé	V1 V1	19473831-36383435-0036001b 01473831-37353936-0029001e	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	OK OK 27%
logt 13	pommeau SdB pommeau R-1 tête de douche SdB	Aloé Aloé Yucca	V2 V2 V2	10473831-39323938-004e003c 10473831-38373632-0041004c 0c473832-35333639-0024002e	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	OK OK OK 68%
logt 15	pommeau	Aloé	V2	19473831-36383435-003e0055	Gateway mise en place (connexion non vérifiée sur page admin)	Problème de communication
logt 17	pommeau SdB R+1 pommeau SdB R+2	Aloé Aloé	V2 V2	0d473832-35333639-002a0036 19473831-36383435-002c0034	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	Dernier puisage 05/08/20 Dernier puisage 09/04/20
logt 18	pommeau SdB R+1 pommeau SdB R+2	Aloé Aloé	V2 V2	0e473832-35333639-00440048 0d473832-35333639-004a0055	Pas de gateway (l'occupant ne souhaite pas fournir des ID)	OK relève smartphone oct OK relève smartphone oct 42%
logt 19	pommeau RdC pommeau SdB R+2	Aloé Aloé	V2 V2	01473831-38373632-00270035 01473831-38373632-0022004e	Gateway mise en place (connexion vérifiée sur page admin)	OK relève smartphone oct OK relève smartphone oct OK relève smartphone oct 17%

3 logements qui ont continué de communiquer
6 logements de plus par relève au smartphone (index total uniquement)

Figure 24 : Tableau récapitulatif des informations relatives aux installations Hydrao dans les logements.



Retours participants

Dans l'ensemble, les participants ont bien accueilli l'équipement et l'on jugé utile. Pour plus de détails, cf. p. 82

Concernant les têtes de douches, nous avons eu un cas de « défaut fabrication » (photo ci-contre) ainsi qu'un cas d'entartement.



2.4. Jaquettes isolantes (T1)

2.4.1. Calendrier

La mise en place des jaquettes isolantes sur les chauffe-eaux existants s'est déroulée du 17 au 26 juillet 2019 pour le Groupe A et du 4 au 12 décembre 2019 pour le groupe B.

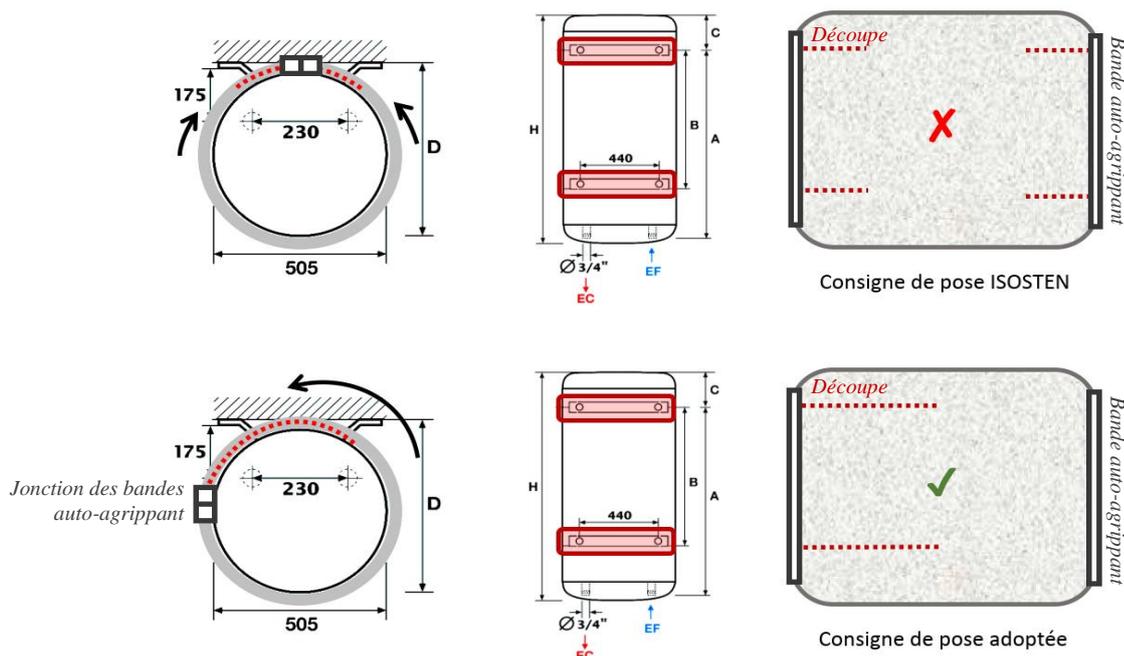
		juil-19														déc-19													
		29							30							49							50						
		15-jul	16-jul	17-jul	18-jul	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	02-déc	03-déc	04-déc	05-déc	06-déc	07-déc	08-déc	09-déc	10-déc	11-déc	12-déc	13-déc	14-déc	15-déc
Log 01	A																												
Log 04	B																												
Log 06	B																												
Log 07	B																												
Log 08	B																												
Log 09	B																												
Log 10	B																												
Log 11	A																												
Log 12	B																												
Log 13	A																												
Log 15	A																												
Log 17	A																												
Log 18	A																												
Log 19	A																												

Figure 25 : Calendrier de pose des jaquettes isolantes dans les logements.

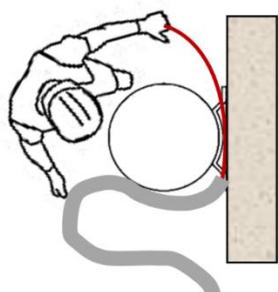
2.4.2. Mise en œuvre et retours

Les consignes de pose proposées par ISOSTEN nous ont rapidement semblées inadaptées aux configurations rencontrées sur le terrain. L'espacement réduit (voire nul) entre le chauffe-eau et le mur sur lequel il est fixé rend la mise en place de la jaquette difficile et ne nous a pas permis d'assurer un raccord efficace des bandes auto-agrippantes comme suggéré dans la notice de pose. Nous avons alors réalisé des découpes horizontales sur un seul bord afin de déporter la jonction des bandes auto-agrippantes. Il nous semblerait utile que soient fournis 2 longueurs de scotch aluminium afin de pouvoir recouvrir les découpes réalisées pour la mise en place de la jaquette.

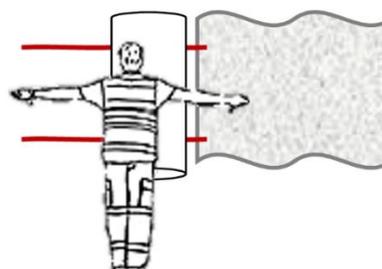
Nous avons relevé dans certains cas que l'adhésif fixant les bandes auto-agrippantes à la jaquette pouvait présenter des fragilités. La mise en œuvre que nous avons adoptée est indiquée ci-dessous.



Pour faciliter le passage entre le mur et le chauffe-eau, il pourrait être utile de fixer deux lanières à la jaquette, que l'utilisateur pourrait utiliser pour tirer la jaquette d'un côté tout en la poussant de l'autre côté. En effet, nous avons pu constater que la circonférence de certains chauffe-eaux ne permet pas de pousser d'un côté tout en tirant de l'autre.



Vue de haut



Vue de face



Log 01



Log 04



Log 06



Log 07



Log 08



Log 09



Log 10



Log 11



Log 12



Log 13



Log 15



Log 17



Log 18



Log 19

Figure 26 : Installation des jaquettes isolantes dans les logements.

Retours participants

Certains participants se sont interrogés sur l'intérêt de mettre une jaquette isolante autour d'un chauffe-eau déjà isolé. Ces participants en voulaient pour preuve qu'en plaçant la main sur le chauffe-eau on ne ressent pas la chaleur de l'eau stockée.



- Trois d'entre eux ont des températures de consigne particulièrement basse, réduisant ainsi les gains espérés par un meilleur pilotage de la consigne ;
- Pour plus de détails, cf. p. 82.

		AVANT COTHERM ITS400				AVEC COTHERM ITS400		
Contraintes technique		Type de thermostat	régulation/sécurité	Tarifcation	T°C stockage	Programmé	Remarques	
Log 01	A	OK	Cotherm type TSE	S90 CICE3113	BASE	45°C	Mode MANU / 45°C	box avec Wifi désactivée (electro hyper sensible)
Log 04	B	pas de smartphone						
Log 06	B	Thermostat électronique ACI+						
Log 07	B	OK	Cotherm type TSE	S84A 1415	BASE	62°C	Mode MANU / 62°C	
Log 08	B	pas de smartphone						
Log 09	B	OK						
Log 10	B	pas de smartphone						
Log 11	A	pas compatible						
Log 12	B	Alim en triphasé sans neutre						
Log 13	A	OK	Cotherm type TSE	S84A 1616	HP/HC	45°C	Mode MANU / 45°C / marche forcée	mode IQ Smart sur 3 jours, monté de T°C à 70°C
Log 15	A	OK						
Log 17	A	OK						
Log 18	A	OK	Cotherm type TSE	S84A 1616	BASE	47°C	Mode MANU / 47°C / marche forcée	
Log 19	A	OK	Cotherm type TSE	S84A 1216	HP/HC	64°C	Mode MANU / 64°C / marche forcée	Ne veux pas fournir ses ID

Figure 28 : Logements éligibles au thermostat connecté Cotherm et logements choisis.

Thermostats

La pose des thermostats n'a pas posé de difficultés particulières (Figure 29). Cependant, les boîtiers de montage de l'afficheur n'ont été mis en place qu'après réception de câbles de connexion thermostat/afficheur plus longs.



Figure 29 : Installations des thermostats électroniques connectés Cotherm.

Application

L'application COTHERM permet de piloter le thermostat :

- A proximité de l'afficheur en bluetooth ;
- A distance de l'afficheur via le réseau 4G et une connexion WiFi entre box internet et afficheur.





Figure 30 : chaînes et protocoles de communication du thermostat COTHERM.

L'application permet les modes suivants :

- « Manuel » : fonctionnement manuel avec simple réglage d'une température de consigne ;
- « IQSmart » : adapte la consigne de température d'eau chaude aux besoins réels du foyer en calculant les besoins à venir en fonction de la consommation électrique des semaines précédentes ;
- « Boost » : marche forcée à une température réglable sur un cycle de chauffe, sur 24h ou en permanence ;
- « Holidays » : planifie l'arrêt du chauffe-eau selon les dates choisies.

Il est également possible de régler un programme horaire/hebdomadaire ainsi qu'un nombre mensuel de chocs thermiques anti-légionnelles.

Le thermostat pilote la résistance de chauffe avec un hystérésis « seuil haut » de 0°C et un hystérésis « seuil bas » de 7°C afin d'éviter les courts-cycles. En sus, un système « anti cycle court » impose une durée minimum de 3h entre deux cycles.

Sur notre échantillon, seules 3 installations sur 5 étaient « pilotables à distance ».

Dans un premier temps, les thermostats ont été programmés en mode « Manu » aux températures de consignes mesurées avant intervention.



Figure 31 : Impressions d'écrans des réglages effectués sur les différents thermostats.

Dans un deuxième temps, les 3 thermostats pilotable à distances ont été programmés en mode intelligent « IQSmart ».

Dans un troisième temps, un courrier a été transmis aux participants (Cf Figure 33) pour qu'ils puissent télécharger l'application et piloter leur thermostat via leur smartphone. Seuls 2 des 5 participants concernés ont téléchargé l'application.

Figure 32 : Calendrier des changements de modes de fonctionnement.

	Installation du thermostat Mode Auto	Passage en Mode IQSmart	Téléchargement Appli
Log 01	12/03/2020	X	X
Log 07	12/03/2020	09/06/2020	27/08/2020
Log 13	13/03/2020	15/06/2020	01/07/2020
Log 18	13/03/2020	X	X
Log 19	17/03/2020	09/06/2020	X



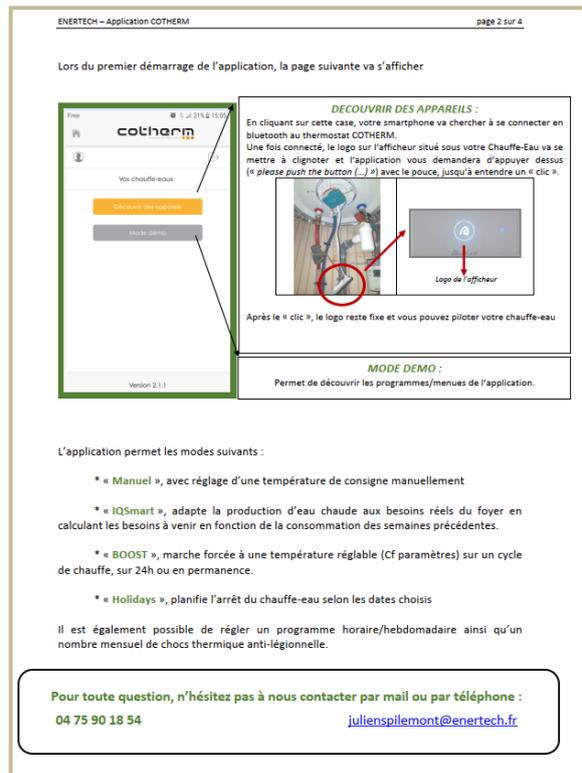
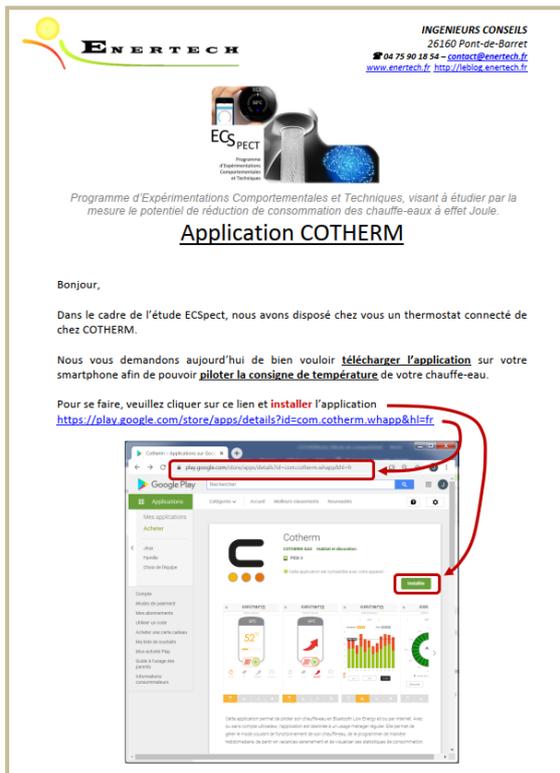


Figure 33 : Courrier explicatif concernant l'application Cotherm.

2.6. Chauffe-eau Smart (T2)

2.6.1. Calendrier

Les installations des 4 chauffe-eaux VIZENGO (fabriquant ATLANTIC) se sont déroulées entre novembre 2019 et janvier 2020.

Les jaquettes isolantes ISOSTEN (présentes sur les chauffe-eaux initiaux du fait des actions T1) n'ont été remises en place sur les chauffe-eaux smart qu'au bout de 5 semaines environ.

	ECOPERLE	ISOSTEN	HYDRAO	EUDSAYOU	GA/AGREEN	COTHERMI	nov-19					déc-19					janv-20					janv-20					mars-20														
							45					50					3					5					11														
							04-nov	05-nov	06-nov	07-nov	08-nov	09-nov	10-nov	09-déc	10-déc	11-déc	12-déc	13-déc	14-déc	15-déc	13-janv	14-janv	15-janv	16-janv	17-janv	18-janv	19-janv	27-janv	28-janv	29-janv	30-janv	31-janv	01-fev	02-fev	09-mars	10-mars	11-mars	12-mars	13-mars	14-mars	15-mars
Log 01	A																																								
Log 04	B																																								
Log 06	B																																								
Log 07	B																																								
Log 08	B																																								
Log 09	B																																								
Log 10	B																																								
Log 11	A																																								
Log 12	B																																								
Log 13	A																																								
Log 15	A																																								
Log 17	A																																								
Log 18	A																																								
Log 19	A																																								

Figure 34 : Calendrier de mise en place des chauffe-eaux smart puis d'ajout des jaquettes isolantes après quelques semaines.

2.6.2. Mise en œuvre et retours

Le choix des logements pour la mise en œuvre des chauffe-eaux VIZENGO s'est fait en fonction des contraintes techniques liées aux installations existantes (choix de dimensions équivalentes pour limiter le périmètre de l'intervention) mais aussi du non cumul des interventions de type T2 dans les logements.

Les 4 chauffe-eaux ont été installés par un plombier chauffagiste accompagné d'un technicien d'ENERTECH. **Les molettes en façade des chauffe-eaux ont été réglées sur le mode « Auto » c'est-à-dire avec fonction d'auto-apprentissage déterminant la consigne de chauffe.**

Pour le chauffe-eau du logement 12, ATLANTIC nous a fourni un kit triphasé nous évitant ainsi de modifier l'installation électrique existante.

Deux des quatre logements que nous avons équipés souscrivent à un abonnement Heure Pleine/Heure Creuse (log. 15 et log. 17). Afin de ne pas perturber la fonction d'auto-apprentissage du mode automatique, **nous avons basculé le commutateur en « marche forcée »** de manière pérenne en abaissant le disjoncteur 2A, sans quoi le commutateur repasserait en mode « Auto » au prochain passage HC/HP (Cf Figure 36)



Pour le Log. 15, cette manipulation n'a pas fonctionné et le mode intelligent du VIZENGO n'a pu fonctionner que de 00h00 à 08h00 (page 3). Le décâblage des fils pilotes du compteur pour assurer une alimentation électrique continue du chauffe-eau a été réalisé le 08/07/2020 (Cf. « contact sec HC/HP » Figure 36)

Pour le log. 17, après la mise en place du VIZENGO en marche forcée, l'occupants à (re)basculé en mode Auto son commutateur HP/HC le 28/05/2020. La marche forcée à été rétabli par ENERTECH le 13/07/2020.

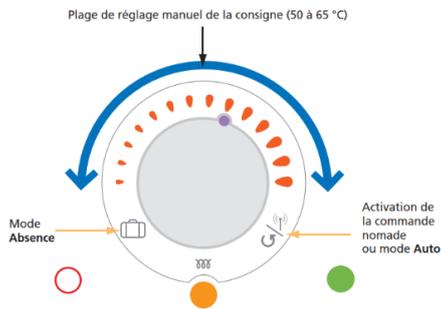


Figure 35 : molette de réglage en façade des VIZENGO

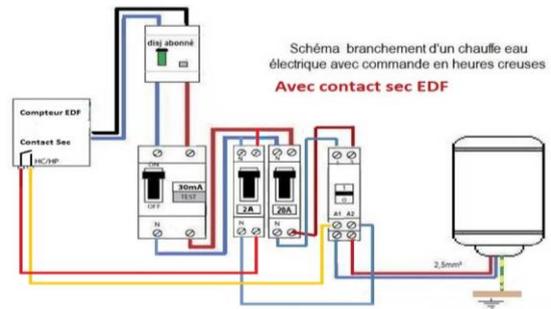


Figure 36 : schéma de principe du pilotage HC/HP

Les télécommandes nomades n'ont été remises aux occupants qu'à la mi-juillet 2020.

Chacune de 4 télécommandes a été mise en route par ENERTECH, réglée en mode « Sérénité » puis présentée aux occupants pour en expliquer les différents modes de réglages et la signification des différents pictogrammes (Cf Figure 37).



3-1. Description des modes

Sérénité (mode par défaut)
Votre chauffe-eau s'occupe de tout
 Il s'adapte automatiquement aux besoins de l'utilisateur pour trouver le meilleur compromis confort / économies d'énergie jour par jour.

⚠ Si les habitudes de consommation en eau chaude sont très irrégulières, ce mode peut conduire parfois à un manque d'eau chaude.

Contrôle
Vous contrôlez vous-même votre rythme d'usage
 L'utilisateur peut programmer le niveau de confort souhaité jour par jour.

Absence
Vous ne chauffez pas votre eau pour rien et vous anticipez
 Pendant une durée programmée d'absence, l'eau n'est plus chauffée pour faire des économies.
 La veille du retour, le chauffe-eau se met automatiquement en chauffe et reprend le mode de fonctionnement utilisé précédemment.

- Si la goutte est orange, le volume d'eau chaude restant permet de prendre 2 douches ou plus
- Si la goutte est bleue, le volume d'eau chaude restant est inférieur à l'équivalent de 2 douches.

Niveau de confort	Valeur de consigne indicative	Volume d'eau chaude disponible selon la capacité	
☺	Pas de chauffe	Pas de consommation d'eau chaude prévue	
☺	Température minimale environ 53° C	150 litres	4,5
☺		200 litres	6
☺		250 litres	8
☺	Environ 57° C	150 litres	5
☺		200 litres	7
☺		250 litres	9
☺	Environ 61° C	150 litres	5,5
☺		200 litres	8
☺		250 litres	10
☺	Température maximale environ 65° C	150 litres	6
☺		200 litres	9
☺		250 litres	11

Pictogramme	Signification
☺	Le niveau de confort que vous avez programmé est parfaitement adapté à votre consommation.
☹	Le niveau de confort n'est pas adapté. Cela peut signifier deux choses : <ul style="list-style-type: none"> • Il y a eu un manque d'eau chaude ou un risque de manquer d'eau chaude ou • Il reste une trop grande quantité d'eau chaude (le niveau de confort choisi n'est pas économique) Dans le cas où c'est possible, un conseil est proposé : le niveau de confort préconisé (clignote). Pour accepter le conseil, appuyer sur la touche centrale. Le smiley devient alors souriant. Sinon, passer au jour suivant (avec les flèches de navigation) ou sortir du menu.

Pictogramme	Estimation en douches	Estimation en litres
☺	Il reste au moins 4 douches ou 1 bain	Plus de 160 L à 40° C
☺	Il reste environ 3 douches	De 120 à 160 L à 40° C
☺	Il reste environ 2 douches	De 80 à 120 L à 40° C
☺	Il reste environ 1 douche	De 40 à 80 L à 40° C
☺	Il reste moins d'1 douche	De 0 à 40 L à 40° C

Figure 37 : Illustration des modes et pictogrammes de la télécommande nomade.





Log 09



Log 12



Log 15



Log 17



Log. 09



Log. 12



Log. 15



Log. 17

Figure 38 : Installation des chauffe-eaux smart Vizengo dans les logements puis remise en place de la jaquette isolante après quelques semaines.

Retours participants

Seul le logement 15 a utilisé la télécommande nomade, pour régler son chauffe-eau en mode « Contrôle » avec pour chaque jour de la semaine un niveau de confort de 1, soit le niveau minimal réglable (Cf. Figure 37). Malgré cela, l'occupant trouve son ECS trop chaude. Pour plus de détails, cf. p. 82

2.7. Récupération de chaleur sur la douche (T2)

2.7.1. Calendrier



La pose du système a été réalisée par un plombier chauffagiste le vendredi 17 janvier 2020. Un problème de réductions et de doigts de gant pour les sondes de température du compteur de chaleur KAMSTRUP (ajouté sur le récupérateur) a reporté la fin de la pose du récupérateur de chaleur au 12 février après intervention d'ENERTECH.

		ECOPERLE	ISOSTEN	HYDRAO	ELIOSAYOU	VIZENGO	COTHERMI	janv-20							févr.-20						Contraintes technique		
								3							7								
Log								13-janv	14-janv	15-janv	16-janv	17-janv	18-janv	19-janv	10-févr	11-févr	12-févr	13-févr	14-févr	15-févr	16-févr		
Log 01	A																						Compliqué voir impossible
Log 04	B																						Logement collectif
Log 06	B																						Compliqué voir impossible
Log 07	B																						OK
Log 08	B																						Logement collectif
Log 09	B																						Compliqué voir impossible
Log 10	B																						Logement collectif
Log 11	A																						Impossible
Log 12	B																						Compliqué voir impossible
Log 13	A																						OK
Log 15	A																						Logement locatif et social
Log 17	A																						Impossible
Log 18	A																						Compliqué voir impossible
Log 19	A																						Impossible

Figure 39 : Calendrier de pose du système de récupération de chaleur Gaïa Green.

2.7.2. Mise en œuvre et retours

Seuls 2 logements étaient techniquement compatibles avec la mise en place du système (le système étant gravitaire il faut une hauteur libre – de l'ordre de 2 mètres – sous l'évacuation de la douche).

Le logement 13 a été retenu car la configuration en place facilitait l'installation.



Chauffe-eau avant interventions



Mise en place du GAIAGREEN



Installation finalisée avec calorifuge

Figure 40 : Installation du récupérateur Gaïa Green et d'un compteur de chaleur supplémentaire dans le logement 13.

Malgré la configuration de l'existant, nous avons été contraints d'opter pour la plus petite des longueurs d'échangeur proposé par GAIAGREEN (QB1 -12), ce qui diminue le rendement théorique par rapport à un récupérateur plus long (Cf. Figure 41).

Nous avons également dû opter pour un branchement « générateur » et non mixte comme initialement envisagé (Cf. Figure 42). En effet, le départ « eau froide mitigeur douche » dessert également le lavabo de la salle de bain or il est interdit de préchauffer l'arrivée d'eau froide d'un robinet. De plus, la douche en question est équipée d'un mitigeur mécanique, alors qu'un mitigeur thermostatique est préconisé dans les cas de branchements mixtes, de manière à éviter à l'occupant de devoir réajuster manuellement la température de sa douche.



Référence	Longueur	Configuration Ballon	Ctrans Ballon	Configuration Mitigeur	Ctrans Mitigeur	Configuration Mixte	Ctrans Mixte
RP QB1-12	1270 mm	43 %	0,96	40 %	0,93	53 %	0,96
RP QB1-16	1680 mm	47 %	0,96	45 %	0,93	59 %	0,96
RP QB1-21	2100 mm	51 %	0,96	51 %	0,93	66 %	0,96
RP QB1-21 C	2100 mm	51 %	0,97	51 %	0,93	66 %	0,96
RF		33 %	0,95	32 %	0,91	43 %	0,94

Figure 41 : Efficacités de récupération théoriques en fonction des longueurs et types de montages hydrauliques.

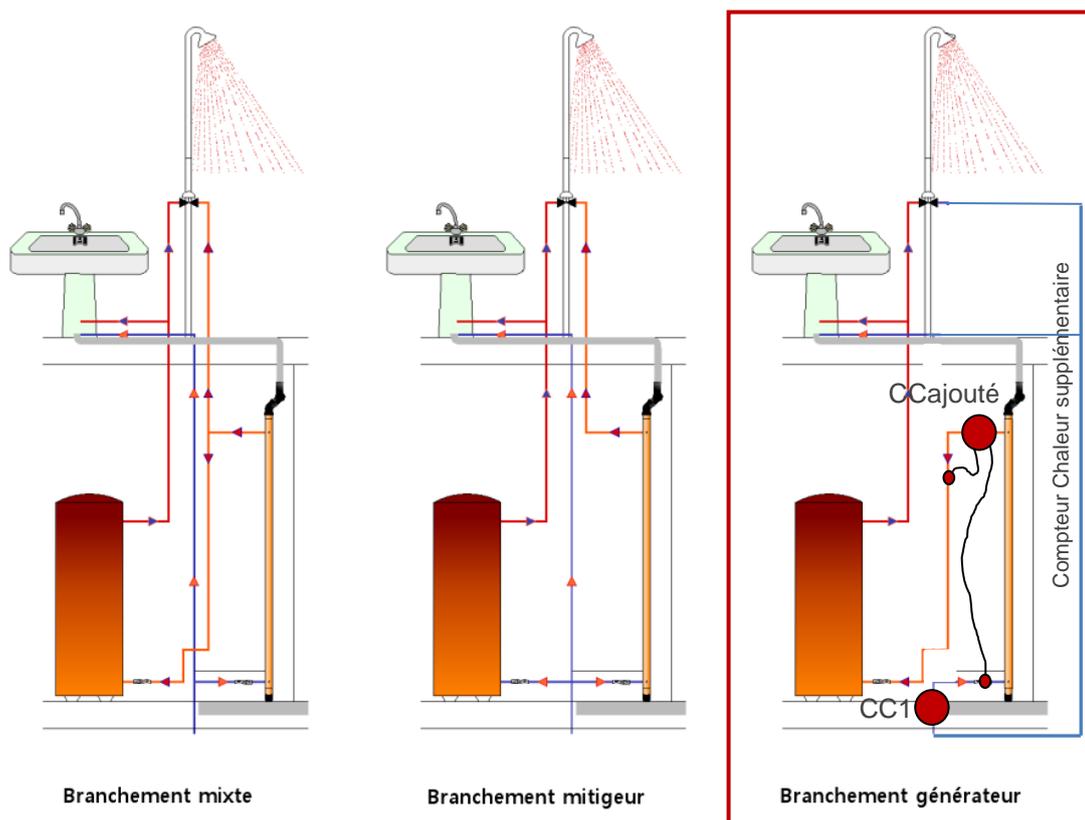


Figure 42 : Trois types de branchements hydrauliques possibles.

NB : Afin de suivre au mieux la récupération de chaleur, nous avons fait poser par un plombier chauffagiste un nouveau compteur de chaleur type KAMSTRUP Multical 403 pour comptabiliser l'énergie récupérée.

Nous avons installé un nouvel enregistreur d'impulsions (énergie/volume) sur ce compteur de chaleur ainsi que deux sondes de température en entrée et sortie du récupérateur.

Retours participants

Les occupants du logement équipé du système GAIA GREEN n'ont pas émis de retour particulier quant à l'usage du système. Pour plus de détails, cf. p. 82

2.8. Autoconsommation PV pour ECS (T2)

2.8.1. Calendrier

Sur l'ensemble des logements participants, seul le logement 11 a été envisageable pour l'installation et le raccordement de 10m² de modules photovoltaïques (1.8kWc), que ce soit pour des raisons d'accessibilité, de contraintes architecturales (orientation toiture et problématique ABF), d'installation électrique (proximité de la toiture au départ électrique du chauffe-eau) ou d'acceptation des participants.

L'installation a été câblée en triphasé comme exigé par l'installation électrique du logement. Elle s'est déroulée de la manière suivante :

- Helioscop a effectué une première visite sur site le 05 septembre 2019 pour valider la faisabilité et chiffrer son devis.

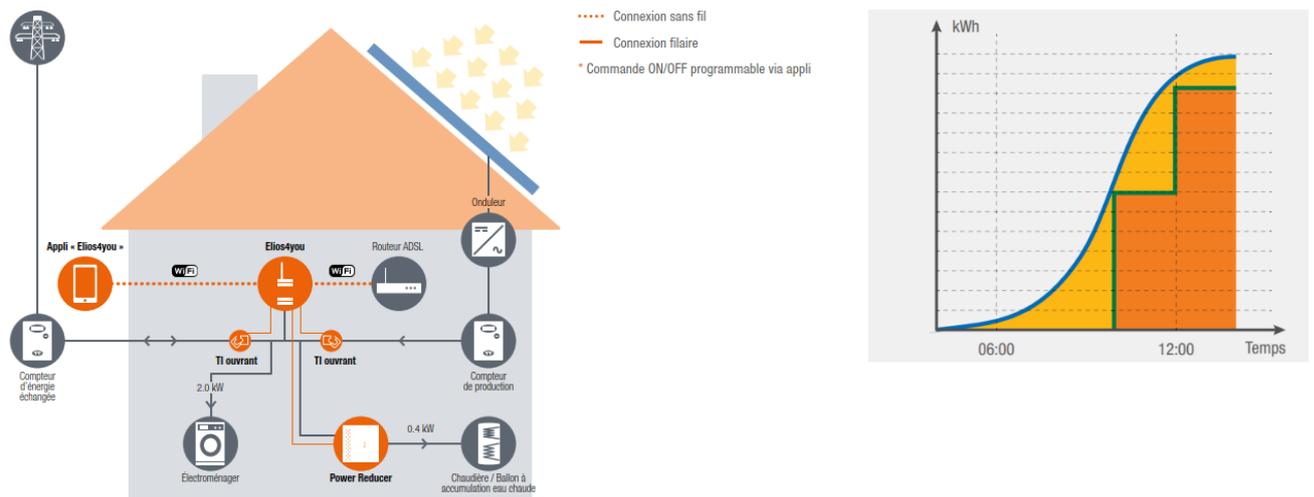


Figure 45 : Illustration du fonctionnement du système Power Reducer / Helios4you.

Afin d'optimiser l'autoconsommation tout en assurant aux usagers une eau chaude stockée à 55°C en permanence, la bonne programmation horaire/hebdomadaire du chauffe-eau est essentielle. En effet l'utilisateur peut programmer des plages de « marche forcée » (appel sur le réseau) pour garantir son confort en absence de soleil. La bonne programmation de ces plages horaires est essentielle :

- Un passage en marche forcé (boost) trop tôt dans la journée réduit potentiellement l'autoconsommation puisque le chauffe-eau sera déjà à température alors que de l'énergie solaire sera disponible.
- Un passage en marche forcé trop tardif les jours de faible ensoleillement et/ou d'autoconsommation importante par les autres appareils de la maison ne permettra pas la mise en température du chauffe-eau au moment du premier puisage.

C'est précisément ce deuxième point qui s'est produit initialement dans le logement participant. Après 2 jours de mise en service et une chute de température progressive du chauffe-eau (Figure 47 et Figure 46), le participant à lui-même « shunté » l'installation photovoltaïque pour réalimenter son chauffe-eau à partir du réseau électrique.

Les raisons de son geste ont été les suivantes :

- Une forte autoconsommation par les autres appareils électrodomestiques du logement ne laissant que peu de surplus.
- Une durée du mode BOOST programmée trop courte par HELIOSCOP (de 16h30 à 19h30 ; Cf. Figure 47)
- Une résistance de chauffe dégradée (1400W au lieu de 2400W) sur cette installation, ce qui ne permet une montée en température du chauffe-eau que de 18°C pendant les 3 heures de marche forcée, ce qui est insuffisant.

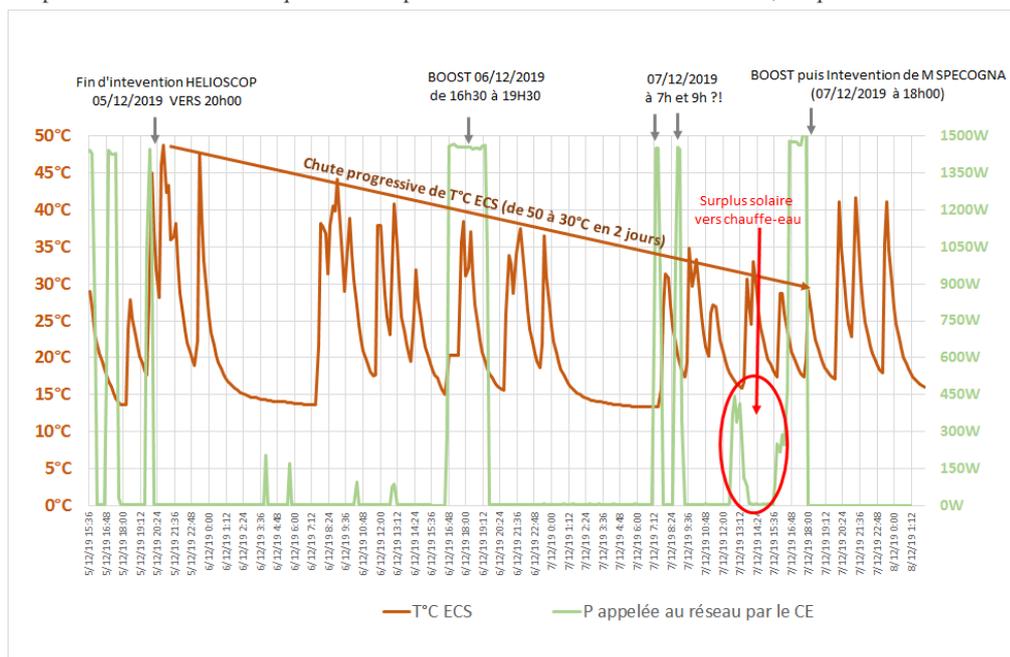


Figure 46 : Evolution de la température de stockage ECS avec le réglage initial (boost 3h/j) : le maintien en chauffe n'était plus assuré.



Figure 47 : Programmation BOOST à l'installation.



Figure 48 : (Re)programmation BOOST.

Le 20 décembre, après discussion avec l'occupant, nous sommes allés remettre en route le système et réajuster la programmation horaire de la marche forcée (16h00 à 24h00 ; Cf Figure 48).

L'occupant s'était engagé à changer la résistance de son chauffe-eau, ce qui aurait permis d'augmenter la puissance et ainsi réduire la durée de BOOST.

Nous lui avons proposé de lui acheter la résistance (~ 50€TTC) mais l'occupant n'a jamais trouvé le temps de s'en occuper.



Resistance Stéatite 2400W (chauffe-eau 200 VERT 555 STEA MO)

De même, nous lui avons proposé d'ajuster la minuterie hebdomadaire du mode BOOST après le passage en heure d'été du 29/04/2020, mais l'occupant préféra tenter d'effectuer le réglage lui-même afin de prendre en main l'application. Il ne trouva jamais le temps de s'en occuper. La programmation horaire de la marche forcée resta ainsi la même jusqu'à la fin du projet.

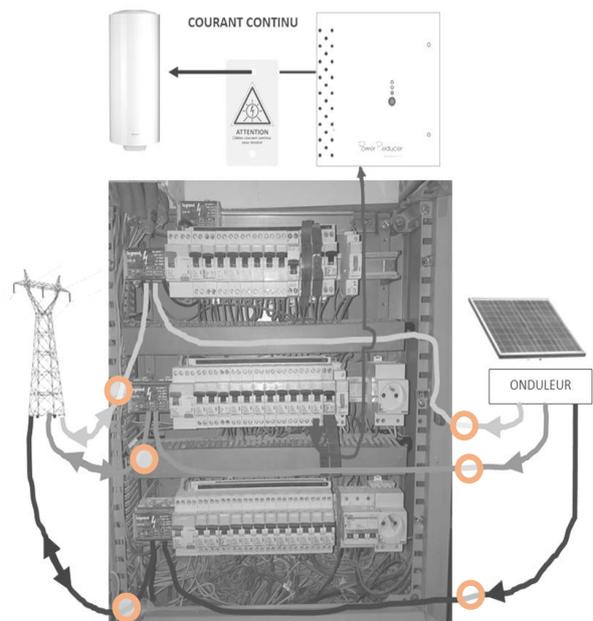
Métrologie complémentaire

Afin de suivre au mieux le niveau d'autoconsommation et d'injection vers la résistance du chauffe-eau, nous avons mis en place 6 nouvelles voies de mesures sur les 3 phases de la production photovoltaïque ainsi que sur les trois phases d'alimentation réseau (Figure 49).

Les mêmes mesures sont effectuées par le système Elios4You. HELIOSCOP a créé un accès à la plateforme internet *4 Cloud*, à partir de laquelle nous pouvons extraire les données du système au pas de temps minimum de 15minutes.

(<http://www.4-cloud.org/frontend/users/login>)





Voies de mesure avec le système MULTIVOIE



Supervision 4Cloud de Elios4You

Figure 49 : Métrologie ajoutée dans le tableau électrique du logement par Enertech et plateforme de supervision Elios4you.

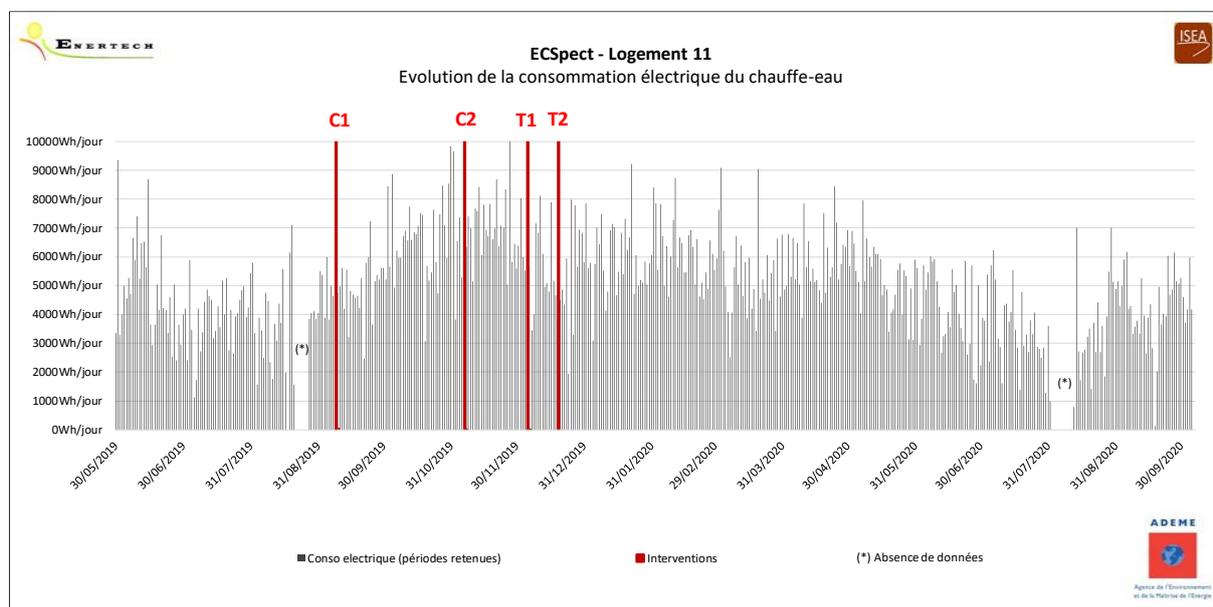
Retours participant

Le participant regrette la nécessité d'utiliser un smartphone et une application pour effectuer des réglages sur le système, notamment pour le réglage de la programmation horaire de la marche forcée. Selon lui, un programmeur analogique dans le tableau électrique dédié à l'installation aurait été plus ergonomique. Pour plus de détails, cf. p. 82

3. Résultats de mesure

3.1. Méthodologie d'analyse

La grande difficulté dans cette campagne de mesure réside dans le caractère à la fois saisonnier et naturellement très variables des consommations d'ECS (exemple en Figure 50), rendant délicat la détermination d'un gain de consommation avant/après action même en suivant les « événements marquants » rapportés par l'occupant sur l'usage de l'installation.



La méthode de traitement repose sur les principes suivants :

1. Agrégation des mesures à la journée ;
2. Suppression des données non exploitables (défaut sur l'installation, variation brusque du nombre de personnes, absence de données, etc.) ;
3. Moyennage des données sur la plage temporelle la plus large possible entre deux interventions ;
4. Prise en compte de l'effet saisonnier par l'intégration d'un profil annuel commun à tous les logements, modulé au cas par cas par la moyenne de la consommation entre chaque phase ;
5. Détermination du gain de l'action par discontinuité des deux profils moyens (déterminés par 3. et 4.) avant/après l'intervention T1, T2, C1 ou C2.

Cette méthode est illustrée en Figure 51.



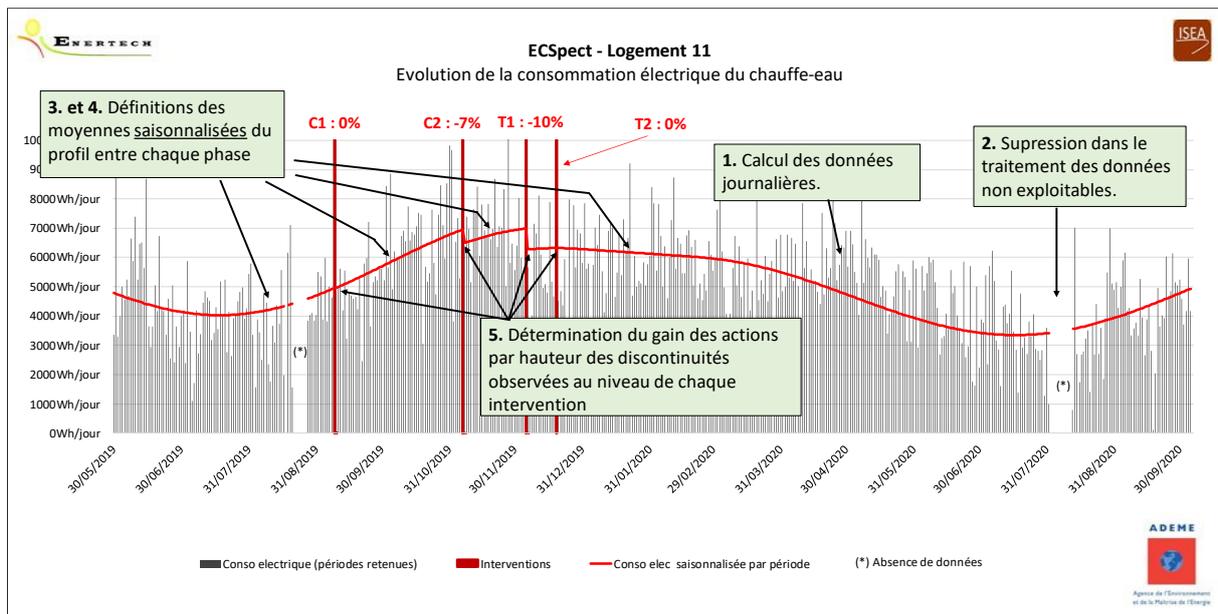


Figure 51 : Illustration de la méthode de traitement permettant de définir le gain énergétique de chaque action.

Des ajustements mineurs sur les courbes saisonnalisées (profils rouges sur la Figure 51) ont été effectués dans le but :

- D'avoir une cohérence stricte entre les gains observés sur la consommation électrique, l'énergie utile puisée et le profil de pertes statiques (le gain sur la consommation électrique devant être égal à la somme des gains observés sur la consommation utile et les pertes) ;
- De corriger des variations incohérentes qui sont en général le fait d'événements « exogènes » qui n'ont pas été rapportés par l'occupant. Par exemple il a été fait l'hypothèse qu'une action sur le comportement (C1,C2) ne peut pas avoir pour effet une augmentation de la consommation d'ECS. Si une légère augmentation est observée dans un logement, une translation est opérée de manière à interpréter cette variation comme extérieure au protocole. Le gain de l'action dans ce cas est considéré nul.

Les courbes de saisonnalité utilisées sont des courbes à moyenne annuelle unitaire déterminées à partir de la campagne de mesure précédente *Chauffe-eau ADEME*.

Trois profils de saisonnalité différents ont ainsi été définis, à partir des moyennes des profils des 20 logements, pour : la consommation électrique, l'énergie utile puisée et les pertes statiques des appareils (Figure 52).

Il est intéressant de constater que le rapport de saisonnalité hiver/été est de 2.8 sur l'énergie utile puisée et de 1.9 sur la consommation électrique des chauffe-eaux (cette dernière valeur étant confirmée sur les 53 chauffe-eau du projet Panel Elecdom). **On a donc affaire à un usage très saisonnier qui légitime cette approche.**



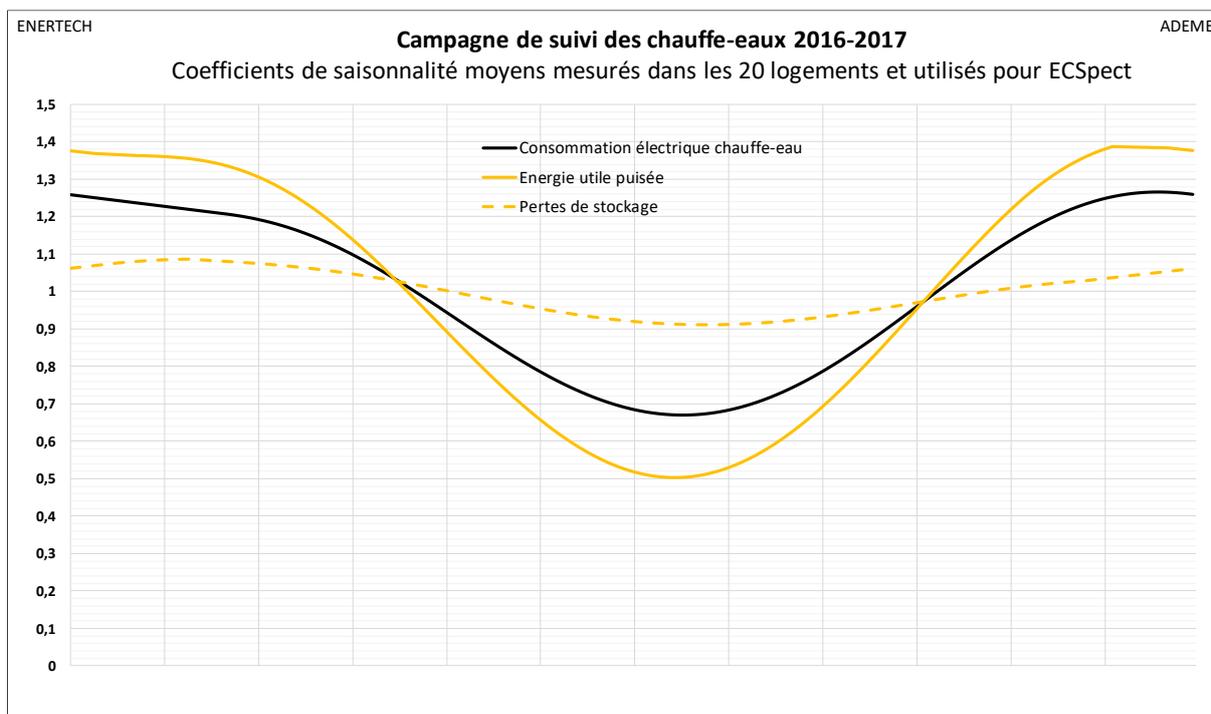
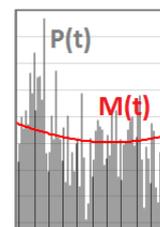


Figure 52 : Coefficients de saisonnalités utilisés pour moyenniser les mesures entre chaque phase d'intervention ECSpect. Ces coefficients sont tirés de la campagne Chauffe-eau ADEME réalisée par ENERTECH.

Pour définir la moyenne saisonnalisée $M(t)$ d'un profil $P(t)$ entre deux dates données (t_1, t_2) , compte tenu d'un profil de saisonnalité $S(t)$, on utilise la formule suivante :

$$M(t) = S(t) \cdot \frac{\text{moy } P(t)}{\text{moy } S(t)}$$



3.2. Résultats généraux

Remarque 1 : L'ensemble des graphiques résultant de l'approche décrite au §3.1 est fourni en Annexe 0 logement par logement. Nous nous intéressons ici aux résultats globaux de la campagne.

Remarque 2 : Dans les paragraphes qui suivent, les gains liés aux actions T2 ne sont pas à considérer de la même manière que ceux liés aux actions C1, C2, T1. En effet les actions T2 ne concernent qu'un nombre restreint de logements et ont parfois fait l'objet de plusieurs tests de réglages (mode IQ smart des thermostats pilotables par exemple) dont l'état final ne correspond pas forcément à la configuration optimale de l'équipement. Le gain optimal résultant des expérimentations T2 est synthétisé au chapitre 4.

3.2.1. Réductions globales des consommations

Suite à l'ensemble des actions menées, le gain moyen observé sur les consommations électriques des chauffe-eaux des participants est de **-540 kWh/an ce qui correspond à une réduction moyenne des consommations des chauffe-eaux de 32%**.

Les actions T1, C1, C2 (faites dans tous les logements) représentent 94% de ce gain.

NB1 : les consommations initiales et finales affichées ici sont des extrapolations annuelles des consommations avant et après les actions selon la méthode exposée au paragraphe 3.1.

NB2 : le logement 8, très peu occupé durant la campagne et avec une alimentation électrique souvent coupée, n'a pas pu faire l'objet d'une analyse complète de l'influence des actions.

Comme on peut le voir en Figure 53 les consommations initiales suivent sensiblement les mêmes tendances que celles du projet chauffe-eaux ADEME et diffèrent énormément d'un logement à l'autre (de 680 kWh/an pour le logement 6 à 3310 kWh/an pour le logement 9 !) pour une moyenne de 1704 kWh/an. Cette consommation moyenne est légèrement supérieure à celle du projet chauffe-eaux Ademe (1560 kWh/an) mais très proche de la consommation moyenne des 53 chauffe-eaux du projet Panel Elecdom (1676 kWh/an).

On note que les baisses relatives des consommations ne sont pas corrélées à l'importance de la consommation initiale. On trouve en effet des réductions de même ampleur chez les petits et les gros consommateurs.

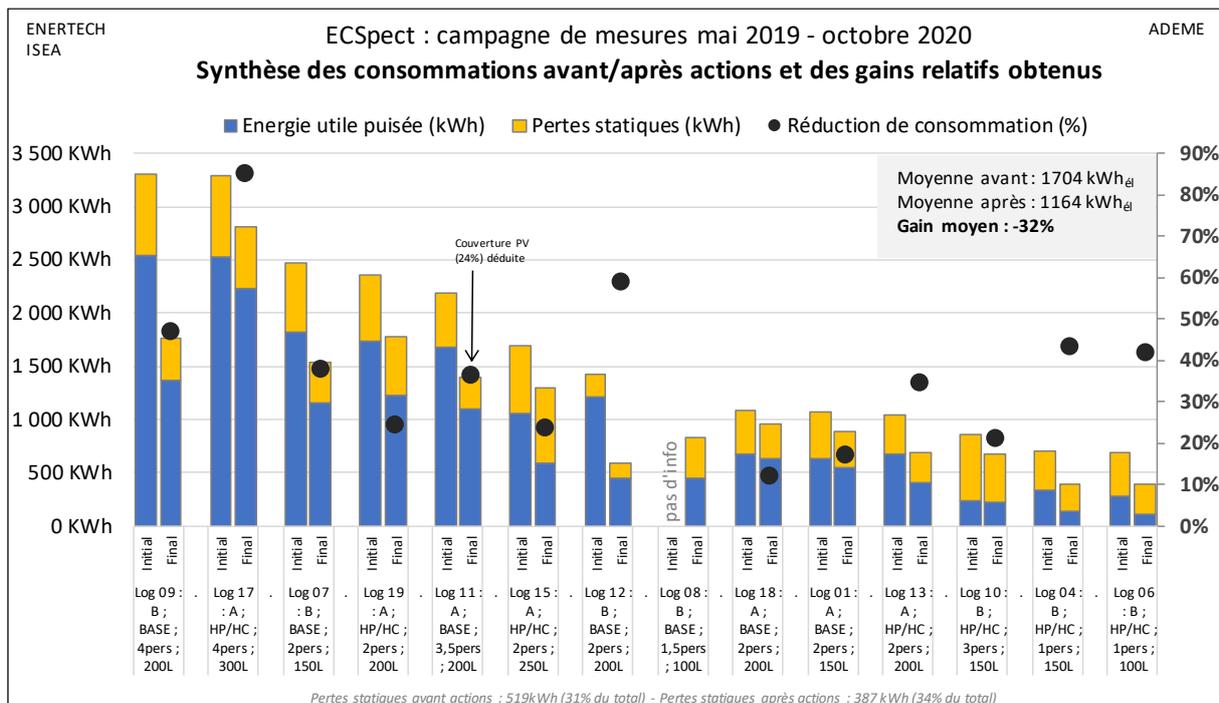


Figure 53 : Synthèse des consommations électriques avant/après action avec discrimination puisages/pertes.

La Figure 54 montre que les gains relatifs obtenus sur les pertes statiques (-25% en moyenne) sont plus homogènes que les gains obtenus sur l'énergie utile puisée (-33%). Ce point sera développé dans les chapitres qui suivent.

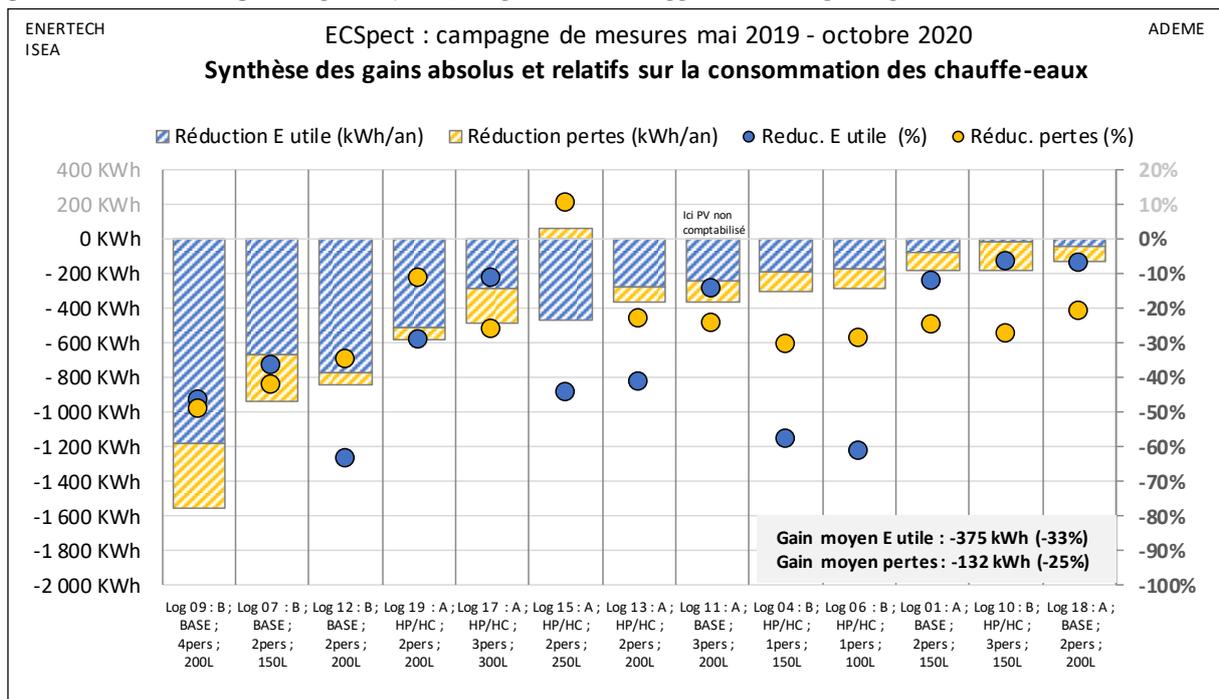


Figure 54 : Synthèse des gains absolus et relatifs obtenus sur l'énergie utile et les pertes statiques.

3.2.2. Répartition des gains sur les consommations électriques

La structure des gains sur les consommations électriques totales des chauffe-eaux par type d'action est présentée sur les graphiques des Figure 55 et Figure 56. Le tableau complet des valeurs correspondantes est fourni en annexe 0.



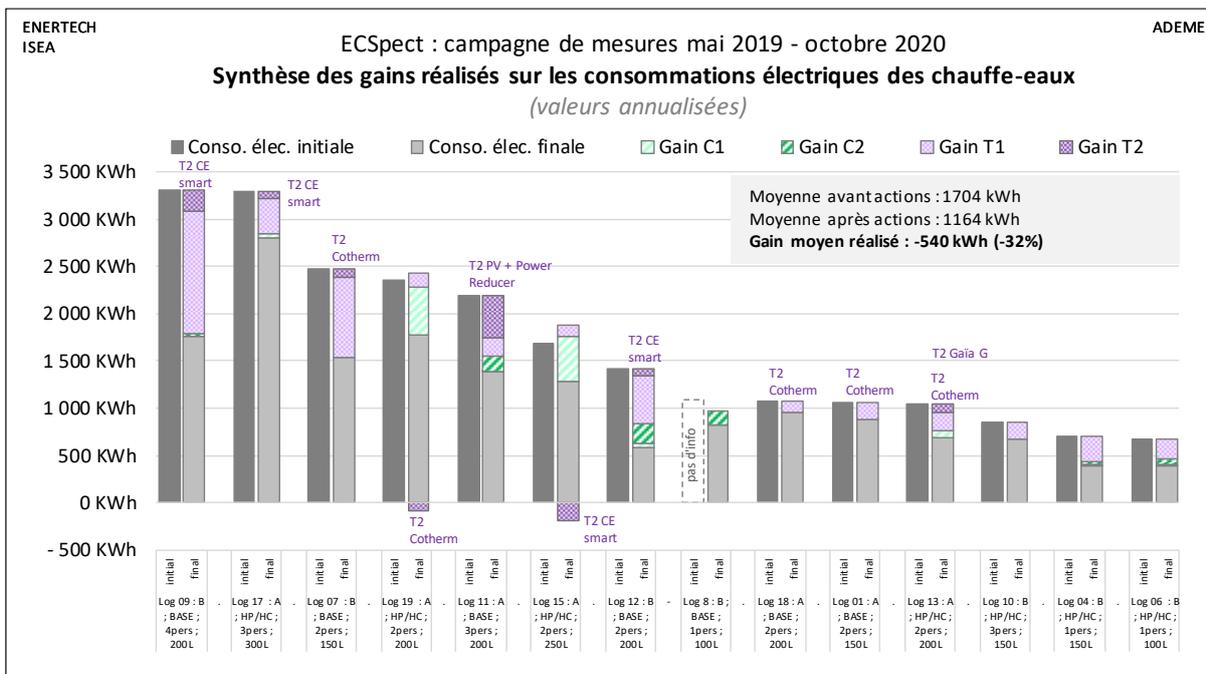


Figure 55 : Synthèse des consommations électriques avant/après actions et des gains par type d'action.

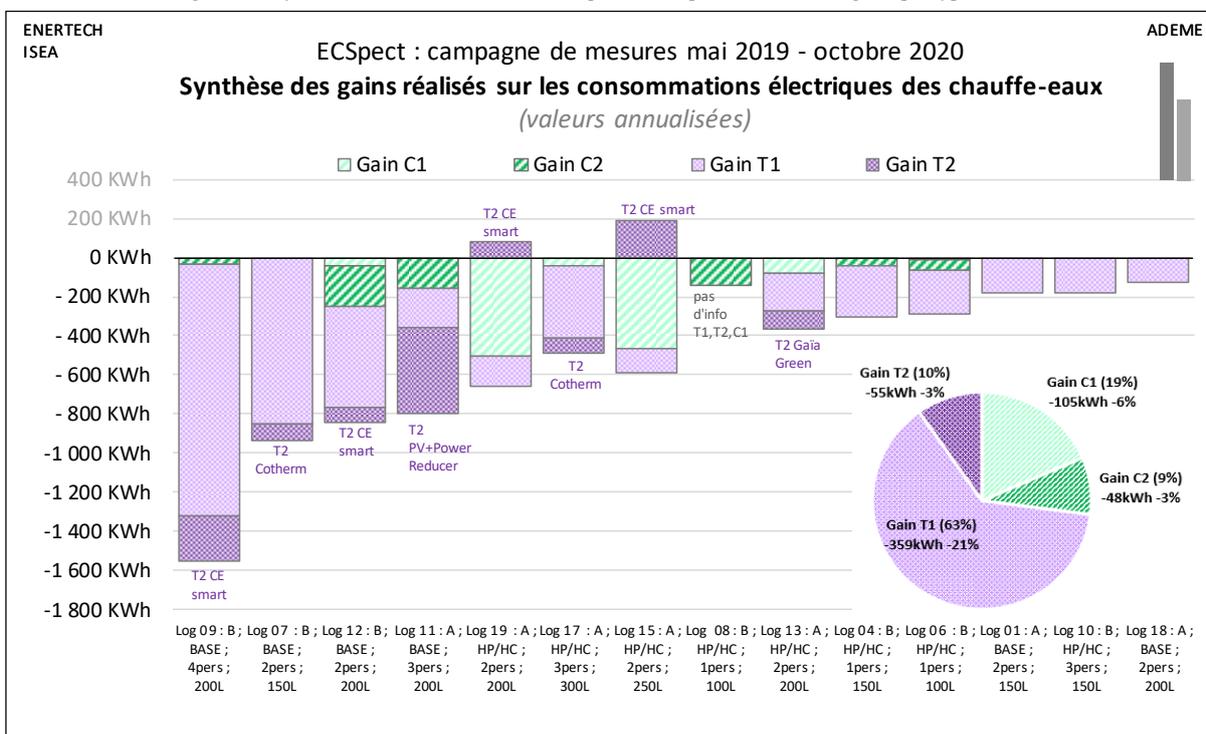


Figure 56 : Structure des gains réalisés sur la consommation électrique totale des chauffe-eaux.

Ces graphiques montrent que les actions T1 (jaquettes isolantes et dispositifs hydro-économiques) constituent 63% du gain moyen obtenu. Les actions comportementales représentent 28% du gain et les actions T2 10% (sachant que les actions T2 ont été effectuées dans un nombre restreint de logements et avec des essais de réglages dont l'état final n'était pas toujours le plus optimal).

Actions T1 (dispositifs hydro-économiques + jaquettes) : gain moyen de -359 kWh/an soit -21% sur la consommation électrique. Les gains relatifs par logement (voir tableau en annexe 0) sont hétérogènes dans chaque groupe et plus marqués dans le groupe B :

- Groupe A (C puis T) : moyenne -23% (min -12% ; max -37% => amplitude 1 à 3)
- Groupe B (T puis C) : moyenne -42% (min -21% ; max -59% => amplitude 1 à 3)

Le gain le plus marqué des actions T1 dans le groupe B s'expliquerait par des débits initiaux aux points de puisage plus importants dans les logements de ce groupe, notamment sur les éviers et les douches. Par ailleurs les jaquettes ont présenté des gains légèrement plus efficaces dans le groupe B (-27% contre -22% dans le groupe A).



Actions T2 : voir §3.4.

Actions C1+C2 : gain moyen de -153 kWh/an soit -9% sur la consommation électrique. Les gains sont hétérogènes selon les logements (C1 : 0% à -28% et C2 : 0% à -27%) avec une plus grande efficacité des actions C1 dans le groupe A (-10% contre -2% dans le groupe B) et des actions C2 dans le groupe B (-11% contre -1% dans le groupe A). Il faut noter qu'il semble rare que les actions C1 et C2 permettent de cumuler les gains. Quand un logement présente une réduction significative, c'est en général sur une seule de ces 2 actions.

3.2.3. Répartition des gains sur l'énergie utile

L'énergie utile puisée représente en moyenne 69% de l'énergie consommée par les chauffe-eaux selon les données ECSpect avant actions (le ratio était de 68% sur l'étude *Chauffe-eaux ADEME*).

Suite à l'ensemble des actions menées, le gain moyen observé sur l'énergie utile puisée est de **-375 kWh/an ce qui correspond à une réduction moyenne de l'énergie puisée de 33%**. La consommation moyenne passe ainsi de 1184 kWh/an à 809 kWh/an.

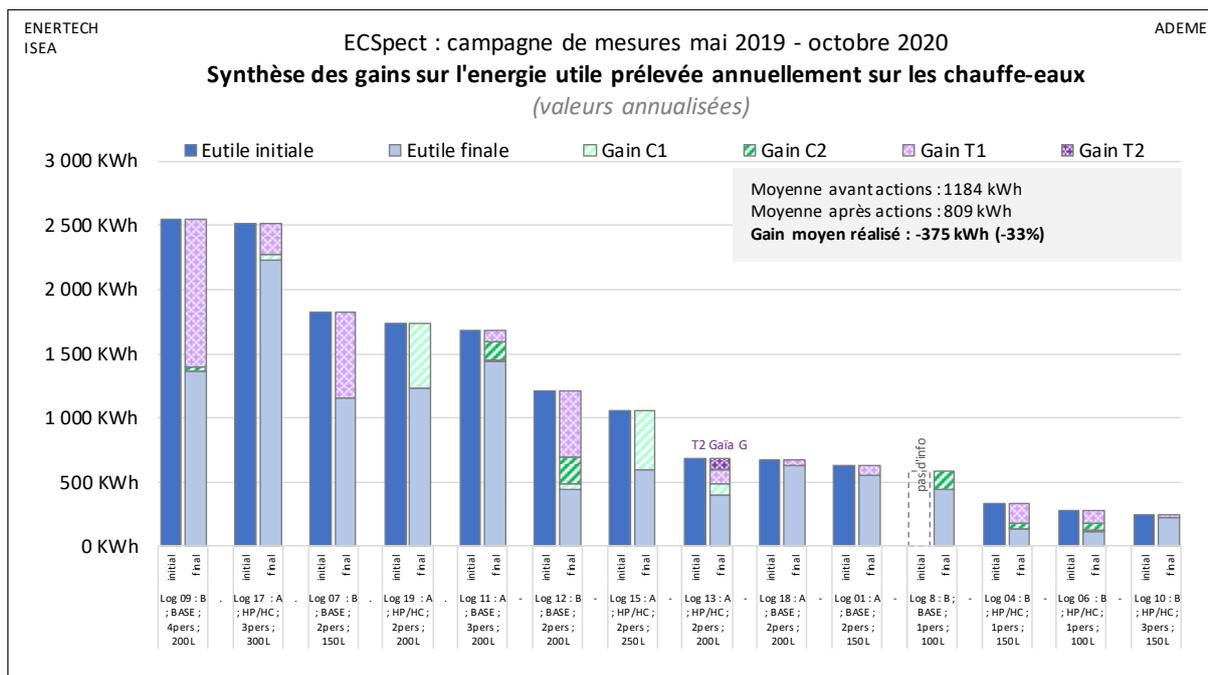


Figure 57 : Synthèse de l'énergie utile puisée avant/après actions et des gains par type d'action.

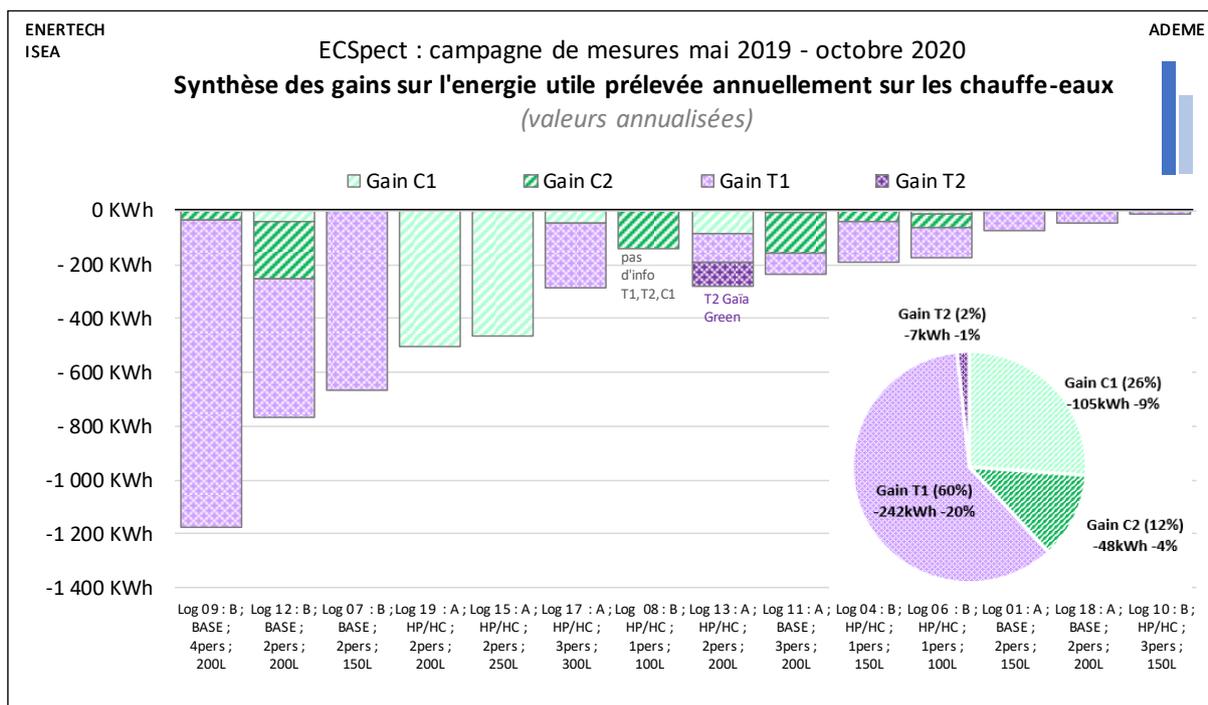


Figure 58 : Structure des gains réalisés sur l'énergie utile puisée sur les chauffe-eaux.



La structure des gains obtenus sur l'énergie utile puisée par type d'action est présentée sur les graphiques des Figure 57 Figure 55 et Figure 58. Le tableau complet des valeurs correspondantes est fourni en annexe 0.

Les actions T1 (jaquettes isolantes et dispositifs hydro-économiques) constituent 63% du gain moyen obtenu. Les actions comportementales représentent 35% du gain et les actions T2 seulement 2% (en rappelant encore que les actions T2 ont été effectuées dans un nombre restreint de logements et qu'il n'est donc pas rigoureux de les moyenner).

Actions T1 (dispositifs hydro-économiques) : gain moyen de -242 kWh/an soit -20% sur l'énergie puisée et -14% sur la consommation électrique. Les gains relatifs par logement (voir tableau en annexe 0) sont hétérogènes dans chaque groupe et plus marqués dans le groupe B :

- Groupe A (C puis T) : moyenne -23% (min -7% ; max -44% => amplitude 1 à 6)
- Groupe B (T puis C) : moyenne -45% (min -6% ; max -63% => amplitude 1 à 10)

Le gain plus marqué des actions T1 dans le groupe B s'expliquerait par des débits initiaux aux points de puisage plus importants dans les logements de ce groupe sur les éviers et les douches.

Actions T2 : voir §3.4.

Actions C1+C2 : gain moyen de -153 kWh/an soit -13% sur l'énergie puisée et -9% sur la consommation électrique. Les gains sont hétérogènes selon les logements (C1 : 0% à -44% et C2 : 0% à -32%) avec une plus grande efficacité des actions C1 dans le groupe A (-15% contre -2% dans le groupe B) et des actions C2 dans le groupe B (-19% contre -1% dans le groupe A). L'étude d'ISEA apporte des éléments d'explication sur ces tendances.

3.2.4. Répartition des gains sur les pertes statiques

Les pertes statiques des chauffe-eaux représentent en moyenne 31% de l'énergie consommée par les chauffe-eaux selon les données ECSpect avant actions (le ratio était de 32% sur l'étude *Chauffe-eaux ADEME*).

Suite à l'ensemble des actions menées, le gain moyen observé sur les pertes statiques est de **-133 kWh/an ce qui correspond à une réduction moyenne des pertes de 25%**. La consommation moyenne passe ainsi de 520 kWh/an à 387 kWh/an.

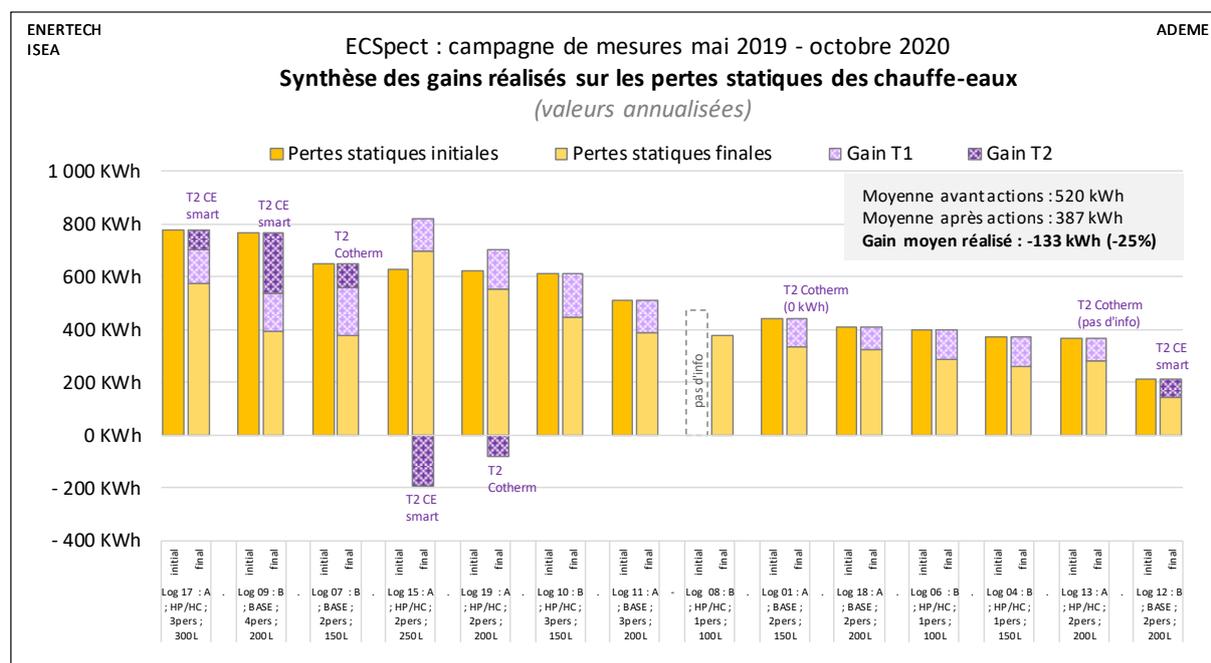


Figure 59 : Synthèse des pertes statiques des chauffe-eaux avant/après actions et des gains par type d'action.



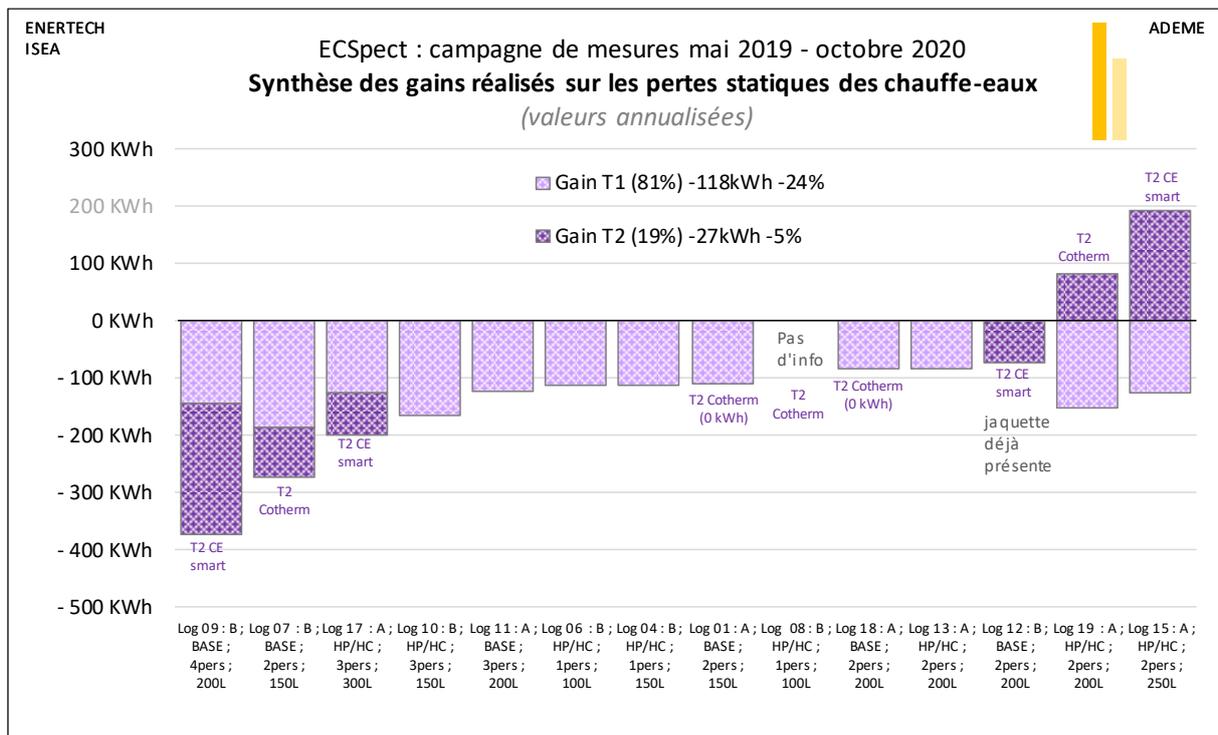


Figure 60 : Structure des gains réalisés sur les pertes statiques des chauffe-eaux.

La structure des gains obtenus sur l'énergie utile puisée par type d'action est présentée sur les graphiques des Figure 59 Figure 55 et Figure 60. Le tableau complet des valeurs correspondantes est fourni en annexe 0.

Les actions T1 (jaquettes isolantes) constituent 81% du gain moyen obtenu avec -118 kWh/an. Les actions T2 constituent les 19% restant mais il est délicat de comparer ces valeurs puisque les T2 sont des actions qui ont été réalisées dans un nombre restreint de logements.

Actions T1 (jaquettes isolantes) : gain moyen de -118 kWh/an soit -24% sur les pertes statiques -7% sur les consommations électriques totales des appareils. Les gains relatifs par logement (voir tableau en annexe 0) sont assez homogènes au sein des logements :

- Groupe A (C puis T) : moyenne -22% (min -16% ; max -25% => amplitude 1 à 1.6)
- Groupe B (T puis C) : moyenne -27% (min -19% ; max -30% => amplitude 1 à 1.6) si l'on exclut le logement 12 avec un gain de 0% car l'occupant avait déjà installé une jaquette fabriquée par ses soins.

Actions T2 : voir §3.4.

3.3. Zoom sur les actions T1

3.3.1. Dispositifs hydro-économes

Les actions mises en œuvre ainsi que le matériel utilisé sont décrits aux paragraphes 2.2 et 2.3.

La mise en place d'équipements hydro-économes calibrés en débits⁴ constitue la mesure la plus efficace de l'expérimentation ECsPect avec un gain moyen de -242 kWh/an qui représente -20% sur l'énergie puisée et -14% sur la consommation électrique des chauffe-eaux.

⁴ Attention, le terme de « mousser » est trompeur car beaucoup de mousses ne sont pas calibrés en débit, ce qui signifie que le débit du point de puisage dépendra de la pression disponible. Certains mousses ne sont par ailleurs que des « aérateurs » qui mélangent de l'air à l'eau pour éviter les projections. Ces derniers ne réduisent pas le débit.



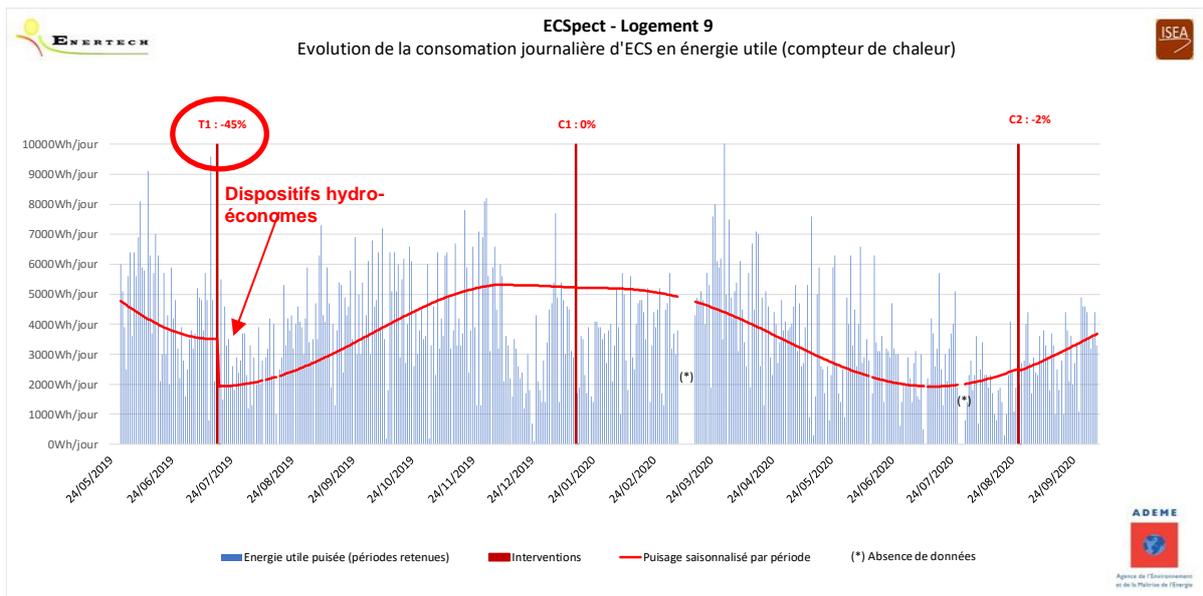


Figure 61 : Gain obtenu par la mise en place des dispositifs hydro-économiques dans le logement 9.

Comme évoqué dans les paragraphes 2.2 et 2.3, la réduction des débits est assez hétérogène d'un logement à l'autre et d'un point de puisage à l'autre. On peut retenir que la réduction de débit est en moyenne de -24% sur les éviers, -63% sur les lavabos et -4% sur les douches.

Les répartitions des consommations par personne avant et après actions sont indiquées sur les graphiques de la Figure 62. Il est intéressant de constater qu'on garde dans les deux cas une corrélation assez nette des consommations avec le nombre moyen d'occupants (indice de corrélation R^2 de 0.77 avant action et 0.78 après).

L'indicateur « nombre d'occupant » dans la consommation d'ECS prédomine donc a priori sur les débits aux points de puisage et les comportements plus ou moins vertueux.

La réduction toutefois importante des consommations d'ECS sur l'action T1 (réduction des débits), malgré une réduction relativement modeste - en moyenne - des débits des pommeaux, nous a incité à analyser plus finement la question.



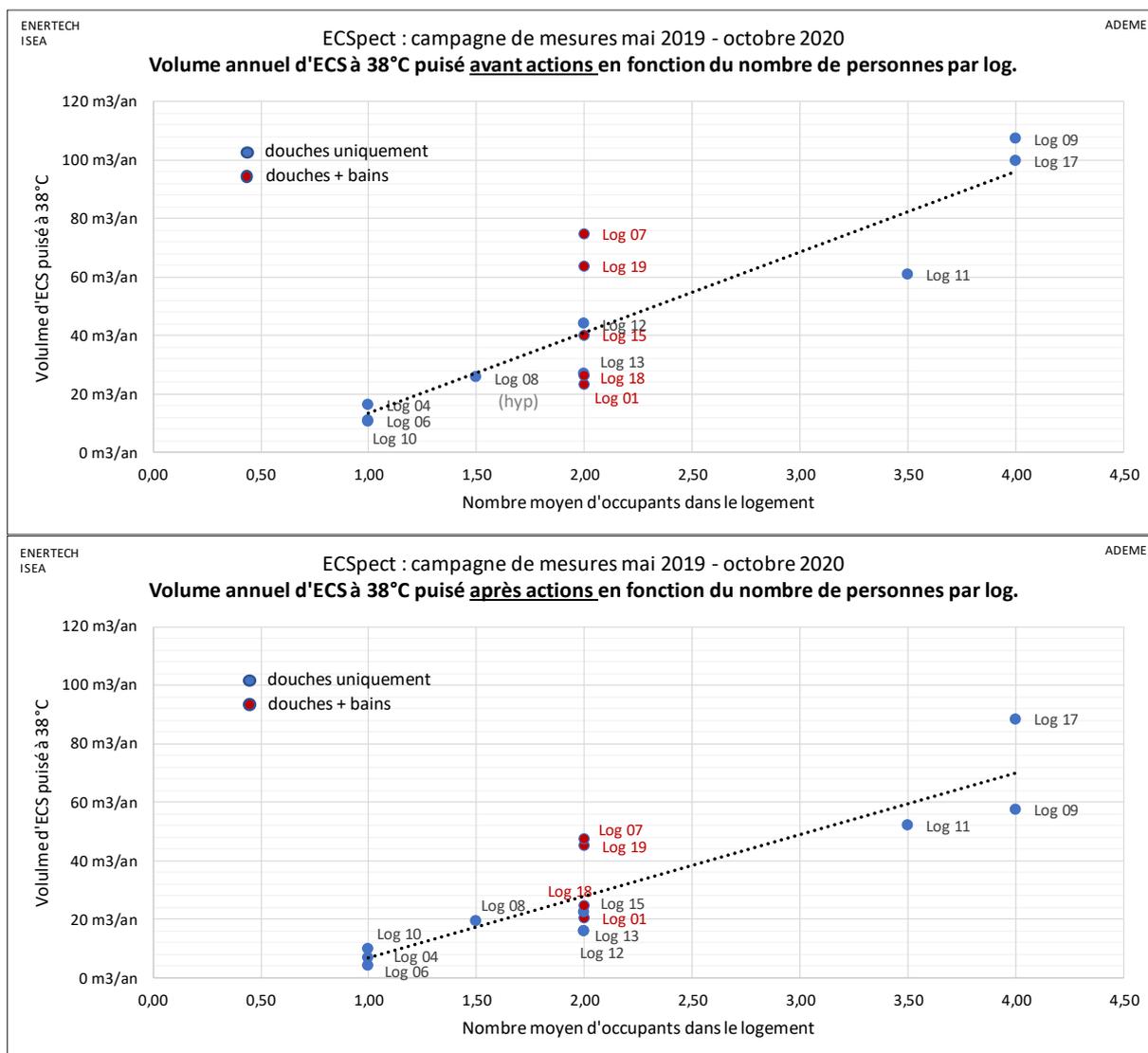


Figure 62 : Volume d'ECS puisé à 38°C en fonction du nombre d'occupants avant actions (en haut) et après actions (en bas)

Nous avons ainsi tenté de faire le lien entre les réductions de consommation mesurées et les réductions de débit mises en place.

Pour cela nous sommes partis d'une répartition initiale des puisages s'appuyant sur :

- Les déclarations des occupants sur leur nombre de bains et de douches hebdomadaires
- Un ratio fixe de puisage en cuisine par nombre d'occupant
- L'affectation du reste des puisages aux lavabos (connaissant le total qui a été mesuré).

Nous avons ensuite « modelé » ces valeurs en plus et en moins de manière à retrouver, compte tenu des réductions de débits réalisées sur chaque point de puisage, le gain global T1 mesuré sur l'énergie utile.

Cette approche nous a permis de mettre en cohérence les gains mesurés sur l'action T1 et les réductions physiques réalisées sur les débits grâce aux équipements hydro-économiques.

Bien sûr cette approche présente de nombreuses limites :

- Biais d'estimation sur les T1
- Méconnaissance du ratio d'utilisation de chaque point de puisage quand il y a deux éviers, deux lavabos, deux douches etc.
- Méconnaissance du volume (fixe) de canalisation à vider pour obtenir de l'eau chaude, ce qui n'est pas modifié par la réduction des débits
- Effets rebonds éventuels (modification des comportements suite à la pose des équipements, comme on le suspecte pour le logement 9)
- Etc.

Elle permet toutefois de jeter des bases de réflexions. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3 et en Figure 63.



		Réduction des débits réalisées (T1)						Consommation ECS 38°C avant actions	Gain mesuré sur l'énergie utile (T1)	Estimation possible de la répartition des consommations (*)					
		Evier cuisine 1	Evier cuisine 2	Lavabo 1	Lavabo 2	Pommeau SdB 1	Tête colonne SdB 1			Pommeau SdB 2	Eviers	Lavabos	Bains	Douches	
A	Log 01	0%		-69%	-62%	0%	0%	0%	23 m3/an	-12%	20%	18%	56%	6%	
	Log 11	-29%		-71%	-72%	29%		14%	61 m3/an	-5%	36%	9%		55%	
	Log 13	-50%	-29%	-44%		-34%	10%		-45%	27 m3/an	-21%	28%	29%		43%
	Log 15	-29%		-63%			20%			40 m3/an	0%	31%	5%	0%	64%
	Log 17	0%	-20%	-38%	-50%	-27%		10%		100 m3/an	-10%	16%	6%		77%
	Log 18	-56%		-64%	-69%	10%		-18%		26 m3/an	-7%	11%	3%	44%	41%
Log 19	-25%		-62%	-58%	-12%		26%		64 m3/an	0%	17%	2%	10%	71%	
B	Log 04	-40%		-68%		-22%			16 m3/an	-46%	47%	31%		22%	
	Log 06	0%		-44%		0%			11 m3/an	-39%	4%	83%		13%	
	Log 07	-33%		-67%		-12%		0%	75 m3/an	-36%	18%	47%	12%	23%	
	Log 08	-37%		-71%		0%			26 m3/an		41%	17%		43%	
	Log 09	0%		-67%		-12%	10%		107 m3/an	-45%	15%	11%		74%	
	Log 10	-25%		-62%		-6%			10 m3/an	-6%	11%	0%	19%	70%	
Log 12	-14%		-77%	-77%	-18%		-34%	44 m3/an	-42%	28%	29%		43%		

Moyenne bains+douches : 56%

Tableau 3 : Estimation possible de la répartition des consommations d'ECS aux points de puisage. (*) Estimation réalisée sur la base des déclarations des occupants sur le nombre de bains et de douches (hypothèses de 120L par bain, 5min par douche) avec un ajustement sur la répartition éviers/lavabos pour recouper le gain réel mesuré.

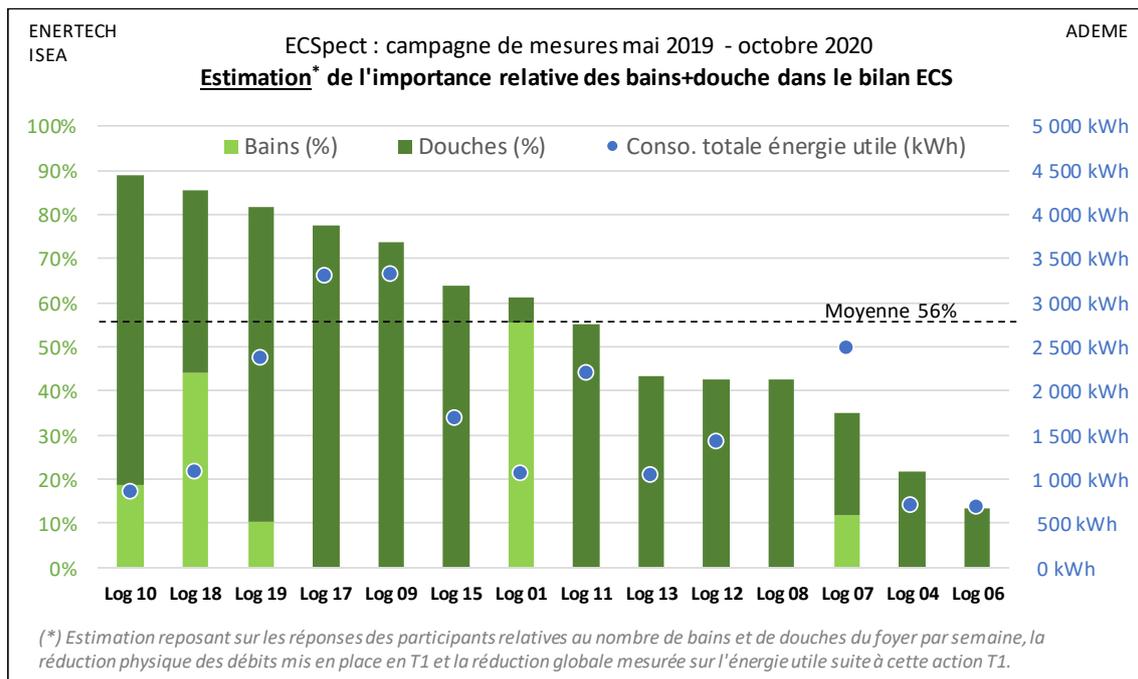


Figure 63 : Estimation de l'importance des bains et des douches dans l'ECS puisée, à partir du croisement des questionnaires, de la connaissance du contexte des logements et des mesures réalisées sur la réduction de consommation d'ECS.

Cette analyse, même si elle doit être interprétée avec beaucoup de prudence, apporte les pistes de réflexion suivantes :

- La part des puisages liés au lavage (bains, douches) pourrait être plus basse que le ratio fréquemment avancé de 70% (ce ratio évoquant même parfois seulement les douches).
- L'importance de cette part serait très variable d'un logement à l'autre (rapport 1 à 7 !)
- Cette variabilité semble d'autant plus marquée chez les petits et moyens consommateurs d'ECS (moins de 2000 kWh_{ut}/an).

Une étude plus approfondie sur la répartition des consommations d'ECS par point de puisage avec une métrologie adaptée pourrait permettre de définir des typologies de consommateurs d'ECS (nombre de puisage et durées par type d'usage) et d'en déduire une grille adaptée des « bons » écogestes à mobiliser.

3.3.2. Jaquette isolante

Les actions mises en œuvre ainsi que le matériel utilisé sont décrits aux paragraphes 2.4.

La mise en place des jaquettes isolantes sur les chauffe-eaux a permis de réaliser un gain de -118 kWh/an qui représente -24% sur les pertes statiques et -7% sur la consommation électrique des chauffe-eaux.

Si l'on exclut le logement 12 (dont la jaquette était préexistante ce qui explique le gain nul) le gain moyen obtenu est de -128 kWh/an.



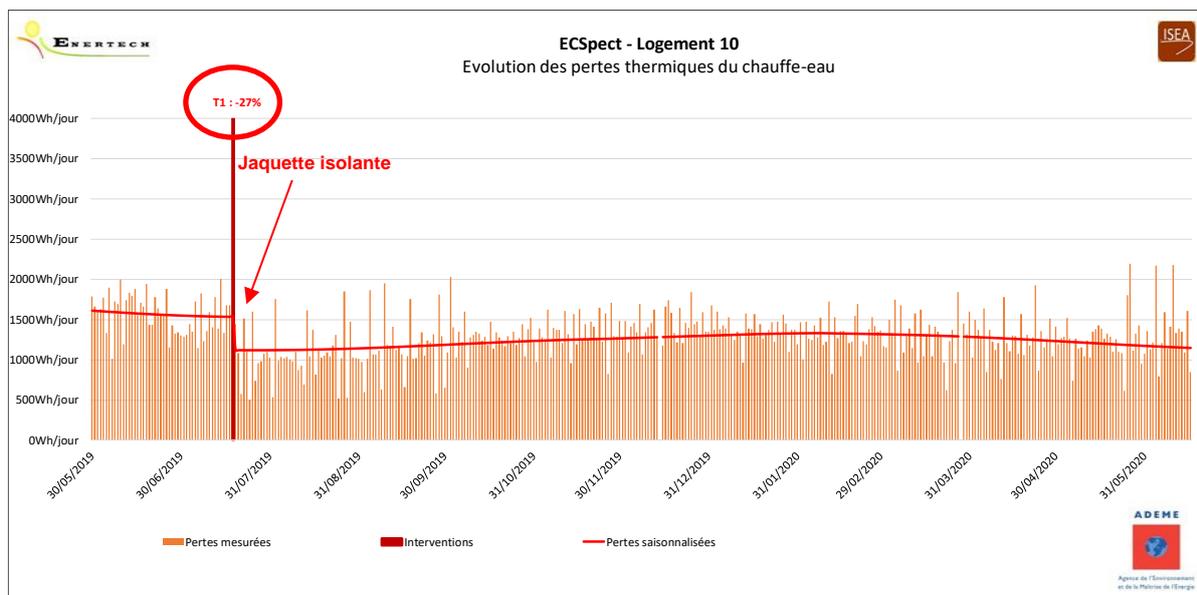


Figure 64 : Gain obtenu par la mise en place d'une jaquette isolante dans le logement 9.

Le Tableau 4 résume l'ensemble des configurations des installations, les mesures des pertes statiques ainsi que les gains obtenus par la mise en place des jaquettes.

Logement	Capa. CE	Config.	HP/HC	Energie utile	Pertes statiques	Tcons	Tef	Tamb	dT cons/amb	Gain jaquette mesuré et part retranchée sur les pertes
Log 01	150 L	Vertic/socle	Base	623 KWh	441 KWh	42,0 °C	15,1 °C	18,7 °C	23,3 °C	-109 kWh -25%
Log 11	200 L	Vertic/Mural	Base	1 680 KWh	509 KWh	55,0 °C	15,5 °C	22,1 °C	32,9 °C	-122 kWh -24%
Log 13	200 L	Vertic/Mural	HP/HC	679 KWh	365 KWh	50,0 °C	18,4 °C	19,4 °C	30,6 °C	-83 kWh -23%
Log 15	250 L	Vertic/socle	HP/HC	1 060 KWh	630 KWh	52,0 °C	17,5 °C	21,9 °C	30,1 °C	-125 kWh -20%
Log 17	300 L	Vertic/socle	HP/HC	2 520 KWh	776 KWh	66,0 °C	19,0 °C	21,3 °C	44,7 °C	-127 kWh -16%
Log 18	200 L	Vertic/Mural	Base	670 KWh	408 KWh	47,0 °C	16,4 °C	20,5 °C	26,5 °C	-84 kWh -20%
Log 19	200 L	Vertic/Mural	HP/HC	1 736 KWh	621 KWh	70,0 °C	14,6 °C	21,7 °C	48,3 °C	-151 kWh -24%
Log 04	150 L	Vertic/socle	HP/HC	327 KWh	370 KWh	58,0 °C	17,4 °C	24,5 °C	33,5 °C	-112 kWh -30%
Log 06	100 L	Horiz/Socle	HP/HC	283 KWh	397 KWh	60,0 °C	17,0 °C	19,7 °C	40,3 °C	-113 kWh -28%
Log 07	150 L	Vertic/Mural	Base	1 825 KWh	649 KWh	66,0 °C	18,4 °C	21,1 °C	44,9 °C	-185 kWh -29%
Log 08	100 L	Vertic/Mural	Base	-	-	69,0 °C	17,4 °C	21,3 °C	47,7 °C	-
Log 09	200 L	Vertic/Mural	Base	2 544 KWh	766 KWh	69,0 °C	18,3 °C	21,8 °C	47,2 °C	-145 kWh -19%
Log 10	150 L	Vertic/Mural	HP/HC	239 KWh	613 KWh	68,0 °C	14,4 °C	19,9 °C	48,1 °C	-166 kWh -27%
Log 12	200 L	Vertic/Mural	Base	1 209 KWh	214 KWh	70,0 °C	14,1 °C	16,3 °C	53,7 °C	0 kWh 0%

Tableau 4 : Configurations des chauffe-eaux et gains mesurés par mise en place des jaquettes.

Si l'on cherche dans un premier temps à **caractériser les pertes statiques avant actions**, on peut :

- Dans un premier temps tracer simplement les pertes statiques mesurées en fonction de la capacité des chauffe-eaux (Figure 65). On constate qu'une corrélation se dessine mais qu'elle reste très imparfaite. L'information manquante est l'écart moyen de température entre l'eau chaude stockée et l'air ambiant autour du chauffe-eau.
- Si on prend pour approximation que la température de l'eau chaude stockée est égale à la consigne de température du chauffe-eau (déterminée via le « maximum » de la température mesurée en sortie), on peut tracer la perte statique divisée par la capacité du chauffe-eau et l'écart moyen entre la consigne et l'ambiance. On définit ainsi une constante de refroidissement simplifiée et on obtient une corrélation significativement meilleure (Figure 66).



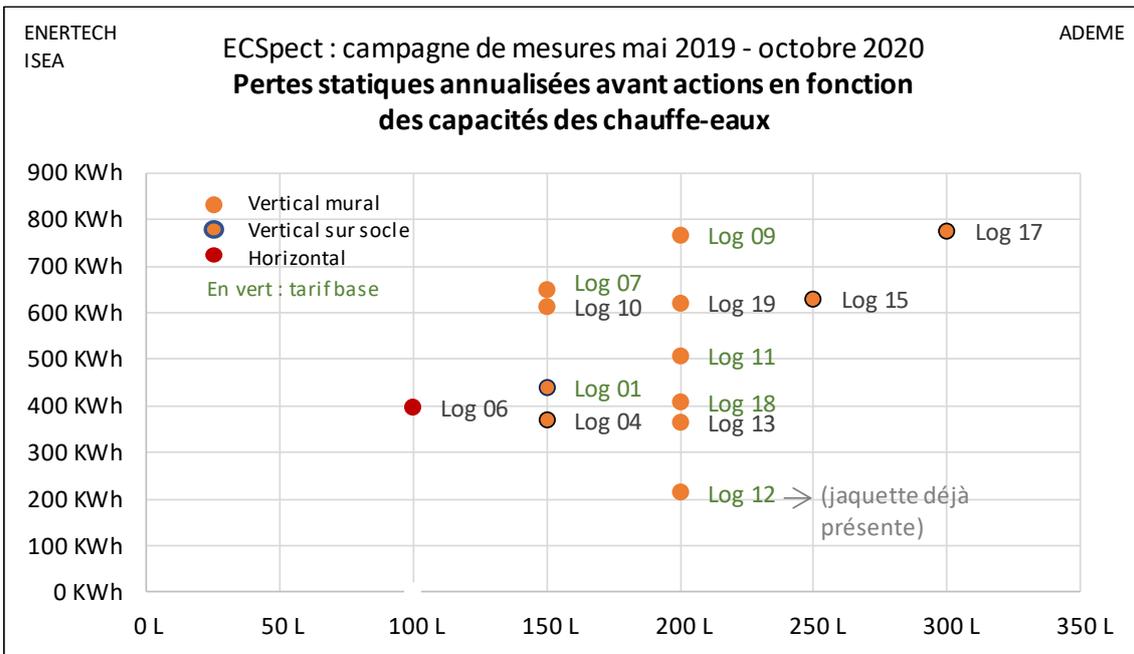


Figure 65 : Pertes statiques mesurées avant actions en fonction des capacités des chauffe-eaux.

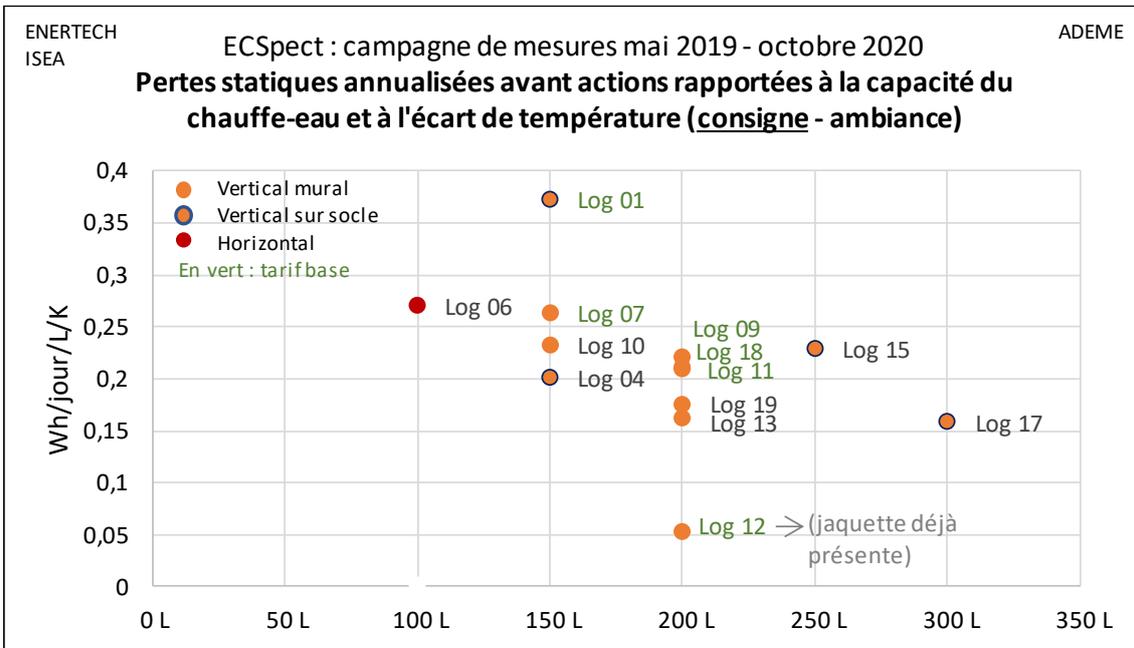


Figure 66 : Pertes statiques mesurées avant action et divisées par la capacité de chauffe-eaux et l'écart entre consigne et ambiance moyenne.

La Figure 66 se rapproche du lien qu'on observe entre les Cr des données fabricants et les capacités des chauffe-eaux : plus la capacité augmente plus le Cr diminue (du fait de la diminution de la surface déperditive au ratio du volume stocké).

On observe par ailleurs que les chauffe-eaux en tarif « base » se situent plutôt dans la fourchette haute de la courbe, ce qui traduit le fait qu'ils atteignent plus souvent leur consigne du fait d'une disponibilité de charge permanente.

La variabilité résiduelle que l'on observe en Figure 66 réside dans les configurations des appareils (mural, sur socle, piquage inférieur ou supérieur) et dans le fait qu'on ne connaît pas précisément la température moyenne de l'eau chaude stockée faute d'une métrologie interne au chauffe-eau. Cette erreur est malheureusement incompressible dans notre étude.

On cherche maintenant à **caractériser les gains obtenus sur les pertes grâce à la pose des jaquettes.**

La Figure 66 montre les gains absolus (exprimés en kWh) réalisés suite à la pose des jaquettes et extrapolés à une année. On constate que la corrélation des gains avec la capacité est loin d'être parfaite : des chauffe-eaux de petite capacité comme les 150 L des logements 7 et 10 peuvent présenter des gains absolus supérieurs à des chauffe-eaux de plus grande capacité.



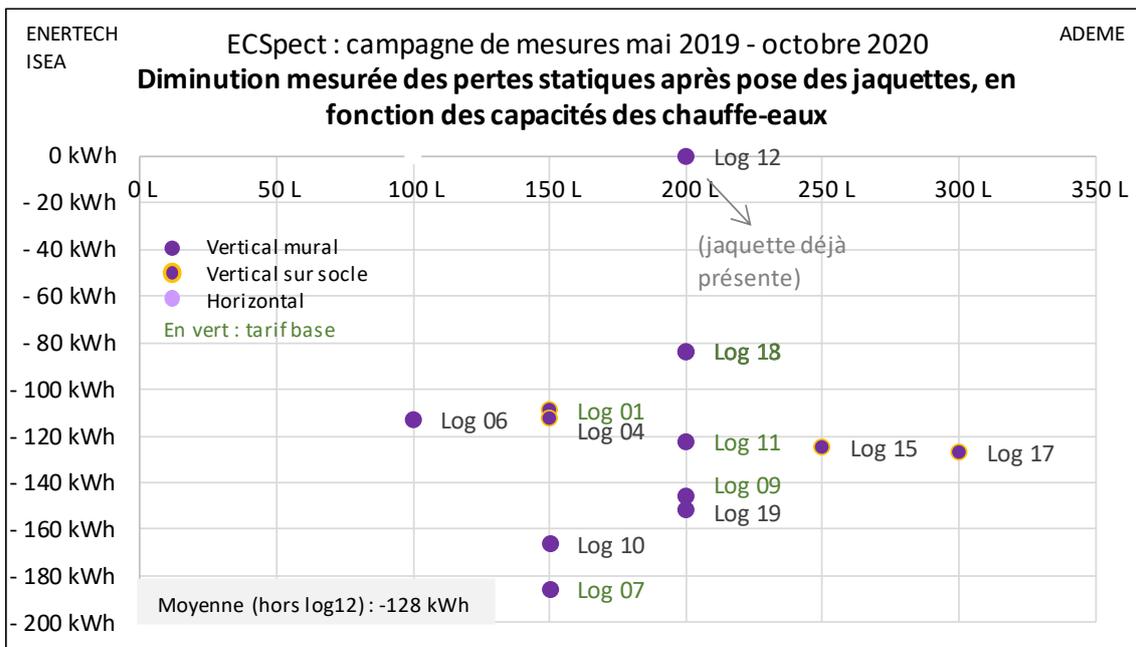


Figure 67 : Gains absolus (kWh) obtenus sur les pertes statiques après pose des jaquettes.

Etant donné qu'une jaquette constitue une résistance thermique additionnelle, le gain absolu en kWh dépend évidemment de la perte initiale, donc de l'écart entre les températures de stockage et d'ambiance.

On cherche donc plutôt à corréliser le gain *relatif* (exprimé en %) avec les capacités. Le résultat est présenté en Figure 68 et montre une corrélation bien plus franche.

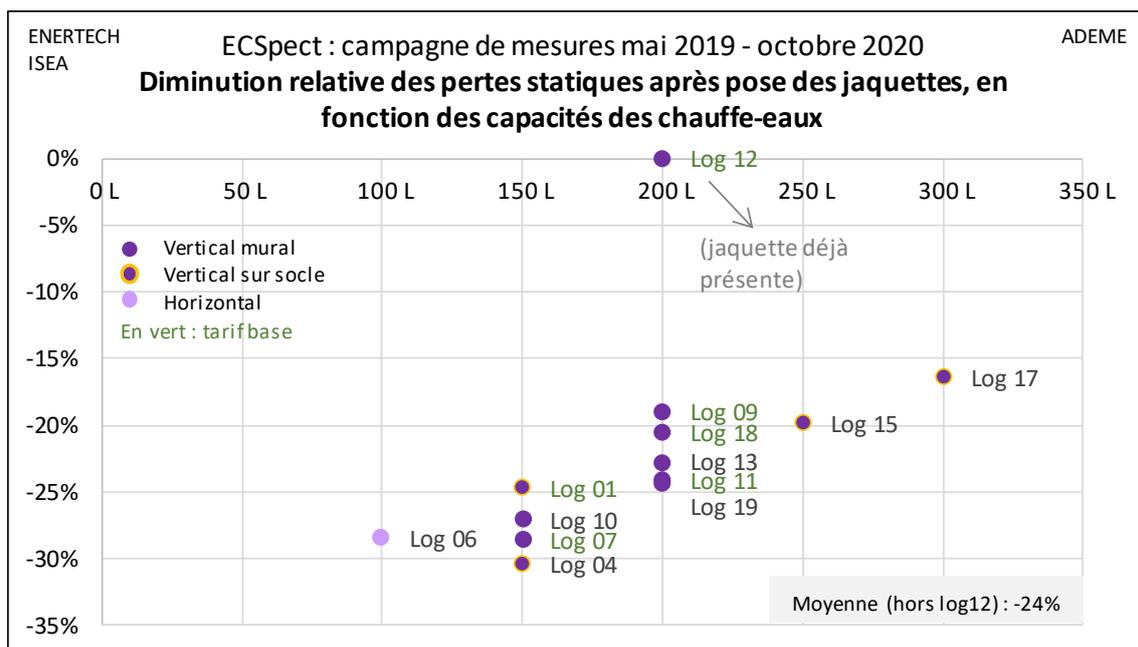


Figure 68 : Gains relatifs (%) obtenus sur les pertes statiques après pose des jaquettes.

On reste toutefois relativement surpris du sens de la pente de la corrélation. En effet la logique ainsi que l'outil de simulation thermique des jaquettes, veulent que le gain relatif croisse avec la capacité. En effet plus la capacité est importante, plus les pertes non couvertes par la jaquette (partie inférieure non isolée du chauffe-eau, accroche murale éventuellement, piquages éventuels) décroissent, donc plus le gain relatif de la jaquette doit croître. Par exemple l'outil de simulation va donner une réduction de perte de 25% pour un 75 L et 30% pour un 200 L.

C'est le contraire qu'on observe ici : le gain relatif apporté par la jaquette décroît quand la capacité croît.

Les effets de bord de l'étude (configurations différentes des chauffe-eaux, isolations fabricants légèrement variables d'un modèle à l'autre, stratifications potentiellement variables dans le temps, qualité de pose inégale des jaquettes liée à la configuration des lieux, précision de la méthode de détermination des gains expliquée au paragraphe 3.1, échantillon restreint, etc.) l'emportent donc a priori sur la tendance géométrique pure donnée par le calcul thermique.

De nombreuses autres corrélations ont été essayées avec le dT (consigne-ambiance), la sollicitation plus ou moins grande des chauffe-eaux (V40 moyen rapporté au V40 théorique à consigne) mais elles n'ont rien donné de convaincant.



On retiendra donc des jaquettes isolantes qu'elles ont pour effet moyen de supprimer 20 à 30% de la perte statique sur les capacités standards.

3.4. Zoom sur les actions T2

3.4.1. Préambule : y a-t-il adéquation entre l'énergie stockée et les besoins réels ?

Les deux premières actions T2 que nous allons étudier (thermostat pilotable et chauffe-eau smart) concernent la gestion de la température de consigne ayant pour but un meilleur pilotage du chauffe-eau et donc une minimisation des pertes (en plus du confort d'utilisation apporté).

La minimisation des pertes ne peut être obtenue que par isolation additionnelle ou diminution de la température de stockage. **Nous nous penchons dans ce paragraphe sur la marge de réduction qui existe sur la température de stockage.**

La plupart des chauffe-eaux sont livrés d'usine avec leur thermostat réglé au maximum. La température de consigne oscille alors d'un modèle à l'autre entre 60°C et 70°C, avec une moyenne mesurée sur 20 chauffe-eaux qui est autour de 65°C.

Cette température est théoriquement trop élevée pour desservir directement les points de puisage du logement. La réglementation fixe en effet un seuil maximum de 50°C pour l'alimentation des pièces de toilette et 60°C pour la cuisine.

Les chauffe-eaux réglés à 65°C devraient donc théoriquement être munis d'un mitigeur en sortie d'appareil, ce qui est très rarement le cas. Le résultat est que dans de nombreux logements, la température de l'ECS est très élevée et peut causer des brûlures. Certains occupants baissent donc eux-mêmes (ou font baisser par leur plombier car le réglage se trouve à proximité de l'alimentation électrique du thermostat) la température de consigne de leur chauffe-eau. La manipulation est délicate car la graduation ne permet pas un réglage précis et il faut faire souvent plusieurs essais (en patientant plusieurs jours à chaque fois) avant de trouver la bonne température ce qui exclut toute adaptation du réglage.

Dans notre échantillon, 5 logements ont fait (ou fait faire) cette manipulation de changement de consigne : les logements 1 (consigne 42°C), 11 (consigne 55°C), 13 (consigne 55°C), 15 (consigne 52°C) et 18 (consigne 47°C). Les autres logements présentent des consignes de 58°C à 70°C pour une moyenne de 66°C.

La Figure 69 montre pourtant que le volume d'énergie stockée est surdimensionné dans l'immense majorité des cas même en comptant les jours de puisage maximum.

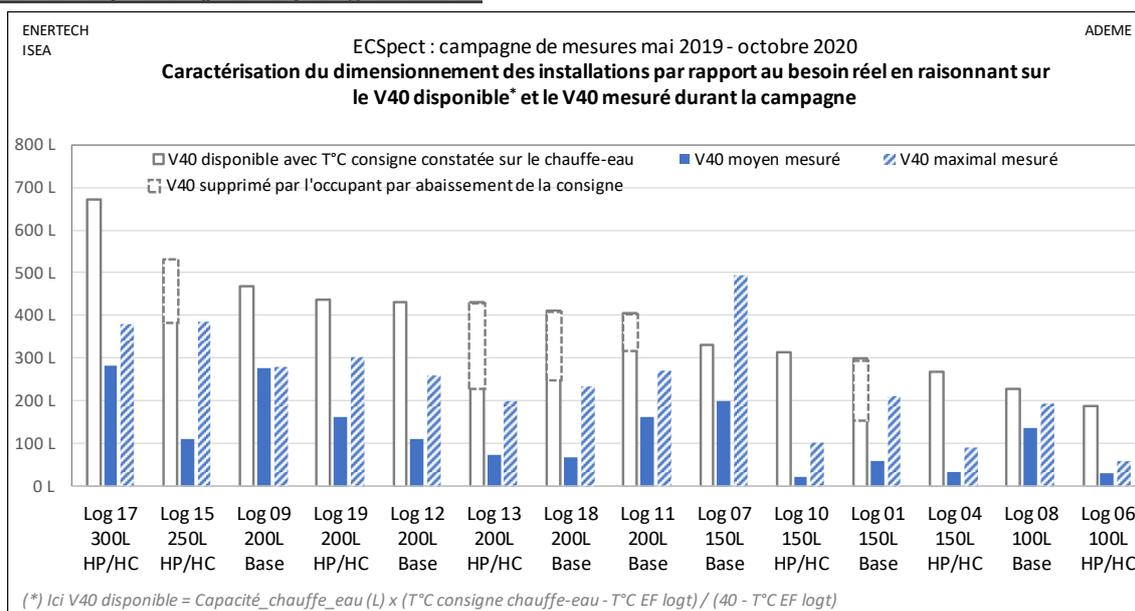


Figure 69 : V40 disponible compte tenu des consignes de stockage, et V40 mesurés.

Le graphique suivant (Figure 70) montre que le passage de la consigne à 52°C chez tous les participants permettrait d'obtenir un gain de l'ordre de -180 KWh sur les pertes statiques des logements qui ont laissé le réglage d'usine de la consigne (moyenne 65°C).



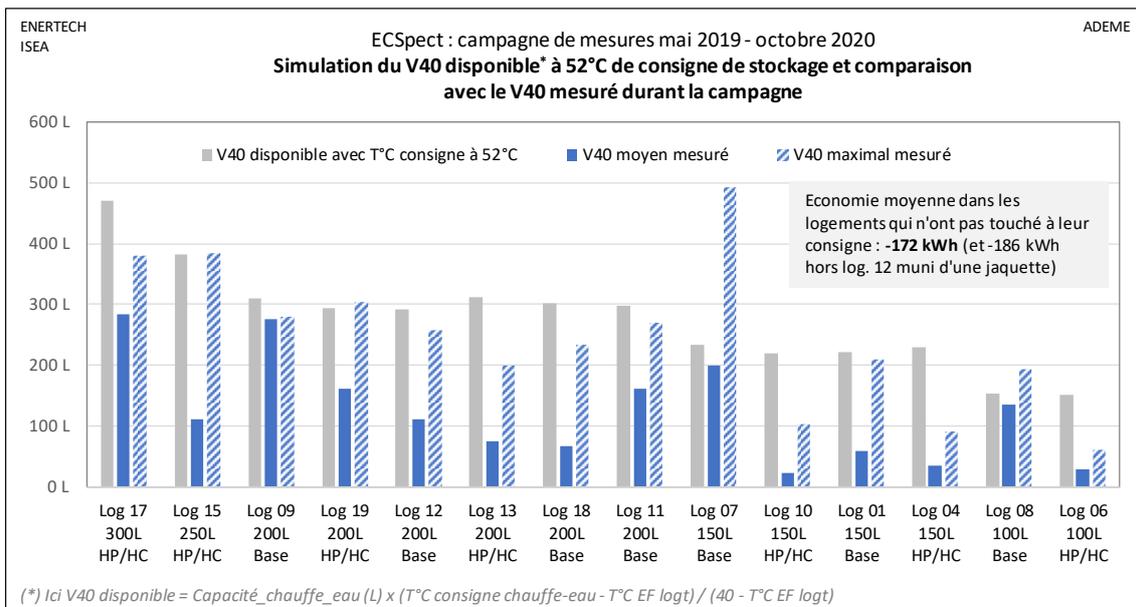


Figure 70 : Simulation d'un réglage de la consigne à 52°C chez tous les participants.

Ce résultat montre que le surdimensionnement chronique des installations autoriserait à conserver chez tout le monde le réglage de 52°C quel que soit la période de l'année (petite nuance pour le logement 7 qui aurait éventuellement besoin d'augmenter ponctuellement la consigne quelques jours en hiver).

On pourrait s'interroger sur la limite basse de la température de consigne à préconiser quand on voit la marge dont on dispose encore à 52°C. **Rappelons que l'Arrêté du 23 juin 1978 qui impose un stockage supérieur à 55°C en sortie de chauffe-eau ne concerne que les installations de plus de 400 L.**

On peut comprendre les réticences des fabricants à préconiser des températures de stockage inférieures à 50°C même si les volumes de stockage dont on parle échappent à la réglementation anti-légionelle. Rappelons néanmoins qu'à 50°C la bactérie meurt en quelques minutes à quelques heures. Une consigne à 52°C constitue un bon compromis entre le risque lié à la légionelle et le risque de brûlure.

Un choc thermique périodique peut être envisagé en cas de doute mais il ne nous semble pas nécessaire, d'autant qu'il faut rappeler qu'un abaissement de la consigne contribue à un renouvellement plus fréquent de l'eau contenue dans le chauffe-eau.

L'enjeu national d'un réglage plus fin et pilotable des consignes de température des chauffe-eaux est donc indiscutable avec un gisement de l'ordre de 2TWh.

3.4.2. Thermostat pilotable

Température de stockage

Cinq thermostats iQuaFlex (thermostat électronique et communicant actuellement en R&D chez Cotherm) ont été installés dans les logements 1, 7, 13, 17 et 19 (Cf. §2.5). **Pour le projet ADEME, l'objet du test était de démontrer qu'on pouvait grâce à cet équipement maîtriser la température de consigne des chauffe-eaux depuis l'extérieur de l'appareil.**

Pour l'entreprise, l'objet du test était plutôt de valider les fonctions de connectivité et l'option « smart » de ce thermostat qui propose une fonction de gestion automatique de la consigne avec auto-apprentissage des habitudes de puisage du logement.

Ce paragraphe vise à étudier les températures de stockage obtenues dans les différents logements équipés. Les figures suivantes illustrent les résultats obtenus.

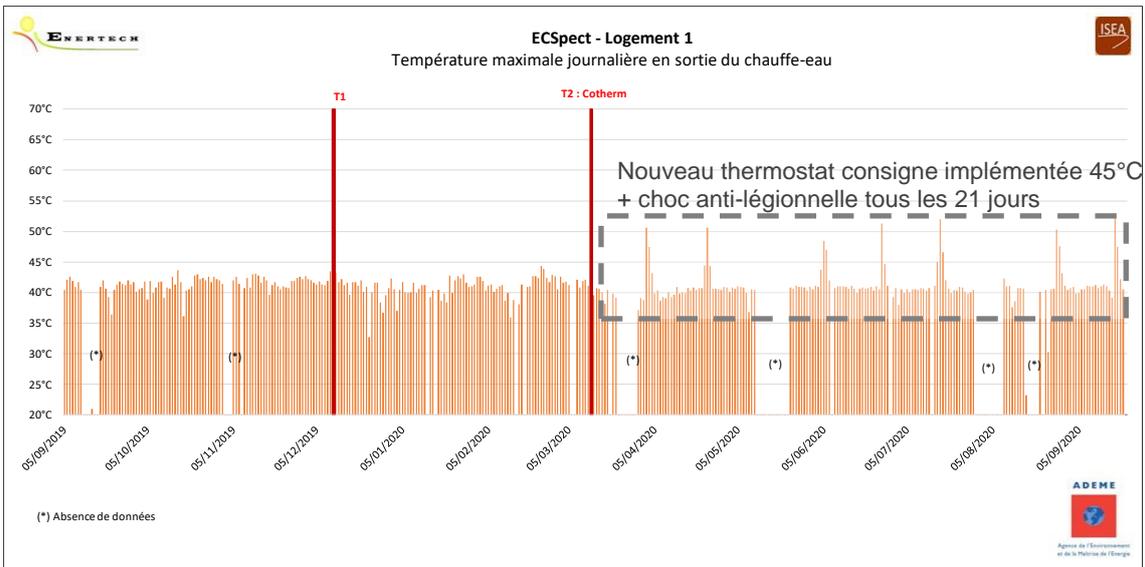


Figure 71 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 1.

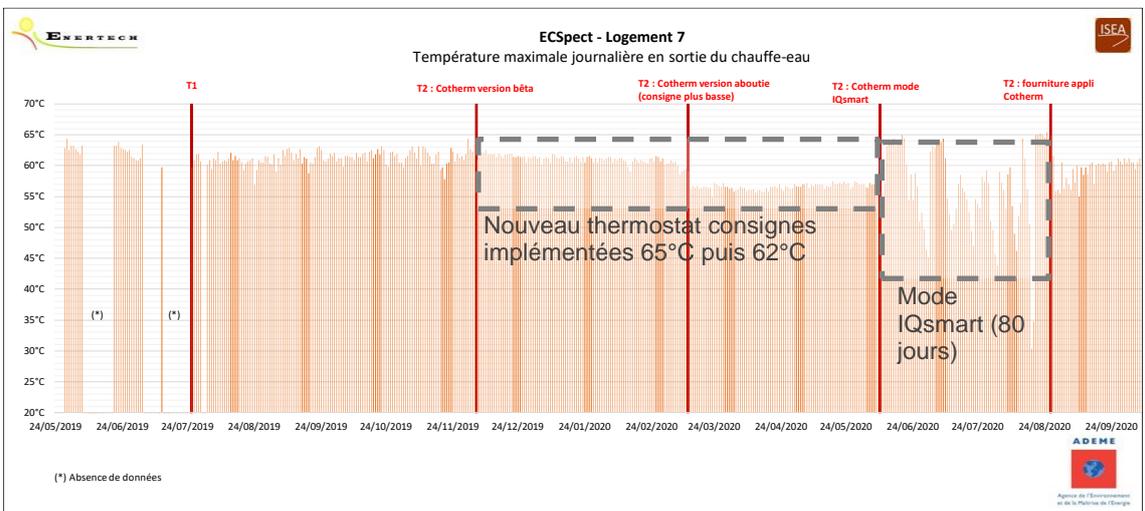


Figure 72 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 7.

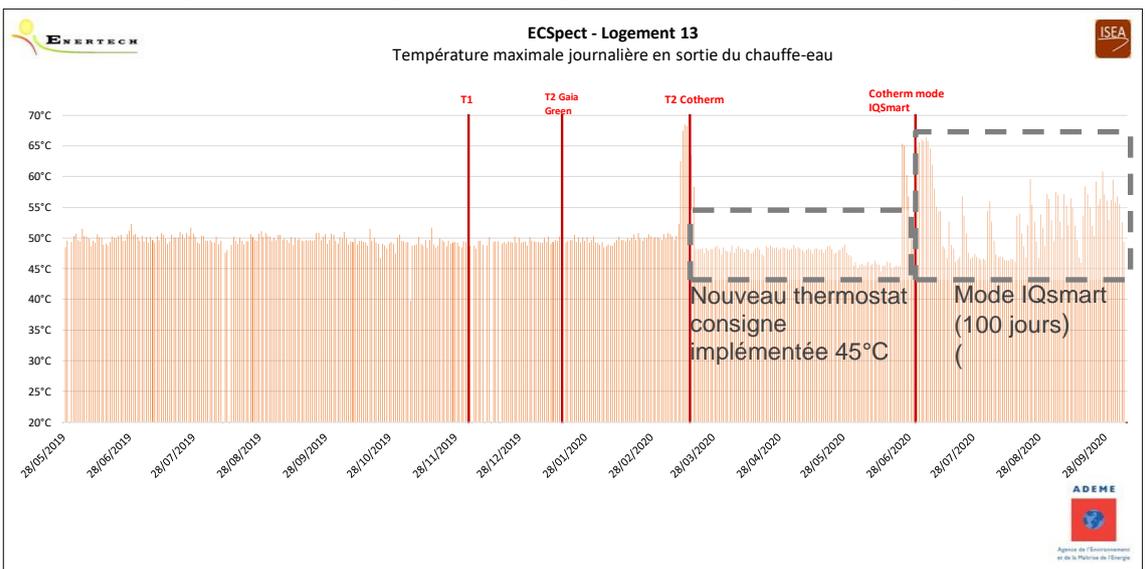


Figure 73 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 13.



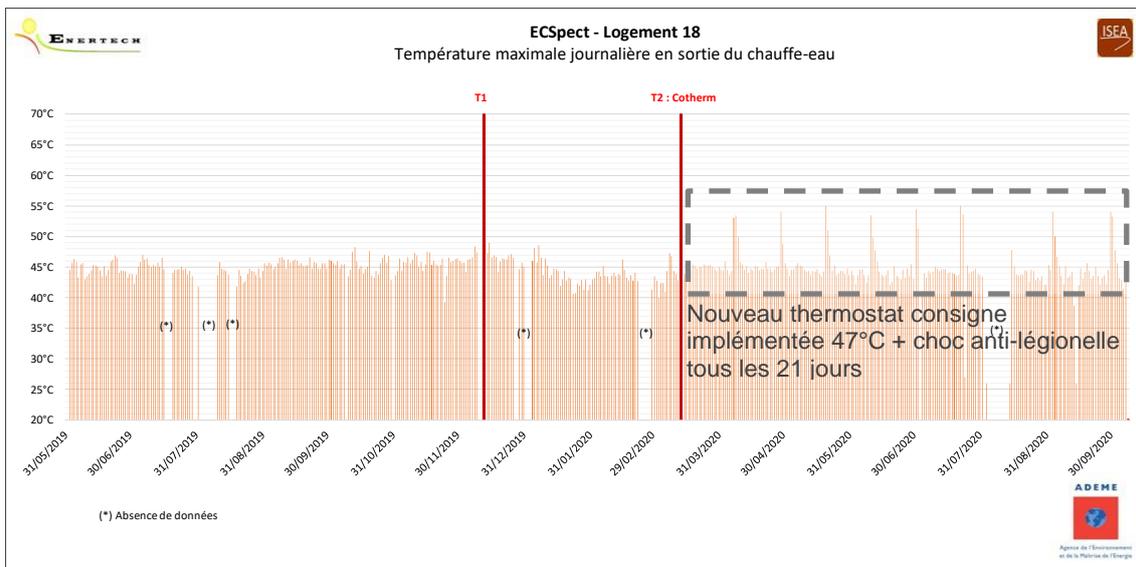


Figure 74 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 18.

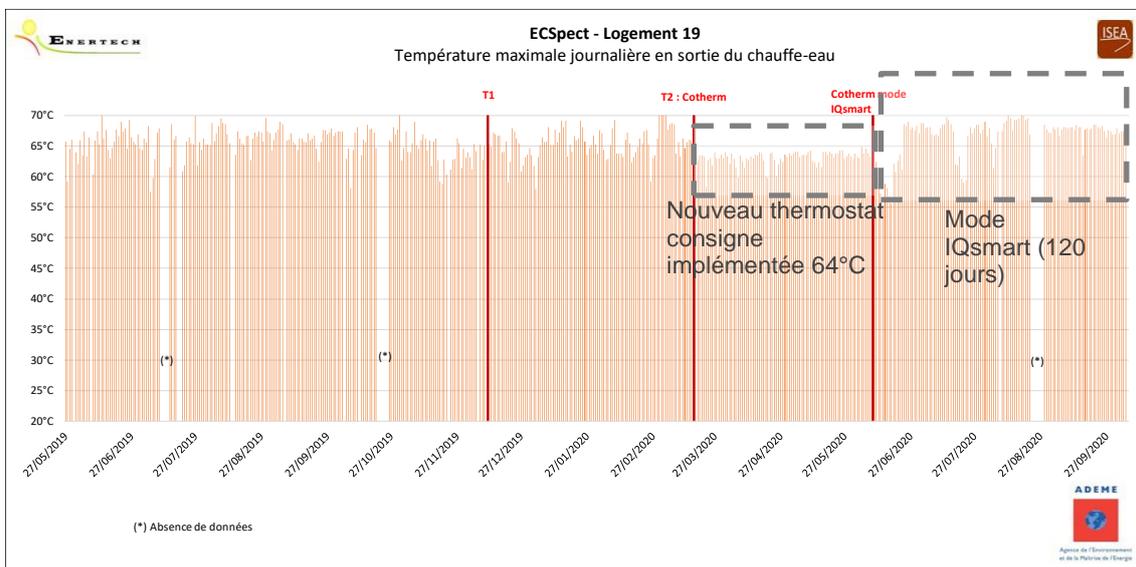


Figure 75 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 19.

Nous tirons de ces essais les conclusions suivantes :

- Le réglage de la consigne de température est extrêmement aisé et réalisable par les occupants sans aucun risque.
- Le respect de la consigne semble pourrait être discuté mais il faudrait pour cela disposer de sondes immergées à différentes hauteurs de la cuve, ce qui n'est pas le cas. Ce problème de « l'exactitude » de la température au degré près nous en réalité secondaire.
- La régulation du thermostat autour de la consigne s'est avérée plus fine que les thermostats remplacés : l'hystérésis constaté est autour de 1 à 2°C ce qui autorise une optimisation très fine de la consigne.
- La possibilité d'effectuer un choc anti-légionelle ou un boost en cas de visite inopinée nous semble très intéressante. L'augmentation de consigne constatée s'efface en 1 à 4 jours.
- L'ergonomie du réglage via une application à télécharger est discutable si l'on souhaite généraliser le dispositif en rénovation. En effet il faut disposer d'un smartphone (accessoirement de mémoire libre sur ce smartphone ce qui pose fréquemment problème) et savoir s'en servir. Certains publics ne correspondent pas à ce profil.
- La fonction smart ne nous semble pas avoir apporté d'optimisation sensible au regard des consignes de chauffe implémentées manuellement dans les logements (exemple du logement 19° où le mode smart est allé chercher des consignes ponctuelles à près de 70°C alors que le réglage manuel à 64°C était déjà surdimensionné).

En conclusion le thermostat testé nous a semblé répondre de manière très satisfaisante au besoin exprimé dans l'étude *Chauffe-eau Ademe*. Il permet de mobiliser très facilement le gisement moyen de 180 kWh/an associé à l'optimisation de la consigne (Cf. §3.4.1), même s'il existe évidemment le risque que l'utilisateur désoptimise un jour le réglage suite à un manque ponctuel d'eau chaude.

Il serait pertinent à ce stade de définir avec les fabricants des modèles destinés à la rénovation des thermostats du parc existant (ce qui n'est pas le cas du thermostat testé) Ils pourraient comporter simplement un afficheur de la consigne



avec deux boutons de réglage « + » / « - » ou comporter des fonctions plus élaborées comme les fonctions « boost », « choc périodique anti-légionelle » ou « mode hors gel » pour les départs en vacances.

3.4.3. Chauffe-eau smart

Cette action T2 a consisté à remplacer les chauffe-eaux existants par des chauffe-eaux dotés d'une fonction d'optimisation automatique de la consigne avec auto-apprentissage (fonction smart). Nous avons donc remplacé les chauffe-eaux des logements 9, 12, 15 et 17 par des chauffe-eaux « smart » de même capacité (détails en §3.4.3).

L'objectif de ce test est d'observer quel est le gain moyen observé sur la consigne des chauffe-eaux smart compte tenu du surdimensionnement des installations développé dans le §3.4.1.

Ce paragraphe vise à étudier les températures de stockage obtenues dans les différents logements équipés. Les figures suivantes illustrent les résultats obtenus.

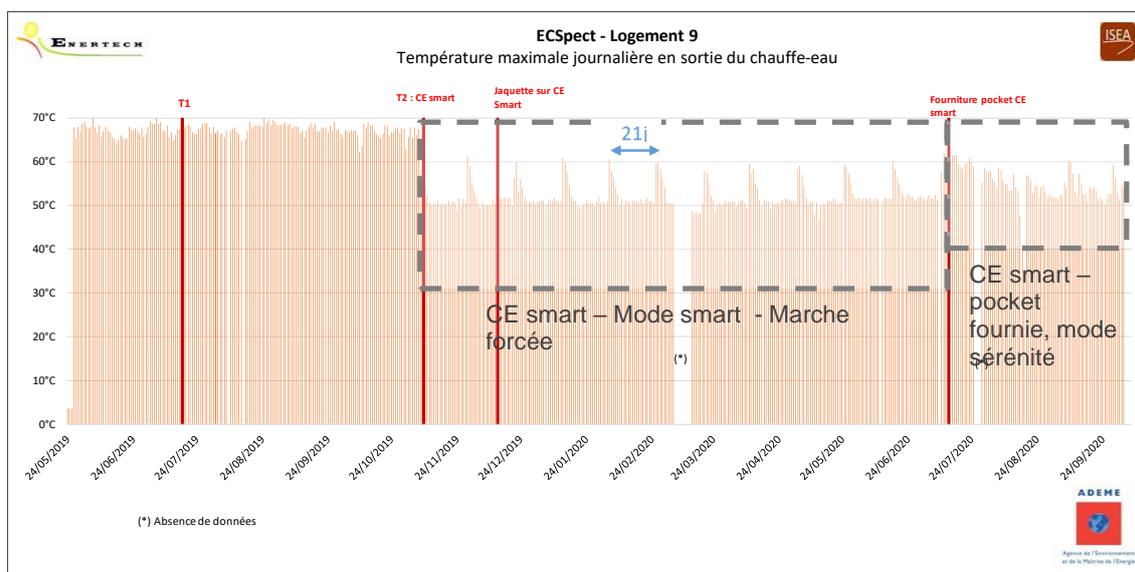


Figure 76 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 9.

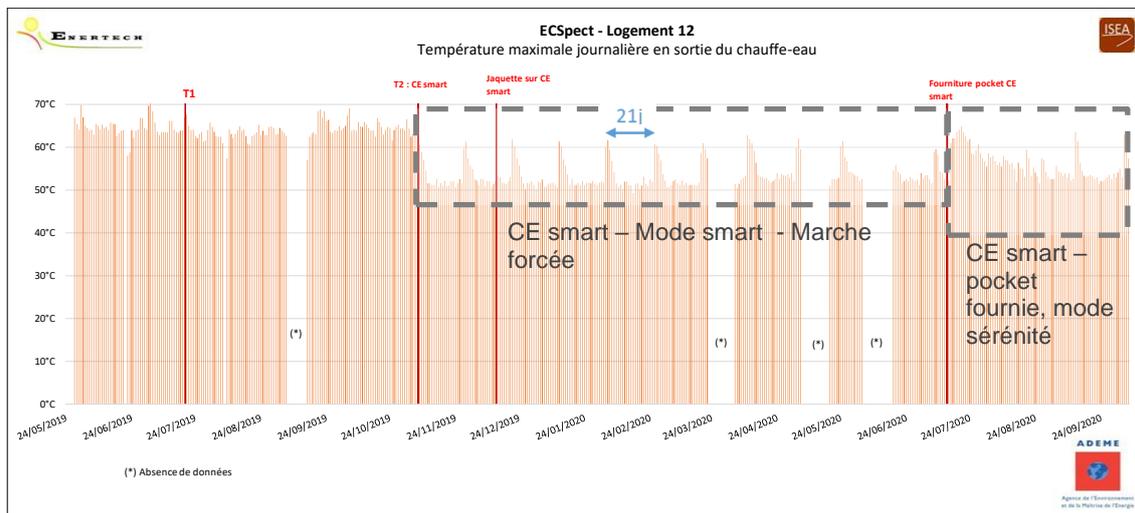


Figure 77 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 12.



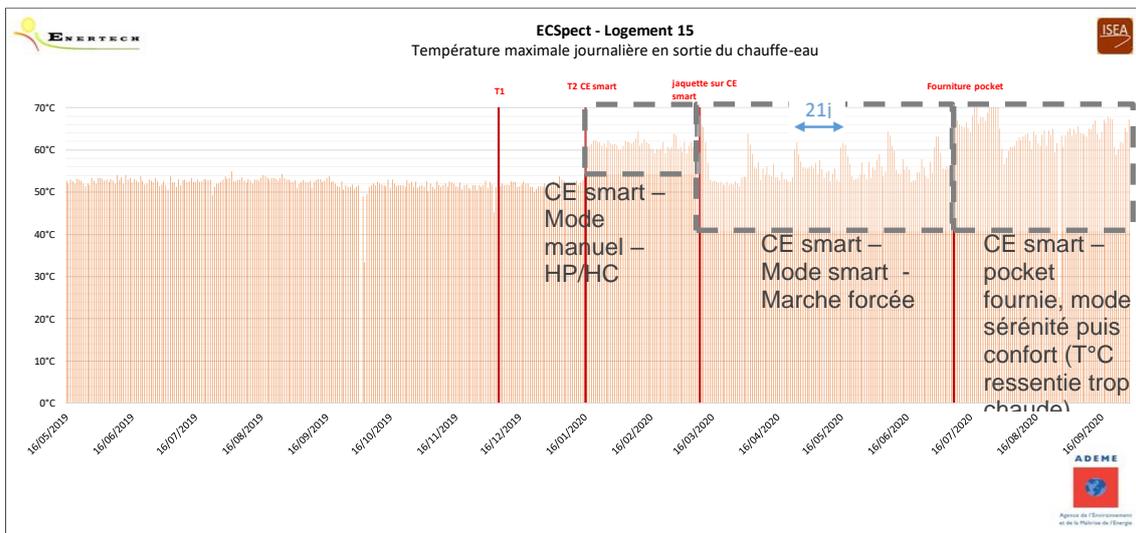


Figure 78 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 15.

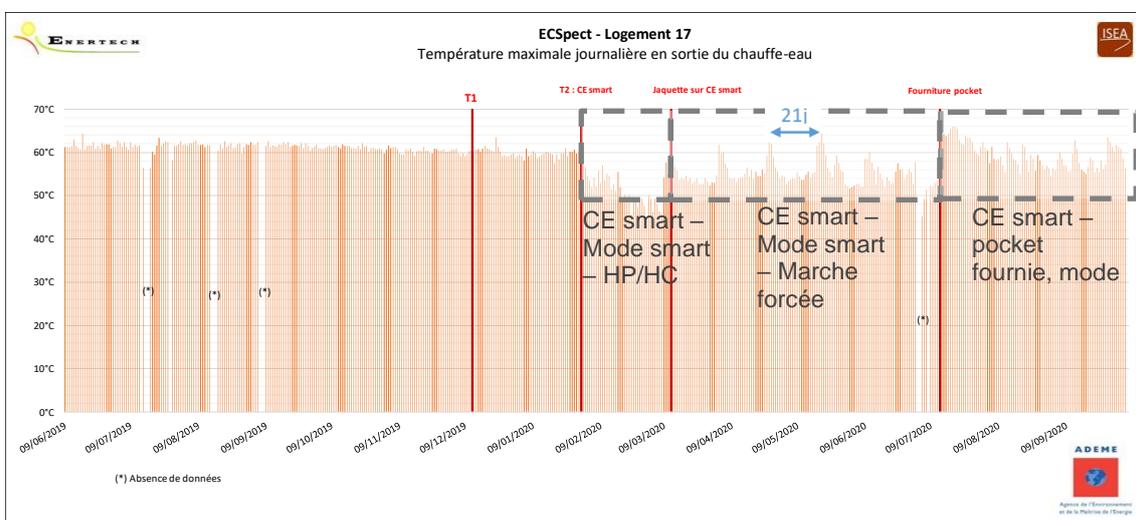


Figure 79 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 17.

Nous tirons de cette action les conclusions suivantes :

- On observe bien une diminution de la température de stockage et donc un gain sur les pertes statiques après la mise en place des chauffe-eaux smart quand ces fonctionnent en mode smart. Cette diminution traduit
- La diminution de consigne est presque instantanée en mode auto (fonction accessible en façade de l'appareil) mais quand la fonction smart est activée depuis la commande nomade (mode sérénité) avec un temps d'apprentissage de l'ordre de 1 mois qui peut provoquer des changements de réglage par l'occupant (exemple du logement 15).
- Compte tenu du surdimensionnement chronique des capacités (voir §3.4.1) la fonction smart a surtout pour effet d'abaisser la température de consigne à un seuil minimum (autour de 50-55°C) ce qui enlève en partie l'intérêt de la fonction. Macroscopiquement le bénéfice qu'on en tire est comparable au simple fait de régler une température de consigne plus basse (Cf §3.4.2 sur le thermostat pilotable).
- Le mode smart est accompagné de chocs anti-légionelles programmés d'usine tous les 21 jours.

En conclusion le bilan de l'action T2 chauffe-eau smart est mitigé :

- D'un côté il permet de « gommer » facilement et automatiquement le surdimensionnement d'une installation en abaissant la température de consigne, ce qui constitue un gain conséquent (de l'ordre de 180 kWh/an, Cf. §3.4.1) mobilisable sans aucun ajustement ni réglage.
- Il existe néanmoins un risque que, manquant d'eau chaude un jour, l'occupant modifie le réglage du chauffe-eau et désactive la fonction smart.
- De l'autre il présente un coût élevé pour assurer cette fonction (coût plus élevé de l'appareil, fonctionnement smart nécessitant une marche forcée donc un tarif heure pleine), qui peut paraître injustifié si on considère que dans beaucoup de cas sa plus-value principale sera simplement de baisser en moyenne la consigne de chauffe sur un seuil bas.



3.4.4. Récupérateur de chaleur

L'action T2 « récupération de chaleur » a été menée dans le logement 13 et a consisté à installer un récupérateur de chaleur de type gravitaire sur les eaux grises provenant de la douche dans le but de préchauffer l'eau froide entrant dans le chauffe-eau (« branchement générateur », cf. §2.7).

Il n'a pas été possible de procéder à un « branchement mixte » en connectant en plus l'eau préchauffée au mitigeur de la douche car le départ d'eau froide en sous-sol était commun à toute la salle de bain or il est interdit de préchauffer l'eau froide d'un robinet. Par ailleurs les contraintes géométriques de l'installation nous ont limités au modèle de 1m20 de long (modèle RP QB1-12). Deux compteurs de chaleur permettent de faire un bilan complet sur l'énergie récupérée et l'énergie utile fournie par le chauffe-eau, au pas de temps de 10 minutes.

Sur le papier l'installation mise en place offre un rendement de récupération de 43% contre 66% si on avait installé un modèle de 2m10 (RP QB1-21) en branchement mixte.

L'objectif de cette action est d'évaluer dans un cas concret le rendement moyen obtenu et son impact sur la consommation d'électricité du chauffe-eau.

En premier lieu on peut constater l'effet du récupérateur sur le préchauffage de l'eau froide entrant dans le chauffe-eau uniquement pour les puisages de type douche (Figure 80). On est autour de 25-26°C de préchauffage au mois d'avril pour une eau froide à 15°C et une sortie chauffe-eau à environ 48°C.

Avec une douche à 6.6 l/min, la puissance totale soutirée par la douche est dans ce cas de 10.6 KW avec une couverture du récupérateur de l'ordre de 3.4kW soit 32%. Le débit d'eau sanitaire qui traverse le récupérateur est dans ce cas précis de 4.4 L/min.

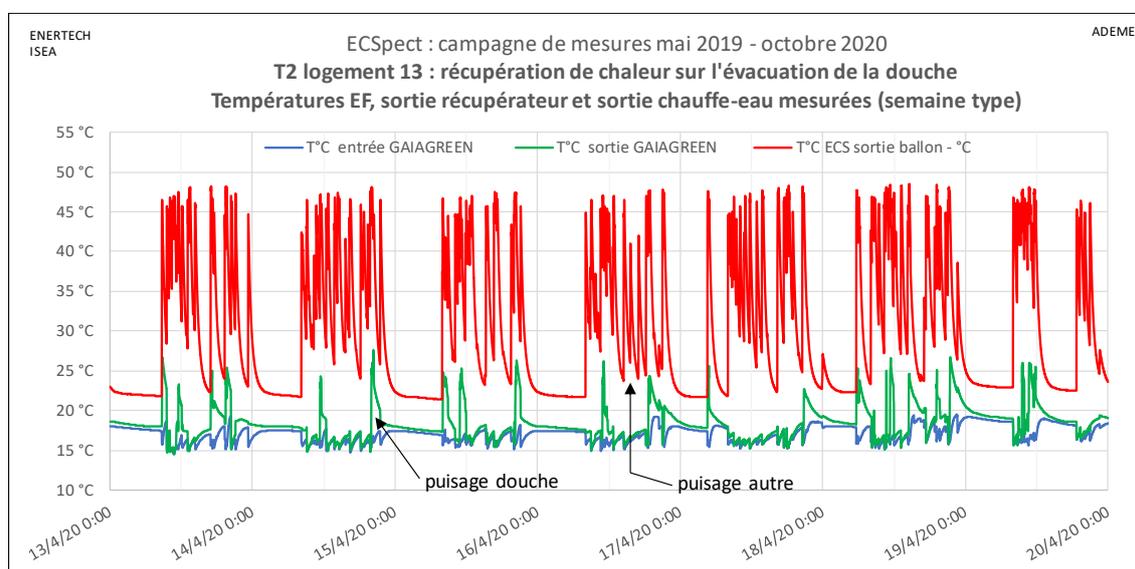


Figure 80 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une semaine type du mois d'avril. On distingue les puisages à destination de la douche qui préchauffent l'eau froide, des autres puisages.

Les graphiques suivants présentent un zoom à l'échelle temporelle d'une douche d'environ 7 minutes, au mois de février (Figure 81) et au mois d'août (Figure 82).

On en tire les données suivantes en régime établi :

- **Douche février** : eau froide 11°C, eau préchauffée 21°C, eau sortie chauffe-eau 49°C. En supposant que la douche de 6.6 L/ min est prise à 38°C (non influent sur le rendement), on obtient une puissance totale soutirée de 12.4 kW, une couverture Gaïa Green de 3.3 kW soit **un taux de couverture en régime établi de 26%**.



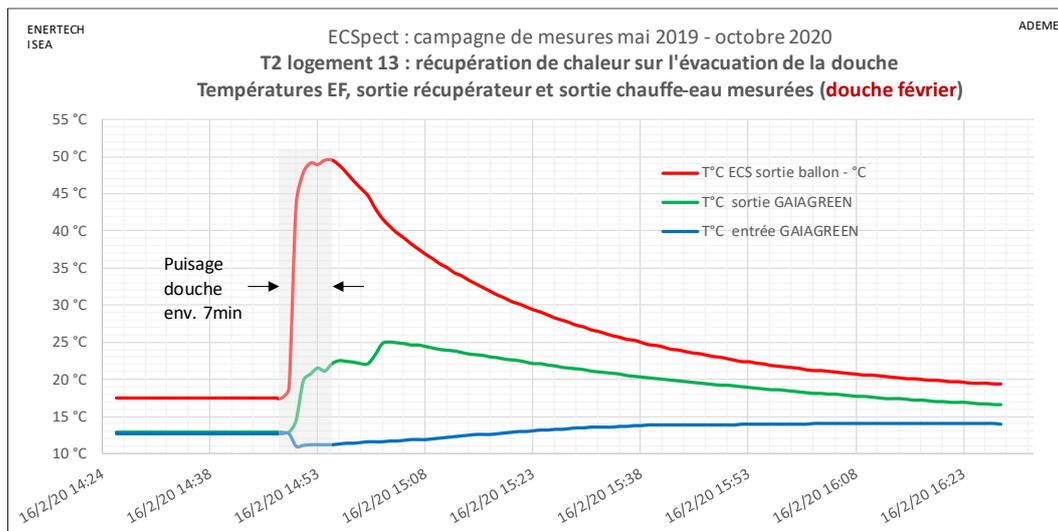


Figure 81 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une douche type du mois de février.

- **Douche août** : eau froide 24°C, eau préchauffée 28.5°C, eau sortie chauffe-eau 49°C. En supposant que la douche de 6.6 L/ min est prise à 36°C (non influent sur le rendement), on obtient une puissance totale soutirée de 5.5 kW, une couverture Gaïa Green de 1.0 kW soit **un taux de couverture en régime établi de 18%**.

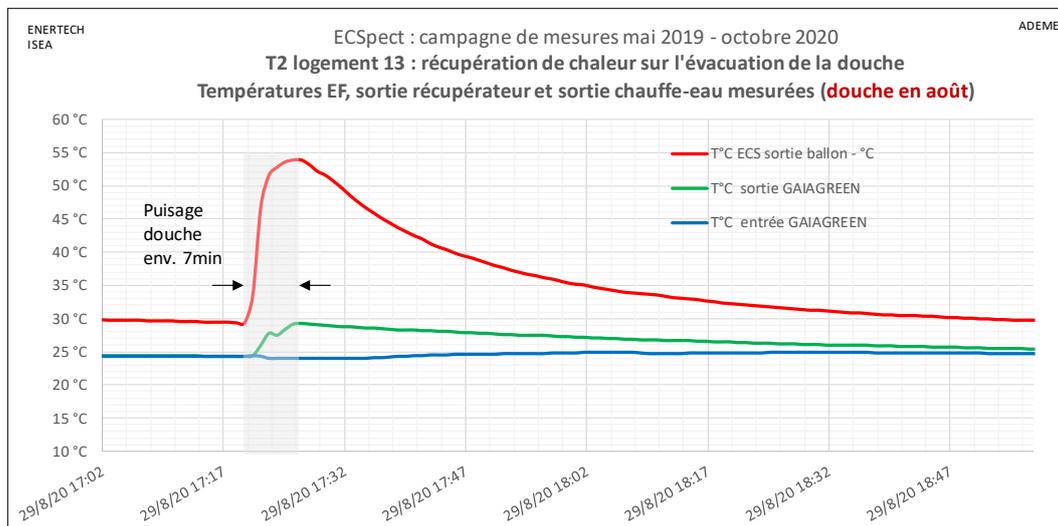


Figure 82 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une douche type du mois d'août.

Le récupérateur de chaleur a donc pour effet de « lisser » la température entrant dans le chauffe-eau (lors d'un puisage de type douche). Le taux de couverture chute naturellement en été lorsque l'écart entre la température d'eau froide et l'eau évacuée diminue, du fait d'une eau froide plus chaude et d'une douche - on peut le supposer - moins chaude qu'en hiver.

Il faut noter cependant que les calculs précédents considèrent des températures en régime établi mais ne tiennent pas compte du transitoire de mise en chauffe du récupérateur dont la durée, non négligeable, fait chuter le taux de couverture global. Par ailleurs les autres puisages que ceux destinés à la douche principale du logement ne bénéficient pas de récupération de chaleur.

Le compteur de chaleur qui a été installé aux bornes du système nous a permis de faire un bilan de chaleur en énergie utile intégré sur 8 mois. Ce bilan est présenté en Figure 83.

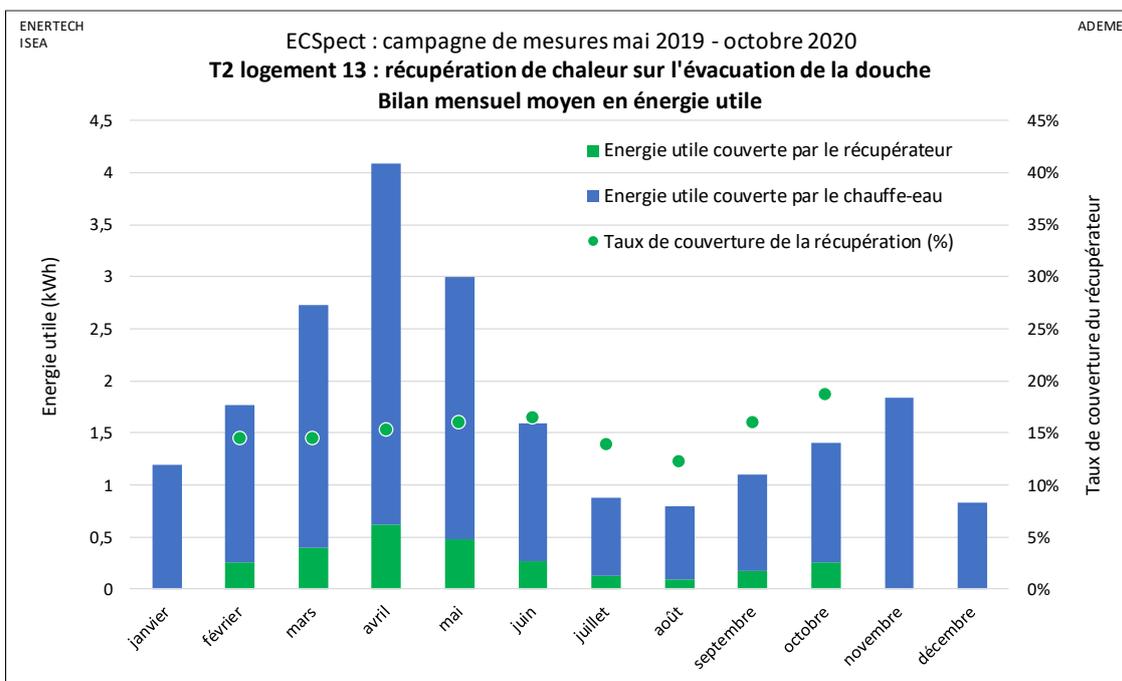


Figure 83 : Bilan thermique mensuel de l'énergie utile puisée.

Il est ensuite extrapolé à une année entière à l'échelle du système complet (Figure 84).

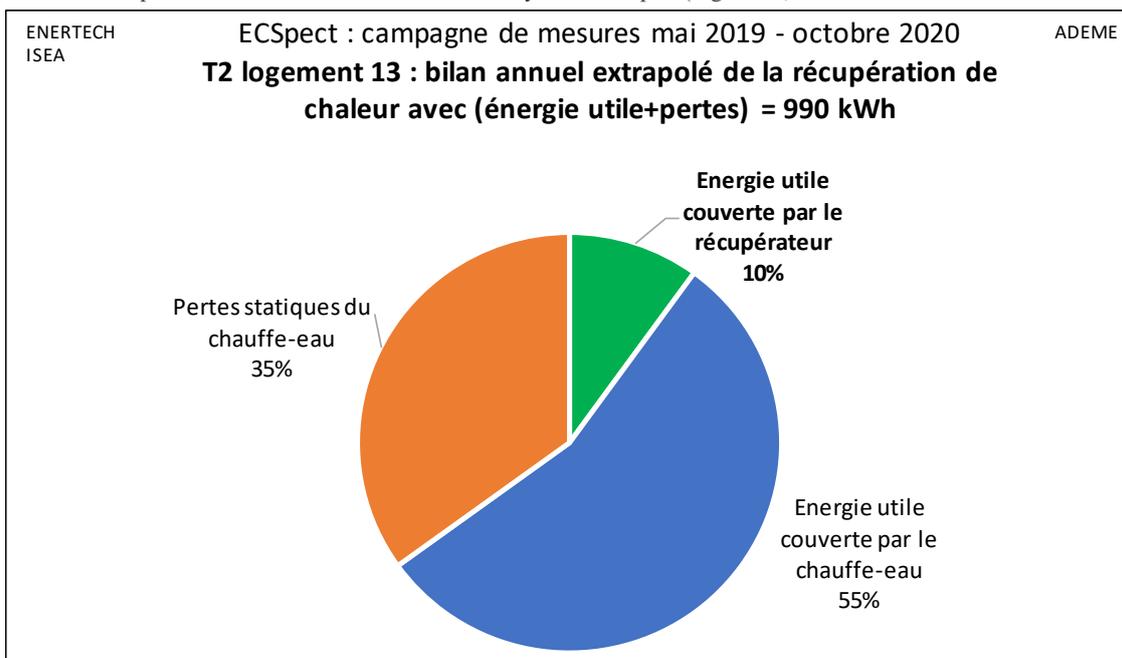


Figure 84 : Bilan thermique extrapolé de l'ensemble du système chauffe-eau + récupérateur.

Le taux de couverture de la consommation électrique du chauffe-eau est de 10% en moyenne annuelle dans ce logement. Ce taux de couverture global peut sembler faible au regard des taux de récupération théoriques du produit, mais il faut rappeler les points suivants :

- Les pertes statiques, part non négligeable du bilan, ne sont pas couvertes par la récupération de chaleur et sont intégralement compensées par le chauffe-eau ;
- L'énergie utile liée aux puisages « hors douches » ne sont couverts non plus, or ils peuvent constituer une part importante du bilan global en énergie utile (Cf. estimation de la part douche par logement en Figure 63, estimée à 43% dans le logement 13) ;
- Dans ce logement le nombre d'occupant a fortement augmenté au printemps ce qui biaise le résultat, le taux de couverture du récupérateur augmentant en hiver lorsque les puisages sont les plus importants ;
- Enfin le dispositif n'a pas pu être installé dans la configuration optimale (récupérateur assez court ; branchement générateur).

En conclusion, on peut affirmer que le système est séduisant par sa simplicité, sa robustesse et sa « transparence » en termes d'usage. Il faut néanmoins bien définir les logements dans lesquels l'installer afin de bénéficier du meilleur



retour sur investissement : des logements où la part douche est importante, où la hauteur libre permet l'installation des modèles de plus grande longueur, et où le branchement en configuration mixte est possible (dans ce cas installer de préférence un mitigeur thermostatique à la douche pour éviter d'avoir à régler la température manuellement pendant le régime transitoire).

Des simulations saisonnières recalées sur les présents résultats de mesure et dans une configuration plus favorable que celle du logement 13 (saisonnalité plus classique sur les puisages cf. §3.1 + part de la douche de 75% dans le bilan utile + configuration maximale du récupérateur) montre qu'il est possible d'atteindre un taux de couverture moyen annuel de récupération de 37% sur l'énergie utile et donc de 24% sur la consommation du chauffe-eau.

3.4.5. ECS photovoltaïque

L'action T2 « ECS photovoltaïque » consiste à installer un dispositif électrique appelé « Power Reducer », placé en ligne entre le tableau électrique et le chauffe-eau, qui module l'appel de puissance de la résistance du chauffe-eau de manière à épouser exactement le profil de l'énergie solaire excédentaire par rapport à l'appel électrique du logement hors chauffe-eau.

De cette manière l'injection d'énergie solaire sur le réseau est minimisée et l'électricité photovoltaïque produite « en excès » est stockée dans la préparation ECS au fil du soleil. On peut donc bien parler au sens strict d'ECS photovoltaïque.

Ce dispositif est idéal pour les installations photovoltaïques en autoconsommation avec vente du surplus. Cette configuration est en forte augmentation en France depuis quelques années (Figure 85).

Selon les chiffres d'ENEDIS de 2019, 96% des nouvelles installations de 0 à 6kW auraient opté pour une valorisation de l'énergie photovoltaïque en autoconsommation.

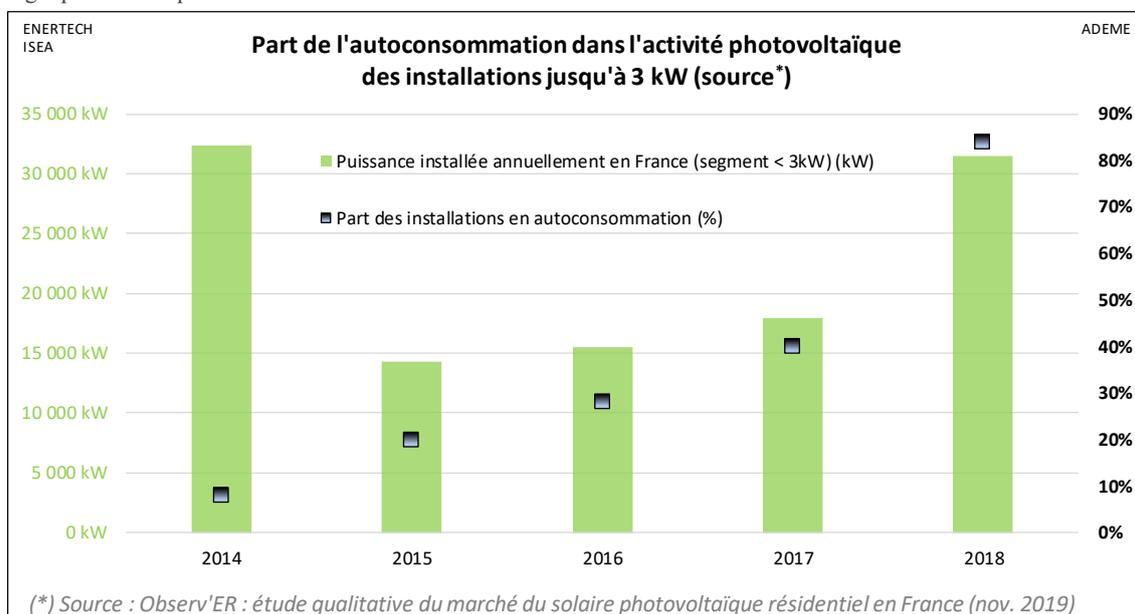


Figure 85 : Augmentation des installations PV en autoconsommation dans le résidentiel.

Le nombre de foyers français disposant d'une installation photovoltaïque en autoconsommation en France serait de l'ordre de 40 000⁵ ce qui constitue moins de 10% des installations, quand nos voisins anglais en sont à 150 000 installations résidentielles en autoconsommation et nos voisins allemands à 1 000 000.

En considérant que la moitié des logements français en autoconsommation ont un chauffe-eau électrique, on peut estimer que le dispositif testé ici pourrait potentiellement être installé dans 20 000 logements. Ce potentiel pourrait augmenter fortement dans les années à venir.

Résultats mesurés

La Figure 86 présente le bilan mensuel de l'installation au niveau de la consommation électrique. **La couverture solaire du chauffe-eau (autoproduction) a été de 24% pendant la période de mesure, ce qui représente annuellement 434 kWh de couverture solaire sur les 1817 kWh de consommation du chauffe-eau.**

Parallèlement l'installation solaire a couvert 41% de la consommation électrodomestique hors chauffe-eau avec 936 kWh de couverture solaire.

La part photovoltaïque consommée sur place s'élève au global à 56% ce qui est significativement élevé, conséquence de la faible puissance crête installée (1.8 kW) mais aussi du travail du Power Reducer qui permet le stockage d'énergie solaire dans le chauffe-eau.

⁵ Source : Observ'ER : étude qualitative du marché du solaire photovoltaïque résidentiel en France (nov. 2019)



La part autoproduite par le solaire dans ce logement est au global de 33% ce qui évite annuellement l'achat de 1370 kWh au réseau soit environ 212€^{TTC}.

Les courbes de charge présentées en Figure 88 nous montrent toutefois que nous sommes dans un cas plutôt défavorable pour le système.

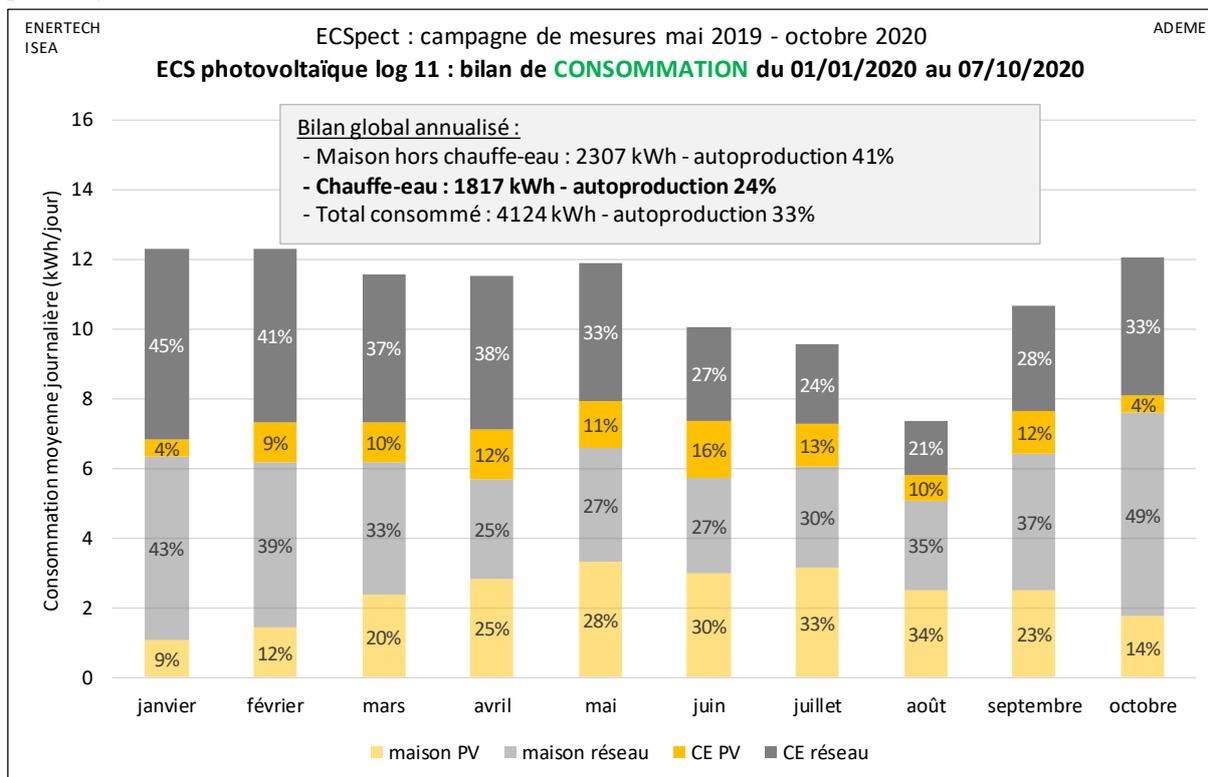


Figure 86 : Bilan des consommations réseaux/PV à l'issu des mesures (log 11).

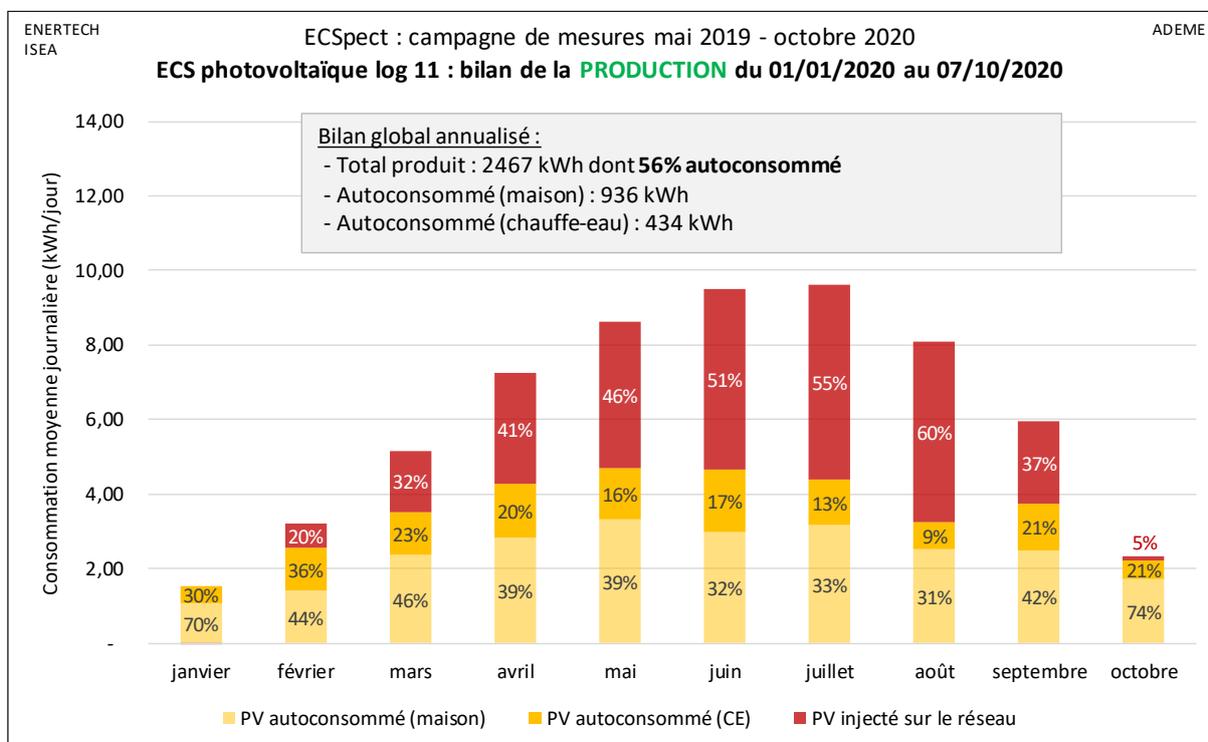
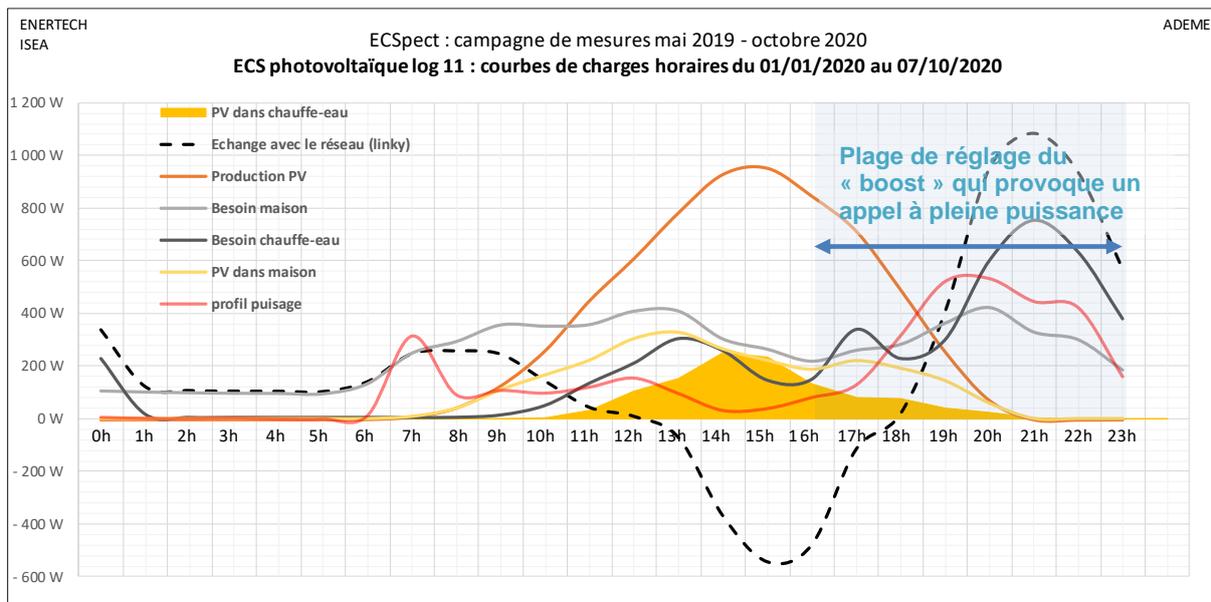


Figure 87 : Bilan de la production solaire de 1.8kWc à l'issu des mesures (log 11).





Les courbes de chargent montrent en effet les tendances défavorables suivantes :

- Le profil de puisage (courbe rouge) est très bas en journée et maximal le soir ;
- Le pic de production solaire a lieu tardivement du fait de l'orientation « ouest » des panneaux (environ 15h au lieu de 12h) ce qui pénalise le bilan du fait du « boost » réglé à 16h
- Suite à un mauvais réglage initial du « boost » (appel à puissance nominal du chauffe-eau) et au fait que la résistance du chauffe-eau ne développait que 1400 W au lieu des 2100 W prévus, l'occupant a souhaité un réglage du « boost » à 16h ce qui est très tôt dans l'après-midi. Ce réglage dégrade significativement le bilan solaire.
- Enfin le profil de consommation électrique du logement est assez plat avec un talon important en journée.

En conclusion :

- L'autoproduction solaire du chauffe-eau du logement 11 a été de 434 kWh soit 24% de la consommation annuelle de son chauffe-eau, avec 1.8kWc installés.
- Les simulations effectuées avec un outil développé en interne montrent que sans le Power Reducer la couverture solaire du même chauffe-eau n'aurait été que de 7% (127 kWh) en fonctionnement 24h/24h et de 9% (171 kWh) avec une coupure du chauffe-eau entre 23h30 et 10h30.
- Le système Power Reducer a donc permis de valoriser 307 kWh de production solaire stockée dans le chauffe-eau, qui auraient été injectés sur le réseau sinon.
- Les simulations montrent que la même installation avec un profil de puisage plus favorable (profil légèrement plus élevé le matin), une résistance de 2kW permettant un réglage du Boost à 17h et une installation solaire de même puissance (1.8 kW) orientée plein sud, aurait permis une couverture photovoltaïque de l'ECS de 38%.
- On peut retenir que la fourchette d'autoproduction ECS photovoltaïque (selon le principe de priorité au logement) permet de couvrir 20 à 25% de la consommation du chauffe-eau avec 1kWc, 25 à 40% avec 2kWc et 30 à 45% avec 3kWc.
- Selon nos simulations le Power Reducer permet d'augmenter l'autoconsommation d'une installation PV de 30 à 55% si le chauffe-eau était initialement en tarif base et de 50 à 75% si le chauffe-eau était initialement en HP/HC (les deux tiers des cas).

4. Conclusion technico-économique

L'ensemble des résultats principaux de cette étude sont résumés dans le Tableau 5. Les chiffres confirment que le gisement d'économie associé au chauffe-eau à effet joule est très important.

Il faut rester vigilant sur les quantifications unitaires des actions en matière d'économie d'énergie et de temps de retour sur investissement. Nous pensons en effet que le meilleur bénéfice est obtenu lorsqu'un bouquet d'action maximise l'économie d'énergie tout en présentant un temps de retour moyen acceptable, toutes actions confondues.

L'erreur consisterait à uniquement favoriser les actions au temps de retour le plus court, au risque de tuer une partie du gisement.

A titre d'exemple :

Le bouquet d'actions (1+2+3+4) permettrait d'atteindre 615 kWh de réduction de consommation des chauffe-eaux soit -38% et presque 100 €^{TTC} d'économie d'électricité par an dans les foyers concernés, avec un temps de retour sans aucune aide de l'ordre de 6 ans. L'impact sur la consommation nationale d'électricité serait de l'ordre de -9,2 TWh ce qui représente -5.4% sur la consommation d'électricité résidentielle en France.

Ces chiffres justifieraient selon nous la mise en place d'un programme national d'envergure de rénovation des chauffe-eaux.

Certains verrous restent toutefois à lever avant d'engager un programme de massification, comme :

- Une meilleure définition industrielle des solutions de rénovation (optimisation technico-économique et circuits de distribution) : jaquette isolante, dispositif hydro-économe, dispositif d'affichage et de maîtrise de la température de stockage.
- La définition d'une stratégie claire à mettre en œuvre dans le cas où le chauffe-eau est remplacé, sous forme d'un arbre décisionnel présentant les solutions optimales de remplacement et les dimensionnements associés.
- La définition plus fine du volet comportemental à mettre en place par typologie de foyer, dispositifs de communication associés et démarche permettant de maximiser l'ancrage des gestes adoptés.

Ce dernier point (volet comportemental) a constitué une part importante du projet ECSpect. Il est développé dans les chapitres qui suivent.



n°	Action	Part des installations visées par cette action	Facilité d'intégration	Intervention nécessaire d'un professionnel	Gain énergétique et financier ⁽⁰⁾			Gisement national moyen indicatif ⁽¹⁾	Coût indicatif de l'action ⁽²⁾	Temps de retour moyen indicatif ⁽³⁾	Implication nécessaire de l'utilisateur dans la pérennité du bénéfice
					cas défavorable	cas moyen	cas favorable				
1	 C1, C2 (comportemental)	100%		NON	0 kWh / 0€ ^{TTC}	150 kWh / 23€^{TTC}	500 kWh / 75€ ^{TTC}	2,3 TWh	0 € ^{TTC}	-	+++
2	 Installation de dispositifs hydro-économiques sur tous les points de puisage	100%		NON	0 kWh / 0€ ^{TTC}	240 kWh / 37€^{TTC}	1140 kWh / 176€ ^{TTC}	3,6 TWh	100 € ^{TTC}	3 ans	++
3	 Installation d'une jaquette isolante sur le chauffe-eau	100%		NON	83 kWh / 13€ ^{TTC}	124 kWh / 19€^{TTC}	185 kWh / 29€ ^{TTC}	1,9 TWh	200 € ^{TTC}	10 ans	+
4	 Changement du thermostat par un thermostat électronique pilotable et connecté	75% ⁽⁴⁾		OUI	66 kWh / 10€ ^{TTC}	180 kWh / 28€^{TTC}	276 kWh / 43€ ^{TTC}	2,0 TWh	300 € ^{TTC}	10 ans	++
5	 Changement du chauffe-eau par un chauffe-eau doté d'une fonction smart	75% ⁽⁵⁾		OUI	66 kWh / 10€ ^{TTC}	180 kWh / 28€^{TTC}	276 kWh / 43€ ^{TTC}	2,0 TWh	1100 € ^{TTC}	40 ans	++
6	 Installation d'un dispositif de récupération de chaleur sur eau usée	10% ⁽⁶⁾		OUI	58 kWh / 9€ ^{TTC}	160 kWh / 25€^{TTC}(7)	674 kWh / 104€ ^{TTC}	0,2 TWh	1500 € ^{TTC}	60 ans	+
7	 Installation d'un dispositif d'autoconsommation du chauffe-eau au fil du soleil (si PV en autoconso.)	0,1% ⁽⁸⁾		OUI	320 kWh / 18€ ^{TTC}	520 kWh / 29€^{TTC}(9)	720 kWh / 40€ ^{TTC}	0,01 TWh	800 € ^{TTC}	25 ans	+

Tableau 5 : Synthèse générale des principaux résultats techniques et comportementaux de l'étude ECSpect. Les kWh/TWh correspondent à de l'énergie finale électrique.

(0) Coût de l'énergie électrique supposé à 15.5ct/kWh.

(1) Hypothèse de 15 millions de chauffe-eaux en résidentiel ; part concernée des chauffe-eaux = 3^e colonne du tableau ; gain énergétique moyen en 8^e colonne.

(2) Coût indicatif reposant sur les coûts des équipements et les factures de pose vues en cours de projet.

(3) Ce temps de retour est limitatif car il ne prend pas en compte aucun bénéfice environnemental lié à la diminution de la consommation électrique nationale.

(4) Hypothèse de 25% des logements équipés de chauffe-eaux qui ont soit un thermostat électronique potentiellement non compatible, soit ont déjà abaissé la consigne de leur chauffe-eau. **Attention : il n'existe pas à ce jour de thermostat similaire à celui testé sur ECSpect qui serait disponible pour le marché de la rénovation. Une discussion doit être engagée sur le sujet avec les fabricants.**

(5) Hypothèse de 25% des logements qui ne sont pas concernés, soit parce qu'ils ont déjà optimisé leur consigne, soit parce que l'intégration d'un chauffe-eau smart est trop contraignante.

(6) Hypothèse résultant du retour de terrain de notre échantillon réduit. A noter qu'il existe d'autres dispositifs de récupération que celui testé qui s'intègrent à l'horizontal à proximité du bac à douche.

(7) Hypothèse de 10% d'économie sur la consommation du chauffe-eau (ratio mesuré sur le logement 13) avec la consommation moyenne nationale des chauffe-eaux (environ 1600 kWh)

(8) On ne considère ici que les logements qui disposent déjà aujourd'hui d'une installation photovoltaïque en autoconsommation ; on considère que la moitié de ces logements disposent d'un chauffe-eau électrique. Le potentiel réel en termes de logements est bien plus élevé puisque près de 15 millions de logements ont un chauffe-eau électrique et bon nombre d'entre eux peuvent accueillir une installation PV.

(9) Le coût ne couvre ici que l'installation d'un module Power Reducer sur une installation solaire existante. Dans le cas où l'on compterait la totalité de l'installation PV il faudrait compter (pour 2kWc) environ 5000€ avec un gain annuel moyen qui doit compter l'autoproduction complète de la maison et qui se situerait autour de 210€, auquel il faut ajouter 110€ de bénéfice lié à l'injection réseau (0.1€/kWh) => temps de retour de l'ordre de 16 ans.



VOLET SCIENCES SOCIALES

5. Cadre conceptuel et méthodologique – les hypothèses de notre étude expérimentale sociotechnique

5.1. Objectifs spécifiques au volet sciences sociales

Comme indiqué en introduction de ce rapport, nous observons un défaut de connaissance sur la consommation et les usages de l'ECS, et notamment des données précises sur la dimension technique et comportementale. L'objectif du projet ECSPECT est de palier à ce défaut de connaissance dans une approche sociotechnique. En effet, comme le souligne le triptyque Negawatt « sobriété, efficacité, renouvelable », il n'y a pas de performance énergétique réelle sans sobriété. La réduction des besoins est donc au cœur de la problématique, en croisant approche technique et comportementale. Telles sont également les prescriptions de l'ADEME, qui invite à réduire les consommations d'ECS en (1) limitant les besoins d'ECS, par des solutions techniques et en modifiant les comportements, et en (2) améliorant la performance des systèmes de production d'ECS (ENR ou optimisation de la production).

Notre étude questionne les facteurs d'adaptation des modes de consommation d'ECS à travers plusieurs thématiques, parmi lesquelles (1) l'impact de l'information portant sur la consommation sur les changements de pratiques; (2) la capacité des personnes à modifier leurs habitudes; (3) les leviers, moteurs et freins à ce changement; (4) la durabilité des changements dans le temps; et (5) l'impact croisé des éléments techniques et comportementaux.

Notre étude embrasse ces thématiques et objectifs sous l'angle des Sciences Sociales et Comportementales, et notamment l'Economie comportementale et expérimentale, la Psychologie Sociale et Cognitive et l'accompagnement au changement.

L'objectif du présent volet est triple :

- (1) Analyser le changement de pratiques lié à l'ECS sur la base des modes de consommation de 13 ménages;
- (2) Identifier les facteurs d'adaptation des comportements liés à l'ECS, et notamment les freins et leviers.
- (3) Tester et estimer l'effet de divers outils et modes d'interventions sur ces facteurs d'adaptation

Le présent rapport vise notamment à apporter des résultats qualitatifs et quantitatifs concernant :

- Les mécanismes sociotechniques du changement de pratiques vers des usages sobres, et notamment les freins et moteurs;
- Les conditions & facteurs d'ancrage de ces changements (durabilité);
- Le degré d'effort perçu par les ménages à effectuer ces changements, selon le type d'usage et de puisage, ainsi que les conditions & facteurs d'évolution de cet effort perçu;
- La marge de réduction de consommation associée à la mise en œuvre d'un programme de changement de pratique, en complément de la minimisation des débits de puisage ;
- La différence d'impact de divers modes de recueil et d'intervention : informer, sensibiliser, faire expérimenter, accompagner, échanger en groupe, etc.;
- L'importance de l'appropriation des éléments techniques et d'usage afin de consolider les changements, et d'augmenter la désirabilité des éléments et changements proposés;
- La synergie et l'effet d'ordre entre des interventions de nature technique (mesure, équipements) et comportementale, ainsi que leur impact sur des déterminants clefs du changement de pratiques (sensation de contrôle, perception de bénéfice, effort, ancrage des changements, endurance, etc.)

Ces objectifs viennent en complément de ceux poursuivis sur l'axe technique. L'ambition est au final de produire des recommandations utiles aux actions visant la réduction de consommation d'ECS, et ce peu importe le système de production d'ECS. Cependant notre étude concerne des ménages équipés de CE.

5.2. L'ECS, un bien de consommation singulier - cadre conceptuel et hypothèses

La prise en compte de l'humain, de ses besoins, perceptions, usages et comportements est relativement récente dans certains secteurs réputés fortement techniques, tels que le bâtiment ou l'énergie. La prise en compte du comportement et des pratiques gagne cependant une attention croissante dans divers domaines tel que l'environnement, l'énergie, l'eau, les rapports sociaux, etc. Cette importance se lit au sein d'institutions et organes de régulation (ADEME, 2016b; Climat Chance, 2020), telles que l'Agence Internationale de l'Energie qui reconnaît elle-aussi le rôle du changement de comportement dans la réduction des consommations (IEA, 2021). Selon l'agence, le comportement des occupants est l'un des principaux facteurs d'incertitude dans la prévision de la consommation d'énergie, et c'est un facteur majeur d'écart entre les consommations théoriques et effectives, pouvant fluctuer entre 10 et 80% en bâtiment non résidentiel (Dronkelaar et al. 2016). De plus, l'impact de l'utilisateur sur la performance énergétique pure et effective est désormais acceptée (Brisepierre et Roche, 2013; Gicquel, 2015; X-Pair, 2015).



Ainsi de nombreux auteurs en sciences humaines et sociales s'attachent à décrire et à analyser les pratiques en matière de consommation d'énergie ainsi que leur dynamique de changement, et à cerner l'ensemble des déterminants et logiques à l'œuvre (Brisepierre, 2013; Destais, 2017; Ortar & Subrémon, 2018 ; Subremont 2011; Zelem & Beslay, 2015). La consommation d'eau est également étudiée par le crible du comportement et des pratiques. Les études montrent en effet que la maîtrise des consommations d'eau dépend tout autant des progrès techniques et des systèmes, que du comportement quotidien des occupants. Dans leur étude Beslay et al. (2013) constatent la place déterminante de la dimension sociale des consommations d'ECS, et décrivent finement les pratiques concrètes en matière d'ECS.

Ainsi depuis une dizaine d'année les actions de sensibilisation et de planification visent plus particulièrement le changement de comportement, avec un regain d'intérêt pour les approches qualitatives, participatives voire créatives dans la prise en compte des usagers et de leur consommation, l'analyse des modes de vie, etc. : *"le comportement des ménages reste une boîte noire que les politiques publiques parviennent difficilement à ouvrir"* (CREDOC, 2007, p.8).

Notre étude s'inspire de diverses disciplines et théories en sciences sociales et comportementales cherchant à saisir les mécanismes qui gouvernent le changement de pratiques et de comportement : l'économie expérimentale et de la décision, ainsi que la psychologie sociale et cognitive. Nous mobilisons également des travaux en *Survey Methodology* afin d'optimiser nos dispositifs empiriques : taux de participation, résistance à la longueur du protocole, biais de réponse et d'enquête, etc. Enfin nous empruntons quelques grands principes à l'accompagnement au changement ("coaching") et à la facilitation de processus participatifs. Ainsi, certaines méthodes sont tirées de la pratique opérationnelle de l'Assistance à Maitrise d'Usage (Réseau AMU France, 2020).

Nous décrivons ici certains travaux scientifiques et études mobilisées dans cette démarche, afin de (1) poser le contexte large de la consommation d'ECS, et (2) de faire émerger les principales questions que nous adressons dans ce rapport.

5.2.1. Gestes, pratiques, comportement et habitudes liés à l'ECS

Singularité des pratiques liées à l'ECS

L'ECS implique deux fluides : l'eau froide et l'énergie nécessaire pour la chauffer. La consommation d'ECS induit donc une double ressource et un double coût (facture). Un travail sur la consommation d'ECS porte à la fois sur des économies d'électricité et d'eau froide, une double dimension que les ménages ont rarement à l'esprit (cf. entretiens).

Cependant, l'ECS semble bien être un fluide dont la pratique est singulière pour au moins deux raisons :

- (1) La consommation d'ECS semble très sensible au taux d'occupation, qui est très variable à l'année et au jour le jour (ADEME, 2016a), avec un faible talon comparativement à la consommation d'électricité (chauffage, refroidissement, etc.). Prenons l'exemple de l'éclairage : certains points d'éclairage sont allumés qu'il y ait 1 ou 4 personnes dans la pièce. Dans le cas de l'ECS nous observons une forte variabilité, qu'elle soit saisonnière ou liée au changement d'occupation, ce qui complexifie les mesures et les estimations : *" Les besoins d'ECS peuvent atteindre jusqu'à 5 fois, voire plus, les besoins journaliers moyens du type de logements considérés"* (ADEME 2016a). L'amplitude de la variation diminue néanmoins avec la taille du logement.
- (2) La consommation d'ECS croise différentes logiques et motivations : économique (facture), environnementale (empreinte écologique), sociale (normes, distinction sociale), hédoniste (plaisir, confort, bien-être), santé et technique (choix d'équipements, modes d'emploi, automatisation, etc.) (cf. Beslay et al. 2013). L'usage de l'ECS semble donc associé à un ensemble de représentations et de mécanismes qui amènent les pratiques au-delà du geste répété. Ceci peut complexifier le changement d'habitudes et de pratiques individuelles et sociales liées à l'ECS.

Question / hypothèse QH1 : *Les usages de l'ECS sont reliés à des mécanismes sensibles et profonds qui renforcent les habitudes, au-delà de la routine, et qui complexifient de fait le changement de pratiques*

Ces réflexions suggèrent toute la difficulté de mesurer et d'intervenir sur les pratiques d'ECS. La durabilité du changement est également un point central, car si certains gestes et pratiques sont altérées, cela n'induit pas forcément un changement durable ni sur les divers usages (points de puisage). Ces considérations nous invitent aussi à considérer les pratiques de l'ECS au-delà du geste isolé, mais plutôt à travers la notion de "comportement", au sens d'un ensemble d'actions et de pratiques individuelles et sociales influencées par des représentations ayant un ancrage profond chez l'individu.

Dans cette étude nous employons les termes "pratique", "geste" ou "mode de consommation" pour évoquer les façons de consommer de l'ECS. Le "geste", dans ce rapport, relève davantage d'une manipulation que la notion de "pratique", qui regroupe plusieurs gestes ou actions. "L'usage" fait plutôt référence aux besoins et attentes auquel l'individu répond en utilisant de l'eau, dans le sens d'un service rendu par l'ECS. Le terme "d'habitudes" ou de routine concerne davantage un ancrage des comportements et pratiques, avec des automatismes et freins au changement. Bien que toutes ces notions contiennent des nuances significatives, nous n'avons pas l'ambition de produire de la réflexion ou des résultats permettant de les distinguer formellement dans cette étude.



Habitudes et comportements routiniers

La littérature en psychologie cognitive et sociale, ainsi qu'en économie comportementale souligne le défi que représente le changement d'habitudes (cf. Barbier et al., 2018). Les habitudes font références à des processus naturels courants, bien ancrés dans les comportements individuels, et dictent une partie significative du processus d'action. L'individu crée en effet des routines qui facilitent l'action, les gestes du quotidien, ainsi que les arbitrages et la prise de décision liée aux pratiques et comportements.

L'intensité des habitudes et routines dépend d'au moins 3 facteurs : (a) les pratiques/actions considérées, (b) le profil de la personne et (c) sa période de vie.

(a) Certaines actions ou comportements induisent plus ou moins d'habitudes. Les actions/pratiques plus routinières, comme celles liées à l'énergie et l'eau au quotidien par exemple, sont plus fortement soumises aux habitudes que les actions ponctuelles ou qui sortent du cadre du quotidien, tel que l'achat isolé d'un bien de consommation par exemple (cf. Ortar & Subremon, 2018; Subremon 2011). Si une action est liée à une multiplicité de gestes, de choix ou d'options, le changement d'habitude peut également être rendu difficile (Barbier et al., 2018). Dans ce cas des gestes/comportements sont activés automatiquement.

La place de la volonté et de la planification dans l'action étudiée peut jouer sur le degré de dépendance aux habitudes (notion de "willing"). La plupart des gestes impliqués dans l'usage de l'ECS sont de nature automatique, sans faire appel à la volonté de l'individu. Ceci détermine fortement le type de levier et d'intervention à mobiliser afin d'induire un changement d'habitude.

Par nature, l'usage de l'ECS semble à priori soumis à des routines, du fait de (1) la quantité de petits gestes effectués au quotidien, de manière souvent répétée (2) l'ancienneté des pratiques, qui remontent à la naissance; (3) la complexité des pratiques, reliées à des représentations sociales et des mécanismes non-rationnels profonds (Beslay et al., 2013).

Question / hypothèse QH2 : *de nouvelles pratiques et usages bien intégrés sur certains points de paysage peuvent-elles induire un changement de comportement plus global au niveau du mode de consommation de l'ECS ?*

b) Certains profils d'individus sont plus soumis à des habitudes et routines dans leur quotidien que d'autres. Par exemple les personnes âgées, les parents d'enfants en bas âge, les actifs occupés (charge de travail), les personnes en difficulté (précarité énergétique) peuvent être davantage soumis à des habitudes (cf. Labranche 2012 Ortar & Subremon, 2018; Subremon 2011).

c) Enfin, la trajectoire de vie détermine également l'ancrage et la modularité des habitudes. Une personne à priori soumise à d'importantes routines peut changer selon ce qu'elle vit ainsi qu'avec le contexte dans lequel elle évolue.

Question / hypothèse QH3 - *Des changements dans les pratiques peuvent-ils se maintenir malgré les habitudes fortes liées à l'usage de l'ECS ? L'expérience de nouveaux gestes aide-t-elle à ancrer ses derniers ?*

Par nature, l'usage de l'ECS est soumis à d'importantes routines, qu'il est possible d'altérer par de l'expérimentation accompagnée d'autres gestes/pratiques, et notamment auprès de certains profils de personnes

Ainsi les mécanismes et phénomènes en cause dans le changement de pratiques, à savoir le passage à l'action et l'effort consenti pour modifier ses gestes (et pour les maintenir) n'agissent pas avec la même intensité chez tous les individus, et pas au même moment de leur trajectoire de vie. Afin d'aborder l'enjeu des habitudes dans l'usage d'ECS, il est donc nécessaire de considérer la dynamique individuelle de changement, que nous pouvons décrire par exemple grâce au modèle transthéorique de Prochaska & DiClemente⁶ (1984) ainsi que celui de Kübler-Ross⁷ (1969).

Le modèle transthéorique décrit par Prochaska et DiClemente (1984) a été et est encore très utilisé (cf. ADEME, 2016b). Même s'il est critiqué pour ces limites théoriques et le manque de données expérimentales, il n'en reste pas moins pertinent pour schématiser les différentes étapes auxquelles un individu pourra être confronté lors de son changement de pratiques pour l'ECS, et pour illustrer la complexité de cette dynamique. Les auteurs de Nature Humaine (2009) définissent 7 modes d'accompagnement en fonction du stade auquel se trouve l'individu dans le modèle transthéorique. Nous nous en sommes inspirés en partie dans la mise en œuvre de notre protocole (cf. Tableau 6 p.78).

Question / hypothèse QH4 - *En réalisant un protocole itératif et méthodique qui prenne en compte l'étape de changement de la personne, il est possible d'amener ce dernier à modifier ses pratiques d'ECS*

⁶ Prochaska JO, DiClemente, CC., 1984. The transtheoretical approach: crossing traditional boundaries of therapy. Dow Jones-Irwin.

⁷ Le travail de Kübler-Ross a été critiqué par manque de preuves scientifiques (cf. Stroebe M, Schut H, Boerner K, « Cautioning Health-Care Professionals », Omega, vol. 74, no 4, mars 2017, p. 455-473 (PMID 28355991, PMID 5375020, DOI 10.1177/0030222817691870). Néanmoins, nous trouvons ce modèle intéressant à prendre en compte pour illustrer la complexité de la dynamique de changement.



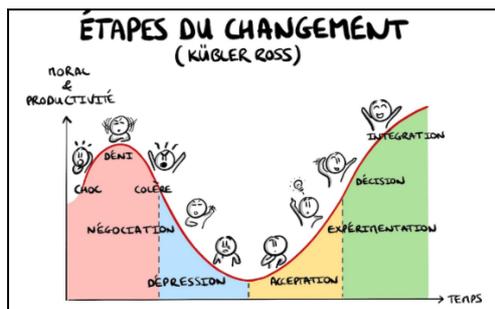


Figure 89 – Etapes du changement chez Kübler-Ross (1969)

Étapes	Pré-contemplation	Contemplation	Décision - préparation	Action	Maintien
Etat de la cible	Pas conscience des enjeux	Enjeux reconnus mais pas disposé à changer	Prêt à agir, mais comment ? Comment être efficace ?	Concrétiser & tester	Eviter les retours en arrière
Actions possibles	Informar, montrer Risques à continuer, Intérêts à changer – alternatives	Inciter- faire s'exprimer Ressenti, relations sociales, réévaluation, motivations, intérêts, freins	Faciliter – faire faire Augmenter la sensation de contrôle et de capacité à agir & à changer ses routines	Récompenser - mettre en valeur Montrer bénéfices larges et soutien des autres acteurs	Activer le besoin de cohérence / valoriser la personne en train d'agir (renforcer la perception de soi)

Figure 90 - Etapes du changement individuel et d'actions à mener - cas de l'ECS - Inspiré du modèle de Prochaska & DiClemente (1984)

La durabilité des changements – effort et maintien

Un nombre important de mécanismes et de facteurs sont impliqués dans le changement de comportement⁸ : perception de bénéfice personnel à changer, sensation de contrôle sur le changement, modification des croyances liées au nouveau geste (anticipation quant à la difficulté et aux conséquences potentielles, miroir social, etc.), perception de soi dans la nouvelle configuration, expérimentation du nouveau geste, normes et interactions sociales, etc.

Ces mécanismes sont en cause également dans le maintien dans le temps des changements initiés, ce qui constitue un défi important. En effet, il existe souvent un fort risque de retour en arrière (cf. Barbier et al., 2018).

Le 1^{er} facteur majeur de la durabilité des changements est le fait, pour l'individu, d'expérimenter la nouvelle pratique / geste pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'il devienne une nouvelle habitude. Cela requiert une certaine intervention et un accompagnement au changement de pratiques (cf. Barbier et al., 2018; Hermann et al., 2017).

L'autre facteur est l'effort que l'individu est disposé à réaliser pour modifier un geste, ses pratiques ou son comportement plus globalement, et de maintenir ces changements.

Dans un processus de changement, l'effort effectif, réalisé par l'individu est lié à l'effort perçu, à savoir l'effort qu'il pense devoir réaliser pour modifier ses pratiques (Ajzen, 1991; Litvine 2020) : *est-ce difficile pour moi de changer mon mode de consommation d'ECS ? De modifier tel geste ou habitude ?*

Et le degré d'effort perçu est influencé ou déterminé par un ensemble des mécanismes propres au passage à l'action et au changement d'habitudes, et notamment (1) si la tâche est facile à accomplir, (2) si le changement offre la possibilité de satisfaire mes motivations et induit une perception de bénéfice personnel (Litvine & Wüstenhagen, 2011), (3) si je pense que mes habitudes ne sont pas trop fortes; (4) si j'ai une sensation de contrôle sur l'action et le résultat (*Perceived Behavioral Control PBC*, Ajzen 1991). (5) si je pense que d'autres ménages font aussi l'effort.

Question / hypothèse QH5 - *L'intensité des routines étant différent selon l'usage de l'ECS, le niveau d'effort à fournir diffère également d'un geste/pratique à l'autre.*

La sensation de contrôle est un concept clef, qui devrait influencer fortement l'intention de changer ses pratiques et notamment l'effort perçu et effectif. Ce concept indique que la personne est davantage disposée à agir quand : *le changement est facile, elle pense avoir les compétences et les ressources pour le faire, si elle veut elle peut le faire, elle pense que cela produira les résultats escomptés et lui permettra d'atteindre ses objectifs*. Cette notion met au centre du processus la confiance de l'individu en sa capacité à mobiliser et à organiser les éléments nécessaires pour réaliser une certaine tâche et atteindre un certain objectif, en l'occurrence son influence personnelle sur l'action⁹. Si l'individu pense avoir les compétences personnelles, l'habileté et les

⁸ Litvine 2008, 2010, 2011, 2014, 2020; Litvine & de Laage, 2017; Litvine & Wüstenhagen, 2011; Litvine et al. 2014

⁹ La perception de contrôle est donc liée à la notion d'efficacité personnelle perçue (ou *Perceived Self-Efficacy*) qui se définit de la sorte : "[PSE] refers to beliefs in one's capabilities to organize and execute the courses of action required to produce given attainments" (Bandura, 1997; p.3).



ressources (temps, information, budget, etc.) pour mener à bien l'action¹⁰, cela augmente sa croyance en son efficacité personnelle. Et cette perception incite en retour le passage à l'action ainsi que le changement de comportement/pratiques (cf. Litvine 2008, 2010, 2020). En voyant qu'il contribue à l'obtention d'un certain résultat, l'individu place davantage ce résultat dans le domaine du possible et du souhaitable. Au final, la notion élargie de "contrôle perçu" prétend répondre à la question : *ai-je un contrôle et la capacité de changer de comportement et/ou d'atteindre un objectif qui exerce une influence positive sur les événements affectant ma vie ?*

Ce concept est relié à deux autres notions utiles : (1) la confiance de l'individu dans le fait que le résultat de l'action résulte de sa propre action plutôt que de facteurs externes non contrôlés (*locus of control*); et (2) la perception comme quoi les résultats de l'action seront conformes à ce qu'il anticipait : *est-ce que l'action aboutira à un résultat conforme à mes attentes ?*¹¹

Ainsi, si l'individu perçoit un fort contrôle, il est davantage disposé à entreprendre des actions incertaines et à maintenir un degré d'effort et d'engagement dans ce type d'action. Or le changement de pratique d'ECS comprend une part d'inconnu.

Ensemble, ces mécanismes devraient influencer l'effort à changer de pratiques / comportement, et ainsi alléger les habitudes.

Question / hypothèse QH6 - *le degré d'effort à effectuer un changement de pratique dans l'ECS devrait être lié à la perception de contrôle sur ce changement au sens large.*

La notion de contrôle sur un équipement ou un changement de pratique concerne à la fois le contrôle effectif et la perception de contrôle. Cette notion se trouve donc à cheval sur la dimension technique et psychologique, dans le rapport à l'usage. L'ordre d'interventions techniques et comportementales devrait donc avoir une influence sur la perception de contrôle, puis sur son intention de changer de pratique.

Question / hypothèse QH6bis - *l'ordre des interventions techniques et comportementales dans notre projet devrait avoir un effet sur la perception de contrôle.*

5.2.2. Les apports de la psychologie sociale – déterminants du passage à l'action

Nos choix et comportements quotidiens sont influencés par divers facteurs et biais psycho-cognitifs.

- **Facteurs situationnels** : l'environnement dans lequel nous prenons une décision et comment les choix nous sont proposés
 - Saillance : information que l'on a fortement en tête au moment de prendre la décision
 - Options par défaut : premiers choix qui nous sont spontanément proposés
 - Simplicité : nous évitons les choix qui impliquent des choses complexes à comprendre
 - Cadrage : manière dont les options sont présentées les unes par rapport aux autres
- **Facteurs émotionnels** : notre état émotionnel influence nos décisions et nos actes.
- **Facteurs rationnels** : une part de notre processus de décision et d'action est guidé par des éléments rationnels, tels que l'anticipation d'un résultat ou d'un bénéfice, le rapport effort/résultat, le souci d'optimisation, l'estimation de gain, etc.
- **Biais cognitifs et mécanismes psycho-économiques**

En ce qui concerne la consommation d'eau, énergie, etc., trois niveaux de comportement sont sujets à des biais : (1) les pratiques et usages qui relèvent de comportements routiniers plutôt automatiques; (2) la décision de changer ses pratiques; (3) l'investissement dans de l'efficacité (équipements, etc.) qui dépendent tous deux d'un processus de décision plus long et délibéré.

Ces comportements vont être influencés par des biais cognitifs, qui sont des distorsions que l'individu expérimente dans la perception et le traitement de l'information. Les mécanismes les plus courants sont :

- Les biais de jugement, qui concernent la façon d'évaluer les situations et les informations (ancrage mental, biais de statu quo, aversion aux pertes, etc.)
- Les biais de raisonnement, qui concernent le processus de traitement et de mobilisation de l'information (biais de confirmation, dissonance cognitive, rationalité limitée, etc.)
- Le sentiment de manque de contrôle sur la décision et sur l'action, et notamment par une sensation de défaut d'information ou de compétences (contrôle interne, cf. p.72)

D'autres **heuristiques de décision et mécanismes psycho-économiques** majeurs peuvent limiter le changement de pratiques, étant donné l'effort à produire vis-à-vis d'habitudes et routines (Litvine 2010, 2020; ADEME 2016b).

- L'aversion aux pertes : ne pas perdre 100€ est préféré à en gagner 100€ - ainsi, pour un gain équivalent, nous préférons ne pas perdre vis-à-vis d'une situation de base.

¹⁰ Notons que le concept de Bandura ne concerne pas le contrôle effectif dont dispose l'individu, mais le jugement qu'il porte à ce sujet. Ainsi, les échelles visant à mesurer le degré de PSE chez un individu sont formulées en termes de « *je pense pouvoir le faire* », et non en termes de « *je le ferai* ».

¹¹ Perception de l'efficacité de réponse ou *Perceived Response Efficacy* (noté PRE)



- L'arbitrage vis-à-vis d'un point de référence : nous avons tendance à réaliser l'action "faire 15 minutes de marche pour acquérir un produit 8€ moins cher" si le produit vaut 15€ à l'origine, mais moins si le produit en vaut 100€.
- L'inertie et les routines : nous apprécions ce qui est quotidien et avons du mal à le changer pour des raisons biologiques, évolutionnistes et psychologiques.
- La vision technicienne et la sur-confiance en notre jugement : nous présentons un optimisme structurel dans notre capacité, en tant que société, à faire face aux enjeux environnementaux, notamment en se basant sur l'évolution technologique.
- Le biais de confirmation : nous sommes plus sensibles aux arguments qui confortent notre opinion qu'à ceux qui vont à son encontre. Et nous retenons mieux ces arguments qui confirment notre opinion.
- La préférence pour le présent : nous fait percevoir les efforts à fournir tout suite comme trop coûteux pour des bénéfices lointains. En tendance, nous préférons les actions ayant un bénéfice à court terme, ce qui dégrade celles ayant un bénéfice incertain mais un "coût" certain, comme par exemple l'effort pour changer de routines dans les pratiques liées à l'ECS.
- Le principe de rationalité limitée et de disponibilité mentale : nous utilisons notre système de pensée rapide pour décider et agir au quotidien. Il ne permet pas de comparer toutes les options entre elles et ne permet pas non plus d'envisager nos décisions d'un point de vue global. Priorité est donnée à « ce que nous avons en tête » : nous ne pensons que rarement aux déchets lorsque nous faisons nos courses, etc.

Ces mécanismes peuvent expliquer pourquoi, même si les ménages ont généralement bien intériorisé la nécessité de réaliser des économies d'eau, ils ont du mal à modifier leurs habitudes et continuent souvent de privilégier le confort. En effet, la sensibilité écologique et les comportements de consommation représentent deux dimensions distinctes, avec des mécanismes autonomes qui induisent un écart entre déclaration et pratiques (Beslay et al. 2013, CREDOC 2007; Litvine 2008, 2010, 2020).

Question / hypothèse QH7 – une étude visant à identifier les moteurs du changement de pratiques doit prendre en considération les divers mécanismes psycho-économiques à l'œuvre dans les choix et comportements.

Croyances, intention et action

Le changement de comportement lié à l'ECS relevant d'un processus a priori complexe, il semble utile de l'analyser en ayant recours à un modèle d'action. La théorie du comportement planifié (Theory of Planned Behavior, notée TPB ; Ajzen, 1991) constitue l'un des modèles d'action les plus prolifiques et efficaces en psychologie sociale pour expliquer, prédire et modifier un comportement donné. Il permet d'intégrer et de croiser des variables de nature variées : économiques, affectives, cognitives, conatives, normatives, etc. Ce modèle semble ainsi adapté au présent objet d'étude puisque que le changement de pratiques d'ECS mêle des aspects rationnels (réduire ses factures, voir le résultat de son effort, contribuer à la préservation des ressources naturelles, etc.) et irrationnels (plaisir, confort, habitudes, etc.).

Selon le modèle TPB, le fait de modifier son mode de consommation d'ECS (le comportement – l'action) est déterminé en grande partie par l'**intention** d'entreprendre les changements associés. Cette intention est déterminée à son tour par 3 grandes variables : l'attitude envers le changement de pratiques, l'influence des normes sociales et la sensation de contrôle sur l'action. Cette sensation est centrale dans la TPB, et recoupe divers concepts (Litvine 2010), comme indiqué p.72.

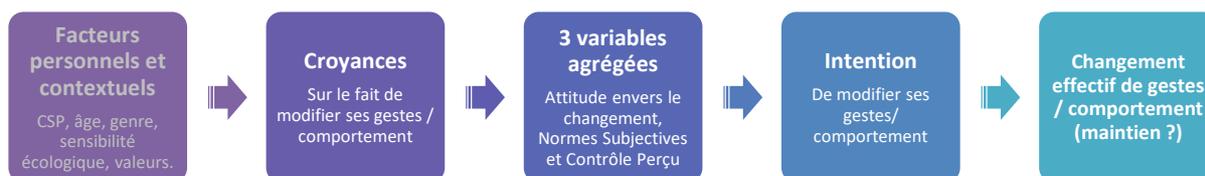


Figure 91 - Des croyances au comportement : le modèle TPB appliqué au cas du changement de pratiques liées à l'ECS

Ainsi, la TPB postule que, pour qu'une intention se transforme en comportement, elle doit d'abord être décidée en évaluant les conséquences de l'action, l'influence de la sphère sociale et être accompagnée d'un sentiment de contrôle. Cette évaluation a pour origine des croyances que l'individu forme envers le comportement¹², et qui se partagent en 3 catégories :

1. **Croyances comportementales** : les conséquences que la cible pense observer du fait de modifier ses pratiques;
2. **Croyances normatives** : les personnes ou groupes importants pour la cible qui, selon elle, apprécieraient qu'elle modifie ses pratiques (normes injonctives) ainsi que le niveau de normalisation de l'action : *un nombre significatif et/ou croissant de ménages fait-il également un effort ?* (normes descriptives) ;
3. **Croyances de contrôle** : les facteurs qui rendent le changement facile ou difficile, la sensation que l'action ne dépend de soi, l'impression de posséder suffisamment de ressources (informations, compétences, temps, budget) pour faire le bon choix et agir, et enfin la perception d'avoir la capacité de mieux atteindre ses objectifs (cf. p.72).

¹² Une croyance est une représentation qui relie l'action à un effet / conséquence, à un facteur facilitant/freinant ou à une personne qui influence son action.

Accompagner le changement de pratiques à partir du modèle TPB

La TPB décrit une chaîne causale allant des croyances au comportement (cf. Figure 91) : les croyances que l'individu forme vis-à-vis du comportement étudié sont à la base de cette chaîne¹³, qui s'est montrée efficace pour comprendre et prédire de nombreux comportements¹⁴. Elle permet ainsi de construire des interventions comportementales incitant le passage à l'action¹⁵, tel que le changement de pratiques liés à l'ECS. En jouant sur les croyances (nombre, probabilité ou importance), par de la sensibilisation et la participation active des cibles par exemple, il est possible de jouer sur les moteurs du changement de gestes/comportement et de stimuler ainsi ce changement de manière effective. Il suffit ensuite d'augmenter la sensation de contrôle sur l'action (facile à opérer, pas de blocage externe, ressources disponibles, résultats conformes aux attentes, etc.) pour augmenter la probabilité que l'individu initie le changement. Il est ensuite nécessaire de travailler sur le maintien des changements expérimentés.

Ce modèle peut donc servir de base pour une intervention globale sur les pratiques d'ECS. Il a constitué la base de notre protocole (le fond), que nous avons mis en œuvre à travers diverses méthodes opérationnelles telles que l'accompagnement au changement, la sensibilisation, la facilitation de groupe, etc. : fournir de l'information, faire prendre conscience du problème (manipuler, mesurer), identifier ensemble les freins-ressources-solutions dans la situation de la personne (sensibilisation et accompagnement au changement), faire expérimenter le nouveau geste et revenir dessus régulièrement, communiquer sur les changements auprès des autres participants (normes sociales), échanger sur les solutions entre ménages (séance de co-développement en atelier participatif), etc.

La notion de "perception du bénéfice personnel à agir" est également utile pour expliquer et modifier le comportement (Litvine 2010, 2020). Cette perception associe des motivations intrinsèques (valeurs, degré d'altruisme, réciprocité, justice, etc.) et extrinsèques (richesse, reconnaissance sociale, acquisition matérielle, etc.) au fait de passer à l'acte, ici adopter de nouveaux gestes et pratiques économes. L'individu y associe également les résultats espérés à agir, à savoir l'intensité et la conformité aux anticipations. Cette notion permet notamment de clarifier le rôle du facteur "coût" (temps, prix /budget, etc.) vis-à-vis des facteurs socio-psychologiques, de nature plus contextuelle. Les personnes ayant une sensation de bénéfice personnel élevé invoquent moins souvent le manque de ressources comme un argument pour ne pas agir (Litvine et Wüstenhagen, 2011). Il est donc important de souligner comment le changement de pratiques liées à l'ECS permet de répondre à diverses motivations, et induire des résultats positifs et conformes aux attentes.

Question / hypothèse QH8 - *en jouant sur les croyances liées au changement (résultats, contrôle, bénéfice, influence sociale, etc.) et en accompagnant ce changement, il est possible de faciliter la capacité à essayer et à maintenir de nouveaux gestes / pratiques liées à l'ECS*

Au final, l'effort nécessaire à déployer pour adopter un nouveau geste / pratique, perçu ou effectif, occupe une place important dans le changement de comportement et d'habitudes. Cette notion doit être reliée à la perception de contrôle sur l'action et de bénéfice personnel, qui dépend à la fois de la réponse aux multiples motivations intrinsèques et extrinsèques et des résultats espérés. Toutes choses égales par ailleurs, un individu fera davantage d'effort à adapter ses pratiques s'il perçoit un contrôle sur l'action (*il y a des facteurs qui facilitent, ça dépend de moi, je peux atteindre mes objectifs, etc.*), si cela lui permet de satisfaire des motivations individuelles et si les résultats anticipés sont positifs et conformes à ses attentes.

L'individu peut faire le lien entre ces notions dans un arbitrage "cout/bénéfice" dont l'intensité dépend du profil de la personne, de sa trajectoire de vie mais surtout du type d'action / décision à prendre. Litvine & Wüstenhagen (2011) montrent que les individus invoquent des freins jugés "rationnels" ou objectifs pour expliquer leur inaction quand l'action offre la perspective d'un bénéfice personnel insuffisant. Parmi ces arguments écrans figurent le budget / coût, le temps et l'incapacité à agir, qui peuvent s'exprimer à travers la perception d'effort à agir. Et l'intensité des pratiques et habitudes non économes joue sur le degré de cet effort perçu.

5.2.3. Synergie entre les dimensions technique, sociale et comportementale

Les mécanismes et déterminants des pratiques et du comportement lié à l'eau et à l'énergie sont variés et complexes. Les études répertoriées soulignent la forte dimension sociotechnique dans le cas d'usages tels que ceux de l'ECS, qui requièrent un processus d'appropriation visant à la fois la dimension sociale/humaine et les aspects techniques (Beslay et al., 2013; Brisepierre, 2011; Chevrier & Grouhel, 2014) : "*l'adoption de pratiques économes ne renvoie pas aux dispositions sociales, attitude ou sensibilisation, mais aux systèmes techniques à disposition et dynamiques sociales dans lesquelles ils sont engagés*" (Beslay, 2007).

¹³ Selon cette théorie les expériences passées, les anticipations du futur et toutes les variables personnelles (sociodémographiques, valeurs, religions, personnalité, etc.) n'influencent pas directement le comportement. Elles contribuent plutôt à former les croyances de l'individu vis-à-vis de l'action, qui évoluent au cours de la vie de l'individu.

¹⁴ De Laage & Litvine (2020), Litvine (2010, 2020), Litvine & Wüstenhagen (2011), Litvine et al. (2014), Litvine & de Laage (2017), Litvine & Rabourdin (2017).

¹⁵ Si l'ensemble des variables TPB est mesuré conformément à la théorie, on peut aussi identifier les déterminants du passage à l'action et prédire si le changement de pratiques est probable ou non chez une cible ou un ensemble de cibles. Ceci requiert de réaliser un questionnaire quantitatif. Il est également possible de tester des moteurs de l'action effectifs, en intégrant un design expérimental dans le questionnaire (cf. Litvine, 2010, 2020; Litvine & Wüstenhagen, 2011 ; Litvine & de Laage, 2017 ; De Laage et Litvine, 2020).



a) Équipements "intelligents" et rôle de la technologie dans le changement de comportement

Nous observons depuis une quinzaine d'années un engouement croissant pour les équipements connectés, les outils de pilotage de la demande, les réseaux et équipements intelligents ("smart"), etc. notamment dans le secteur des fluides (eaux, énergie, etc.). Ces outils sont proposés dans le but d'optimiser et de réduire les consommations et factures. Ils sont également présentés comme un support au changement de pratiques / comportement.

L'ECS n'échappe pas à ce phénomène, et ce secteur d'usage connaît un grand nombre de solutions et innovations techniques et technologiques (cf. rapport ECSPECT - Enertech). Notre projet en intègre certains : chauffe-eau thermodynamique, système de récupération de chaleur, pommeau de douche communicant, compteur communicant, isolation des conduites et du CE, autoconsommation PV assistée, etc.

Les équipements techniques et technologiques ont un rôle à jouer dans le pilotage et l'optimisation de la demande, dans l'automatisation de certaines tâches, etc. Ils permettent de mieux exploiter le potentiel et les performances des systèmes en place, de réduire les pertes (déperditions de chaleur, etc.). Cependant, il est aujourd'hui admis que les solutions techniques ne peuvent être efficaces et pertinentes sans la contribution active des usagers (AMU France, 2020), et notamment quand les équipements sont performants (Zelem & Beslay, 2015), comme dans le cas du bâtiment où le comportement des occupants impacte directement la performance énergétique (Brisepierre et Roche, 2013; Gicquel, 2015; X-Pair, 2015).

Question / hypothèse QH9 : *l'appropriation de la dimension technique de l'ECS, en interaction avec les enjeux d'usage et de consommation, peut jouer un rôle significatif dans l'adaptation des pratiques individuelles*

b) La synergie entre les dimensions technique, comportementale et sociale

Les expériences combinant des interventions techniques et comportementales sont encore peu courantes, mais révèlent un grand intérêt. Dans une étude sur des bâtiments à usage professionnel Anthropolink (2016) combine une campagne de mesure (instrumentation, capteurs, etc.) et le retour d'expérience des usagers ainsi que leur perception au sujet de leur consommation d'énergie, du confort thermique, de la qualité de l'air et acoustique, etc. L'étude menée en 2018 sur MasCobado¹⁶ (Adret, 2018), habitat participatif à Montpellier, visait à estimer le niveau de consommation effectif après plus d'un an d'occupation et à analyser les comportements des habitants. L'analyse du confort d'usage et du "vivre ensemble" (gouvernance, solidarité, etc.) a été couplée à une campagne de mesure afin d'estimer la performance du bâtiment. Les résultats indiquent un niveau de consommation 30 % inférieur à la norme RT2012 sur les 5 principaux usages. Le volet "*Changement de comportement dans les bâtiments performants*" du projet européen CABEE (2013)¹⁷ conclue à une incapacité claire à établir les niveaux de performance attendus et à évaluer la consommation réelle. Ce constat est fait également dans l'étude sociologique de Roche et Brisepierre (2013) dans trois bâtiments pionniers de la basse consommation (immeuble, lotissement de maisons et tertiaire). Cette étude éclaire sur les écarts entre performance théorique et consommations réelles, en confrontant le projet des concepteurs aux usages effectifs et à la gestion des bâtiments en situation d'occupation. Intervenue en aval de la démarche technique et d'instrumentation des bâtiments, cette analyse sociologique illustre l'utilité de coordonner les étapes techniques d'instrumentation et d'écoute des usagers en amont des projets afin d'exploiter la synergie entre les deux approches et d'éviter les écueils "humain versus technique". Enfin, le projet PAPEO (2019) "*Protocole d'amélioration des pratiques environnementales et organisationnelles*" vise à déterminer les variables psychologiques, sociales, organisationnelles et contextuelles qui motivent ou freinent les salariés à agir de façon responsable et économe en énergie sur leur lieu de travail, en bâtiment tertiaire.

Ces études montrent l'intérêt de combiner des interventions techniques (instrumentation, équipements, etc.) et comportementales, en effectuant des analyses en sciences sociales en amont des projets et en accordant une place importante à l'expertise d'usage des occupants¹⁸.

L'interaction entre les dimensions comportementale, sociale et technique semble donc utile à relever. Une étude menée sur 500 bâtiments rénovés à Milan conclut que l'intégration de la dimension sociale et des pratiques peut contribuer à maximiser l'impact de l'intervention de nature technique, et à limiter l'écart de performance énergétique (Salvia, G. et al, 2020). Dans le domaine de la rénovation, DellaValle N. et al. (2018) identifient une série de variables contextuelles qui constituent des leviers pour aligner le comportement sur les interventions de rénovation. De plus, une meilleure compréhension des pratiques réelles permettrait de faire des choix technologiques plus appropriés aux comportements (Hua, S. et al, 2020).

En parallèle, la compréhension de certains éléments techniques serait, pour certains usagers, un préalable à la conscientisation d'une problématique ainsi qu'un levier pour adapter leurs pratiques (Rabourdin & Litvine, 2017). L'intervention sur des éléments techniques, à l'origine d'une meilleure efficacité / efficacité de la production d'ECS (ex. installation de solutions de réduction des pertes, changement d'équipement, réparations, etc.), pourrait théoriquement augmenter l'impact d'une intervention comportementale via au moins trois mécanismes :

¹⁶ L'association MasCobado (Montpellier) a réalisé un projet d'habitat participatif de 23 logements répartis sur 2 bâtiments, basé sur des valeurs de solidarité, d'entraide intergénérationnelle, de mixité sociale et de mutualisation de certains espaces. MasCobado a atteint le niveau Effinergie+ et, dans le cadre de la démarche BDM Occitanie, le « niveau or » en conception et réalisation.

¹⁷ Le volet visait à piloter l'accompagnement des usagers de 5 bâtiments performants dans le nord de l'Isère : résidentiel, administratif et public. L'objectif du projet était (i) d'améliorer la qualité d'usage et l'appropriation du bâtiment par les usagers, afin d'augmenter la performance énergétique. (ii) de dégager de cette expérience une méthodologie d'accompagnement, transposable à d'autres bâtiments.

¹⁸ "S'ils sont écoutés, les occupants ont beaucoup d'observations et de remarques à formuler, en ce qui concerne le bâtiment. Cela concerne avant tout le confort d'utilisation : confort hygrothermique et acoustique, le sentiment de sécurité, la signalétique, etc." CABEE – accompagnement de l'usage Fiche thématique n°3 – Se laisser surprendre par le diagnostic.



- (1) Par un effet multiplicateur sur les économies de fluides réalisées suite à un changement de pratiques (eau et électricité). Par exemple avec une jaquette isolante installée sur le CE, qui limite les déperditions, une économie d'ECS peut-elle potentiellement induire une réduction d'énergie consommée proportionnellement supérieure au cas sans jaquette ?
- (2) En générant une sensation d'efficacité personnelle ("*je peux plus facilement atteindre mes objectifs*"), ou de cohérence effort/résultat (*les conséquences de mon effort sont conformes à mes attentes*).
- (3) En augmentant la perception de contrôle sur les enjeux techniques, ce qui permet de stimuler le passage à l'action (p.72)

Un changement technique peut impacter certains déterminants clés du comportement tels que l'appropriation des enjeux techniques, la perception de bénéfice à changer ses pratiques, le degré d'effort à réaliser, le niveau d'ancrage des changements, etc. Un changement technique pourrait aussi, en théorie, attirer l'attention de la cible sur la question de l'ECS (consommation, facture, etc.) et de fait le préparer à aller plus loin dans la démarche. Une intervention technique permettrait donc de faire levier et d'augmenter l'impact d'un changement de comportement, tout en aidant à ancrer ce changement dans le temps.

Au final, interventions techniques et comportementales peuvent être complémentaires pour induire un changement de pratiques. S'il existe des expériences combinant quelques éléments tels que les démarches de mesure, les dispositifs techniques et les recueils qualitatifs en Sciences Sociales, elles ne reposent pas sur un protocole intégré qui associe diverses dimensions et modes d'investigation, dont la démarche expérimentale. De plus, ces études sont rarement réalisées en maison individuelle. Notre étude propose de compléter ces expériences pionnières réalisées dans une démarche sociotechniques.

Question / hypothèse QH10 - l'ordre dans lequel les aspects techniques et d'usage sont mobilisés ou expérimentés par l'individu devrait jouer sur son niveau d'appropriation ainsi que sur le changement de pratiques. *Le fait de voir sa consommation baisser par des apports techniques pourrait stimuler le changement de pratiques et faire levier sur la consommation ? A l'inverse, un effort sur sa consommation pourrait faire levier sur les gains induits par les améliorations techniques ? Ou bien il y a-t-il une absence de relation ?*

Ainsi, si nous intervenons chez les ménages d'abord sur le plan technique (équipements, mesures, etc.) puis sur le plan comportemental (informer, accompagner, etc.) cela induit-il une différence dans l'appropriation et le changement de pratiques ? En comparaison au cas où ces interventions sont interverties.

5.2.4. La participation et l'implication dans le processus de changement

Les démarches d'information ou de sensibilisation légère, tels que les approches par eco-gestes par exemple, ont démontré leurs limites en intensité et dans le temps (Zelem & Beslay, 2015). Notre démarche cherche à aller plus loin que ce type d'approche en impliquant la personne dans le processus de changement : réflexion, identification du problème et des risques à ne rien faire, détection des freins et leviers, expérimentation de solutions, réflexivité, etc. Cette démarche s'avère très utile pour dépasser les freins au changement et induire un transformation¹⁹ (Boutaud, 2009; Réseau AMU France, 2020).

Notre protocole empirique, à savoir les outils de recueil et d'intervention ainsi que l'ordre de ces derniers, s'inspirent notamment du modèle transthéorique et de l'échelle de participation citoyenne d'Arnstein (1969)²⁰.



Figure 92 - Echelle d'implication et d'appropriation - inspirée de l'échelle de participation citoyenne d'Arnstein (1969)

Cette échelle permet de distinguer quatre types d'action, chacun ayant une influence sur le niveau d'appropriation et d'implication de l'individu dans le processus étudié.

- Le niveau "informer" est nécessaire mais s'avère souvent insuffisant. L'information constitue la 1^{ère} étape du changement (cf. modèle transthéorique p.72), mais les mécanismes et facteurs en jeu dans le changement de comportement requièrent d'autres types d'actions de la part de l'individu et de l'accompagnant (Litvine, 2020; ADEME, 2016b).
- L'action "sensibiliser" apporte une brique de plus, en adaptant l'information au contexte de l'individu et en l'amenant à conscientiser la problématique et à échanger sur ses pratiques.
- "Consulter" permet un échelon dans lequel l'individu est invité à donner son avis sur le processus lui-même, faire des suggestions, etc. Cela ne veut pas dire que ces avis et suggestions seront pris en compte.
- Le niveau "associer" indique que l'individu est invité à participer au processus, s'exprimer sur ses freins et leviers, construire la méthode et l'information, trouver des solutions puis décider. Il est également amené à expérimenter, faire, tester, diffuser, etc. dans un principe expérientiel et d'autonomisation, notamment au niveau décisionnel. Le fait d'associer l'individu dans le processus présente de nombreuses propriétés, décrites et expérimentées dans les démarches de facilitation de groupe et d'Assistance à Maitrise d'Usage (Réseau AMU France, 2020) : autonomie, ancrage des changements, réflexivité (retour réalisé par la personne et regard sur ses propres pratiques), soutien volontaire à la démarche (relais ou référents), dépassement de ses obstacles, etc. Ces éléments sont en partie pris en compte à travers la notion d'empowerment²¹.

¹⁹ Des cabinets comme "Changement Vivant" (<https://www.changementvivant.com/a-propos.html>) réalisent des formations d'accompagnement au changement auprès d'agents de l'ADEME depuis des années. Ceci est le signe d'un intérêt pour cette approche et concoure à sa légitimité.

²⁰ Sherry Arnstein, 1969. A Ladder of Citizen Participation, JAIP vol. 35-4, p. 216-224.

²¹ <https://selfpower-community.com/empowerment/>



La démarche d'associer l'individu dans le processus de modification de son comportement, tel que réalisé par les professionnels qui pratiquent l'accompagnement au changement, mobilise des leviers et mécanismes permettant de dépasser les blocages et d'influencer les déterminants du comportement. Cela peut induire selon le profil de l'usager, un changement de pratiques plus ou moins profond et durable.

L'information - une condition nécessaire non suffisante

Un certain nombre de travaux étudient le lien entre le niveau d'information des ménages quant à leur consommation, leurs pratiques et comportements en lien avec l'eau et l'énergie, celui des autres ménages et les niveaux de consommation/factures. Selon l'Agence Européenne de l'Environnement (2013), un nombre croissant d'études démontrent le potentiel d'économies dû aux mesures visant le comportement, et notamment le retour d'information sur les consommations d'énergie. Un retour d'information direct incluant des données de consommation induirait entre 5 et 15% d'économies d'énergie, contre 2 à 10% pour une information indirecte comme une facture améliorée (en fréquence, contenu, etc.) ou de simples données de comparaison (sa propre consommation ou celle des autres ménages). La combinaison de ces retours directs et indirects aurait le plus d'impact sur le changement de comportement et les économies de fluides. Joint à des initiatives introduisant de nouvelles normes sociales basées sur la dynamique de groupe, les retours d'information peuvent générer jusqu'à 20% d'économies, sur la base de phénomènes plus durables dans le temps.

Informé et argumenté sont des éléments nécessaires à un passage à l'action vers un changement de pratique, mais ils ne sont pas suffisants (ADEME, 2016b). L'information doit prendre en compte la dimension contextuelle et non-rationnelle dans la décision et action des acteurs. L'enjeu est de parvenir à modifier les comportements et pas uniquement les connaissances et les attitudes. La difficulté des passages à l'acte ne se limite pas au défaut de compréhension des informations. L'individu n'a pas un comportement absolument rationnel, effectuant des choix informés en fonction de critères spécifiques. Il est dépendant de ses routines, des infrastructures, des valeurs des sous-groupes dont il fait partie, et de sa propre représentation, liée à sa dissonance cognitive.

Question / hypothèse QH11 - *les actions d'information et sensibilisation peuvent être insuffisantes pour modifier les modes de consommation d'ECS. En les combinant à des actions visant à associer les participants dans le processus de changement, nous pensons augmenter la portée de l'intervention comportementale.*

5.3. Méthodologie générale du volet sciences sociales

Notre étude s'inspire de concepts, méthodes et outils empruntés à l'économie de la décision et expérimentale, à la psychologie sociale et cognitive, ainsi qu'à des domaines plus pratiques comme l'accompagnement au changement, la facilitation de processus participatifs ou encore l'Assistance à Maîtrise d'Usage (AMU).

Ces éléments ont été mobilisés au sein d'un protocole sociotechnique de 24 mois qui mêle trois approches majeures :

1. **L'approche par recueil de données** (méthode extractive) : entretiens, observations, questionnaires, etc.
2. **L'approche participative** qui vise à impliquer les individus dans le processus de changement : visites avec échange sur les pratiques et usages, manipulation d'instruments de mesure, identification de solutions, atelier participatif, etc.
3. **L'approche expérimentale sous contrôle**, qui vise à induire le phénomène étudié de sorte à identifier les relations de cause à effet (cf. p.80) : interventions sur les pratiques, et inversion des interventions de nature comportementale et technique dans les deux groupes expérimentaux.

Ces trois approches contribuent chacune à l'atteinte des objectifs du projet, à savoir : (1) expliquer le processus de changement de comportement et de pratiques liés à l'ECS, (2) identifier les déterminants de ce processus et notamment les freins et leviers et enfin (3) tester un protocole ainsi que des méthodes et outils d'accompagnement au changement.

Les entretiens et questionnaires génèrent des informations de nature qualitative et de panel dans une démarche exploratoire et semi-confirmatoire. Les actions de nature participative visent à accompagner le changement et à identifier les moteurs/freins de ce changement, notamment en impliquant les participants dans le processus et en stimulant leur capacité à faire eux-mêmes (empowerment - autonomie). L'expérimentation génère quant à elle des résultats de nature causale permettant de confirmer l'impact de l'ordre des interventions. L'information fournie, l'action de sensibilisation et l'incitation au changement sont assurés par l'ensemble de ces modes opératoires.

Nos modes de recueil et d'intervention sont combinés en s'inspirant du modèle transthéorique de Prochaska et DiClemente et de l'échelle de participation citoyenne d'Arnstein (1969) (cf. p.77), qui permettent de distinguer divers types d'intervention et niveaux d'implication individuelle dans le processus de changement. Les auteurs de Nature Humaine (2009) définissent 7 modes d'accompagnement en fonction du stade auquel se trouve l'individu dans le modèle transthéorique. Notre protocole s'en inspire en partie à travers le type d'intervention et l'ordre des actions, synthétisée dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Actions menées dans le cadre d'ECSpect suivant 7 modes d'accompagnement inspirés de Prochaska et DiClemente

Stade du modèle	Description par Nature Humaine (2009)	Exemple d'actions menées dans ECSpect
Conscientisation	« [...] offrir une information pertinente sur les risques ou conséquences de continuer le comportement inadapté (sans le culpabiliser) et sur les avantages d'adopter un nouveau comportement »	<ul style="list-style-type: none"> • Documents fournis en C1 - focus sur les avantages à faire des efforts (économies, etc.) et inconvénients à ne rien faire • Entretiens et échanges libres



		<ul style="list-style-type: none"> Prise de conscience de l'impact de changements sur la facture - outil de simulation
Les modifications environnementales	« [...] toutes les alternatives disponibles dans l'environnement de l'individu qui favorisent les comportements souhaités peuvent l'aider à changer. De la même manière, les conditions sociales favorables, comme l'acceptation ou la valorisation des comportements souhaités de la part du groupe rendent plus légitimes ces comportements aux yeux de l'individu. Ainsi, les conditions matérielles et sociales vont favoriser le changement de comportement. »	<ul style="list-style-type: none"> Nouveaux équipements et outils de contrôle (interventions techniques) Incitation à impliquer tous les occupants du logement dans le processus de changement
L'éveil émotionnel	« dans l'étape de la contemplation, il est favorable pour la personne d'exprimer son ressenti lié aux risques du comportement problématique et à un possible changement. Cela permet d'identifier les peurs et les représentations de la personne par rapport au changement et permet aussi de développer des sentiments favorables vis-à-vis de celui-ci. »	<ul style="list-style-type: none"> Entretiens menés Visite active des points de puisage : échange sur les usages, habitudes, freins au changement, etc.
La réévaluation personnelle	« il s'agit d'inciter la personne à s'interroger sur les sentiments éprouvés vis-à-vis du comportement souhaité et aussi à confronter ses valeurs personnelles au comportement problématique. Ce mécanisme permet à la personne de se former sa propre opinion sur l'intérêt de changer pour soi-même. »	<ul style="list-style-type: none"> Lecture des documents sur l'ECS Lecture de la liste des nouveaux gestes proposés et échange autour du degré d'effort perçu pour adopter les gestes
L'engagement	« on peut encourager la personne à avoir confiance dans ses capacités à changer et à s'engager pour le faire. Le fait de s'engager au sein d'un groupe a un effet d'entraînement et de non-retour en arrière. »	<ul style="list-style-type: none"> Manipulations du matériel de mesure en intervention C2 Discussion autour des objectifs réalistes Atelier participatif avec méthode d'accompagnement au changement
La récompense	« si l'individu reçoit des récompenses venant de l'extérieur ou de lui-même il est plus probable que le comportement souhaitable se maintienne. Il peut s'agir d'une meilleure estime de soi, de la valorisation de son effort par d'autres personnes, d'être plus en accord avec l'image idéale de soi-même, ou encore d'expérimenter les effets positifs du nouveau comportement : se sentir mieux émotionnellement et physiquement, rencontrer des gens, faire des économies, gagner en praticité, etc. »	<ul style="list-style-type: none"> Information sur les factures réduites Echange sur bonnes pratiques en atelier Savoir que son expérience et pratiques seront communiquées à d'autres afin de les stimuler
Les contre-mesures	« il s'agit d'aider l'individu à éviter des situations et stimuli susceptibles de provoquer une rechute vers l'ancien comportement »	<ul style="list-style-type: none"> Engagement déclaratif à maintenir les changements effectués (questionnaire final)

5.3.1. Les diverses méthodes de recueil et d'intervention

Notre dispositif expérimental s'adosse à un protocole empirique constitué de divers points de recueil et d'intervention. Chaque intervention comportait une partie d'entretien, questionnaire, visite/manipulation de matériel et sensibilisation/ accompagnement au changement.

1) L'entretien face-à-face

Nous avons mêlé deux méthodes d'entretien : semi-directif et directif. Une partie de l'entretien était mené via un guide constitué de thématiques pouvant être interverties librement selon l'échange avec le participant. Une autre partie se présentait sous la forme de questions ouvertes voir sur échelle de mesure, dans une approche plus directive.

2) Le questionnaire et sondage

Nous avons réalisé 3 types de questionnaire :

- Un questionnaire initial, un état des lieux du profil sociodémographique, environnemental, etc. des ménages et de leur logement. Ce bilan est une condition nécessaire au traitement expérimental, afin de vérifier que les deux groupes A et B ont des profils équivalents en moyenne (absence de biais d'attrition);
- Un questionnaire "panel" constitué d'une série de questions récurrentes a été administré en face-à-face lors des interventions, puis par téléphone et enfin par internet en fin de protocole. Questions : niveau d'information et d'appropriation de l'ECS, la sensation de contrôle, les croyances, les motivations et freins au changement de pratique, etc.
- Un questionnaire de contrôle afin d'identifier les événements pouvant avoir un effet majeur sur la consommation : modifications dans l'occupation (absence, présence, invités), des travaux ou des fuites. Ce questionnaire a été administré mensuellement entre octobre 2019 et octobre 2020, par téléphone ou internet.

3) La sensibilisation et accompagnement au changement

Diverses démarches visant à induire un changement de pratiques et/ou comportement, notamment dans le domaine de l'environnement, soulignent que la passation d'information n'est pas suffisante. Il est important de réaliser à minima une action de sensibilisation visant par exemple à fournir une information personnalisée, en échangeant sur les pratiques et en contextualisant cette information (ADEME 2016 ; RAEE, 2016).

Mais pour être plus efficace, cette sensibilisation peut être intégrée à une démarche globale d'accompagnement (coaching) lors de laquelle la personne est invitée à s'exprimer sur ses propres motivations et freins au changement, puis à expérimenter des actions, restituer son expérience, identifier les obstacles au changement puis des pistes de dépassement. La démarche consiste ensuite à accompagner la personne dans la mise en œuvre de ces pistes, à porter un regard réflexif sur son expérience et à ancrer les changements.



C'est ce type d'accompagnement que nous avons réalisé dans les interventions C1 et C2. **L'intervention C1** se base sur une sensibilisation renforcée. Nous présentons de l'information générale sur la consommation d'ECS, les enjeux et les gisements (fascicule). Puis nous réalisons une visite des points de puisage en demandant au participant de nous montrer comment il utilise chaque point de puisage type (simuler ses usages) puis de décrire, à chaque fois, ses gestes, pratiques et habitudes. Nous parcourons ensuite une liste de nouveaux gestes : le participant devait indiquer le degré d'effort perçu pour réaliser chaque geste (*cela vous semble-t-il facile ou pas de réaliser ce geste ?*), ainsi que les obstacles et motivations à réaliser cet effort. Le participant était alors invité à pointer les gestes qu'il pourrait tester dans les semaines à venir (engagement), et à remplir le tableau d'effort à savoir signifier un niveau d'effort perçu pour chaque geste proposé.

En **intervention C2** nous avons renforcé l'accompagnement au changement : (1) demander au participant de décrire son expérience de nouveaux gestes et revenir sur les nouveaux gestes non testés, en identifiant les difficultés et en évoquant des solutions pour les dépasser à son échelle (feedback sur des changements expérimentés entre les interventions C1 et C2); (2) activer le pommeau Hydrao, discuter des pratiques de douche (temps) et se fixer des objectifs de temps de douche (seuils volumes); (3) inviter le participant à manipuler des outils de mesure (débit, température, temps, etc.) et à utiliser un sablier de douche (5 min); (4) présenter l'évolution de la consommation d'ECS du ménage, inviter le participant à réfléchir aux raisons de ces chiffres, évoquer la consommation moyenne des autres ménages du programme; (5) identifier les usages sur lesquels des efforts semblent réalistes pour lui et simuler les réductions de consommation et de facture suite à ces modifications d'usage (surtout douches et bains); (6) définir ensemble des objectifs de réduction de consommation (en %);

Ces méthodes, inspirées des pratiques de l'AMU, démontrent une efficacité croissante pour faciliter l'adaptation des habitudes et l'intégration d'usages appropriés par la participation des répondants, le regard réflexif sur ses propres pratiques, motivations, freins, etc. Ces dispositifs permettent de faire prendre conscience de sa consommation et de ses modes opératoires, et amener la personne à modifier son auto-perception (cf. Réseau AMU France, 2020, Moulinié et al., 2019; Vannier et al., 2020).

4) L'atelier participatif

Un atelier participatif mené en octobre 2020 avec 10 des 13 ménages complète les résultats collectés au niveau individuel par des données émergent d'un collectif, dans une démarche d'accompagnement au changement et de co-développement. En effet, nous avons offert un cadre permettant aux participants de s'écouter et de s'aider à dépasser leurs propres freins et blocages. L'atelier visait aussi à partager son expérience du projet, ses difficultés et habitudes, et à s'échanger des idées et bonnes pratiques. La méthodologie employée a permis d'alterner travail individuel et en groupe. Cette animation active est structurée de sorte à créer une écoute mutuelle, donner la parole à chacun et à exploiter l'intelligence collective.

Certaines de ces étapes ont été menées dans une démarche de panel, à savoir avec une récurrence des points d'intervention et d'investigation à divers moments du protocole, afin d'observer l'évolution. Ce protocole empirique constitué de divers points de recueil et d'intervention s'adosse à un dispositif expérimental sous contrôle.

5.3.2. Un dispositif expérimental de terrain – impact, intensité et ordre des interventions

Comme évoqué en introduction de ce rapport, nous déployons un dispositif expérimental de terrain, ou "*field experiment*"²² (Brent et al., 2017; Litvine & Wüstenhagen, 2011). Le phénomène que nous souhaitons étudier est la synergie entre les dimensions techniques et comportementales, dans une approche sociotechnique.

Nous étudions donc (1) l'effet d'ordre entre les interventions comportementales et techniques, et (2) l'impact de ces interventions sur des déterminants clefs du changement de pratiques et d'habitudes tels que la sensation de contrôle, la perception de bénéfice à changer de pratiques, le degré d'effort perçu pour chaque geste ou encore le niveau d'ancrage des changements de geste opérés. Nous cherchons à produire des réponses à la question : *Que se passe-t-il si nous intervenons chez les ménages ? D'abord sur le plan technique (équipements, mesures, etc.) puis sur le plan comportemental (sensibiliser, accompagner, etc.) en comparaison au cas où ces interventions sont interverties ?*

Les 13 ménages ont été divisés en 2 groupes relativement similaires en terme de profil (cf. annexe 2). **Le groupe A a bénéficié d'abord d'interventions comportementales (C1 et C2) puis techniques (T1 et T2), alors que le groupe B a connu la situation inverse, les interventions techniques puis comportementales.**

Ainsi le protocole proposé intervient à la fois sur l'ordre des interventions de nature technique et comportementale, et sur l'intensité de l'intervention comportementale (C1 et C2). Un questionnaire mensuel (A7) visait à contrôler au mieux les facteurs tiers, autrement dit les situations/facteurs pouvant modifier la consommation d'ECS au-delà des pratiques des ménages (nouveaux occupants, absences, travaux et fuites). Ce contrôle est essentiel dans une expérimentation (terrain ou laboratoire).

Sur la base de ce traitement expérimental, nous croisons deux approches : (1) inter-groupes (*between subjects*) – comparaison sous contrôle de moyennes entre les deux groupes à diverses étapes. (2) intra-groupes (*within subjects*) : comparaison des scores au sein de chaque groupe au fil des interventions (questions évaluées de manière récurrente dans une optique de panel). La combinaison de ces deux approches permet de porter des conclusions fortes sur l'impact d'une intervention tout en "contrôlant" le facteur contextuel, qui varie fortement d'un groupe à l'autre sur 24 mois. La démarche décrite consiste à observer 1) l'évolution de chaque groupe dans le temps (*within subjects* – panel); 2) la différence entre groupes, en moyenne, à chaque instant (*between subjects*); 3) l'évolution de la différence entre les groupes (croisement). Cette dernière permet d'annuler l'influence des facteurs contextuels sur les pratiques/comportements, qui sortent donc du périmètre de notre intervention.

²² Les expérimentations de terrain (*field experiment*) constituent un mode expérimental dans lequel le traitement est réalisé dans un cadre "naturel", en modifiant le moins possible le réalisme, en comparaison avec des expérimentations en laboratoire (*lab experiment*).



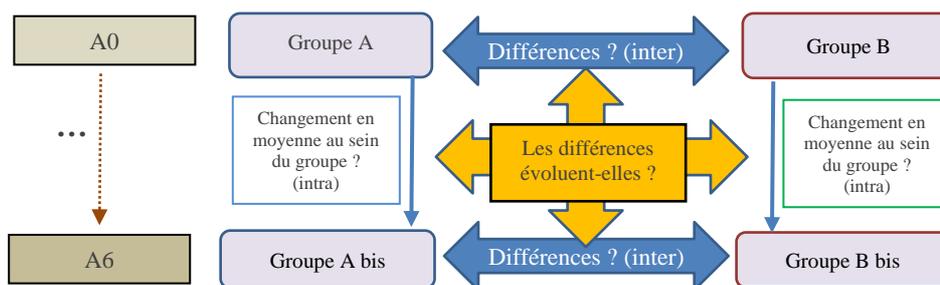


Figure 93 - Le croisement des méthodes expérimentales intra et inter-groupes dans notre protocole

5.3.3. Optimisation du recueil et allégement des biais

Notre enquête se base sur des données déclaratives, qui sont soumises à de nombreux biais cognitifs et mécanismes psycho-économiques qu'il est important de prendre en compte (cf. p.73). Il existe un écart, parfois important, entre l'intérêt que l'individu a ou déclare avoir envers un comportement (ex. changer ses habitudes de consommation d'ECS) et son action effective. Ce phénomène de "*do/say gap*", basé notamment sur la notion d'incohérence cognitive, est particulièrement intense dans les cas où, à l'instar de l'ECS, l'action est socialement désirable (environnement), emprise à de fortes habitudes et qu'elle requiert un effort conséquent sans que les agents puissent projeter aisément les résultats de cet effort (cf. Litvine & Wüstenhagen, 2011).

L'ensemble de ces mécanismes et biais peuvent amener l'individu à sous ou surestimer, volontairement ou involontairement une valeur, une intention ou une pratique réalisée, ce qui rend difficile la mesure de ces éléments par l'intermédiaire de recueils déclaratifs (entretiens, questionnaires, etc.).

Afin que notre recueil (réponses) soit au plus proche de la valeur et des intentions des participants, nous avons mobilisé diverses méthodes tirées de la *Survey Methodology*, de la psychologie économique et de l'évaluation économique (cf. Litvine, 2020; de Laage et Litvine, 2020; Litvine & Andersson, 2014; Litvine et de Laage, 2017). Ces travaux ont également permis d'optimiser la qualité des recueils en approfondissant la psychologie de participation au dispositif empirique : modalités de réponse, format de réponse ouvert et fermé, formulation des questions, etc.

5.4. Le protocole d'étude - étapes et panel

Notre protocole empirique est composé de diverses étapes itératives, synthétisées dans le Tableau 7. Si ce n'est l'inversion des interventions expérimentales entre groupe A et B, les actions suivent toutes à peu près le même ordre.

5.4.1. Détail des actions de notre démarche itérative dite "de panel"

Dans l'idée d'observer l'évolution des pratiques et habitudes de consommation d'ECS au fil de nos interventions, certaines actions présentent des récurrences et un certain nombre de variables ont été mesurées à divers moments du protocole d'étude, dans une démarche dite "de panel" : questionnaire récurrent (Q2); questionnaire de contrôle (A7) et estimation de l'effort à réaliser de nouveaux gestes (E).

Par exemple, dans le cadre du questionnaire récurrent Q2, les participants ont été invités à répondre à plusieurs reprises à la même série de questions ouvertes ou fermées (Q2a, Q2b puis Q2c) visant à mesurer :

- Le niveau d'appropriation des enjeux techniques liés à l'ECS : fonctionnement du CE, production, adduction et consommation d'ECS, débits, mesure, etc.
- Le niveau d'effort perçu à réaliser divers gestes, et à changer ainsi de pratiques (E0 à E3)
- La perception de contrôle sur le changement de pratique
- Les motivations et freins aux changement de pratiques
- Les croyances quant au changement de pratiques
- Les leviers permettant de faciliter le changement de pratiques

La réponse répétée dans le temps à la même série de questions, et autres points de mesure, est une méthode dite "intra-personnelle" (*within subject*). Elle permet de découpler le nombre d'observations à partir d'un petit échantillon, et d'observer l'évolution de divers mécanismes au sein des participants. Les questions fermées proposées dans le questionnaire récurrent (Q2) offrent des données quantitatives malgré le faible nombre d'observations.

Notre protocole est ainsi composé de 8 actions, résumées dans le Tableau 7 ci-dessous, qui comprennent pour certaines les points de mesure récurrents : questionnaire Q2, mesure de l'effort (E) et questionnaire mensuel "occupation" (A7).

Tableau 7 - Liste des actions (notées Ax), de leur contenu et mode d'administration

Intitulé	Code action	Mode d'administration	Descriptif - contenu
1. Questionnaire initial	A0	Face-à-face	Etat des lieux initial et exploration des profils – constitution des deux groupes expérimentaux A et B;
2. Intervention comportementale niveau 1 - C1	A1	Face-à-face	Entretien, présentation d'information, questionnaire récurrent (Q2a), présentation d'une liste de nouveaux gestes et évaluation de l'effort perçu pour chaque geste (E0); description des usages avec visite active des points de puisage, partage des pratiques et information/sensibilisation aux autres pratiques possibles; mise à jour du tableau de profil (cf. p.82)
3. Intervention comportementale niveau 2 - C2	A2	Face-à-face	Entretien, questionnaire récurrent (Q2b); retour sur les nouveaux gestes testés depuis C1; manipulation de matériel pour tester et mesurer (prise de conscience de la consommation et d'éventuels excès); activation du pommeau Hydrao et fixation des temps de douche (seuils); réévaluation de l'effort perçu pour les gestes proposés (E1); observer et discuter de la consommation du ménage (évolution et comparaison en moyenne avec autres ménages); voir l'impact sur la facture d'un changement de pratique liées aux douches (nombre de douches et de bains, temps de puisage, etc.); se fixer un objectif de réduction de consommation (-5%, -10%, etc.); évoquer la suite;
4. Questionnaire bilan "effort perçu"	A3	Web et téléphone	Bilan du degré d'effort perçu pour les gestes proposés (E2)
5. Atelier participatif	A4	Présentiel	Accompagnement au changement : partage des freins et motivations, échange d'idées et d'expériences;
6. Entretiens "équipements smart"	A5	Téléphone	Entretien sur l'utilisabilité des équipements intelligents/connectés : freins, motivations, utilisation des outils de réglage (applications, télécommandes, etc.), ergonomie, satisfaction, idées d'amélioration, etc.
7. Questionnaire de bilan final	A6	Web et téléphone	Questionnaire récurrent (Q2c) et effort perçu (E3)
8. Questionnaire de contrôle mensuel	A7	Web et téléphone	Bilan mensuel visant à identifier les changements dans l'occupation, les travaux et les fuites.

Point de vigilance

Malgré nos efforts, certaines questions de ces processus récurrents n'ont pas pu toujours être posées dans les deux groupes A et B, parfois pour des raisons de temps (longueur des interventions et priorité aux manipulations sur site). Ainsi nous n'avons pas toujours 3 points de mesure de toutes les questions auprès de tous les participants à toutes les étapes. Nous avons cependant toujours au moins 2 points de mesure complets, permettant de discuter de l'évolution au cours du dispositif.

Dans le groupe B nous n'avons pas pu réaliser d'état des lieux approfondi (toutes variables de panel – Q2) avant les interventions techniques (T1 et T2). Nous avons administré le questionnaire récurrent Q2 en entretien juste avant A1 (intervention C1). Ce recueil n'est donc pas une condition initiale globale (avant toute intervention), mais permet un état de lieux avant intervention comportementale. Ceci a été réalisé dans le groupe A via le questionnaire Q2 en début d'intervention.

5.4.2. Liste des outils mobilisés

Nous avons construit/proposé un certain nombre d'outils permettant d'accompagner nos interventions.

1. Incitation à rester dans l'étude

Notre protocole était long (18 à 24 mois) et comportait de très nombreuses étapes de recueil et d'interventions. Afin d'inciter les participants à rester actifs tout au long du protocole d'étude, nous avons proposé deux types de récompenses :

- Un bon d'achat de 50€ sur un site internet de produits biologiques (en début de protocole);
- Une loterie (en fin de protocole), avec 1 séjour de 2 jours pour 2 personnes dans un gîte pleine nature. Cette loterie était évolutive, autrement dit la probabilité de gagner augmentait au fur et à mesure des étapes accomplies : à chaque étape réalisée les participants accumulaient un ticket, qui augmentait leurs chances d'être tirés au sort.

Ces deux types de récompense sont complémentaires : le bon d'achat stimule l'entrée dans le dispositif, sans contrepartie (le bon était donné même si le ménage quittait le programme); alors que la loterie stimule la persévérance dans le temps.

Nous avons déjà observé l'efficacité de cette combinaison dans un protocole long et itératif (cf. Hermann et al., 2017). Le retour des participants de notre étude est plutôt positif également : le bon d'achat a plu à la quasi-totalité des participants, et la loterie suscitait l'intérêt puisque certains participants nous demandaient régulièrement quand aurait lieu le tirage. Nous avons également relevé un certain engouement le jour du tirage.

2. Outils créés et utilisés dans le volet sciences sociales

Nous avons créé un certain nombre d'outils :

- **Fascicule d'information** : document d'information sur la consommation d'ECS, les enjeux, les gisements d'économie et des astuces pour moins consommer (approche par éco-geste) – document présenté en intervention C1 et laissé au participant
- **Tableau de gestes et effort** : nous avons listé les principaux postes de consommation d'ECS ainsi que les gestes associés permettant de réduire la consommation (ainsi que quelques postes sur l'eau froide). A chaque geste était associé un degré d'efficacité en terme de réduction de consommation, un niveau d'effort théorique et estimé par la personne (effort perçu). Ces éléments ont été estimés à partir de divers sites internet. Ce tableau était au format "tableur" afin de notifier l'évolution du degré d'effort perçu par le participant au fil des interventions.
- **Tableau de profil** : ce tableau synthétisait les principales informations techniques associées au ménage (T° de stockage au CE, équipements aux points de puisage, nombre de douches, bains, etc.), ainsi que les données de consommation du projet 'Chauffe-eau" (2017-2018) et ECSpect (2018-2020). Ce tableau était mis à jour à chaque intervention en présentiel. Nous pouvions utiliser ce tableau comme source de données pour les autres outils (simulation, tableau d'objectif, etc.) et l'utiliser



comme support d'information : *votre consommation moyenne d'ECS a-t-elle augmenté entre les deux programmes ? Etes-vous un petit / moyen / gros consommateur en comparaison aux autres ménages du programme ?*

- **Simulateur de sensibilité** (cf. annexe 1) : l'objectif est de présenter visuellement l'impact estimé sur la facture de changements de pratiques concernant des usages très consommateurs, comme les douches et les bains. Grâce à cet outil nous avons pu montrer au participant l'impact sur la consommation du ménage (en %) du fait de retirer x douches par semaine, de remplacer x bains par des douches, de réduire le temps de douche, etc. Avant de montrer cet outil au participant nous discutons des nouveaux gestes pouvant être réalisés, et notamment les changements réalistes dans l'usage des douches et bains. L'outil constituait alors un bon outil pour se figurer l'impact et bénéfice de changements potentiels (projetés), et finalement d'inciter le participant à réaliser un effort.
- **Tableau d'objectif** : nous avons construit un tableau qui calcule l'impact sur la facture d'un objectif de réduction de consommation de X%. Ce tableau présentait une colonne "ménages français" (basée sur des données moyennes en France), "ménages du programme ECSpect" (basée sur les données de l'étude) et "votre ménage" (basée sur les données de profil du ménage).

3. Kit de mesure et de manipulation

L'intervention C2 (A2) s'est basée sur un kit de manipulation/expérimentation :

- Un bloc note aimanté, à placer sur le chauffe-eau afin de faciliter et inciter le relevé du compteur d'ECS, ainsi que le suivi de la consommation (en indiquant que 1m³ d'ECS en moins correspond à peu près à 10€ d'économiser)
- Un sablier avec ventouse pour effectuer le test d'une douche de 5 minutes
- Un débitmètre pour comparer les débits aux différents points de puisages, sensation d'eau qui coule, calculer le débit des pommeaux Hydrao afin de fixer les seuils de couleur (et confirmer le bon fonctionnement des réducteurs de pression internes au pommeau), etc.,
- Un thermomètre pour mesurer la T° interne au chauffe-eau et sensibiliser à la question de la t° de consigne (50 à 60°C)
- Un chronomètre pour calculer le temps nécessaire pour obtenir une eau tiède ou chaude - pédagogie autour des « pièges » du mitigeur, avec un appel d'eau chaude/tiède souvent pour ne pas la consommer.
- Activer les couleurs du pommeau Hydrao, et fixer les seuils et objectifs en termes de débit et volume (temps)



Figure 94 – Le matériel de suivi et de mesure proposés

5.4.3. Contenu des divers modes de recueil

Nous présentons ici de manière synthétique les thématiques et éléments (concepts & variables) abordées lors des principales étapes de recueil du protocole empirique.

Questionnaire initial A0

Objectifs

- ✓ Etat des lieux initial
- ✓ Profil des ménages/logements
- ✓ Construction des groupes A et B

Contenu

- ✓ Activité professionnelle (CSP)
- ✓ Dimensions prioritaires dans l'usage d'ECS (*L'ECS est une question de ... santé, confort, etc.*)
- ✓ Nombre d'occupants
- ✓ Petit/moyen/gros consommateur d'ECS d'après le participant
- ✓ Niveau d'engagement écologique

Entretiens (A1 et A2)

Objectifs

- ✓ Engager une discussion ouverte
- ✓ Recueillir des informations générales et qualitatives

Contenu

- ✓ Présentation du programme – questions et doutes / retour sur la phase "Chauffe-eau"
- ✓ Motivations à participer à ECSpect
- ✓ Retour sur Q1 : dimension prioritaire liée à l'ECS, etc.
- ✓ Auto-perception : se voit gros conso ? Quel poste est le plus fort ?
- ✓ Présentation de l'information (fascicule)
- ✓ Freins et motivations à changer pratiques
- ✓ Croyances du fait de changer de pratiques (conséquences potentielles, facteurs facilitants, manque d'informations)
- ✓ Questionnaire récurrent Q2
- ✓ Leviers au changement
- ✓ Profil énergétique : vision sur évolution tarifs, connaissance factures, etc.
- ✓ Profil sociodémographique et écologique

Questionnaire récurrent Q2 (A1, A2 et A6)

Objectifs

- ✓ Recueillir des informations de manière récurrente, pour observer l'évolution dans le temps
- ✓ Recours à des échelles de mesure à 10 points (likert et autres)

Contenu

- 1) **Niveau d'appropriation**
 - ✓ Dimension technique de l'ECS est floue/claire ?
 - ✓ Sujet devient proche de soi (sien) ?
 - ✓ Expérimente, touche, teste ?
 - ✓ Sensation de contrôle sur changement du mode de conso (dépend de moi) ?
 - ✓ Niveau de difficulté à changer ?
- 2) **Intention d'adapter** son mode de conso / de maintenir les changements (pas probable / probable)
- 3) Sensation de **bénéfice personnel** à adapter mode de consommation (faible / fort)

Questionnaire de contrôle A7

Objectifs

- ✓ Détecter des facteurs pouvant impacter significativement la consommation d'ECS au-delà des usages et apports techniques
- ✓ Contrôler les facteurs tierces du protocole expérimental

Contenu

- ✓ Accueilli de nouvelles personnes ce mois-ci (au moins 1 nuit) ? Combien de personnes et de nuits (semaine par semaine) ?
- ✓ Absences des membres du ménage (au moins 1 nuit) : combien de personnes et de nuits (semaine par semaine) ?
- ✓ Travaux impliquant de l'ECS ?
- ✓ Fuites d'ECS ?
- ✓ Autres facteurs ?

5.5. Echantillon d'étude et périmètre de validité de nos résultats

5.5.1. Construction de l'échantillon

L'échantillon de ménages ECSpect a été constitué à partir de l'échantillon du projet "Chauffe-Eau" (financement ADEME). A la fin de la campagne de ce projet (début 2018), les participants au projet ont été invités à donner suite à travers le projet ECSpect. C'est donc un échantillon volontaire. Ainsi, nous présumons que les participants qui se sont montrés intéressés avaient une aptitude pour le sujet ou un intérêt à réduire leurs consommations.

Les participants du projet Chauffe-eau, et donc ECSpect, ont été invités par divers canaux :

- Cooptation via les employés et partenaires d'Enertech (notamment l'Institut Negawatt).
- Professionnels travaillant avec Enertech, notamment des plombiers.
- Organismes de logement social (Drôme Aménagement Habitat et Habitat Dauphinois).

Nous n'avons veillé à obtenir une diversité des profils de ménage sur la base de critères classiques dans les études sur la consommation d'eau et énergie. D'autres critères du ménage et du logement ont été recueillis lors du questionnaire initial A0.

- Possession d'un CE
- Nombre d'occupants
- Niveau de revenu
- Type de logement (privé ou social)
- Tranche d'âge ou "actif/retraité"
- Catégorie socioprofessionnelle globale (CSP - / CSP + ou - / CSP +)
- Petit/moyen/gros consommateur d'énergie aux yeux du participant (auto-perception)

5.5.2. Description et qualité de l'échantillon

1. Description de notre échantillon

Notre échantillon est de type expérimental : dans une démarche qualitative il est varié en terme de profil, et est constitué majoritairement de ménages volontaires, afin de s'assurer de leur participation sur la totalité du protocole. Les ménages sont sollicités de manière récurrente, dans une démarche de panel, ce qui permet de produire des données riches malgré le faible nombre de ménages (approche "within-subject"). Nous n'avons pas d'échantillon représentatif des ménages français, comme cela est requis dans une démarche quantitative (questionnaire).

Les données de profil des ménages participants sont synthétisées dans le Tableau 8, qui reprend les principales variables de segmentation observées en début de projet (printemps 2018). Ces données ont été recueillies par Enertech en croisant le questionnaire d'état des lieux initial (A0) réalisé lors de la 1^{ère} visite technique ECSpect et les données du projet "Chauffe-Eau".

Tableau 8 - Description des ménages participants - variables sociodémographiques, consommation, logement et autres

N° Log	GP	Conso annuelle d'électricité (kWh/an)	V40 puisée (m3/an)	Revenu*	CSP	Age du référent	Typologie maison	Surface habitable (m ²)	Type occupation	Nbre occupants ¹	Dont enfants	Taux d'occupation moyen (nb pers/j)	Dimension prioritaire liée à ECS	Engagement écologique*	Auto-perception conso ECS
Log 1	A	1681,1	29,30	Modeste	+	18-35	appart.	100	propriétaire	2	0	1,7	Confort	Fort	Petit
Log 11	A	2143,1	44,30	Elevé	-	35-65	maison	107	propriétaire	5	3	1,8	Hygiène santé	Moyen	Moyen
Log 13	A	1469,2	32,80	Moyen	-	35-65	maison	120	propriétaire	2	1	1,3	Confort	Faible	Petit
Log 15	A	1754,8	42,90	Modeste	+	>65	maison	90	loc. social	2	1	1,5	Plaisir	Fort	Moyen
Log 17	A	3583,3	91,90	Elevé	+/-	35-65	maison	220	propriétaire	4	2	2,4	Hygiène santé	Moyen	Gros
Log 18	A	1171,5	24,10	Elevé	+	35-65	maison	150	propriétaire	3	2	1,9	Praticité	Fort	Moyen
Log 19	A	1449,2	21,30	Moyen	+/-	35-65	appart.	110	propriétaire	3	2	1,5	Hygiène santé	Moyen	Gros
Log 4	B	426,5	4,30	Modeste	-	>65	appart	70	loc. social	1	0	1	Hygiène santé	Faible	Moyen
Log 6	B	613,5	10,90	Moyen	+/-	35-65	appart	30	propriétaire	1	0	0,5	Confort	Fort	Moyen
Log 7	B	1510,6	35,50	Modeste	-	35-65	maison	100	propriétaire	2	1	1,75	Confort	Moyen	Moyen
Log 8	B	366,5	4,50	Modeste	-	>65	appart	45	loc. social	1	0	0,3	Praticité	Moyen	Petit
Log 9	B	2322,5	54,00	Elevé	+	35-65	maison	85	propriétaire	4	2	2,7	Confort	Fort	Gros
Log 12	B	1638,7	31,30	Moyen	+/-	>65	maison	125	propriétaire	2	0	2	Plaisir	Fort	Petit

* Variables jugées par observation afin de réduire le temps de la 1^{ère} visite technique (jugement subjectif)

¹ : nombre d'occupants en début de projet, au moment du questionnaire d'état de lieux initial

Questions / variables

- Revenu : Faible < 19k€ par an / Moyen 19-40k€ par an / Elevé > 40k€ par an
- Dimension prioritaire liée à l'ECS : " Pour vous, utiliser de l'eau chaude c'est avant tout une question... " (2 réponses)
- Auto-perception conso ECS : " Concernant l'ECS, vous considérez-vous (votre ménage) comme un" Petit / moyen / gros consommateur
- Engagement écologique (déchets, mobilité, consommation d'énergie, recyclage, etc.) : faible / moyen / fort (jugement des référents Enertech en visite mis à jour par nos observations et recueils)

2. Homogénéité des profils au sein des groupes expérimentaux (en moyenne) – validité de construction

Une démarche expérimentale sous contrôle requiert de confirmer que les groupes expérimentaux soient homogènes en moyenne sur la base des principales variables discriminantes pour l'étude. Autrement dit que les deux groupes sont constitués de ménages qui sont équivalents en moyenne en terme de profil socio-économique, sur l'ensemble des ménages de chaque groupe.

Les variables considérées pour cette analyse sont : consommation annuelle d'électricité pour l'ECS (kWh/an), V40 puisée (m3/an), revenu, catégorie socioprofessionnelle (+ ou -), surface habitable, nombre d'occupants, taux d'occupation moyen journalier (nbre pers/jour). Nous testons également certaines variables plus subjectives comme la perception de sa consommation d'ECS (faible / moyen / fort), le niveau d'engagement écologique et notamment le nombre de gestes économes en ECS déjà réalisés par le participant/ménage et enfin le degré d'effort perçu à essayer de nouveaux gestes. Ces variables ne sont pas prises en compte pour contrôler la validité de construction, car de nature subjective et non contrôlable en amont du projet. Elles servent cependant à confirmer la solidité de notre échantillonnage.

Les tests réalisés indiquent²³ que les deux groupes sont homogènes sur la quasi-totalité des variables (cf. annexe 2). Ce qui indique un faible biais d'attrition : les groupes expérimentaux sont donc valides. Nous remarquons une différence en moyenne/par rang pour deux variables :

1. La surface habitable : le groupe A présente une surface moyenne supérieure, à savoir 120m² contre 70m² pour le groupe B. La surface habitable étant souvent corrélée au revenu (cf. Litvine et de Laage, 2017; Litvine 2020), ce dernier critère peut prendre en charge la surface.
2. La dimension liée à l'ECS : le groupe A associe davantage l'ECS à des questions d'hygiène et de santé (réponse n°1) puis de confort (réponse n°2), alors que c'est l'inverse pour le groupe B : le confort est la dimension n°1 puis la santé/hygiène.

Enfin, le groupe A est en tendance un peu plus nanti (revenu), avec des CSP supérieures et une consommation d'eau plus élevée à la base. En revanche l'engagement écologique est un peu supérieur dans le groupe B.

5.5.3. Le périmètre de validité de nos résultats – quelle représentativité ?

Notre étude est de nature expérimentale et qualitative, avec une dimension semi-quantitative due à l'approche par panel (points de recueils répétés au fil des interventions). Nous ne cherchons pas la représentativité de notre échantillon vis-à-vis du profil

²³ Deux tests statistiques ont été effectués pour réaliser cette vérification : (1) des tests paramétriques de type ANOVA avec bootstrap, étant donné le faible nombre d'observations; (2) des tests non paramétriques (cf. annexe 2).



des ménages français, et donc des résultats pouvant être généralisés à cette population mère. Notre étude vise plutôt à approfondir les mécanismes régissant l'évolution des pratiques de consommation d'ECS, en tenant compte du contexte et de la richesse des cas. Cependant, la dimension expérimentale génère des résultats causaux solides malgré le faible échantillon : (1) l'approche "*between subjects*" (inter-sujets) permet des comparaisons de moyennes entre deux groupes sous-contrôle, des statistiques simples et puissantes qui peuvent être valides avec un faible nombre d'observations (ANOVA avec ou sans bootstrap, tests non-paramétriques), ; (2) les questions évaluées de manière récurrente auprès de chaque participant (*within subjects* - panel) offrent des résultats solides vu que les observations sont multipliées par le nombre de point de mesure pour chaque participant.

Nous avons également mobilisé toute une littérature en *Survey Methodology* afin d'optimiser les outils de recueil et la cohérence entre les actions de notre protocole. Nous avons également intégré de nombreux travaux, mécanismes et outils permettant d'identifier et de réduire les biais déclaratifs et l'écart entre l'intérêt que l'individu a ou déclare avoir envers une pratique (changer ses habitudes de consommation d'ECS) et son comportement effectif.



6. Principaux résultats

Cette partie présente les principaux constats et résultats produits à partir de notre étude, qui sont de deux types : qualitatifs et expérimentaux. Ces derniers permettent (1) d'explorer des mécanismes et de dégager des tendances, (2) de préciser et de consolider les questions et hypothèses formulées dans notre étude, voire de dégager lesières présomptions de validation / invalidation de ces hypothèses, et enfin (3) d'identifier des pistes d'action.

Les données expérimentales produites à partir de notre protocole "sous-contrôle" permettent de tirer des conclusions solides quant aux phénomènes étudiés, par comparaison de moyenne. Elles sont donc de nature confirmatoire, sans être pour autant généralisables. Nos données qualitatives permettent de préciser et d'enrichir les conclusions expérimentales, en explorant les mécanismes et phénomènes, les relations entre facteurs et les profil identifiables.

Notons que dans cette démarche qualitative et expérimentale, nous visons à faire émerger des mécanismes et leviers d'action en prenant comme cible un échantillon expérimental, qui est de fait de taille restreinte. Ainsi, nous ne cherchons pas à généraliser les résultats et conclusions à l'ensemble des ménages français. Cependant la puissance des protocoles expérimentaux permet d'assurer la solidité des résultats dégagés.

Cette partie distingue au moins 4 types de résultats :

- Les résultats en lien avec les notions d'effort et de changement de comportement : gestes, pratiques et habitudes.
- Les résultats en lien avec l'usage de l'ECS et des équipements, notamment "smart", l'appropriation des éléments techniques (connaissance, compréhension, manipulation, etc.) et la perception de contrôle sur ces éléments.
- Les résultats en lien avec la consommation : impact sur les quantités consommées (électricité et énergie), les factures, etc.
- Les résultats en lien avec la participation au protocole : implication, persistance dans le temps ou désistement, etc.

Remarques utiles à la bonne lecture des résultats :

- Dans cette partie nous employons les termes "gestes" et "pratiques" de manière alternée, bien que ces notions présentent des différences notables (que le lecteur peut découvrir p.70).
- Les 25 nouveaux gestes économes proposés sont listés dans le Tableau 13 p.104.
- Pour faciliter la compréhension des étapes du protocoles, nous invitons le lecteur à se référer à la description et code des actions page 82.

6.1. Représentations et appropriation technique autour de l'ECS

6.1.1. Les représentations de l'ECS chez les participants

Nous avons exploré les dimensions ou notions reliées à l'usage de l'ECS dans l'esprit des participants. Ces représentations ont été recueillies à deux reprises, avant le début programme (questionnaire initial - A0) puis quelques mois après la dernière intervention (questionnaire final - A6). Les participants étaient invités à exprimer les deux dimensions prioritaires à travers la question :

Q - Pour vous, utiliser de l'eau chaude c'est avant tout une question ... : de plaisir / de confort / financière (économies et facture) / d'hygiène et de santé / de sobriété et d'impact environnemental / de praticité (usage - utilité)

Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13) – initialement (avant intervention) : en tenant compte des deux réponses (priorités n°1 et n°2) l'usage de l'ECS est en priorité une question de confort (n=10) et d'hygiène/santé (n=9). En 2nd c'est une question de "plaisir" (n=3) et de "praticité (utile)" (n=3).

En début de programme une seule cible relie l'ECS à sa dimension écologique, et aucune à la dimension financière. Ainsi, les thématiques que les participants associent initialement à l'usage de l'ECS semblent assez différentes du cas de l'énergie, qui sont en priorité liées aux économies financières, puis au confort et à l'écologie (Levy et al., 2014).

En comparant les groupes (inter-sujets) - initialement (avant intervention) : en tenant compte des 2 réponses (priorités), les groupes A et B sont à peu près homogènes, ce qui est une condition forte du protocole expérimental. Cependant, la réponse "hygiène et santé" est la plus courante en priorité 1 dans le groupe A (interventions comportementales puis techniques). La dimension la plus courante dans le groupe B (interventions techniques puis comportementales) est le confort puis la santé/hygiène, conformément à Levy et al. (2014).

En tenant compte du temps (intra-sujets) – globalement nous observons que les thématiques du confort et de l'hygiène sont moins citées (n=7), au profit de celle du "plaisir" (n=6). Cette notion est également plus évoquée dans les échanges lors des entretiens finaux. Ainsi, la participation au programme a eu tendance à accentuer la dimension "plaisir" dans l'usage de ce fluide. Nous pouvons émettre au moins deux hypothèses : (A) la participation au programme, qui a requis un important effort



de la part des participants, a souligné chez certains l'importance du plaisir dans l'usage de l'ECS; (B) les participants invoquent cette notion pour justifier la difficulté à maintenir les nouveaux gestes expérimentés. En effet, dans leur bilan "effort/résultat", les participants ont été confrontés à la persistance de certaines habitudes et à la difficulté de maintenir certains efforts. Face à ce constat, il est en effet plus aisé cognitivement d'invoquer la dimension de plaisir dans la consommation d'ECS.

Si cette hypothèse reste à confirmer, elle pourrait être en contradiction avec ce que nous observons dans le domaine de l'énergie. Face à la difficulté d'agir, les individus ont tendance à invoquer des critères rationnels et objectifs, tel que le manque de temps ou d'argent (cf. Litvine, 2008, 2010; Litvine et Wüstenhagen, 2011).

Ce constat pose également la question de savoir si le programme n'aurait pas altéré les représentations des participants liées à l'usage de l'ECS.

Quand nous regardons plus en détail les changements de réponse (cases orangées), nous voyons que la notion de "confort" laisse place à celle de la "praticité" à deux reprises, ou à la "dimension financière". Nous constatons bien la présence plus forte de la notion de "plaisir" (en priorité 2), surtout dans le groupe B.

Tableau 9 - Les représentations liées à l'ECS

		Avant interventions (A0)		Après interventions (A6)	
		Priorité 1	Priorité 2	Priorité 1	Priorité 2
Groupe A	Log 1	Confort	Sobriété/écologie	Usage/utile	Confort
	Log 11	Hygiène-santé	Confort	Hygiène-santé	Confort
	Log 13	Confort	Hygiène-santé	Confort	Hygiène-santé
	Log 15	Plaisir	Confort	Hygiène-santé	Plaisir
	Log 17	Hygiène-santé	Plaisir		
	Log 18	Usage/utile	Confort	Plaisir	Confort
	Log 19	Hygiène-santé	Usage/utile	Hygiène-santé	Confort
Groupe B	Log 4	Hygiène-santé	Confort	Hygiène-santé	Financière
	Log 6	Confort	Hygiène-santé	Usage/utile	Hygiène-santé
	Log 7	Confort	Hygiène-santé	Hygiène-santé	Plaisir
	Log 8	Usage/utile	Hygiène-santé	Usage/utile	Plaisir
	Log 9	Confort	Hygiène-santé	Confort	Plaisir
	Log 12	Plaisir	Confort	Confort	Plaisir

Les cases orangées indiquent les dimensions nouvelles lors du questionnaire final (A6)

Lors de notre 1^{ère} intervention C1 en face à face (A1) nous avons approfondi les représentations liées à l'ECS en demandant aux participants les termes qui leurs venaient spontanément à l'esprit quand on évoquait l'eau chaude". Le registre majeur est celui du plaisir et du confort : "eau qui coule", "corps", "cocon" et "détente".

Le 2nd registre est celui de la chaleur : "sauna", "géothermie", "volcan", "brûle", "buée", "ébullition" et "soleil".

Enfin un registre de mots plus pratiques liés au quotidien : "vaisselle", "tisane", "douche", "bain". Notons le terme "révolution".



6.1.2. Appropriation du sujet de l'ECS et des éléments techniques

Nous avons collecté des informations sur le niveau d'appropriation des aspects techniques liés à l'usage de l'ECS, ainsi que son évolution dans le temps. Dans notre étude nous abordons l'appropriation de manière composite : elle dépend à la fois du niveau de compréhension et d'expérience de l'objet visé (équipement, gestes, etc.). Cette notion indique aussi la capacité à "faire sien" cet objet, à ce qu'il devienne évident et intégré dans la vie courante du participant.

3. Mesure directe de l'appropriation globale

La 1^{ère} question posée était générique, et abordait la notion de manière globale :

Q - En quelle mesure vous êtes-vous approprié le sujet de l'ECS ? Précision : est-ce un sujet proche de vous ? Est-il devenu évident et intégré dans la vie courante ? (Echelle de likert de 1 à 10 - "pas du tout" à "tout à fait" – sans labels intermédiaires)

En tenant compte du temps (intra-sujets) :

- **Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13)**, la sensation de s'approprier la question de l'ECS dans sa globalité augmente en moyenne, passant de M=4,3 sur 10 ($\sigma=1,6$) avant A1 (1^{ère} intervention comportementale) à M=7,5 sur 10 ($\sigma=1,4$) quelques mois après la dernière intervention. L'échantillon est également plus homogène après participation au programme, avec des scores plus resserrés autour de la moyenne qui indiquent moins d'écarts dans la sensation d'appropriation de l'ECS.



- **En comparant les groupes (inter-sujets)** au début du programme (A1) et quelques mois après la dernière intervention (A6)²⁴, nous avons des résultats contrastés. La participation au programme a augmenté en moyenne la sensation d'appropriation du sujet de l'ECS pour le groupe B, mais l'a réduit pour le groupe A en moyenne. La différence d'appropriation dans le temps pour chaque groupe est significative²⁵. De plus le groupe B devient plus homogène en participant au programme (dispersion σ) alors que le groupe A devient plus hétérogène (réponses plus variées).

Nous supposons que l'intervention technique dans le groupe B a généré une masse d'informations et a fait émerger la complexité du sujet aux yeux du participant, malgré les explications pédagogiques fournies (retours des participants lors de l'entretien mené avant C1). Mais les interventions comportementales réalisées ensuite ont permis d'apporter des explications, de sensibiliser et de répondre aux interrogations et aux doutes, permettant alors d'aboutir à une forte appropriation. Dans l'autre ordre, nous obtenons l'effet inverse (groupe A) : les actions comportementales augmentent la sensation d'appropriation, mais les actions techniques réalisées ensuite ont pu générer un flou et des incompréhensions qui perdurent chez les participants.

La notion d'appropriation peut aussi s'appréhender par diverses autres questions que nous détaillons ici. Ces questions nous informent à propos de l'évolution de la compréhension technique, l'expérimentation des outils et l'implication dans le programme par l'échantillon.

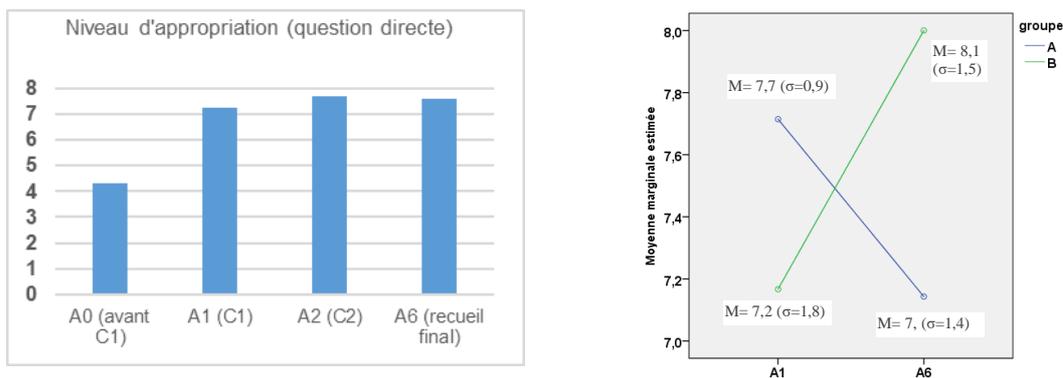


Figure 95 - Niveau moyen d'appropriation à diverses étapes (échelle 10 points) - échantillon total (N=13) et comparaison par groupe

4. Niveau de compréhension globale – le fonctionnement de l'ECS est-il clair ou flou ?

La question suivante a été posée à tous les participants lors de l'intervention C2 (A2) et du questionnaire final (A6) :

Q – La question de l'ECS vous semble-t-elle ? 1(floue/complexe) à 10 (claire), autrement dit "Les éléments techniques liés au fonctionnement de l'ECS, de la production à la consommation : chauffe-eau et adduction, débits et températures, etc."

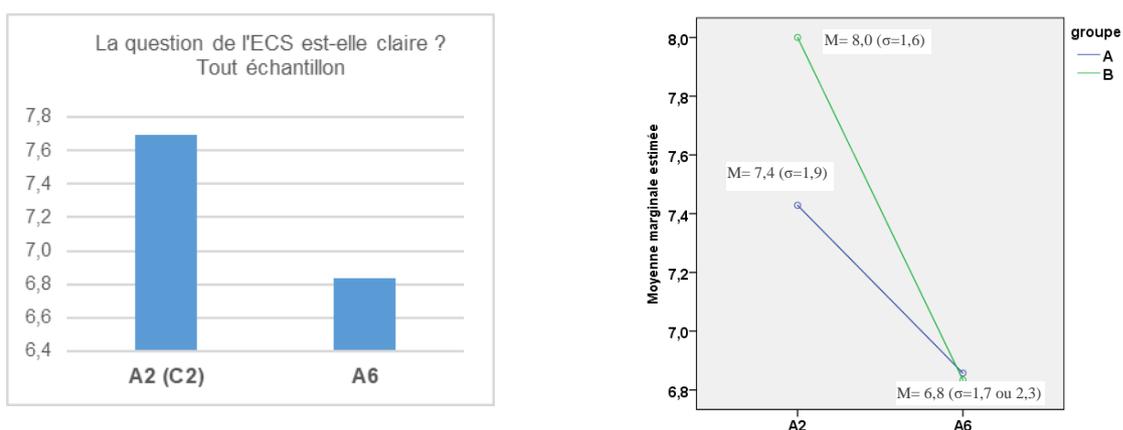


Figure 96 – En quelle mesure le sujet de l'ECS est clair aux diverses étapes (échelle 10 points) – score moyen sur l'échantillon total (N=13 – graph de gauche) et comparaison par groupe (figure de droite)

²⁴ Nous rappelons que dans le groupe B nous n'avons pas pu réaliser d'état des lieux approfondi (toutes variables de panel) avant les interventions techniques. Nous avons administré le questionnaire récurrent Q2 en entretien juste avant l'intervention C1. Ce recueil n'est donc pas une condition initiale pure, mais permet un état de lieux avant intervention comportementale. Ceci a été réalisé dans le groupe A via le questionnaire Q2 en début d'intervention.

²⁵ Les scores entre A6 et A0 sont significativement différents entre les deux groupes ANOVA : $F(1;11) = 10,4, p=0,01$. **Notons que toutes les ANOVA ont été menées en confirmant au préalable les hypothèses d'homogénéité des variances.** Dans le cas contraire, un test de Welch a été mené.



En tenant compte du temps (intra-sujets) :

- **Sur l'ensemble de l'échantillon**, les éléments techniques de l'ECS sont plus clairs dans l'esprit des participants en moyenne lors de l'intervention C2 (M=7,7 sur 10, $\sigma=1,8$) qu'en fin de programme (M=6,8 sur 10, $\sigma=1,9$).
- **Et en comparant les groupes (inter-sujets)**, nous observons que le groupe B présente un score moyen plus élevé que le groupe A (en A2)²⁶. Puis les deux groupes convergent vers le même niveau moyen de compréhension (M=6,8), avec un groupe A plus homogène (moins de dispersion autour de la moyenne)

Lorsque nous tenons compte de points de recueil réalisés sur 1 seul groupe à la fois (entretien avant A1 pour le groupe B et quelque mois après le A2 pour le groupe A), cette sensation varie aux diverses étapes (cf. Figure 9). Pour la plupart des ménages du groupe A la clarté du sujet augmente après la dernière intervention comportementale C2 (A3), puis chute quelques mois après la fin du programme (A6), sauf pour le logement 13. Entre ces deux recueils les interventions techniques T1 et T2 ont été réalisées, et nous supposons que ces dernières ont généré une information technique qui a pu faire émerger la complexité du sujet, ce qui expliquerait une augmentation du flou ressenti.

Concernant le groupe B le niveau de clarté, assez faible en moyenne après les interventions techniques et avant la 1ère intervention comportementale, augmente pour 5 des 6 ménages après l'intervention C1 (A1) et continue d'augmenter jusqu'à la fin du programme (si ce n'est pour le logement 9).

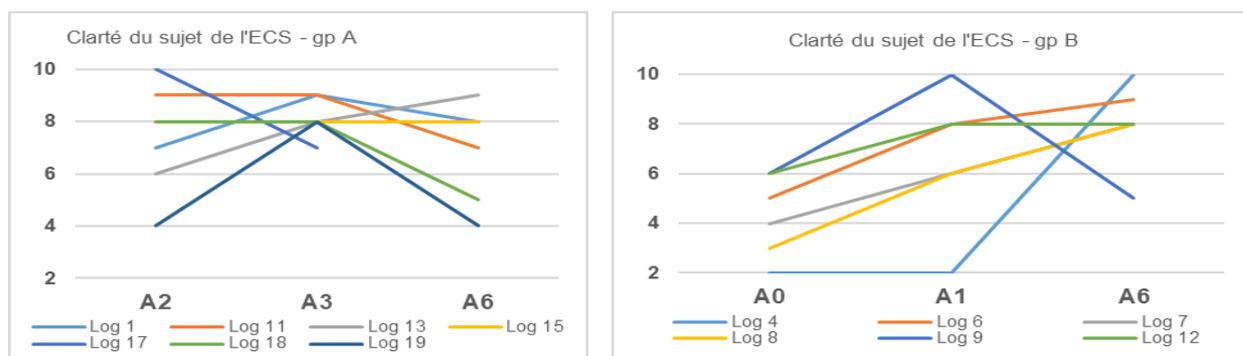


Figure 97 - Evolution de la compréhension globale du fonctionnement de l'ECS pour le groupe A et B (points de mesure non équivalents)

5. Niveau de compréhension liée au fonctionnement du chauffe-eau

La question suivante a été posée à tous les participants lors de l'intervention C1 (A1) et du questionnaire final (A6) :

Q - Comment jugeriez-vous votre compréhension du principe du chauffe-eau (au niveau technique) ? 1 (faible) -10 (forte)

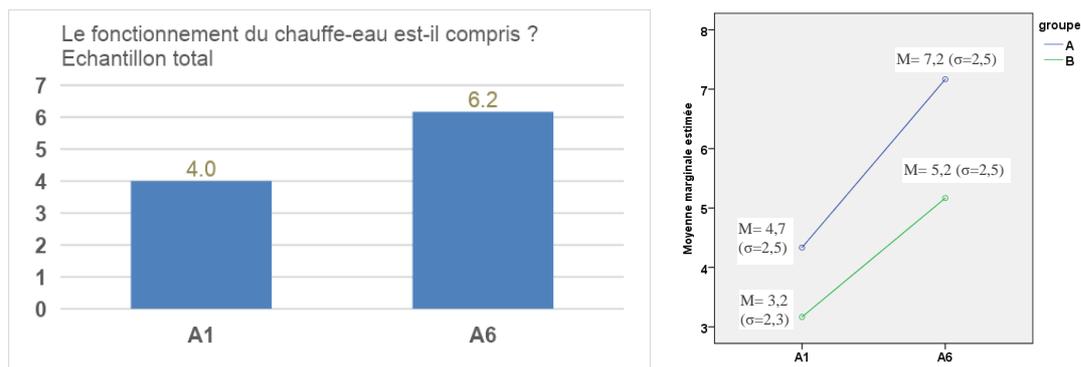


Figure 98 - Le fonctionnement du chauffe-eau est-il compris aux diverses étapes (échelle 10 points) - échantillon total (N=13) et comparaison par groupe

En tenant compte du temps (intra-sujets) :

- **Sur l'ensemble de l'échantillon**, la compréhension du fonctionnement général du chauffe-eau augmente significativement entre l'intervention C1 (M=4,0 sur 10, $\sigma=2,4$) et la fin de programme (M=6,2 sur 10, $\sigma=2,6$). En revanche les réponses restent relativement hétérogènes dans le temps (dispersion σ) : il y a une disparité dans la compréhension qui se maintient dans le temps malgré les interventions et explications.

²⁶ La différence de score entre le groupe A et B lors de l'intervention C2 est significative au seuil 10% - ANOVA : F(1;11) = 1,4, p=0,06



- **Et en comparant les groupes (inter-sujets)**, les participants du groupe A comprennent mieux le principe du chauffe-eau en moyenne que le groupe B, que ce soit en C1 ou en fin de programme. Cette différence est significative en A1 et en A6²⁷. De plus, l'écart de score entre les deux groupes augmente entre A1 et A6, indiquant un effet de groupe dans le temps. Nous observons donc deux effets cumulés : 1) influence des interventions (intra-sujets) et 2) influence du traitement expérimental (inter-sujets)²⁸.

Ainsi le fait d'intervenir d'abord sur le plan comportemental a permis aux ménages de mieux comprendre le fonctionnement du chauffe-eau, en bénéficiant plus intensément des apports en information lors des interventions techniques ultérieures (T1 et T2). Le travail effectué lors des interventions comportementales avec les participants a probablement éveillé leur curiosité et fourni des explications initiales permettant de structurer leur capacité cognitive pour mieux assimiler les informations ultérieures. Cette supposition est renforcée par le résultat suivant : en début d'intervention C2 nous avons demandé aux participants s'ils avaient assimilé l'information fournie par Enertech en tout début de projet ECSpect relative au projet Effet Joule (0= non; 1 = oui). Le groupe A évoque une assimilation significativement plus forte en moyenne (M=0,86; N=7; $\sigma=0,4$) que le groupe B (M=0,50; N=6; $\sigma=0,5$)²⁹.

6. Le sujet de l'ECS relève-t-il plutôt du domaine technique ou humain selon le participant ?

La question suivante a été posée à tous les participants lors de l'intervention C1 (A1) et du questionnaire final (A6) :

Q - Aujourd'hui, le sujet de l'eau chaude est-il plutôt du domaine humain ou technique ? Autrement dit l'eau chaude est une question avant tout humaine (habitudes, compréhension, effort, etc.) ou technique (réglages, équipements, optimisation, etc.) 1 (humain) à 10 (technique)

NB : cette variable a été codée en binaire pour cadrer au mode de recueil de A1 (binaire pour une question de temps).

Lorsque nous comparons les deux groupes dans le temps, entre l'intervention C1 (A1) et le questionnaire final (A6) nous observons une alternance des réponses³⁰ : le groupe A qui voyait une prédominance de la dimension humaine dans l'ECS au début du programme considère ce sujet bien plus technique après les interventions T1 et T2. L'inverse s'observe pour le groupe B : d'une prédominance technique suite aux interventions de ce type, la dimension humaine prend le dessus après les interventions comportementales. Nous voyons donc que **les participants sont largement influencés par la nature des interventions quant à la dominante "humaine/technique" de l'ECS, et ne se forment pas un avis par l'accumulation des actions.**

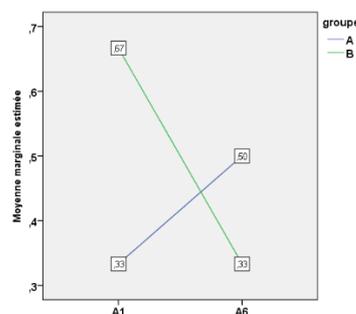


Figure 99 - L'ECS est-elle plutôt du domaine technique (10) ou humain (1) ? Comparaison de la perception entre groupes en A1 et A6

7. Actions de suivi et de réglage

La question suivante a été posée à tous les participants lors de l'intervention C1 (A1) et du questionnaire final (A6) :

Q - Aujourd'hui, effectuez-vous plus d'actions de suivi et de réglage liées à l'eau chaude qu'avant le projet ? Régler le chauffe-eau, aller voir le compteur d'eau chaude, effectuer des tests de fuite, etc. Echelle likert à 10 points ("Pas du tout" 1 à "Tout à fait" 10)

²⁷ Une ANOVA indique $F(1;11) = 1,8$ avec $p < 0,2$ en A1 et $F(1;11) = 1,8$ avec $p < 0,2$ en A6

²⁸ Une ANOVA Factorielle en mesures répétées (Split-Plot) indique que 1) la différence de score des participants dans le temps (intra-sujets) est significative au seuil 5% : Lambda de Wilks : $F(1;10) = 17,1$ avec $p = 0,02$; 2) la différence de score entre groupes est significative au deux moments, au seuil 20% : $F(1;15) = 2,1$, $p < 0,2$

²⁹ Cette différence de moyenne est soutenue par un test de Mann-Whitney au seuil de 20% / $U = 13,5$; $p = 0,18$

³⁰ Des tests de Mann-Whitney soutiennent les différences d'occurrence entre les groupes en A1 et en A6.



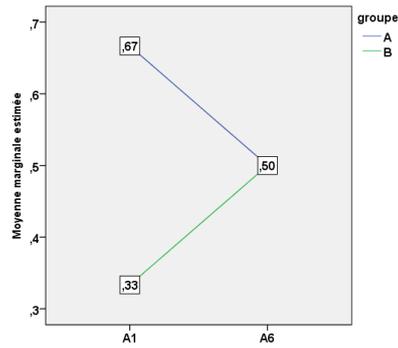


Figure 100 - Les participants réalisent-ils davantage d'actions de suivi/manipulation techniques entre A1 et A6 dans les deux groupes

Lorsque nous comparons les deux groupes dans le temps, entre l'intervention C1 (A1) et le questionnaire final (A6) nous observons une convergence des réponses. Lors de l'intervention C1, les participants du groupe A indiquaient plus souvent mener des actions de suivi/manipulation technique que ceux du groupe B³¹. Mais quelques mois après le programme (questionnaire final - A6), les deux groupes convergent avec un rapport 50/50. Ainsi, **les interventions comportementales ont eu tendance à augmenter les actions de suivi/manipulation dans les deux groupes**, en C1 pour le groupe A et après les interventions techniques pour le groupe B. Mais avec le temps, et après les interventions techniques, ces manipulations semblent être moins courantes si on se réfère à la moyenne du groupe A, qui est passée de 0,67 à 0,5.

8. Les participants ont-ils manipulé le matériel de mesure et de suivi laissé ?

L'intervention C2 (A2) consistait en une sensibilisation expérientielle, lors de laquelle nous avons invité les participants à manipuler un ensemble d'outils de mesure et de suivi (débitmètre, sablier douche, bloc-notes, chronomètre, etc.). La question suivante a été posée à tous les participants après l'intervention C2 (A2), puis à nouveau lors du questionnaire final (A6) :

Q - Avez-vous manipulé/joué avec le matériel laissé (sablier, débitmètre, bloc-notes, etc.) ? O/N

En tenant compte du temps (intra-sujets) :

Sur l'ensemble de l'échantillon, le nombre de ménages qui indiquent manipuler le matériel laissé et réaliser de petits tests augmente significativement dans le temps, entre A2 et A6³², passant de N=6 à N=10.

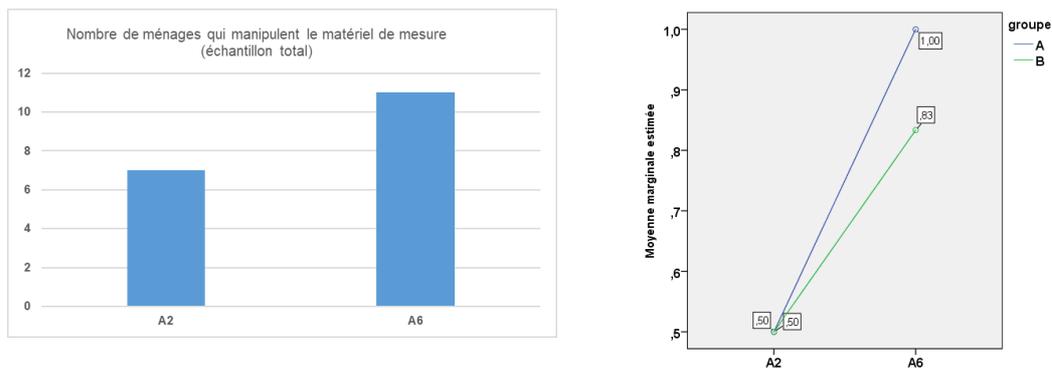


Figure 101 - Nombre de ménages qui manipulent le matériel laissé pour expérimenter (échantillon total) et en comparant les groupes

Quand nous considérons les réponses au format binaire (0/1), il n'y a pas de différence significative entre le groupe A et B : à l'issue des interventions C2 de chaque groupe (A2), il y a le même nombre de personnes qui manipulent le matériel laissé et qui réalisent de petits tests (mesure, etc.) dans les deux groupes (N=3 ou 4). Mais quelques mois après la dernière intervention du programme, un peu plus de participants du groupe A manipulent les outils (N=6 contre N=5).

Quand on regarde plus en détail, sur la base de réponses plus riches, il y a une différence significative d'intensité dans la manipulation à l'issue des interventions C2³³ : les membres du groupe A semblent manipuler et expérimenter les outils et méthodes vues en C2 de manière plus intense que le groupe B.

³¹ Un test de Mann-Whitney confirme la différence d'occurrence entre les groupes en A1 (U=13; p=0,18)

³² Une ANOVA Factorielle en mesures répétées (Split-Plot) indique que la différence de score des participants dans le temps (intra-sujets) est significative au seuil 5% : Lambda de Wilks : F(1;10) = 17,1 avec p=0,02; 2) la différence de score entre groupes est significative au deux temps au seuil 2% : F(1;15) = 2,1, p<0,2

³³ A l'issue de l'intervention 2 (A2) nous avons mesuré cette question sur une échelle à 10 points (ramenée ensuite à une donnée binaire). Groupe A : M=7,3 (σ= 2,9, N=7) / groupe B (M=4,5, σ= 3,2, N=6) – cette différence de moyenne est confirmée par une ANOVA indique F(1;11) = 2,6 avec p<0,2



9. Focus sur la manipulation du pommeau Hydrao

Parmi le matériel laissé aux ménages figure le pommeau Hydrao, un outil de manipulation central dans notre expérimentation, notamment car il offre une dimension à la fois technique (mesures, suivi, etc.) et comportementale (seuils, temps, etc.). De plus, il a été installé dans tous les ménages et est de ce fait un important outil de comparaison.

Lors des entretiens sur l'utilisation du matériel "smart" et connecté (cf. partie suivante), nous avons posé une série de questions spécifiques sur ce matériel, dont certaines complètent les données d'appropriation développées ci-dessus.

Parmi ces questions, nous en retenons deux ici :

Q - Avez-vous la sensation de vous être approprié cet équipement ? (Je comprends bien son fonctionnement, il n'est pas étranger dans la maison, il est bien intégré dans les usages, on l'utilise) [1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)]

Q - Pensez-vous plus utiliser/manipuler l'équipement (application) dans un futur proche ? [1 = improbable / 10 = probable]

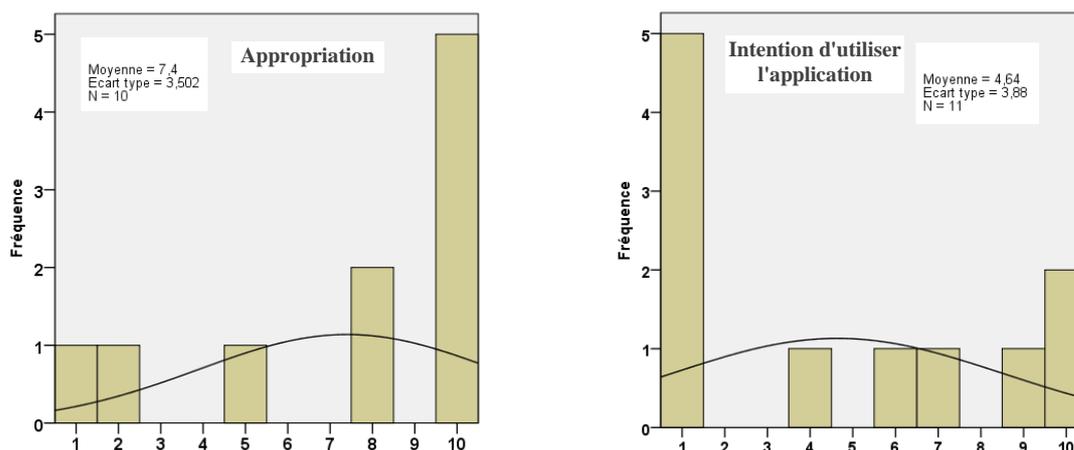


Figure 102 - Appropriation du pommeau Hydrao et degré d'intention de manipuler le matériel (dont l'application smartphone Hydrao)

Sur l'ensemble de l'échantillon, l'appropriation moyenne du pommeau Hydrao (prise en main, intégration dans le quotidien, usage, compréhension) est forte ($M=7,4$), avec une certaine hétérogénéité dans l'échantillon ($\sigma = 3,5$). En effet, si une majorité de participants (7 sur 13) indiquent une bonne appropriation du pommeau, 2 participants déclarent une appropriation très faible.

En revanche, l'échantillon a en moyenne une faible intention de manipuler l'application du pommeau dans le futur proche ($M=4,6$; $\sigma = 3,8$). 5 participants indiquent qu'il est très improbable qu'ils le fassent, et seuls 3 pensent probablement qu'ils le feront. Ces résultats ne diffèrent pas de manière significative selon le groupe, et donc l'ordre des interventions comportementales et techniques. Ils confirment les déclarations faites par la plupart des ménages (cf. p.93) : si le pommeau intéresse fortement en début de programme et bénéficie d'une forte acceptabilité, les participants se désintéressent progressivement de l'équipement du fait notamment que les seuils de couleur ne soient réglables que sur application smartphone, ce qui freine la plupart des ménages.

6.1.3. Appropriation des équipements smart et connectés

Sur les 13 ménages du dispositif, 11 ont répondu à une série de question en novembre 2020, portant spécifiquement sur les équipements dits "smart" : pommeau Hydrao, thermostat connecté Cotherm, chauffe-eau Vizengo (Atlantic), système de récupération de chaleur GaiaGreen et pilotage de la centrale photovoltaïque Elios4you. Le guide d'entretien spécifique à chaque équipement a été partagé avec les partenaires industriels afin de recueillir leurs propositions et bonifications.

1. Le pommeau Hydrao

Nous avons interrogé 11 des 13 logements ayant bénéficié de l'installation du pommeau Hydrao (2 ménages n'ont pas répondu à l'entretien). Une partie des questions est de nature qualitative, alors que certaines ont été mesurées sur une échelle de mesure de 1 à 10 (Tableau 10).

Tableau 10 - Observations et conclusions concernant le pommeau Hydrao - entretiens spécifiques

Question	Observations
Cela fait combien de temps que vous utilisez le pommeau Hydrao, selon vous ? Perception	<p>Le groupe A : les pommeaux Hydrao ont été activés lors de l'intervention C2, pour la plupart en novembre 2019, soit 1 an avant notre entretien. Un participant ne sait pas répondre, 2 donnent à peu près le bon calendrier (1 an) et les autres évoquent des durées entre 3 et 6 mois : leur perception est éloignée de la réalité (12 mois), avec des durées inférieures à la réalité.</p> <p>Le groupe B : les pommeaux ont été activés lors de l'intervention C2 en août 2020, soit 3 mois avant notre entretien. Un seul participant a une vision juste (3 mois), les autres sont entre 6 mois et un an : leur perception est éloignée de la réalité (12 mois), avec des durées supérieures à la réalité.</p>



	Nous observons une différence de perception selon l'ordre des interventions : les ménages ayant bénéficié des interventions techniques en premier (groupe B) surestiment l'ancienneté d'utilisation du pommeau, alors que c'est l'inverse pour ceux qui ont eu les interventions comportementales d'abord.
<i>Comment se passe l'usage du pommeau Hydrao ?</i>	Le pommeau fonctionnait pour tous les ménages sauf un, pour qui les couleurs ne fonctionnaient plus (suite à un trempage dans du vinaigre pour détarrer ?). Peu de commentaires négatifs, si ce n'est sur l'application (beaucoup ne souhaitent pas télécharger une application pour ça) et sur le fait que les couleurs ne changent pas assez (1 ^{ers} seuils trop laxistes). La simplicité de l'équipement est parfois mise en avant, ainsi que l'intérêt de son principe. Mais le suivi dans le temps (application, seuils, etc.) est moins évident. <i>"C'est intéressant car même avec le temps on peut avoir un regard sur la consommation quand les couleurs évoluent".</i> <i>"Il est bien intégré, et a été bien paramétré : il nous alerte bien au niveau du temps. Mais s'il devait défaillir je ne suis pas certaine de pouvoir revenir sur l'application pour le remettre en route ou changer les seuils (changement de smartphone)"</i> <i>'Ce n'est pas prioritaire, je n'ai pas envie de prendre le temps de manipuler l'application, je n'ai pas de motivation forte à le faire car les couleurs changent peu – du coup les habitudes reviennent"</i> <i>"Au début je regardais, ça a été utile pour savoir combien de temps je mettais. Mais je ne sors pas du vert donc je ne regarde plus"</i>
<i>À quoi sert Hydrao selon vous ? Quel est son objectif ?</i> <i>Perception</i>	La plupart des ménages ont saisi l'utilité d'Hydrao, le but poursuivi et l'intérêt potentiel : prendre conscience de sa consommation, la surveiller et réduire le temps de douche et donc le volume consommé. Certains pensent qu'Hydrao vient jouer sur la température ou sur le débit (au-delà du réducteur de pression intégré). <i>"C'est pour voir ce que je dépense en eau, aux douches. Je regarde le temps" / "Ça joue sur la température et débit. C'est fait pour consommer moins d'eau chaude, par rapport au temps ça modifie les couleurs" / "L'objectif c'est de réduire le temps de douche" / "L'objectif est de se rendre compte de sa consommation, et donc de la diminuer" / "Le pommeau sert à calculer le temps des douches, c'est programmable : on peut prendre une douche plus ou moins longue, et la couleur change"</i>
<i>Hydrao vous a aidé à changer la durée de douche ? Les enfants en particulier ?</i>	6 personnes disent "non", 3 disent "oui" et 2 sont mitigés <i>"Non ce n'est pas efficace du tout, même avec les enfants" / "Oui ça a aidé, mon fils fait un peu plus attention, ce qui n'était pas gagné !" / "au début oui, mais après ça se dilue, les habitudes reviennent, on regarde moins la couleur" / "j'aime prendre mon temps sous la douche, mais je fais des efforts pour ne plus être dans les couleurs rouges !!"</i> Les personnes qui indiquent qu'Hydrao n'est pas efficace sont des personnes qui se considèrent déjà très économes, ou qui trouvent le système pas efficace, notamment quand les couleurs ne changent pas car le 1 ^{er} seuil est trop large. Une personne évoque les habitudes et le plaisir, qui rend le pommeau inefficace, voire qui <i>"donne un sentiment de culpabilité à utiliser l'ECS que j'aime utiliser..."</i> Difficile de savoir pour les autres membres de la familles ou occupants. Les invités ne sont pas maintenus au courant, fonctionne pour les habitants.
<i>Quelles difficultés ou gênes ?</i>	La principale difficulté évoquée est le problème du manque de changement de couleur, notamment quand le pommeau est sur accroche murale. La réduction de débit a aussi été évoquée, ou le fait qu'on ne peut pas le nettoyer au vinaigre au risque qu'il casse.
<i>Les couleurs : vous passez les seuils ou bien vous restez au 1er ? Sur quel seuil vous vous arrêtez ? Le 1er est-il trop facile ou assez ambitieux (challenge) ? Facile à se souvenir du temps / volume des seuils fixés ensemble ?</i>	La grande majorité des usagers ne voient pas assez de changement de couleur. Le 1 ^{er} seuil a en général été fixé de manière trop laxiste. <i>"Ca ne dépasse jamais le vert" / "toujours vert !! Je prends des douches de 1min30 donc ça ne passe pas" / "Les couleurs changent d'un coup, sans continuité ("fait gadget pas sérieux")".</i> La quasi-totalité de ces usagers n'est pas incitée à changer les seuils par elle-même, sur l'application : non-intérêt, refus des applications, etc. Ils auraient besoin que quelqu'un les suive et adapte pour/avec eux. Il est ainsi difficile pour eux de savoir si les couleurs fonctionnent. Nous observons un cercle vicieux : les couleurs ne changent pas assez => pas de motivation à l'utiliser ni à adapter les seuils (volumes), etc. => pas d'usage => etc. D'autres évoquent le fait qu'ils ne regardent pas la couleur, ou qu'ils le faisaient au début puis ont arrêté. 2 participants indiquent que les couleurs passent bien, car leur consommation est supérieure aux 1ers seuils fixés, ou que d'autres occupants de la maison dépassent les seuils.
<i>Avez-vous changé les seuils sur votre smartphone depuis le début ? O/N</i>	Aucun participant ne l'a fait
<i>Si non, pourquoi ?</i>	Pas d'application (N=4) = <i>"pas envie" / "ça marche bien comme ça"</i> Pas le temps ou pas une priorité (N=4) <i>"Pas utile car je fais déjà très court / on peut toujours raccourcir mais après on n'utilise plus d'eau"</i> <i>"Pas touché / je ne sais pas, pas regardé l'appli pas le temps (qu'au début quand je suis venu)"</i>
<i>Vous utilisez l'application ?</i>	Oui N=2 Non N=7
<i>Consultez-vous le graphique "ma consommation" ?</i>	Non N=4 <i>"Non ça ne marche plus (il avait oublié l'option "consommation") - il regarde la quantité d'eau en bas - il n'a pas regardé le reste"</i>
<i>Si oui, l'application est-elle ergonomique ?</i> 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)	M=8,0/10 (N=5) avec $\sigma = 1,6$ L'application est donc jugée ergonomique pour ceux qui l'utilisent, avec un jugement relativement homogène (faible dispersion). Elle n'a pas été notée pour les autres participants. Nous observons une différence de moyenne significative entre le groupe A et B : le groupe A considère l'application Hydrao bien moins ergonomique en moyenne (M=6,5, $\sigma = 0,7$) que le groupe B (M=9,0; $\sigma = 1,0$) (ANOVA : F(1,3) =9 / p=0,05).
<i>Trouvez-vous Hydrao utile pour changer votre mode de consommation ?</i> 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)	M=5,7 (N=11) avec $\sigma = 3,9$ Le pommeau n'est pas jugé spécialement utile en moyenne pour changer les modes de consommation. Mais ce jugement est assez hétéroclite (forte dispersion). Le manque de changement de couleur est le principal argument, même si pas le seul Pas de différence de moyenne significative entre le groupe A et B
<i>Est-il bénéfique selon vous (réduction conso, facture, etc.) ?</i> 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait) / NO = non observé	M=4,9 (N=9) avec $\sigma = 2,4$ La sensation de bénéfice perçue est peu forte en moyenne, avec une certaine hétérogénéité des réponses (dispersion moyenne). Pas de différence de moyenne significative entre le groupe A et B <i>"J'ai observé une différence de facture par rapport à l'année dernière – Hydrao y a joué !"</i> <i>"Les gains en conso ne semblent pas trop importants, car pas de bain avant et douches déjà écourtées"</i>
<i>Avez-vous la sensation de vous être approprié cet équipement ?</i>	M=7,4 (N=10) avec $\sigma = 3,7$ L'appropriation du pommeau est assez forte en moyenne, mais avec une forte hétérogénéité des réponses autour de la moyenne (des réponses très extrêmes).



I (pas du tout) à 10 (tout à fait)	Pas de différence de moyenne significative entre le groupe A et B NB : explications données pour "Approprié" : "je comprends bien, il est bien intégré dans les usages, on l'utilise, ce n'est pas "un corps étranger""
Pensez-vous que vous allez utiliser/ manipuler davantage l'équipement et son application dans un futur proche ? I (improbable) à 10 (probable)	M=4,6 (N=11) avec $\sigma = 3,9$ Les participants n'ont pas l'intention d'utiliser le pommeau et l'application en moyenne dans un futur proche, mais cette conclusion est très hétérogène entre les participants, avec des réponses extrêmes. Une explication est le manque d'appétence pour l'application et d'intérêt à adapter les seuils. Pas de différence de moyenne significative entre le groupe A et B
Quel est votre degré de satisfaction général ? I (pas du tout satisfait) à 10 (tout à fait satisfait)	M=7,3 (N=10) avec $\sigma = 2,9$ Malgré ces jugements et intentions pas fortement positives, le degré de satisfaction de l'équipement est fort, avec une certaine hétérogénéité. Attention cette question comporte un biais car les participants n'ont pas payé pour l'équipement. Ainsi, il est probable qu'ils n'aient pas effectué de raisonnement "coût/bénéfice" qui influence le degré de satisfaction conditionné. Pas de différence de moyenne significative entre le groupe A et B
Suggestions pour améliorer l'équipement ? (consigne : "Si vous aviez le/la responsable du développement devant vous, que lui proposeriez-vous pour un utilisation plus importante et satisfaisante ?")	"Quelqu'un qui puisse vous aider à adapter/ changer les seuils de couleur. Par téléphone ou visio ?" "Réduire le temps de connexion entre le smartphone et le pommeau (trop long)" "Proposer une programmation moins digitalisée, directement sur le pommeau" "Pouvoir activer ou désactiver les couleurs sur pommeau ("parfois on veut se mettre un challenge, des fois non. La couleur constante peut amener à une forme de culpabilité, qui démotive !")" "Une puce peut être introduite dans le pommeau pour changer directement le programme, sans passer par l'application : programmes plus ou moins ambitieux. Plus les puces sont "basse consommation", moins elles sont chères." "Reporter les couleurs sur le mitigeur de la douche ou sur le mur pour l'avoir devant les yeux quand le pommeau est fixé sur support." "Reproduire le système sur autres points de puisage : évier, etc. (avec une bague par exemple)" "Avoir des informations sur la consommation moyenne de ménages équivalents pour avoir un repère dans les seuils fixés" "Un manuel simple et visuel sur "comment l'utiliser et l'entretenir""
Bilan et conclusions	Le pommeau Hydrao bénéficie d'une forte acceptabilité, le principe est bien compris. C'est un équipement bien perçu, qui s'intègre bien dans les ménages. Certains trouvent l'équipement "très bien", sont attentifs aux couleurs et estiment que c'est une bonne aide. Mais une grande partie ne sont pas ou plus attentifs au changement de couleur. La raison majeure tient au fait que le 1 ^{er} seuil est rarement dépassé. La fixation des seuils de couleur est cruciale pour l'utilité et l'intégration de l'équipement, or elle s'avère très délicate. En effet, la 1 ^{ère} fixation est souvent approximative, malgré notre accompagnement : <i>Quel est le temps que je passe pour une douche quotidienne ? Et les autres occupants ? C'est quoi une douche "challenge" ?</i> Ainsi, ces seuils doivent être adaptés dans le temps, à la réalité du ménage et à ses souhaits en terme d'effort (cf. remarques précédentes), Or dans notre échantillon les seuils n'ont jamais été adaptés par les usagers interrogés, car l'application n'est pas un support désirable. De fait, les couleurs ne changent pas assez souvent, il y a une démotivation et les usagers arrêtent de regarder le pommeau. Ils se détournent de l'équipement, jugeant l'équipement peu utile pour changer leur mode de consommation, et les habitudes reviennent. Ainsi même si nous avons fixé les seuils avec eux la 1 ^{ère} fois, en imaginant un crescendo dans l'ambition, cela doit pouvoir être adapté facilement avec l'usage pour faire évoluer le curseur entre facilité et effort. En revanche, du fait de l'ergonomie et du potentiel d'Hydrao, les participants se sont bien approprié l'équipement et expriment une satisfaction globale positive. Diverses idées d'amélioration sont proposées, telles qu'un voyant couleur sur le support de douche – la possibilité de régler les seuils autrement que par l'application (sur pommeau) et une sensibilisation entre usagers (par des ambassadeurs). Limite forte des personnes qui ne veulent pas d'application – intérêt de réfléchir à un mode pour changer les couleurs sans applications. Les couleurs sont peu visibles sur le pommeau lui-même : placer un témoin sur le support de douche ? Les jugements liés à l'application et à l'équipement (ergonomique, utile, satisfaisant, etc.) ne semblent pas significativement différents entre les groupes A et B. Autrement dit l'ordre d'intervention ne semble pas altérer le jugement des usagers envers Hydrao (NB : les tests peuvent ne pas être significatifs à cause de la faible taille des échantillons).

2. Le thermostat connecté Cotherm

Nous avons interrogé 4 des 5 logements ayant bénéficié de l'installation du thermostat connecté Cotherm.

Tableau 11 - Observations et conclusions concernant le thermostat connecté Cotherm - entretiens spécifiques

Question	Observations
Cela fait combien de temps que le thermostat Cotherm est installé, selon vous ? Perception	Le thermostat cotherm a été installé chez les ménages entre janvier et mars 2020, soit entre 7 et 10 mois avant entretien. Trois des 4 ménages ayant bénéficié de l'équipement ont une mauvaise perception de la date d'installation, en indiquant soit des dates d'antériorité trop proches ou éloignées.
Comment se passe l'usage de l'équipement ? Quelles difficultés ou gênes ?	Une personne n'utilisait plus du tout le thermostat, elle avait demandé de le retirer car il ne cessait pas de tomber, et ce malgré un système de scratch. Une autre personne indique qu'elle consulte le compteur, mais que le système de scratch n'est pas efficace. Deux personnes déclarent ne jamais aller au chauffe-eau, dans un cas car ce dernier est difficilement accessible (cave avec trappe), l'autre car elle n'y pense pas et ne sait pas l'utiliser "même quand je mets une machine à laver qui est en dessous, je ne regarde pas ce qu'il m'indique". Cette dernière indique avoir manqué l'explication faite par Enertech et ne pas avoir lu la documentation explicative car un peu complexe. Les difficultés rencontrées sont : <ul style="list-style-type: none"> • Thermostat qui tient mal – système de scratch pas toujours efficace • Intérêt et bénéfice du thermostat pas toujours saisi • Manque de compréhension du fonctionnement – nécessité d'une explication, car la documentation est perçue comme un peu complexe. • Equipement sur le chauffe-eau, souvent peu accessible (loin de l'espace de vie quotidienne)



Avez-vous réglé certains éléments du thermostat ?	Aucun participant n'a réglé ou manipulé des éléments. Les raisons ont été décrites ci-dessus (thermostat éloigné, pas de vision du bénéfice à faire un effort, etc.).
La prise en main est-elle simple ? Le menu et les options de l'application sont ergonomiques ? Avez-vous changé le mode de chauffe (manuel, IQSmart, Holidays) ?	Aucune réponse à ces questions car absence de manipulation du thermostat ou de l'application
Avez-vous programmé les périodes de ralenti ou de non-chauffe ?	Deux personnes répondent "non" et deux autres ne donnent pas de réponse
Cotherm est-il utile pour voir et suivre sa conso ? O/N	Les 4 participants répondent "non" ou "non pas vraiment"
Cotherm a-t-il eu un impact sur votre conso et facture (bénéfice) ?	Les 4 participants répondent "non" ou "non pas vraiment" à ces questions.
Avez-vous la sensation de vous être approprié cet équipement ? 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)	Les réponses sur échelle sont : 1, 4, 5 et 10 (M=5) (N=4) L'appropriation du Cotherm semble hétérogène. La raison majeure est sa localisation, sur le chauffe-eau, que les participants vont très rarement voir, même après notre accompagnement. Cotherm ne semble pas assez présent dans l'espace de vie quotidien pour être clairement approprié. Il ne donne pas l'impression d'apporter un bénéfice (réduire la consommation), ce qui peut démotiver les ménages à le manipuler et donc à se l'approprier.
Avez-vous l'impression de bien maîtriser l'équipement (thermostat, appli, etc.) ? 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)	Les réponses sur échelle sont : 1, 3, 4 et 10 (M=4,5) (N=4) L'appropriation étant moyenne, le niveau de maîtrise l'est également. Les ménages ne manipulent pas du tout le thermostat (programmation) ni l'application. Un seul ménage a déclaré avoir essayé de programmer, mais cela lui semblait compliqué et a laissé de côté.
Pensez-vous que vous allez manipuler l'équipement dans un futur proche ? 1 (improbable) à 10 (probable)	Les réponses sur échelle sont : 1, 2, 4 et 5 (N=4) Les ménages interrogés ne semblent pas avoir l'intention de le manipuler davantage.
Quel est votre degré de satisfaction général ? 1 (pas du tout satisfait) à 10 (tout à fait satisfait)	Les réponses sur échelle sont : 1, 2, et 3 (N=3) Du fait du manque de manipulation et d'appropriation, et du faible bénéfice perçu, la satisfaction n'est pas élevée.
Suggestions pour améliorer l'équipement ?	<i>"Que ça tienne bien sur le chauffe-eau !"</i> <i>"En plus de l'application, proposer un réglage manuel sur le thermostat"</i> <i>"Un boîtier Cotherm dans la maison, pour faciliter la lecture fréquente et la manipulation"</i> <i>"Une mini-formation une personne qui explique et montre une fois comment faire ("après je me débrouille")"</i>
Bilan et conclusions	L'équipement possède un potentiel, car les ménages comprennent l'intérêt de suivre leur consommation d'ECS, notamment après notre accompagnement. Mais l'équipement devrait être accompagné d'une sensibilisation afin 1) d'expliquer le fonctionnement général, 2) de souligner les bénéfices potentiels dans l'esprit des usagers (consommation, facture, etc.); 3) de manipuler l'équipement avec le participant. Cet équipement a tout à gagner à proposer un relai d'affichage à situer dans l'espace de vie, car il est souvent trop éloigné et non visité (sur chauffe-eau). Ainsi, du fait du manque de manipulation, l'appropriation est faible, ainsi que la sensation d'utilité et de bénéfice perçu, ce qui réduit fortement la satisfaction. L'application ne semble pas suffire, notamment pour ceux qui n'aiment pas dépendre de ce système, ou qui n'ont pas le réflexe d'aller voir l'application. Un boîtier relai permettrait aux usagers de consulter le thermostat plus souvent, et donc de créer une routine et une appropriation, ce qui pourrait augmenter l'utilisation et la sensation de bénéfice. Le système de scratch pour le fixer au chauffe-eau ne semble pas toujours efficace (chute sur 2 des 4 ménages).

3. Chauffe-eau Vizengo de chez Atlantic

Nous avons interrogé trois des quatre logements ayant bénéficié de l'installation d'un chauffe-eau Vizengo, de chez Atlantic.

Tableau 12 - Observations et conclusions concernant le chauffe-eau Vizengo (Atlantic) - entretiens spécifiques

Question	Observations
Cela fait combien de temps que le chauffe-eau Vizengo est installé, selon vous ? Perception	Les chauffe-eau ont été installés entre novembre 2019 et janvier 2020, soit 10 à 12 mois avant entretien. Un seul participant a une bonne perception de l'antériorité d'installation (1 an), les deux autres indiquant 6 mois ou 1,5 ans. Ici encore, les usagers n'ont pas une vision très précise des actions et dates liées à l'installation des équipements prévus dans le programme.
Comment se passe l'usage de l'équipement ? Quelles difficultés ou gênes ?	L'usage se passait bien. Deux des trois participants ne le manipulaient pas au moment de l'entretien : <i>"il est loin, il a été réceptionné – réglé, plus retouché depuis"</i> . La 3 ^{ème} le manipule un peu. <i>"Je ne le manipule pas depuis le réglage initial – la seule manipulation effectuée est de l'arrêter l'été quand on part plus de 3 jours"</i> . <i>"Je ne vois pas la différence avec l'autre chauffe-eau, je ne vois pas en quoi il est intelligent. Ça ne me parle pas. Il me faut un graphique, des factures, quelque chose de visuel"</i> <i>"J'atteins le chauffe-eau, je le mets en automatique une nuit sur trois (gros volume)"</i> Les difficultés rencontrées sont : <ul style="list-style-type: none"> • Niveau de sophistication de la télécommande • Entretien et maintenance : pas accessible à tout professionnel (?) • Dès la moindre interruption de courant (brève coupure) cela stoppe les données – quelqu'un doit intervenir – compliqué pour quelqu'un qui travaille



	<ul style="list-style-type: none"> • Intérêt et bénéfice de l'équipement difficile à saisir malgré les explications fournies • Mécompréhension du fonctionnement – nécessité d'une explication, car la documentation est perçue comme complexe. • Chauffe-eau souvent peu accessible - loin de l'espace de vie quotidien quand les personnes ne veulent pas manipuler la télécommande
<i>Avez-vous manipulé / réglé certains éléments ? Si oui lesquels ?</i>	Oui réglage initial avec l'installateur. Puis peu de manipulation. L'usage de la télécommande n'est pas évident : trop sophistiquée ou pas désirée pour ceux qui souhaitent des options "low-tech". <i>"J'utilisais la télécommande au début, puis plus du tout, je vais directement sur le chauffe-eau. Elle n'est pas utile pour une personne seule comme moi, c'est trop sophistiqué !"</i> <i>"Qu'est-ce que je pourrais faire de la télécommande ? Je n'ai pas d'appétence pour les outils informatiques"</i> <i>"J'ai essayé de programmer moins de chauffe : moins de douche ou T° moins élevée, mais ça n'a pas trop marché. Du coup je l'arrête le fait fonctionner une nuit sur 3. Je sais que je n'utilise pas tout le potentiel !"</i>
<i>Avez-vous utilisé l'option d'éteindre le chauffe-eau ?</i>	Une personne dit "oui une fois". L'autre "je le fais en le débranchant directement sur le tableau électrique"
<i>Vizengo est-il utile pour voir et suivre sa conso ?</i>	Une personne dit "oui, un peu car ça permet de faire un état de chauffe à certains moments de la journée". Les deux autres déclarent que non.
<i>Vizengo est-il bénéfique selon vous (facture, etc.) ?</i> 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)	Deux personnes donnent le score de 5 : <i>"On n'explore pas tout le potentiel offert ! Mais bon, pas sûr que ce soit le chauffe-eau qui fasse la différence, c'est plus l'humain qui la fait !"</i> / <i>"J'ai l'impression que ça a un impact, enfin de je suppose et l'espère car je n'ai pas encore de preuves"</i> / <i>"Le fait d'avoir des options et plus de contrôle peut amener des personnes à s'interroger sur leur mode de consommation. Certaines personnes apprécient les nouvelles technologies, Vizengo peut les amener à des économies."</i> La 3 ^{ème} donne 2 <i>"pas utile pour une femme seule qui consomme déjà peu"</i> .
<i>Avez-vous la sensation de vous être approprié cet équipement ?</i>	Les réponses sur échelle sont : 3, 4 et 5 L'appropriation de Vizengo est relativement faible et homogène chez les 3 participants. La raison majeure vient de sa localisation : les participants vont rarement voir, même après notre accompagnement. Ce type d'équipement ne semble pas assez présent dans l'espace de vie quotidien pour être clairement approprié. Il ne donne pas l'impression d'apporter directement un bénéfice (réduire la consommation), il faut des preuves, ce qui peut démotiver les ménages à le manipuler et donc à se l'approprier.
<i>Pensez-vous que vous allez manipuler l'équipement dans un futur proche ?</i> 1 (improbable) à 10 (probable)	Les réponses sur échelle sont : 1, 1 et 5 La télécommande est peu manipulée et les participants ne démontrent pas une appétence pour le faire davantage dans le futur, sans motivation ou accompagnement.
<i>Quel est votre degré de satisfaction général ?</i> 1 (pas du tout satisfait) à 10 (tout à fait satisfait)	Les réponses sur échelle sont : 6, 8 et 8 Malgré les éléments décrits ci-dessus, le degré de satisfaction reste élevé <i>"Ce n'est pas parce qu'on ne l'exploite pas qu'on n'est pas satisfait". / "Il n'est jamais en panne, ne génère pas de problèmes (si ce n'est le fait qu'il saut dès une coupure), mais je ne connais pas le bénéfice !"</i>
<i>Suggestions pour améliorer l'équipement ?</i>	<i>"Un relai visuel dans la maison, pour faciliter la lecture fréquente et la manipulation : à midi vous avez déjà dépensé tant d'ECS, il vous en reste tant"</i> <i>"Quelqu'un ou une vidéo qui explique les fonctionnalités pour les exploiter au mieux"</i> <i>"Un accompagnement car je n'aime pas l'électronique"</i> <i>"Une page A4 très visuelle et simple pour savoir ce qu'on peut faire avec !"</i>
Bilan et conclusions	Les ménages ont conscience du potentiel de Vizengo : ils perçoivent un intérêt en devenir. Mais ils ont besoin de plusieurs points de sensibilisation pour se souvenir des options et des éléments réglables. Notre explication initiale et lors de l'intervention C2 n'ont pas suffi. Ainsi l'équipement pourrait s'accompagner d'une sensibilisation en 2 ou 3 étapes (téléphone, visio, vidéo, etc.), et/ou d'un visuel simple à placer dans le logement qui 1) explique le fonctionnement général, 2) souligne les principales options et manipulations possibles, afin d'augmenter la sensation de bénéfice dans l'esprit des usagers (consommation, facture, etc.). Cet équipement a tout à gagner à proposer un point d'affichage dans l'espace de vie, car il est souvent trop éloigné et non visité. Un boîtier relai permettrait aux usagers de visualiser l'état du CE plus souvent, de créer une routine et une appropriation, ce qui pourrait augmenter l'utilisation. En effet, la télécommande semble peu utilisée, notamment pour ceux qui n'apprécient pas la technologie. Ainsi, du fait du manque de manipulation, l'appropriation est faible, ainsi que la sensation d'utilité et de bénéfice perçue. Malgré cela la satisfaction est importante car les ménages perçoivent le potentiel de l'équipement, qui ne pose pas de problème particulier.

4. Solution d'autoconsommation photovoltaïque avec pilotage par l'application Elios4You

Nous avons interrogé l'unique ménage ayant bénéficié d'une installation PV en toiture en autoconsommation, avec l'application de pilotage Elios4You.

Question	Observations
<i>Comment se passe l'usage ? Quel est votre avis général ? Quelles difficultés rencontrées ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation et l'application fonctionnent bien. • L'application Elios4You n'est pas vraiment utile. De plus les réglages de plages horaires de fonctionnement du chauffe-eau sont délicats notamment dans le passage à l'heure d'été (j'ai perdu de la production!). Il faudrait quelque chose de simple pour reprogrammer. • Et notamment car on ne voit pas la production instantanée. • La programmation heure d'été et d'hiver avait posé problème, tout a été reprogrammé. • Il faut tout faire par téléphone et je n'aime pas le digital ainsi que dépendre de la technologie • Je vais voir les courbes de production et consommation sur l'application 1 à 2 fois par mois (en faisant une rétrospective grâce aux diagrammes). Mais je ne savais pas qu'il y avait une page web dédiée.
<i>La centrale avec application a-t-elle été utile ? A-t-elle eu un</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Le système d'autoconsommation oui, l'application non. Je n'utilise pas la reprogrammation sur l'application de peur que ça chamboule tout. L'ergonomie de l'application et des menus est faible. • Je n'utilise pas le mode "boost" qui vise à optimiser l'autoconsommation.



<i>impact sur vos usages et façon de consommer ?</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Le chauffe-eau est l'équipement alimenté en priorité, puis le reste de la maison. Le lave-linge a été programmé à midi, mais pas lave-vaisselle (ils préfèrent le lancer quand il est plein). Pas d'autres changements : je suis artisan, je travaille des fois le soir, outils à tout heure. • Au final la facture a baissé !
<i>Bénéfice et satisfaction</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La solution globale est-elle bénéfique selon vous ? 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait) : 9 • Avez-vous la sensation de vous être approprié l'équipement ? 1 (pas du tout) à 10 (tout à fait) : 7 (sauf la programmation sur l'application et l'option boost) • Quel est votre degré de satisfaction général (de 1 "faible" à 10 "fort") : 8
<i>Quelles sont vos suggestions pour améliorer l'équipement ?</i>	Supprimer le pilotage par digitalisation : proposer un relai dans la maison qui soit "low tech" (ex. une horloge simple à manipuler qui permette de reprogrammer) et sans passer internet. Une telle solution de monitoring simplifié serait utilisable par tout le monde.

5. GaiaGreen – système de récupération de chaleurs des eaux usées

Nous avons interrogé l'unique ménage ayant bénéficié de Gaia Green, une solution permettant de récupérer la chaleur des eaux usées de la douche.

- **Comment se passe l'usage ? Quel est votre avis général ? Quelles difficultés rencontrées ?** *Difficile de savoir si ça fonctionne ou pas car c'est sous la douche. Mais je ne vois pas de fuites ou problèmes. Il faudrait que je regarde la facture tous les mois pour suivre...*
- **La solution est-elle bénéfique selon vous** (1 (pas du tout) à 10 (tout à fait)) ? **score = 8** (*"je dois attendre la prochaine facture pour savoir (tous les 6 mois), mais je pense que ça va être bénéfique"*).
- **Quel est votre degré de satisfaction général** (de 1 "faible" à 10 "fort") : **score = 10**

6. Conclusion concernant les équipements smart et connectés

La plupart des participants apprécient les équipements installés mais ne démontrent pas une appétence forte à la dimension digitale qui les accompagne. Ils déclarent souvent le souhait d'avoir une solution d'affichage à faible technologie (boîtier, relai, etc.) dans l'espace de vie pour les équipements connectés (Cotherm, Vizengo). Les télécommandes et applications sont peu utilisées ou appréciées en moyenne.

Les équipements connectés sont bien compris et souvent bien intégrés, mais ils souffrent du fait d'être installés au niveau du CE. Cette distance ne favorise pas l'utilisabilité, et donc l'appropriation et la sensation que l'équipement soit utile.

L'appropriation des équipements est souvent faible (sauf pour Hydrao), notamment car ils sont éloignés (sur CE) ou très digitalisés (applications, télécommandes, etc.). Ils sont donc peu manipulés et peu reprogrammés. Les usagers s'en détournent donc et ne les intègrent pas dans leur quotidien. Ils perçoivent donc très peu l'intérêt et le bénéfice généré de leur usage.

L'autre raison est le besoin d'avoir une explication simple mais répétée à propos des options et manipulations possibles. Malgré nos interventions, la plupart des équipements n'étaient pas manipulés ni exploités à hauteur de leur potentiel (options pas utilisées, réglages pas réalisés, etc.). Ainsi, si les usagers perçoivent le potentiel des équipements, et déclarent une satisfaction positive, ils ont besoin d'un accompagnement pour se les approprier et exploiter leur potentiel : explication initiale solide (ex. manipulation assistée en présentiel ou en vidéo) et source d'information simple d'accès qui permette un "rappel" (ex. un A4 visuel plastifié facile d'accès, à placer sur l'équipement ou dans l'espace de vie, ou des magnets sur frigidaire).

Par exemple, le pommeau Hydrao bénéficie d'une forte acceptabilité, le principe est bien compris. La fixation des seuils de couleur est cruciale pour l'utilité et l'intégration de l'équipement, or elle s'avère très délicate. Les seuils étant mal fixés, les couleurs ne changent pas assez souvent et les usagers arrêtent de regarder le pommeau ; ils n'en voient plus le bénéfice et se détournent de l'équipement.

Notons que les solutions plus basiques (réducteurs de pression, Hydrao et jaquette sur CE) semblent en moyenne plus appréciés et intégrés que les solutions plus sophistiquées. Ces dernières doivent être bien explicitées (options, bénéfices, etc.) pour s'intégrer dans les habitudes, au risque de générer un faible bénéfice perçu. La dimension "tout digitalisation" semble être un frein, pas seulement pour les profils "low-tech" : certains profils à l'aise avec les applications smartphone n'ont pas intégré les applications liées aux équipements car ces derniers ne sont pas assez utilisés et intégrés dans le quotidien.

Au final, **nous observons un cercle vicieux** : l'équipement est peu réglé (application, télécommande, seuils de couleur) et les éléments numériques peu consultés → l'équipement s'adapte peu aux besoins du ménage → le bénéfice perçu est faible → l'équipement est peu manipulé et réglé → etc. La sensibilisation et l'accompagnement à l'utilisabilité dans le temps semblent essentiels.

6.1.4. La sensation de contrôle sur le changement de pratiques

La sensation de contrôle que l'utilisateur a sur un équipement (réglages, manipulation, suivi, etc.) est un facteur déterminant de son degré d'utilisabilité présent et futur. Divers travaux démontrent également que la sensation de confort thermique diffère en fonction du degré de contrôle perçu sur l'équipement thermique (cf. Brager et al., 2004; De Dear et al., 2013; Risetto et al.,



2021). Des expérimentations démontrent qu'en installant un terminal de contrôle à disposition de l'utilisateur (ex. thermostat), cela augmente globalement son degré de satisfaction et de confort ressenti.

Plus largement, la sensation de contrôle est un déterminant clef du changement de comportement et du passage à l'action notamment dans le domaine énergétique et du bâtiment (Litvine 2008; 2010; 2020). Dans le cas de l'usage de l'ECS, soumis à des habitudes fortes, le contrôle perçu devrait contribuer à la sensation de pouvoir dépasser les routines, et ainsi stimuler l'effort dans le changement de gestes et de pratiques.

Ce concept concerne à la fois le contrôle effectif (*ai-je une télécommande qui est pratique ? Puis-je régler le thermostat ? Ai-je des enfants qui consomment beaucoup d'ECS ?*) et le contrôle perçu par l'utilisateur (*quel degré je pense avoir ?*). Il concerne donc tant les éléments techniques, d'organisation, d'information que les éléments contextuels et psychologiques. De ce fait, il est au cœur de deux hypothèses majeures de notre étude sociotechnique, que nous proposons d'enrichir ici :

Question / hypothèse QH6 - le degré d'effort que l'utilisateur est disposé à faire pour changer de pratique devrait être lié au contrôle perçu quant à ce changement.

Question / hypothèse QH6bis - l'ordre des interventions techniques et comportementales dans notre projet devrait avoir un effet sur la perception de contrôle.

Tel que spécifié dans la Théorie du Comportement Planifié (notée **TPB**, Ajzen 1991) le contrôle perçu sur le changement de pratiques liées à l'ECS est une notion composite qui comprend divers facteurs : (1) le changement est-il facile à opérer ? (Difficulté perçue) (2) Si je veux le faire puis-je le faire ? Ca dépend essentiellement de moi (contrôle externe) ? (3) Ai-je les ressources pour le faire (information, outils et compétences) (contrôle interne) ? (4) le changement produira les résultats que j'escomptais (Perception d'Efficacité de la Réponse) ? Et me permettra d'atteindre certains de mes objectifs (Perception d'Efficacité Personnelle) ?

Nous avons mesuré le degré de contrôle effectif et perçu à travers cette variété de concepts dans le questionnaire récurrent Q2.

1. Difficulté perçue – le changement et maintien de pratiques est-il difficile à opérer ?

A divers moments du protocole nous avons posé la question suivante :

Q- Changer vos pratiques/gestes liées à l'ECS vous semble-t-il ... ? 1 (difficile) – 10 (facile)

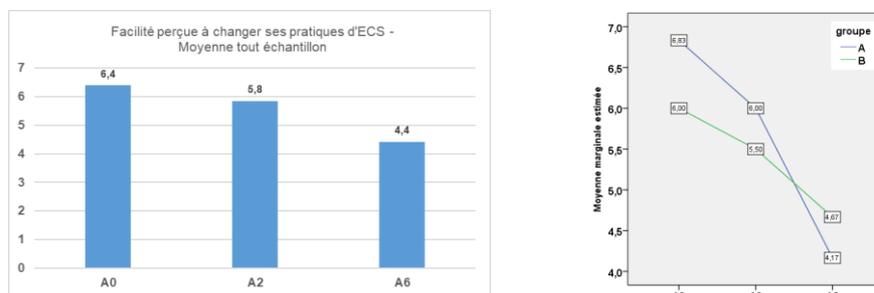


Figure 103 - Le changement de pratique liée à l'ECS est-il facile ou difficile ? Echantillon total et par groupe (échelle 10 points : 1 difficile à 10 facile)

Sur l'ensemble de l'échantillon, la perception de facilité à changer ses pratiques chute globalement au fil des interventions, entre A0 (état des lieux initial) et A6 (questionnaire final), passant de $M=6,4$ à $M=4,4$. Autrement dit les participants ont tendance à trouver cela de plus en plus difficile de changer globalement de comportement au fur et à mesure du projet. Probablement car la plupart des ménages ont essayé d'adopter de nouvelles pratiques, ce qui requiert un effort qui augmente avec le temps. Il semble alors aisé d'imaginer que la perception de difficulté est marginalement croissante : toutes choses égales par ailleurs, l'adoption d'une $n^{\text{ème}}$ nouvelle pratique requiert proportionnellement plus d'effort que l'adoption de la $(n-1)^{\text{ème}}$ nouvelle pratique (sans considérer l'effet d'apprentissage et d'engagement qui réduit parallèlement l'effort à réaliser une nouvelle action). Cette perception globale de difficulté à changer de comportement doit cependant être mise en perspective avec le fait que l'effort perçu à réaliser de nouveaux gestes économes diminue d'une intervention à l'autre en moyenne sur l'échantillon (cf. Tableau 22).

En comparant les groupes (inter-sujets), on remarque un croisement des situations : initialement le groupe A percevait en moyenne une plus grande facilité à changer de pratiques ($M=6,63$) que le groupe B ($M=6,00$). La participation au programme a inversé l'ordre : le groupe B percevait une plus grande facilité à expérimenter de nouveaux gestes / pratiques ($M=4,67$) que le groupe A ($M=4,2$). Le groupe B considère aussi plus facilement le maintien de ces gestes dans le temps, après le programme ($M=8,5$ contre $6,7$ – cf. Figure 104). Ainsi d'intervenir d'abord sur le plan technique puis comportemental limite l'accroissement de difficulté perçue à adopter de nouvelles pratiques au fur et à mesure de la sensibilisation et de l'expérimentation des ménages. Cela semble également faciliter le maintien des nouveaux usages et pratiques qui ont été expérimentées pendant le dispositif.

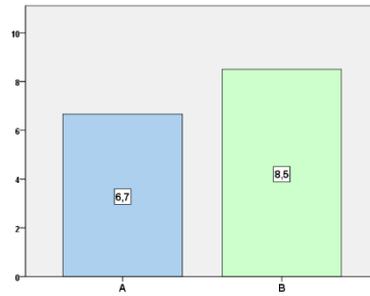


Figure 104 - Difficulté perçue à maintenir de nouvelles pratiques expérimentées – recueil en A6 - comparaison par groupe - moyenne sur 10 (1 difficile - 10 facile)

2. Contrôle externe - le changement et maintien de pratiques dépend surtout du participant ?

La 2^{ème} composante de la notion de perception de contrôle concerne le "degré de contrôle externe". Ce dernier a été estimé par la question suivante, qui a été posée après l'intervention C2 (A2), puis à nouveau lors du questionnaire final (A6) :

Q - *Changer vos gestes/pratiques actuels, ou maintenir ceux déjà intégrés ne dépend que de vous ?* [1 - Pas du tout | 10 - Tout à fait]

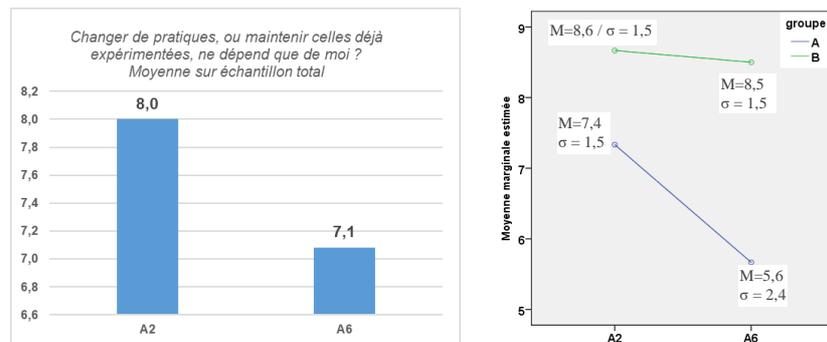


Figure 105 - Changer de pratiques, ou maintenir celles déjà expérimentées, ne dépend que du participant ? - moyenne sur 10 (1 Pas du tout - 10 Tout à fait) - échantillon total (N=13) (gauche) et comparaison entre groupes (droite)

Sur l'ensemble de l'échantillon : en intervention C2, les participants sont nombreux à considérer que le changement de pratiques dans l'ECS ne dépend que d'eux (contrôle externe; $M=8,0$; $\sigma = 1,6$). Puis cette confiance baisse en fin de programme (A6), avec $M=7,1$ ($\sigma=2,4$) : une partie des participants réalisent que le comportement de consommation des autres occupants est impactant et parfois difficile à infléchir, notamment celui des enfants/adolescents et colocataires (en cas de faible contact entre les occupants). De plus les participants ont, au cours du programme, réaliser des blocages et contraintes qui les amènent à penser qu'ils ne sont pas seuls maîtres du changement de leurs pratiques : problème de santé qui requiert de l'ECS en quantité, invités, etc.

Quand nous comparons entre groupes : non seulement l'inversion des interventions C et T a un effet sur la sensation de contrôle externe, mais les interventions successives sont également significatives (le facteur temps)³⁴. Les participants du groupe B considèrent en moyenne plus fortement que le changement de pratiques ne dépend que d'eux, que ce soit en intervention C2 (A2) ou quelques mois après la dernière intervention (A6). Mais en fin de programme (A6), l'écart avec le groupe A est encore plus fort car la sensation de contrôle externe de ce groupe chute de $M=8,5$ à $M=5,6$. Nos entretiens indiquent que les membres de ce groupe réalisent les freins au changement d'habitudes et de pratiques, et notamment l'influence des autres occupants du ménage qui sont en général plus consommateurs, ainsi que des contraintes fortes comme la santé, les besoins liés aux enfants, etc. Le temps passé entre A2 et A6 est peut-être aussi en cause, qui est de plus de 1 an pour le groupe A alors qu'il est de quelques mois pour le groupe B.

³⁴ Une ANOVA Factorielle en mesures répétées (Split-Plot) indique que la différence de score des participants dans le temps (intra-sujets) est significative au seuil 5% : Lambda de Wilks : $F(1;10) = 4,5$ avec $p=0,05$. Et que la différence de score entre groupes est également significative au deux moments : $F(1;26) = 4,7$, $p<0,1$. En menant une Anova sur chaque groupe, sans considérer le temps, nous avons en A2 $F(1;11) = 2,1$, $p<0,2$ et en A6 $F(1;11) = 5,8$, $p<0,05$

3. Contrôle interne – le participant pense-t-il avoir suffisamment d'information et d'outils pour changer ses pratiques et les maintenir ?

La 3^{ème} composante de la notion de perception de contrôle concerne le "degré de contrôle interne". Ce dernier a été estimé par les deux questions suivantes, qui ont été posées après l'intervention C2 (A2), puis à nouveau lors du questionnaire final (A6) :

Q - Avez-vous la sensation d'avoir suffisamment d'information pertinente pour adapter votre façon de consommer de l'ECS (maintenir vos efforts, aller plus loin et/ou faire différemment) ? [1 - Pas du tout | 10 - Tout à fait]

Q - Avez-vous la sensation d'avoir les outils et pistes pour réduire votre consommation d'ECS ? [1 - Pas du tout | 10 - Tout à fait]

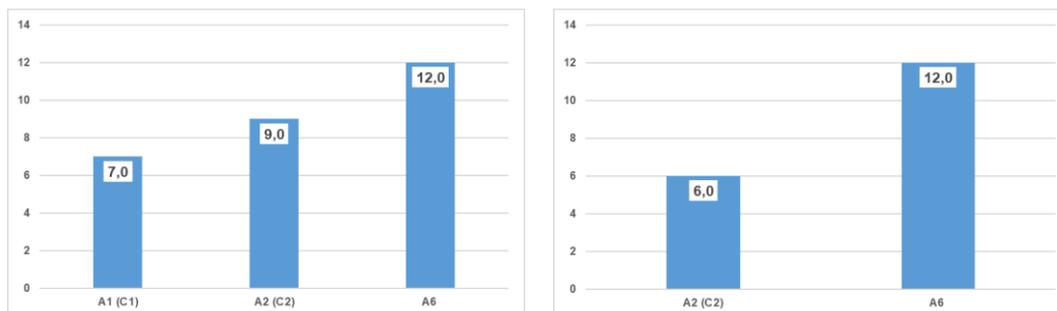


Figure 106 - Nombre de participants ayant la sensation d'avoir suffisamment d'information (gauche) et d'outils (droite) pour adapter leurs pratiques d'ECS - échantillon total (N=13 en A1 et A2 / N=12 en A6)

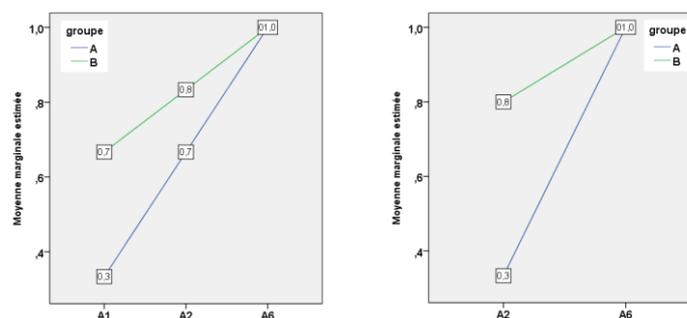


Figure 107 – Score moyen de participants ayant la sensation d'avoir suffisamment d'information (gauche) et d'outils (droite) pour adapter leurs pratiques d'ECS - comparaison entre groupes (moyenne entre 0 et 1)

Sur l'ensemble de l'échantillon, nous voyons que le nombre de participants ayant la sensation qu'ils ont suffisamment d'information et d'outils/pistes est croissant tout au long du programme, passant de N=6 ou 7 (sur 13) en C1 ou C2 à N=12 (sur 12) en A6. Autrement dit en fin de programme tous les participants ayant participé au dernier questionnaire indiquent avoir suffisamment d'information et d'outils/pistes pour modifier leurs pratiques liées à l'ECS. Notre programme semble donc avoir fourni les éléments de contrôle interne nécessaires.

En comparant les groupes (inter-sujets) dans le temps (intra-sujets) : alors qu'en intervention C2 les membres du groupe A sont plus nombreux à manquer d'information et d'outils/pistes pour modifier leurs pratiques liées à l'ECS (N=4) par rapport au groupe B (N=2)³⁵, les deux groupes convergent en fin de programme, avec 100% des participants qui semblent avoir les ressources nécessaires. Quand on regarde plus en détail sur la base de réponses sur échelle de mesure, ceci est confirmé pour la variable "information". En revanche en fin de programme il y a une différence dans la sensation d'avoir les outils/pistes nécessaires³⁶ : les membres du groupe A pensent moins souvent avoir les outils/pistes nécessaires que dans le groupe B.

Non seulement l'inversion des interventions comportementales et techniques a un effet sur la sensation de contrôle interne, mais les interventions successives ont également un impact (le facteur temps)³⁷, avec pour conséquence une convergence de tous les participants vers la sensation d'avoir suffisamment d'information et d'outils pour modifier leurs pratiques. Notons que certains biais ont pu amener les participants à exagérer leur réponse de sorte à aller dans le sens de l'interviewer (désirabilité sociale et biais d'acquiescence).

³⁵ Différence de rang confirmée par un test de Mann Whitney U=12,6 p<0,2

³⁶ Lors du questionnaire final (A6) nous avons mesuré les deux questions question sur une échelle à 10 points (ramenée ensuite à une donnée binaire). Groupe A : M=7,3 (σ= 1,3, N=6) / groupe B : M=8,5 (σ= 1,5, N=6) – cette différence de moyenne est confirmée par une ANOVA indique F(1;10) = 1,9 avec p<0,2

³⁷ Une ANOVA Factorielle en mesures répétées (Split-Plot) indique que la différence de score des participants dans le temps (intra-sujets) est significative au seuil 20% : Lambda de Wilks : F(1;9) = 2,5 avec p=0,15. Et que la différence de score entre groupes est également significative au deux moments : F(1;9) = 2,5, p<0,15.



4. Durabilité des gestes proposés – le participant a-t-il la liste des nouveaux gestes économes en tête ?

Dès l'intervention C1 et à diverses étapes du protocole nous avons présenté et travaillé sur la base d'une liste de gestes économes liés à l'ECS. En l'intervention C2 (A2) et le questionnaire final (A6) nous avons demandé aux participants s'ils avaient cette liste d'actions en tête, comme signal de l'appropriation, de l'assimilation et de l'implication dans la démarche d'expérimentation.

Nous avons posé la question suivante :

Q - Nous avons vu ensemble une liste de gestes permettant de réduire votre consommation d'eau chaude (et d'eau froide), liée à chaque fois à un degré d'effort. Avez-vous la sensation d'avoir cette liste en tête aujourd'hui ? O/N

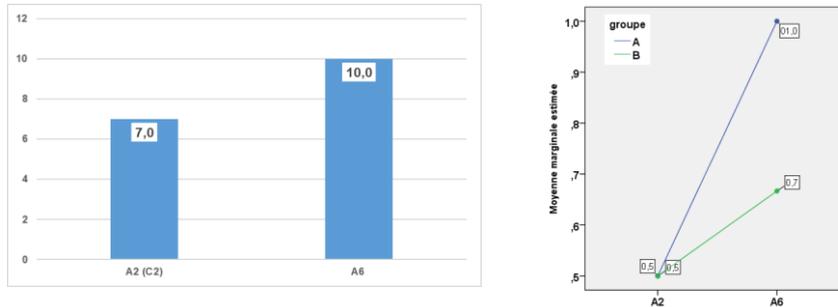


Figure 108 - Nombre de participants ayant la sensation d'avoir en tête la liste de nouveaux gestes proposés – somme sur l'échantillon total à gauche (N=13) et comparaison entre groupes (moyenne) à droite

Sur l'ensemble de l'échantillon, nous voyons que le nombre de participants ayant en tête la liste de gestes économes croît au cours du programme, passant de N=7 (sur 13) en C2 à N=10 (sur 12) en A6. Autrement dit en fin de programme les $\frac{3}{4}$ des participants ayant participé au dernier questionnaire indiquent avoir la liste de gestes proposés à l'esprit. Notre programme semble donc avoir été efficace pour intégrer ces gestes en mémoire des participants. Notons que certains biais ont pu amener les participants à exagérer leur réponse de sorte à aller dans le sens de l'interviewer (désirabilité sociale et biais d'acquiescence).

En comparant les groupes (inter-sujets) dans le temps (intra-sujets) : alors qu'en intervention C2 les deux groupes ont le même taux moyen, les deux groupes divergent en fin de programme : les membres du groupe A sont plus nombreux à avoir la liste en tête³⁸. Ce résultat, lié en première lecture à un enjeu de mémoire, peut en réalité être lié à de nombreux autres phénomènes clefs de notre protocole : plus grande implication dans l'expérimentation des gestes, plus forte manipulation du matériel, test des "bons plans" fournis, appropriation plus intense des gestes, etc.

Non seulement l'inversion des interventions comportementales et techniques a un effet sur la mémorisation des gestes économes proposés, mais les interventions successives ont également un impact (le facteur temps)³⁹, avec pour conséquence une plus grande assimilation des gestes proposés.

³⁸ Différence de rang confirmée par un test de Mann Whitney au seuil 15% - $U=12,0$ $p<0,15$. En revanche quand on regarde plus en détail les réponses sur échelle de mesure en A6 (nous avons mesuré la question sur une échelle à 10 points, recodée ensuite en binaire), cette différence n'est pas significative sur la base d'un test de Welch.

³⁹ Une ANOVA Factorielle en mesures répétées (Split-Plot) indique que la différence de score des participants dans le temps (intra-sujets) est significative au seuil 20% : Lambda de Wilks : $F(1;9) = 2,5$ avec $p=0,15$. Et que la différence de score entre groupes est également significative au deux moments : $F(1;9) = 2,5$, $p<0,15$.



En bref... (synthèse des résultats 6.1)

Avant intervention, l'usage de l'ECS est en priorité une question de confort et d'hygiène/santé dans l'esprit des répondants, puis de plaisir". C'est rarement une question environnementale. La participation au programme a eu tendance à accentuer la dimension "plaisir" dans l'usage du fluide. Le plaisir et le confort sont les registres majeurs pour parler d'ECS (QH1).

La participation au programme a tendance à augmenter l'appropriation de la question de l'ECS : la sensation globale augmente en moyenne au cours du programme et devient moins hétérogène au sein de l'échantillon. Ce résultat est surtout vrai quand on intervient d'abord sur la dimension technique, puis sur le comportement afin d'apporter des explications, sensibiliser et répondre aux interrogations (groupe B) (QH10).

La participation au programme augmente aussi le degré de compréhension du fonctionnement du CE (QH6bis), surtout pour le groupe A, mais ce degré est et reste très disparate entre les ménages. Le fait d'intervenir d'abord sur le plan comportemental semble avoir permis aux ménages de mieux assimiler l'information fournie lors des interventions techniques ultérieures, probablement en éveillant leur curiosité et en structurant leur capacité cognitive (QH10 et QH6bis).

En revanche le fonctionnement global de l'ECS (production, aduction, etc.) est moins clair en moyenne en fin de programme, sauf pour la plupart des ménages du groupe B pour qui le sujet devient de plus en plus clair après C1 et ce jusqu'à la fin du programme (sauf pour 1 ménage).

Du côté de l'expérimentation de l'ECS, les interventions comportementales ont tendance à inciter les participants à manipuler le matériel laissé et à réaliser des actions de suivi et de réglage technique (*aller voir le CE, relever le compteur ECS, surveiller les fuites, etc.*), notamment dans le groupe A.

Au final, nos interventions ont augmenté l'appropriation des participants vis-à-vis de l'ECS : perception globale (le sujet est intégré dans le quotidien), compréhension du fonctionnement du CE et manipulation du matériel et action de suivi/réglage technique. L'ordre des interventions a eu une influence : intervenir d'abord sur le plan technique puis comportemental permet une meilleure appropriation globale (compréhension, assimilation, manipulation, etc.) (QH10 et QH6bis).

Les entretiens menés spécifiquement sur les équipements "smart" et connectés nous apprennent que la visualisation de sa consommation représente la demande prioritaire des participants. Or cette attente ne semble pas avoir été satisfaite par les équipements smart proposés (Cotherm, Vizengo, Hydrao, etc.), même si la plupart des participants apprécient les équipements installés. Le principal frein est la nécessité d'utiliser du matériel digital et connecté (applications, web, télécommandes, etc.) pour effectuer les réglages et visualiser les données de mesure (consommation, température, énergie puisée, etc.) : ces actions devraient pouvoir s'effectuer avec des solutions à faible technologie et à partir de l'espace de vie, sans avoir à aller au CE pour le faire. Ce constat reste valable également pour les profils technophiles. Un accompagnement permettant une explication simple et répétée, et la manipulation de l'équipement avec le participant semble utile voire central pour assurer l'utilisabilité dans le temps et briser le cercle vicieux "*faible réglage → équipement peu utilisés → faible bénéfice perçu → faible réglage → etc.*"

Ainsi, les solutions techniques plus basiques (réducteurs de pression, jaquette sur CE et Hydrao) semblent en moyenne plus appréciés et intégrées que les solutions plus sophistiquées (Cotherm, Vizengo et Elios4you).

Le pommeau Hydrao, équipement central dans notre protocole par son potentiel sociotechnique, bénéficie d'une forte acceptabilité chez les participants. Mais ces derniers se désintéressent rapidement de l'équipement notamment car les seuils de couleur ne sont réglables que sur application smartphone, ce qui freine la plupart d'entre-eux. Ainsi l'équipement perd utilité car les couleurs changent trop vite ou pas assez. Cette adaptation doit être simplifiée.

La sensation de contrôle est centrale dans l'utilisabilité des équipements et dans l'effort à adopter un nouveau comportement, notamment quand ce dernier est soumis à d'importantes routines et habitudes comme c'est le cas de l'usage de l'ECS. Cette notion composite comprend divers facteurs :

- La **perception de difficulté à changer** ses pratiques augmente globalement au fil des interventions : les participants ont tendance à trouver cela de plus en plus difficile de changer globalement de pratiques, entre A0 (état des lieux initial) et A6 (questionnaire final). Une explication serait que la plupart des ménages ayant essayé d'adopter de plus en plus de nouvelles pratiques, ceci augmente la difficulté dans le temps. Mais à un niveau plus fin, l'effort perçu à réaliser chaque nouveau geste économe diminue en moyenne d'une intervention à l'autre.
- La participation au programme amène le groupe B à **percevoir un plus grande facilité** à expérimenter de nouveaux gestes / pratiques, et à les maintenir dans le temps : intervenir d'abord sur le plan technique puis comportemental semble donc limiter l'accroissement de la difficulté perçue (QH6).
- La sensation du participant que **le changement de pratiques ne dépend que de lui** (contrôle externe) est forte au moment de l'intervention C2, mais baisse ensuite en moyenne, principalement dû au groupe A. Le groupe B considère plus fortement que le changement de pratiques ne dépend que d'eux sans que cela ne chute en fin de programme, contrairement au groupe A. Une partie des participants réalisent en effet que le comportement de consommation des autres occupants est impactant et difficile à infléchir, notamment celui des enfants/adolescents, des invités et des colocataires. Certaines contraintes s'ajoutent à cela, comme les problèmes de santé qui requièrent de la consommation d'ECS.
- Notre expérimentation augmente aussi la sensation pour les participants **d'avoir l'information et les outils nécessaires** pour initier le changement de comportement (contrôle interne). En fin de programme tous les participants indiquent avoir suffisamment d'information et d'outils/pistes pour modifier leurs pratiques liées à l'ECS. Mais cela est davantage le cas des membres du groupe B, qui pensent davantage avoir les outils pour agir.
- Notamment, le nombre de participants ayant **en tête la liste de gestes économes** que nous avons proposée croît au cours des interventions, pour atteindre les ¾ en fin de programme. Ce dernier semble donc avoir été efficace pour intégrer ces gestes en mémoire des participants, et notamment dans le groupe A (plus grande implication dans l'expérimentation des gestes, plus forte manipulation du matériel, test des bons plans fournis, etc.) (QH6bis).

Les résultats du groupe B sont bien plus favorables au changement et maintiens de pratiques que le groupe A (appropriation, contrôle perçu, etc.) ce qui nous amènerait à **conseiller de mener d'abord des interventions techniques puis comportementales**, les deux ayant un rôle complémentaire dans le changement de pratiques (QH10 et QH6bis).



6.2. L'adoption de gestes économes et le changement de pratiques liés à l'ECS

6.2.1. Gestes expérimentés et intégrés dans les pratiques – nombre, ratios et profils de ménages

1. La liste des gestes économes proposés

Une liste de 25 actions économes a été proposée aux participants en intervention C1 (cf. Tableau 13). Cette liste comprend :

- Des actions relevant de gestes isolés et circonscrits (ex. *placer le mitigeur côté "froid" après usage*)
- Des actions assimilées à des "pratiques", qui concernent un ensemble de gestes associés à leur dimension psychologique, sociale et contextuelle.
- Des choix techniques (**en bleu**), tels que "*choisir un robinet économe lors du prochain achat*".
- Des gestes liés à l'usage de l'eau froide. En effet, ces usages sont revenus de manière récurrente dans les échanges préliminaires. De plus, l'utilisation de l'eau froide et de l'ECS semblent difficilement dissociables dans l'esprit d'un grand nombre de participants. Nous avons donc proposé 5 gestes liés à l'eau froide (**en orange**), qui permettent d'appréhender l'usage de l'eau dans une approche plus globale.

Par soucis de simplicité nous emploierons le terme "geste" pour évoquer ces 25 nouvelles actions proposées.

Tableau 13 – La liste des gestes économes proposés

Catégorie	Description du geste	Description abrégée
Douches / baignoires	1. Remplacer les bains par des douches	Remplacer bains
	2. Supprimer une douche par semaine	Supprimer douche
	3. Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse)	Douche <5min
	4. Couper l'eau pendant le savonnage	Couper eau savonnage
Usages des robinets (lavabo, évier, etc.)	5. Ne pas laisser couler l'eau	Pas laisser couler l'eau
	6. Toujours placer le mitigeur côté froid après utilisation	Mitigeur placé côté froid
	7. Se laver les mains et visage à l'eau froide (la toilette)	Laver main / visage eau froide
	8. N'appeler l'eau chaude qu'en cas de besoin important (distinguer les usagers et besoins)	Appeler ECS volontairement
	9. Conserver (ou changer) les mousseurs/réducteurs de débit aux divers robinets [que pour GpA]	Mousseurs / réducteurs
	10. Choisir des robinets efficaces (au moment de les changer) : mitigeur classe C3, mélangeur ou thermostatique	Robinetts efficaces
Entretien (linge, vaisselle, lave-linge, ménages)	11. Utiliser le lave-vaisselle plutôt que la vaisselle à la main, mais en pleine charge et avec un programme eco	Préférer LV (chargé eco)
	12. Eviter de rincer la vaisselle avant de la mettre au lave-vaisselle	Ne pas rincer vaisselle avant LV
	13. Vaisselle à la main : ne pas laisser couler l'eau au fil de l'eau / utiliser bacs de l'évier ou des bassines (pour un 1er et 2ème rinçage) / utiliser de l'eau froide et du liquide vaisselle (pour dégraisser), sauf poêles très graisseuses	Optimiser vaisselle à la main
	14. Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30° (en ajoutant une noix de lavage et une lessive adaptée)	LV eco et < 40°
	15. Ménage : utiliser de l'eau froide pour le sol	Ménage à froid
	16. Si changer lave-vaisselle, prendre un catégorie A+ avec fonction économique	LV catégorie A+
CE	17. Eteindre le CE lors d'une absence supérieure à 2-4 jours (selon la saison)	Eteindre CE absence
	18. Régler le CE entre 50 et 55°C	Temp CE 50-60°
	19. Positionner le CE aux heures creuses (si votre contrat d'électricité le permet) ou avec un programmateur	CE sur HP/HC
	20. Faire détartrer le CE au moins tous les 3 ans	Détartrer CE
	21. Au moment de changer le CE ... investir pour de la qualité : antitartre, etc.	Acheter CE de qualité
Eau froide	22. Repérer les fuites ex : WC avec feuille papier ou pastilles colorantes	Repérer fuites
	23. Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC	Double chasse d'eau
	24. Récupérer l'eau de pluie pour arrosage et lavage voiture	Récup eau pluie
	25. Installer un réducteur de pression à l'entrée du circuit d'eau froide (si la pression est forte)	Réducteur pression

2. Proportions de gestes adoptés/ancrés et dynamique d'ancrage – Analyse par logement

Nous avons recueilli les gestes associés à chaque logement. Le Tableau 15 présente, pour chaque logement :

- (1) Le nombre de gestes déjà réalisés avant notre intervention (début d'intervention C1) (1^{ère} colonne);
- (2) Le nombre de gestes expérimentés entre C1 et le bilan intermédiaire (A3) en plus de ceux déjà réalisés (2^{ème} colonne);
- (3) Le nombre de gestes intégrés dans les pratiques (parmi les nouveaux gestes) car maintenus entre le bilan d'effort intermédiaire (A3) et le questionnaire final (A6), soit pendant environ 6 mois. (3^{ème} colonne)

Avant programme, les participants effectuaient déjà en moyenne 6 des 25 gestes économes proposés. La totalité des participants ont essayé de nouveaux gestes au cours des 2 interventions C1 et C2. Trois participants ont expérimenté un faible nombre de nouveaux gestes par rapport à ceux déjà opérés (log 7, 17 et 19), principalement des personnes qui anticipaient un faible ratio "bénéfice/effort" notamment du fait de penser qu'elles font déjà beaucoup d'effort. **Les autres ménages ont essayé autant voire plus de gestes que déjà effectués avant programme**, avec un facteur 2, 3 voire 14. C'est le cas du logement 11, qui ne réalisait qu'un seul des gestes proposés, et qui en a essayé 14 sur 25 après l'intervention C1.

Il est important de relier ce résultat au point de référence des ménages. Nous observons ici encore que **les ménages ayant déjà des pratiques sobres semblent moins enclins que les autres, en tendance, à essayer de nouveaux gestes**. En effet il existe une relation inverse entre la pratique économe du ménage (nombre de gestes déjà réalisés) et le nombre de nouveaux gestes expérimentés ($R=-0,41$; $p=0,14$).

L'autre niveau d'analyse concerne la **durabilité des nouveaux gestes expérimentés** et leur ancrage dans les pratiques de consommation d'ECS (nommés "**gestes intégrés, ancrés ou maintenus**"). Tous les participants ont intégré au moins un nouveau geste, avec en moyenne 4,3 gestes intégrés. **La plupart des participants ont intégré entre 30 et 70% des nouveaux gestes expérimentés.** Le ménage 8 a quasiment intégré les 9 nouveaux gestes qu'il a expérimentés (100%) et le ménage n°11 a intégré 11 des 14 nouveaux gestes expérimentés (80%).

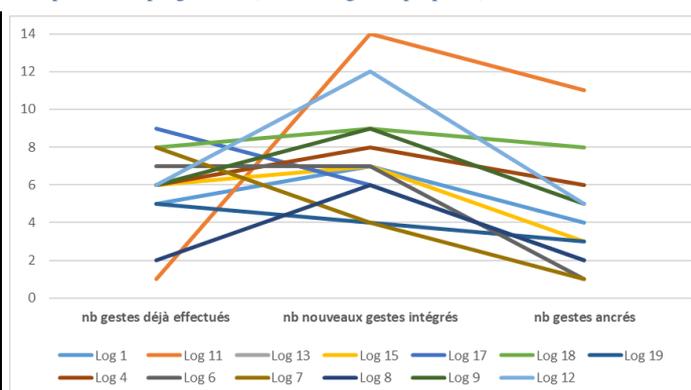
Tableau 14 - Relations entre le nombre de gestes réalisés, testés et ancrés (corrélations bivariées de Spearman)

	nb de nouveaux gestes expérimentés	nb de gestes à priori intégrés
Nb de gestes déjà effectués avant programme	R= - 0,41*	R= - 0,39*
Nb de nouveaux gestes expérimentés	-	R= 0,82***

*p<0,2 *** p<0,001 / N=12

Tableau 15 - Nombre de nouveaux gestes expérimentés et ancrés pendant le programme (sur les 25 gestes proposés)

	nb de gestes déjà réalisés avant intervention	nb de nouveaux gestes expérimentés	nb de gestes intégrés (ancrés)
Log 1	5	7	4
Log 11	1	14	11
Log 13			
Log 15	6	7	3
Log 17	9	6	3
Log 18	8	9	8
Log 19	5	4	3
Log 4	6	8	6
Log 6	7	7	1
Log 7	8	4	1
Log 8	2	6	2
Log 9	6	9	4
Log 12	6	12	5
Moy	5,8 (σ=2,3)	7,8 (σ=2,9)	4,3 (σ=2,9)



Proportions de gestes déjà réalisés, expérimentés et intégrés

En toute logique, plus le ménage adopte de nouveaux gestes, plus forte est la probabilité qu'il en intègre un certain nombre⁴⁰. Mais par rebond, le nombre de gestes expérimentés et ancrés dépend du nombre de gestes que la personne / le ménage réalisait déjà avant le programme (état initial). En effet dans les gestes expérimentés nous ne comptabilisons que ceux que la personne/son ménage ne réalisait pas encore, et les gestes ancrés concernent sous-partie de ces nouveaux gestes. De ce fait, et par construction, les gestes qui étaient déjà effectués par un certain nombre de ménages ne sont pas souvent expérimentés et de fait pas intégrés (maintenus).

Ainsi nous raisonnons par ratio (cf. Figure 109) :

- Le ratio "nombre de nouveaux gestes expérimentés / nombre de gestes déjà effectués" peut prendre n'importe quelle valeur entre 0 et 25 (le nombre maximum de nouveaux gestes proposés).
- Le ratio "nombre de gestes ancrés / nombre de gestes expérimentés" est compris entre 0 et 1.

Certains participants ont un ratio "gestes expérimentés / déjà réalisés" élevé, indiquant un passage à l'acte important. Ce sont des personnes qui réalisaient initialement peu de gestes économes et qui en ont expérimenté un nombre significatif, parfois 2 ou 3 fois plus qu'initialement (log 11, 12 et 8). D'autres participants présentent un passage à l'acte positif mais avec un nombre de nouveaux gestes à peu près équivalent au nombre de gestes déjà réalisés, et donc un effort moyen par rapport à la situation initiale (log 1, 15, 18, 4 et 9). Enfin certains participants ont réalisé peu d'effort et ont introduit peu de nouveaux gestes, dans une proportion bien inférieure à leur habitudes (log 17, 19, 6 et 7). Ce sont essentiellement des personnes qui réalisent déjà un grand nombre de gestes, ce qui réduit la portée relative de leur effort à réaliser de nouveaux gestes.

Les ménages ayant un fort ratio "gestes expérimentés / gestes déjà réalisés" en ont ancré une proportion moyenne, à savoir 30 ou 40% (log 8 et 12), si ce n'est le log 11 qui a quasiment tout intégré. En revanche les 5 ménages ayant expérimenté un nombre moyen de nouveaux gestes (rapport autour de 1) en ont ancré une grande partie, à savoir entre 60% et 90% (log 1, 4, 9, 18 et 19). Les ménages ayant expérimenté une faible proportion de nouveaux gestes les ont, en général, peu maintenus dans le temps (log 6, 7 et 17), ce qui est dû en partie à la construction des variables (les gestes maintenus sont forcément expérimentés). **Le meilleur ratio d'intégration des gestes expérimentés concerne ceux ayant adopté un nombre moyen de gestes, ils constituent donc une cible majeure des programmes de sensibilisation.**

Le fait que les ménages peu économes ayant fait un effort significatif vis-à-vis de leurs pratiques initiales ont souvent maintenus qu'une faible proportion de gestes pourrait s'expliquer soit par (1) un retour aux habitudes, (2) une difficulté à maintenir les efforts ou (3) un biais déclaratif. Ce dernier amène les personnes à surestimer à l'oral les efforts effectifs réalisés. Notons que lors du questionnaire final les surestimations devraient être inférieures, du fait du mode d'administration web ou téléphone, sans face-à-face avec le chercheur, ce qui réduit les biais de bienveillance, d'acquiescence et de désirabilité sociale.

⁴⁰ (R=0,82 / p=0,001). Ceci s'explique aussi par la construction des scores puisque les gestes ancrés sont forcément expérimentés



Tableau 16 - Ratios liant les gestes déjà réalisés, expérimentés et intégrés

	Ratio "nombre de gestes expérimentés / réalisés" [0;15]	Ratio "nombre de gestes maintenus / expérimentés" [0;1]
Log 1	1,4	0,6
Log 11	14,0	0,8
Log 13		
Log 15	1,2	0,4
Log 17	0,7	0,3
Log 18	1,1	0,9
Log 19	0,8	0,8
Log 4	1,3	0,8
Log 6	1,0	0,1
Log 7	0,5	0,3
Log 8	3,0	0,3
Log 9	1,5	0,6
Log 12	2,0	0,4

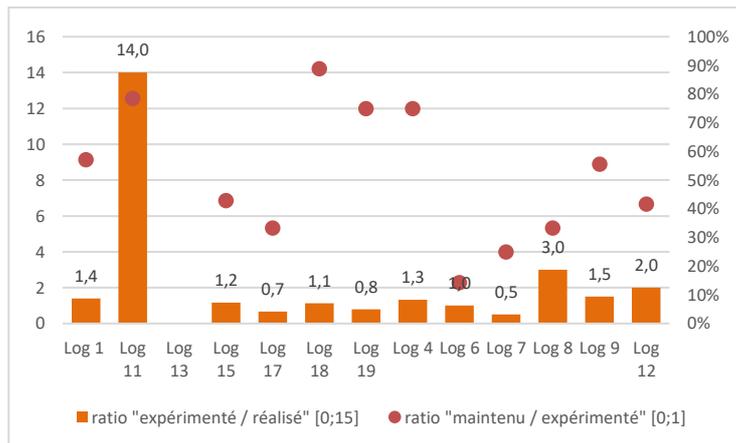


Figure 109 - Proportion de nouveaux gestes et gestes ancrés (maintenus)

Notons que 5 des 13 logements ont un nombre de gestes adoptés qui ne fait qu'augmenter au fil des interventions, 5 ont un nombre à peu près stable, et 3 présentent un nombre qui baisse. **Ainsi dans un certain nombre de cas, l'adoption de gestes en 1^{ère} étape permet bien d'accroître la réalisation d'autres gestes.**

3. Impact des interventions sur le nombre de gestes expérimentés et ancrés

Le nombre de gestes avant intervention (déjà effectués par les participants) est quasiment égal en moyenne entre les deux groupes expérimentaux (différence non significative), une des conditions initiales essentielles de l'expérimentation (cf. p.85).

Le nombre de nouveaux gestes expérimentés en cours de programme est également très similaire entre les deux groupes (différence non significative). Ainsi l'ordre des interventions techniques et comportementales n'a pas eu d'impact sur le passage à l'action des participants, et donc sur leur propension à faire des efforts effectifs afin de tester de nouveaux gestes.

En revanche cet ordre a eu un impact sur l'intégration des changements (gestes que les participants continuent de réaliser entre la dernière intervention et le questionnaire final) puisque nous observons significativement plus de gestes ancrés dans le temps dans le groupe A que dans le groupe B⁴¹. Autrement dit **le fait d'intervenir d'abord sur les comportements et usages puis sur la technique a permis aux participants d'ancrer plus facilement les changements de pratiques que l'inverse.**

Tableau 17 - Evolution du nombre de gestes expérimentés et ancrés dans les habitudes - comparaison de moyenne entre groupes A et B

GP	Nb gestes déjà réalisés	Nb gestes expérimentés	Nb gestes ancrés
A	5,67	7,83	5,17
B	5,83	7,67	3,33
M	5,75	7,75	4,25

Point	GP A	GP B
nb gestes déjà effectués	5,67	5,83
nb gestes expérimentés	7,83	7,67
nb gestes ancrés	5,17	3,33

4. Profil des ménages les plus disposés à adopter et à intégrer de nouveaux gestes économes

Si nous comparons le profil des ménages selon leur propension à adopter de nouveaux gestes (ratio "expérimenté/déjà effectué"), nous voyons que les ménages/participants qui adoptent le plus de nouveaux gestes ont tendance à avoir une appétence pour la technique mais une faible appétence pour la technologie, et à considérer leur ménage comme petit consommateur d'ECS (auto-perception)⁴².

Si nous comparons le profil des ménages selon leur propension à ancrer les gestes expérimentés (ratio "ancré/expérimenté"), nous voyons que les ménages/participants qui intègrent le plus de gestes ont tendance à avoir un plus grand nombre d'occupants, et de fait être des familles, avec un revenu élevé, être jeune avec une appétence pour la technique et la qualité⁴³.

Cette analyse en relatif effectuée à partir de ratios, qui tiennent compte de la situation de référence du ménage, peut être complétée en considérant le nombre de nouveaux gestes adoptés et ancrés de manière absolue. Des variables supplémentaires viennent alors s'ajouter au précédentes pour discriminer les ménages.

⁴¹ Différence de moyenne confirmée par une ANOVA : $F(1;10) = 3,6 / p=0,08$

⁴² Pour mener cette analyse nous avons regroupé les ménages en deux groupes, selon leur ratio "expérimenté/déjà effectué" (ratio faible ou moyen $<1,2$ et ratio fort $>1,2$) puis avons mené un test non paramétrique de Mann Withney sur les variables de profil. Nous n'exposons ici que les variables qui démontrent une différence de rang significative ($p<0,2$), et qui permettent donc de discriminer de manière solide les deux groupes de ménages.

⁴³ Pour mener cette analyse nous avons regroupé les ménages en deux groupes, selon leur ratio "ancré/expérimenté" (ratio faible ou moyen $<0,6$ et ratio fort $>0,6$) puis avons mené un test non paramétrique de Mann Withney sur les variables de profil. Nous n'exposons ici que les variables qui démontrent une différence de rang significative ($p<0,2$), et qui permettent donc de discriminer de manière solide les deux groupes de ménages.



- Les ménages/participants qui adoptent le plus de nouveaux gestes ont tendance à avoir un fort taux d'occupation journalier (R=0,40; p=0,15), un revenu élevé (R=0,54; p=0,07) et une appétence pour la performance (R=0,76; p=0,004).
- Les ménages/participants qui intègrent le plus de gestes expérimentés ont tendance à avoir une appétence pour la performance (R=0,38; p=0,04).

Au final, les démarches de sensibilisation et d'accompagnement au changement de pratiques d'ECS devraient se focaliser en priorité sur les ménages avec un fort taux d'occupation (familles) et à revenu moyen/élevé, dont le référent est plutôt jeune, a une appétence pour la qualité, la performance et la technique mais pas pour la technologie, et considère son ménage comme économe (petit consommateur d'ECS).

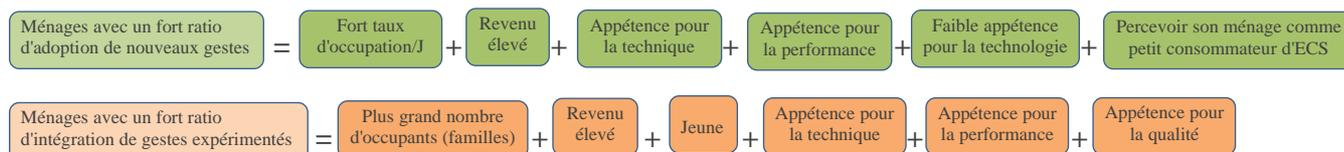


Figure 110 - Les ménages qui adoptent et intègrent le plus de nouveaux gestes économes - caractéristiques des participants et de leur ménage

Remarques importantes

- Ce qui compte est bien la perception du référent quant à la consommation de son ménage, puisque la donnée objective de consommation d'ECS initiale du ménage n'est pas discriminante.
- L'adoption de nouveaux gestes a tendance à être supérieure pour les participants plus âgés (différence non significative), alors que l'ancrage des pratiques semble plus aisé pour les référents jeunes. Ainsi il semblerait important d'alterner entre ces deux types de référents pour séquencer les interventions : prioriser les actions de sensibilisation sur des ménages dont les référents sont âgés, puis accompagner les référents plutôt jeunes pour qu'ils ancrent leurs pratiques.
- **L'engagement écologique** (nombre d'actions à caractère environnemental réalisées fréquemment par le ménage) **n'est pas significatif pour discriminer l'adoption durable de nouveaux gestes économes liés à l'ECS.**

6.2.2. Description des actions économes adoptées/ancrées – le rôle de l'effort perçu

1. Liste des gestes économes observés pendant l'étude

Le Tableau 18 ordonne les gestes et pratiques observés pendant le programme en 3 catégories⁴⁴ : (1) les gestes déjà effectués initialement par les ménages participants; (2) les nouveaux gestes qui ont été expérimentés en cours de programme; (3) Les gestes qui ont été maintenus jusqu'à la fin du programme, et qui sont les plus susceptibles d'être ancrés dans les habitudes.

Tableau 18 - Liste des gestes économes déjà pratiqués, expérimentés au cours du programme et ancrés après nos interventions

Fréquence du geste	Gestes déjà pratiqués avant le programme
Gestes qui étaient déjà réalisés par plus de la moitié des participants (N> 6 / > 50%)	<ul style="list-style-type: none"> • Couper l'eau pendant le savonnage; • Ne pas laisser couler l'eau (robinets); • Utiliser son lave-linge en mode éco < 40°; • Installer une double chasse d'eau; • Mettre le CE sur heures pleines/creuses (HP/HC);
Gestes moyennement intégrés avant programme par environ 1/3 des participants (N= 3 à 6 / 20 à 50%)	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir un CE efficace au prochain remplacement; • Ne pas rincer la vaisselle avant de mettre au lave-vaisselle (faire baigner dans une bassine ou utiliser une casserole sale de l'évier); • Repérer les fuites d'eau; • Préférer le lave-vaisselle bien chargé et en mode eco plutôt que la vaisselle à la main au fil de l'eau; • Remplacer des bains par des douches;
Gestes rarement intégrés par les participants avant programme (N<3 / <20%)	<ul style="list-style-type: none"> • Supprimer une douche par semaine, se laver les mains et visage à l'eau froide, installer des mousseurs/réducteurs de pression, optimiser ses pratiques de vaisselle à la main ou régler le CE entre 50 et 60°C; • Installer un réducteur de pression à l'entrée du circuit d'eau; Installer un système de récupération d'eau de pluie; N'appeler l'ECS que volontairement en fonction du besoin et non par automatisme; Prendre des douches en moins de 5 min; Eteindre le CE en cas d'absence supérieure à 2 ou 3 nuits; Placer le mitigeur côté froid; Détartre le CE; • Choisir un robinet efficace/économe lors du prochain remplacement, ainsi qu'un lave-vaisselle classe A+; faire le ménage à l'eau froide

⁴⁴ Rappelons que même s'ils sortent du périmètre d'étude, nous avons proposé ces gestes afin d'offrir une vue globale de l'usage de l'eau et de rendre l'approche cohérente aux yeux des participants qui ont souvent du mal à distinguer les deux types d'usage (eau froide et ECS). Notons que le changement de CE est biaisé puisque tous les participants venaient de bénéficier d'un nouveau CE dans le cadre du programme



Fréquence du geste	Gestes expérimentés pendant le programme
Gestes expérimentés par plus de la moitié (7 à 8 ménages sur 13)	<ul style="list-style-type: none"> Prendre sa douche en moins de 5min Installer des mousseurs-réducteurs de pression Placer le mitigeur côté froid Eteindre le CE lors d'une absence
Gestes expérimentés par moins de la moitié (5 ou 6 ménages sur 13)	<ul style="list-style-type: none"> Supprimer une douche par semaine Choisir des robinets efficaces lors du prochain remplacement Contrôler la température de consigne du CE entre 50 et 55° Repérer les fuites d'eau Choisir un lave-vaisselle A+ lors du prochain achat
Gestes expérimentés par moins de ¼ (4 ménages ou moins sur 13)	<ul style="list-style-type: none"> Se laver les mains/visage à l'eau froide Ne pas rincer la vaisselle avant le lave-vaisselle Optimiser la vaisselle à la main (bassines, récupérer l'eau, etc.) Détartre le CE
Fréquence du geste	Gestes ancrés grâce au programme (changement durable)
Gestes ancrés par au moins ¼ de l'échantillon	<ul style="list-style-type: none"> Contrôler la température de consigne du CE entre 50 et 60° Choisir des robinets efficaces lors du prochain remplacement Eteindre le CE lors d'une absence Remplacer des bains par des douches Prendre sa douche en moins de 5min Ne pas laisser couler l'ECS Lave-linge en mode éco < 40°
Gestes peu ancrés (expérimentés mais qui ne se sont pas forcément maintenus)	<ul style="list-style-type: none"> Supprimer une douche Utiliser de préférence le lave-vaisselle en pleine charge et en mode éco (plutôt vaisselle au fil de l'eau) Ménage à l'eau froide Acheter un CE de qualité lors du prochain remplacement Installer une double chasse d'eau Installer un système de récupération d'eau de pluie
Gestes non ancrés en fin de programme (même si certains ont été expérimentés en cours de programme)	<ul style="list-style-type: none"> Placer le mitigeur côté froid Se laver main et visage à l'eau froide Appeler l'ECS volontairement / Ne pas rincer la vaisselle avant le lave-vaisselle Remplacer le LV par un modèle de catégorie A+ Détartre le CE Installer un réducteur pression à l'entrée du circuit Optimiser la vaisselle à la main Placer le CE sur HP/HC Repérer les fuites

2. Les actions de nature technique qui ont été expérimentées (hors gestes proposés)

Au-delà de la liste des gestes économes qui ont été proposés, nos interventions ont amené les participants à réaliser des actions de nature plus technique, qui ne sont pas directement reliées à une pratique économe. Elles ont été saisies par la question suivante (lors du questionnaire final A6 - aout 2020) :

Q - Quels nouveaux gestes "techniques" réalisez-vous depuis votre implication dans le projet ? En plus de la liste des 25 gestes économes proposés

Les gestes de nature technique les plus fréquemment adoptés sont de se renseigner davantage sur les factures d'eau froide et d'électricité, puis sensibiliser les autres occupants du ménage. Les autres actions techniques ne sont pas souvent réalisées, comme aller voir son compteur d'ECS, utiliser le sablier douche ou surveiller les débits.

Tableau 19 - Fréquence des actions de nature technique réalisées par les participants suite à nos interventions (questionnaire final A6)

	Aller voir mon compteur d'ECS sur CE	Suivre et noter ma conso d'ECS	Prendre connaissance de mes factures d'eau froide	Prendre connaissance de mes factures d'électricité	Utiliser le sablier douche (avec ventouse)	Surveiller les débits des robinets (avec l'outil de mesure qu'on m'a laissé)	Sensibiliser/impliquer d'autres occupants du ménage	Évoquer le sujet/sensibiliser des personnes extérieures au ménage (amis, etc.)
Action réalisée	1	2	6	8	3	3	4	4
Action non réalisée	11	10	6	4	9	9	8	8

N=12 (1 participant n'a pas répondu au questionnaire)

Il est intéressant de regarder de près l'évolution de l'intérêt des participants vis-à-vis des factures et du suivi de la consommation. La consommation d'eau froide est rarement connue initialement (N=1 sur 13 en A0), et augmente au fur et à mesure du protocole (N=3 sur 13 en A6). Les participants s'intéressent davantage à la facture d'eau froide (N=5 sur 13 en A1) qu'à la consommation d'eau froide en soi. Ils connaissent davantage leur facture d'électricité (N=7 sur 13, > 50%). En revanche **aucun participant ne connaît sa consommation d'ECS, que ce soit en C1 ou en fin de programme (A6)**, et ce malgré les informations fournies et les équipements/dispositif de notre protocole offrant des informations sur cette consommation (thermostat connecté, pommeau Hydroao, etc.). Nous avons vu qu'une des principales raisons est le fait que le CE soit en général isolé dans le logement, ce qui réduit la construction de routines et de plaisir à aller visiter le CE. Il semble donc plus utile d'amener les répondants à déduire la consommation d'ECS des factures d'eau froide et d'électricité, même si l'information reste approximative.



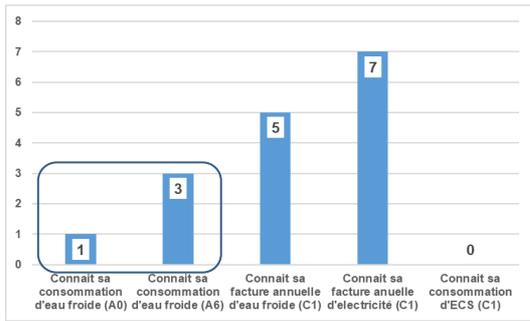
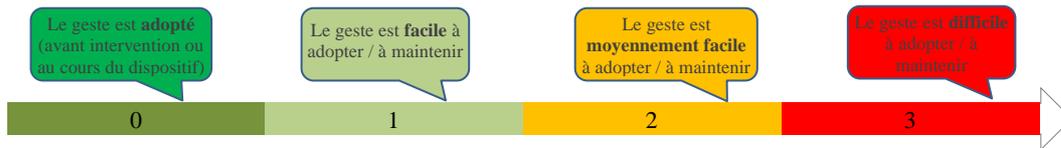


Figure 111 - Evolution de l'intérêt des participants pour les factures et indices de consommation

3. La dynamique d'ancrage des nouveaux gestes économes dans les pratiques selon la nature du geste et l'effort perçu associé - Analyse geste par geste (tout ménage confondu)

L'effort que le participant pense devoir faire pour adopter de nouveaux gestes/pratiques, nommé "effort perçu", est un déterminant du changement de comportement et d'habitudes. Nous supposons dans cette étude que cet effort perçu est lié à la sensation de contrôle sur l'action et de bénéfice personnel qui dépend à son tour de la satisfaction des diverses motivations individuelles et des résultats espérés par le participant. La perspective d'un faible bénéfice personnel réduit l'incitation à faire un effort pour agir, ce qui est accentué par l'intensité des habitudes.

A chaque geste est attribué un niveau d'effort tel qu'il est perçu par le répondant, à l'aide d'un score de 0 à 3 : un score élevé indique un effort perçu important. Les analyses liées à la notion "d'effort perçu" portent sur un score compris entre 1 et 3 – le score 0 concerne les gestes adoptés, et donc l'effort effectif



Les résultats produits ici démontrent que **la dynamique d'adoption des gestes économes et d'ancrage dans les pratiques dépend de l'effort que le participant associe au geste.**

La Figure 112 suggère que les gestes déjà effectués par un grand nombre de participants (points verts en haut de la figure) ont tendance à être vus comme nécessitant un effort modéré. Cela soutient la pertinence des déclarations réalisées.

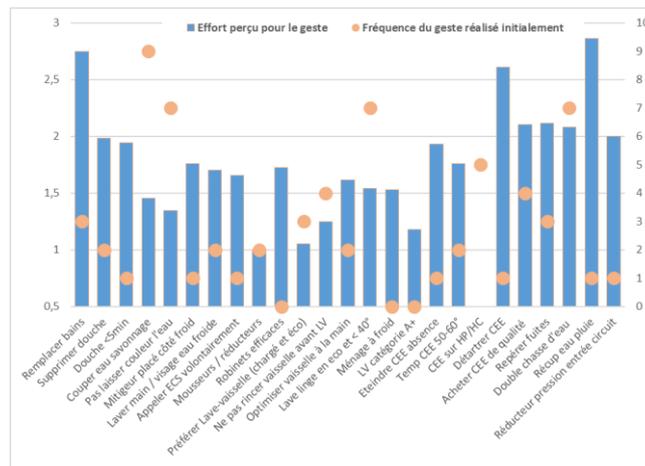


Figure 112 – Pour chaque geste, relation entre l'effort perçu et la fréquence avec laquelle il était déjà réalisé avant programme

Nous observons un lien également entre la perception d'effort et le fait d'expérimenter un geste. Il est rare de voir un geste perçu comme difficile qui a été souvent adopté. **Les gestes les plus expérimentés sont aussi perçus comme les moins difficiles** (cf. Figure 113). Mais nous devons relier ce résultat à l'efficacité du geste, dont l'impact sur la consommation varie d'un geste à l'autre (cf. p.126). Cette efficacité relative devrait influencer le jugement de l'utilisateur quant à l'impact de ses efforts, qui l'orientent vers les gestes ayant le plus d'effet sur la consommation et les factures.



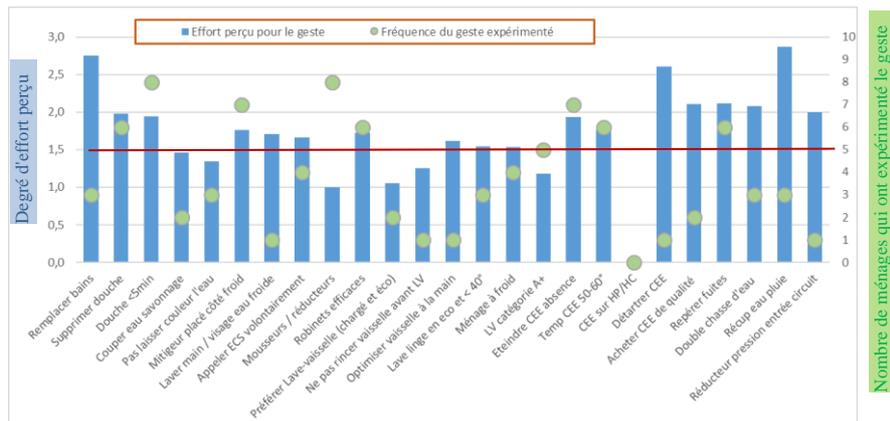


Figure 113 – Pour chaque geste, relation entre l'effort perçu et la fréquence d'adoption en cours de programme (lien effort/action)

Le Tableau 18 indique que les gestes et choix techniques **les plus souvent ancrés** sont (1) ceux sur lesquels les participants peuvent avoir facilement un contrôle, tel que le remplacement d'équipements; (2) les usages des douches et baignoires, et (3) les **mesures anti-gaspillage, qui semblent les mieux intégrées**. Plusieurs raisons ont été recueillies pendant le programme : l'héritage des valeurs d'après-guerre, les campagnes de sensibilisation, la visibilité directe du gaspillage et enfin le lien direct entre le geste et son efficacité.

Les gestes **moins souvent ancrés** (1) ne présentent pas de lien clair entre effort et résultat (*mettre le mitigeur côté froid*); (2) impliquent plusieurs actions conjointes ou par jour, et concernent donc un ensemble de gestes routiniers qui requièrent des changements d'organisation et de pratiques (*changer sa façon de faire la vaisselle à la main*); (3) concernent des choix techniques plus impactant en terme de budget, temps et/ou compétences⁴⁵; (4) sont du domaine du plaisir et de l'hygiène (douche).

Pour clarifier le lien entre effort et adoption/maintien, nous pouvons séparer la liste des gestes en 2 catégories (hors actions essentiellement techniques - T) :

- (1) Les gestes isolés, courts et répétés quotidiennement (I) (ex. *placer le mitigeur côté froid, faire sa toilette à l'eau froide, n'appeler l'ECS qu'en cas de besoin, etc.*)
- (2) Les gestes composés, moins fréquents et qui relèvent davantage d'une pratique (C) (ex. *remplacer un bain par une douche, changer sa façon de faire la vaisselle, etc.*).

Cette distinction est notifiée dans la 5^{ème} colonne du Tableau 20. Les tests indiquent une différence d'effort perçu entre ces deux catégories de gestes (U=19 avec p=0,15 / isolés : M=1,59 sur 3, N=5 et $\sigma=0,18$ / composés : M=1,89 sur 3, N=12, $\sigma=0,54$) : **les gestes composés sont perçus comme étant plus difficiles à réaliser**.

Il n'y a pas de différence significative concernant le nombre de gestes expérimentés entre ces deux catégories, mais nous observons une différence concernant le nombre de gestes ancrés entre les deux catégories (U=19,5, P=0,17) : la catégorie des actes isolés sont moins ancrés (M=1,4; N=5 et $\sigma=0,89$) que la catégorie des actes composés (M=2,0 N=12, $\sigma=1,2$). Autrement dit, **les gestes plutôt isolés et répétitifs sont perçus par les participants comme requérant moins d'effort mais sont moins souvent ancrés que les gestes composés**. Ces derniers sont réalisés moins fréquemment et associent des pratiques au-delà du geste, mais une fois expérimentés ils sont plus souvent intégrés dans les routines quotidiennes.

Cette catégorisation entre gestes isolés/répétitifs et composés/ponctuels⁴⁶ se retrouve dans la classification des actions selon leur degré d'effort perçu (cf. Figure 114) :

- Les gestes qui requièrent **le moins d'effort perçu** selon les cibles (verte) sont : (1) du registre du non-gaspillage (*couper l'eau pendant le savonnage, ne pas laisser couler l'eau, ne pas rincer la vaisselle avant le lave-vaisselle, etc.*) (2) de nature technique mais simples à réaliser de nos jours (*choisir un lave-vaisselle classe A+ au prochain remplacement ou installer des mousseurs/réducteurs de pression aux robinets, contrôler la température de consigne du CE entre 50 et 60° et choisir des robinets efficaces lors du prochain remplacement*). Cette 1^{ère} catégorie fait écho aux gestes "isolés, courts et répétés quotidiennement".
- Les gestes qui requièrent **le plus d'effort** selon les cibles (rouge ou orange) sont ceux (1) liés à l'eau froide avec une dimension technique (*installer un réducteur de pression à l'entrée du réseau domestique, récupérer l'eau de pluie, repérer les fuites et installer une double chasse d'eau*), (2) liés à l'ECS avec une forte dimension technique et peu courants (*départir*

⁴⁵ Les gestes rarement ancrés sont de deux natures : 1) ils n'ont pas été maintenus dans le temps au cours du protocole 2) ils n'ont pas été adoptés pendant le programme (sont souvent déjà réalisés ou pas expérimentés) et ne peuvent pas de ce fait être ancrés. En effet, rappelons que par construction un geste expérimenté ne peut pas être déjà réalisé par le participant. Ainsi les gestes qui sont fréquemment réalisés avant intervention ne sont pas souvent expérimentés. En revanche un geste qui n'est pas souvent réalisé peut être fréquemment expérimenté ou pas. Par ricochet les gestes maintenus dépendent de ceux expérimentés en cours de programme. Ainsi un geste rarement expérimenté car déjà souvent réalisé aura également une faible fréquence d'ancrage.

⁴⁶ Nous rappelons que la liste des 25 gestes économes proposés comprend des gestes courts et routiniers (ex. *éteindre l'eau en se savonnant*), des pratiques plus larges (*optimiser la vaisselle à la main*) et enfin des actions plus techniques (*choisir un robinet économe lors du prochain achat, départir le CE tous les 3 ou 4 ans, etc.*).



régulièrement son CE, en choisir un de qualité lors du prochain remplacement, éteindre le CE en cas d'absence prolongée); (3) liés à des usages source de plaisir et d'hygiène-santé (remplacer bain par douche, supprimer une douche, en prendre en moins de 5min). (4) répétés et qui exigent une attention permanente (placer le mitigeur côté froid, se laver les mains et visage à l'eau froide et n'appeler l'ECS volontairement qu'en cas de besoin); et (5) qui imposent une nouvelle organisation (modifier sa façon de faire la vaisselle à la main et faire le ménage à l'eau froide).

Cette 2nde catégorie fait écho aux gestes "composés, moins fréquents et qui relèvent davantage d'une pratique". Elle concerne des gestes liés à des routines et requérant une compétence technique, du temps et/ou un contrôle sur l'action.

Tableau 20 – Pour chaque nouveau geste proposé : score d'effort perçu / fréquence d'adoption initiale, pendant le programme et d'ancrage (échantillon total)

Catégorie	Description des 25 gestes proposés	Description abrégée	Effort perçu moyen*	Geste isolé (I), composé (C) ou technique (T)	Fréquence geste réalisé initialement**	Fréquence geste expérimenté	Fréquence geste ancré
Douches / bains	1. Remplacer les bains par des douches	Remplacer bains	2,75	C	3	3	3
	2. Supprimer une douche par semaine	Supprimer douche	1,98	C	2	6	2
	3. Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse)	Douche <5min	1,94	C	1	8	3
	4. Couper l'eau pendant le savonnage	Couper eau savonnage	1,46	I	9	2	1
Usages des robinets (lavabo, évier, etc.)	5. Ne pas laisser couler l'eau	Pas laisser couler l'eau	1,35	I	7	3	3
	6. Toujours placer le mitigeur côté froid après utilisation	Mitigeur placé côté froid	1,76	I	1	7	1
	7. Se laver les mains et visage à l'eau froide (la toilette)	Laver main / visage eau froide	1,70	I	2	1	1
	8. N'appeler l'eau chaude qu'en cas de besoin important (distinguer les usagers et besoins)	Appeler ECS volontairement	1,66	I	1	4	1
	9. Conserver (ou changer) les mousseurs/réducteurs de débit aux divers robinets [que pour GpA, car le GpB en avait déjà bénéficié lors des interventions techniques]	Mousseurs / réducteurs	1,00	T	2	8	6
	10. Choisir des robinets efficaces (au moment de les changer) : mitigeur classe C3, mélangeur ou thermostatique	Robinetts efficaces	1,73	T	0	6	4
Entretien (linge, vaisselle, lave-linge, ménage)	11. Utiliser le lave-vaisselle plutôt que la vaisselle à la main, mais en pleine charge et avec un programme eco	Préférer LV (chargé eco)	1,06	C	3	2	2
	12. Eviter de rincer la vaisselle avant de la mettre au lave-vaisselle	Ne pas rincer vaisselle avant LV	1,25	C	4	1	1
	13. Vaisselle à la main : ne pas laisser couler l'eau au fil de l'eau / utiliser bacs de l'évier ou des bassines (pour un 1er et 2ème rinçage) / utiliser de l'eau froide et du liquide vaisselle (pour dégraisser), sauf poêles très graisseuses	Optimiser vaisselle à la main	1,62	C	2	1	0
	14. Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30° (en ajoutant une noix de lavage et une lessive adaptée)	LV eco et < 40°	1,54	C	7	3	3
	15. Ménage : utiliser de l'eau froide pour le sol	Ménage à froid	1,53	C	0	4	2
	16. Si changer lave-vaisselle, prendre un catégorie A+ avec fonction économique	LV catégorie A+	1,18	T	0	5	1
CE	17. Eteindre le CE lors d'une absence supérieure à 2-4 jours (selon la saison)	Eteindre CE absence	1,93	C	1	7	4
	18. Régler le CE entre 50 et 55°C	Temp CE 50-60°	1,76	T	2	6	6
	19. Positionner le CE aux heures creuses (si votre contrat d'électricité le permet) ou avec un programmateur	CE sur HP/HC		T	5	0	0
	20. Faire détartrer le CE au moins tous les 3 ans	Détartrer CE	2,61	T	1	1	1
Eau froide	21. Au moment de changer le CE ... investir pour de la qualité : antitartre, etc.	Acheter CE de qualité	2,10	T	4	2	2
	22. Repérer les fuites ex : WC avec feuille papier ou pastilles colorantes	Repérer fuites	2,12	C	3	6	0
	23. Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC	Double chasse d'eau	2,08	C	7	3	2
	24. Récupérer l'eau de pluie pour arrosage et lavage voiture	Récup eau pluie	2,87	C	1	3	2
	25. Installer un réducteur de pression à l'entrée du circuit d'eau froide (si la pression est forte)	Réducteur pression	2,00	T	1	1	1

* Nous rappelons que l'effort perçu était noté de 1 à 3 : 1 = facile; 2 = moyen; 3 = difficile (la note 0 = "geste adopté" a été retirée)

** Sur les 13 ménages

Remarque : le fait qu'un nouveau geste soit expérimenté puis ancré dépend de la situation de référence : est-ce que le geste était déjà réalisé par le ménage ? Ainsi la fréquence d'expérimentation et d'ancrage du geste est à considérer dans une approche cumulative. La baisse des fréquences et des courbes dans les tableaux et figures ci-dessous n'indique pas une réduction de la fréquence par rapport à une situation initiale, mais de nouvelles expérimentations et ancrage du geste en question.

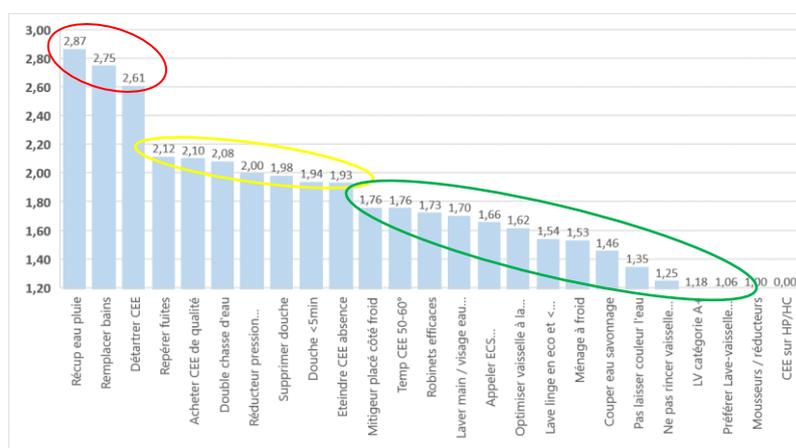


Figure 114 - Score d'effort perçu pour chaque geste économe proposé - 3 catégories de gestes se dégagent



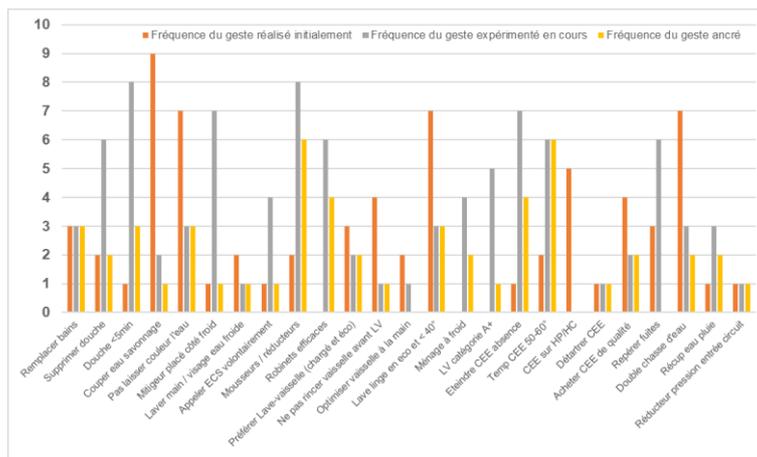


Figure 115 - Pour chaque geste économe, comparaison entre la fréquence initiale de réalisation (nombre de ménages qui réalisaient le geste avant programme), la fréquence d'adoption (nombre de ménages qui ont expérimenté le geste en cours de programme) et la fréquence de maintien (nombre qui ont maintenu le nouveau geste jusqu'à la fin du programme) - diagramme

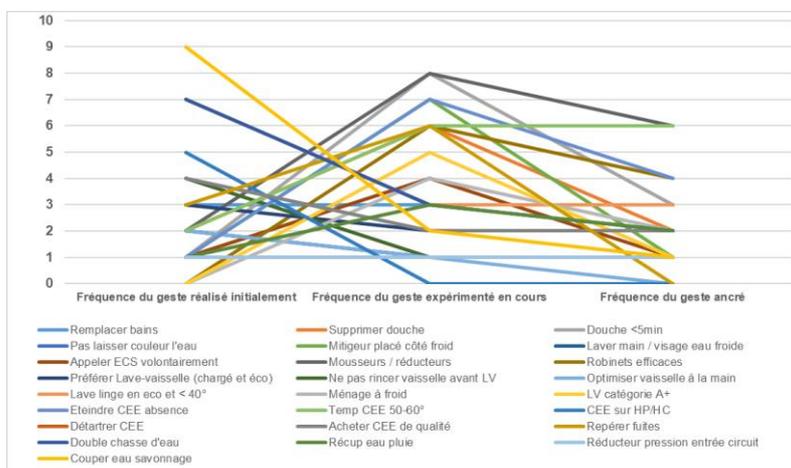


Figure 116 – Pour chaque geste économe, relation entre la fréquence initiale de réalisation, d'adoption et de maintien des gestes - courbes

6.2.3. Evolution de la perception d'effort et liens avec la sensation de contrôle

Nous venons de voir que l'effort perçu joue un rôle déterminant dans la propension à adopter et ancrer de nouveaux gestes économes. Dans cette partie nous présentons comment cette perception d'effort a évolué au cours de notre programme, et les facteurs qui y sont liés.

1. Comment a évolué la perception d'effort à intégrer de nouvelles pratiques économes liées à l'ECS ?

Le Tableau 22 indique que l'effort perçu, à savoir l'effort que les participants pensent devoir faire pour adopter de nouveaux gestes économes diminue d'une intervention à l'autre en moyenne sur l'échantillon, à savoir entre la situation initiale (mesuré en C1), l'intervention C2 (A2) et le questionnaire final (A6)⁴⁷.

Cependant cette diminution est relativement faible. Ce résultat est dû en partie au fait que nos calculs ne considèrent que les déclarations d'effort perçu (score de 1 à 3), sans intégrer les cas où le participant a adopté un nouveau geste (score 0). Pourtant le participant doit bien percevoir un faible effort pour pouvoir adopter un nouveau geste. Or ce changement de score (de 1 à 0) n'est pas intégré dans notre calcul en moyenne, ce qui gonfle l'effort perçu moyen en cours de programme⁴⁸.

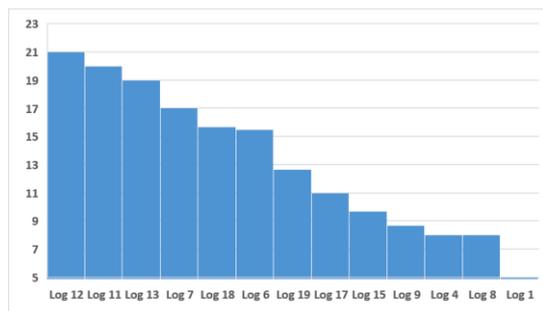
Lorsque nous observons l'évolution de l'effort perçu entre le début du programme et la dernière action (A6), en cumulant la baisse d'effort geste par geste, nous voyons que pour certains ménages l'effort perçu a baissé pour un grand nombre de gestes (ex. log 11 et 12) alors que pour d'autres l'effort perçu a baissé pour un très faible nombre de gestes sur la longueur du programme (ex. log 1, 8 et 4).

⁴⁷ Nous avons retiré l'action A3 (mesure intermédiaire d'effort) car le groupe B n'y a pas répondu.

⁴⁸ De plus, certains gestes s'avèrent extrêmes, comme par exemple le fait de "remplacer les baigns par des douches". Soit ce geste est considéré comme "très difficile" (score 3) soit il est directement expérimenté par le participant. Dans ce cas le score devient "0", qui n'est pas comptabilisé dans notre calcul d'effort. Ainsi l'effort moyen de ce geste est élevé sur l'échantillon et augmente la moyenne globale.



Tableau 21 - Nombre de gestes pour lesquels l'effort perçu a baissé entre la dernière et première étape du programme

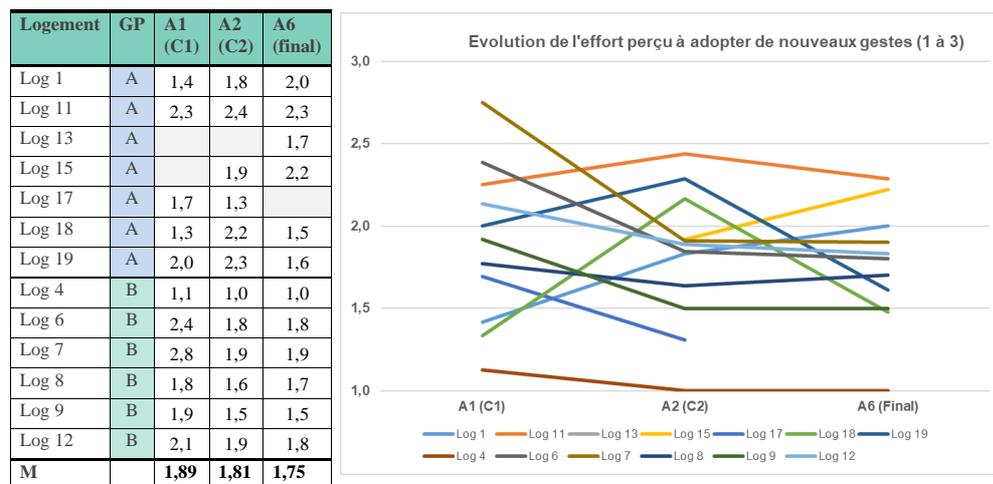


Lorsque nous regardons en détail les participants et comparons les deux interventions C1 et C2, nous voyons que l'effort perçu à adopter de nouveaux gestes a été plus influencé par l'intervention C1 (logements 4, 6, 7, 8, 9, 12, 15 et 17) alors que d'autres ont été plus influencés par l'intervention C2 (1, 11, 18 et 19). Ces derniers ont plus souvent un profil "sobriété" ou "pragmatique" et un niveau de consommation d'ECS dans la tranche moyenne ou haute vis-à-vis des ménages français. Pour passer à l'action, ces personnes semblent donc avoir besoin d'une intervention plus intense que les actions d'information et de sensibilisation de l'intervention C1. Ceci peut s'expliquer du fait que la personne soit déjà dans une démarche écologique ou en recherche d'efficacité, ce qui conditionne le passage à l'action à la perception d'un rapport "effort/résultats" très positif.

Remarques :

- L'effort perçu mesuré en début d'intervention C1 correspond au score initial, avant sensibilisation.
- Le participant du logement 13 a eu un accident en cours de programme, qui a compliqué le suivi et l'analyse, d'où le manque de données pour ce logement.

Tableau 22 - Evolution de l'effort perçu - Score moyen tous gestes confondus [1,3]



Le score est compris entre 1 et 3

2. Impact des interventions sur l'effort perçu

Le degré d'effort perçu à réaliser de nouveaux gestes et à intégrer de nouvelles pratiques économes a baissé davantage dans le groupe B que dans le groupe A, toutes interventions confondues ($M=1,76$ vs $M=1,87$). Cette différence de moyenne est néanmoins légère et non significative sur le plan statistique⁴⁹. En revanche, les interventions ont eu des impacts différents sur les deux groupes (cf. Tableau 23 et Tableau 24). L'intervention C1 a eu un impact significatif sur le groupe B, avec une forte chute de l'effort perçu entre C1 et C2, alors que C1 a eu tendance à augmenter en moyenne l'effort perçu du groupe A. L'intervention C2 a eu un impact supérieur sur le groupe A, avec une baisse plus forte de l'effort perçu entre C2 (A2) et le questionnaire final (A6)⁵⁰. Les ménages du groupe B ont une perception d'effort qui se stabilise entre C2 et le questionnaire final. **Globalement l'intervention C2 (plus engageante et expérimentale) est plus efficace que l'intervention C1 (information et sensibilisation) pour réduire l'effort perçu des nouveaux gestes économes proposés ($N_{C2}=106 > N_{C1}=70$)**

Ainsi en intervenant d'abord sur le plan technique (information, équipements, instruments connectés, etc.) puis comportemental (groupe B), l'effort perçu chute fortement après l'intervention C1, puis se stabilise après l'intervention C2. En revanche lorsque

⁴⁹ Différence non significative au seuil 0,2 / test de Mann-Whitney $U = 18,0 / p=0,73$

⁵⁰ Différence significative au seuil 0,05 / test de Mann-Whitney $U = 3,5 / p=0,015$



nous commençons par des interventions comportementales, le niveau d'effort perçu augmente en moyenne, pour ensuite baisser lorsque nous réalisons l'intervention C2.

Cette chute, associée au fait de voir sa consommation baisser par des apports techniques (T1 et T2) semble stimuler le changement de pratiques, faisant ainsi levier sur la consommation. **Le protocole du groupe B semble plus efficace pour stimuler l'action et générer des gains que celui du groupe A.**

NB : le score d'effort perçu en A1 (intervention C1) est le score initial, car il a été établi avant sensibilisation.

Tableau 23 - Evolution de l'effort perçu au cours du protocole (score entre 1 et 3) - comparaison de moyenne entre groupes A et B

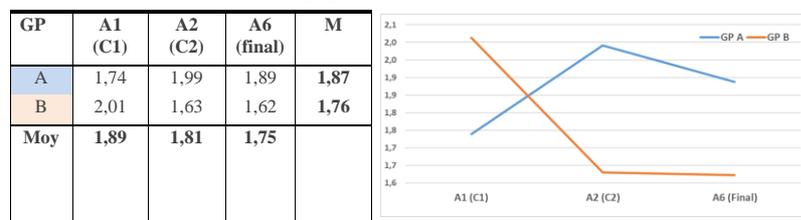


Tableau 24 - Impact des interventions C1 et C2 sur la perception d'effort à réaliser les gestes économes - comparaison entre groupes

	A	B	Total
Efficacité de C1			
Nombre de gestes dont l'effort perçu a baissé entre l'intervention C1 (A1) et C2 (A2) (tous gestes confondus)	21	49	70
Efficacité de C2			
Nombre de gestes dont l'effort perçu a baissé entre l'intervention C2 (A2) et le questionnaire final (A6) (tous gestes confondus)	73	33	106
Total	94	82	

3. Relation entre l'effort perçu / réalisé et la perception quant à sa propre consommation d'ECS

La propension à réaliser un effort pour modifier un geste routinier ou un comportement au sens plus large passe par la prise de conscience par l'individu de (1) son mode de consommation et du coût associé (factures), (2) d'une éventuelle problématique de surconsommation, puis (3) d'un potentiel d'amélioration. Mais cette prise de conscience devrait dépendre du point de référence de la personne : *voit-elle son ménage comme déjà économe ? Accuse-t-il de grosses factures ? Identifie-t-elle des économies à faire ?* Ces interrogations sont liées à l'une de nos questions/hypothèses (cf. QH8 p.75).

Notre étude apporte des éléments de réponse à ces questionnements : lorsque les participants pensent être déjà économes cela augmente le degré d'effort qu'ils pensent devoir faire pour aller plus loin. En effet, il y a dans l'échantillon une forte relation inverse ($R=-0,89$; $p=0,01$) entre d'un côté le fait d'être déjà attentif à sa consommation (observations appuyées par des questions en entretien) et, de l'autre, l'effort perçu à intégrer de nouveaux gestes (intervention C1). Cependant, cette relation évolue dans le temps⁵¹ selon le point de référence initial du ménage (cf. Tableau 25 et Figure 117) : les participants qui pensent que leur ménage fait déjà attention à sa consommation perçoivent un important effort à fournir en début d'intervention, mais cette perception se stabilise ensuite au cours des interventions (après C1). Ceux qui, au début du protocole, déclarent ne pas faire spécialement attention à leur consommation ont quant à eux une perception d'effort qui baisse continuellement au fil des interventions. **Les ménages qui ne se considèrent pas comme étant spécialement économes semblent donc plus sensibles aux interventions que ceux qui se voient comme déjà attentifs.**

Si nous regardons du côté des gestes et pratiques effectifs, il n'y a pas de relation robuste dans notre échantillon entre le nombre d'actions qui ont été effectivement expérimentées (et ancrées) et le fait de se percevoir comme étant déjà économe.

Au final, **le fait de se voir comme économe augmente la sensation d'effort (auto-perception) mais ne réduit pas significativement le passage à l'acte, autrement dit le fait pour l'utilisateur d'expérimenter réellement de nouveaux gestes (effort effectif)**. Nous aurions pu nous attendre à ce que la perception d'effort réduise la volonté et capacité du participant à dépasser les freins dans l'intégration de nouveaux gestes. Il a en effet tendance à penser qu'il n'y a pas de gisement d'économie ou qu'il fait déjà beaucoup par ailleurs. Mais nos résultats ne confirment pas ce mécanisme, et nos observations suggèrent que notre accompagnement est en partie responsable de ce phénomène.

Nous rappelons que l'effort perçu est mesuré sur une échelle de 1 (effort faible – gestes faciles à adopter) à 3 (effort important – gestes difficiles à adopter), sauf geste déjà réalisé (score 0).

⁵¹ Cette relation devient moins forte au fur et à mesure des interventions : après C2 la relation vaut $R=-0,35$ ($p=0,25$) puis elle vaut $R=-0,25$ ($p=0,55$) lors du questionnaire final.



Tableau 25 - Différence d'effort perçu selon si le participant pense ou pas faire déjà attention à sa consommation d'ECS (sobriété)

	Effort perçu en A1 (C1)	Effort perçu en A2 (C2)	Effort perçu en A6 (questionnaire final)
Je ne fais pas attention (N=7)	M=2,17 (σ=0,36)	M=1,87 (σ=0,39)	M=1,60 (σ=0,23)
Je fais déjà attention (N=4)	M=1,40 (σ=0,29)	M=1,70 (σ=0,44)	M=1,68 (σ=0,46)



Figure 117 - Différence d'effort perçu selon si le participant pense ou pas faire déjà attention à sa consommation d'ECS (sobriété)

4. Lien entre perception de contrôle, effort perçu et effort effectif – impact des interventions

Notre revue de littérature a permis de formuler deux hypothèses majeures, qui sont enrichies ou confortées par nos résultats :

Question / hypothèse QH6 - le degré d'effort que l'utilisateur est disposé à faire pour changer de pratiques devrait être lié au contrôle perçu quant à ce changement.

Question / hypothèse QH6bis – l'ordre des interventions techniques et comportementales dans notre projet devrait avoir un effet sur les résultats, et notamment la perception de contrôle.

QH6 : nous observons une corrélation négative entre l'accroissement de la "perception globale de contrôle"⁵² et le degré moyen d'effort perçu sur les diverses interventions ($R=-0,38 / p=0,19 / N=12$) ainsi qu'une corrélation positive entre la perception de contrôle et le ratio "nombre de gestes expérimentés au cours du programme / nombre de gestes réalisés initialement" ($R=0,43 / p=0,19 / N=12$). Autrement dit une augmentation de la sensation de contrôle (sur le changement de pratiques) est liée à une faible perception d'effort à adopter les gestes ainsi qu'à un fort niveau d'effort à adopter ces gestes de manière effective⁵³. **La perception de contrôle est donc une notion clef du changement de pratiques, et un axe majeur des démarches de sensibilisation et d'accompagnement au changement de pratiques de l'ECS.**

QH6bis : la perception globale de contrôle sur le changement de pratiques est significativement différente entre les deux groupes⁵⁴ : $M_{\text{groupe A}} = 3,5$ ($\sigma=0,9$ / sur une échelle "-10 / +10") et $M_{\text{groupe B}} = 4,8$ ($\sigma=0,9$ / sur une échelle "-10 / +10"). Autrement dit **lorsque nous intervenons d'abord sur le plan technique puis comportemental, cela induit une plus forte perception de contrôle sur le changement de pratiques**, ce qui est lié à une plus faible sensation d'effort à agir et un niveau d'action plus élevé.

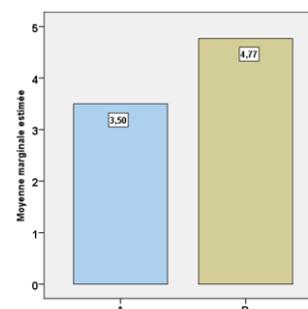


Figure 118 - La perception globale de contrôle sur le changement de pratiques (moyenne des diverses composantes) - comparaison entre groupes

6.2.4. Les motivations, freins et leviers au changement de pratiques liées à l'ECS

1. Les motivations à changer de pratiques

L'individu entreprend une action en poursuivant simultanément plusieurs buts et motivations, et il compte sur divers résultats (Ajzen 1988 ; Lindenberg et Steg 2007). L'intérêt individuel est en partie déterminé par une combinaison de motivations intrinsèques et extrinsèques que l'individu entend satisfaire du fait de réaliser l'action (Deci & Ryan, 2002) :

- **Motivation intrinsèque** - l'action est conduite par une rétribution du simple fait de réaliser l'action, sans attente de récompense externe. Cette rétribution est interne : intérêt, plaisir, valeurs, normes personnelles, etc.

⁵² La "perception globale de contrôle" est calculée en faisant la moyenne de l'évolution des scores entre A6 et A1 (ou A2) des diverses composantes analysées p.39 (contrôle interne, contrôle externe et difficulté perçue). Cette variable est de ce fait comprise entre -10 et +10 (différence de score entre 2 périodes). Cette manipulation est réalisable car nous obtenons un niveau de fiabilité inter items suffisant (alpha de Cronbach $\alpha(5) = 0,65$).

⁵³ Nous ne pouvons préjuger ici du sens de la relation entre ces variables.

⁵⁴ Différence de moyenne confirmée par une ANOVA (homogénéité des variances) : $F(1;10) = 5,2 / p=0,045$



- *Motivation extrinsèque* - l'action est provoquée par une circonstance extérieure à l'individu : punition, récompense monétaire ou matérielle, pression sociale, approbation par une personne tierce, etc.

Même si l'action individuelle est conduite par une combinaison de motivations, il est possible de distinguer une motivation dominante chez une personne enquêtée selon sa trajectoire de vie (cf. Litvine, 2010, 2020; Litvine & de Laage, 2017).

Dans notre étude, la structure des motivations a été saisie via la question suivante, où chaque motivation était mesurée sur une échelle de 0 à 2 indiquant l'intensité de la motivation dans le mécanisme d'action du ménage :

Q – *Qu'est-ce qui vous motive à modifier vos pratiques et adapter votre façon d'utiliser l'ECS ?* [0=non, 1=plutôt oui, 2 = oui]

Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13 - graph de gauche) nous observons que les motivations sont plus fortement citées en début de programme (bleu) qu'à la fin (gris). De plus, les scores sont en tendance plus contrastés en A1 qu'en A6 : les motivations sont donc plus hétérogènes en début de programme, puis se lissent au fil du programme. Plusieurs interprétations sont possibles : (1) la participation aurait amené les participants à "tasser" certaines motivations, autrement dit à avoir des motivations moins fortes à l'esprit ou moins motrices dans le comportement; (2) la participation aurait induit une déception chez une partie des participants, ne leur permettant pas de satisfaire leurs motivations; (3) il y aurait un biais déclaratif avec des différences de réponses entre le face-à-face (C1) et le web-questionnaire final (A6). Dans tous les cas ce résultat est surprenant et mériterait un approfondissement, puisque les motivations sont considérées comme des construits plutôt stables dans les mécanismes de décision (cf. Litvine 2020).

Globalement l'écologie (*environnement, ressources et générations futures*) est une motivation majeure, ainsi que la dimension financière (*Prévoir mes factures (eau froide/électricité) et les stabiliser*). Des motivations comme "*transmettre et aider à massifier*", "*changer mes pratiques (pour faciliter les changements futurs)*" et "*expérimenter et participer à étude qui a du sens*" sont également souvent très présentes. En revanche "*montrer l'exemple*", "*gagner en autonomie*" et "*répondre aux attentes de quelqu'un (faire plaisir / complaire)*" sont les motivations les moins intenses dans le processus d'action. Les motivations "*Aspects techniques et technologiques (comprendre, apprendre, changer matériel, etc.)*" et "*suivre ses valeurs*" sont moyennes.

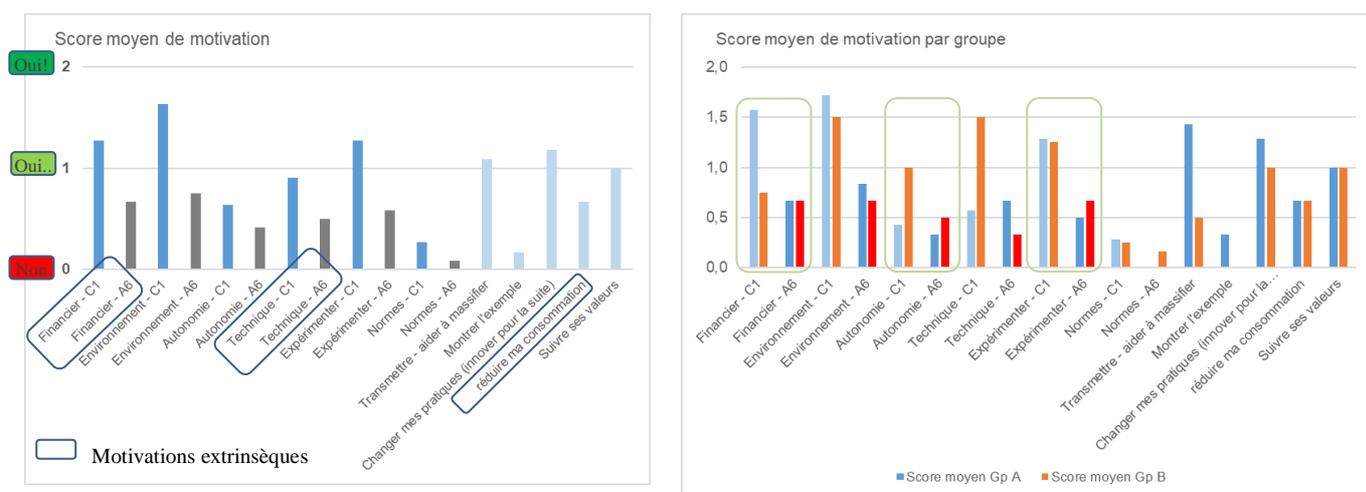


Figure 119 – Score de motivation à changer de pratiques d'ECS - comparaison en C1 et A6 - tout échantillon (N=13) puis par groupe (0=non, 1=plutôt oui, 2=oui)

NB : les motivations indiquées par des barres bleu ciel ont été citées spontanément en C1, et ne sont donc pas mesurées en A6

En comparant les groupes (graph de droite), nous observons des différences fortes pour certaines motivations et une égalité des scores pour d'autres; et cela dépend du moment dans le programme.

Par exemple, les motivations "*écologie*" et "*expérimenter et participer à une étude qui a du sens*" sont relativement équivalentes dans les deux groupes, à la fois en C1 et en fin de programme (A6). En revanche la motivation "*Aspects techniques et technologiques (comprendre, apprendre, changer matériel, etc.)*" est différenciée entre les deux groupes, avec une dominante qui change entre C1 et A6 : la dimension technique motive plus le groupe B en C1⁵⁵, puis le groupe A en A6.

Globalement les motivations sont plus intenses dans le groupe A que B, sur un grand nombre d'items. Sauf pour l'autonomie et la technique, qui sont plus intenses pour les membres du groupe B⁵⁶. Ce dernier présente notamment une forte motivation pour la dimension technique en C1, ce qui peut s'expliquer par les interventions techniques ayant été opérées dans ce groupe avant

⁵⁵ Différence de moyenne confirmée par une ANOVA en C1 : F(1;9) = 4,1 / p=0,07

⁵⁶ Différence de moyenne confirmée par une ANOVA en C1 : F(1;9) = 2,0 / p=0,15



nos interventions. Lors de l'intervention C1, les motivations "*transmettre – aider à massifier*" et "*Prévoir mes factures (eau froide/électricité) et les stabiliser*" sont très fortes dans le groupe A en comparaison avec le groupe B⁵⁷.

En conclusion les dimensions écologiques et financières l'emportent en moyenne, étant plus présentes et stables dans le temps, ainsi que des motivations plus intrinsèques comme changer ses propres pratiques (contrôle), participer à une étude qui a du sens et aider à transmettre (massifier). Cet effet d'entraînement est une motivation récurrente dans les comportements pro-écologiques (cf. Litvine 2008, 2010, 2020). La dimension normative motive peu l'échantillon ce qui est un résultat courant lorsque les normes sociales sont peu activées pour l'action étudiée (cf. Litvine & Wüstenhagen, 2011; Litvine 2020).

La participation au programme et l'ordre des interventions ont influencé l'intensité de certaines motivations dans le processus de décision. Ce résultat est surprenant étant donné la stabilité théorique des motivations, un construit profond et relativement structurel chez l'individu, du moins à moyen terme.

2. Les freins au changement exprimés par les répondants

Les participants ont été invités à exprimer les facteurs ou situations qui, selon eux, freinent le changement de pratiques liées à l'ECS et l'adoption d'un nouveau mode de consommation. Ce recueil a été effectué lors de l'intervention C1 (A1) puis C2 (A2). Ces éléments, qui peuvent s'apparenter à des croyances de contrôle du modèle TPB (cf. p.74), sont utiles pour construire des pistes d'actions pour la sensibilisation et l'accompagnement au changement.

Q - Quels sont les éléments qui freinent votre changement de pratiques liées à l'ECS ? [0 = "non" ou 1 = "oui"]

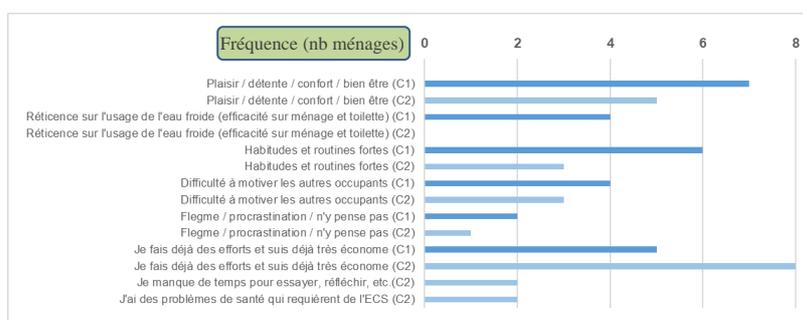


Figure 120 – Les freins potentiels au changement de pratiques liées à l'ECS - fréquence de citation et évolution entre C1 et C2 (échantillon totale N=13)

Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13, cf. Figure 120), les freins majeurs concernent (1) la dimension de plaisir, détente, confort et bien-être liée à l'ECS et (b) les fortes habitudes et routines dans l'usage de l'ECS. Cependant nous observons que ces freins, ainsi que la plupart des autres propositions, s'allègent entre C1 et C2, après notre 1^{ère} intervention. Et notamment l'usage de l'eau froide, qui constitue un frein en début de programme mais qui disparaît totalement après nos interventions.

Le seul item qui s'intensifie au cours des interventions est le frein "*Je fais déjà des efforts et suis très économe*". Ce résultat peut s'expliquer du fait que les participants, ayant expérimenté de nouveaux gestes économes, ont de fait été confrontés à l'inertie des habitudes et routines de manière de plus en plus intense au cours du programme, et donc aux limites du changement de pratiques.

Nous remarquons que la procrastination et le fait de ne pas penser aux gestes proposés n'est un obstacle que pour un faible nombre de ménage, ainsi que le manque de temps pour réfléchir et essayer. Les efforts ne semblent donc pas limités par des biais de passivité ou arguments "écrans" (i.e le manque de ressources : temps, argent, etc.).

Le fait de motiver les autres occupants du ménage constitue un frein assez présent, qui ne s'allège pas avec nos interventions. Ceci constitue un réel défi pour le changement de modes de consommation des ménages, puisque même si les référents effectuent des efforts, ils peuvent ne pas être suivis par les autres membres du ménage, ce qui réduit leur efficacité et peut même démotiver les référents.

Lors du questionnaire final (A6), d'autres freins ont été cités spontanément par un participant à chaque fois

- *Ma maison est mal isolée / je ne suis pas propriétaire*
- *Je n'ai pas envie de faire des efforts (ou je n'aime pas ça)*
- *J'ai des doutes sur le rapport "effort/résultat"*

⁵⁷ Différence de moyenne confirmée par une ANOVA en C1 : $F(1;9) = 8,4 / p=0,01$



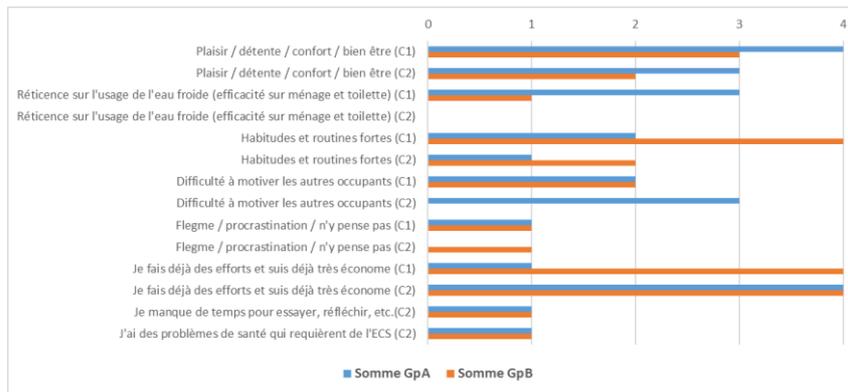


Figure 121 – Les freins potentiels au changement de pratiques liées à l'ECS – fréquence de citation et évolution entre C1 et C2 - comparaison entre groupes

En comparant les deux groupes⁵⁸ (cf. Figure 121) nous observons des différences fortes pour certains freins et une égalité des scores pour d'autres; et cela dépend également de l'étape du programme. Il semble donc possible d'atténuer certains freins selon les interventions opérées.

Le frein "*Je fais déjà des efforts et suis très économe*" augmente dans le temps uniquement pour le groupe A, qui n'ont alors pas encore bénéficié d'apports techniques (interventions T1 et T2). Ce frein est stable dans le temps pour le groupe B, indiquant un obstacle profond et ancré, non influencé par nos interventions. Les interventions comportementales ont donc eu tendance dans un 1^{er} temps à réduire l'intensité du frein "*Je fais déjà des efforts et suis très économe*", puis à l'augmenter dans un second temps. Les interventions techniques seraient de nature à alléger la sensation qu'a le répondant d'en faire déjà beaucoup, en le secondant dans son effort. En effet, les économies générées par les équipements techniques ne requièrent pas autant d'effort que les gestes quotidiens liés au comportement uniquement.

Le frein "*habitudes et routines fortes*" constitue également, en C1, un obstacle un peu plus important pour le groupe B que le groupe A, mais cela s'homogénéise en C2. Ainsi, le fait de bénéficier d'interventions techniques sans travail sur les usages et pratiques semble générer davantage de craintes sur l'inertie des habitudes / routines. Le fait d'aborder les pratiques et modes de consommation (A2) permet d'alléger la force de cet obstacle.

Le frein "*plaisir / détente*" est fréquent dans les deux groupes, et constant dans le temps. C'est donc un frein ancré non soumis à l'influence de nos interventions C ou T, ni à leur ordre. En revanche, la réticence à utiliser de l'eau froide pour les usages quotidiens (ménage, etc.) disparaît totalement au cours du programme. La difficulté à motiver les autres occupants du ménage est partagé par les deux groupes en C1, puis ne représente plus un frein pour le groupe B mais l'est davantage pour le groupe A qui réalise plus fortement l'obstacle représenté par les modes de consommation des autres occupants, qu'il est souvent difficile de motiver.

En résumé ... nos interventions ont permis d'alléger pratiquement tous les freins au changement de pratiques (entre C1 et C2), voire de faire disparaître les doutes quant à l'efficacité et praticité de l'usage de l'eau froide. Les principaux freins sont induits par la perception d'être déjà économe et de faire déjà des efforts, qui augmente dans le temps comme une résultante ou une raison que se donnent les participants face à la force des habitudes/routines, un autre frein majeur. Comme suggéré la dimension de plaisir/détente dans l'usage de l'ECS est un obstacle fréquent ancré, car peu sensible aux interventions ainsi qu'à leur ordre.

Notons que le fait pour le ménage de sentir que les résultats ne reposent que sur son changement de comportement (i.e le groupe A jusqu'en C2) semble augmenter la sensation d'être déjà économe/faire des efforts. Le fait d'apporter des éléments techniques doit rassurer le participant (interventions T1 et T2 en 1^{er} dans le groupe B) qui ne considère pas les résultats comme étant fondés uniquement sur son comportement et ses efforts : une part du résultat se fait automatiquement (équipements techniques).

Quelques verbatims :

- *J'ai une colloc et je suis souvent absente – difficile de modifier mes habitudes, qui reviennent*
- *La consommation vient après le bien-être, ça créé un frein car il y a des besoins primordiaux"*
- *Ca a un impact fort de se laver : rapport au plaisir, à l'enfance, etc.*

3. Les freins que nous avons observés lors des interventions – la spécificité de l'ECS

Par nature, l'usage de l'ECS est à priori soumis à des routines, du fait de (1) la quantité de petits gestes effectués au quotidien, de manière souvent répétée; (2) l'ancienneté des pratiques, qui remontent à la naissance du participant; (3) la complexité des pratiques, reliées à des représentations sociales fortes et des mécanismes profonds tels que le plaisir, la santé, la recherche de confort, etc. qui touchent ainsi à des dimensions rationnelles et non-rationnelles (cf. p.69).

Nos observations consolident l'idée que la consommation d'ECS croise différentes logiques et motivations : économique (facture), environnementale (empreinte écologique), sociale (normes, distinction sociale), hédoniste (plaisir, confort, bien-être),

⁵⁸ Notons que le faible nombre d'observations associé au format des variables (binaire) ne permet pas de mener des tests de manière pertinente.



santé et technique (choix d'équipements, modes d'emploi, automatisation, etc.) (cf. Beslay et al. 2013). Les usages de l'ECS semblent reliés à des mécanismes profonds chez l'individu, tels que le plaisir, les souvenirs d'enfance, les valeurs de sobriété tirées de l'après-guerre, etc. qui plongent l'ECS dans une dimension à la fois sensible, individuelle et sociale "j'aime me délasser dans la douche" / "j'adore faire la vaisselle à l'eau chaude, prendre le temps, c'est ma méditation" / "C'est un temps pour moi, sans enfant". Le croisement de ces mécanismes complexifie le changement de pratiques, et mène notre analyse au-delà des habitudes simplement routinières. Les pratiques se trouvent baignées dans une réalité plus large, qui semble ne pas se limiter à la notion d'usage. Davantage que dans le cas de l'énergie peut-être, l'usage de l'ECS semble associé à un ensemble de représentations qui dépassent le geste répété, et qui ancrent les pratiques dans de fortes habitudes. Les pratiques individuelles et sociales liées à l'ECS semblent de ce fait complexes à infléchir, plus que dans le cas de l'énergie par exemple.

Les personnes ont un rapport singulier à l'ECS : plaisir/détente, confort/luxe, usage/utilité, hygiène/santé, écologie/ressources, etc. Si ces dimensions se retrouvent en partie dans le cas de la consommation de l'énergie ou de l'acte de rénovation de son logement (cf. Rabourdin et Litvine, 2017), l'ECS dispose d'une dimension moins rationnelle, moins axée sur l'usage, plus intime et hors champ des normes sociales. Il est donc plus difficile de capter les motivations, les moteurs du changement et les intentions des individus que dans le cas de l'énergie (cf. Litvine et de Laage, 2017; Litvine et Wüstenhagen, 2011) ou du choix de rénovation par exemple (cf. Litvine 2020).

Cette réalité sensible, individuelle et sociale, mobilisée et activée dans le cadre d'un programme interventionniste peut être à l'origine d'incohérences fortes entre ce que ressent l'individu, ses valeurs, ce qu'il pense, ce qu'il souhaite et ce qu'il fait. La présomption forte de dissonance cognitive peut expliquer des déclarations et comportements spécifiques, visant à retrouver une cohérence. Par exemple nous avons relevé de manière récurrente des arguments "ad-hoc" visant à justifier le fait de ne pas faire l'effort d'intégrer de nouveaux gestes liés à l'ECS : la force des habitudes et routines, le comportement des autres occupants, les injonctions de santé, le fait de se considérer comme déjà très économe, etc. Même si ces éléments sont opérant, notre étude le démontre, la place du plaisir/détente dans l'usage de l'ECS, le métabolisme et l'état psycho-affectif, ou encore les fausses croyances anciennes (*le ménage à l'eau froide n'est pas efficace, la vaisselle à l'eau froide ne fonctionne pas*, etc.) constituent de puissants mécanismes à l'œuvre dans l'inertie du changement de pratiques, qui ne peuvent être captés qu'avec une démarche qualitative (rarement cités spontanément).

Enfin, le nombre d'étapes, d'actions et la longueur du protocole ont pu constituer un autre frein potentiel, en induisant chez certains une certaine fatigue (*"l'étude est engageante !"*). Le formulaire de bilan mensuel notamment, très répétitif, a induit une lassitude chez un grand nombre de participants.

Parallèlement, l'usage de l'ECS est constitué d'une diversité de gestes/actions (simples, composées, répétées, isolées, etc.), et notamment une somme importante de petits gestes quotidiens (*ex. ouvrir et fermer un robinet*) qui le rend à priori sensible à la théorie de l'engagement, et constitue ainsi un levier au changement de pratique. Dès lors que nous accompagnons l'expérience d'un nouveau geste nous réduisons l'effort perçu et facilitons l'adoption du geste. La personne peut alors se retrouver à essayer ce geste et devoir le répéter souvent en journée, ce qui l'aide à l'ancrer.

Et nos observations suggèrent que de nouvelles pratiques et usages bien intégrés sur certains points de puisage peuvent induire un changement de comportement plus général au niveau du mode d'utilisation global de l'ECS. En ajoutant un contexte qui facilite le maintien-durabilité, cela peut permettre de modifier les habitudes et d'induire un changement dans le rapport à l'ECS.

L'activation des normes sociales peut contribuer à cette dynamique en compensant les mécanismes tacites cités (plaisir, etc.). Cette activation requiert du temps : amener les participants à communiquer sur leur engagement (ostentatoire) et à montrer l'exemple (important levier, cf. p.120), créer un groupe de référence d'échelle moyenne aux attentes duquel l'individu sera incité de complaire, informer sur le niveau d'action d'autres ménages de même typologie, etc.

Enfin, la place de la volonté et de la planification dans l'action étudiée joue sur le degré de dépendance aux habitudes (notion de "willing", cf. Litvine 2008). La plupart des gestes impliqués dans l'usage de l'ECS sont de nature automatique, sans faire appel à la volonté de l'individu. Ceci détermine fortement le type de levier et d'intervention à mobiliser afin d'induire un changement d'habitude. Dans ce cas, le changement d'habitudes est plus difficile, mais il est possible d'influer les gestes par l'expérimentation d'autres routines, en croisant cela avec des "tuteurs" de maintien du geste ainsi qu'avec la perception de bénéfique personnel (De Laage et Litvine, 2021; Litvine & Wüstenhagen, 2011; Litvine et al., 2014).

4. Les actions qui peuvent favoriser l'adoption d'un nouveau mode de consommation – les leviers

Les participants ont été invités à indiquer les facteurs / situations qui, selon eux, les aideraient potentiellement à changer leurs pratiques et à adopter un nouveau mode de consommation de manière durable, sur une échelle [0 "non", 1 "oui" et 2 "oui, tout à fait"]. Ces leviers constituent des pistes d'actions pour les actions de sensibilisation et accompagnement au changement.

Q - Qu'est-ce qui, selon vous, vous aiderait à adopter des gestes économes pour moins consommer d'ECS ?

Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13, cf. Figure 122) l'élément permettant d'inciter le plus le changement de pratique, autrement dit le **levier privilégié** des participants, est de voir sa consommation régulièrement afin notamment d'estimer le ratio "effort/résultat" au fil de l'eau et d'avoir des points de références internes quant à l'évolution de sa propre consommation. Une alerte simple et non intrusive (un voyant installé dans le logement, un sms, etc.) permettrait d'atteindre cet objectif, en indiquant au ménage quand la consommation d'ECS dépasse un certain seuil (ex. consommation des années passées à la même période, moyenne des ménages français de même catégorie, etc.). Ces éléments sont encore plus utiles que dans le cas de l'énergie (cf. Litvine 2021) puisque les consommations d'ECS sont totalement méconnues des ménages et soumises à des obstacles au



changement ancrés (fortes habitudes). Attention, un participant évoque le fait que les alertes "consommation" peuvent être culpabilisantes et démotivantes, notamment quand sa propre consommation ne montre pas de fléchissement.

En 2nde position figure une **information pratique sur "quoi faire et comment faire"** pour réduire sa consommation. Cette information concrète et si possible visuelle (vidéos, papier ou email) doit être apportée par une personne qui vient ponctuellement ou **via un accompagnement**, qui semble constituer un levier au changement pour un grand nombre de logements.

En 3^{ème} position figure l'idée de **communiquer des informations à propos de sa propre consommation aux autres ménages**, notamment pour les inciter à réduire la leur. Ce levier est plus important que nous aurions pu le prévoir, étant donné que les normes sociales ne semblent pas activées sur le sujet. En effet, le fait de connaître la consommation d'autres ménages similaires au sien est moins incitatif. Ainsi, nous supposons que l'effet recherché est de démultiplier l'impact de son effort (effet d'entraînement, cf. Litvine, 2008).

En 4^{ème} position figure le fait d'**échanger des idées et bonnes pratiques à plusieurs**, qui semble stimuler une bonne partie des participants, et qui a de fait légitimé la réalisation de notre atelier (cf. annexe 1). L'appétence pour un **kit de mesure** (avec formation) a réconforté notre intervention C2.

Trois autres leviers sont cités de manière spontanée par 2 à 3 participants : (a) l'apport de solutions techniques efficaces (outils concrets et automatisation); (b) l'apport de solution pour embarquer les enfants et autres occupants; (c) fournir une information choc qui fait peur ou déstabilise.

Certains facteurs semblent moins incitatifs, comme (a) le fait de se fixer des objectifs – un exercice probablement trop complexe du fait du manque de référence (connaissance de sa propre consommation dans le temps) et de la difficulté à remplir ses engagements face à la force des habitudes et usages liés au plaisir et santé ("*Je préfère comprendre pourquoi je consomme plutôt que de me fixer des objectifs*"). (b) Participer à un jeu (gaming).

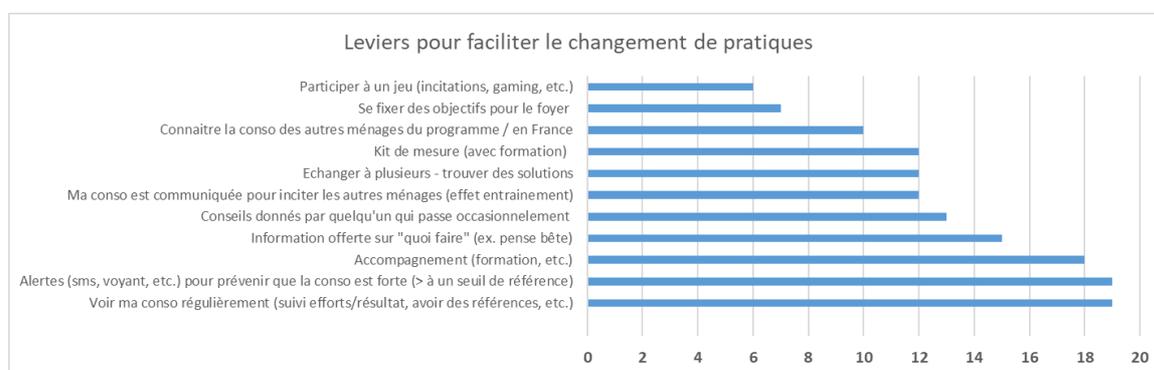


Figure 122 - Les facteurs susceptibles d'inciter le changement de pratiques liées à l'ECS – ensemble de l'échantillon (N=13)
NB : l'abscisse représente, pour chaque geste proposé, la somme des scores de l'échantillon compris entre 0 (non) et 2 (oui, tout à fait)

En comparant les deux groupes (cf. Figure 123) ... nous observons des similitudes pour 9 des 11 leviers. Autrement dit le fait d'intervenir les interventions n'a pas modifié substantiellement une grande partie des facteurs proposés afin d'inciter le changement de pratiques⁵⁹. En revanche le groupe A est largement plus sensible au kit de mesure (avec formation) que le groupe B⁶⁰, ce qui souligne que la démarche de mesurer ses consommations et débits constitue une condition nécessaire, qui est alléguée si l'intervention technique est réalisée en 1^{er}.

Le travail sur les usages et pratiques stimule également l'intérêt pour un jeu visant la réduction de consommation via un dispositif ludique, alors que cela ne constitue pas un levier potentiel dans le groupe B ayant d'abord connu l'intervention technique⁶¹. Cette dernière semble annuler le potentiel du jeu pour réussir le défi du changement de pratiques et habitudes.

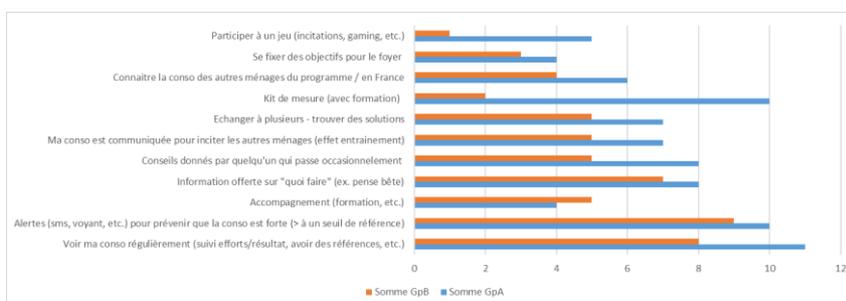


Figure 123 - Les facteurs susceptibles d'inciter le changement de pratiques liées à l'ECS – comparaison par groupe

⁵⁹ Un test de Mann-Whitney (test non paramétrique pour comparaison de rang d'une variable binaire entre deux groupes) indique que 9 des 11 propositions ne sont pas significativement différentes entre les deux groupes.

⁶⁰ Test de Mann-Whitney : U = 4,0 / P=0,014

⁶¹ Test de Mann-Whitney : U = 11,5 / P=0,18



En bref ... Synthèse de la partie 6.2

Lors de nos interventions nous avons proposé aux participants 25 nouveaux gestes économes liés à l'usage de l'ECS et de l'eau froide, qui concerne de simples gestes, des pratiques plus larges ou des actions de nature technique. A chaque geste est attribué un niveau d'effort tel qu'il est perçu par le répondant, à l'aide d'un score de 0 (geste adopté) à 3 (geste difficile à adopter / maintenir).

L'analyse par logement nous apprend que (1) les participants effectuaient déjà en moyenne 6 des 25 gestes économes proposés et que (2) la totalité de l'échantillon a essayé de nouveaux gestes au cours des 2 interventions C1 et C2. Quelques ménages ont essayé un faible nombre de gestes, notamment ceux qui anticipaient un faible ratio "bénéfice/effort" ou qui avaient déjà des pratiques sobres. Ces ménages sont moins enclins que les autres à essayer de nouveaux gestes. Mais **la plupart des ménages ont essayé un grand nombre de gestes**, autant voire plus que ceux déjà effectués avant programme (facteur 2 ou 3) (QH3 / QH4).

Concernant la **durabilité des nouveaux gestes expérimentés** et leur ancrage dans les pratiques de consommation d'ECS, les ménages ont intégré en moyenne 4,3 gestes pendant le programme. La plupart des participants ont ancré entre 30 et 70% des gestes expérimentés (QH3/QH4).

Par construction, plus le ménage adopte de nouveaux gestes, plus la probabilité est forte qu'il en intègre un certain nombre. Mais le nombre de gestes expérimentés dépend à son tour du nombre de gestes que la personne / le ménage réalisait déjà avant le programme (état initial). Un geste qui était déjà réalisé par un certain nombre de ménages sera peu fréquemment expérimenté et de fait peu souvent ancré.

Le ratio "*nombre de nouveaux gestes expérimentés / nombre de gestes déjà effectués*" [0;25] permet de discriminer les ménages : ceux ayant un ratio élevé sont ceux qui effectuaient relativement peu de gestes avant programme et à contrario ceux ayant un ratio faible sont des personnes qui réalisaient déjà un grand nombre de gestes, ce qui réduit la portée de leur effort à expérimenter de nouveaux gestes. Ce résultat est en contrepoint de l'effet d'entraînement (spillover effect), qui s'observe en général dans d'autres secteurs et par lequel une personne est plus tentée d'adopter un geste écologique quand il en réalise déjà un certain nombre (cf. Litvine 2008).

Le ratio "*nombre de gestes ancrés / nombre de gestes expérimentés*" [0;1] enrichie l'analyse. Rares sont les ménages ayant expérimenté de nombreux gestes et ancré une grande partie d'entre eux. Ceci peut s'expliquer soit par un retour aux habitudes, une difficulté à maintenir les efforts ou le fait d'un certain biais déclaratif, qui amène les personnes à surestimer à l'oral les efforts effectifs réalisés. Le meilleur ratio d'intégration des gestes expérimentés concerne ceux ayant adopté un nombre moyen de gestes, ils constituent donc une cible majeure des programmes de sensibilisation.

Près de la moitié des 13 logements ont un nombre de gestes adoptés qui augmente au fil des interventions : **l'adoption de gestes en 1^{ère} étape permet bien d'accentuer la réalisation d'autres gestes et de les ancrer** (QH2 et QH3).

Lorsque nous introduisons un ordre d'intervention, le fait de **commencer par des interventions comportementales puis techniques** (groupe A) **semble avoir permis aux participants d'ancrer plus facilement les changements de pratiques que l'ordre inverse** (groupe B).

Une analyse par profil suggère que les ménages ayant expérimenté un plus grand nombre de gestes et ayant ancré une plus forte proportion d'entre eux sont ceux ayant un fort taux d'occupation (familles) et à revenu moyen/élevé, dont le référent est plutôt jeune, a une appétence pour la qualité, la performance et la technique mais pas pour la technologie, et considère son ménage comme économe (petit consommateur d'ECS). **Les démarches de sensibilisation et d'accompagnement au changement de pratiques d'ECS devraient donc se focaliser en priorité sur cette catégorie de ménages.** Notons que l'engagement écologique (nombre d'actions à caractère environnemental réalisées fréquemment par le ménage) n'est pas significatif pour discriminer l'adoption durable de nouveaux gestes économes liés à l'ECS.

Lorsque nous regardons en détail les gestes effectivement adoptés/ancrés... (QH2 / QH3/QH4/QH8)

Les gestes qui ont été les plus souvent expérimentés par l'échantillon sont : *Prendre sa douche en moins de 5min / Installer des mousseurs-réducteurs de pression / Placer le mitigeur côté froid / Eteindre le CE lors d'une absence*

Les gestes qui ont été les moins souvent expérimentés : *Se laver les mains/visage à l'eau froide / Ne pas rincer la vaisselle avant le lave-vaisselle / Optimiser la vaisselle à la main / Détartre le CE.*

Les gestes et choix techniques les plus souvent ancrés sont (1) ceux sur lesquels les participants peuvent avoir facilement un contrôle, tel que le remplacement d'équipements; (2) les usages des douches et bains, et (3) les **mesures anti-gaspillage, qui semblent les mieux intégrés**. Plusieurs raisons ont été recueillies pendant le programme : l'héritage des valeurs d'après-guerre, les campagnes de sensibilisation, la visibilité directe du gaspillage et enfin le lien direct entre le geste et son efficacité : *Contrôler la température de consigne du CE entre 50 et 60° / Choisir des robinets efficaces lors du prochain remplacement / Eteindre le CE lors d'une absence / Remplacer des bains par des douches / Prendre sa douche en moins de 5min / Ne pas laisser couler l'ECS / Lave-linge en mode éco < 40*

Les gestes moins souvent ancrés (1) ne présentent pas de lien clair entre effort et résultat (*mettre le mitigeur côté froid*); (2) impliquent plusieurs actions conjointes ou par jour, et concernent donc un ensemble de gestes routiniers qui requièrent des changements d'organisation et de pratiques (*changer sa façon de faire la vaisselle à la main*); (3) concernent des choix techniques plus impactant en terme de budget, temps et/ou compétences; (4) sont du domaine du plaisir et de l'hygiène (douche) (QH1). *Placer le mitigeur côté froid / Se laver main et visage à l'eau froide / Appeler l'ECS volontairement / Ne pas rincer la vaisselle avant le lave-vaisselle / Le remplacer par un modèle de catégorie A+ / Détartre le CE / Installer un réducteur pression à l'entrée du circuit / Optimiser la vaisselle à la main / Placer sur HP-HC / Repérer les fuites*

En sus des actions économes, nos interventions (C1 et C2) ont amené les participants à réaliser des actions de nature plus technique, qui ne sont pas directement reliées à une pratique économe. Le principaux gestes techniques adoptés sont : "se renseigner davantage sur les factures d'eau froide et d'électricité", puis "sensibiliser les autres occupants du ménage". Les autres actions techniques ne sont pas souvent réalisées, comme aller voir son compteur d'ECS, utiliser le sablier douche ou surveiller les débits.

Liens "effort perçu" / gestes adoptés

Les résultats produits démontrent que la dynamique d'adoption des gestes économes et d'ancrage dans les pratiques dépend de l'effort que le participant associe au geste (QH5). Tout d'abord **les gestes les plus expérimentés ont aussi tendance à être perçus comme les moins difficiles à adopter** : un geste perçu comme difficile est rarement adopté (QH3).

Pour approfondir cette relation entre effort perçu et adoption nous séparons les gestes en deux catégories :

- Les gestes qui requièrent le **moins d'effort** sont liés à des routines (toilette à l'eau froide), exigent des actions ponctuelles (régler le CE entre 50 et 65°C) ou rentrent dans les actions familiales du registre du non-gaspillage (optimiser la vaisselle à la main). Ce sont des gestes isolés, courts et répétés (ex. *placer le mitigeur côté froid, faire sa toilette à l'eau froide, n'appeler l'ECS qu'en cas de besoin, etc.*)



- Les gestes qui requièrent **le plus d'effort** pour être adoptés ont une forte dimension technique liée à l'eau froide ou ECS (détartre CE), sont peu courants (*éteindre le CE en cas d'absence prolongée*), sont liés au plaisir et à l'hygiène-santé (nombre de bains, temps de douche) ou imposent une nouvelle organisation (*modifier sa façon de faire la vaisselle à la main et faire le ménage à l'eau froide*)

Ce sont des actions composées de plusieurs gestes, peu fréquentes et qui relèvent davantage d'une pratique (ex. *remplacer un bain par une douche, changer sa façon de faire la vaisselle, etc.*).

Les participants considèrent que les gestes isolés requièrent moins d'effort que les gestes composés, mais ils sont aussi moins souvent ancrés que ces derniers. Les gestes composés sont expérimentés moins fréquemment car sont associés à un plus grand effort; mais quand ils sont adoptés, ils sont plus souvent intégrés dans les routines quotidiennes.

Evolution de la perception d'effort et liens avec la sensation de contrôle

L'effort perçu joue un rôle déterminant dans la propension à adopter et ancrer de nouveaux gestes économes. Cette perception diminue au cours du programme en moyenne sur l'échantillon. Mais cette observation dépend du profil du ménage : pour certains ménages l'effort perçu a baissé pour un grand nombre de gestes (ex. log 11 et 12) alors que pour d'autres cela concerne un très faible nombre de gestes (ex. log 1, 8 et 4). Le profil des participants détermine donc l'influence des interventions C1 ou C2 sur le degré d'effort perçu : les participants inscrits dans une démarche écologique, et qui se perçoivent donc comme déjà sobres ou économes, ainsi que les "pragmatiques" ayant un niveau de consommation d'ECS moyen/haut semblent tous deux avoir besoin d'une intervention plus intense (C2) que les actions d'information et de sensibilisation (C1). En effet les deux profils sont dans une recherche d'efficacité : les 1ers souhaitent de nouveaux gisements d'économie et les 2nd attendent un rapport "effort/résultats" positif pour justifier/récompenser leur effort.

Nos interventions ont eu un impact différent sur le degré d'effort selon le groupe expérimental. **Globalement l'intervention C2 (plus engageante et expérimentale) est plus efficace que l'intervention C1 (information et sensibilisation) pour réduire l'effort perçu des nouveaux gestes économes proposés.** De plus, lorsqu'on intervient d'abord sur le plan technique (information, équipements, instruments connectés, etc.) puis comportemental (groupe B), **l'effort perçu chute fortement après la 1^{ère} intervention.** Cette chute, associé au fait de voir sa consommation baisser par des apports techniques (T1 et T2) semble stimuler le changement de pratiques, faisant ainsi lever sur la consommation.

La propension à réaliser un effort pour modifier un geste routinier ou un comportement au sens plus large dépend aussi du point de référence de la personne, à savoir "*voit-elle son ménage comme déjà économe ou pas ?*". **Lorsque les participants pensent déjà faire attention à leur consommation (être économes) cela augmente le degré d'effort qu'ils pensent devoir faire pour aller plus loin, mais ne réduit pas significativement le passage à l'acte,** autrement dit le fait pour l'usager d'expérimenter réellement de nouveaux gestes (effort effectif).

L'ordre des interventions influence la **sensation globale de contrôle** sur le changement de pratiques (moyenne des diverses composantes - HQ6bis) : **une intervention technique puis comportementale augmente le contrôle perçu** (groupe B).

Or nous trouvons que plus le répondant perçoit un contrôle global moins il déclare un effort perçu à adopter de nouveaux gestes et plus il fait d'effort effectif pour les adopter (passage à l'action). **Notre programme semble donc avoir fourni les éléments de contrôle nécessaires, en suggérant un ordre d'intervention efficient, à savoir technique puis comportemental (QH6).**

Motivations, freins et leviers au changement de pratiques liées à l'ECS

Concernant **les motivations** à modifier ses pratiques, l'écologie et les aspects financiers sont les deux motivations majeures, également stables dans le temps, ainsi que des motivations plus intrinsèques comme changer ses propres pratiques (contrôle), participer à une étude qui a du sens et aider à transmettre (massifier). Les motivations liées aux normes sociales ("*Montrer l'exemple*" et "*répondre aux attentes de quelqu'un*") et au gain d'autonomie sont les moins intenses dans le processus de décision. Résultat surprenant, l'ordre des interventions et le temps du programme ont eu un impact sur l'intensité et la hiérarchie des motivations. En début de programme, un plus grand nombre de motivations sont citées qu'à la fin, et elles sont également plus variées. De plus, les motivations sont plus intenses dans le groupe A que B.

Les habitudes et les routines constitue **le principal frein** au changement de pratiques aux yeux des participants. La notion de "plaisir / détente / confort & bien être" est également un puissant obstacle (QH1), suivi par la sensation du participant d'être déjà très économe.

La plupart des freins au changement sont allégés grâce aux interventions (entre C1 et C2), suggérant qu'il est possible d'atténuer certains freins selon la méthode opérée (QH2, QH3, QH4 et QH8). Par exemple la réticence à utiliser de l'eau froide pour les usages quotidiens (ménage, etc.) disparaît totalement au cours du programme. Les interventions techniques, de par les économies générées sans action du participant, ont tendance à alléger l'item "*je suis déjà très économe et je fais des efforts*". Mais **ce frein s'intensifie au cours du programme pour le groupe A,** probablement du fait de l'expérimentation de nouveaux gestes, qui a amené les participants à se confronter à la force des habitudes et des routines.

Certains freins ne semblent pas influencés par nos interventions, notamment le "plaisir/détente". Les usages de l'ECS semblent reliés à des mécanismes profonds chez l'individu, tels que le plaisir, les souvenirs d'enfance, les valeurs de sobriété tirées de l'après-guerre, ainsi qu'à de fortes représentations sociales qui plongent l'ECS dans une dimension à la fois sensible, individuelle et sociale, qu'il est difficile d'influencer dans une approche interventionniste (QH1). Ces mécanismes tacites, mêlant rationnel, irrationnel et intime, complexifient le changement de pratiques et constituent des freins tacites qui fragilisent les interventions visant le passage à l'action (QH7). Davantage que dans le cas de l'énergie ou de la rénovation énergétique, l'usage de l'ECS semble associé à des représentations qui dépassent le geste répété, et qui ancrent les pratiques dans de fortes routines et habitudes, selon nous encore plus profondes et ancrées que dans d'autres domaines du fait de la dimension intime.

Dans ce contexte, un programme peut générer d'importantes incohérences entre les pensées, valeurs, intentions et actions. L'individu est alors incité de trouver des arguments permettant de retrouver une cohérence cognitive et de justifier son inaction : la force des habitudes et routines, le comportement des autres occupants, les injonctions de santé, le fait de se considérer comme déjà très économe, etc. Selon nous, la place du plaisir/détente dans l'usage de l'ECS, le métabolisme et l'état psycho-affectif, ou encore les fausses croyances anciennes expliquent plus fortement l'inertie du changement de pratiques.

Cependant, l'usage de l'ECS est constitué d'une diversité de gestes et actions (courtes, composées, répétées, isolés, etc.), et notamment une somme importante de petits gestes quotidiens (ex. *ouvrir et fermer un robinet*) qui le rend à priori sensible à la théorie de l'engagement. En amenant l'individu à expérimenter un nouveau geste nous réduisons l'effort perçu et facilitons l'adoption dudit geste. Et nos observations



suggèrent que de nouvelles pratiques et usages bien intégrés sur certains points de puisage peuvent induire un changement de comportement plus général au niveau du mode d'utilisation global de l'ECS (QH2). L'activation des normes sociales peut contribuer à cette dynamique : inciter les participants à communiquer sur leur engagement (ostentatoire), informer sur le niveau d'action des autres ménages, etc.

Parmi **les facteurs ou situations qui aideraient potentiellement les participants** à changer leurs pratiques et à adopter un nouveau mode de consommation de manière durable, à savoir les "leviers" figure en 1^{ère} **place la possibilité de voir sa consommation d'ECS régulièrement**. Pour les participants, cela permet notamment d'estimer le ratio "effort/résultat" au fil de l'eau et d'avoir des points de références internes quant à l'évolution de sa propre consommation. Une alerte simple, non intrusive et technologiquement faible (ex. un voyant installé dans le logement, un sms, etc.) serait complémentaire, en indiquant au ménage quand la consommation d'ECS dépasse un certain seuil.

Un accompagnement constituerait aussi un levier au changement pour un grand nombre de logements, permettant de les aider sur le "quoi faire et comment faire" avec de l'information visuelle concrète (QH11). En 3^{ème} position figure l'idée de **communiquer des informations à propos de sa propre consommation aux autres ménages, afin** de démultiplier l'impact de son propre effort. L'échange d'idées et de bonnes pratiques à plusieurs semble constituer un autre levier, que nous avons concrétisé lors de l'atelier participatif mené en octobre 2020. Et l'appétence pour un kit de mesure avec accompagnement a réconforté notre intervention C2. Le fait de se fixer des objectifs ou de participer à un jeu ne semblent pas incitatifs, si ce n'est pour le groupe A : le travail sur les usages et pratiques stimule l'intérêt d'un jeu visant la réduction de consommation.



6.3. Efficacité des gestes adoptés et gains obtenus – L'impact de nos interventions

6.3.1. Résultats observés et sensation de bénéfice à agir

1. Les efforts produisent-ils des résultats concrets et sont-ils conformes aux anticipations ?

A diverses étapes du protocole nous avons évalué en quelle mesure les participants pensaient que leurs efforts induisaient des résultats concrets sur leur consommation, et s'ils étaient conformes à leurs attentes (anticipation). Les questions suivantes ont été posées en intervention C2 (A2) et au cours du questionnaire final (A6) :

Q - Avez-vous la sensation que vos efforts (changement d'habitudes/pratiques) induisent des résultats concrets sur votre consommation (volume, facture) ? [1 - Pas du tout | 10 - Tout à fait]

Q - Les résultats que vous observez (consommation, factures, etc.) sont-ils conformes aux attentes que vous aviez en intégrant le programme ? [1 - Pas du tout | 10 - Tout à fait]

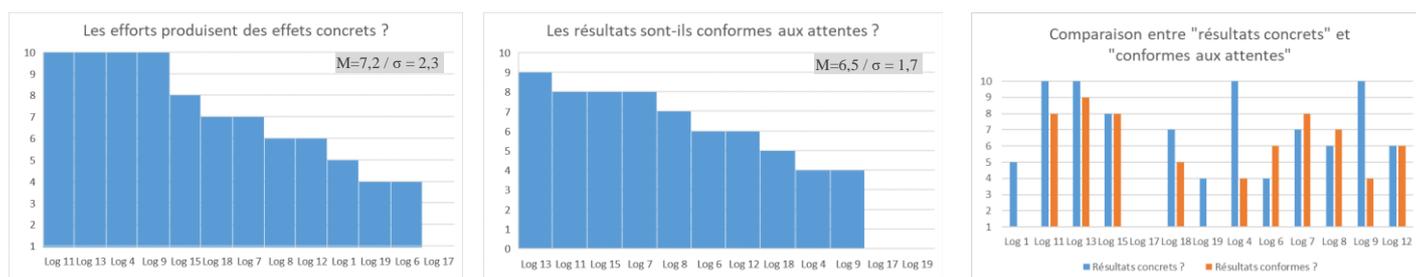


Figure 124 - Les efforts produisent-ils des résultats concrets (gauche – en A6) et conformes aux attentes (centre - A6) ? (1 Pas du tout - 10 Tout à fait)

Sur l'ensemble de l'échantillon (N=13), nous voyons qu'en fin de programme⁶² les participants ont tendance en moyenne à considérer que leurs efforts ont eu des effets concrets sur leur consommation et leurs factures (M=7,2; $\sigma = 2,3$). Cependant, 3 ménages sur 12 ne sont pas certains que leurs efforts ont produit des résultats.

Ils pensent aussi en moyenne que les résultats sont conformes à leurs attentes (M=6,5; $\sigma = 1,7$), mais cette moyenne est un peu moins importante. Le diagramme de droite de la Figure 124 indique que si le participant considère que les résultats de ses efforts produisent des résultats concrets, ils pensent en général moins fortement que ces derniers seront conformes à leurs attentes. Cette défiance peut impacter le degré d'effort et la persistance dans le maintien des nouveaux gestes et pratiques expérimentées.

En comparant les groupes (inter-sujets) dans le temps (intra-sujets), les résultats se croisent entre le groupe A et B. Lors de l'intervention C2, le groupe A anticipait des résultats en moyenne moins conformes à leurs attentes que le groupe B (M=6,0 vs 7,2). Mais au cours du programme cette tendance s'inverse : en A6 le groupe A constate des résultats plus conformes à leurs attentes que le groupe B, qui semble plus souvent observer des résultats plus décorrélés de ce qu'ils espéraient (M=5,8)⁶³.

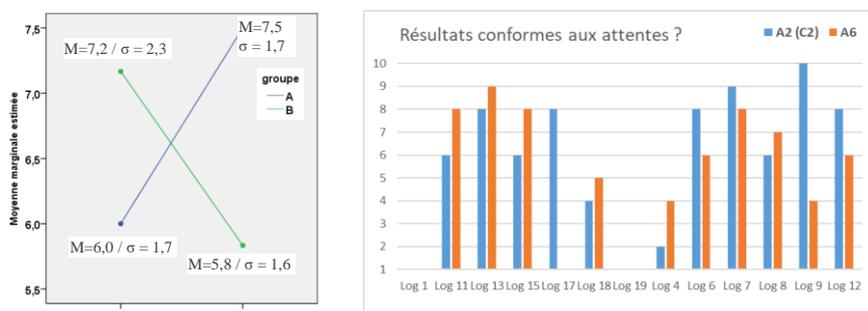


Figure 125 - Résultats des efforts (consommation) conformes aux attentes ?

2. Sensation de bénéfice personnel à faire l'effort de changer de pratiques

La sensation de bénéfice personnel est un moteur essentiel du changement de comportement et du passage à l'action (Litvine & Wüstenhagen, 2011; Litvine et al., 2014; Litvine & de Laage, 2017). Elle dépend de la structure de motivation de l'individu,

⁶² Notons que nous n'avons pas mesuré cette variable à d'autres moments du protocole.

⁶³ Une Anova montre qu'en A2 comme en A6 la différence de score moyen entre les deux groupes est significativement différente au seuil de 20%.

et conditionne le rôle du prix/coût dans la décision : avec une sensation de bénéfice forte, le surcoût d'une action perd de son influence sur la décision. En revanche, quand l'action n'offre pas la perspective d'un bénéfice personnel suffisant, l'individu invoque des freins "objectifs" pour expliquer sa non-action. Ces freins sont souvent des arguments écrans tels que le budget / coût, le temps, l'incapacité à agir, etc. qui permettent à l'individu de maintenir une forme de cohérence cognitive, source de confort. Nous avons mesuré 2 variables liées à ce concept : (1) l'intensité du bénéfice personnel perçu par le participant; (2) Les bénéfices que ce dernier pense retirer du changement de pratiques liées à l'ECS.

La question suivante a été posée à deux reprises, lors de l'intervention C2 (A2) et du questionnaire final (A6) :

Q- Quelle est votre sensation de bénéfice personnel (au sens large) à adapter votre mode de consommation et à participer au programme ? [1 très faible / 10 très fort]

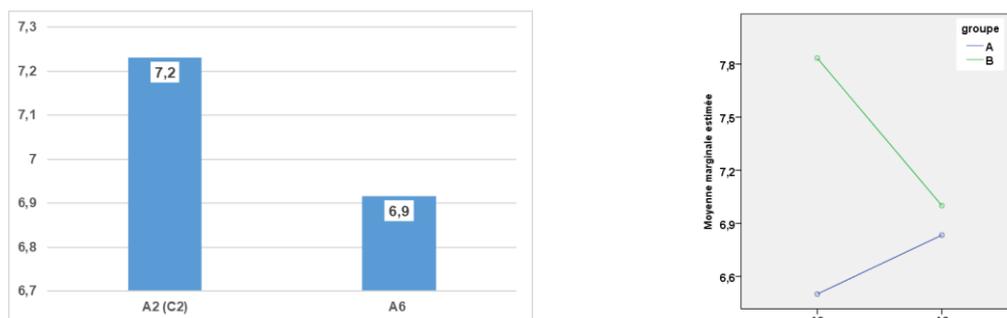


Figure 126 - Sensation de bénéfice personnel à changer de pratiques liées à l'ECS - échantillon total (N=13 - gauche) et comparaison entre groupes (droite)

Sur l'ensemble de l'échantillon, nous voyons que la perception de bénéfice personnel diminue en moyenne entre l'intervention C2 et le questionnaire final A6.

Mais en comparant les groupes (inter-sujets) dans le temps (intra-sujets), on remarque que cette diminution est surtout due au groupe B, dont le score chute de M=7,8 ($\sigma=1,6$) en A2 à M=7,0 ($\sigma=0,8$) en A6, alors que le groupe A a un score moyen qui augmente légèrement de 6,7 à 6,9⁶⁴. Autrement dit l'ordre des interventions "techniques puis comportementales" semble faire chuter la perception de bénéfice, alors que l'inverse semble faire augmenter légèrement cette perception.

Quels sont les principaux bénéfices que les participants pensent retirer de leur participation au programme (et indirectement de faire l'effort de changer de pratiques) ? (1) J'ai obtenu pas mal d'information, (2) j'ai bénéficié d'idées pour moins consommer, (3) J'ai obtenu un bon d'achat; (4) j'ai pu établir une forme de diagnostic individuel (comment j'utilise l'ECS) et (5) j'ai obtenu du matériel gratuit. Autre bénéfice évoqué spontanément en entretien : *J'ai pu apprendre à maîtriser ma consommation, ce qui me procure du plaisir*

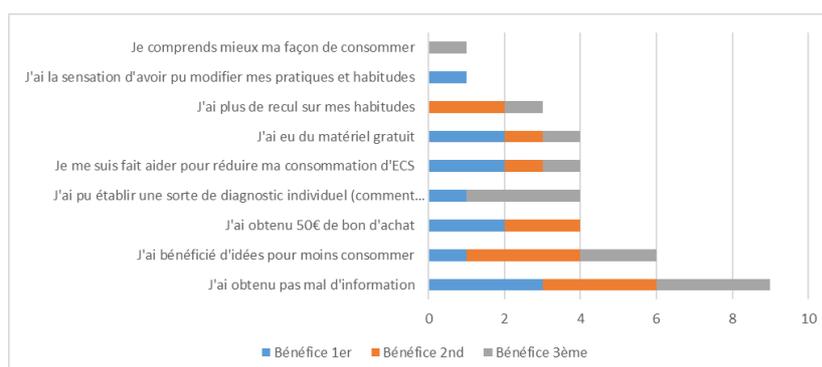


Figure 127 - Les principaux bénéfices que les participants pensent retirer de leur participation au programme

6.3.2. Les gestes qui sont souvent adoptés sont-ils aussi les plus efficaces ? Approche geste par geste

Nous avons listé les gestes/pratiques économes qui étaient souvent réalisées par les participants avant le programme, ceux souvent expérimentés en cours de programme et ceux qui ont été intégrés dans les habitudes en fin de programme (cf. Tableau

⁶⁴ Les différences de moyenne entre groupes, en A2 et A6, ne sont pas significatives (Anova).



18 p.107). Nous souhaitons ici ajouter la notion d'efficacité des gestes en terme de gains, à savoir ici les économies d'électricité, afin de répondre à la question "Quels gestes sont à la fois plus faciles et plus efficaces ?". La réponse à cette question est utile (1) pour la conception d'interventions de sensibilisation et d'accompagnement au changement en différenciant les gestes qui ont un fort impact de ceux qui sont contraignants pour l'utilisateur et inutile d'un point de vue énergétique; (2) pour maintenir la motivation des ménages dans leur effort de changement de pratiques : si ces derniers n'induisent pas d'économies et donc de réduction de facture, cela en démotive une bonne partie.

Nous estimons l'efficacité de chaque geste en terme d'économie d'ECS de manière qualitative à partir de diverses sources internet⁶⁵, que nous croisons ensuite avec des estimations en terme de réduction de la consommation d'électricité effectuées au cours du projet (Enertech). Etant donné le manque de précision de ces éléments, nous ordonnons les gestes grâce à un score allant de 1 à 3, du plus faible impact sur la consommation d'ECS (score 1) au plus fort impact (score 3). Ces données sont résumées dans le Tableau 26, qui reprend les résultats présentés p. 107.

Tableau 26 – L'efficacité estimée de chaque geste économe proposé en terme de consommation d'électricité

Catégorie	Description du geste	Efficacité estimée sur web ¹	Efficacité estimée sur ECSpect ²	Effort perçu moyen ³	Fréquence gestes déjà effectués	Fréquence gestes adoptés	Fréquence gestes ancrés
Douches / bains	1. Remplacer les bains par des douches	3	3	2,75	3	3	3
	2. Supprimer une douche par semaine	2	2	1,98	2	6	2
	3. Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse)	2	3	1,94	1	8	3
	4. Couper l'eau pendant le savonnage	2	2	1,46	9	2	1
Usages des robinets (lavabo, évier, etc.)	5. Ne pas laisser couler l'eau	2	2	1,35	7	3	3
	6. Toujours placer le mitigeur côté froid après utilisation	1	1	1,76	1	7	1
	7. Se laver les mains et visage à l'eau froide (la toilette)	1	1	1,70	2	1	1
	8. N'appeler l'eau chaude qu'en cas de besoin important (distinguer les usagers et besoins)	1	1	1,66	1	4	1
	9. Conserver (ou changer) les mousseurs/réducteurs de débit aux divers robinets [que pour GpA]	3	3	1,00	2	8	6
	10. Choisir des robinets efficaces (au moment de les changer) : mitigeur classe C3, etc.	1	1	1,73	0	6	4
Entretien (linge, vaisselle, lave-linge, ménage)	11. Utiliser le lave-vaisselle plutôt que la vaisselle à la main, mais en pleine charge et avec un programme eco	3	3	1,06	3	2	2
	12. Eviter de rincer la vaisselle avant de la mettre au lave-vaisselle	1	2	1,25	4	1	1
	13. Vaisselle à la main : ne pas laisser couler l'eau au fil de l'eau / utiliser bacs de l'évier ou des bassines (pour un 1er et 2ème rinçage) / utiliser de l'eau froide et du liquide vaisselle (pour dégraisser), sauf poêles très grasses	3	3	1,62	2	1	0
	14. Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30° (en ajoutant une noix de lavage et une lessive adaptée)	2	?	1,54	7	3	3
	15. Ménage : utiliser de l'eau froide pour le sol	1	1	1,53	0	4	2
	16. Si changer lave-vaisselle, prendre un catégorie A+ avec fonction économique	2	2	1,18	0	5	1
CE	17. Eteindre le CE lors d'une absence supérieure à 2-4 jours (selon la saison)	1	1	1,93	1	7	4
	18. Régler le CE entre 50 et 55°C	3	3	1,76	2	6	6
	19. Positionner le CE aux heures creuses (contrat d'électricité le permet) ou avec un programmateur	2	?	?	5	0	0
	20. Faire détartrer le CE au moins tous les 3 ans	2	?	2,61	1	1	1
	21. Au moment de changer le CE ... investir pour de la qualité : antitartre, etc.	2	?	2,10	4	2	2
Eau froide	22. Repérer les fuites ex : WC avec feuille papier ou pastilles colorantes	2	2	2,12	3	6	0
	23. Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC	2	2	2,08	7	3	2
	24. Récupérer l'eau de pluie pour arrosage et lavage voiture	2	?	2,87	1	3	2
	25. Installer un réducteur de pression à l'entrée du circuit d'eau froide (si la pression est forte)	3	3	2,00	1	1	1

¹ Estimation réalisée à partir de la lecture de sites internet traitant de la consommation d'ECS : ADEME, Organismes de Logement Social, Bureaux d'étude proposant des prestations de maîtrise de la consommation d'ECS, etc.

² Gains en terme de réduction de consommation d'électricité : 1 = [-30kWh ; -50kWh] / 2 = [-51kWh ; -10kWh] / 3 = [-101kWh ; 700kWh]

³ Effort moyen estimé à partir des déclarations des divers logements - score compris entre 1 (facile) et 3 (difficile)

Le dégradé de couleur des cases va du **vert foncé** (gestes efficaces et/ou fréquemment adoptés/ancrés) au **vert clair** (gestes peu efficaces et/ou peu fréquemment adoptés/ancrés).

Principaux résultats

- L'efficacité des gestes en terme de consommation d'ECS, estimée à partir des sources qualitatives sur internet sont assez cohérentes avec les économies d'électricité estimées à partir des données du projet, à 2 exceptions près (R=0,93; p=0,00 ; N=25).
- **Il n'y a pas du tout de corrélation entre l'efficacité des gestes et l'effort que les répondants pensent devoir réaliser pour les adopter.** Autrement dit ce ne sont pas forcément les gestes requérant le plus d'effort qui sont les plus efficaces, mais ce ne sont pas non plus les plus simples qui le sont. Toutes les combinaisons existent.
- **En revanche, il y a une corrélation positive significative entre l'efficacité du geste et sa nature⁶⁶** (R=0,40; p=0,05; N=25) : plus nous allons d'un geste isolé récurrent vers un geste technique, plus l'efficacité est forte. En effet, les gestes les plus efficaces (score 3) sont à 50% de niveau 3 (avec dimension technique, ex. régler la température du CE, installer un réducteur de pression, etc.) et à 50% de niveau 2 (gestes composés ponctuels et de l'ordre de la pratique, ex. optimiser la vaisselle à la main). Les gestes les moins efficaces sont à 43% de niveau 1 ("gestes isolés récurrents", ex. toujours placer le mitigeur côté froid, etc.), et à 43% de niveau 2. Ainsi, **les gestes ayant une dimension comportementale et routinière forte semblent en tendance moins efficaces.**

⁶⁵ ADEME, Organismes de Logement Social, informations eco-gestes, bureaux d'étude proposant des prestations de maîtrise de la consommation d'ECS, etc.

⁶⁶ Niveau 1 = "geste isolé récurrent" / niveau 2 = "geste composé ponctuel" / niveau 3 = "geste avec manipulation technique"



- De plus, nous observons une corrélation entre la fréquence avec laquelle un geste est déjà effectué et son efficacité estimée ($R=0,29$; $p=0,10$; $N=25$) : les gestes les plus efficaces sont en tendance déjà adoptés, dans une vision de bonnes pratiques coutumières. En revanche, **nous n'observons pas de corrélation significative (même au seuil 20%) entre le degré d'efficacité estimé pour un geste et la fréquence avec laquelle ce geste a été expérimenté ou ancré**. Autrement dit **nos interventions C1 et C2 ne semblent pas avoir toujours stimulé les gestes les plus efficaces**.
- Nous pouvons identifier **quelques gestes à la fois efficaces et fréquemment adoptés**, et qui de surcroît **sont très fréquemment ancrés** pour la quasi-totalité d'entre eux : *Remplacer les bains par des douches / Conserver les mousseurs / Régler le CE entre 50 et 55°C / Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse) / Repérer les fuites (ex : WC avec feuille papier ou pastilles colorantes)*. **Ces gestes devraient donc constituer la cible prioritaire d'une campagne de sensibilisation**. Ils portent soit sur la douche/bain soit portent sur un geste technique.
- Les gestes efficaces qui sont souvent déjà réalisés devraient ne pas être ciblés en priorité par une campagne**. Ils concernent assez souvent l'eau froide : *Couper l'eau pendant le savonnage douche / Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC / Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30°*

Plusieurs interprétations ou hypothèses sont possibles pour expliquer l'absence de corrélation significative entre efficacité et adoption des gestes proposés :

- Etant donné que, par construction, les nouveaux gestes expérimentés ne peuvent pas être déjà adoptés, le fait que de nombreux gestes déjà adoptés soient efficaces diminue l'efficacité du groupe des "nouveaux gestes adoptés". Par rebond, le raisonnement est le même pour les gestes ancrés.
- Les gestes les plus souvent adoptés ne sont pas forcément ceux qui sont les plus efficaces : les participants n'ont pas pu relier clairement l'adoption du geste et un résultat sur la consommation et/ou la facture; et/ou les participants ne se basent pas tant sur l'efficacité d'un geste pour l'adopter ou pas, ils vont au plus simple (habitudes, routines, etc.) et aux gestes qui demandent le moins d'effort, même s'ils ne sont pas très impactants.
- Les participants ont bien adopté les gestes les plus efficaces en apparence, mais l'efficacité estimée est erronée.

Cette 3^{ème} hypothèse requiert de porter une analyse critique sur l'efficacité estimée de chaque geste économe proposé. *Les gestes communément considérés comme étant les plus efficaces le sont-ils réellement ?*

Nos observations et calculs posent un doute sur la possibilité d'attribuer une efficacité à un geste de manière générale, sans tenir compte du contexte. Le graphe de consommation d'ECS en fonction du nombre de personnes (cf. Figure 128, rapport Enertech) montre d'importants écarts à la moyenne.

Mais le type de consommateur ECS, à savoir l'usage qui est fait de l'ECS, influence fortement le résultat. Nous observons en effet de gros consommateurs d'ECS chez qui les douches ne représenteraient que 20% de la consommation alors qu'elles représenteraient 70% de la consommation pour d'autres (cf. graph de gauche). Il semble donc difficile de relier un travail de sobriété sur les douches à un résultat fixe, sans prendre en compte le profil d'usage et contexte de consommation. Si ce postulat était vérifié, il semblerait encore plus difficile d'attribuer une efficacité à un geste économe portant sur les autres postes de consommation d'ECS, encore moins impactants.

Etant donné ces observations, et que la réparation de l'énergie entre les différents points de puisage ou usage (douche/ bain/ évier/ lavabo) varie fortement d'un logement à un autre, **une préconisation n'aura pas le même impact d'un logement à un autre. Ceci complexifie la généralisation des actions de sensibilisation qui visent les postes d'usage**.

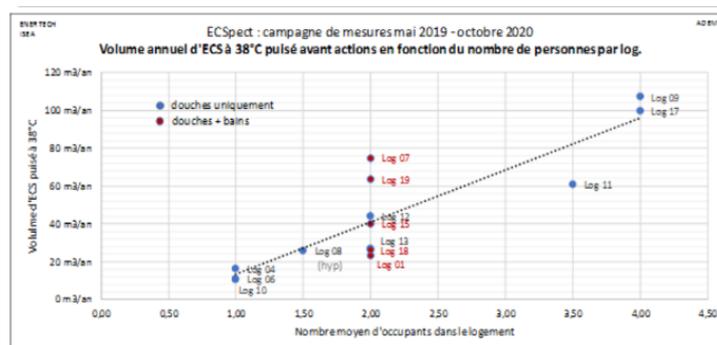


Figure 128 - Relation entre la consommation d'ECS et le nombre d'occupants (cf. rapport Enertech).

Enfin, pour chaque logement nous calculons un score "efficacité des gestes adoptés" en sommant l'efficacité estimée de tous les gestes qui ont été expérimentés et ancrés par le logement. Les données indiquent que, sur l'ensemble de l'échantillon, ce score est corrélé à la réduction de consommation d'électricité induite par notre programme pour les gestes expérimentés pendant le programme. Autrement dit, **c'est bien dans les ménages où la consommation d'électricité a été le plus réduite que les gestes considérés efficaces ont été les plus souvent expérimentés, en tendance**.

En revanche ce score n'est pas corrélé de manière significative pour les gestes ancrés, ni à la réduction d'énergie puisée. Autrement dit **ce n'est pas dans les ménages où l'énergie puisée a été la plus réduite que les gestes considérés efficaces**



ont été les plus souvent ancrés. Ce résultat ajoute une part d'incertitude sur l'efficacité prétendue des gestes proposés, et sur la possibilité d'attribuer une efficacité à un geste en dehors des considérations d'usage et de contexte.

6.3.3. Les gains obtenus – approche par logement (tous gestes confondus)

1. Impact de nos interventions sur les gains en termes de consommation et d'énergie puisée

Les données produites par Enertech concernant l'impact des interventions C1, C2, T1 et T2 sur la consommation d'électricité et l'énergie puisée au CE sont résumées dans le tableau ci-dessous (annexe 7 du rapport Enertech). Nous rappelons que ces calculs ont nécessité un grand travail de calibrage, projection, qualification, etc. et sont soumises à d'importants aléas (évolution de l'occupation, etc.). Ainsi il existe des marges d'erreur possibles, et les résultats constituent des ordres de grandeur.

Tableau 27 - Récapitulatif des gains obtenus dans ECSpect - calculs Enertech

Intervention →	Gains – consommation électrique				Gains – énergie utile puisée au CE				
	C1	C2	T1 +T2	Gain total (C+T) ^a	C1	C2	T1+T2	Gain total (C+T) ^a	
Groupe A	Log 1	-	0%	-17%	-17%	-	0%	-12%	-12%
	Log 11	0%	-7%	-34%	-37%	0%	-9%	-5%	-14%
	Log 13	-8%	0%	-31%	-35%	-12%	0%	-37%	-41%
	Log 15	-28%	0%	+10%	-24%	-44%	0%	0%	-44%
	Log 17	-1%	0%	-13%	-15%	-2%	0%	-10%	-11%
	Log 18	0%	0%	-12%	-12%	0%	0%	-7%	-7%
	Log 19	-21%	0%	-4%	-24%	0%	0%	0%	-29%
Moyennes gp A	-10%	-1%	-22%	-33%	-15%	-1%	-23%	-21%	
Groupe B	Log 4	0%	-9%	-38%	-43%	0%	-22%	-46%	-58%
	Log 6	-2%	-12%	-33%	-42%	-6%	-32%	-39%	-61%
	Log 7	0%	0%	-40%	-38%	0%	0%	-36%	-36%
	Log 8	-	-14%	-	-14%	-	-24%	-	-46%
	Log 9	-	-2%	-51%	-47%	0%	-2%	-45%	-6%
	Log 12	-5%	-27%	-45%	-59%	-6%	-32%	-42%	-63%
Moyennes gp B	-2%	-11%	-50%	-43%	-2%	-19%	-36%	-46%	

^a La colonne "gain total" est calculée directement à partir des différences de consommation –elle ne correspond pas exactement à la somme des gains des actions C et T en partie à cause d'éventuelles interactions entre les gains (fonction non linéaire) et marges d'erreur.

Le gain moyen des actions C1 et C2 au niveau de la consommation électrique est estimé à -9%. Les gains sont assez hétérogènes selon les logements, avec des intervalles de 0% à -28% en C1 et de 0% à -27% pour C2. Les actions C1 sont plus efficaces dans le groupe A (-10% contre -2% dans le groupe B) et les actions C2 dans le groupe B (-11% contre -1% dans le groupe A). Les tests démontrent que cette différence est significative sur le plan statistique⁶⁷.

Le gain moyen des interventions C1 et C2 est de -13% sur l'énergie puisée au CE, avec les mêmes conclusions que pour la consommation électrique : les gains sont hétérogènes selon les logements, avec des intervalles de 0% à -44% en C1 et de 0% à -32% en C2. Les actions C1 sont ici aussi plus efficaces dans le groupe A (-15% contre -2% dans le groupe B) et les actions C2 dans le groupe B (-19% contre -1% dans le groupe A), différence confirmée par test statistique⁶⁸.

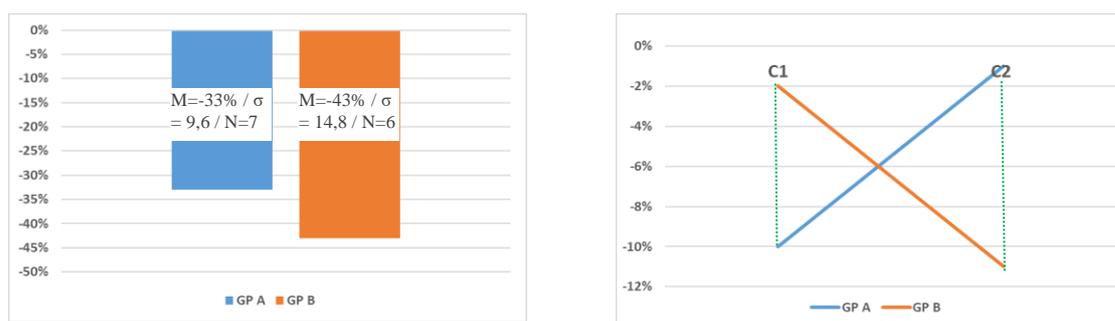


Figure 129 - Réduction des consommations électriques (gain total) en moyenne sur l'ensemble des interventions C et T (gauche) et en distinguant C1 et C2 (droite) - comparaison entre groupes

Rappelons que la réduction moyenne de consommation électrique se répartit ainsi (total de 100%) :

- Les actions T1 (jaquettes isolantes et dispositifs hydro-économiques) et T2 (équipements connectés) constituent ensemble 73% du gain moyen

⁶⁷ Un test de Welch au seuil 20% (hétérogénéité des variances) estime la différence de gain entre A et B en C1 : $W(1;5,5) = 2,4$ avec $p=0,17$ / la comparaison de gain entre A et B en C2 : $W(1; 5,6) = 5,5$ avec $p=0,05$

⁶⁸ Un test de Welch au seuil 20% (hétérogénéité des variances) estime la différence de gain entre A et B en C1 : $W(1;5,4) = 2,5$ avec $p=0,16$ / la comparaison de gain entre A et B en C2 : $W(1; 5,4) = 8,4$ avec $p=0,03$

- Les actions comportementales C1 (information /sensibilisation) C2 (manipulation / expérience) représentent ensemble 27% du gain moyen

Nous pouvons tirer diverses conclusions de ces données

- Même avec un faible échantillon de nombreuses statistiques sont significatives : nos interventions ont eu un impact notable.
- Les interventions techniques semblent réduire davantage la consommation d'électricité et l'énergie puisée que les interventions comportementales. Notons cependant qu'il est difficile de distinguer entièrement les deux apports (imbrication, interactions, etc.).
- L'ordre des interventions a un impact différencié sur la consommation électrique et l'énergie puisée : en regroupant les interventions techniques et comportementales, le groupe B enregistre une économie moyenne de l'ordre de -43% contre -33% pour le groupe A⁶⁹. Cependant, les logements du groupe B montrent une plus grande hétérogénéité des gains (dispersion autour de la moyenne plus importante).
- L'intensité des interventions comportementales n'a pas le même impact selon le groupe. Autrement dit lorsque les participants ont connu des interventions comportementales en 1^{er}, les actions d'information et de sensibilisation (C1) semblent plus influentes que les actions plus expérimentales (C2). En revanche ces dernières, à savoir le fait pour le participant de manipuler des outils de mesure, d'utiliser du matériel de suivi, de se fixer des objectifs, etc. ont plus d'impact lorsque les cibles ont connu des interventions techniques au préalable. L'apport d'informations techniques, l'installation d'équipements économes, etc. au sein du ménage (T1-T2) pourrait ainsi attiser l'intérêt du participant pour les mesures, l'expérimentation et la manipulation d'instruments dans l'objectif de confirmer/visualiser l'effet de l'intervention technique réalisée. L'autre explication peut être donnée par le degré d'appropriation du sujet, qui est globalement plus importante et homogène dans le groupe B (cf. Figure 95) : les interventions techniques ont probablement accru l'appropriation des éléments techniques, ce qui a pu augmenter la réceptivité aux actions de manipulation de matériel de l'intervention C2. Pourtant nous avons vu que le groupe B déclarait moins manipuler le matériel de suivi et de mesure laissé en C2 (sablier, débitmètre, etc. cf. p.92) et démontre une moins forte compréhension du principe du CE que ce soit en C1 ou en fin de programme (cf. p.90).
- Les ménages ne sont pas tous réceptifs de la même façon aux interventions ce qui souligne l'importance de distinguer les profils de ménage pour optimiser l'efficacité des interventions.
- Il faut noter qu'il semble rare que les actions C1 et C2 permettent de cumuler les gains. Quand un logement présente une réduction significative, c'est en général sur une seule de ces 2 actions.

2. Lien entre gain obtenu, gestes adoptés et effort perçu – approche par logement tous gestes confondus

Nous n'observons **pas de relation directe claire entre les gains** (réduction de la consommation d'électricité et de l'énergie puisée au CE) et **le nombre de gestes économes réalisés initialement** (avant programme) ou expérimentés (pendant le programme). Il existe cependant une corrélation (seuil d'erreur de 20%) entre la réduction de la consommation d'électricité et le nombre de gestes expérimentés ($R=-0,37 / p=0,22 / N=13$). Cette relation est négative, autrement dit **plus le participant expérimente de nouveaux gestes plus la consommation de son ménage est réduite**, "*toutes choses égales par ailleurs*". Ce résultat ne s'observe pas pour l'énergie puisée, probablement car cette dernière est davantage influencée par les apports techniques.

Ainsi, afin d'approfondir le résultat précédent, nous introduisons l'efficacité présumée des gestes proposés (cf. p.126). Ici aussi nous n'observons **pas de relation robuste entre les gains et l'efficacité des gestes** déjà pratiqués, adoptés et ancrés par le participant, "*toutes choses égales par ailleurs*". Autrement dit l'efficacité estimée des gestes ne semble pas être en lien direct avec les gains, et n'explique pas l'absence de relation entre le nombre de gestes économes réalisés et les gains.

En revanche, lorsque nous introduisons la perception liée à l'effort, le fait pour le participant de se considérer comme étant déjà très économe et réalisant déjà des efforts est fortement corrélé à la réduction de la consommation d'électricité ($R=0,5 / p=0,07 / N=13$). Autrement dit plus le participant considère qu'il fait déjà des efforts plus les gains associés à son logement sont faibles (plus positifs). Ce résultat pourrait souligner un effet de saturation : plus j'ai la sensation de faire déjà des efforts, et notamment en fin de programme, moins j'en réalise et moins j'économise de l'électricité. Notons que ce phénomène ne s'observe pas pour l'énergie puisée, qui dépend plus fortement de facteurs techniques : la sensation de faire déjà des efforts n'est pas corrélée de manière significative à l'énergie puisée par le CE du ménage.

En revanche, le niveau d'effort en A1 est corrélé à une réduction de consommation électrique globale au cours du programme ($R=-0,39 / p=0,20 / N=13$) et de l'énergie puisée ($R=-0,35 / p=0,19 / N=13$) : **plus les répondants réalisent un effort en moyenne quant aux gestes proposés à l'issue de l'intervention C1, plus le gain est fort par la suite.**

3. L'intention de changer ses pratiques et les gains associés

Nous avons mesuré l'intention comportementale en fin d'intervention C1 et C2, grâce à la question suivante :

Q - Quelle est votre intention d'adopter/maintenir de nouveaux gestes de sorte à réduire vos consommations d'ECS ? [1- pas du tout probable à 10 - tout à fait probable]

⁶⁹ Différence de moyenne significative (ANOVA) : $F(1;11) = 6,2 / p=0,03$



L'intention d'adapter son mode de consommation d'ECS est relativement élevée initialement ($M=7,4$), mais évolue peu entre C1 et C2, avec une légère baisse en cours de programme.

Nous observons une corrélation positive forte entre d'un côté l'augmentation de l'intention de changer de mode de consommation et, de l'autre, le rapport "nombre de nouveaux gestes expérimentés pendant le programme/nombre de gestes économes déjà effectués"⁷⁰. Autrement dit **plus le participant expérimente de nouveaux gestes économes alors qu'il n'avait pas cette pratique initialement et plus il a l'intention de modifier son mode de consommation au fil du programme**. Ce résultat permet de réduire les présomptions de biais déclaratifs dans notre étude, qui sont plus forts lorsqu'intention et action ne sont pas cohérents (cf. Litvine, 2008, 2010, 2020; de Laage et Litvine 2020).

En revanche, nous observons une **absence de corrélation significative entre l'intention de changer de mode de consommation et les gains réalisés pour le logement**. Ce résultat peut être le fait de la faible taille de l'échantillon⁷¹, mais il peut aussi simplement révéler une absence de lien entre la volonté de modifier son mode de consommation et l'efficacité des démarches entreprises, que ces dernières soient de nature comportementale ou technique. Ce résultat peut être lié au fait que nous ne puissions pas relier directement l'efficacité aux gestes effectués.

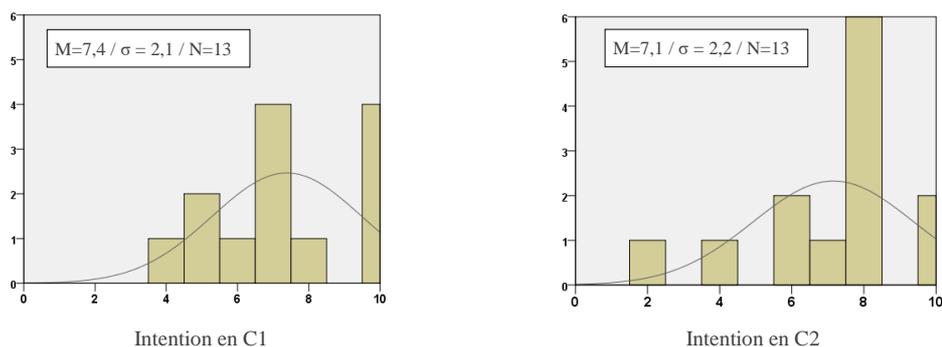


Figure 130 - Intention d'adopter de nouveaux gestes économes - moyenne sur tout l'échantillon

6.3.4. Les facteurs qui influencent les gains obtenus

Afin d'identifier les facteurs qui semblent influencer les gains relevés, nous testons la corrélation entre d'un côté les facteurs pressentis dans notre analyse préalable (revue de littérature, échanges avec experts, etc.) et de l'autre l'évolution de la consommation électrique et de l'énergie produite entre le début et fin du programme. Ces calculs sont menés "toutes choses égales par ailleurs", en se concentrant sur la relation entre les variables prises 2 à 2, et de fait sans considérer l'interaction possible avec d'autres variables.

Nous complétons cette étape avec une régression statistique permettant d'identifier les facteurs qui déterminent le niveau de gain, en considérant les interactions entre les facteurs. Cette démarche statistique dite inférentielle vise à déterminer un modèle, à savoir un ensemble de variables dites "explicatives" dont la variation est reliée à la "réduction de la consommation d'électricité" ainsi qu'à la "réduction de l'énergie puisée au CE", à savoir les "variables expliquées".

Remarques :

- Les résultats obtenus sur la variable "réduction de la consommation d'électricité" sont très proches de ceux obtenus sur la variable "énergie puisée au CE". L'écart entre les deux pourrait être dû aux modifications dans la consommation d'électricité induits par d'autres changements dans les usages, provoqués par le travail sur les pratiques de l'ECS ou autres.
- Etant donné la taille de l'échantillon, les analyses statistiques peuvent être fragiles, et ne font ressortir que les relations très fortes. Quand un test s'avère non significatif (seuil 5 ou 20%), il est difficile de conclure à l'absence de lien. Ainsi un facteur potentiellement influent peut ne pas apparaître comme significatif, alors que ça aurait peut-être été le cas avec un plus grand échantillon. En revanche, si un test/variable est significatif avec un faible échantillon, nous savons que cela est vérifié.

1. Relations simples entre le gain et divers facteurs d'influence

a) Données sociodémographiques et profil du ménage

Le 1^{er} groupe de variables concerne le profil du ménage, à savoir ses données sociodémographiques ainsi que ses spécificités en terme de dimensionnement. La consommation d'électricité et l'énergie puisée ont tendance à être réduites quand :

- Le participant (référént ménage) est âgé ($R=-0,70$)
- Le nombre d'occupants est faible ($R=0,44$)

⁷⁰ $R=0,75 / p=0,01 (N=13)$

⁷¹ Même si les outils de comparaison de moyenne sont robustes sur de faibles échantillons, cette petite taille peut le rendre inopérant. Lorsque les tests (ANOVA, Welch, etc.) ne sont pas significatifs, nous ne pouvons pas conclure à l'absence de différence entre les deux groupes. En revanche quand ils sont positifs, la taille n'est pas un problème et nous pouvons considérer ce résultat avec robustesse.



- Le taux d'occupation journalier moyen du logement est faible ($R=0,38$)

En revanche, les gains des interventions comportementales ne semblent pas liés au niveau de revenu du ménage, à la catégorie socio-professionnelle du répondant, au niveau d'engagement écologique du ménage, à la surface habitable ou à la consommation initiale d'ECS. Ces résultats suggèrent que les gains ne dépendent pas d'un effet d'échelle.

Tableau 28 - Corrélations entre la consommation électrique et le profil sociodémographique du participant /spécificités du ménage

Variables sociodémographiques et spécificités du ménage	Corrélation gains
Age	$R=-0,70 / p=0,01^{**}$
Niveau de revenu (3 classes)	$R=0,20 / p=0,52$
Catégorie socio-professionnelle	$R=-0,04 / p=0,90$
Niveau d'engagement écologique	$R=0,01 / p=0,96$
Surface habitable	$R=0,23 / p=0,44$
Taux d'occupation journalier moyen	$R=0,38 / p=0,18^*$
Nombre d'occupants	$R=0,44 / p=0,13^*$
Consommation initiale d'ECS	$R=0,24 / p=0,42$

N=13

b) Connaissance et perception au sujet de l'énergie et de l'eau - profil technique et énergétique

Le 2nd groupe de variables étudié concerne le profil "fluide" du participant, ainsi que son appétence pour les éléments techniques. La consommation d'électricité et l'énergie puisée ont tendance à être réduites quand le participant :

- Présente une appétence pour la technique ($R=-0,67$)
- Connait la consommation d'eau froide du ménage en fin de programme ($R=-0,38$)
- Pense que son ménage est un moyen consommateur d'ECS ($R=0,25$)

En revanche, les gains de nos interventions ne semblent pas liés au niveau d'appétence du participant pour la technologie, la qualité et la performance, ni aux écarts entre la perception qu'il a du niveau de consommation de son ménage et sa consommation réelle. Les gains ne semblent pas liés non plus à la vision du participant quant à l'augmentation des prix de l'énergie et de l'eau, ni à sa connaissance du montant de ses factures d'eau froide et d'électricité.

Tableau 29 - Corrélations entre la consommation électrique et le profil technique et énergétique du participant

Profil technique et énergétique	Corrélation gains
Appétence pour la technique	$R=-0,67 / p=0,01^{**}$
Appétence pour la technologie et les applications	$R=-0,31 / p=0,30$
Appétence pour la qualité	$R=0,17 / p=0,58$
Appétence pour la performance	$R=0,11 / p=0,72$
Auto-perception quant au profil de consommation du ménage (petit, moyen ou gros)	$R=0,25 / p=0,15^*$
Ecart entre la consommation perçue et réelle	$R=-0,09 / p=0,77$
Vision quant à l'augmentation du coût de l'eau et de l'énergie	$R=0,02 / p=0,95$
Connait la consommation d'eau froide du ménage (mesuré en A6)	$R=-0,38 / p=0,15^*$
Connait la facture d'eau froide (mesuré en A6)	$R=0,01 / p=0,92$
Connait la facture d'électricité (mesuré en A6)	$R=-0,12 / p=0,70$

N=13

c) Perception de contrôle sur le changement de pratiques

Nous supposons dans cette étude que la sensation de contrôle sur la consommation d'ECS est un facteur clef du changement de pratiques. Le Tableau 30 indique que les diverses composantes de la notion de "perception de contrôle" (cf. p.74) sont liées aux gains⁷². La réduction de consommation d'électricité et l'énergie puisée ont tendances à être plus fortes quand le participant :

- Perçoit une facilité à changer ses pratiques – évolution au fil du programme ($R=-0,39$)
- Perçoit une facilité à maintenir les changements opérés – mesure en fin de programme ($R=-0,67$)
- Pense que le changement de pratiques du ménage dépend essentiellement de lui - évolution au fil du programme ($R=-0,55$)
- A l'impression d'avoir changé son mode de consommation – mesure en fin de programme ($R=-0,44$)

En revanche, les gains de nos interventions ne semblent pas liés au fait que le participant pense ou pas avoir les ressources pour agir (informations et outils).

Tableau 30 - Corrélations entre la consommation électrique et la perception de contrôle sur le changement de pratiques

Composante de la perception de contrôle sur le changement de pratiques de l'ECS	Corrélation gains
Changer mes pratiques est difficile (différence de perception entre A6 et A0)	$R=-0,39 / p=0,19^*$
Maintenir les changements opérés est difficile (mesurée en A6)	$R=-0,67, p=0,02^{**}$

⁷² Pour rappel, les coefficients de corrélation bivariés reflètent les liens entre deux variables sans prendre en compte l'influence d'autres variables. C'est une analyse "toutes choses égales par ailleurs".



Le changement dépend essentiellement de moi (différence score entre A6 et A2) (contrôle externe)	R=-0,55 / p=0,06*
Je pense avoir les ressources pour agir : infos, outils, etc. (mesurée en A6) (contrôle interne)	R=0,12 / p=0,69
J'ai l'impression d'avoir changé mon mode de consommation (mesuré en A6)	R=-0,44 / p=0,13*

N=13

d) Appropriation des enjeux de la consommation d'ECS

Nous notons une corrélation entre les gains et la sensation d'appropriation globale du sujet de l'ECS (question directe posée à divers moments du programme) (R=-0,5; N=13). Autrement dit plus le ménage a la sensation de s'approprier la question de l'ECS (le sujet est compris et intègre son quotidien), plus les gains sont élevés.

Ainsi la réduction de consommation d'électricité et l'énergie puisée ont tendance à être plus fortes quand le participant :

- S'approprie le sujet de l'ECS au fil du programme (question directe)
- A la sensation de mieux comprendre le sujet de l'ECS (R=-0,44)
- A la liste des gestes économes proposés à l'esprit suite à l'intervention C2 (R=-0,62)

En revanche, les gains des interventions ne semblent pas liés à la clarté du sujet de l'ECS dans l'esprit du participant (évolution de A1 à A6) ou à son niveau de compréhension du fonctionnement du CE, ni au fait qu'il réalise ou pas des actions de suivi et de réglage liées à l'ECS ou encore qu'il manipule le matériel laissé en C2.

Ainsi **l'appropriation semble influencer les gains obtenus, mais surtout via la perception globale du répondant** : faire sien le sujet de l'ECS et mieux comprendre le sujet. Le fait pour le répondant d'avoir à l'esprit les gestes possibles semble également lié aux gains, mais nous ne pouvons pas déterminer le sens de la relation : est-ce que la mémoire des gestes est l'effet ou la cause de la réduction des consommations ?

Tableau 31 - Corrélations entre la consommation électrique et le degré d'appropriation de l'ECS

Appropriation de l'ECS	Corrélation gains
Niveau global d'appropriation (évolution entre A1 et A6)	R=-0,51 / p=0,05**
Le sujet de l'ECS est clair (évolution entre A1 et A6)	R=-0,07 / p=0,82
Niveau de compréhension du fonctionnement du CE (évolution entre A1 et A6)	R=-0,16 / p=0,61
J'ai la sensation de mieux comprendre le sujet de l'ECS (mesuré en A2)	R=-0,44 / p=0,12*
Niveau de suivi et réglage (mesuré en A6)	R=-0,06 / p=0,85
Manipule le matériel de mesure laissé en C2 (mesuré en A6)	R=-0,22 / p=0,49
J'ai la liste des gestes économes proposés en tête (mesuré en A2)	R=-0,62 / p=0,03**

N=13

e) Perception de résultat et de bénéfice à faire des efforts

Notre cadrage méthodologique et théorique souligne la relation forte entre le résultat que l'individu pense obtenir en adoptant un comportement et le passage à l'action (cf. p.73). Cela comprend tant la dimension concrète (tangible) des résultats que la sensation que ces derniers sont conformes aux attentes. La perception de résultat concrets et conformes associée à la perspective de satisfaire des motivations intrinsèques et extrinsèques vont déterminer la sensation de bénéfice personnel, au sens large.

La réduction de la consommation d'électricité et de l'énergie puisée ont tendance à être plus fortes quand le participant :

- Pense que son effort de changement de pratiques produira des résultats conformes à ses attentes (R=-0,42)
- A la sensation que son changement de pratiques procurera un bénéfice personnel significatif (R=-0,42)
- A adopté un grand nombre de gestes au cours du programme (R=-0,37)
- A maintenu un grand nombre de gestes dans le temps (ancrage) (R=-0,35)

Il semble logique que les gains soient liés aux gestes effectués par les participants, et notamment que ces derniers soient incités à maintenir leurs gestes s'ils observent que leurs efforts induisent des gains concrets en termes de consommation et de facture. En revanche, les gains des interventions ne semblent pas liés au fait que l'action induit ou pas des résultats concrets.

Tableau 32 - Corrélations entre la consommation électrique et la perception de résultat / bénéfice

Perception de résultat et de bénéfice	Corrélation gains
Mon effort produit des résultats concrets (mesuré en A6)	R=0,26 / p=0,41
Les résultats de mes efforts seront conformes à mes attentes (perception d'efficacité de la réponse) (mesuré en A2)	R=-0,42 / p=0,19*
J'ai la sensation que le changement de pratiques me procure un bénéfice personnel (mesuré en A6)	R=-0,43 / p=0,14*
Nombre de gestes adoptés au cours du programme	R=-0,37 / p=0,12*
Nombre de gestes maintenus / ancrés par rapport aux gestes adoptés (rapport)	R=-0,35 / p=0,15*

N=13



f) Les normes sociales liées au changement de pratiques d'ECS

Les normes sociales et la perception que l'individu en a constituent un autre groupe de déterminants importants du changement de comportement, au cœur de la Théorie du Comportement Planifié (cf. p.74). Or souvent les normes sociales propres à un comportement ne sont pas actives ; une fois activées elles constituent un important levier du changement et passage à l'action (Litvine & Wüstenhagen, 2011).

La réduction de la consommation d'électricité et de l'énergie puisée semble plus forte quand le participant pense que d'autres ménages du programme ont changé leur mode de consommation (mesure réalisée en fin de programme – A6), ce qui n'est pas le cas des ménages à l'échelle nationale. Ce résultat suggère que les normes liées à un groupe de référence petit et local (ici les ménages du programme) devraient avoir une influence, alors que des normes à l'échelle nationale (groupe éloigné et de taille) ne semblent pas influentes.

En revanche, le fait pour le participant de complaire aux attentes de personnes dont l'opinion compte à ses yeux ne semble pas opérant (mesuré en A6). **Ce résultat suggère que les normes sociales autour du changement de pratiques de l'ECS sont encore faibles** (limitées à un groupe de référents de proximité): les normes plus globales (au niveau national) et intenses (la dimension ostentatoire et le souhait de complaire à des référents) ne semblent pas encore actives. Mais notre étude a mis en lumière l'intérêt d'activer ses normes.

Tableau 33 - Corrélations entre la consommation électrique et les normes sociales liées à l'usage de l'ECS

Normes sociales liées à l'usage de l'ECS	Corrélation gains
Je pense que d'autres ménages du programme ont changé leur mode de consommation (mesuré en A6)	R=-0,76 / p=0,01**
Je pense que d'autres ménages français ont changé leur mode de consommation (mesuré en A6)	R=0,34 / p=0,45
En changeant de pratiques je pourrais répondre aux attentes de personnes dont l'opinion compte à mes yeux (A6)	R=-0,33 / p=0,29
Je parle du programme et des gestes proposés à des proches (amis, famille, travail) (mesuré en A6)	R=-0,43 / p=0,32

N=13

2. Quels facteurs influencent le gain obtenu ? Un modèle explicatif avec effets conjugués

Les corrélations bivariées présentées ci-dessus ne considèrent pas les interactions entre les diverses variables. Pour cela nous devons effectuer une régression, qui permet d'identifier un modèle mettant les diverses variables explicatives en compétition : seules sont retenues les plus efficaces pour prédire le gain.

Nous menons une modélisation sur chacune des variables à expliquer "gain", à savoir (1) "la réduction de consommation d'électricité" (Tableau 34) et (2) "la réduction de l'énergie utile puisée au CE" (Tableau 35). Dans chaque modèle nous cherchons les facteurs (variables explicatives) qui, ensemble, expliquent au mieux la variance de la variable à expliquer.

Après avoir réduit la multi-colinéarité⁷³ et avoir confirmé les conditions d'application du modèle linéaire, nous effectuons une régression linéaire pas à pas sur les deux variables à expliquer⁷⁴.

Les régressions aboutissent à deux modèles solides et efficaces (cf. statistique de Fisher) composé de 4 et 6 variables permettant d'expliquer entre 88% et 92% de la variance des deux variables de "gain" (réduction de la consommation d'électricité et de l'énergie puisée). **Ces modèles indiquent que la consommation d'électricité et l'énergie puisée au CE sont inférieures quand le participant :**

- A une sensation d'appropriation de l'ECS qui a augmenté au fil du programme (B<0)
- A tendance à voir l'ECS comme un sujet de nature plutôt technique (B<0)
- A une appétence pour la technique (B<0)
- Perçoit une facilité à maintenir les gestes économes expérimentés (B<0)
- A la sensation qu'il a réussi à changer son mode de consommation (B<0)
- A expérimenté un petit nombre de gestes proposés par rapport aux gestes déjà pratiqués (B>0)
- Perçoit un bénéfice personnel du fait de changer ses pratiques qui a augmenté au fil du programme (B<0)
- Pense que son ménage est un petit consommateur (évolution de l'auto-perception entre A6 et A2) (B>0)
- Pense ne pas faire déjà beaucoup d'efforts (B>0)
- Est de catégorie socioprofessionnelle élevée (B<0)

Nous voyons que de nombreuses variables étudiées et pressenties permettent ensemble d'expliquer / prédire une grande part des gains obtenus. La sensation d'appropriation de l'ECS est bien un mécanisme central, comme supposé dans notre étude. L'appétence du participant pour la technique joue fortement, et notamment quand il perçoit l'ECS comme un sujet relevant plutôt de la technique que de l'humain. La confiance du participant dans le fait de pouvoir briser les habitudes est influent, à savoir quand il pense pouvoir changer son mode de consommation et de maintenir les nouveaux gestes adoptés. Ainsi, plus le participant pense faire déjà des efforts, moins le gain est élevé. En revanche plus le participant expérimente de nouveaux gestes, moins cela induit de gains, probablement par effet de saturation et de dilution de l'efficacité des gestes. Il semble néanmoins

⁷³ Nous avons effectué une analyse en composante principale pour identifier les variables colinéaires

⁷⁴ Cette méthode itérative permet d'identifier le modèle le plus efficace et pertinent en ajoutant à chaque fois la variable la plus contributive au modèle en cours



important également d'augmenter la sensation de bénéfice personnel en satisfaisant les différentes formes de motivations. Enfin, les ménages avec un référent de catégorie professionnelle élevée ont une énergie puisée inférieure.

Ces modèles suggèrent qu'il est utile d'agir sur l'ensemble de ces leviers en simultané pour augmenter les gains tirés d'interventions techniques et comportementales. En revanche il n'est pas utile d'inciter la réalisation d'un maximum de gestes, il semble plus efficace de stimuler l'adoption de gestes efficaces, non perçus comme difficiles et qui génèrent un bénéfice personnel important.

Notons que dans un modèle nous présumons un sens d'analyse, à savoir "les gains sont expliqués par les autres facteurs", mais il est possible que les gains puissent induire eux-mêmes certains phénomènes. En effet, une réduction des factures peut inciter le ménage à maintenir ses efforts. Nous trouvons en effet une corrélation entre la réduction d'énergie puisée au CE et le nombre de gestes maintenus par les participants ($R=-0,35$; $p=0,15$).

Tableau 34 - Quelles variables permettent d'expliquer / prédire la réduction de consommation d'électricité ?

Variables du modèle "consommation d'électricité"	Modalités	Modèle ^a
Appétence pour la technique	1 faible -10 forte	-15,88*** (0,4)
Facilité à maintenir les gestes économes expérimentés – perception	1 difficile – 10 facile	-4,15*** (0,3)
Sensation qu'on a changé son mode de consommation	0 = non, 1 = un peu, 2 = beaucoup	-3,34*** (0,4)
Rapport "nombre de gestes expérimentés" / "nombre de gestes déjà réalisés"	Echelle	0,90** (0,1)
Suis-je un petit/moyen/gros consommateur ? Evolution auto-perception entre A6 et A2	Petit/moyen/gros	3,16*** (0,3)
Je fais déjà beaucoup d'efforts pour changer mes pratiques	1 = pas du tout - 10 = tout à fait	3,73** (0,4)
Constante		7,21* (3,1)
Nombre d'obs		13
Stat de Fisher (7;3)		38,1***
Erreur standard de l'estimation		0,73
R ² ajusté		0,92

N=13 *** p<0,001 **p<0,05 * p<0,1

^a Régression linéaire par MCO; paramètres B et erreurs types entre parenthèse (.)

Tableau 35 – Quelles variables permettent d'expliquer / prédire la réduction de l'énergie puisée ?

Variables du modèle "énergie puisée"	Modalités	Modèle ^a
1. Ai-je la sensation de m'être approprié le sujet de l'ECS ? (évolution entre A6 et A1)	1 = pas du tout - 10 = tout à fait	-3,75*** (0,8)
2. Le sujet de l'ECS est-il plutôt technique ou humain ? (mesure avant intervention)	0=humain; 1= technique	-20,02*** (4,7)
3. Catégorie Socio Professionnelle	0 = faible; 1 = moyenne; 3 = forte	-3,34* (0,4)
4. Degré de bénéfice personnel – mesure en fin de programme (A6)	1 = faible – 10 = fort	-5,61** (0,1)
Constante		28,07** (3,1)
Nombre d'obs		13
Stat de Fisher (4;8)		24,1***
Erreur standard de l'estimation		7,18
R ² ajusté		0,88

N=13 *** p<0,001 **p<0,05 * p<0,1

^a Régression linéaire par MCO; paramètres B et erreurs types entre parenthèse (.)

3. Bilan et satisfaction de l'échantillon quant à sa participation au programme (questionnaire final A6)

Le synthétise la satisfaction des participants quant à leur implication dans le programme, mesuré lors du questionnaire final sur une échelle de 1 (faible) à 10 (forte) (Figure 131). Nous leur avons également demandé de faire un bilan du projet et de leur participation par écrit, au format ouvert (Tableau 36). Globalement la satisfaction est forte en moyenne ($M=8,5$ sur 10), et équivalente dans les deux groupes. Les participants font un bilan positif en moyenne, ils ont la sensation d'avoir appris des choses, obtenu des outils, réduit leurs factures, ils se sont sentis écoutés et accompagnés. En revanche le programme était très exigeant en termes d'implication et de sollicitation.



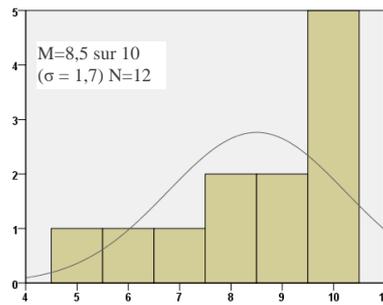


Figure 131 - Degré de satisfaction à participer au programme (1 = faible; 10=fort)

Tableau 36 - Le bilan des participants quant au projet et à leur implication - questionnaire final (A6)

Bilan des participants quant au projet à leur implication dans le programme
<i>Projet intéressant, mais qui demande de l'attention, du suivi et de la disponibilité...</i>
<i>Il y a beaucoup de choses positives, j'ai appris des choses, j'ai changé des habitudes mais c'était un peu pesant car je n'avais pas le temps (je fais beaucoup de choses !)</i>
<i>J'ai laissé le pommeau de douche avec les codes couleurs au minimum – je suis arrivé fin orange, début rouge, c'est fini consommation 2018 : 25m3 / 2020 : 21m3 / ça semble réussi !</i>
<i>Démarche intéressante, je me suis sentie impliquée et concernée par la recherche. J'ai saisi qu'il y a certes des leviers humains de prise de conscience et qu'ils ont besoin de temps pour s'intégrer. Mais j'ai surtout compris que c'est avec de bons outils, des connaissances et une installation efficace qu'il est possible de diminuer sa consommation.</i>
<i>Concernant notre foyer, ça nous a créé une ouverture d'esprit concernant la production et consommation d'eau chaude et d'eau froide. De plus le projet nous a fait baisser les factures</i>
<i>Positif : Super programme, je suis content, impeccable, ça m'a permis de faire des économies tout en gardant mon confort. J'ai appris beaucoup de choses, j'ai pu changer mes habitudes qui étaient très fortes. Le suivi était très bien</i>
<i>Négatif : en travaillant ce n'est pas toujours évident de trouver un moment / ne pense pas à faire ménage à l'eau froide / ne pense pas à couper le CE / installation linky : je ne sais pas si j'ai l'option HC/HP donc pas connecté / ok pour essayer de récupérer l'eau froide / j'utilise le pommeau et le sablier</i>
<i>Positif : avoir des chiffres, bon accompagnement, projet très utile / bénéfice global : pas encore le recul sur ma facture d'électricité</i>
<i>Négatif : il faut de la patience</i>
<i>Projet intéressant...possibilité d'explorer des pistes pour une maîtrise de la consommation d'eau qui va devenir de plus en plus importante pour l'avenir (économiquement, écologiquement, etc.)</i>
<i>C'était bien de comprendre et d'apprendre, bonne expérience. Mon souci est d'y penser, je n'ai plus de cerveau à mon âge - je dois mettre des post-its pour penser à faire la vaisselle à l'eau tiède et placer les mitigeurs côté froid !</i>
<i>Ne connais pas le bénéfice car je ne regarde pas les factures et je ne suis pas souvent chez moi - la personne qui y vit maintenant semble grosse consommatrice d'eau chaude. Si les autres membres du programme sont tous comme moi, et qu'ils oublient, alors ils n'ont pas changé !!</i>

En bref ... Synthèse de la partie 6.3

Lien entre l'efficacité des gestes et leur adoption – approche geste par geste

L'analyse de l'efficacité des gestes sur la consommation d'ECS, et notamment d'électricité, doit être mise en regard de l'effort perçu et le degré d'adoption du geste afin de répondre à la question : *Quels gestes sont à la fois plus faciles et plus efficaces ?* Cette question est essentielle pour orienter les interventions de sensibilisation et d'accompagnement au changement.

Tout d'abord nous remarquons qu'il y a une corrélation positive significative entre l'efficacité du geste et sa nature : **les gestes de nature comportementale ayant une dimension routinière forte semblent en tendance moins efficaces que les gestes composés menés ponctuellement ou encore que les gestes ayant une interface avec des éléments techniques.**

Pourtant il n'y a pas du tout de corrélation entre l'efficacité d'un geste et l'effort que les répondants pensent devoir réaliser pour l'adopter. Ainsi, nous n'observons pas non plus de corrélation significative (même au seuil 20%) entre le degré d'efficacité estimé pour un geste et la fréquence avec laquelle ce geste a été expérimenté ou ancré. Autrement dit nos interventions ne semblent pas avoir toujours stimulé les gestes les plus efficaces. Cependant nous pouvons identifier quelques gestes à la fois efficaces et fréquemment adoptés, qui se trouvent être très fréquemment ancrés pour la quasi-totalité d'entre eux, et qui devraient donc constituer la cible prioritaire d'une campagne de sensibilisation : *Remplacer les bains par des douches / Conserver (ou changer) les mousseurs / Régler le CE entre 50 et 55°C / Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse) / Repérer les fuites (ex : WC avec feuille papier ou pastilles colorantes)*. Ces gestes portent soit sur la douche/bain soit portent sur un geste technique.

En revanche, nous observons une corrélation entre la fréquence avec laquelle un geste est déjà effectué avant intervention et son efficacité estimée, dans une vision de bonnes pratiques coutumières. Les gestes efficaces qui sont souvent déjà réalisés devraient ne pas être ciblés en priorité par une campagne. Ils concernent assez souvent l'eau froide : *Couper l'eau pendant le savonnage douche / Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC / Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30°.*

Attention, étant donné qu'il est difficile d'attribuer une efficacité à un geste sans tenir compte du contexte d'usage, et que la réparation de l'énergie entre les différents points de puisage ou usage (douche/ bain/ évier/ lavabo) varie fortement d'un logement à un autre, **une préconisation n'aura pas le même impact d'un logement à un autre**. Ceci complexifie l'estimation "coût/bénéfice" d'une intervention ainsi que la généralisation des actions de sensibilisation qui visent les postes d'usage.

Cependant lorsque nous relient ces résultats aux gains, **c'est bien dans les ménages où la consommation d'électricité a été le plus réduite que les gestes considérés efficaces ont été le plus souvent expérimentés**, en tendance.

Analyse des gains globaux et liens avec les gestes adoptés – approche par logement tous gestes confondus

En fin de programme les ¾ des participants ont tendance à considérer que leurs efforts ont des effets concrets sur leur consommation et leurs factures, et jugent ces effets conformes à leurs attentes ; ceci est surtout vérifié pour le groupe A. Les principaux bénéfices que les participants affirment avoir retirés de leur participation au programme sont dans l'ordre d'importance : (1) J'ai obtenu pas mal d'information, (2) j'ai bénéficié d'idées pour moins consommer, (3) J'ai obtenu un bon d'achat ; (4) j'ai pu établir une forme de diagnostic individuel (comment j'utilise l'ECS) et (5) j'ai obtenu du matériel gratuit.

En complément de ces résultats, nous analysons **l'effet de nos interventions sur la consommation d'électricité et l'énergie puisée globale des logements, ce que nous nommons "les gains"**. Le gain moyen des actions C1 et C2 au niveau de la consommation électrique est estimé à -9% et à -13% pour l'énergie puisée au CE, avec une forte hétérogénéité entre logements (0 à 28% en C1 ou C2). Les interventions techniques semblent réduire davantage la consommation d'électricité et l'énergie puisée que les interventions comportementales.

L'ordre des interventions a un impact différencié en termes de gains puisque **le groupe B enregistre une économie moyenne de l'ordre de -43%**, contre -33% pour le groupe A. Ainsi **il semble plus efficace de mener des interventions techniques puis comportementales** (QH6bis et QH10). De plus, l'intensité des interventions comportementales n'a pas le même impact selon le groupe. Les actions C2 ont plus d'impact sur les logements du groupe B, ayant bénéficié d'abord des interventions techniques : l'apport d'informations techniques et l'installation d'équipements économes (T1&T2) semble permettre l'appropriation des éléments techniques ainsi que l'intérêt et la réceptivité du participant pour les mesures, l'expérimentation et la manipulation d'instruments (C2). L'objectif tacite recherché par le participant est de confirmer/visualiser l'impact de l'intervention technique réalisée.

Notons que : (1) Les ménages ne sont pas tous réceptifs de la même façon aux interventions ce qui souligne l'importance de distinguer les profils de ménage pour optimiser l'efficacité des interventions. (2) Même avec un faible échantillon nous trouvons des statistiques significatives, ce qui veut dire que nos interventions ont eu un impact important.

Plus le participant expérimente de nouveaux gestes plus la consommation de son ménage est réduite ("*toutes choses égales par ailleurs*"). En revanche, nous n'observons pas de relation robuste entre les gains obtenus et l'efficacité des gestes (déjà pratiqués, expérimentés en cours de programme et ancrés par la suite). Autrement dit l'efficacité des gestes que nous avons estimée ne semble pas déterminer de manière significative les gains obtenus. En revanche **plus le participant considère qu'il fait déjà des efforts et est économe plus les gains associés à son logement sont faibles. Une action de sensibilisation doit donc d'abord déconstruire l'image que le participant a de sa sobriété, puisque nous avons vu que l'écart entre vision et réalité est fréquent (50% des ménages)**.

Identification des facteurs déterminant les gains obtenus

Nous analysons les facteurs qui influencent les gains obtenus (réduction de la consommation d'électricité et énergie puisée) en estimant dans un 1^{er} temps les corrélations entre les variables deux à deux (bivariées). Concernant les facteurs de profil du participant et de son ménage, **les gains sont plus élevés ...** quand le ménage présente peu d'occupants et un faible taux d'occupation journalier; quand le participant est âgé, présente une appétence pour la technique et connaît la consommation d'eau froide de son ménage en fin de programme; quand il ressent un contrôle sur le changement de pratiques (facilité à changer et à maintenir les changements opérés, le changement dépend de moi, etc.) et a donc l'impression d'avoir changé son mode de consommation; quand il s'est approprié le sujet de l'ECS au fil du programme et a la sensation de mieux comprendre le sujet de l'ECS; quand il a ancré un grand nombre de gestes au cours du programme et de fait quand il pense que ses efforts produiront des résultats conformes à ses attentes; quand il pense que d'autres ménages du programme ont changé leur mode de consommation.

En revanche des facteurs que l'on pensait potentiellement opérants ne semblent pas liés au gain obtenu : (1) la consommation initiale d'ECS (V40); (2) le participant pense avoir les ressources pour agir (informations et outils). (4) la motivation à complaire aux attentes de référents

Dans une démarche plus riche, nous identifions ensuite les variables qui expliquent au mieux la variation du gain obtenu à l'aide d'une régression statistique, qui tient compte des interactions entre variables. **Les deux modèles identifiés sont efficaces et robustes malgré le faible nombre d'observations, ils permettent d'expliquer entre 88 et 92% de la variance des variables du gain.**

Ne sont retenues dans le modèle que les variables qui, intégrées ensemble, sont les plus efficaces pour expliquer / prédire la variance du gain. De nombreuses variables étudiées et pressenties sont pertinentes. **La sensation d'appropriation de l'ECS est bien un mécanisme central, comme supposé dans notre étude** (QH9). L'appétence du participant pour la technique joue fortement, et notamment quand il perçoit l'ECS comme un sujet relevant plutôt de la technique que de l'humain. La confiance du participant dans le fait de pouvoir briser les habitudes est influente, à savoir quand il pense pouvoir changer son mode de consommation et de maintenir les nouveaux gestes adoptés. Ainsi, **plus le participant pense faire déjà des efforts et être économe, moins le gain est élevé**. En revanche plus le participant expérimente de nouveaux gestes, moins cela induit de gains, probablement du fait de diluer les efforts et des interactions. Il semble important également d'augmenter la sensation de bénéfice personnel en satisfaisant les différentes formes de motivations. Enfin, un ménage avec un référent de catégorie professionnelle élevé présente plus de gains.

Notons que les gains pourraient eux-aussi être une variable explicative d'un phénomène. En effet, **nous trouvons une corrélation entre la réduction d'énergie puisée au CE et le nombre de gestes maintenus par les participants** ($R=-0,35$; $p=0,15$) : **le fait de savoir que les factures se réduisent incite le ménage à maintenir ses gestes et efforts**.

Ces modèles suggèrent qu'il est utile d'agir sur l'ensemble de ces leviers en simultané pour augmenter les gains. Cependant, **il n'est pas utile d'inciter l'adoption d'un maximum de gestes, il semble plus efficace de stimuler l'adoption de gestes efficaces** (économies d'ECS), pas perçus comme difficiles par l'usager et qui génèrent un bénéfice personnel important.

Globalement la satisfaction des participants vis-à-vis du programme et de leur implication est forte en moyenne ($M=8,5$ sur 10), et équivalente dans les deux groupes. Les participants font un bilan positif en moyenne, ils ont la sensation d'avoir appris des choses, obtenu des outils, réduit leurs factures, ils se sont sentis écoutés et accompagnés. En revanche le programme était très exigeant en terme d'implication et de sollicitation.



7. Conclusion, discussion et recommandations

L'ECS représente environ 35% des besoins d'eau du ménage (ADEME, 2016) et environ 12% de la consommation d'énergie moyenne⁷⁵. L'usage et la consommation d'ECS constitue donc un enjeu majeur et croissant pour l'atteinte des objectifs nationaux de réduction des consommations d'électricité et d'eau.

Notre programme concourt à cet enjeu en poursuivant divers objectifs : 1) analyser les situations et mécanismes favorables au changement vers des pratiques plus économes ; 2) isoler les moteurs et frein à la réduction des consommations ; 3) identifier les profils plus disposés à faire des efforts 4) lier l'adoption de nouveaux gestes et leur efficacité.

Cette dernière partie du rapport reprend et met en perspective certains résultats concernant les facteurs et mécanismes à l'œuvre dans les usages et comportements de consommation d'ECS, en (1) les reliant à nos questions et hypothèses initiales (notées **HQx**, cf. p.69), (2) formulant des recommandations d'ordre méthodologique afin de construire une action à large échelle visant à faciliter le changement de pratiques des ménages français.

7.1. Enjeux et singularités de l'ECS

Notre étude souligne diverses singularités de l'ECS qu'il est nécessaire de prendre en compte pour adapter et calibrer les actions visant le changement de pratiques et la réduction des consommations d'ECS :

- L'ECS mobilise deux ressources : l'eau et l'électricité. Si la consommation d'eau froide est assez bien identifiée par les usagers, notamment car elle se figure par un volume, celle de l'électricité dédiée à l'ECS est plus tacite et "cachée" aux yeux des usagers. Ces derniers relient plus facilement l'ECS à l'eau froide qu'à l'électricité consommée. De plus il est impossible pour l'utilisateur de distinguer la part de sa facture d'électricité totale qui est attribuable à l'ECS. De fait le lien entre action et résultat est difficile à établir pour l'utilisateur.
- L'ECS et l'électricité ont des similitudes du fait d'être des biens de consommation de 1^{ère} nécessité, mais présentent aussi des disparités dans le mode de consommation, et notamment dans le rapport entre occupant / usage. Les graphiques suivants font état d'un talon de consommation électrique (ordonnée à l'origine) et donc d'une certaine mutualisation des usages de l'électricité au sein du ménage entre les divers occupants. Par exemple l'éclairage dans les pièces à vivre n'est pas l'usage d'une personne mais en concerne plusieurs, qui profitent de la même électricité puisée. Concernant l'ECS, la courbe de corrélation plus pentue, sans ordonnée à l'origine et quasi proportionnelle au nombre d'occupants suggère une faible talon de consommation. Nous pouvons qualifier l'usage d'ECS de plus contextuel et individualisé. Autrement dit, la consommation d'ECS dépendrait davantage de l'occupation des espaces et de ses nombreux aléas, avec moins de mutualisation possible des points d'usage qu'avec l'électricité. Ceci complexifie la mesure, qui requiert des protocoles intégrant la dimension d'usage au cœur du dispositif.

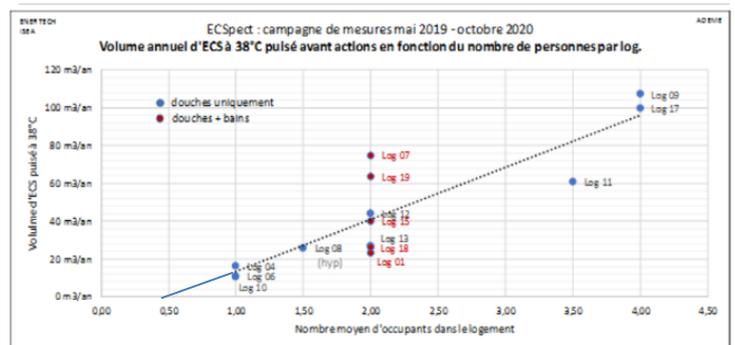
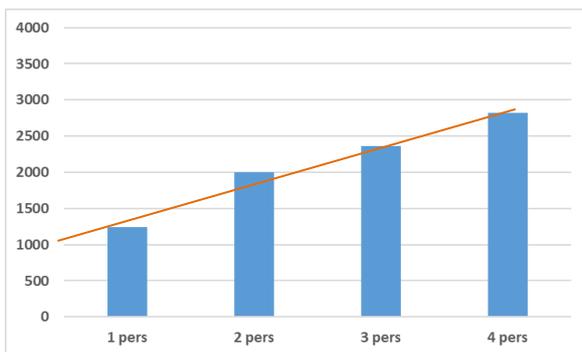


Figure 132- Gauche : consommation globale d'électricité spécifique (hors ECS et chauffage) selon le nombre d'occupants (extrait des données Enertech - 2021) / Droite : consommation globale d'ECS selon le nombre d'occupants (ECSpect)

- L'usage de l'ECS ne semble pas lié directement à un enjeu environnemental aux yeux des participants, et la motivation écologique est rarement au cœur de la décision et de l'action, du moins avant intervention. A contrario, l'ECS est reliée à des processus ancrés et profonds, remontant souvent à l'enfance (QH1) : la chaleur et le réconfort, le bien-être, l'eau qui coule, la reconquête du confort d'après-guerre, etc. Cette dimension intime et sensible de l'ECS, peut-être moins présente dans d'autres domaines tels que l'énergie ou la rénovation, induit des mécanismes profonds qui ancrent les pratiques et rendent leur changement complexe.
- Le plaisir/détente/bien-être constitue une dimension majeure de l'usage de l'ECS aux yeux des participants (QH1). Cette dimension est tacite, peu souvent présente dans les échanges, mais profonde et ancrée. Ainsi, si avant l'intervention, l'usage

⁷⁵ <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/leau-chaude-sanitaire>

de l'ECS est en priorité une question de confort et d'hygiène/santé, la participation au programme a intensifié la dimension plaisir / confort dans les déclarations, qui devient un aspect central de la décision et de l'action.

- L'utilisation de l'ECS porte sur une diversité de gestes et actions (courtes, composées, répétées, isolées, etc.), et notamment une somme importante de petits gestes quotidiens (ex. ouvrir et fermer un robinet, placer le mitigeur sur une position, laver la vaisselle, etc.) qui constituent des routines souvent fortes, et parfois ancrées depuis l'enfance. Cette démultiplication peut être vue comme un potentiel de changement, notamment en se référant à la théorie de l'engagement : en amenant l'individu à expérimenter un nouveau geste nous réduisons l'effort perçu et facilitons l'adoption dudit geste, qui peut constituer le socle de changements plus conséquents. En effet, nos observations suggèrent que de nouvelles pratiques et usages bien intégrés sur certains points de puisage peuvent induire un changement de comportement plus général au niveau du mode d'utilisation global de l'ECS. Mais cette diversité de gestes constitue aussi un obstacle au changement de pratiques. En effet, nos interventions ont eu moins d'effet sur les gestes courts et répétés, qui sont reliés à des habitudes et à des routines basées sur de l'automatisme.
- Les normes sociales autour de l'ECS sont peu actives, alors qu'elles pourraient contribuer à la dynamique. Il semblerait par exemple utile d'inciter les participants à communiquer sur leur engagement (ostentatoire), d'informer sur le niveau d'action des autres ménages, etc.

Ces caractéristiques complexifient la mesure ainsi que l'analyse des moteurs / freins / mécanismes du changement de pratiques et des actions visant à réduire la consommation de manière effective. En effet, l'utilisation de l'ECS semble reliée à de fortes représentations sociales qui plongent l'ECS dans une dimension à la fois sensible, individuelle et sociale qu'il est difficile d'influencer par une simple démarche d'information ou de sensibilisation (QH11). Cette dernière peut générer des incohérences entre les pensées, intentions et actions des participants, qui ont alors tendance à invoquer des arguments permettant de retrouver une "cohérence cognitive", comme par exemple la force des habitudes et des gestes routiniers, le comportement des autres occupants du ménage, les injonctions de santé, le fait de se considérer comme déjà très économe, etc. Selon notre étude, la place occupée par la dimension plaisir/détente dans l'usage de l'ECS, l'état psycho-affectif ou encore les fausses croyances expliquent peut-être plus fortement l'inertie du changement de pratiques (QH1). Ces mécanismes tacites, mêlant rationnel, irrationnel et intime, complexifient l'adoption de nouveaux gestes et constituent des freins tacites qui fragilisent les interventions menées sans une méthodologie d'accompagnement de l'usager.

Le programme ECSpect répond à cette ambition, avec un certain nombre de réussites. Nous croisons des actions visant à la fois le comportement et la dimension technique, avec diverses intensités et formes d'intervention : information-sensibilisation, accompagnement au changement, expérimentation, co-construction, etc.

Notre protocole ne vise pas une représentativité des ménages français, il se base sur un échantillon expérimental. Il n'a pas non plus vocation à être reproduit tel quel, de par sa nature expérimentale. Il doit être adapté, vu le nombre d'étapes et sa longueur. En revanche il permet de tirer des conclusions fortes pour les démarches visant à changer les pratiques et modes de consommation. En effet, même avec un faible échantillon (N=13) notre étude génère des statistiques significatives, ce qui veut dire que nos interventions ont eu un impact important. Ceci est rendu possible par la méthodologie expérimentale qui croise l'évolution de chaque ménage (approche de panel – intra-sujets) et la comparaison entre groupes expérimentaux (inter-sujets).

7.2. Stimuler le changement de pratiques de l'ECS – interventions, mécanismes et leviers

Notre étude expérimentale sociotechnique permet de tirer des conclusions utiles aux démarches de changement de pratiques et de modes de consommation d'ECS, et de formuler des recommandations de plusieurs types : ordre des types d'intervention (techniques et d'usage), facteurs à prendre en compte et leviers à mobiliser, gestes à privilégier ainsi que des propositions plus construites : pistes d'études, dispositifs à mettre en place, etc.

7.2.1. Gains générés par notre protocole : efficacité et ordre optimal des interventions

Notre protocole permet de réduire en moyenne de 33 à 43% la consommation d'électricité. Nos interventions comportementales en particulier induisent entre -9% et -13% de consommation d'électricité et d'énergie puisée au CE (QH4). Mais les interventions techniques semblent induire plus de gains que les interventions comportementales (QH10 et QH11). Le rapport coût / gain doit être évalué entre ces deux approches pour orienter les actions visant la réduction des consommations d'ECS.

De même la plupart des obstacles au changement ont été allégés, suggérant qu'il est possible d'atténuer les freins via une méthodologie construite (QH3, QH4, QH8). Par exemple la forte réticence initiale à utiliser de l'eau froide pour les usages quotidiens (ménage, vaisselle, etc.) disparaît quasi totalement au cours du programme. Les interventions techniques, de par les économies générées sans action du participant, ont tendance à alléger l'item "*je suis déjà très économe et je fais des efforts*".

La plupart des ménages ont essayé un grand nombre de gestes, autant voire plus que ceux déjà effectués avant programme (facteur 2 ou 3). Et la plupart des participants ont ancré entre 30 et 70% des gestes expérimentés.

Les résultats de notre étude convergent vers une conclusion claire : **l'ordre le plus efficace est d'intervenir d'abord sur le plan technique puis comportemental** (QH6bis). En comparaison avec le groupe A, dans le groupe B nous observons :

- Des conditions plus favorables au changement et au maintien de pratiques ;



- Un effort perçu qui chute plus fortement après la 1^{ère} intervention ;
- Une meilleure appropriation du fonctionnement de l'ECS - le sujet devient de plus en plus clair au fil du programme ;
- Une sensation de contrôle plus forte ; or celle-ci est centrale dans l'utilisabilité des équipements et l'effort à adopter un nouveau comportement, notamment quand ce dernier est soumis à d'importantes routines et habitudes comme avec l'ECS.
- Une plus grande résistance des participants au protocole et à ses diverses étapes.

Les interventions techniques en premier génèrent un gain visible par l'utilisateur sans que cela ne requiert toujours sa contribution et son effort (gains "autonomes"). Cela contribue à maintenir les efforts et motivations, ainsi que les changements de pratiques initiés. De plus, les gains générés par les interventions techniques peuvent constituer un levier, ou effet multiplicateur : les gestes adoptés par les usagers induisent probablement plus de gain que sans ce socle technique (jaquette, isolation, hydro-économies, etc.). Enfin, les interventions techniques semblent avoir permis une appropriation plus forte en introduisant des informations et en les plaçant peu davantage dans une posture d'écoute des questions techniques, que nous avons ancré avec nos interventions comportementales menées ensuite (QH9 et QH10). Les deux types d'interventions successives ont conduit à plus d'intérêt et de réceptivité pour les mesures et l'expérimentation, et donc une appétence pour la manipulation du matériel de suivi/mesure, ainsi que davantage d'actions de nature technique en autonomie (essais, suivis, etc.).

Les deux types d'intervention se montrent donc essentielles. Intervenir sur le plan des usages et pratiques permet aux ménages de mieux assimiler l'information fournie lors des interventions techniques, probablement en éveillant leur curiosité et en structurant leur capacité cognitive. Cela a aussi tendance à inciter les participants à manipuler le matériel laissé et à réaliser des actions de suivi et de réglage technique (QH6bis, QH9, QH10 et QH11).

De plus, notre programme démontre que les démarches d'information et de sensibilisation seules ne génèrent pas, à priori, de gain optimal. En effet, le gain généré par l'intervention C1 (information – sensibilisation) est de -2% (consommation d'électricité) alors qu'il est de -12% pour C2. Si l'enchaînement des deux interventions comportementales semble utile, la priorité est le format de C2 : manipuler des outils de mesure et les points de puisage, expérimenter dans son logement, prendre conscience de manière expérientielle (débits, usages, évolution de la consommation, etc.), déterminer les blocages aux changements et se fixer des objectifs (QH11). Le rapport technique et notre analyse suggère que l'intervention T1 présente un rapport coût/bénéfice supérieur à T2.

Si nous recoupons tous les résultats du projet, le protocole optimal d'intervention semble être "T1 puis C2".

7.2.2. Facteurs à cibler en priorité pour faciliter le changement de pratiques

Notre analyse qualitative et statistique permet d'isoler les facteurs sur lesquels agir simultanément si on veut assurer les gains obtenus dans notre programme. Ces facteurs de nature psychosociologique et économique permettent d'expliquer la quasi-totalité de la variance des gains (QH1 et QH7).

Nous conseillons de cibler ...

- Les ménages constitués d'usagers âgés et de CSP élevée, avec peu d'occupants et un taux occupation plus fort, qui active l'adoption de gestes, mais plus faible pour avoir un gain effectif. En effet, cela facilite la maîtrise des pratiques des autres occupants (enfants, invités, colocataires, etc.) qui est impactant et difficile à infléchir.
- Les usagers qui considèrent leurs ménages comme économe (petit consommateur d'ECS).
- Les notions de plaisir et de détente, qui sont à la fois motrices et saboteuses.
- Des usagers ayant une appétence pour la technique mais pas pour la technologie. Les éléments techniques soutiennent les gains, les efforts, etc. Mais la dimension digitale et connectée ne semble pas utile, voire contreproductive.
- L'information sur la consommation d'eau froide, plus facile à suivre et à comprendre par l'utilisateur, plus facile à fournir, et qui offre un repère de volume propre à l'ECS, et donc à la consommation d'électricité.
- La sensation d'appropriation de l'ECS par les usagers. Ce mécanisme, entre technique et humain, a un rôle central sur le changement de pratiques et le gain : comprendre l'ECS, faire sien et expérimenter (manipuler matériel, suivre, etc.).
- La création d'un groupe proche géographiquement ou de profil (ici l'échantillon du projet) : le gain est supérieur quand le participant pense que d'autres ménages du programme ont changé leur mode de consommation.
- La sensation contrôle sur le changement de pratiques, à savoir (1) la perception de facilité à changer et à maintenir les changements initiés ; (2) les informations et outils; (3) l'idée que le changement dépend essentiellement de l'utilisateur. Pour cela il semble essentiel de l'aider à travailler sur les pratiques des autres occupants, qui freinent fortement l'effort et le maintien dans le temps du/des référents.
- La confiance de l'utilisateur dans le fait qu'il a/peut changer son mode de consommation. La facture n'est pas le seul levier !!
- La perception de bénéfice personnel : résultats concrets et conforme aux attentes, ainsi que la perspective de satisfaire ses motivations
- **Et surtout....** Les usagers réalisant initialement un faible nombre de gestes économes (= ceux ayant un ratio élevé "expérimenté/déjà effectué" effectuaient proportionnellement peu de gestes avant programme). Cela **incite un faible nombre de gestes adoptés**, en se focalisant sur ceux qui sont les plus efficaces (économies d'ECS), pas perçus comme difficiles et qui génèrent un bénéfice personnel important => puis travailler au maintien des gestes adoptés, en montrant que les efforts produisent des résultats concrets et conformes aux attentes.



Concernant **les motivations** à modifier ses pratiques liées à l'ECS, l'écologie et la maîtrise des factures sont les deux items les plus souvent cités et stables dans le temps, ainsi que des motivations plus intrinsèques comme changer ses habitudes (sensation de contrôle), participer à une étude qui a du sens et aider à transmettre leur expérience (massifier). Les motivations liées aux normes sociales ("*montrer l'exemple*" et "*répondre aux attentes d'une personne de référence* ") et au gain d'autonomie sont les moins intenses dans le processus de décision. Résultat surprenant, l'ordre des interventions et les étapes du programme ont eu un impact sur l'intensité et la hiérarchie des motivations, alors que ces dernières sont censées être relativement stables à moyen terme (temps projet).

Notons que s'il constitue une motivation affichée, le degré d'**engagement écologique** (nombre d'actions à caractère environnemental réalisées fréquemment par le ménage) **n'est pas significatif pour expliquer l'adoption durable de nouveaux gestes économes liés à l'ECS.**

La segmentation et l'analyse de profil semble utile à mener dans le cas de l'ECS. Les ménages ne sont pas tous réceptifs de la même façon aux interventions, ce qui souligne l'importance de distinguer les profils de ménage pour optimiser leur efficacité. Notre étude fournit tous les éléments nécessaires à la construction d'idéaux-types et de personae, très utiles pour la segmentation de la population et la conception d'actions de sensibilisation et d'accompagnement à plus grande échelle.

7.2.3. Mécanismes clefs du changement de pratiques, leviers & gestes économes à privilégier

1. Les leviers au changement de pratiques

Notre étude expérimentale se base sur une liste de 25 nouveaux gestes économes liés à l'usage de l'ECS et de l'eau froide : simples gestes, pratiques plus larges et actions de nature technique. A chaque geste est attribué un niveau d'effort tel qu'il est perçu par le répondant. Nos résultats confirment que cette notion est centrale, à savoir la perception des efforts en cours (*je suis déjà économe*), celle de l'effort à produire pour adopter de nouveaux gestes et enfin celle pour maintenir les changements opérés. En effet, un geste perçu comme difficile est rarement adopté selon notre étude (QH5).

Parallèlement, **plus le participant expérimente de nouveaux gestes en début de programme, plus il est disposé à en intégrer de nouveaux (50%)**. Mais moins cela induit de gains, probablement par la dilution des efforts. Ainsi il semble pertinent de se concentrer sur les efforts qui sont à la fois efficaces (gains, facture) et que le ménage sera incité d'adopter et de maintenir. En effet, la confiance de l'utilisateur dans le fait de pouvoir briser les habitudes est central, à savoir quand il pense pouvoir adopter de nouveaux gestes et les maintenir dans le temps (QH3 et QH4).

En sus de l'effort perçu, notre étude suggère que pour adopter et maintenir des gestes il est nécessaire (1) d'organiser un suivi des résultats sur la consommation et la facture (par info simple : SMS / low-tech); mais attention, l'ECS serait plus sensible à l'occupation que l'énergie (ratio "effort-résultat" faible). D'où l'importance de proposer des référentiels (conso autres ménages équivalents, sa propre conso lissée sur année passée, etc.); (2) de se focaliser sur les gestes composés menés ponctuellement ou des gestes ayant une dimension technique; et d'éviter les gestes isolés récurrents (mitigeur sur froid, etc.) qui mobilisent le potentiel d'effort et de transformation sans que ce soit facile à ancrer ni forcément efficace (QH2, QH3 et QH4).

Un autre facteur central est la perception de l'utilisateur quant au niveau d'action de son ménage. **Quand il considère que son ménage est économe et qu'il fait déjà des efforts** (faible consommation et nombreux gestes économes), cela réduit sa disposition à aller plus loin. Or l'écart entre la perception de l'utilisateur et la réalité est très fréquent : environ 50% des ménages voient leur ménage comme étant plus économe qu'ils ne le sont. **Ainsi, une action de sensibilisation doit d'abord déconstruire l'image que le participant a de sa sobriété, qui est assez souvent éloignée de la réalité.** Si l'utilisateur voit son ménage comme économe alors qu'il ne l'est pas vraiment, une information régulière sur les factures d'eau et d'électricité peut l'amener à agir et à faire des efforts supplémentaires. En revanche, si le ménage est réellement économe en intégrant le programme, cela peut être bloquant car les marges de manœuvre sont alors étroites et que l'effort a un faible effet relatif sur la facture. Dans ce cas la démarche écologique du ménage est centrale, car l'effort en soi est valorisé par le référent. Ce dernier a alors besoin d'un soutien via un apport technique (équipements, isolation, etc.) et d'outils pour aller au-delà de la démarche comportementale qu'il pense déjà exploiter fortement.

Parmi **les facteurs ou situations qui aideraient potentiellement les usagers** à changer leurs pratiques et à adopter un nouveau mode de consommation de manière durable (les leviers) figure **en 1^{ère} place la possibilité de voir sa consommation d'ECS régulièrement**. Pour les usagers cela permet notamment d'estimer le ratio "effort/résultat" au fil de l'eau et d'avoir des points de références internes quant à l'évolution de sa propre consommation. Une alerte simple, non intrusive et technologiquement faible (ex. un voyant installé dans le logement ou un sms) viendrait compléter et soutenir cette information, en indiquant au ménage quand la consommation d'ECS dépasse un certain seuil.

Un accompagnement constitue aussi un levier au changement pour un grand nombre de logements, permettant de les aider sur le "quoi faire et comment faire", avec de l'information visuelle concrète (QH11). En 3^{ème} position figure l'idée de communiquer des informations à propos de sa propre consommation aux autres ménages, afin de démultiplier l'impact de son propre effort. L'échange d'idées et de bonnes pratiques entre usagers semble constituer un autre levier, que nous avons concrétisé lors de l'atelier participatif mené en octobre 2020. Et l'appétence pour un kit de mesure avec accompagnement a reconforté notre intervention C2. Le fait de se fixer des objectifs ou de participer à un jeu ne semblent pas incitatifs, si ce n'est pour le groupe A : le travail sur les usages et pratiques stimule l'intérêt d'un jeu visant la réduction de consommation.



Notre analyse indique que les profils des ménages les plus disposés à adopter et à intégrer de nouveaux gestes économes sont ceux ayant un fort taux d'occupation (familles) et à revenu moyen/élevé, dont le référent est plutôt jeune, a une appétence pour la qualité, la performance et la technique mais pas pour la technologie, et considère son ménage comme économe (petit consommateur d'ECS). **Les démarches de sensibilisation et d'accompagnement au changement de pratiques d'ECS devraient se focaliser en priorité sur ce profil.**

2. Liste des gestes à cibler en priorité dans des actions visant la réduction de consommation

Voici la liste des gestes à la fois efficaces et fréquemment adoptés, qui ont été ancrés par la quasi-totalité des participants, et qui devraient donc constituer la **cible prioritaire d'actions visant le changement de pratiques et la réduction de la consommation** : *Remplacer les bains par des douches / Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à un minuteur ou un sablier ventouse) / Installer et conserver des équipements hydro-économes (mousseurs) / Régler le CE entre 50 et 55°C / Faciliter le repérage des fuites.* Ces gestes portent soit sur la douche/bain soit sur des aspects techniques.

Les autres gestes et choix techniques les plus souvent ancrés, sans préjuger de leur efficacité sont : *Choisir des robinets efficaces lors du prochain remplacement / Eteindre le CE lors d'une absence supérieure à 3 ou 4 jours / Ne pas laisser couler l'ECS.* Ces gestes sont ceux sur lesquels les participants peuvent avoir facilement un contrôle, tel que le remplacement d'équipements, ainsi que ceux liés à l'anti-gaspillage. Ces derniers semblent les mieux intégrés pour plusieurs raisons : héritage des valeurs d'après-guerre, campagnes de sensibilisation existantes, visibilité du gaspillage et lien assez direct entre le geste et son efficacité.

Les gestes efficaces qui sont souvent déjà réalisés ne devraient pas être ciblés en priorité. Ils concernent assez souvent l'eau froide : *Couper l'eau pendant le savonnage douche / Installer une chasse d'eau double vitesse aux WC / Lave-linge : utiliser le programme eco & laver le plus possible à 30°.*

Notons que les gestes qui, selon les usagers, requièrent le moins d'effort à être expérimentés sont soit liés à des routines simples (ex. faire sa toilette à l'eau froide), soit à des actions ponctuelles (ex. régler le CE entre 50 et 55°C) ou encore à des actions familières de non-gaspillage (ex. ne pas laisser couler l'eau). Ce sont principalement des gestes isolés, courts et répétés, qui s'ancrent moins facilement et produisent moins de gains. Notre étude suggère de ne pas focaliser les interventions sur ces gestes, mais plutôt de viser des actions composées de plusieurs gestes, peu fréquentes et qui relèvent davantage d'une pratique

3. Place de la technologie - éléments d'utilisabilité des équipements smarts et connectés

Les équipements "intelligents" et connectés (ex. Vizengo Atlantic, Hydrao, etc.) portent une forte perspective de réduction de la consommation d'ECS. Les entretiens menés nous apprennent que la demande prioritaire des usagers vis-à-vis de ces équipements porte sur le fait de pouvoir visualiser sa consommation. Or cette attente ne semble pas avoir été satisfaite par les équipements smart proposés, même si la plupart des participants apprécie le matériel installé. Le principal frein concerne la partie digitale et connectée (applications, web, télécommandes, etc.) nécessaire pour effectuer les réglages et visualiser les mesures (consommation, température, énergie puisée, etc.). Ces actions de réglage et de visualisation devraient pouvoir s'effectuer via des supports à faible technologie, présents dans l'espace de vie, sans avoir à aller au CE pour le faire (ex. un boîtier fixe à lecture facilitée). Ce constat reste valable également pour les profils technophiles. Un accompagnement permettant une explication simple et répétée, et la manipulation de l'équipement avec le participant semble utile voire central pour assurer l'utilisabilité dans le temps et briser le cercle vicieux "*faible capacité à régler → équipement peu utilisé → faible bénéfice perçu → faible envie de régler → etc.*"

Ainsi, les solutions techniques plus basiques (réducteurs de pression, jaquette sur CE et Hydrao) semblent en moyenne plus appréciées et intégrées que les solutions plus sophistiquées (Cotherm, Vizengo et Elios4you). Le pommeau Hydrao notamment, un équipement central dans notre protocole par son potentiel sociotechnique, bénéficie d'une forte acceptabilité chez les participants. Mais ces derniers se désintéressent rapidement de l'équipement car les seuils de couleur ne sont réglables que sur application smartphone, ce qui freine la plupart d'entre-deux et ne leur permet pas d'adapter les seuils à leur réalité et objectifs. Ainsi l'équipement perd son utilité car les couleurs changent trop vite ou pas assez. Cette adaptation doit être simplifiée.

7.3. Pistes d'actions et d'étude pour la suite - recommandations

7.3.1. Actions et études à mener

Nous recommandons quelques actions et études à mener afin d'exploiter l'ensemble des résultats obtenus à travers notre protocole empirique. Le Tableau 37 reprend trois propositions que nous jugeons pertinentes à mettre en place, en complément de l'ensemble des résultats fournis concernant les facteurs, leviers, gestes, etc. La première colonne du tableau décrit succinctement la recommandation que nous formulons. La deuxième colonne liste les thématiques qui permettent de situer la recommandation, à savoir "économique ou financier", "méthodologie", "construction/renfort d'un réseau d'acteurs", "montée en compétence/information", "communication/valorisation", etc. Enfin, dans la dernière colonne nous formulons des remarques qui précisent le contexte/besoin/objectif (*pourquoi ?*) et la mise en œuvre possible (*comment ?*) de chaque recommandation.

Notons que ces recommandations pourraient/ont été confrontées et amendées par divers experts lors d'un travail collaboratif par exemple, afin d'augmenter leur robustesse et efficacité.

Tableau 37 – Trois suites à donner au projet ECSpect – recommandations d'actions et d'études

Formulation recommandation	Thématique(s)	Détails et suggestions
1. Réaliser une enquête quantitative visant à étendre la représentativité des résultats de notre étude (approche confirmatoire)	Construction du savoir Méthodologie Montée en compétence/ Information	<p>Pourquoi ? Notre étude expérimentale sociotechnique a généré des résultats solides et riches malgré le faible nombre de participants. Nous avons pu analyser en profondeur des mécanismes, relations, etc. utiles à la mise en place d'actions opérationnelles. Il serait intéressant d'étendre les résultats à la population mère des "ménages usagers d'ECS, avec CE effet joule (ou autre système)" afin de tirer des conclusions représentatives, et notamment pour construire une segmentation plus précise. Ainsi, nous aurions un protocole complet : qualitatif, expérimental, participatif et quantitatif. Les protocoles mixtes sont les plus solides pour générer des résultats riches, solides et utiles pour mener des actions.</p> <p>Comment ? Un questionnaire administré par internet permettrait de toucher une diversité de profils de ménages, avec un échantillonnage rigoureux. Ce questionnaire aurait de préférence une structure expérimentale afin de tester les principaux déterminants et leviers du passage à l'action que nous avons identifiés.</p>
2. Construire des profils-types d'usagers (ménages) et tester cette segmentation en situation réelle au cours d'une expérimentation à plus large échelle	Construction du savoir Méthodologie Intervention / accompagnement au changement Communication/valorisation	<p>Pourquoi ? Notre étude fournit de nombreux résultats concernant les divers profils d'usagers, dont les plus disposés à changer de pratiques. Ces résultats sont prêts à être utilisés pour construire une segmentation plus fine, et proposer notamment des idéaux-types et personae. L'idée est, pour chaque type, de décliner leurs freins, motivations, leviers, etc.</p> <p>Comment ? Croiser nos résultats avec ceux d'un questionnaire représentatif confirmatoire (recommandation n°1), puis calibrer une expérimentation de terrain à plus large échelle en testant l'efficacité d'actions et outils sur les divers grands types de profils.</p> <p>Nous recommandons notamment de tester un protocole "T1+C2" qui, selon notre étude, fournit le meilleur rapport "coût/bénéfice". Autrement dit commencer par un apport technique, notamment avec des éléments simples (jaquette, réducteurs de pression - hydro-économies, etc.) puis intervenir sur les usages et comportements en se focalisant sur l'expérimentation et la manipulation (prendre conscience – mesurer – tester – manipuler – comparer) dans une démarche d'accompagnement au changement (identifier les freins, faire faire, rendre autonome, etc.)</p> <p>Il serait important de renforcer les mesures techniques ainsi que le contrôle des facteurs tierces (ex. notre tableau de bord mensuel) afin d'identifier les facteurs qui impactent les relations étudiées (à savoir les grands changements dans l'occupation, les fuites, pannes, travaux, etc.).</p>
3. Créer un espace de retour d'expérience entre ménages, qui favorise la coopération, l'échange de pratiques et le codéveloppement	Méthodologie Construction / renfort d'un réseau d'acteurs	<p>Pourquoi ? Les actions de sensibilisation au changement de comportement de type éco-gestes se développent mais restent encore menées à petite échelle, avec des acteurs parfois isolés et une information diffuse. Le partage des informations, des expériences et des pratiques peut aider les ménages à modifier leurs pratiques et réduire leur consommation.</p> <p>Notre étude confirme 1) l'influence d'un groupe de référence de proximité, constitué de ménages intéressés (l'échantillon projet); 2) l'intérêt des usagers pour l'échange de pratiques entre pairs (cf. atelier participatif d'octobre 2020).</p> <p>De nombreux propriétaires attendent ou ont besoin (1) de pistes pour surmonter leurs freins et intégrer de nouveaux gestes; (2) de voir que d'autres y arrivent; (3) de bénéficier d'idées originales (cf. atelier participatif d'octobre 2020). Ainsi les retours d'expérience, partage de pratiques et bon plans ainsi que les méthodes de codéveloppement (s'aider à atteindre l'objectif, réduire les obstacles) semblent utiles à proposer.</p> <p>De plus, il semble peu réaliste de toucher tous les ménages par des actions interventionnistes, pour une question de coût et de temps. Ainsi, un dispositif tel que proposé permettrait de massifier des actions, avec un impact peut-être supérieur à des actions menées par des interventions extérieures. Mais il est essentiel qu'un organisme anime le dispositif (un tiers garant).</p> <p>Comment ? Proposer une plateforme d'échange, collaborative animée par une personne dédiée. S'inspirer par exemple du dispositif tiers veilleurs du programme CO3 de l'ADEME et du centre d'appui du programme CO CREATE (Bruxelles)</p> <p>Les ménages contribuent à cet espace (plateforme numérique ?) de sorte à ce qu'elle soit utile et facile à renseigner. La plateforme comprend aussi d'autres espaces : partage d'expérience et de témoignage, outils, informations, pratiques, etc.</p> <p>L'espace de partage se base sur un système dynamique et participatif dans le recueil, la mise à jour et le partage des expériences, des outils et des pratiques de l'ECS.</p>



7.3.2. Autres éléments méthodologiques - recommandations

1. L'importance d'un accompagnement et d'une intervention riche

Notre étude soutient l'intérêt d'un protocole riche, basé sur des méthodes d'accompagnement au changement. Fournir aux utilisateurs des informations constitue le niveau 1 d'une intervention. En effet, une étude réalisée par la Sustainable Energy Authority en Irlande montre que le fait de fournir des informations sur la consommation d'énergie à domicile par le biais d'affichages et de factures énergétiques plus détaillées, ainsi que des audits gratuits et un résumé des mesures d'économie d'énergie, encouragent les économies d'énergie et les mesures d'efficacité énergétique (SEAI, 2018). Cependant, comme évoqué dans notre étude, ce niveau ne suffit pas à modifier les pratiques et à inciter les gestes les plus ancrés et efficaces, notamment dans le cas de l'ECS qui concerne d'importantes routines (QH11).

Les résultats de notre étude témoignent de la pertinence de croiser les méthodes et approches, chaque brique du protocole étant utile au changement du plus grand nombre d'usagers, selon leur profil et trajectoire de vie :

- **Informations personnalisées** : enjeux, évolution de la consommation du ménage, etc.
- **Sensibilisation** : identifier les freins et leviers pour l'individu ;
- **Expérimentation** : mesures et suivi avec manipulation de matériel – voir, mesurer et essayer ;
- **Accompagnement au changement** et dépassement des réticences : observation des pratiques et de la perception d'effort pour un engagement progressif et durable (gisements d'économie réalistes); faciliter l'émergence de leurs propres solutions appuyées par des conseils personnalisés; simulation de changements (cf. p.82), observation des impacts et fixation d'objectifs en fonction; échange de bonnes pratiques et de freins en contexte de groupe (atelier); etc.

Les démarches visant le changement de pratiques doivent en saurient se contenter d'argumenter sur la réduction de la consommation (écologie, etc.). En effet, si la sensibilisation intensifie des gestes économes comme ne pas laisser l'eau couler, de gros postes de consommation comme les douches ou bains associent des dimensions difficiles à changer : plaisir, détente, santé, etc. Et cela requiert de mobiliser d'autres approches que l'apport d'information et d'arguments rationnels.

2. L'importance de coupler des données d'usage aux mesures techniques

Nous avons rencontré dans ECSpect d'importantes difficultés pour qualifier les données de mesures, notamment vis-à-vis du taux d'occupation qui est très variable alors que la consommation en dépend fortement (cf. Figure 132). Nous avons dû demander aux ménages participants de remplir mensuellement un formulaire de contrôle. Ce dernier est largement en cause dans la lassitude ressentie par une partie des ménages vis-à-vis du protocole global.

Cela corrobore l'étude européenne CABEE (2013) qui conclue à une incapacité claire à établir les niveaux de performance attendus et à évaluer la consommation réelle, alors même que les bâtiments étaient proprement instrumentés. Dans ce projet européen, les contraintes techniques n'ont pas permis un suivi clair et pertinent, la brique comportementale ayant été mal intégrée en début de projet. Cette étude, ainsi qu'ECSpect appuient l'importance de coordonner mesure technique (instrumentation) et recueil d'usage tout au long des projets, notamment en amont, et d'accorder une place importante à l'expertise d'usage des occupants.

Le croisement de données d'usage (qualitatives) et techniques (consommation, etc.) permettent aussi de relever un autre défi qui concerne les biais déclaratifs et importance des variables de perception, difficiles à mesurer. Nous avons superposé les déclarations entre elles et les avons croisées avec nos observations et mesures techniques afin de limiter les biais déclaratifs volontaires ou involontaires (surestimer les gestes réalisés, sous-estimer sa consommation et efforts effectués, etc.). Ainsi, il serait intéressant de mener une étude en laboratoire "vivant" permettant de suivre la personne et de mieux saisir ses pratiques, habitudes et interactions.

3. Motivation et lassitude des usagers – optimisation des actions opérationnelles

Un autre point important est la lassitude des participants vis-à-vis de leur implication dans un tel protocole, constitué de nombreux points d'intervention et de mesure (T1, T2, C1, C2, questionnaires mensuels de contrôle, entretiens intermédiaires, questionnaire final, etc.). L'épuisement est donc un enjeu fort de ce type de programme de mesure, notamment au niveau de la qualité et qualification des données recueillies : *comment contrôler les facteurs tierces pouvant intervenir sur le phénomène étudié, qui implique le recueil de données fréquentes sans fatiguer les participants ?*

Mais c'est également un enjeu pour toute action opérationnelle vu l'importance relevée d'intervenir sur divers aspects et donc de réaliser diverses interventions : *comment réaliser un programme opérationnel visant le changement de comportement en gardant les participants attentifs et impliqués ?* Les interventions comportementales semblent plus complexes à mener après des interventions techniques car les usagers pensent que "l'essentiel est déjà effectué" (groupe B), et sont moins enclins à s'investir dans une démarche d'échange et d'effort autour de leurs usages.

Nous conseillons des points de recueil et d'intervention variés dans la taille et le format (face à face, questionnaire web courts, téléphone, etc.). Les questionnaires récurrents doivent être courts (3min), assez fréquents (ne pas attendre 2 mois pour demander à l'usager de résumer l'occupation passée dans le ménage) et faciles à remplir (ne pas requérir de collecter de l'information autre que ce qui est présent à l'esprit).

4. Quelle est la cible d'une action opérationnelle ?

Notre étude ne visait qu'une ou deux personnes du ménage. Or elle souligne l'importance de travailler sur tous les occupants du ménage, vu (1) la sensibilité de la consommation au taux d'occupation ; (2) la difficulté pour les référents (participants) à infléchir seul les pratiques de consommation des autres occupants. Les interventions doivent donc associer tous les occupants réguliers, ce qui constitue un certain défi en termes d'échelle d'intervention, mais qui représente également un important levier étant donné l'influence des groupes de référents petits et/ou de proximité.



8. Références bibliographiques

- ADEME, 2016a. Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif – guide technique / <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/leau-chaude-sanitaire>
- ADEME, Gaspard A., Martin S., 2016b. Changer les comportements. Faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité (Ed.).
- ADRET & CERFISE, 2018. Analyse et suivi des bénéfices environnementaux, économiques et sociaux de l'habitat participatif - étude de cas du projet « mascobado ».
- Agence Européenne de l'Environnement (AEE), 2013. Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?; ISSN 1725-2237
- Agence Internationale de l'Energie (IEA), 2021. The Potential of Behavioural Interventions for Optimising Energy Use at Home. Juin 2021. <https://www.iea.org/articles/the-potential-of-behavioural-interventions-for-optimising-energy-use-at-home>
- Ajzen I., 1991. The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Process* 50, 179-211.
- Ajzen I., 2002. Constructing a Theory of Planned Behavior questionnaire: Conceptual and methodological considerations. Working paper University of Massachusetts <www-unix.oit.umass.edu/~ajzen>
- ANTHROPOLINKS, 2016. Rapport final de la seconde tranche de l'enquête sociologique auprès des locataires » portant sur 20 opérations et 6 bailleurs différents, répartis sur la Métropole lilloise et en Région Nord-Pas-de-Calais, 32 pages.
- Arnstein S., 1969. A Ladder of Citizen Participation, *JAIP* vol. 35-4, p. 216-224.
- Auxilia, Akajoule, N'clique et LAPPS, 2015. PAPEO Protocole d'amélioration des pratiques environnementales et organisationnelles - APR ADEME "Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020" (2014-15)
- Bandura A., 1997. Self-efficacy: the exercise of control, WH. Freeman and company, NY, 604 p.
- Barbier C., Bruyère S., Céron J-P, Dubois G., Litvine D., Louis V., 2018. Simuler et appréhender les modes de vie bas carbone des ménages: le cas du programme de recherche HOPE. Collection Théma "Modes de vie et pratiques environnementales des Français", Commissariat Général au Développement Durable.
- Beslay C., 2007. Maîtrise de la demande d'énergie par les services d'individualisation du chauffage. Rapport partie B – pour le compte de l'ADEME (CERTOP, Syndicat de la Mesure, Costic)
- Beslay C., Zélem MC, Olagne R, Chamignon D., Lagoué M-J, Beaumont C., 2013. L'optimisation des pratiques sociales en matière d'Eau Chaude Sanitaire (ECS), un enjeu pour les politiques publiques de MDE. Pour le compte de l'ADEME
- Boutaud A., 2009. Ecologie - De la sensibilisation aux changements de comportement. Grand Lyon – Le Centre Ressources Prospectives.
- Brager, G., Paliaga, G., & de Dear, R., 2004. Operable windows, personal control and occupant comfort. UC Berkeley: Center for the Built Environment. <https://escholarship.org/uc/item/4x57v1pf>
- Brent D.A., Friesen L., Gangadharan L., Leibbrandt A., 2017. Behavioral Insights from Field Experiments in Environmental Economics. ISSN 1441-5429 discussion paper 34/16
- Brisepierre G., 2013. Analyse sociologique de la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, rapport pour l'ADEME
- Brisepierre G., Roche T., 2013. Les conditions sociales et organisationnelles d'une performance énergétique in vivo dans les bâtiments neufs - Étude sociologique des écarts entre consommations réelles et théoriques dans trois bâtiments pionniers de la basse consommation. Leroy Merlin Source
- CABEE, 2013. Capitalizing Alpine Building Evaluation Experiences, Rhônalpénergie-Environnement, projet européen, <https://keep.eu/projects/11707/Capitalizing-Alpine-Buildin-EN/>
- Chevrier S., Grouhel A-G., 2014. Trois copropriétés à Rennes – programme de recherche-action CORE "Amélioration énergétique des copropriétés". Cabinets d'étude Mana - MEDDTL / PUCA / ANaH
- de Dear RJ, Akimoto T., Arens EA, Brager G., Candido C., Cheong W, Li B., Nishihara N., Sekhar S., Tanabe S., Toftum J, Zhang H., Zhu Y., 2021. Progress in thermal comfort research over the last twenty years. *Indoor Air* 2013; 23: 442–461
- de Laage R., Litvine D., 2020. Les moteurs de l'engagement dans le programme de sciences participatives Cybelle Méditerranée : de l'intérêt au passage à l'action. SSE Conseil et ISEA, Novembre 2020
- Deci, E. L., & Ryan, R. M., 2002. Self-determination research: Reflections and future directions. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 431–441). University of Rochester Press.
- DellaValle N., Bisello A., Balest J., 2018. In search of behavioural and social levers for effective social housing retrofit programs. *Energy and Buildings* 172, Pages 517-524
- Destais G., 2017. Variables explicatives de la consommation de chauffage dans l'habitat : les leçons de l'analyse d'une copropriété sur données journalières. Lutte contre le changement climatique et maîtrise de la demande d'énergie Vol. 8-2. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11766>
- Dillman D., Smyth J., Christian L., 2014. Internet, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method. 4Th Edition. Wiley Press.
- Dronkelaar C., Dowson M., Spataru C., Mumovic D., 2016. Review of the Regulatory energy Performance Gap and its Underlying Causes in Non-domestic Buildings. *Frontiers in Mechanical Engineering* / doi: 10.3389



- Dujin A., Poquet G., Maresca B., 2007. La maîtrise des consommations dans les domaines de l'eau et de l'énergie les politiques publiques face aux comportements des consommateurs. Cahier de recherche N°237, novembre 2007
- ENERTECH, 2021. Panel usages électrodomestiques – Consommations électrodomestiques françaises basées sur des mesures collectées en continue dans 100 logements, Rapport annuel ADEME, https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/5443/panel-usages-electrodomestiques-2021_synthese.pdf
- Gicquel L., 2015. Renouveler son regard sur la relation bâtiment-usager, projet CABEE (Fiche n°6), <https://vie-to-b.fr/cabee-fiche-n6-renouveler-son-regard-sur-la-relation-batiment-usager/>
- Groothuis P.A, Mohr T.C., 2014. Do Consumers Want Smart Meters? Incentives or Inertia: Evidence from North Carolina and Lessons for Policy. *Economics of Energy & Environmental Policy*, vol 3(1), pp. 53-68
- Herrmann A., Fischer H., Amelung D., Litvine D., Aall C., Andersson C., Baltruszewicz M., Barbier C., Bruyère S., Bénévise F., Dubois G., Louis V., Nilsson M., Moberg K., Sköld B., Sauerborn R., 2017. Household preferences for reducing greenhouse gas emissions in four European high-income countries: Does health information matter? A mixed-methods study protocol. *BMC Public Health* - open access - 12 p.
- IEA, 2021. Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- Labranche S., 2012. Analyse qualitative du défi FAEP : motivations et pérennité des gestes, pour la Région Rhône Alpes et Prioriterre.
- Levy JP, Roudil N., Flamand A., Belaïd F., 2014. Les déterminants de la consommation énergétique domestique, *Métropolis Flux*, 2014/2 N° 96 | pages 40 à 54 ISSN 1154-2721, <https://www.cairn.info/revue-flux1-2014-2-page-40.htm>
- Lindenberg S., Steg L., 2007. Normative, Gain and Hedonic Goal Frames Guiding Environmental Behavior. *Journal of Social Issues* 63(1), 117-137.
- Litvine D. Andersson H., 2014. "How Social Psychology can improve stated preference methods - A web survey of citizens' willingness to reduce CO2 emissions", Juin 2014, séminaire PERENE – LAMETA (UM1 – Supagro), avec H. Andersson (TSE - LERNA, UT1, CNRS)
- Litvine D., 2010. La participation volontaire des citoyens sur le marché européen des permis d'émission de CO2 : Une évaluation contingente élargie à la Psychologie environnementale, rapport de post-doc, Conseil Français de l'Énergie, 250 pages, Repec ([credwp 10.07.87](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00470877))
- Litvine D., 2020. La rénovation complète et performante des maisons individuelles – Comprendre et inciter le passage à l'action des propriétaires. Rapport projet RESSORT pour le compte de l'ADEME
- Litvine D., De Laage R., 2017. Analyse de la demande et des facteurs d'adoption d'une innovation sociotechnique SCANBAT – autodiagnostic de performance énergétique pour les particuliers. Pour le compte de l'ADEME
- Litvine D., Gazull L., Dabat MH., 2014. Assessing the potential demand for biofuel by combining Economics and Psychology: a focus on proximity applied to Jatropha oil in Africa". *Ecological Economics* 100, 85-95
- Litvine D., Wüstenhagen R., 2011. Helping light green consumers walk the talk: Results of a behavioural intervention survey in the Swiss electricity market. *Ecological Economics* 70, 462-474
- Litvine D., Rabourdin S., 2017. Ce qui guide l'engagement des artisans dans la rénovation complète et performante en groupement - Etude de leur disposition à utiliser un outil numérique de partage de données. *Rapport projet RESSORT pour le compte de l'ADEME*
- Litvine, D., 2008. Révélation des préférences individuelles et choix de l'électricité verte : une analyse de la décision du consommateur. Thèse de Doctorat en Sciences Economiques - Université de Montpellier (LASER - CREDEN). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00383730>
- Moulinié P., Litvine D., Vannier D., Leroy M., Gicquel L., 2018. La rénovation énergétique, nouveau défi du bâtiment : « réconcilier » l'humain et la technique - AMU et rénovation. *Opérations Immobilières n°107 (Le Moniteur)*, p. 36-48
- Nature Humaine. (2009). Ecologie : le changement étape par étape. *La Lettre Nature Humaine*, 4, 4–11.
- Observatoire Mondial de l'Action Climat non-étatique, 2020. Bilan mondial de l'action climat par secteur. <https://www.climate-chance.org/comprendre-observatoire/bilan-sectoriel/>
- Ortar N., Subremon H., 2018. L'énergie et ses usages domestiques. *Anthropologie d'une transition en cours*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-01944803/>
- Prochaska JO, DiClemente, CC., 1984. The transtheoretical approach: crossing traditional boundaries of therapy. *Dow Jones-Irwin*.
- Rabourdin S., Litvine D., 2017. Benchmark – état de l'art en sciences humaines et sociales sur la rénovation performante des maisons individuelles. *Projet RESSORT – pour le compte de l'ADEME*
- RAEE, 2016. Favoriser le changement de pratiques des citoyens. Outils et démarches. www.auvergnerrhonealpes.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/raee/Documents/Publications/2016/favoriser_changement_pratiques_citoyens_avril2016.pdf
- Réseau AMU France 2020 - Litvine D. & Gicquel L. pour le comité de rédaction - ouvrage collectif "Le Livre Blanc de l'Assistance à Maîtrise d'Usage - Remettre l'humain au coeur du cadre de vie bâti" – <https://www.reseau-amu.fr/publications>
- Rissetto R., Schweiker M., Wagner A., 2021. Personalized ceiling fans: Effects of air motion, air direction and personal control on thermal comfort. *Energy & Buildings* 235 110721
- Salvia, G., Morello E., 2020. Sharing cities and citizens sharing: Perceptions and practices in Milan. *Cities* 98,
- Subremon, H. 2011. *L'Anthropologie des usages de l'énergie. Un état des lieux*, Paris : Éditions Recherche du PUCA.
- Vanier D., Litvine D., Marx E., Lanselle P., 2020. L'assistance à maîtrise d'usage, point d'étape. *Opérations Immobilières*, n°126, p. 7-9
- X-Pair 2015, Confort d'usage et performance énergétique : compatibles ? (https://conseils.xpair.com/actualite_experts/confort-performance-energetique-compatibles.htm)
- Zelem MC & Beslay C., 2015. *Sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales* ; CNRS Éditions, Coll. Alpha, juin 2015, 476 p.



ANNEXES

Annexe 1 -

Test d'équivalence des profils des deux groupes expérimentaux

Tout design expérimental de type "inter-sujets" requiert de tester la relative homogénéité des groupes expérimentaux sur la base des principales variables de discrimination. Nous avons établi une série de variables de base, dont l'égalité par rang entre le groupe A et B a été testé grâce à un test non-paramétrique de Mann-Whitney. Les résultats de ces tests sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Ces tests sont consolidés par une ANOVA (paramétrique) avec bootstrap étant donné le très faible nombre d'observations.

Nous confirmons que les deux groupes sont équivalents sur les principaux facteurs de discrimination, à savoir

- les variables objectives : V40, consommation d'ECS, revenu, CSP, surface habitable, nombre d'occupants, taux d'occupation
- les variables plus subjectives/déclaratives : degré d'engagement écologique (nombre d'actions menées fréquemment par le ménage), auto-perception consommation du ménage (petit/moye./gros), le nombre de gestes économes liés à l'ECS déjà effectués et le niveau d'effort perçu à adopter de nouveaux gestes économes

L'ANOVA confirme que le revenu et la CSP sont bien équivalents entre les deux groupes ($p > 0,2$).

Ce résultat indique une absence de biais d'attrition majeur.

Une seule variable n'est pas équivalente, à savoir la surface habitable : le groupe A présente une surface moyenne bien supérieure (quasi double 120m² contre 70m²).

Notons que l'enjeu majeur lié à l'utilisation de l'ECS aux yeux des participants est une variable non équivalente entre les deux groupes, avant intervention. En effet le groupe A relie l'ECS majoritairement aux questions "d'hygiène et de santé" puis au "confort", alors que c'est l'inverse pour le groupe B : la dimension majeure est le "confort", puis "santé/hygiène". Mais cette variable est trop subjective pour en faire un facteur de discrimination initial à intégrer dans les tests amonts, tout comme les variables de perception (niveau de consommation et effort).

Groupe		Conso élec annuelle (kWh/an)	V40 puisée (m3/an)	Revenu	CSP	Surface habitable	Nbre occupants	Taux occupation	Action ecolo	perception conso
	Moyenne	1535,06	33,90	3,00		100,00	2,00	1,20		
A	N = 7									
	Valide	7	7	7	6	7	7	7	5	7
	Manquant	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	Moyenne	1709,83	36,36	1,88	2,00	120,88	2,75	1,64	1,17	2,00
	Ecart type	907,35	25,80	,83	,76	46,23	1,28	,42	,98	,76
B	N = 6									
	Valide	6	6	6	5	6	6	6	4	5
	Manquant	0	0	0	1	0	0	0	2	1
	Moyenne	1483,90	35,13	1,57	1,67	72,14	2,29	1,68	1,20	1,67
	Ecart type	757,90	22,32	,79	,82	34,14	1,11	,94	,84	,82

Libellé CSP	CSP
1. Agriculteur, fermier	-
2. Artisan / Commerçant / propriétaire d'une entreprise de moins de 10 salariés	+ ou -
3. Chef d'entreprise de 10 employés ou plus	+
4. Cadre supérieur, profession libérale (médecin, dentiste, etc.), Haut fonctionnaire	+
5. Cadre, enseignant, profession intermédiaire du secteur privé ou public	+
6. Employé (bureau, commerces, services, santé, secteur public...)	+ ou -
7. Ouvrier	-
8. Retraité	-
9. Étudiant	-
10. Autre (sans emploi, au foyer...)	-



Récapitulatif du test d'hypothèse

Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1 La distribution de Consommation annuelle (kWh/an) est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,955 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.
2 La distribution de V40 puisée (m3/an) est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,867 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.
3 La distribution de Revenu * est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants		Calcul impossible.
4 La distribution de CSP questionnaire responsable 1 est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants		Calcul impossible.
5 La distribution de Surface habitable est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,040 ¹	Rejeter l'hypothèse nulle.
6 La distribution de Nbre occupants est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,536 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.
7 La distribution de Taux d'occupation moyen journalier (nbre pers/jour) est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,463 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.
8 La distribution de engagement écologique est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	1,000 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.
9 La distribution de perception consommation est identique sur les catégories de GP.	Test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants	,491 ¹	Retenir l'hypothèse nulle.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau d'importance est ,05.

¹La signification exacte est affichée pour ce test.

Tableau ANOVA

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
revenu * groupe	Inter-groupes (Combinée)	,808	1	,808	1,185	,300
	Intra-groupes	7,500	11	,682		
	Total	8,308	12			
csp * groupe	Inter-groupes (Combinée)	,117	1	,117	,106	,751
	Intra-groupes	12,190	11	1,108		
	Total	12,308	12			
autopercception_consommation_initiale * groupe	Inter-groupes (Combinée)	,090	1	,090	,144	,711
	Intra-groupes	6,833	11	,621		
	Total	6,923	12			
niveau_effort_percu_A1 * groupe	Inter-groupes (Combinée)	,209	1	,209	,796	,396
	Intra-groupes	2,360	9	,262		
	Total	2,569	10			
nombre_gestes_deja_realises * groupe	Inter-groupes (Combinée)	,083	1	,083	,014	,909
	Intra-groupes	60,167	10	6,017		
	Total	60,250	11			



Annexe 2 – Simulateur et tableau d'objectif – outils en soutien à l'intervention C2

	A	B	C	D	E	F	G	H
	objectif personnalisé de réduction de conso	Calculs	Votre foyer	Moyenne pour les ménages du programme	Moyenne foyers France			
1								
2	Consommation actuelle du foyer (m3/an)	C		22,0	28,6		calcul prix de l'eau chaude	
3	Nombre d'occupants du foyer	N		2,31	2,22		prix du kWh (moyen)	0,18
4	Conso actuelle par personne (m3/an)	c = C/N		9,5	12,9		elec nécessaire pour chauffer 1m3 d'eau chaude	44
5	Objectif de conso par personne (%)	%		25 %	25 %		coût elec pour chauffer 1m3	7,04
6	Objectif de conso par personne (m3/an)	o = (1-%)*c		7,2	9,7		coût total 1m3 ECS (P)	10,0
7	Objectif pour le foyer (m3/an)**	O = o x N		16,5	21,3		coût total 1m3 ECS après T1 et T2	
8	Economie d'eau possible (m3/an)	E = C - O		5,5	7,3			
9	Prix de l'eau chaude (€/m3)*	P	10,0	10,0	10,0			
10	Economie possible (€/an)	E x P		55,22 €	74 €			
11								
12	* L'eau froide coûte environ 3 €/m3, mais en incluant l'énergie pour l'eau chaude, on atteint une valeur de 5 à 7,50 €/m3							
13	eau chaude chauffée par un dispositif électrique : 10€/m3 environ (3€ d'eau + 7€ d'elec)							
14	**Un objectif de 15 m3 par an et par personne est moyen, sauf consommations spécifiques							

ENERGIE THERMIQUE PUISEE (DOUCHES + BAINS)		
	Semaine type	Semaine "ECO"
Nombre de bains par semaine	2,0	0,0
Volume d'eau chaude d'un bain	100 L	100 L
Nombre de douche/semaine	28	24
Durée douche	6 min	4 min
Débit douche	6 L/min	6 L/min
Volume ECS Mitigée puisée (V40 L/jour)	173 L/jour	82 L/jour
	63 m3/an	30 m3/an
T°C stockage	55 °C	55 °C
T°C mitigée (bain et douche)	40 °C	40 °C
T°C Eau froide	15 °C	15 °C
Volume ECS puisée dans ballon (L/jour)	108 L/jour	51 L/jour
	39 m3/an	19 m3/an
Energie puisée douches + bains	1 822 kWh/an	869 kWh/an
part des bains :	20 %	0 %
Coût annuel*	273 €/an	130 €/an
Ecart	-52 %	

PERTES STOCKAGES		
	Semaine type	Semaine "ECO"
Volume du chauffe-eau	200 L	200 L
T°C local chauffe-eau	21 °C	21 °C
Avec ou sans Jaquette isolante	AVEC	AVEC
Pertes stockage* (kWh/an)	428 kWh/an	428 kWh/an
Coût annuel*	69 €/an	69 €/an
Ecart	0 %	

ECONOMIE TOTALE	
-953 kWh/an	-42 %
-143 €/an	

	Log 1	Log 04	Log 06	Log 07	Log 08	Log 09	Log 12
	A	B	B	B	B	B	B
Données ménages							
Nombre de bains par semaine	0,25	0	0	6 à 9	0	0	1
Nombre de douche/semaine	9	1	5	4 à 7	14	24 à 28	9
Durée douche	?						
T°C stockage	50,4 °C	53,0	53,0	65,0	65,0	55,4	54,0
T° sortie robinet							

les chiffres ici pour douches et bains sont à jour après C2 (sauf en jaune) + il faut revoir toutes les T° CC : le fair faire aux ménages

A comparer avec le volume du Ballon (L)

-143 €/an

0 kWh/an
0 €/an



Annexe 3 – Tableaux des gains

1. Gains sur les consommations électriques

CONSUMMATION ELECTRIQUE CHAUFFE-EAUX AVANT/APRES ACTIONS													
gain moyen actions (C1,C2,T1) : -505 kWh/an (-30% sur la consommation électrique des appareils)													
	1 704 kWh	1 164 kWh	-105 kWh	-40 kWh	-359 kWh	-41 kWh	9 kWh	42 kWh	15 kWh	-132 kWh	132 kWh	-88 kWh	-439 kWh
Groupe A (C puis T)	Conso élec initiale	Conso élec finale	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gala Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne A :	1 817 kWh	1 398 kWh -23%	-184 kWh -10%	-22 kWh -1%	-193 kWh -13%	8 kWh 0%	57 kWh 3%		137 kWh 8%	-202 kWh -11%	248 kWh 24%	-88 kWh -11%	-439 kWh -24%
Log 01	1 064 kWh	881 kWh -17%	pas d'info	0%	-183 kWh -17%								
Log 11	2 189 kWh	1 389 kWh -37%	-6 kWh 0%	-151 kWh -7%	-203 kWh -10%								-439 kWh -24%
Log 13	1 045 kWh	682 kWh -35%	-83 kWh -8%	0%	-191 kWh -20%	pas d'info	pas d'info					-88 kWh -11%	
Log 15	1 690 kWh	1 291 kWh -24%	-466 kWh -28%	0%	-125 kWh -10%				125 kWh 11%	-181 kWh -15%	248 kWh 24%		
Log 17	3 295 kWh	2 810 kWh -15%	-43 kWh -1%	0%	-368 kWh -11%				149 kWh 5%	-222 kWh -7%			
Log 18	1 078 kWh	950 kWh -12%	0%	0%	-128 kWh -12%								
Log 19	2 357 kWh	1 781 kWh -24%	-506 kWh -21%	0%	-151 kWh -8%	25 kWh 1%	57 kWh 3%						
Groupe B (T puis C)	Conso élec initiale	Conso élec finale	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gala Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne B :	1 573 kWh	890 kWh -43%	-11 kWh -2%	-67 kWh -11%	-553 kWh -33%	-91 kWh -6%	-39 kWh -3%	42 kWh 3%	-107 kWh -7%	-62 kWh -5%	17 kWh 1%		
Log 04	698 kWh	396 kWh -43%	0%	-38 kWh -9%	-263 kWh -38%								
Log 06	680 kWh	394 kWh -42%	-11 kWh -2%	-52 kWh -12%	-222 kWh -33%								
Log 07	2 474 kWh	1 535 kWh -38%	0%	0%	-851 kWh -34%	-91 kWh -6%	-39 kWh -3%	42 kWh 3%					
Log 08	pas d'info	821 kWh pas d'info	pas d'info	pas d'info	pas d'info								
Log 09	3 310 kWh	1 761 kWh -47%	0%	-32 kWh -2%	-1 288 kWh -39%				-172 kWh -9%	-76 kWh -4%	20 kWh 1%		
Log 10	852 kWh	672 kWh -21%			-181 kWh -21%								
Log 12	1 423 kWh	583 kWh -59%	-42 kWh -5%	-211 kWh -27%	-513 kWh -36%				-41 kWh -5%	-48 kWh -6%	15 kWh 2%		

2. Gains sur l'énergie utile puisée

ENERGIE UTILE SOUTIREE AUX CHAUFFE-EAUX AVANT/APRES ACTIONS													
gain moyen actions : -375 kWh/an (-33% sur l'énergie puisée)													
Groupe A (C puis T)	Eutile initiale	Eutile finale	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gala Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne A :	1 281 kWh	1 011 kWh -21%	-184 kWh -15%	-22 kWh -1%	-78 kWh -8%							-88 kWh -15%	
Log 01	623 kWh	549 kWh -12%	pas d'info	0%	-74 kWh -12%								
Log 11	1 680 kWh	1 442 kWh -14%	-6 kWh 0%	-151 kWh -9%	-81 kWh -5%								
Log 13	679 kWh	401 kWh -41%	-83 kWh -12%	0%	-108 kWh -21%							-88 kWh -15%	
Log 15	1 060 kWh	594 kWh -44%	-466 kWh -44%	0%	0%								
Log 17	2 520 kWh	2 235 kWh -11%	-43 kWh -2%	0%	-241 kWh -10%								
Log 18	670 kWh	626 kWh -7%	0%	0%	-44 kWh -7%								
Log 19	1 736 kWh	1 230 kWh -29%	-506 kWh -29%	0%	0%								
Groupe B (T puis C)	Eutile initiale	Eutile finale	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gala Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne B :	1 071 kWh	574 kWh -46%	-11 kWh -2%	-79 kWh -19%	-433 kWh -36%								
Log 04	327 kWh	139 kWh -58%	0%	-38 kWh -22%	-150 kWh -46%								
Log 06	283 kWh	110 kWh -61%	-11 kWh -6%	-52 kWh -32%	-110 kWh -39%								
Log 07	1 825 kWh	1 160 kWh -36%	0%	0%	-665 kWh -36%								
Log 08	pas d'info	443 kWh pas d'info	pas d'info	-143 kWh -24%	pas d'info								
Log 09	2 544 kWh	1 369 kWh -46%	0%	-32 kWh -2%	-1 143 kWh -45%								
Log 10	239 kWh	224 kWh -6%			-15 kWh -6%								
Log 12	1 209 kWh	443 kWh -63%	-42 kWh -6%	-211 kWh -32%	-513 kWh -42%								



3. Gains sur les pertes statiques

PERTES STATIQUES DES CHAUFFE-EAUX AVANT/APRES ACTIONS													
gain moyen : -132 kWh/an (-25% sur les pertes)													
Groupe A (C puis T)	Pertes initiales	Pertes finales	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gaia Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne A :	536 kWh	450 kWh -16%			-114 kWh -22%	8 kWh 2%	57 kWh 11%		137 kWh 24%	-202 kWh -28%	248 kWh 55%		
Log 01	441 kWh	332 kWh -25%			-109 kWh -25%	0%							
Log 11	509 kWh	386 kWh -24%			-122 kWh -24%								
Log 13	365 kWh	282 kWh -23%			-83 kWh -23%	pas d'info	pas d'info						
Log 15	630 kWh	696 kWh 11%			-125 kWh -20%				125 kWh 25%	-181 kWh -29%	248 kWh 55%		
Log 17	776 kWh	575 kWh -26%			-127 kWh -16%				149 kWh 23%	-222 kWh -28%			
Log 18	408 kWh	324 kWh -20%			-84 kWh -20%	0%							
Log 19	621 kWh	551 kWh -11%			-151 kWh -24%	25 kWh 5%	57 kWh 11%						
Groupe B (T puis C)	Pertes initiales	Pertes finales	C1	C2	T1	T2 Cotherm	mode IQsmart	Installation application	T2 CE smart	Jaquette sur CE smart	Fourniture commande nomade	T2 Gaia Green	T2 PV+Power Reducer
moyenne B :	502 kWh	325 kWh -35%			-144 kWh -22%	-91 kWh -20%	-39 kWh -11%		-107 kWh -23%	-62 kWh -22%	17 kWh 9%		
Log 04	370 kWh	258 kWh -30%			-112 kWh -30%								
Log 06	397 kWh	284 kWh -28%			-113 kWh -28%								
Log 07	649 kWh	375 kWh -42%			-185 kWh -29%	-91 kWh -20%	-39 kWh -11%	42 kWh 13%					
Log 08	pas d'info	378 kWh -			pas d'info								
Log 09	766 kWh	392 kWh -49%			-145 kWh -19%				-172 kWh -28%	-76 kWh -17%	20 kWh 5%		
Log 10	613 kWh	447 kWh -27%			-166 kWh -27%								
Log 12	214 kWh	140 kWh -35%			0%				-41 kWh -19%	-48 kWh -28%	15 kWh 12%		



Annexe 4 – Outil simplifié de calcul des économies

Afin de mieux visualiser l'impact des différentes variables existante et de rationaliser le dialogue avec les participants, nous avons créé une « calculette » des consommations d'énergie et d'eau.

Cet outil nous a permis de mieux appréhender le poids de chaque variable sur les consommations et a également servi d'outil de sensibilisation auprès des participants qui peuvent ainsi quantifier les économies en fonction de leur engagement.

Cet outil, utilisé lors des interventions, a permis à certains participants de faire le lien entre un écogeste et une économie sur les factures. Du fait de sa personnalisation (nombre de douches, température, avec ou sans jaquette, choix du facteur variable et des facteurs fixes, etc.), cet outil a attiré l'intérêt des participants. Il leur a permis de concrétiser des éléments et chiffres échangés à l'oral. Un certain nombre a apprécié le potentiel intéressant des économies. Pour d'autres le gain n'était pas très élevé et ceci n'a pas semblé stimuler leur volonté. En effet un gain trop limité vis-à-vis de l'effort à consentir peut éventuellement démotiver la personne. Cet outil doit donc être mobilisé avec attention.

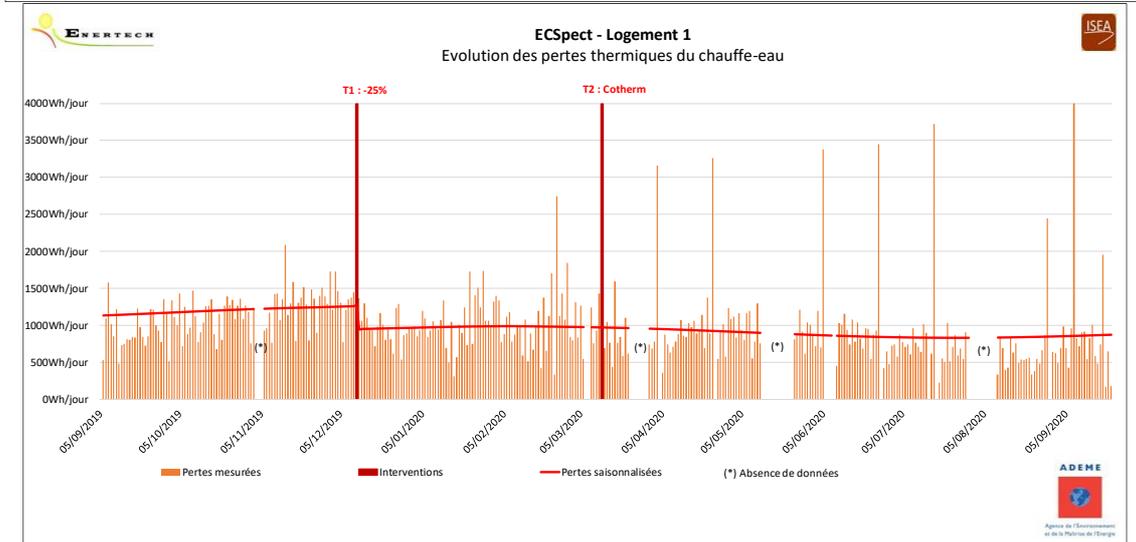
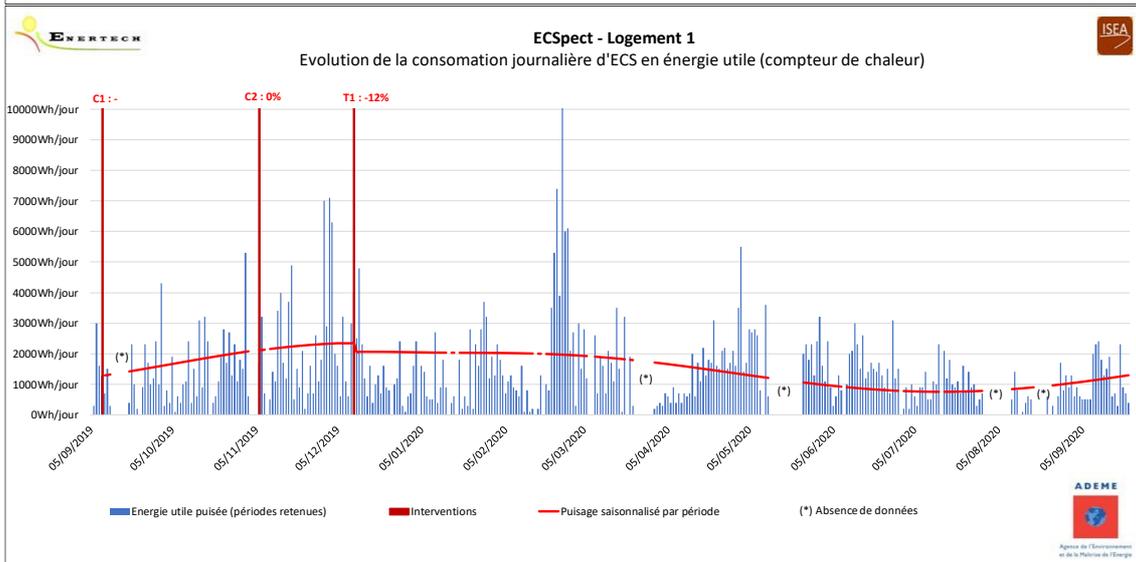
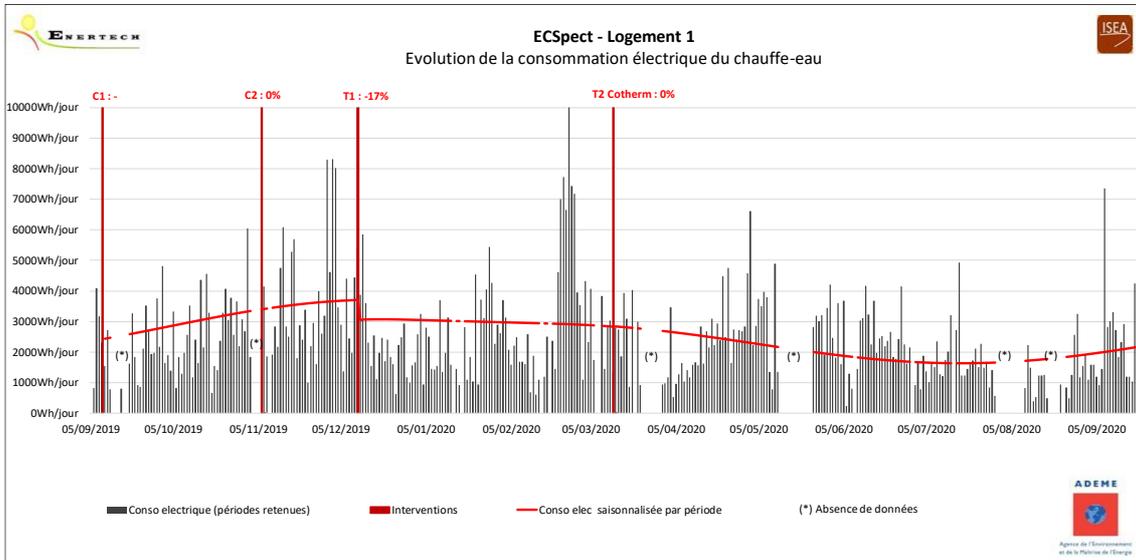
Une impression d'écran de l'outil est présentée ci-après.

ENERGIE THERMIQUE PUISEE (DOUCHES + BAINS)			ECONOMIE TOTALE		
	Semaine type	Semaine "ECO"			
Nombre de bains par semaine	0,5	0,5	-372 kWh/an	-28%	-56 €/an
Volume d'eau chaude d'un bain	150 L	150 L			
Nombre de douche /semaine	10	10			
Durée douche	6 min	5 min			
Débit douche	8 L/min	8 L/min			
Volume ECS Mitigée puisée (V40 L/jour)	79 L/jour 29 m3/an	68 L/jour 25 m3/an			
T°C stockage	55 °C	45 °C			
T°C mitigée (bain et douche)	40 °C	40 °C			
T°C Eau froide	15 °C	15 °C			
Volume ECS puisée dans ballon (L/jour)	50 L/jour 18 m3/an	57 L/jour 21 m3/an	<i>A comparer avec le volume du Ballon (L)</i>		
Energie puisée douches + bains	837 kWh/an	716 kWh/an	-121 kWh/an		
part des bains :	16%	19%			
Coût annuel*	126 €/an	107 €/an	-18 €/an		
Ecart		-14%			
PERTES STOCKAGES					
	Semaine type	Semaine "ECO"			
Volume du chauffe-eau	200 L	200 L			
T°C local chauffe-eau	25 °C	25 °C			
Avec ou sans Jaquette isolante	SANS	AVEC			
Pertes stockage* (kWh/an)	504 kWh/an	252 kWh/an	-252 kWh/an		
Coût annuel*	76 €/an	38 €/an	-38 €/an		
Ecart		-50%			
hypothèses : *15c€/kWh					
Cr chauffe-eau avec et sans jaquette	sans	avec			
	0,23	0,17			

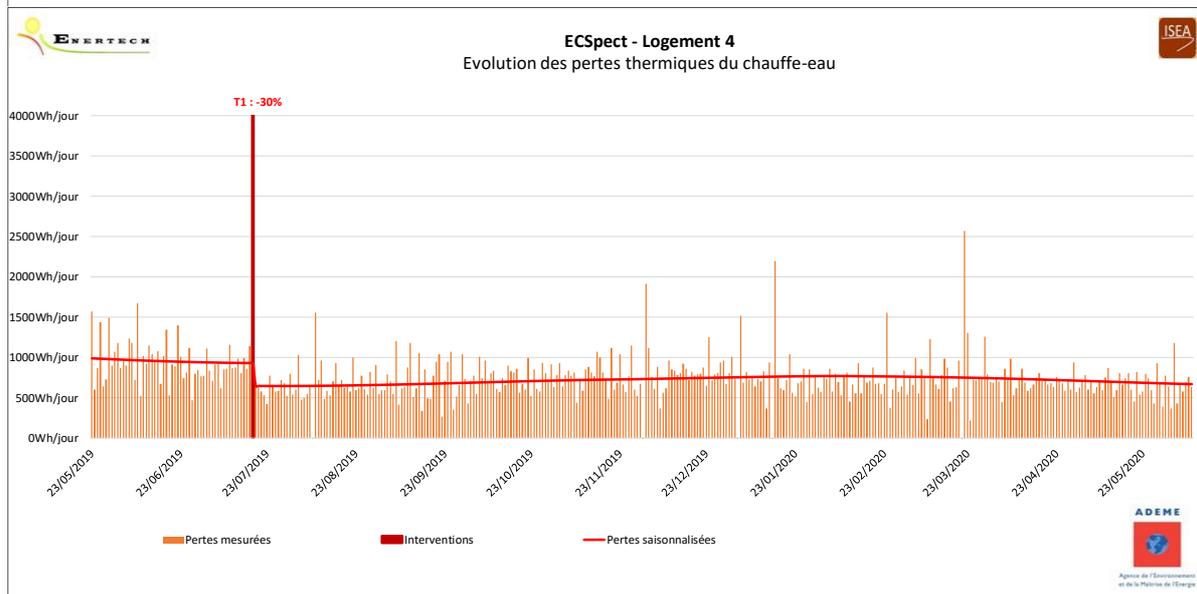
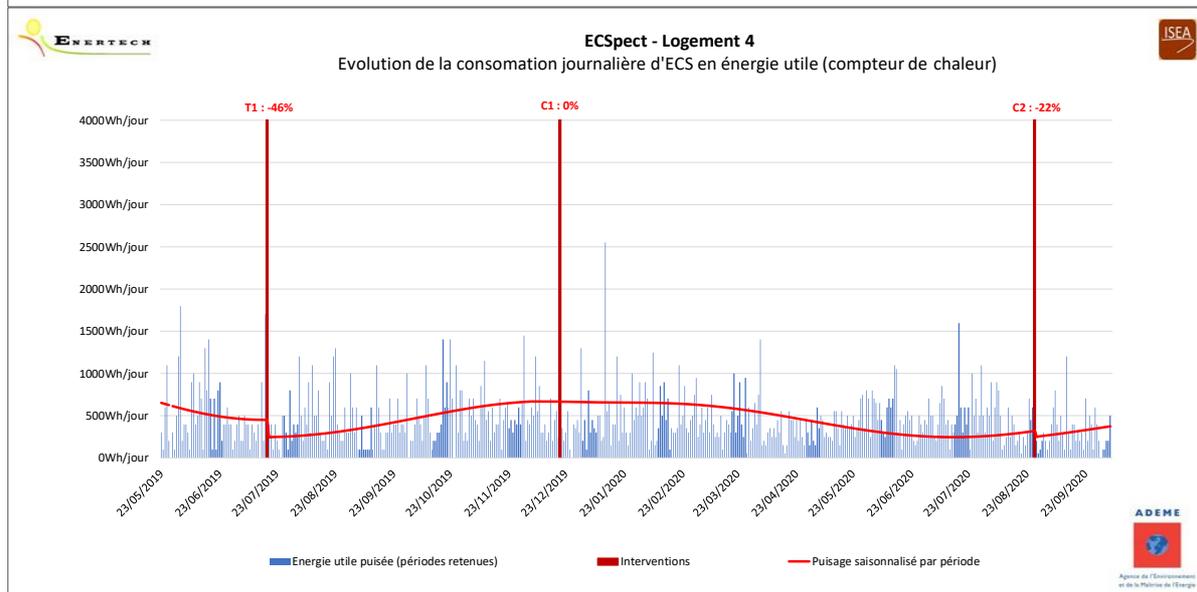
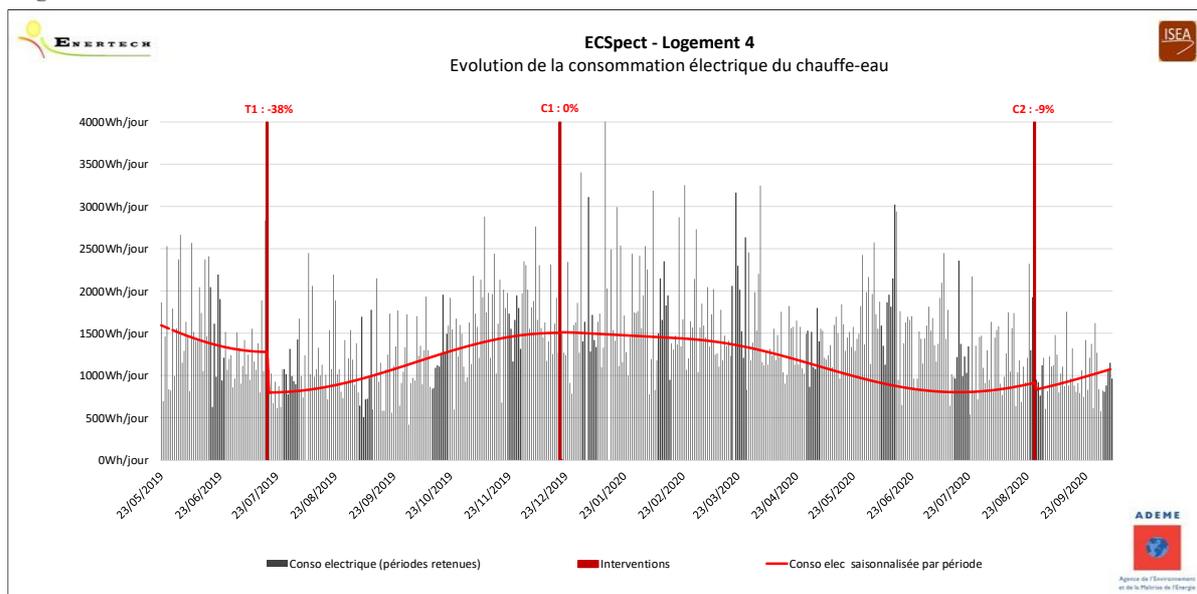


Annexe 5 – Mesures journalières par logement

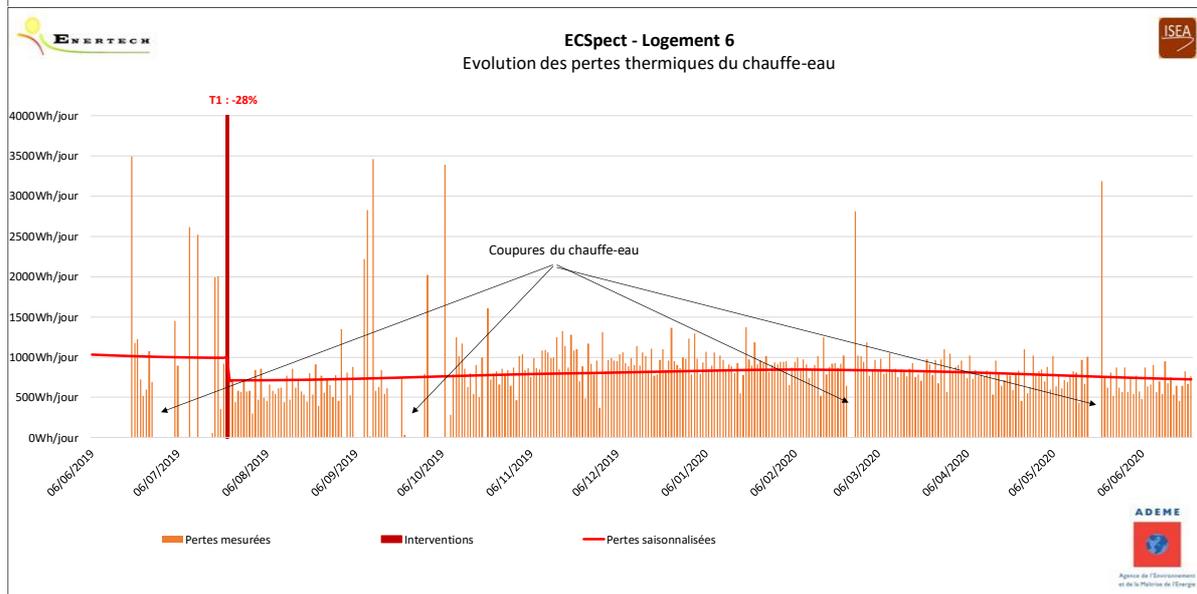
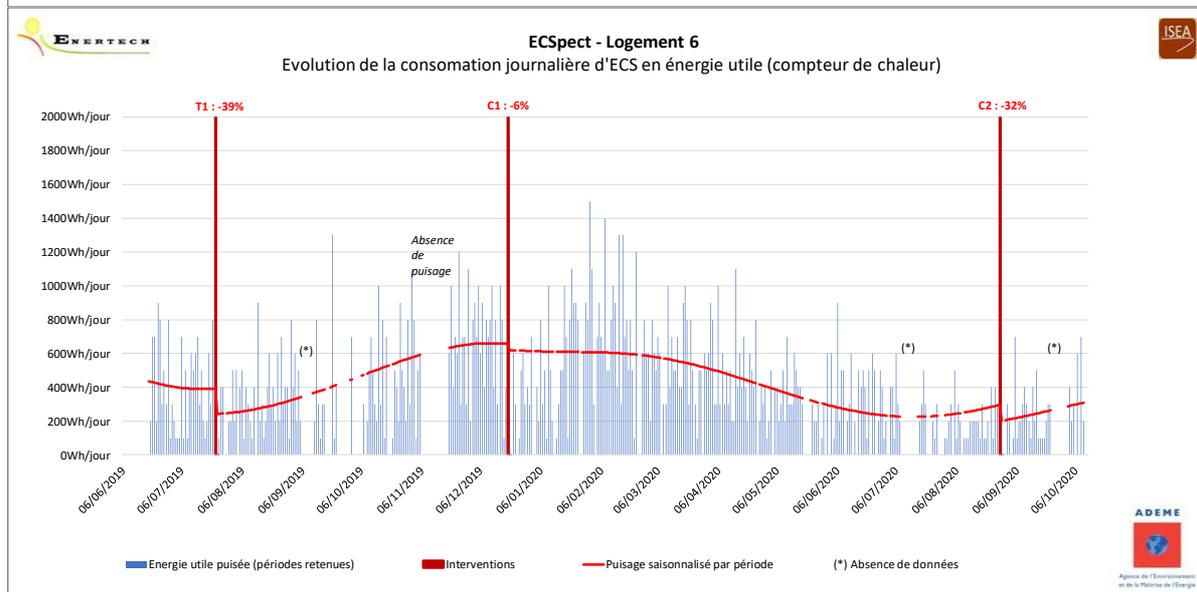
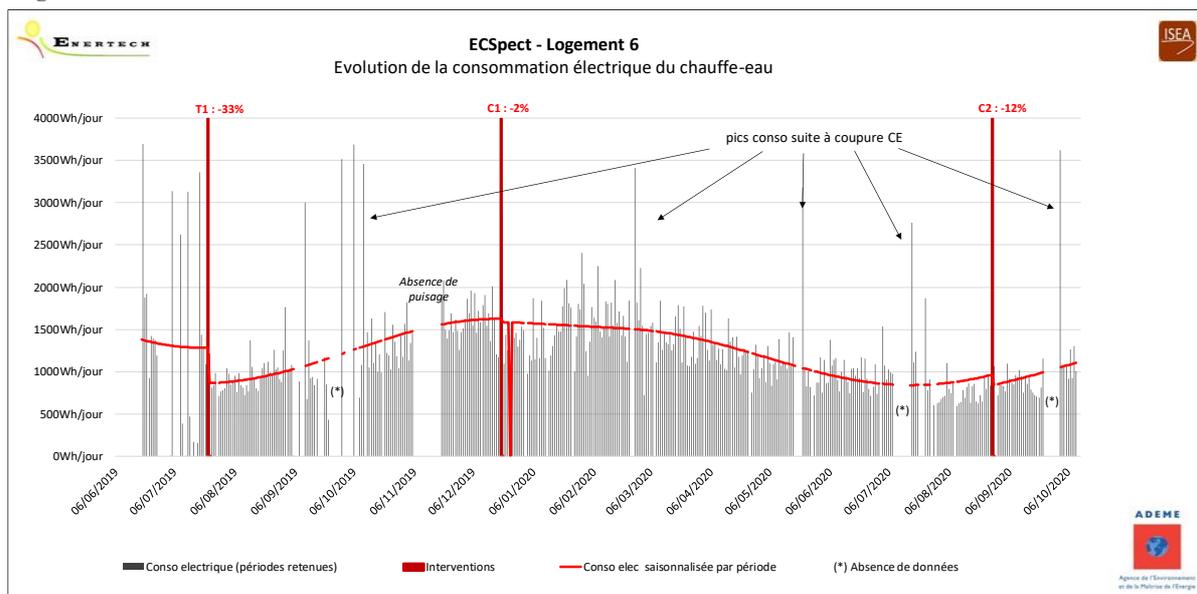
Logement 01



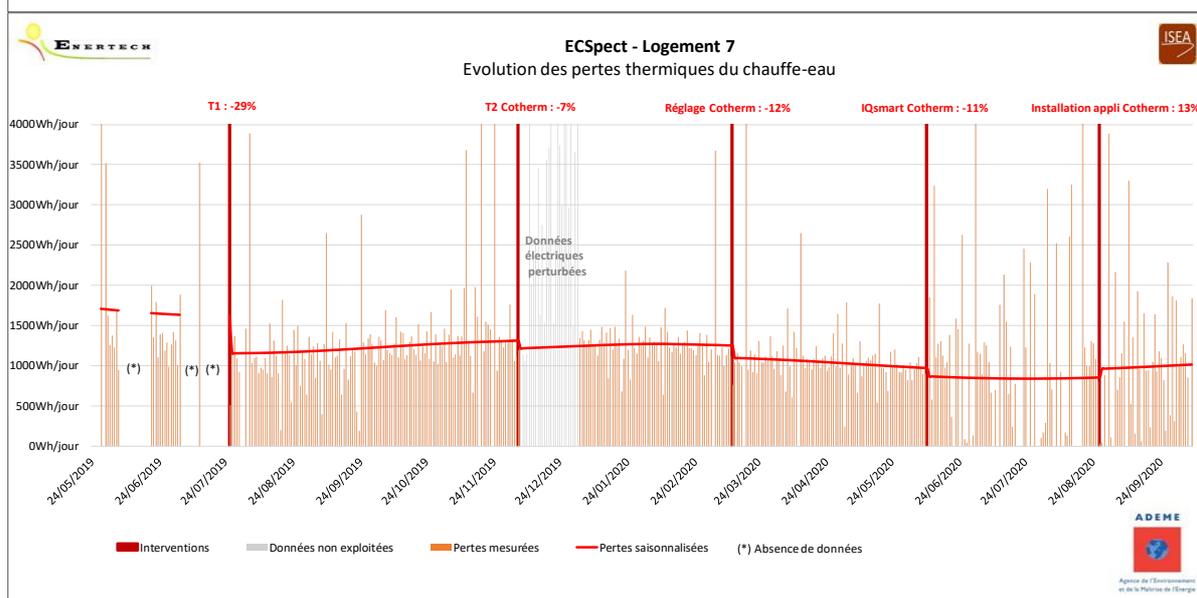
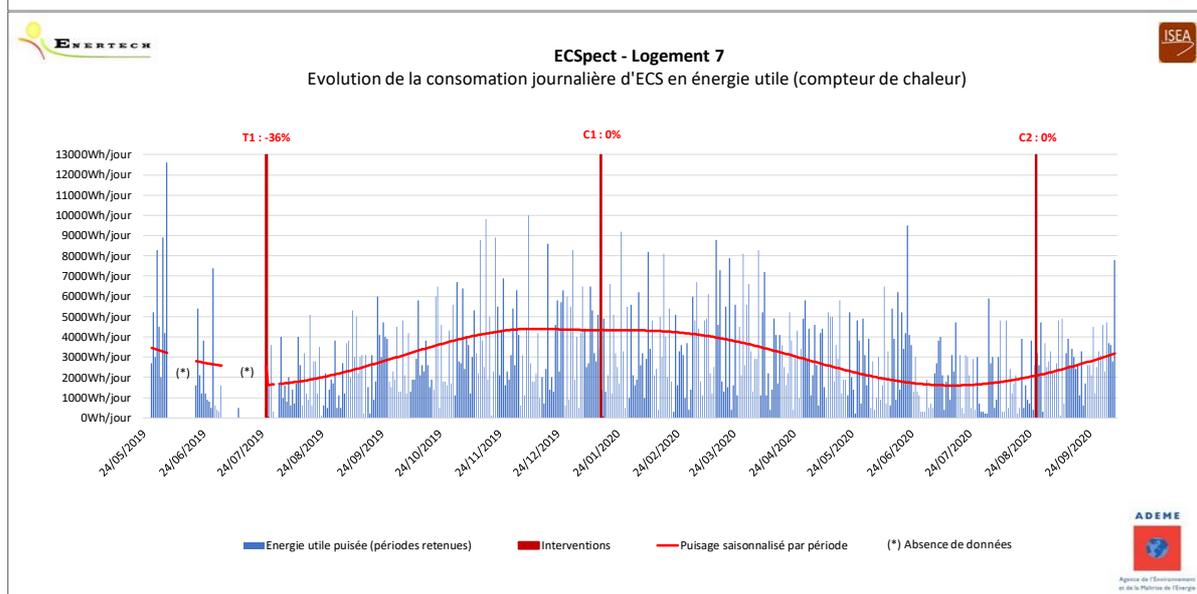
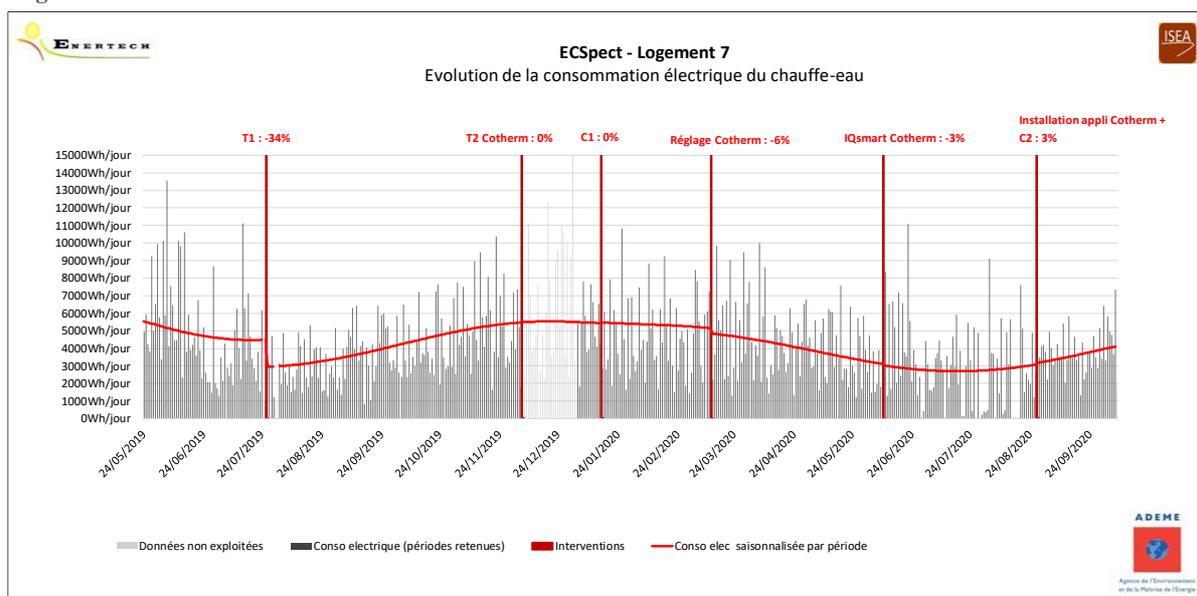
Logement 04



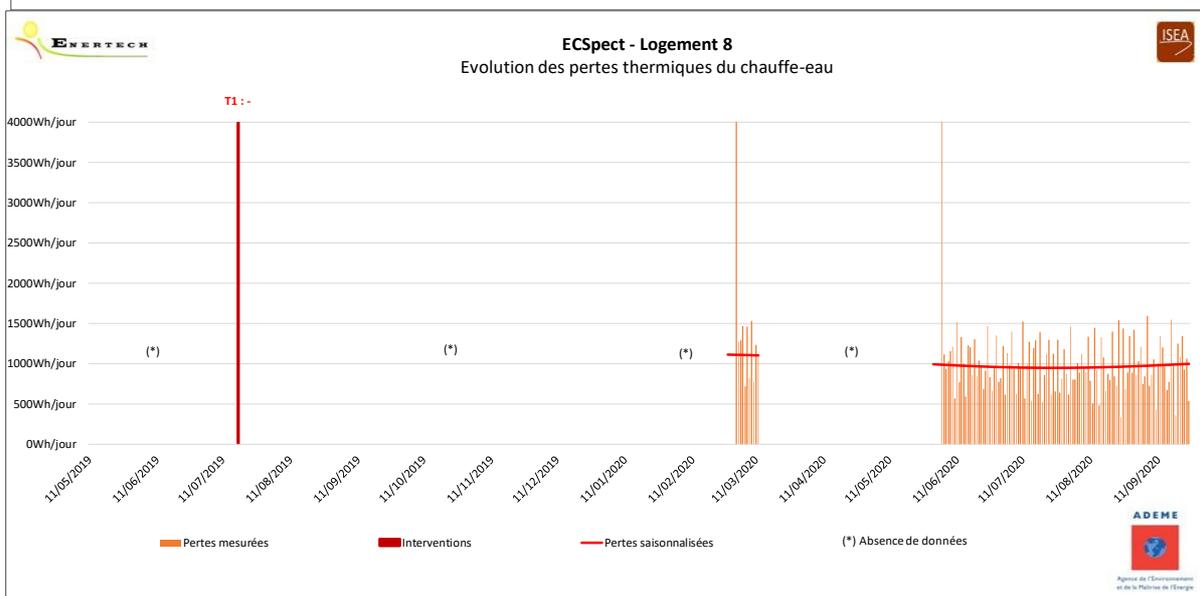
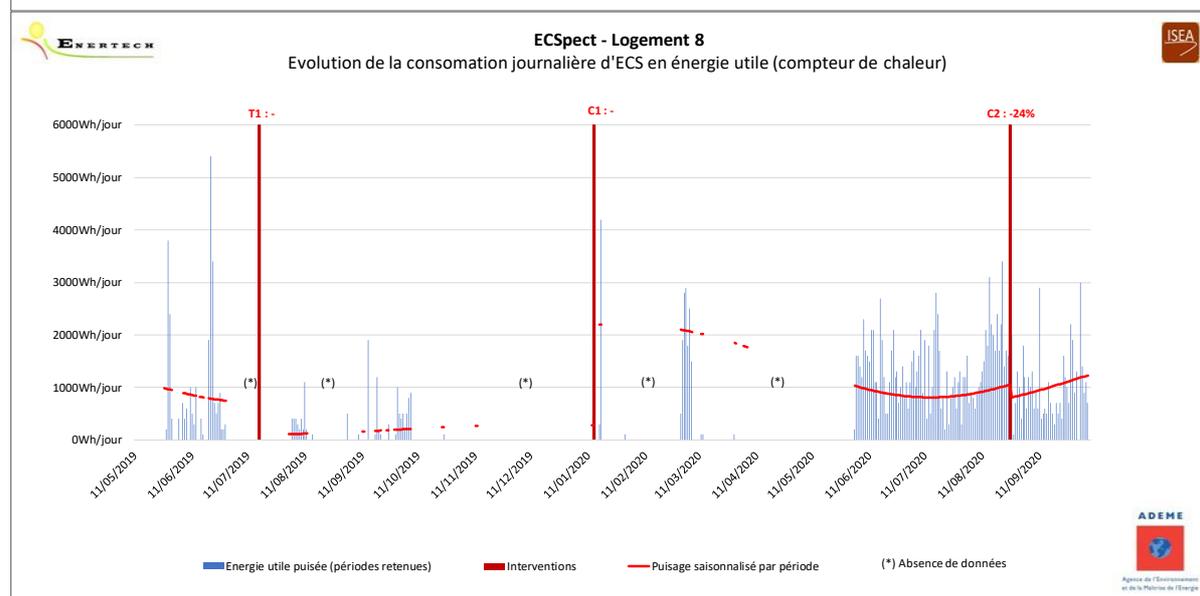
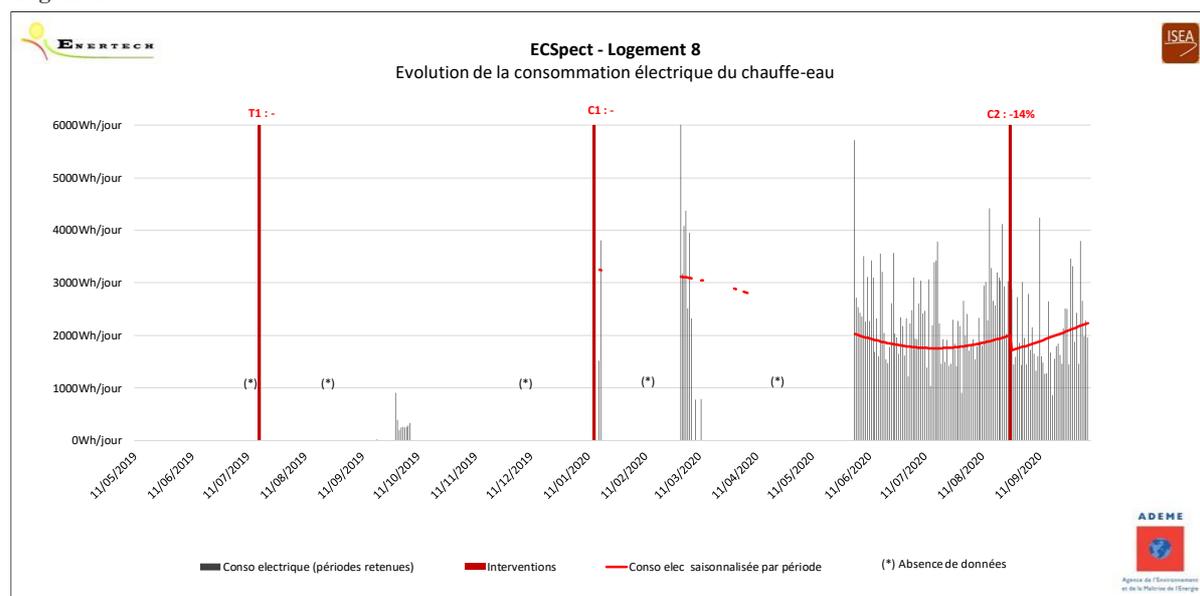
Logement 06



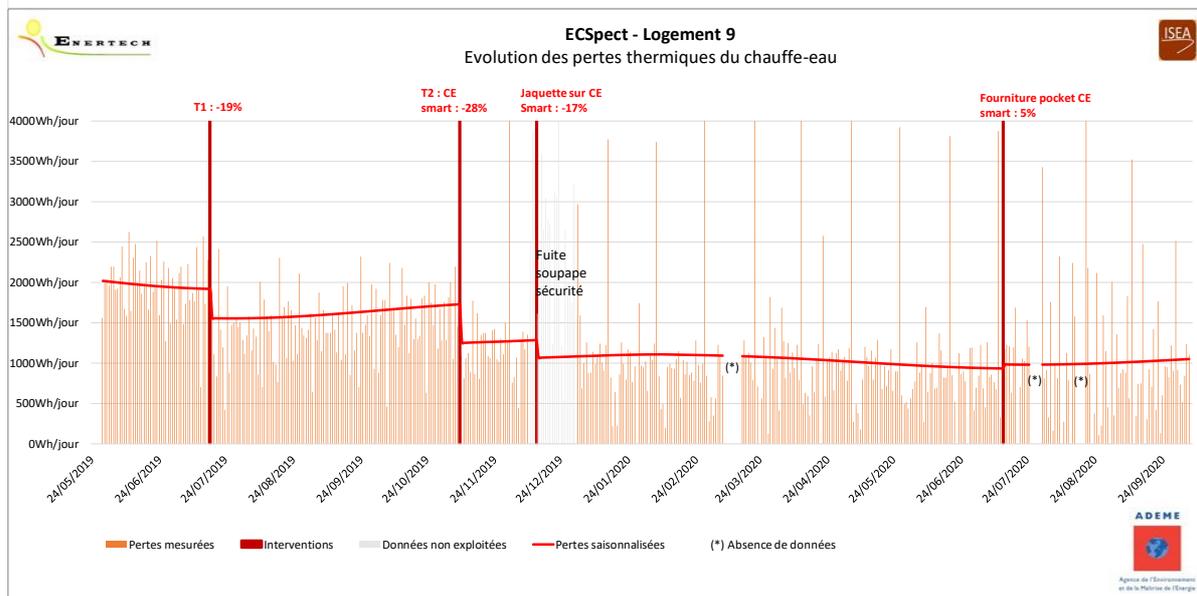
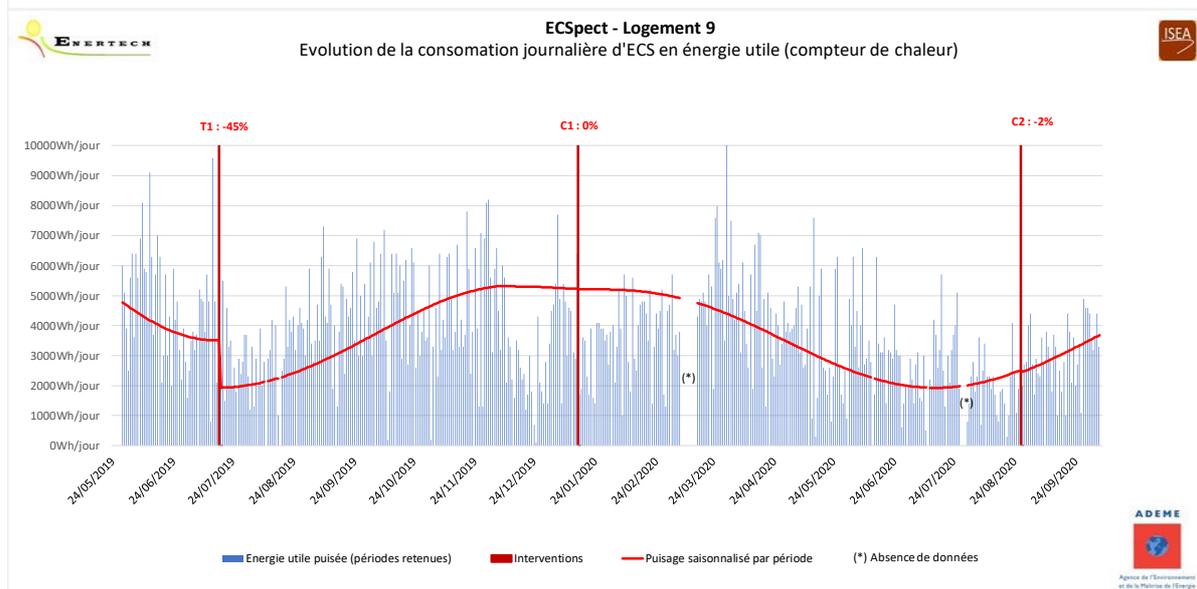
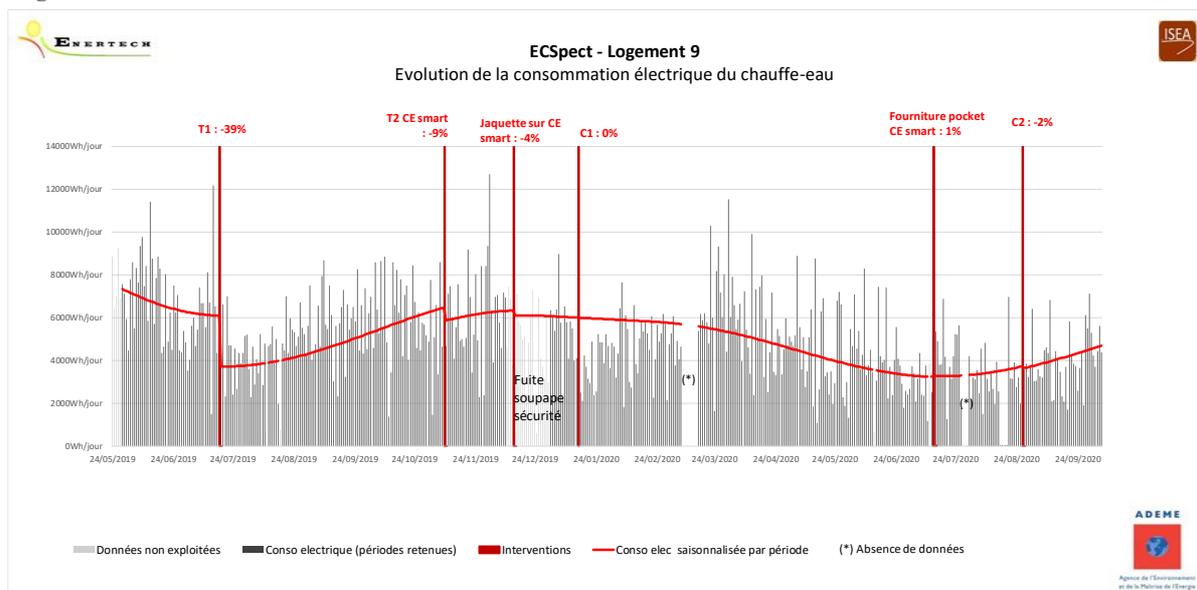
Logement 07



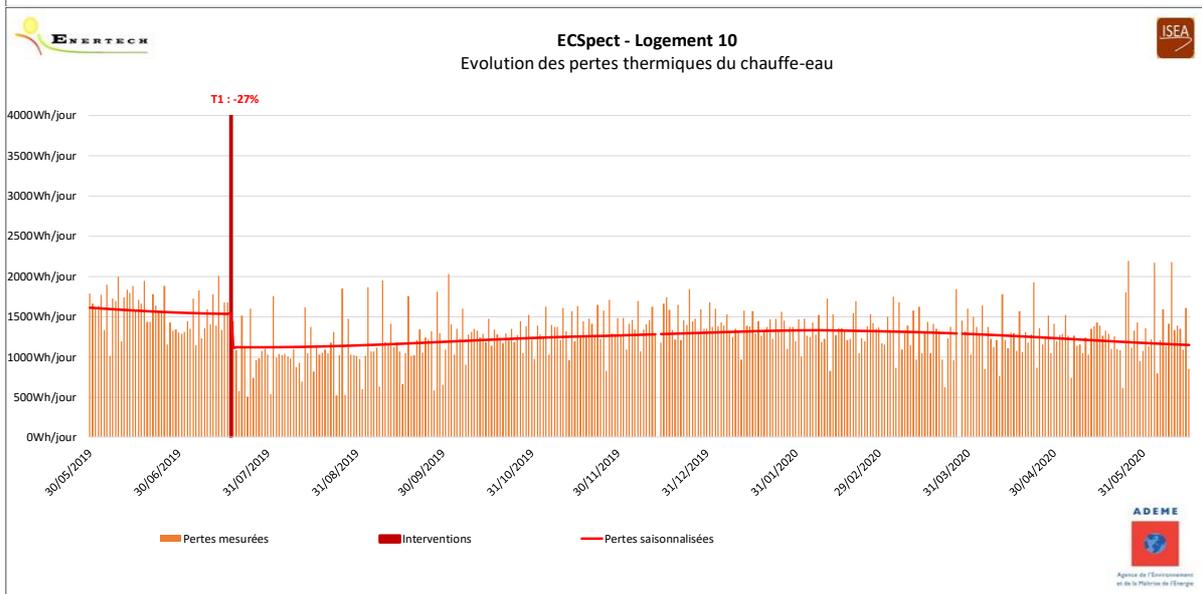
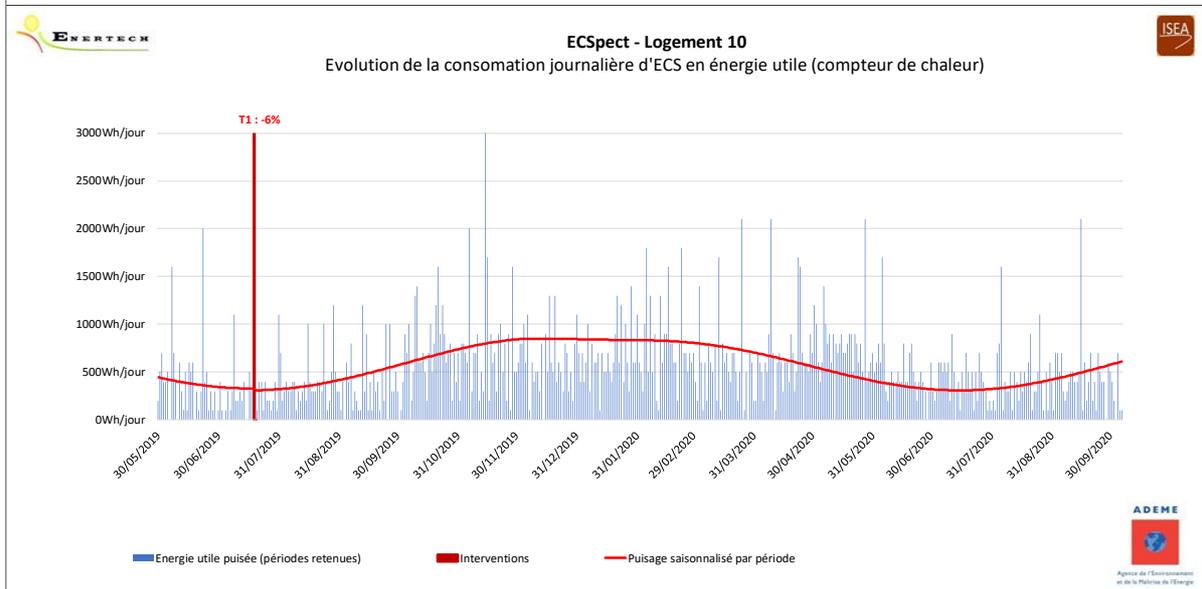
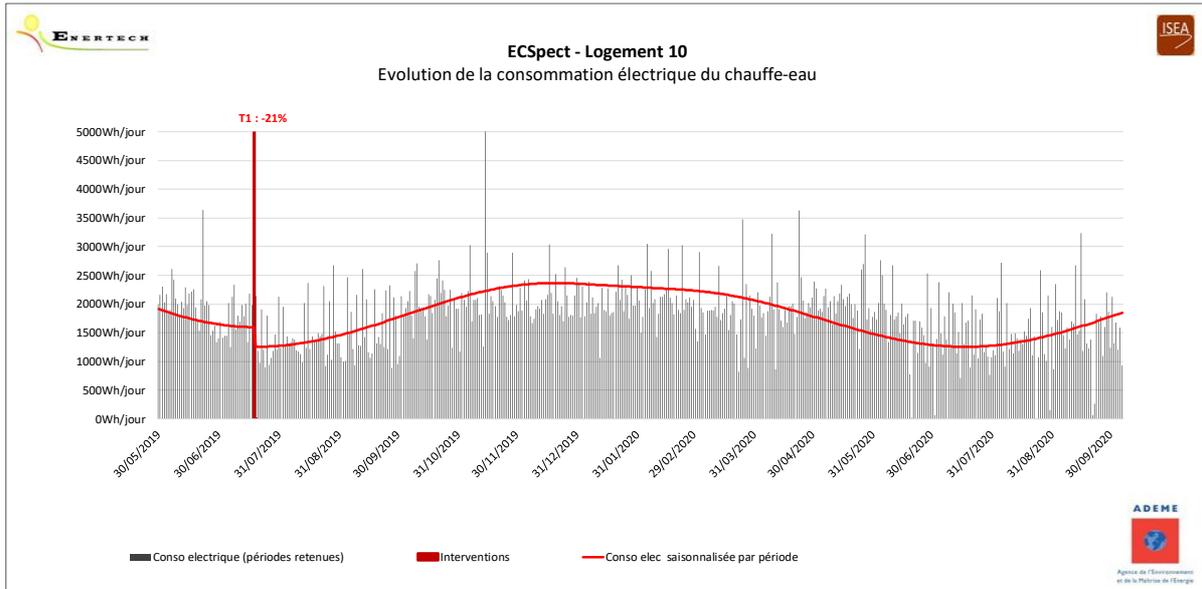
Logement 08



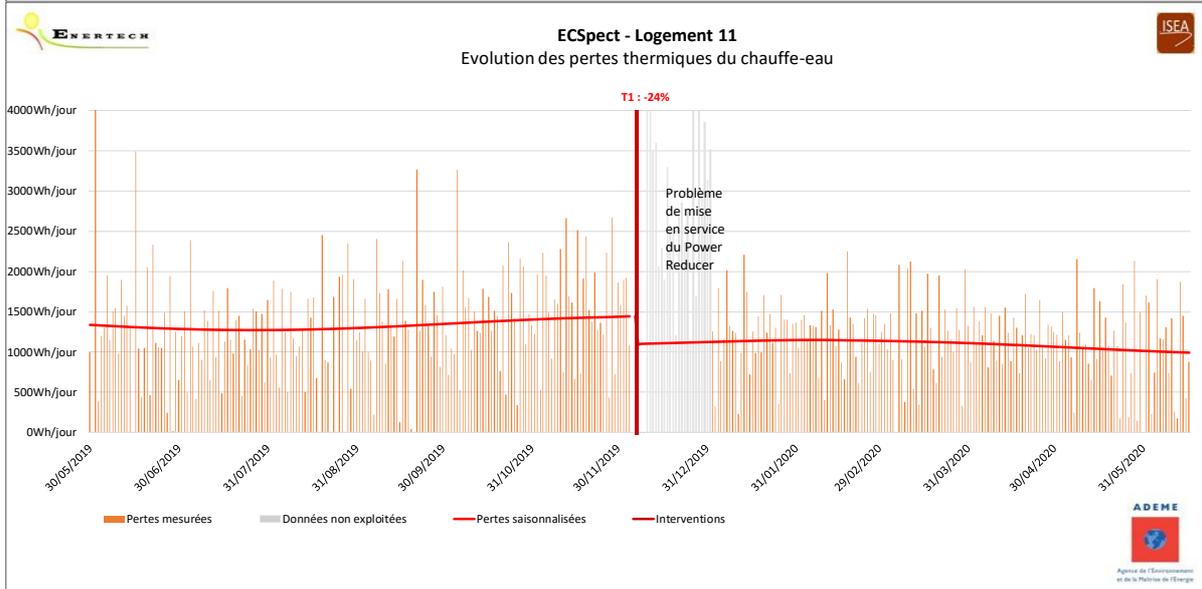
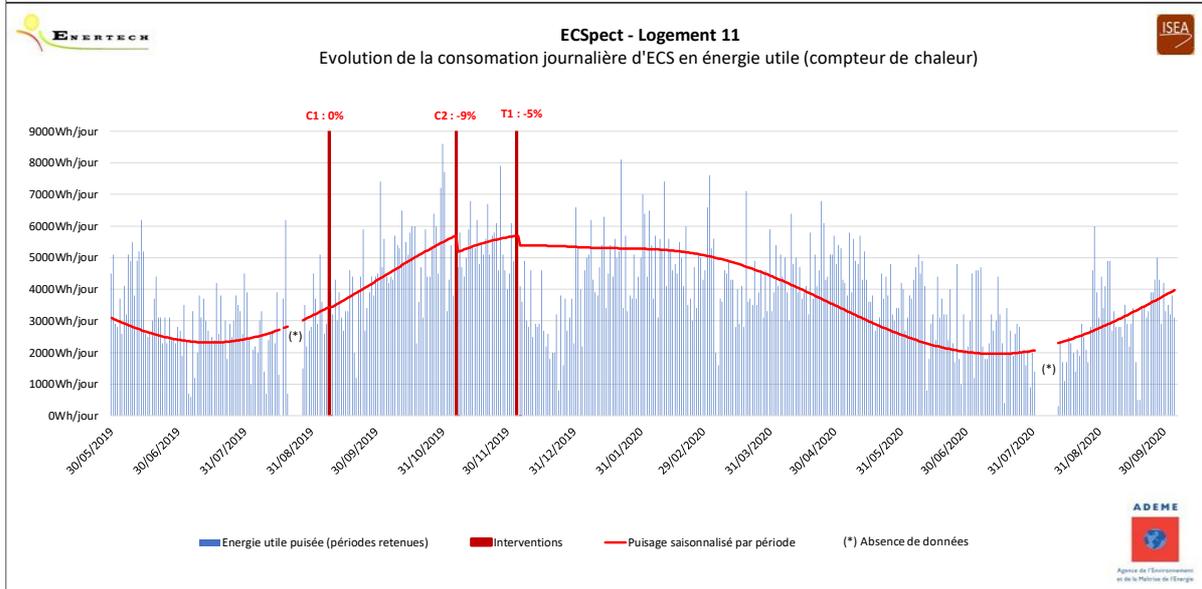
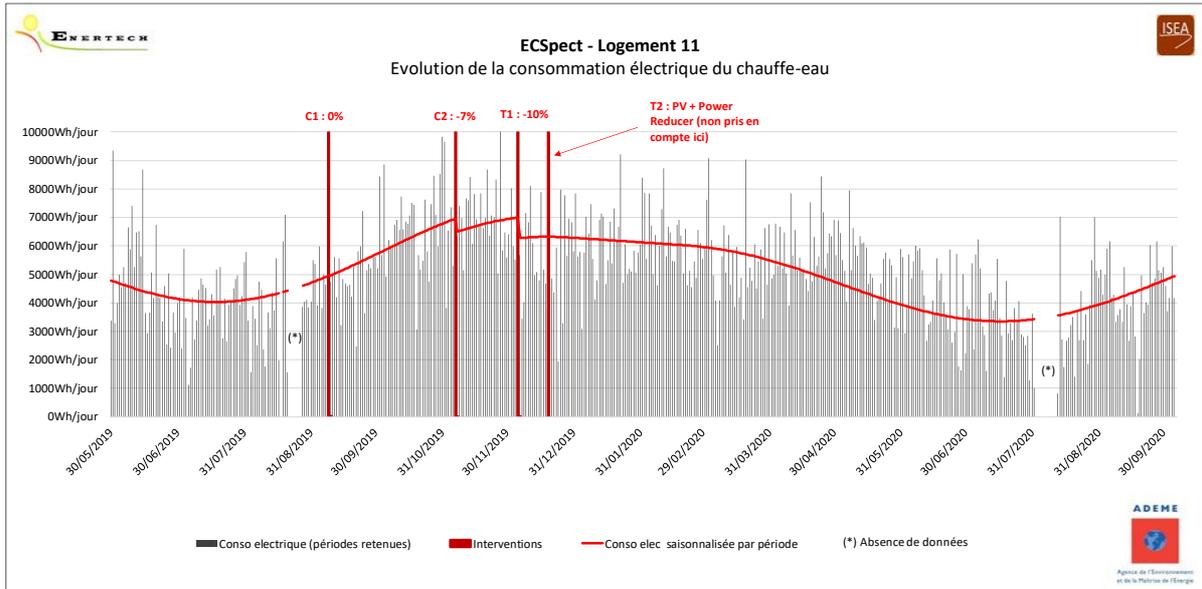
Logement 09



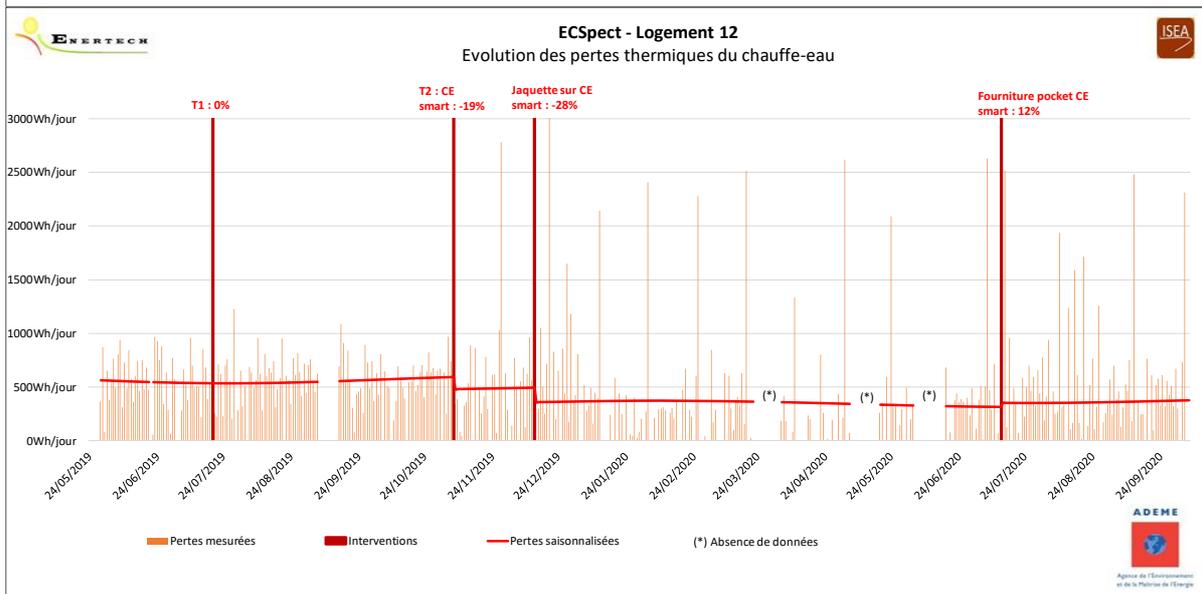
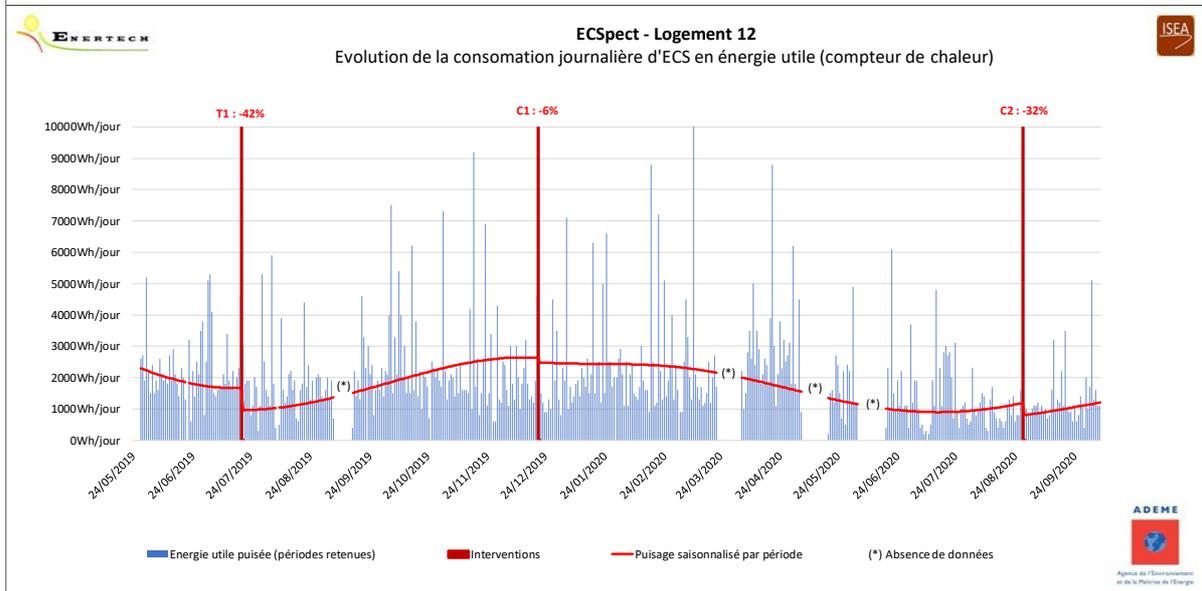
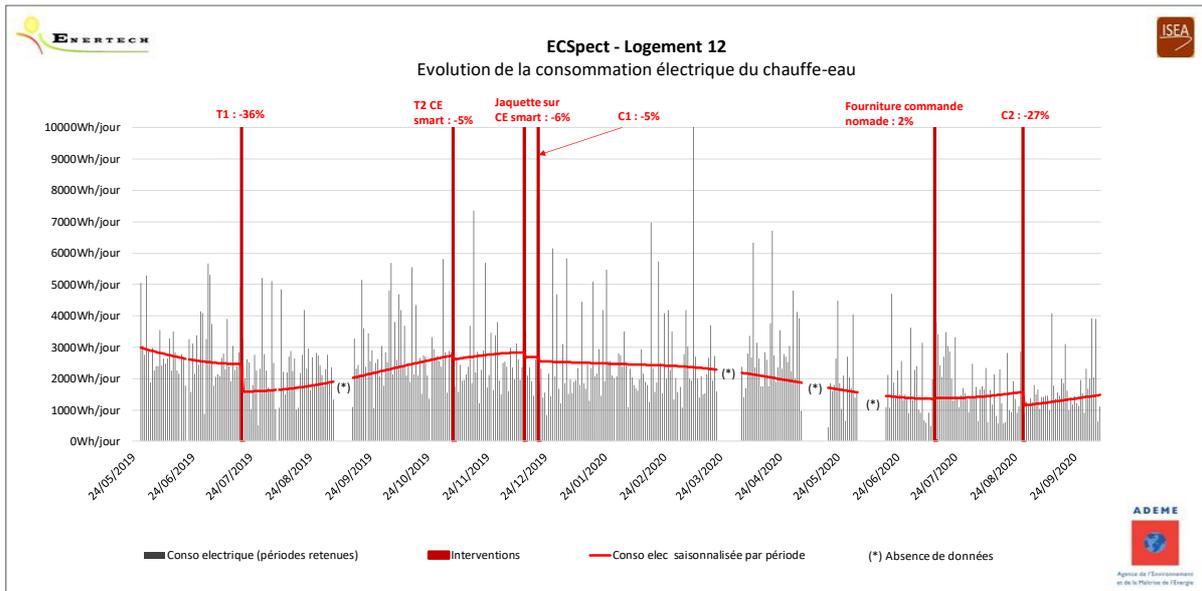
Logement 10



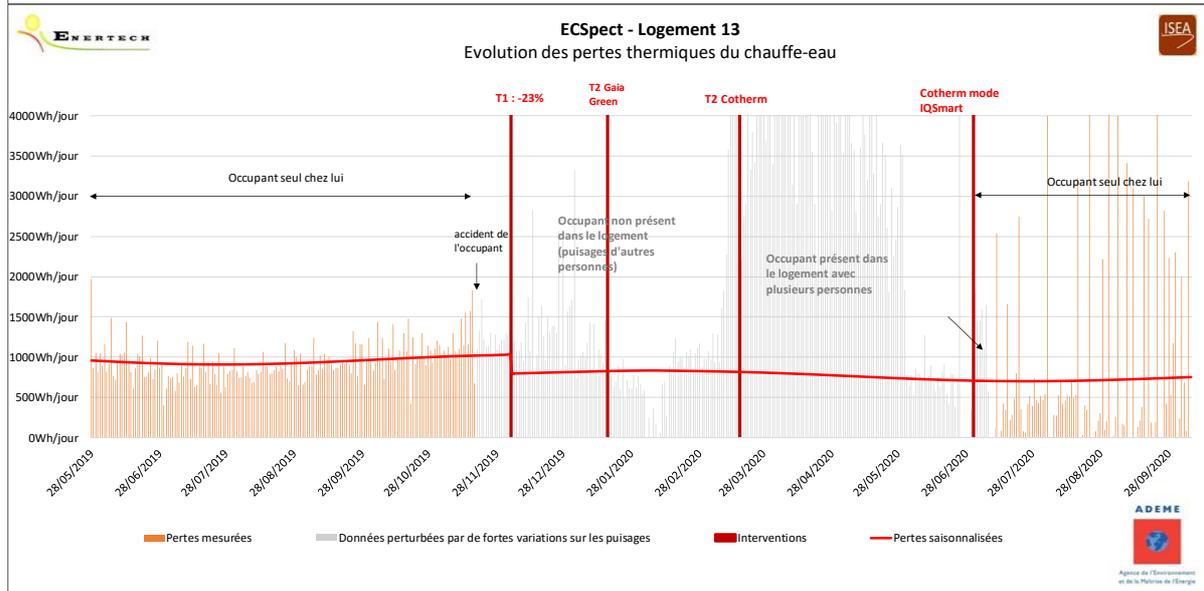
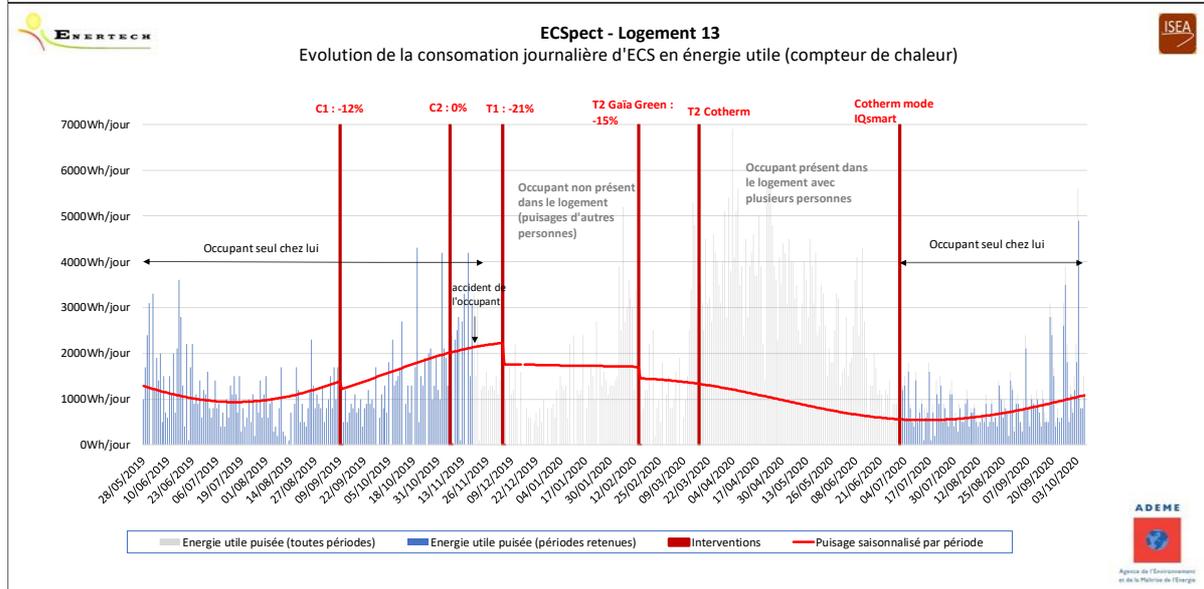
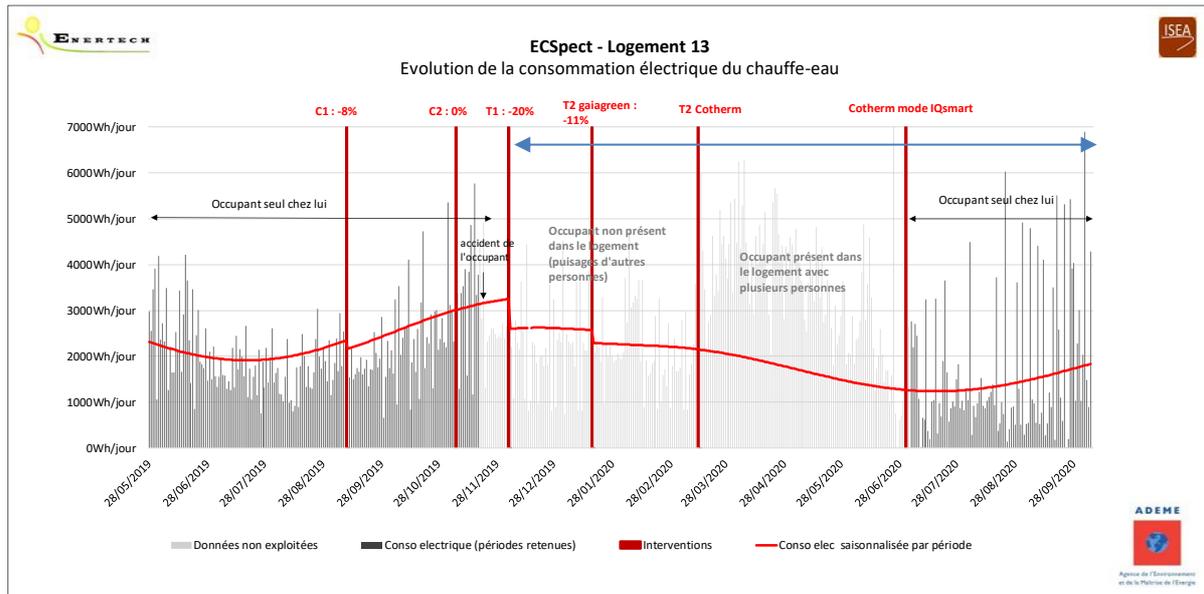
Logement 11



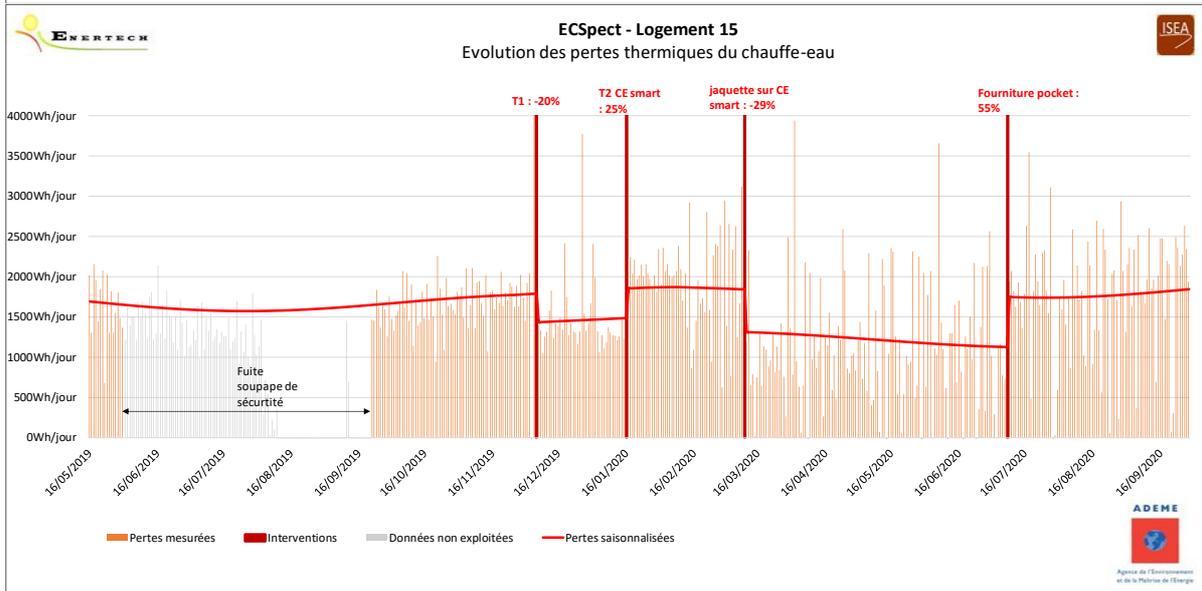
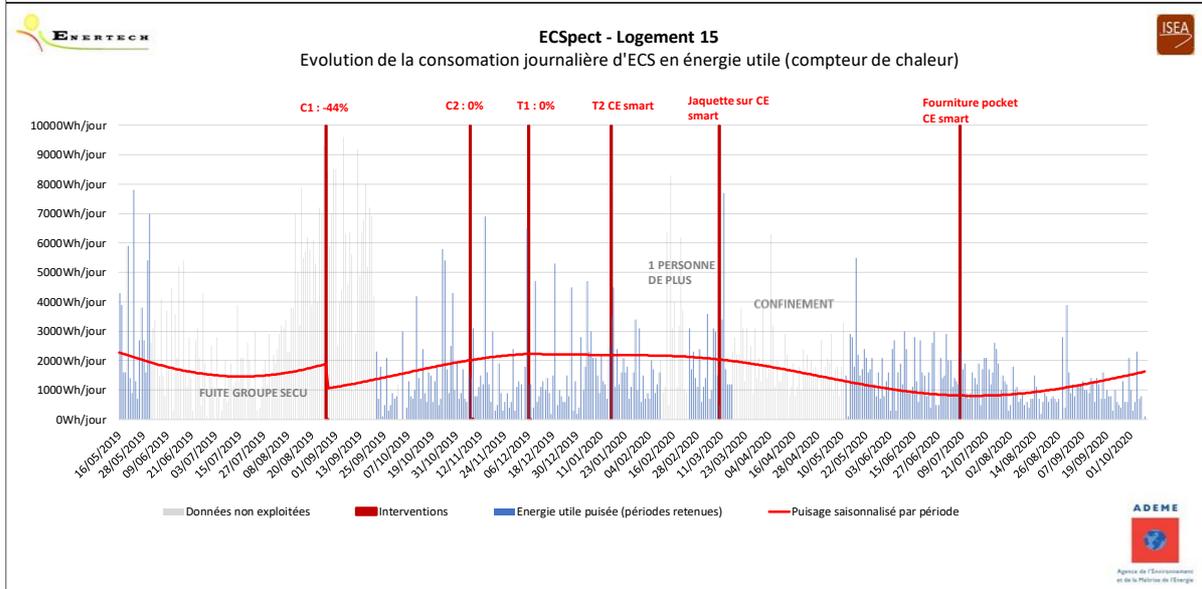
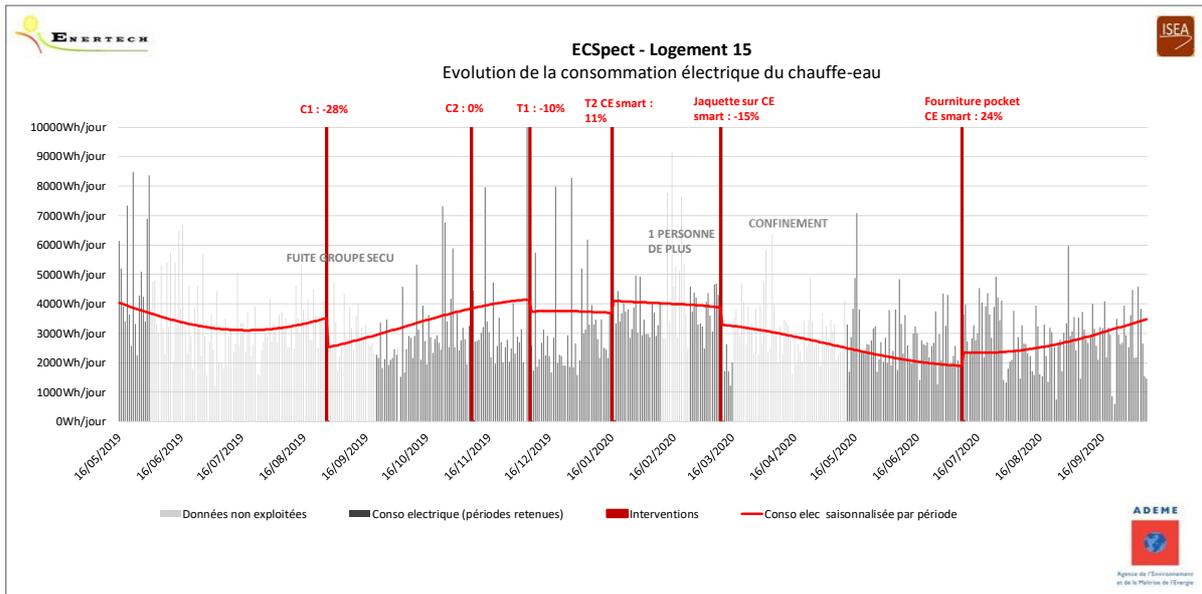
Logement 12



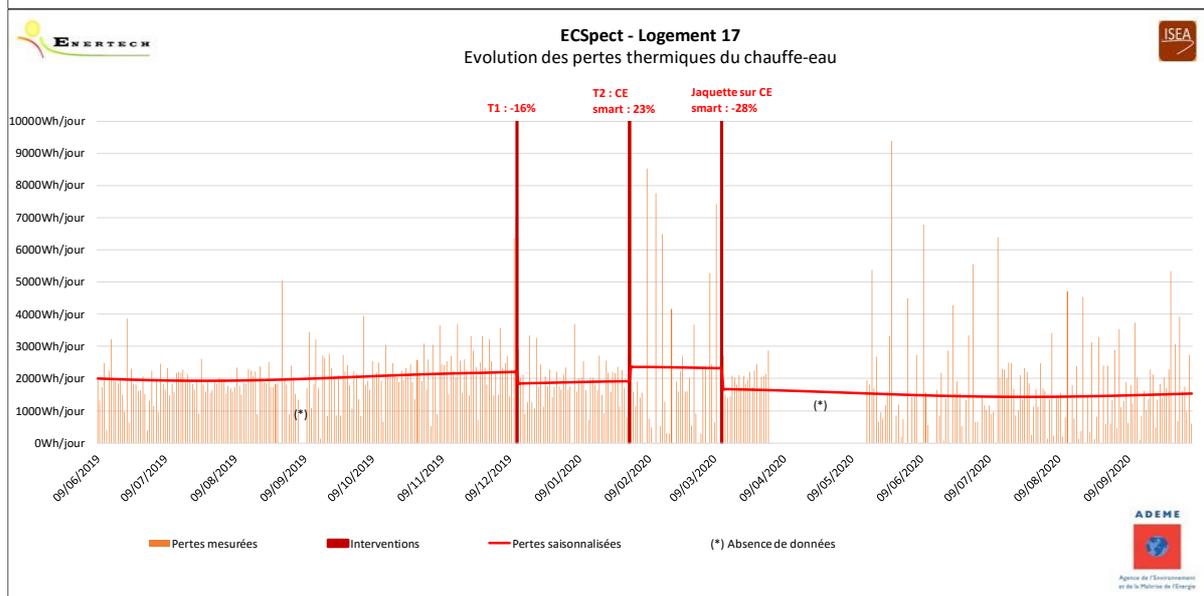
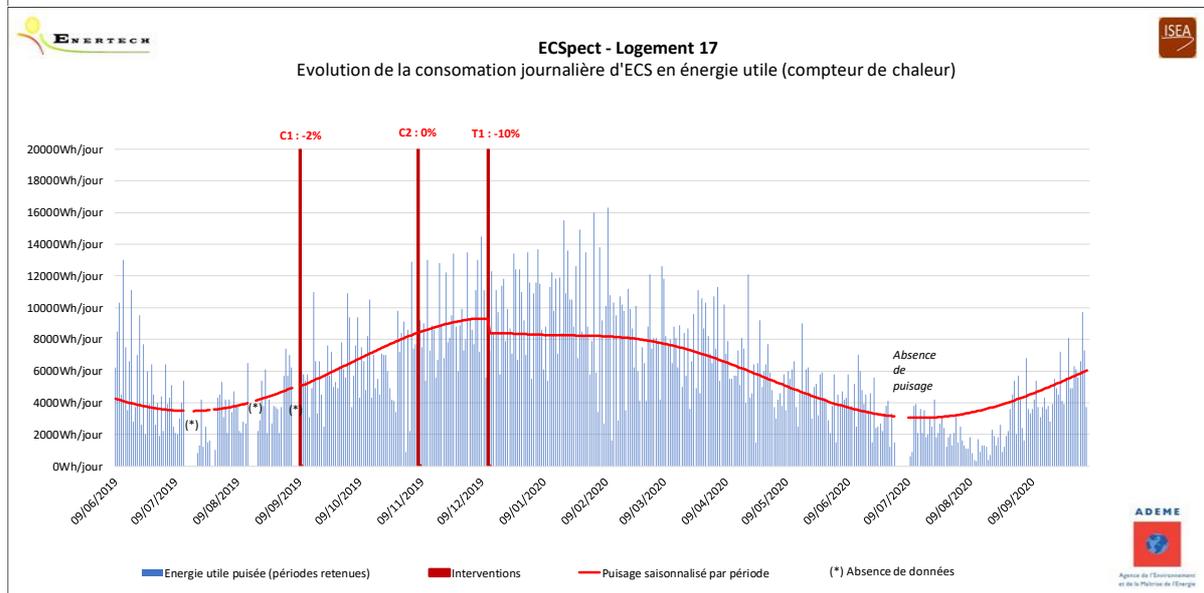
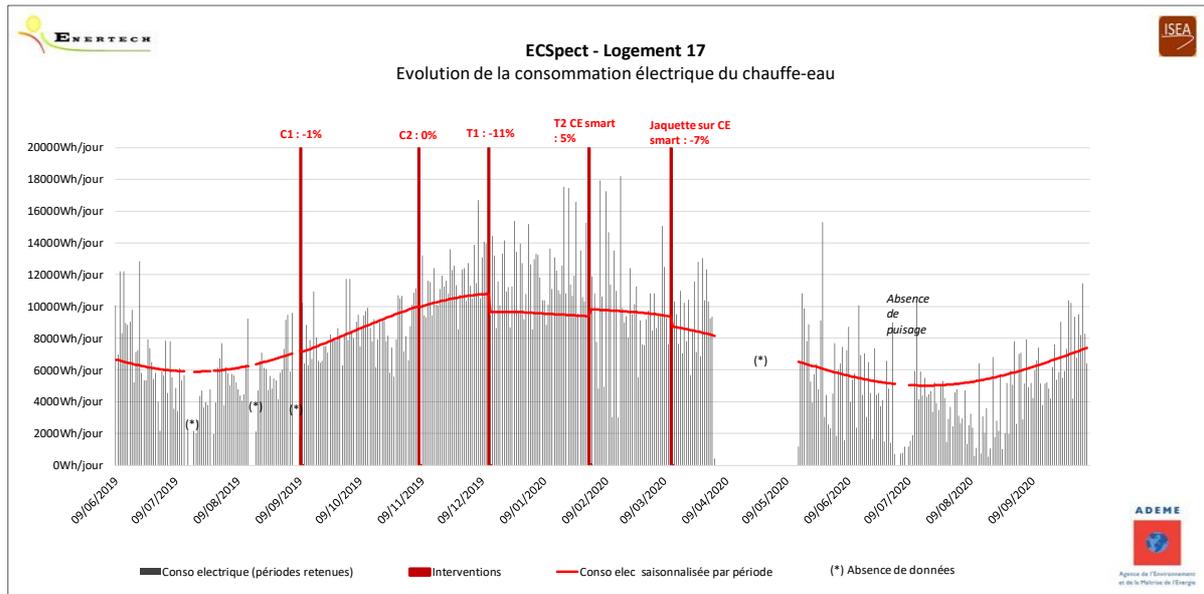
Logement 13



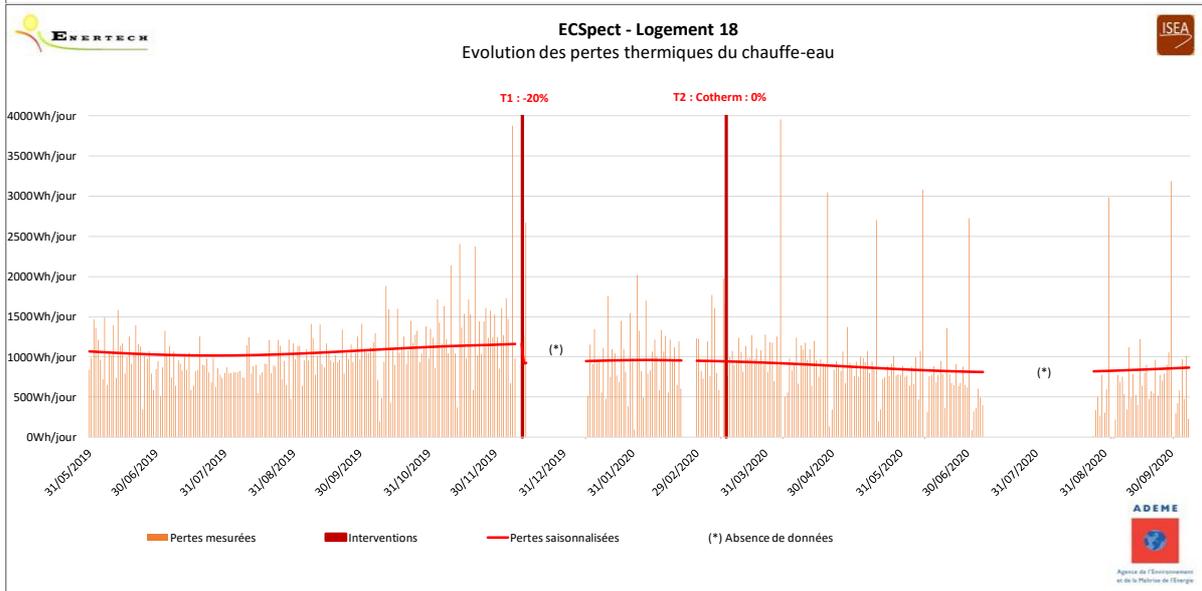
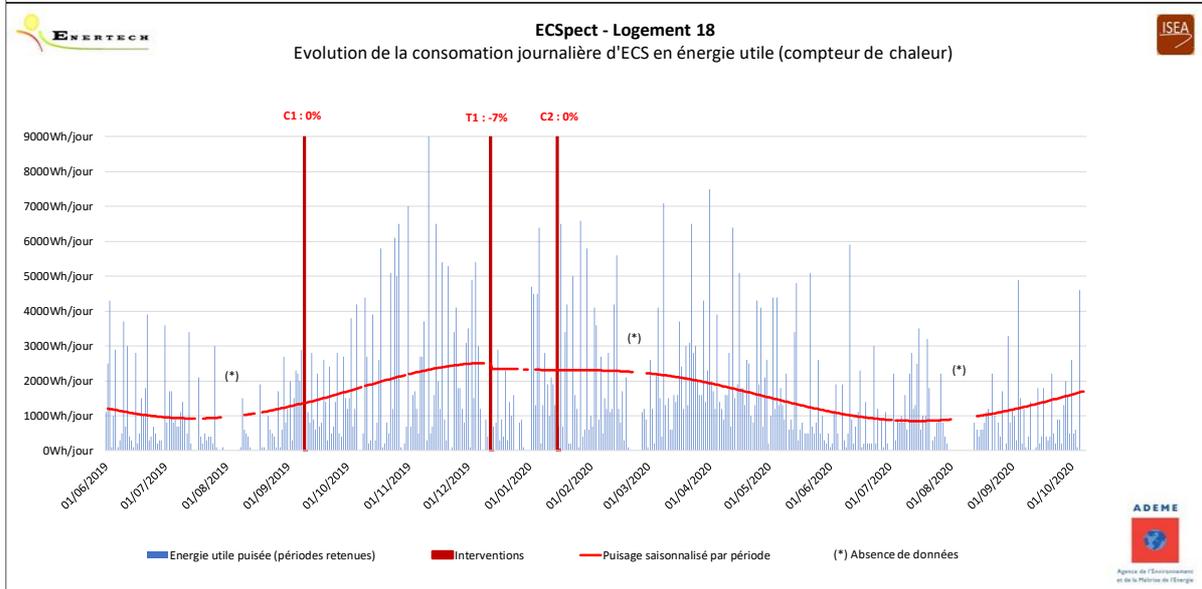
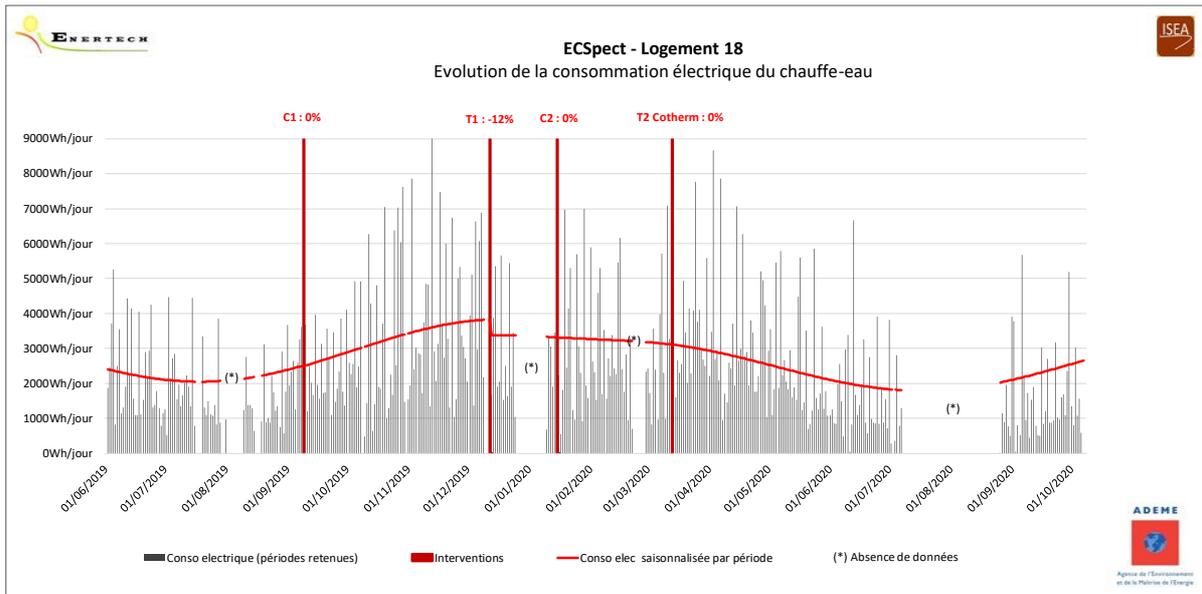
Logement 15



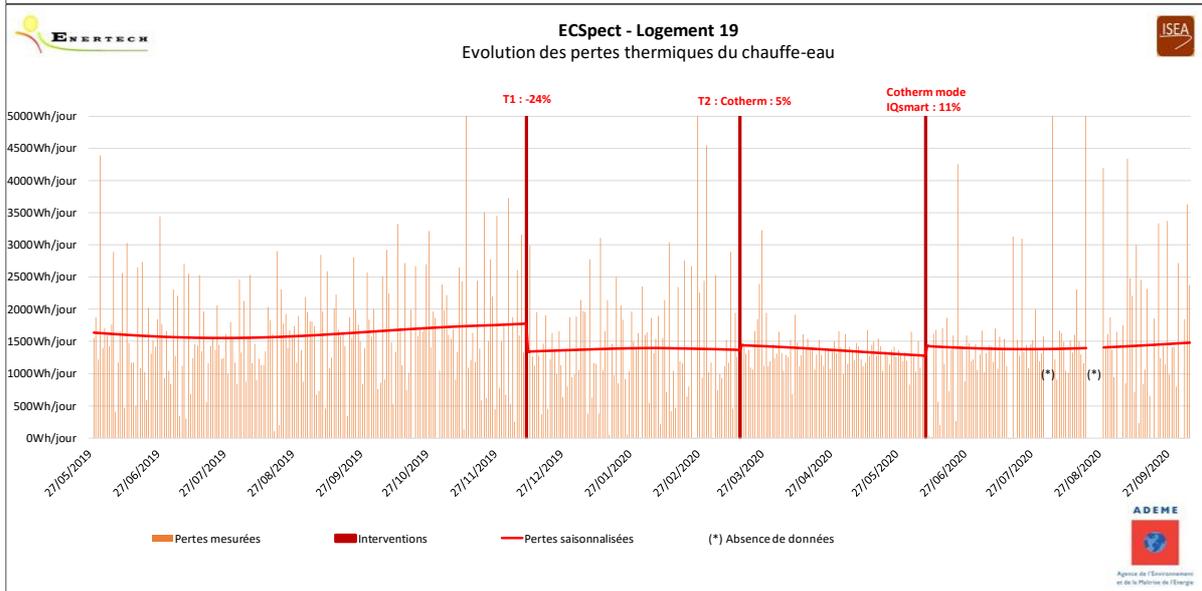
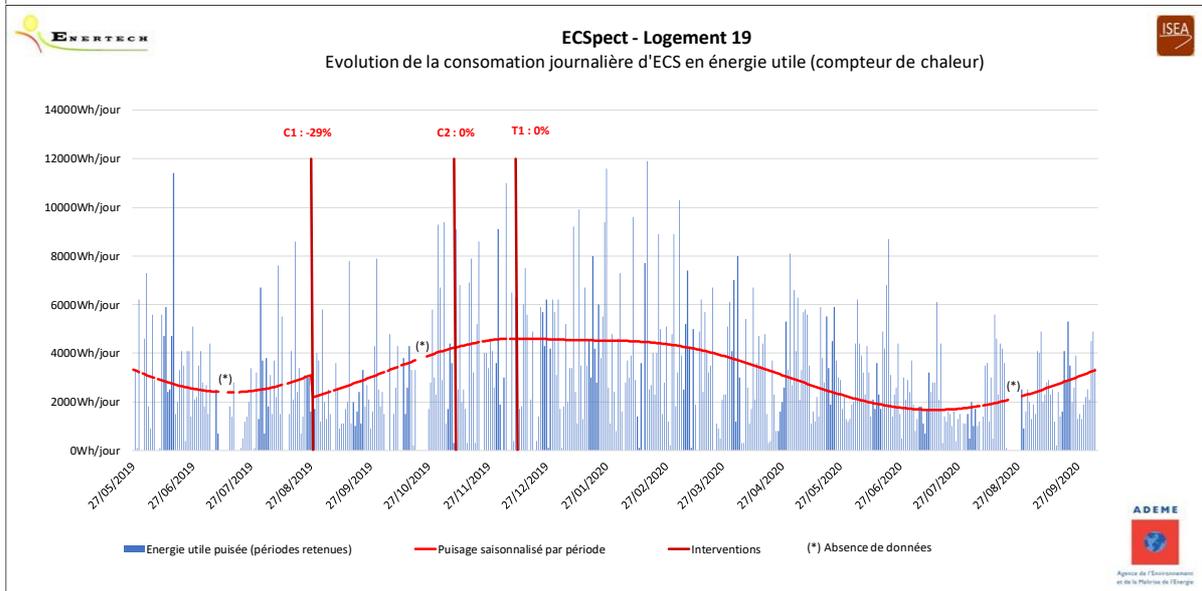
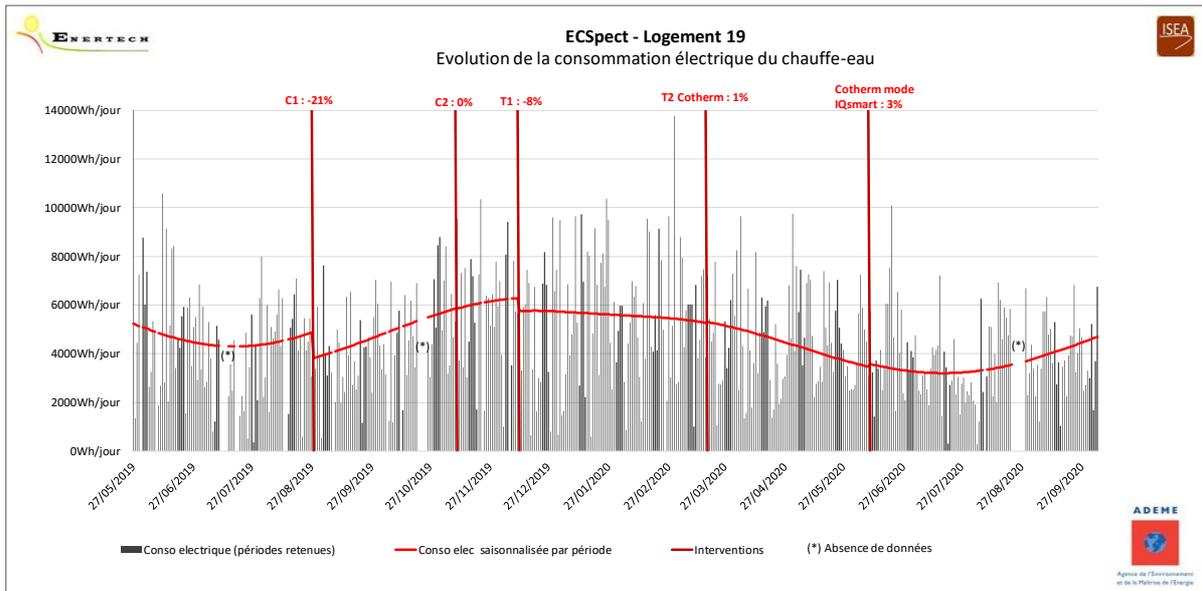
Logement 17



Logement 18



Logement 19



INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Données issues de la zone en pointillée du graphique en Figure 3.	11
Tableau 2 : Exemple de post-processing des puisages avec les températures EF, ECS et ambiances associées.	12
Tableau 3 : Estimation possible de la répartition des consommations d'ECS aux points de puisage. (*) Estimation réalisée sur la base des déclarations des occupants sur le nombre de bains et de douches (hypothèses de 120L par bain, 5min par douche) avec un ajustement sur la répartition éviers/lavabos pour recouper le gain réel mesuré.	51
Tableau 4 : Configurations des chauffe-eaux et gains mesurés par mise en place des jaquettes.	52
Tableau 5 : Synthèse générale des principaux résultats techniques et comportementaux de l'étude ECSpect. Les kWh/TWh correspondent à de l'énergie finale électrique.	68
Tableau 6 – Actions menées dans le cadre d'ECSpect suivant 7 modes d'accompagnement inspirés de Prochaska et DiClemente.	78
Tableau 7 - Liste des actions (notées Ax), de leur contenu et mode d'administration.	82
Tableau 8 - Description des ménages participants - variables sociodémographiques, consommation, logement et autres.	85
Tableau 9 - Les représentations liés à l'ECS.	88
Tableau 10 - Observations et conclusions concernant le pommeau Hydrao - entretiens spécifiques.	93
Tableau 11 - Observations et conclusions concernant le thermostat connecté Cotherm - entretiens spécifiques.	95
Tableau 12 - Observations et conclusions concernant le chauffe-eau Vizengo (Atlantic) - entretiens spécifiques.	96
Tableau 13 – La liste des gestes économes proposés.	104
Tableau 14 - Relations entre le nombre de gestes réalisés, testés et ancrés (corrélations bivariées de Spearman).	105
Tableau 15 - Nombre de nouveaux gestes expérimentés et ancrés pendant le programme (sur les 25 gestes proposés).	105
Tableau 16 - Ratios liant les gestes déjà réalisés, expérimentés et intégrés.	106
Tableau 17 - Evolution du nombre de gestes expérimentés et ancrés dans les habitudes - comparaison de moyenne entre groupes A et B.	106
Tableau 18 - Liste des gestes économes déjà pratiqués, expérimentés au cours du programme et ancrés après nos interventions.	107
Tableau 19 - Fréquence des actions de nature technique réalisées par les participants suite à nos interventions (questionnaire final A6).	108
Tableau 20 – Pour chaque nouveau geste proposé : score d'effort perçu / fréquence d'adoption initiale, pendant le programme et d'ancrage (échantillon total).	111
Tableau 21 - Nombre de gestes pour lesquels l'effort perçu a baissé entre la dernière et première étape du programme.	113
Tableau 22 - Evolution de l'effort perçu - Score moyen tous gestes confondus [1,3].	113
Tableau 23 - Evolution de l'effort perçu au cours du protocole (score entre 1 et 3) - comparaison de moyenne entre groupes A et B.	114
Tableau 24 - Impact des interventions C1 et C2 sur la perception d'effort à réaliser les gestes économes - comparaison entre groupes.	114
Tableau 25 - Différence d'effort perçu selon si le participant pense ou pas faire déjà attention à sa consommation d'ECS (sobriété).	115
Tableau 26 – L'efficacité estimée de chaque geste économe proposé en terme de consommation d'électricité.	126
Tableau 27 - Récapitulatif des gains obtenus dans ECSpect - calculs Enertech.	128
Tableau 28 - Corrélations entre la consommation électrique et le profil sociodémographique du participant /spécificités du ménage.	131
Tableau 29 - Corrélations entre la consommation électrique et le profil technique et énergétique du participant.	131
Tableau 30 - Corrélations entre la consommation électrique et la perception de contrôle sur le changement de pratiques.	131
Tableau 31 - Corrélations entre la consommation électrique et le degré d'appropriation de l'ECS.	132
Tableau 32 - Corrélations entre la consommation électrique et la perception de résultat / bénéfice.	132
Tableau 33 - Corrélations entre la consommation électrique et les normes sociales liées à l'usage de l'ECS.	133
Tableau 34 - Quelles variables permettent d'expliquer / prédire la réduction de consommation d'électricité ?.	134
Tableau 35 – Quelles variables permettent d'expliquer / prédire la réduction de l'énergie puisée ?.	134
Tableau 36 - Le bilan des participants quant au projet et à leur implication - questionnaire final (A6).	135
Tableau 37 – Trois suites à donner au projet ECSpect – recommandations d'actions et d'études.	142
Figure 1 - Frise chronologique des actions et interventions.	8
Figure 2 : Mise en œuvre du compteur de chaleur Multical 402 de Kamstrup.	10
Figure 3 : Evolution des températures en fonction des puisages (pas de temps 1 minute).	11
Figure 4 : Date de réalisation des états des lieux préliminaires dans les logements.	12
Figure 5 : Questionnaire ayant servi à l'élaboration des deux groupes définis dans le protocole.	13
Figure 6 : Ecart relatif entre les index de consommation énergie/ volume de la campagne de mesure chauffe-eau ADEME et de l'année qui a suivi.	13
Figure 7 : Répartition des logements au sein des deux groupes A et B. NB : Les numéros des logements correspondent bien à ceux qui ont été attribués aux logements lors de la campagne de mesure Chauffe-Eau ADEME.	14
Figure 8 : Contraintes techniques liées aux interventions T2.	14
Figure 9 : Protocole de test suivi dans les logements.	15
Figure 10 : Impression d'écran d'un onglet (=un logement) du fichier de suivi.	16
Figure 10 : Emplacement initialement prévu pour l'installation PV du logement 11.	18
Figure 12 : Calendrier des principales interventions réalisées dans les logements.	19
Figure 13 : Calendrier de pose des dispositifs hydro-économes.	19
Figure 14 : Débits mesurés avant pose des dispositifs hydro-économes.	20
Figure 15 : Planning de mise en œuvre des pommeaux, de leur réducteur de débits et de leur code couleur.	21
Figure 16 : Débits mesurés avant pose des pommeaux (à gauche) et réduction relatives obtenues après pose (à droite).	21
Figure 17 : Application Hydrao et pommeau Aloé avec son réducteur de débit.	22
Figure 18 : Intervention C2 et réglages des codes couleurs de chaque pommeau.	22
Figure 19 : Chaînes et protocoles de communication du système HYDRAO.	23
Figure 20 : Paramétrage et reconnaissance de la Gateway.	23
Figure 21 : Visualisation de l'application smartphone Hydrao V1.	24
Figure 22 : Visualisation de l'application smartphone Hydrao V2.	24
Figure 23 : Protocole de traitement des données brutes Hydrao par Enertech.	25
Figure 24 : Tableau récapitulatif des informations relatives aux installations Hydrao dans les logements.	26
Figure 25 : Calendrier de pose des jaquettes isolantes dans les logements.	27

Figure 26 : Installation des jaquettes isolantes dans les logements.....	28
Figure 27 : Calendrier d'installation des thermostats électroniques Cotherm.....	29
Figure 28 : Logements éligibles au thermostat connecté Cotherm et logements choisis.	30
Figure 29 : Installations des thermostats électroniques connectés Cotherm.	30
Figure 30 : chaînes et protocoles de communication du thermostat COTHERM.	31
Figure 31 : Impressions d'écrans des réglages effectués sur les différents thermostats.	31
Figure 32 : Calendrier des changements de modes de fonctionnement.	31
Figure 33 : Courrier explicatif concernant l'application Cotherm.	32
Figure 34 : Calendrier de mise en place des chauffe-eaux smart puis d'ajout des jaquettes isolantes après quelques semaines.	32
Figure 35 : molette de réglage en façade des VIZENGO	33
Figure 36 : schéma de principe du pilotage HC/HP	33
Figure 37 : Illustration des modes et pictogrammes de la télécommande nomade.	33
Figure 38 : Installation des chauffe-eaux smart Vizengo dans les logements puis remise en place de la jaquette isolante après quelques semaines.	34
Figure 39 : Calendrier de pose du système de récupération de chaleur Gaïa Green.	35
Figure 40 : Installation du récupérateur Gaïa Green et d'un compteur de chaleur supplémentaire dans le logement 13.	35
Figure 41 : Efficacités de récupération théoriques en fonction des longueurs et types de montages hydrauliques.	36
Figure 42 : Trois types de branchements hydrauliques possibles.	36
Figure 43 : Calendrier de pose de l'installation photovoltaïque et du système Power Reducer avec supervision Helios4you.....	37
Figure 44 : Simulation du potentiel de production PV par Helioscop.	37
Figure 45 : Illustration du fonctionnement du système Power Reducer / Helios4you.	38
Figure 46 : Evolution de la température de stockage ECS avec le réglage initial (boost 3h/j) : le maintien en chauffe n'était plus assuré.	38
Figure 47 : Programmation BOOST à l'installation.	39
Figure 48 : (Re)programmation BOOST.....	39
Figure 49 : Métrologie ajoutée dans le tableau électrique du logement par Enertech et plateforme de supervision Elios4you.	40
Figure 50 : Consommation électrique du chauffe-eau du logement 10.	41
Figure 51 : Illustration de la méthode de traitement permettant de définir le gain énergétique de chaque action.	42
Figure 52 : Coefficients de saisonnalités utilisés pour moyenner les mesures entre chaque phase d'intervention ECSpect. Ces coefficients sont tirés de la campagne Chauffe-eau ADEME réalisée par ENERTECH.....	43
Figure 53 : Synthèse des consommations électriques avant/après action avec discrimination puisages/pertes.....	44
Figure 54 : Synthèse des gains absolus et relatifs obtenus sur l'énergie utile et les pertes statiques.....	44
Figure 55 : Synthèse des consommations électriques avant/après actions et des gains par type d'action.	45
Figure 56 : Structure des gains réalisés sur la consommation électrique totale des chauffe-eaux.....	45
Figure 57 : Synthèse de l'énergie utile puisée avant/après actions et des gains par type d'action.	46
Figure 58 : Structure des gains réalisés sur l'énergie utile puisée sur les chauffe-eaux.....	46
Figure 59 : Synthèse des pertes statiques des chauffe-eaux avant/après actions et des gains par type d'action.	47
Figure 60 : Structure des gains réalisés sur les pertes statiques des chauffe-eaux.	48
Figure 61 : Gain obtenu par la mise en place des dispositifs hydro-économiques dans le logement 9.	49
Figure 62 : Volume d'ECS puisé à 38°C en fonction du nombre d'occupants avant actions (en haut) et après actions (en bas).....	50
Figure 63 : Estimation de l'importance des bains et des douches dans l'ECS puisée, à partir du croisement des questionnaires, de la connaissance du contexte des logements et des mesures réalisées sur la réduction de consommation d'ECS.....	51
Figure 64 : Gain obtenu par la mise en place d'une jaquette isolante dans le logement 9.	52
Figure 65 : Pertes statiques mesurées avant actions en fonction des capacités des chauffe-eaux.	53
Figure 66 : Pertes statiques mesurées avant action et divisées par la capacité de chauffe-eaux et l'écart entre consigne et ambiance moyenne.	53
Figure 67 : Gains absolus (kWh) obtenus sur les pertes statiques après pose des jaquettes.....	54
Figure 68 : Gains relatifs (%) obtenus sur les pertes statiques après pose des jaquettes.	54
Figure 69 : V40 disponible compte tenu des consignes de stockage, et V40 mesurés.	55
Figure 70 : Simulation d'un réglage de la consigne à 52°C chez tous les participants.	56
Figure 71 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 1.....	57
Figure 72 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 7.....	57
Figure 73 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 13.....	57
Figure 74 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 18.....	58
Figure 75 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 19.....	58
Figure 76 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 9.....	59
Figure 77 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 12.....	59
Figure 78 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 15.....	60
Figure 79 : Profil de la température maximale journalière en sortie de chauffe-eau dans le log 17.....	60
Figure 80 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une semaine type du mois d'avril. On distingue les puisages à destination de la douche qui préchauffent l'eau froide, des autres puisages.....	61
Figure 81 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une douche type du mois de février.....	62
Figure 82 : Températures eau froide, sortie récupérateur et sortie chauffe-eau durant une douche type du mois d'août.....	62
Figure 83 : Bilan thermique mensuel de l'énergie utile puisée.....	63
Figure 84 : Bilan thermique extrapolé de l'ensemble du système chauffe-eau + récupérateur.	63
Figure 85 : Augmentation des installations PV en autoconsommation dans le résidentiel.	64
Figure 86 : Bilan des consommations réseaux/PV à l'issue des mesures (log 11).....	65
Figure 87 : Bilan de la production solaire de 1.8kWe à l'issue des mesures (log 11).....	65
Figure 88 : Courbes de charges horaires moyennes de l'installation sur la période de mesure.....	66
Figure 89 – Etapes du changement chez Kübler-Ross (1969).....	72
Figure 90 - Etapes du changement individuel et d'actions à mener - cas de l'ECS - Inspiré du modèle de Prochaska & DiClemente (1984).....	72
Figure 91 - Des croyances au comportement : le modèle TPB appliqué au cas du changement de pratiques liées à l'ECS.....	74
Figure 92 - Echelle d'implication et d'appropriation - inspirée de l'échelle de participation citoyenne d'Arnstein (1969).....	77
Figure 93 - Le croisement des méthodes expérimentales intra et inter-groupes dans notre protocole.....	81
Figure 94 – Le matériel de suivi et de mesure proposés.....	83
Figure 95 - Niveau moyen d'appropriation à diverses étapes (échelle 10 points) - échantillon total (N=13) et comparaison par groupe.....	89



Figure 96 – En quelle mesure le sujet de l'ECS est clair aux diverses étapes (échelle 10 points) – score moyen sur l'échantillon total (N=13 – graph de gauche) et comparaison par groupe (figure de droite)	89
Figure 97 - Evolution de la compréhension globale du fonctionnement de l'ECS pour le groupe A et B (points de mesure non équivalents). 90	
Figure 98 - Le fonctionnement du chauffe-eau est-il compris aux diverses étapes (échelle 10 points) - échantillon total (N=13) et comparaison par groupe	90
Figure 99 - L'ECS est-elle plutôt du domaine technique (10) ou humain (1) ? Comparaison de la perception entre groupes en A1 et A6	91
Figure 100 - Les participants réalisent-ils davantage d'actions de suivi/manipulation techniques entre A1 et A6 dans les deux groupes	92
Figure 101 - Nombre de ménages qui manipulent le matériel laissé pour expérimenter (échantillon total) et en comparant les groupes	92
Figure 102 - Appropriation du pommeau Hydrao et degré d'intention de manipuler le matériel (dont l'application smartphone Hydrao)	93
Figure 103 - Le changement de pratique liée à l'ECS est-il facile ou difficile ? Echantillon total et par groupe (échelle 10 points : 1 difficile à 10 facile).....	99
Figure 104 - Difficulté perçue à maintenir de nouvelles pratiques expérimentées – recueil en A6 - comparaison par groupe - moyenne sur 10 (1 difficile - 10 facile).....	100
Figure 105 - Changer de pratiques, ou maintenir celles déjà expérimentées, ne dépend que du participant ? - moyenne sur 10 (1 Pas du tout - 10 Tout à fait) - échantillon total (N=13) (gauche) et comparaison entre groupes (droite).....	100
Figure 106 - Nombre de participants ayant la sensation d'avoir suffisamment d'information (gauche) et d'outils (droite) pour adapter leurs pratiques d'ECS - échantillon total (N=13 en A1 et A2 / N=12 en A6).....	101
Figure 107 – Score moyen de participants ayant la sensation d'avoir suffisamment d'information (gauche) et d'outils (droite) pour adapter leurs pratiques d'ECS - comparaison entre groupes (moyenne entre 0 et 1).....	101
Figure 108 - Nombre de participants ayant la sensation d'avoir en tête la liste de nouveaux gestes proposés – somme sur l'échantillon total à gauche (N=13) et comparaison entre groupes (moyenne) à droite	102
Figure 109 - Proportion de nouveaux gestes et gestes ancrés (maintenus)	106
Figure 110 - Les ménages qui adoptent et intègrent le plus de nouveaux gestes économes - caractéristiques des participants et de leur ménage	107
Figure 111 - Evolution de l'intérêt des participants pour les factures et indices de consommation	109
Figure 112 – Pour chaque geste, relation entre l'effort perçu et la fréquence avec laquelle il était déjà réalisé avant programme.....	109
Figure 113 – Pour chaque geste, relation entre l'effort perçu et la fréquence d'adoption en cours de programme (lien effort/action)	110
Figure 114 - Score d'effort perçu pour chaque geste économe proposé - 3 catégories de gestes se dégagent	111
Figure 115 - Pour chaque geste économe, comparaison entre la fréquence initiale de réalisation (<i>nombre de ménages qui réalisaient le geste avant programme</i>), la fréquence d'adoption (<i>nombre de ménages qui ont expérimenté le geste en cours de programme</i>) et la fréquence de maintien (<i>nombre qui ont maintenu le nouveau geste jusqu'à la fin du programme</i>) - diagramme	112
Figure 116 – Pour chaque geste économe, relation entre la fréquence initiale de réalisation, d'adoption <i>et</i> de maintien des gestes - courbes	112
Figure 117 - Différence d'effort perçu selon si le participant pense ou pas faire déjà attention à sa consommation d'ECS (sobriété).....	115
Figure 118 - La perception globale de contrôle sur le changement de pratiques (moyenne des diverses composantes) - comparaison entre groupes	115
Figure 119 – Score de motivation à changer de pratiques d'ECS - comparaison en C1 et A6 - tout échantillon (N=13) puis par groupe (0=non, 1=plutôt oui, 2=oui).....	116
Figure 120 – Les freins potentiels au changement de pratiques liées à l'ECS - fréquence de citation et évolution entre C1 et C2 (échantillon totale N=13).....	117
Figure 121 – Les freins potentiels au changement de pratiques liées à l'ECS – fréquence de citation et évolution entre C1 et C2 - comparaison entre groupes.....	118
Figure 122 - Les facteurs susceptible d'inciter le changement de pratiques liées à l'ECS – ensemble de l'échantillon (N=13)	120
Figure 123 - Les facteurs susceptible d'inciter le changement de pratiques liées à l'ECS – comparaison par groupe.....	120
Figure 124 - Les efforts produisent-ils des résultats concrets (gauche – en A6) et conformes aux attentes (centre - A6) ? (1 Pas du tout - 10 Tout à fait)	124
Figure 125 - Résultats des efforts (consommation) conformes aux attentes ?	124
Figure 126 - Sensation de bénéfice personnel à changer de pratiques liées à l'ECS - échantillon total (N=13 - gauche) et comparaison entre groupes (droite).....	125
Figure 127 - Les principaux bénéfices que les participants pensent retirer de leur participation au programme	125
Figure 128 - Relation entre la consommation d'ECS et le nombre d'occupants (cf. rapport Enertech).....	127
Figure 129 - Réduction des consommations électriques (gain total) en moyenne sur l'ensemble des interventions C et T (gauche) et en distinguant C1 et C2 (droite) - comparaison entre groupes	128
Figure 130 - Intention d'adopter de nouveaux gestes économes - moyenne sur tout l'échantillon	130
Figure 131 - Degré de satisfaction à participer au programme (1 = faible; 10=fort)	135
Figure 132- Gauche : consommation globale d'électricité spécifique (hors ECS et chauffage) selon le nombre d'occupants (extrait des données Enertech - 2021) / Droite : consommation globale d'ECS selon le nombre d'occupants (ECSpect)	137



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

<https://www.ademe.fr/>

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



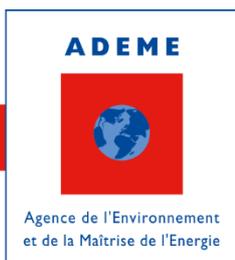
HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





EXPERTISES



www.ademe.fr

