

Synthèse du projet ECSPECT



Nicolas Andreau et Julien Spilemont (Enertech) – Dorian Litvine (ISEA)
Février 2022

1. Contexte, objectifs et méthodologie

L'eau chaude sanitaire (**notée ECS**) représente environ 35% des besoins d'eau du ménage et plus de 12% de la consommation d'énergie¹. Devant l'effacement progressif des consommations de chauffage, l'ECS devient un poste de consommation prépondérant et pèse de façon croissante sur la facture d'eau et d'énergie des ménages.

Parmi toutes les énergies, l'électricité est la première source de production d'ECS, couvrant 46% des logements en résidence principale. Avec un parc de plus de 15 millions d'unités, 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. Le CE devrait donc perdurer pendant un certain temps. Etant donné la place du CE dans la facture d'électricité (jusqu'à 50% - Panel Elecdom) ainsi que le potentiel d'économies de cet équipement, il semble à la fois important et utile de travailler à la maîtrise de la consommation d'ECS par les ménages équipés d'un CE, tant sur le plan technique que des pratiques de consommation.

Trois observations principales appuient cet objectif, 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.
- 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, et notamment 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.).

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 ECSPECT est double :

- 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 pratiques et gestes économes.

Le programme ECSPECT s'emploie à valoriser la métrologie en place, en retenant 13 des 20 sites dans lesquels la mesure sera poursuivie pendant 18 mois afin de mettre en œuvre l'ensemble des actions et d'en évaluer l'impact.

Concernant le volet sciences sociales et comportementales, ECSPECT a pour ambition :

- D'analyser les situations et mécanismes favorables au changement de pratiques liées à l'ECS auprès de 13 ménages ;
- D'identifier les déterminants de ce processus et notamment les freins et leviers à la réduction de la consommation ;
- De 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.

ECSPECT propose un programme de recherche expérimentale innovant en sciences sociales, comportementales et de l'ingénieur, qui croise intrinsèquement la dimension technique, humaine et sociale.

La force du programme ECSPECT réside dans la mise en œuvre d'un protocole expérimental composé d'une gamme de solutions et d'interventions sur les volets technique et comportemental (usage 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) installation/amélioration d'équipements et réseau ; (2) recueil de données (mesures par instrumentation, entretiens et questionnaires), (3) démarche participative (atelier) ; (4) accompagnement au changement (manipulation de matériel de mesure, dépassement des freins, etc.) et (5) expérimentation sous contrôle.

En effet, le programme repose sur un dispositif expérimental "en site naturel" (*field experiment*) dans lequel les participants sont partagés en deux groupes relativement similaires (groupe A et B) : dans le groupe A nous intervenons d'abord sur le plan comportemental (informer, sensibiliser, accompagner, etc.) puis technique (équipements, mesures, etc.), et dans le 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. L'intervention C1 se base sur des outils d'information et de sensibilisation, dans une approche d'éco-gestes renforcée. 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.

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/C et T1/T2), et enfin (3) sur l'ordre des interventions de nature technique et comportementale (groupe A et B).

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

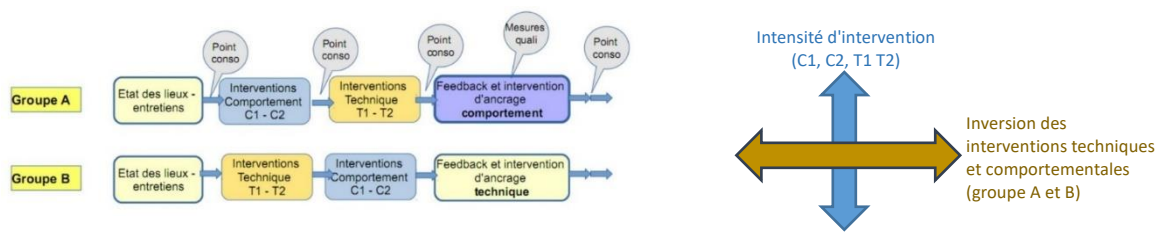


Figure 1 - Description du protocole de test appliqué dans les logements du projet ECSPECT.

L'étude se base sur divers critères de mesure quantitatifs et qualitatifs, dont la consommation d'électricité, l'énergie puisée, l'effort perçu à adopter un geste, le nombre et types de nouveaux gestes adoptés/maintenus ou encore l'appropriation du sujet. Ces critères sont évalués à travers divers dispositifs de recueil et de mesure mis en œuvre en croisant deux types de données expérimentales : (1) l'évolution des critères au sein d'un même ménage entre deux périodes ($\text{LogA}_{t1} \rightarrow \text{LogA}_{t2}$) (*intra-sujets*), (2) la comparaison des critères à un instant t entre groupes de ménages placés dans des contextes différents (*inter-sujets*). Ce dispositif est mené dans une démarche de panel, à savoir avec une récurrence des points de recueil et d'intervention à divers moments du protocole, afin d'observer l'évolution des critères évalués.

Tableau 1 – Détail des actions menées dans les logements (T1, T2, C1 et C2).

T1	<p>Dans tous les logements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. ($R=1.19 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$). La partie supérieure est constituée d'un chapeau de 100mm utilisant le même isolant. ▪ Dispositif hydro-économe pour évier/lavabo : Matériel ECOPERL, recharge Série AIR-T autorégulée 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. ▪ 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. 	
T2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thermostat électronique pilotable et connecté (5 logements) : Thermostat IQuaFlex programmable (Type iTS) de COTHERM. Ce produit, encore au stade de prototype et plutôt destiné au marché du neuf, doit permettre de piloter finement 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. ▪ Chauffe-eaux smart (4 logements) : le choix du chauffe-eau smart s'est arrêté sur le VIZENGO du fabricant ATLANTIC plutôt que sur le LINEO, notamment pour ne pas modifier les capacités de stockage des installations. 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 ont été prises en compte dans le choix des logements. ▪ Système de récupération de chaleur (1 logement) : Le système LaDouche n'a finalement pas été retenu, car le produit (dénommé aujourd'hui « Gecko ») est encore en développement. Notre choix s'est donc porté sur l'installation d'un système de récupération gravitaire GAIAGREEN. Une configuration adéquate était nécessaire pour la mise en place de ce système (évacuation de douche accessible au niveau inférieur). • Système d'autoconsommation photovoltaïque (1 logement) : Mise en place d'une installation photovoltaïque avec système d'autoproduction ELIOS4YOU / POWER REDUCER. Ce système permet l'injection de l'énergie photovoltaïque excédentaire (non consommée par le logement) dans le chauffe-eau au fil du soleil. L'appel de puissance du chauffe-eau est donc modulé de manière à absorber exactement l'énergie disponible. Un système de supervision permet de connaître l'énergie autoconsommée et l'énergie éventuellement injectée sur le réseau. 	
C1	<p>Actions d'information et de sensibilisation : 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</p>	
C2	<p>Actions d'accompagnement au changement qui implique davantage le participant dans le processus : s'exprimer sur son expérience de nouveaux gestes; manipuler un matériel de mesure pour prendre conscience de sa consommation et de ses pratiques par l'expérientiel; activer le pommeau Hydrao (fixer des temps de douche - seuils de couleur); visualiser et discuter de la consommation d'ECS du ménage (évolution dans le temps et comparaison avec des ménages équivalents dans le programme); identifier des usages où des efforts sont réalistes; observer l'impact de changements de pratiques sur la facture (simulation) et définition d'objectifs.</p>	

Plusieurs outils ont été créés dans le cadre du projet : (1) Un kit de mesure (bloc note, thermomètre, débitmètre, etc.); (2) Un fascicule d'information sur les pratiques économes; (3) un tableau des gestes économes et effort associé; (4) Un tableau "signalétique", de suivi de chaque ménage (points de puisage, consommation, températures, usages (nombre de bains par semaine, etc.); (5) Un simulateur de sensibilité de la consommation au changement de pratique; (6) Un calculateur d'objectif à atteindre en termes d'économies d'ECS; (7) Un ensemble de supports de recueil (entretiens, questionnaires, etc.).

Le volet en sciences sociales s'inscrit dans diverses théories et concepts en économie comportementale et expérimentale, psychologie sociale et cognitive, méthodologie d'enquête. Il emprunte certains principes à l'Assistance à Maitrise d'Usage (AMU) et à l'accompagnement au changement. Divers mécanismes et facteurs d'influence sont pris en compte : niveau d'information, sensation de contrôle sur le changement, croyances liées aux nouvelles pratiques/gestes (anticipation quant aux effets potentiels et à la difficulté à opérer un changement), perception de soi dans la nouvelle configuration, normes sociales autour du comportement, intention d'adopter de nouvelles pratiques, etc.

2. Principaux résultats

Le protocole expérimental sous contrôle nous a permis de produire des résultats riches malgré la petite taille de l'échantillon (contrôle : nous avons surveillé mensuellement les éventuels facteurs externes pouvant impacter significativement l'évolution des consommations : taux d'occupation, fuites, etc.). La campagne de mesure au pas de temps de la minute a permis d'analyser finement les enjeux et les impacts de chaque action. De nombreux dispositifs techniques, dans des configurations variées, ont pu être testés. Certains participants se sont montrés très impliqués dans la dimension comportementale de l'étude.

2.1. Un gisement d'économies spectaculaire

La mise en œuvre des équipements techniques s'est bien déroulée dans l'ensemble des logements et s'est avéré riche d'enseignements, tant sur les modalités de mises en œuvre que sur les retours des participants.

L'analyse des mesures et la détermination du gain associé à chaque action s'est montré particulièrement délicate et pointue du fait des variations naturelles intrinsèques à l'usage ECS : saisonnalité importante des puisages (1 à 3), variation du nombre d'occupants d'une semaine sur l'autre, etc.

Une méthode de traitement de données spécifique a été développée pour évaluer le gain de chaque action. Cette méthode repose sur une « moyenne saisonnalisée » des consommations avant et après intervention sur des périodes les plus longues possibles. Elle permet de définir un gain qui gomme une grande partie des aléas liés à l'usage (figure ci-dessous **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

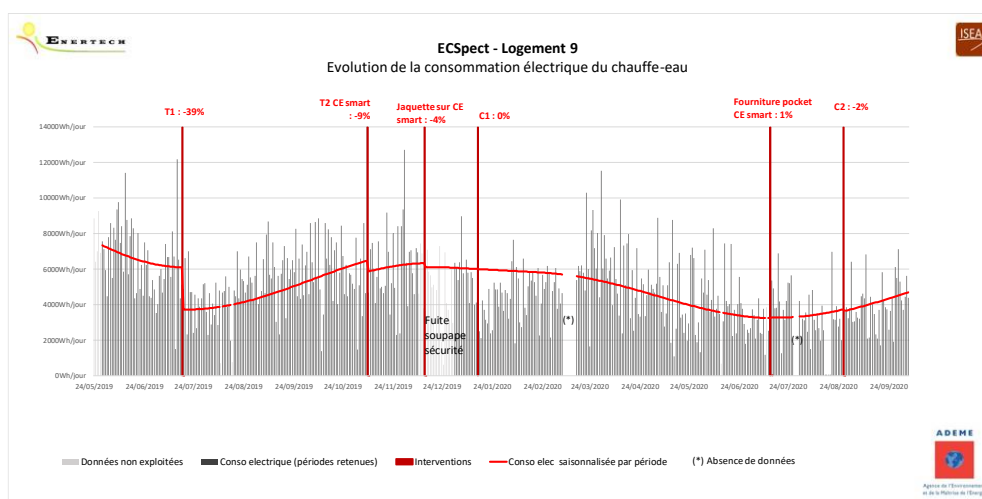









Figure 2 - Consommation journalière mesurée sur chauffe-eau du logement 9. Visualisation des actions menées, des moyennes de consommation par période et des gains obtenus.

Les résultats globaux du projet (tableau ci-dessous) montrent que le gisement associé à la réduction des consommations des chauffe-eaux à effet joule est très significatif (plusieurs centaines de kilowattheures par an) en plus d'être assez facilement accessible pour la majorité des actions entreprises.

Tableau 2 - Synthèse des gains énergétiques annuels liés aux actions menées dans le projet ECSPECT.

n°	Action	Gain énergétique et financier		
		cas défavorable	cas moyen	cas favorable
1	 C1, C2 (comportemental)	0 kWh / 0€ ^{TTC}	150 kWh / 23€^{TTC}	500 kWh / 75€ ^{TTC}
2	 Installation de dispositifs hydro-économiques sur tous les points de puisage	0 kWh / 0€ ^{TTC}	240 kWh / 37€^{TTC}	1140 kWh / 176€ ^{TTC}
3	 Installation d'une jaquette isolante sur le chauffe-eau	83 kWh / 13€ ^{TTC}	124 kWh / 19€^{TTC}	185 kWh / 29€ ^{TTC}
4	 Changement du thermostat par un thermostat électronique pilotable et connecté	66 kWh / 10€ ^{TTC}	180 kWh / 28€^{TTC}	276 kWh / 43€ ^{TTC}
5	 Changement du chauffe-eau par un chauffe-eau doté d'une fonction smart	66 kWh / 10€ ^{TTC}	180 kWh / 28€^{TTC}	276 kWh / 43€ ^{TTC}
6	 Installation d'un dispositif de récupération de chaleur sur eau usée	58 kWh / 9€ ^{TTC}	160 kWh / 25€^{TTC(7)}	674 kWh / 104€ ^{TTC}
7	 Installation d'un dispositif d'autoconsommation du chauffe-eau au fil du soleil (si PV en autoconso.)	320 kWh / 18€ ^{TTC}	520 kWh / 29€^{TTC(9)}	720 kWh / 40€ ^{TTC}

A titre d'exemple :

- Le bouquet d'actions (1+2+3) permettrait d'atteindre 514 kWh/an de réduction moyenne de consommation par appareil soit -32% pour un gain sur la facture de presque 80€TTC dans les foyers concernés, avec un temps de retour sans aucune aide de l'ordre de 4 ans. L'impact sur la consommation nationale d'électricité serait de l'ordre de -7,7 TWh/an (représentant 4,5% de la consommation d'électricité résidentielle en France).
- Le bouquet d'actions (1+2+3+4) permettrait d'atteindre 615 kWh/an 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 -9,2 TWh (soit -5.4% sur la consommation nationale électrodomestique).

Les dispositifs de récupération de chaleur et d'autoproduction ECS photovoltaïque, nécessitant des investissements plus importants, sont particulièrement intéressants dans certaines configurations et doivent être intégrés à la réflexion compte tenu de leurs résultats très convaincants sur le terrain.

2.2. Un bien de consommation spécifique

L'usage de l'ECS est soumis à de fortes habitudes et routines, du fait

- (1) De la quantité de petits gestes répétés du quotidien ;
- (2) De l'ancienneté des pratiques, qui remontent à la naissance ;
- (3) De fausses croyances (*le ménage à l'eau froide n'est pas efficace, la vaisselle à l'eau froide ne fonctionne pas*, etc.);
- (4) De la complexité des pratiques, reliées à des représentations sociales fortes et à des mécanismes profonds tels que le plaisir, la santé, ou la recherche de confort, mêlant mécanismes irrationnels et rationnels.

En sus du métabolisme et l'état psycho-affectif, ces éléments constituent de puissants mécanismes à l'œuvre dans l'inertie du changement de pratiques. La consommation d'ECS porte une dimension à la fois sensible, individuelle et sociale qui renforce les habitudes et qui la plonge dans une réalité plus large que la notion d'usage. Cela complexifie fortement le changement de pratiques individuelles, et requiert de déployer d'autres outils et approches que ceux appliqués traditionnellement dans les interventions sur la consommation d'énergie par exemple.

Notre étude appuie l'importance de considérer les pratiques de l'ECS au-delà du geste isolé, mais plutôt à travers la notion de "comportement" : *quelle est la durabilité du changement de comportement ? L'adoption d'un nouveau geste ou d'une nouvelle pratique se transmet-elle à d'autres pratiques de l'individu ?*

Les termes associés à l'usage de l'ECS dans l'esprit des personnes appuient ces analyses : si en début de programme l'usage de l'ECS est en priorité une question de confort et d'hygiène/santé dans l'esprit des répondants, la participation au programme a tendance à accentuer la dimension "plaisir" dans l'usage du fluide. Au final, **le plaisir et le confort sont les registres majeurs pour parler d'ECS**. "j'aime me délasser sous la douche" / "j'adore faire la vaisselle à l'eau chaude, prendre le temps, c'est ma méditation" / "La douche c'est un temps pour moi, sans enfant".

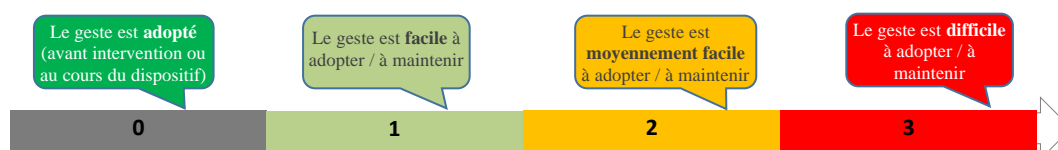


Nos observations consolident l'idée que la consommation d'ECS croise différentes logiques et motivations : économique (facture), environnementale (empreinte écologique), sociale (normes et distinction sociale), hédoniste (plaisir, confort, bien-être), santé et technique (choix d'équipements, modes d'emploi, automatisation, etc.). Les aspects écologiques et financiers constituent la motivation la plus présente et stable dans le temps. Le fait de "changer ses propres pratiques (contrôle)", de "participer à une étude qui a du sens" et "d'aider à transmettre" (inciter les autres ménages à agir - massifier) sont des motivations placées en 2^{de} position. "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.

2.3. Quelques mécanismes et facteurs d'influence majeurs

La perception d'effort et de contrôle sur le changement de pratiques

L'effort que l'individu est disposé à réaliser pour modifier ses pratiques et de maintenir ce changement est un concept essentiel pour analyser et estimer le changement de comportement. La dynamique d'adoption des gestes économes et d'ancrage dans les pratiques dépend de l'effort que le participant associe au geste, ou **effort perçu**. Ce dernier a été mesuré sur la base d'un critère de 0 à 3, et ce à divers moments du protocole afin d'analyser son évolution.



Nos résultats appuient la validité de cette notion puisque (1) les gestes/pratiques les plus fréquemment expérimentés sont aussi perçus comme les moins difficiles à adopter ; (2) les gestes/pratiques effectués avant programme par un grand nombre de participants ont tendance à être vus comme nécessitant un effort modéré.

L'effort perçu à réaliser chaque nouveau geste économe diminue en moyenne d'une intervention à l'autre chez la plupart des participants. Mais la difficulté perçue à changer ses pratiques augmente en tendance au fil des interventions : les participants

ont tendance à trouver cela de plus en plus difficile de changer globalement de pratiques. Une explication possible est que le fait de se confronter à la question du changement de ses habitudes fait remonter l'importance du plaisir et du confort, la difficulté à faire un effort au quotidien, etc. Ainsi, le degré d'effort perçu se trouve lié à la **sensation de contrôle** sur le changement de comportement : *le changement est facile pour moi ? Je pense avoir les compétences et les ressources pour le faire ? Si je souhaite changer, je peux le faire (ça dépend essentiellement de moi) ? Je pense que cela produira les résultats escomptés et me permettra d'atteindre mes objectifs ?* Cette sensation constitue une notion clef du changement de pratiques, et un axe majeur des démarches de sensibilisation et d'accompagnement au changement dans l'ECS.

L'appropriation des enjeux liés à l'ECS

Nos interventions ont également augmenté globalement l'appropriation des participants vis-à-vis de l'ECS, à savoir la perception globale (*le sujet est-il mieux intégré dans le quotidien ?*), la compréhension du fonctionnement du CE et de l'ECS, l'information (factures), la manipulation du matériel proposé ainsi que les actions de suivi (fuites, consommation, etc.).

En effet, en fin de programme les participants se renseignent davantage sur les factures d'eau froide et d'électricité, et sensibilisent davantage les autres occupants du ménage. En revanche, les actions techniques ne sont pas plus souvent réalisées, comme aller voir son compteur d'ECS.

La consommation d'eau froide est rarement connue initialement mais cette connaissance augmente au fur et à mesure du protocole. Les participants s'intéressent davantage à la facture d'eau froide qu'à la consommation d'eau froide en soi. Et ils connaissent davantage leur facture d'électricité. En revanche aucun participant ne connaît sa consommation d'ECS, que ce soit en début ou en fin de programme, et ce malgré les informations et équipements fournis.

2.4. Des gestes et pratiques économes expérimentés et ancrés pendant le projet

Au total, 20 nouveaux gestes et pratiques économes portant sur l'ECS ont été proposés², que nous **nommons "gestes"** par commodité. Soit ils étaient déjà adoptés, soit ils ont été expérimentés/adoptés pendant le programme. Ils ont ensuite pu s'ancrer ou pas dans les pratiques (maintien dans le temps).

Notre étude permet d'identifier (1) les gestes/pratiques à cibler en priorité, du fait d'être à la fois efficaces (économies réalisées), facilement adoptés et intégrés dans les habitudes. (2) les gestes/pratiques à cibler en priorité 2 du fait d'être efficaces mais moyennement faciles à adopter OU moyennement efficaces mais faciles à adopter ; (3) les gestes "leviers", peu efficaces mais faciles à adopter et qui peuvent déclencher l'adoption d'autres pratiques (effet d'entraînement).

- La plupart des participants ont ancré dans leurs pratiques entre 30 et 70% des gestes expérimentés, soit en moyenne 4,3 gestes ancrés par participant pendant le programme.
- Le fait qu'un nouveau geste soit expérimenté puis ancré dans les pratiques dépend de la situation de référence du participant : le nombre de gestes expérimentés dépend du nombre de gestes que la personne ou le ménage réalisait déjà avant le programme (état initial). Un geste déjà réalisé par un certain nombre de ménages sera peu fréquemment expérimenté, et de fait peu souvent ancré (NB : les participants effectuaient déjà en moyenne environ 1/3 des gestes économes proposés).
- Le meilleur ratio d'ancrage des gestes expérimentés concerne les ménages ayant adopté un nombre moyen de gestes (quelques-uns mais pas trop); ils devraient donc constituer une cible majeure de futurs programmes de sensibilisation. Ainsi, l'effet d'entraînement (*spillover effect*) n'est pas aussi évident que pour d'autres biens de consommation à caractère écologique notamment : il est utile que le ménage ait déjà la pratique de quelques gestes économes, mais pas trop. S'il en réalise déjà beaucoup, le gisement est limité par l'effort nécessaire à en adopter de nouveaux.
- Les gestes qui se maintiennent le mieux dans le temps (ancrés) permettent de réduire clairement le gaspillage et suggèrent ainsi un lien direct entre geste et efficacité : remplacement d'équipements, usages des douches/bains et mesures anti-gaspillage.
- Les gestes qui ont du mal à s'ancrer (1) ne présentent pas de lien clair entre effort et résultat (ex. *mettre le mitigeur côté froid*); (2) impliquent des actions conjointes ou plusieurs actions par jour - gestes routiniers qui requièrent des changements d'organisation et de pratiques) (ex. *changer sa façon de faire la vaisselle à la main*); (3) concernent des choix techniques coûteux en budget ou en temps (ex. *remplacer le lave-vaisselle par un modèle de catégorie A+ ou détartrer le CE*); (4) sont du domaine du plaisir et l'hygiène (douche).

Les gestes isolés, courts et répétés quotidiennement (ex. *placer le mitigeur côté froid*) sont perçus comme étant plus faciles à adopter que les gestes composés, qui relèvent davantage d'une pratique (ex. *changer sa façon de faire la vaisselle*). **Cependant les seconds sont plus souvent ancrés que les gestes isolés répétitifs** : une fois expérimentés ils sont plus souvent intégrés dans les routines quotidiennes.

² 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 (thermostat connecté, pommeau Hydrao, etc.).

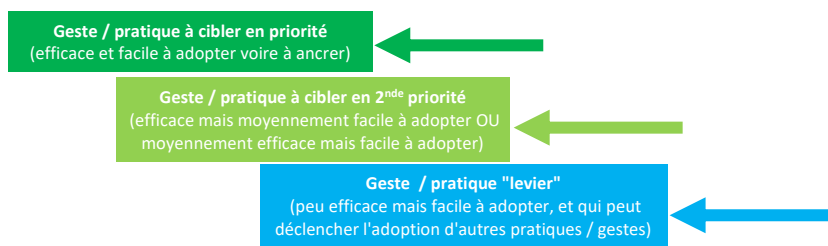


Tableau 3 – Liste des actions économes proposées : efficacité, intégration et ancrage dans les pratiques.

Thématique	Description de la pratique / geste	Efficacité estimée ¹	Geste souvent adopté ² (fréquence)	Geste maintenu ² (fréquence)	Effort perçu ³
Douches / bains	1. Remplacer les bains par des douches	3	3	3	3
	2. Supprimer une douche par semaine	2	6	2	2
	3. Prendre des douches en moins de 5 minutes (grâce à minuteur ou sablier ventouse)	3	8	3	2
	4. Couper l'eau pendant le savonnage	2	2	1	1
Usages des robinets (lavabo, évier, etc.)	5. Ne pas laisser couler l'eau (toilette quotidienne, etc.)	2	3	3	1
	6. Toujours placer le mitigeur côté froid après utilisation	1	7	1	2
	7. Se laver les mains et visage à l'eau froide (la toilette)	1	1	1	2
	8. N'appeler l'eau chaude qu'en cas de besoin important (distinguer les usagers et besoins)	1	4	1	2
	9. Conserver (ou changer) les réducteurs de débit aux divers robinets [que pour Gp A]	3	8	6	1
	10. Choisir des robinets efficaces (au moment de les changer) : mitigeur classe C3, etc.	1	6	4	2
Entretien (linge, vaisselle, lave-linge, ménage)	11. Utiliser le lave-vaisselle plutôt que la vaisselle à la main - pleine charge et programme éco	3	2	2	1
	12. Eviter de rincer la vaisselle avant de la mettre au lave-vaisselle	2	1	1	1
	13. Vaisselle à la main avec précautions (ne pas laisser couler l'eau au fil de l'eau / utiliser	3	1	0	2
	14. Ménage : utiliser de l'eau froide pour le sol	1	4	2	2
Chauffe-Eau	15. Eteindre le CE lors d'une absence supérieure à 4 jours (selon la saison)	1	7	4	2
	16. Régler le CE entre 50 et 55°C	3	6	6	2
	17. Positionner le CE aux heures creuses (si possible) ou avec un programmeur	?	0	0	?
	18. Faire détartrer le CE au moins tous les 3 ans	?	1	1	3
	19. Au moment de changer le CE ... investir dans un équipement de qualité : antitartre, etc.	?	2	2	3
	20. Installer un réducteur de pression à l'entrée du circuit d'eau froide (si la pression est forte)	3	1	1	2

¹ Efficacité estimée par le projet ECSPECT (impact sur la consommation) : 1 efficacité faible à 3 efficacité forte

² Nombre de ménages ayant adopté ou ancré le geste sur les 13 ménages

³ Effort perçu par les participants – moyenne comprise entre 1 (faible effort pour adopter le geste) à 3 (effort important pour adopter le geste)

2.5. Les freins et leviers à l'adoption de pratiques / gestes économes

Nos interventions ont permis d'alléger pratiquement tous les freins au changement de pratiques, voire de faire disparaître les doutes quant à l'efficacité et praticité de l'eau froide (ménage, vaisselle, etc.). Les principaux freins sont induits par la perception d'être déjà économe et de faire déjà des efforts. Cette perception augmente au fur et à mesure que le ménage modifie ses pratiques, mais peut aussi constituer une raison que se donnent les participants confrontés à la force des habitudes et routines. 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 devrait donc déconstruire l'image que le participant a de sa sobriété**, puisque notre étude montre un écart fréquent (50% des ménages) entre la vision subjective (je suis économe) et la réalité (ménage peu économe).

La dimension de plaisir dans l'usage de l'ECS est un obstacle fréquent car peu sensible aux interventions.

Des freins	Des leviers
<ul style="list-style-type: none"> La dimension de plaisir et détente La recherche de confort et de bien-être La force des habitudes et routines Le fait de percevoir son ménage comme étant déjà économe La perception de difficulté à changer ses propres pratiques (travailler sur l'auto-perception de réussite) Les usages et la consommation des autres occupants est impactant mais difficile à infléchir, notamment celui des enfants/ adolescents et des invités Se confronter au changement de ses pratiques fait remonter les freins liés au plaisir, confort, à la perception de difficulté à faire effort au quotidien, et autres freins psychosociologiques Absence de normes sociales (les activer pour dynamiser le changement de pratiques) 	<ul style="list-style-type: none"> Voir sa consommation régulièrement afin 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 Moyen proposé : un système d'alerte simple et non intrusif. Ex : voyant rouge quand la consommation dépasse un certain seuil. Une information pratique et visuelle sur "quoi faire et comment faire" pour réduire sa consommation (guide de l'utilisateur visuel). Moyen proposé : un accompagnement individuel ou en groupe Savoir que les informations concernant sa propre consommation sont communiquées aux autres ménages afin de les inciter à agir eux aussi (construire des normes sociales manquantes) Echanger des idées et des bonnes pratiques à plusieurs – Moyens proposés : ateliers, plateforme, etc.

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 et de faire des efforts. Le fait d'apporter des solutions techniques (interventions T1 et T2 en 1^{er} dans le groupe B) semble rassurer l'utilisateur sur le fait que les résultats ne dépendent pas uniquement de ses efforts : une part du résultat est générée de manière autonome, par les éléments techniques.

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, 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. Notre programme stimule aussi l'intérêt pour un dispositif ludique visant la réduction de consommation d'ECS.

2.6. Une préférence pour les solutions low-tech

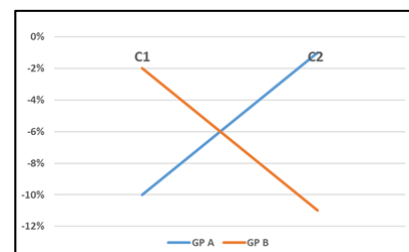
Les équipements dits "intelligents", connectés ou communiquant portent une forte perspective de réduction de la consommation d'ECS. Notre étude a réalisé un focus particulier sur cette thématique.

- Les solutions techniques plus basiques (réducteurs de pression, jaquette, etc.) semblent en moyenne plus appréciées et mieux intégrées que les solutions plus sophistiquées (chauffe-eau intelligent, compteur numérique, pilotage autoconsommation, etc.)
- Les participants préfèrent également les options low-tech (affichage, réglage, etc.)
- La nécessité d'utiliser du matériel digital et connecté (applications web, télécommandes, etc.) pour effectuer les réglages et visualiser les données de mesure constitue un frein important. Par exemple le pommeau Hydrao (avec affichage de couleur) suscite un grand intérêt mais est souvent délaissé dans le temps dû à la difficulté d'adapter les seuils (volumes et couleurs) aux usages réels et aux défis que se donnent les usagers en terme de temps de douche. Cela s'explique par le manque d'appétence pour l'application proposée pour réaliser ces réglages.
- Les éléments susceptibles d'augmenter l'utilisation d'équipements connectés sont : (1) pouvoir visualiser sa consommation à partir des espaces de vie; (2) Un accompagnement permettant une explication simple et répétée; (3) La manipulation de l'équipement avec le participant pour assurer l'utilisabilité dans le temps. Le but est de briser le cercle vicieux "faible réglage → équipement peu utilisé → faible bénéfice perçu → faible réglage → etc.

2.7. Les gains générés aux diverses étapes de notre étude

Notre protocole complet permet de réduire la consommation d'électricité des ménages participants de 33 à 43% en moyenne. Les interventions comportementales réduisent de -9% à -13% de consommation d'électricité et d'énergie puisée au CE, avec une forte hétérogénéité entre logements (entre 0% à -28%). Les interventions techniques induisent plus de gains que les interventions comportementales, mais la dépendance et l'effet de levier entre les deux types d'action est très probable, soulignant l'intérêt de mener les deux en parallèle.

Lorsque nous comparons les groupes A et B nous voyons que si la 1^{ère} intervention C1 a plus d'effet sur le groupe A, le gain s'amenuise au fil du programme. La situation est inversée pour le groupe B : les gains sont faibles en C1 mais s'intensifient à la 2^{ème} intervention C2.



2.8. Les facteurs qui influencent les gains énergétiques – effets conjugués

Notre étude évalue les facteurs qui, combinés, expliquent le mieux les gains observés pendant le programme³. **La consommation d'électricité et l'énergie puisée au CE sont inférieures (gains plus élevés) quand le participant :**

- A une sensation d'appropriation de l'ECS (compréhension, manipulation, etc.)
- A tendance à voir l'ECS comme un sujet de nature plutôt technique
- A une appétence pour la technique
- Perçoit une facilité à maintenir les gestes économes expérimentés
- A la sensation qu'il a réussi à changer son mode de consommation
- A expérimenté un petit nombre de gestes proposés par rapport aux gestes déjà pratiqués
- Perçoit un bénéfice personnel croissant du fait de changer ses pratiques
- Pense que son ménage est un petit consommateur d'ECS
- Pense ne pas faire beaucoup d'efforts à ce jour
- Est de catégorie socioprofessionnelle élevée

Même si ces résultats, issus de la statistique inférentielle, ne peuvent être interprétés comme des conclusions de cause à effet, ils indiquent qu'une intervention au niveau national devrait considérer ces facteurs conjointement afin d'être efficace. Notons que la consommation initiale d'ECS du ménage (V40) ne semble pas robuste pour expliquer les gains obtenus. De plus les normes sociales autour de la consommation d'ECS (*je pense que les personnes/groupes dont l'avis compte pour moi souhaitent*

³ Modèle de régression linéaire robuste et très efficace (F(7;3) = 38,1, p<0,001 / R²= 88 à 92%)

que je modifie mes pratiques d'ECS ? Un certain nombre d'autres ménages en font autant ? etc.) ne semblent pas encore réellement activées, même si elles représentent un puissant levier du passage à l'action qui reste à exploiter.

2.9. L'importance d'intervenir à la fois sur le plan technique et comportemental

Les interventions sur le plan technique et comportemental se complètent et se renforcent. Intervenir sur le plan des usages et des 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 de mesure laissé et à réaliser des actions de suivi et de réglage technique.

Nous supposons que le travail sur les usages devrait démultiplier l'impact des apports techniques, par une sorte d'effet levier. Mais la confirmation de cette hypothèse requiert une finesse dans les mesures qui représente un important défi. Ainsi nous préconisons de travailler sur les deux en simultané permet de capter au mieux l'effet multiplicateur mutuel.

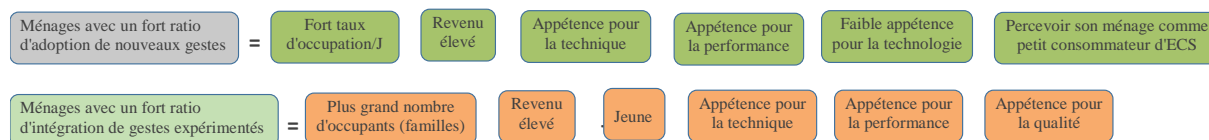
Cependant, il semble plus efficace d'intervenir d'abord sur le plan technique puis comportemental (groupe B), ce qui se lit sur diverses variables clefs de notre étude : changement et maintien des nouvelles pratiques, effort perçu qui chute, gains énergétiques, mais également contrôle perçu plus intense (sensation de contrôle sur le changement).

Le protocole optimal semble être "T1 puis C2", à savoir une intervention technique simple (réducteurs de pression, jaquette, etc.) puis une intervention comportementale poussée (sensibilisation et accompagnement au changement).

2.10. L'intérêt de définir des profils d'utilisateurs et de ménages

Notre programme a permis de tirer des conclusions sur les profils des usagers et ménages.

- **Les démarches de changement de pratiques d'ECS** devraient se focaliser en priorité sur les ménages avec un fort taux d'occupation (familles) et à revenu moyen voire élevé, dont le référent est plutôt jeune, a une appétence pour la qualité, la performance et la technique mais pas pour la technologie (objets connectés), et qui considère son ménage comme moyennement économe (moyen consommateur d'ECS).
- Il semble utile de prioriser les actions sur des ménages avec référents âgés, qui adoptent plus de nouveaux gestes économes et qui peuvent stimuler les ménages avec référents jeunes, à accompagner ensuite pour qu'ils ancrent leurs pratiques.
- Les profils "sobres", "pragmatiques" et avec un niveau de consommation d'ECS dans la tranche moyenne ou haute ont besoin d'interventions plus intenses (C2) que les actions d'information et de simple sensibilisation.
- L'engagement écologique n'est pas un critère pour l'adoption de nouveaux gestes économes liés à l'ECS.



3. Conclusions et recommandations

Le projet ECSPECT génère des résultats expérimentaux qui confirment l'importance du gisement énergétique lié au chauffe-eau à effet joule. Ces résultats ouvrent la porte à une campagne nationale de rénovation des chauffe-eaux à effet joule intégrant un volet technique qui comprendrait à minima la limitation des débits aux points de puisage, l'isolation additionnelle des chauffe-eaux, une meilleure maîtrise de la température de stockage ainsi qu'un volet comportemental opérationnel et ciblé sur les pratiques économes à ancrer dans les foyers.

Nous pensons que le problème de la rénovation du chauffe-eau et des changements de pratiques doit être abordé de manière globale et pas seulement sous l'angle des « actions immédiatement rentables », au risque de tuer une partie du gisement. Nous estimons en effet que le potentiel d'économie lié au chauffe-eau électrique constitue aujourd'hui le plus gros gisement facilement accessible dans le secteur électrodomestique.

Ainsi l'approche par bouquet de solutions est à examiner car elle permet de maximiser les économies d'énergie. A la lumière du projet nous recommandons de généraliser les actions 1, 2, 3 et 4 (Figure 3) qui génèrent une économie moyenne de 615 kWh/an soit 100€^{TTC}/an, tout en présentant un temps de retour global que l'on peut estimer à moins de 2 ans moyennant l'optimisation industrielle des solutions proposées.





n°	Action	Gain énergétique et financier ⁽⁰⁾		
		cas défavorable	cas moyen	cas favorable
1	 C1, C2 (comportemental)	0 kWh / 0€ ^{TTC}	150 kWh / 23€^{TTC}	500 kWh / 75€ ^{TTC}
2	 Installation de dispositifs hydro-économiques sur tous les points de puisage	0 kWh / 0€ ^{TTC}	240 kWh / 37€^{TTC}	1140 kWh / 176€ ^{TTC}
3	 Installation d'une jaquette isolante sur le chauffe-eau	83 kWh / 13€ ^{TTC}	124 kWh / 19€^{TTC}	185 kWh / 29€ ^{TTC}
4	 Changement du thermostat par un thermostat électronique pilotable et connecté	66 kWh / 10€ ^{TTC}	180 kWh / 28€^{TTC}	276 kWh / 43€ ^{TTC}

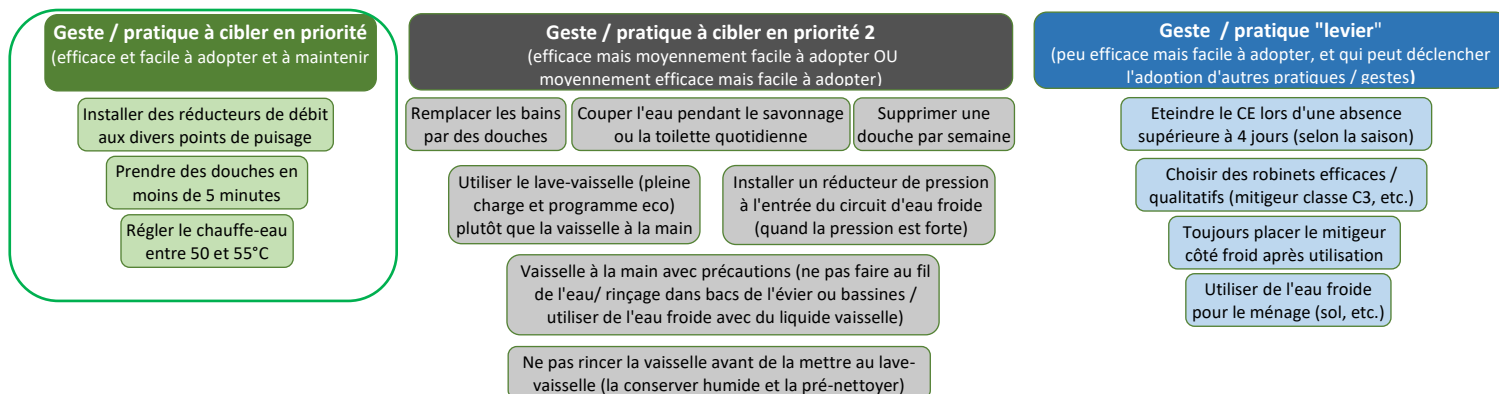
Figure 3 : Bouquet d'actions recommandé pour une massification de la rénovation des chauffe-eaux à effet joule. NB : les gains des actions 3 et 4 ne peuvent se sommer directement car ils sont interdépendants (leur somme représente un gain calculé à 225 kWh/an).

Une telle campagne de rénovation pourrait être entreprise par les pouvoirs publics avec les montages industriels et financiers adéquats. Elle nécessiterait toutefois une étude préalable permettant de lever les verrous suivants :

- Meilleure définition industrielle des solutions techniques proposées (optimisation technico-économique et circuits de distribution) ;
- 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 ;
- Définition plus fine des pratiques économes les plus efficaces à encourager par typologie de foyer, dispositifs de communication et de soutien au changement associés et démarche permettant d'ancrer les pratiques économes adoptées.

L'exploitation du gisement comportemental (action 1) est important mais complexe à généraliser. Si notre étude permet d'isoler des éléments récurrents entre ménages (gestes économes plus faciles à adopter et à maintenir dans le temps, motivations et leviers au changement de pratiques, etc.), les éléments propres à chaque catégorie de ménage définissent divers schémas et processus de changement qu'il est difficile de massifier (freins, motivations, facteurs d'influence, etc.).

Il est cependant possible de détailler l'action 1 en 3 catégories de gestes/pratiques économes :



Cette catégorisation permet de prioriser les actions de sensibilisation / changement de pratiques et de définir des stratégies efficaces.

Notons que 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. ainsi qu'à de fortes représentations sociales qui plongent l'ECS dans une dimension à la fois sensible, individuelle et sociale. Davantage que dans le cas de l'énergie ou de la rénovation énergétique, ces mécanismes ancrent les pratiques dans de fortes routines et habitudes difficiles à altérer.

L'adoption et le maintien de nouvelles pratiques requiert une intervention sociotechnique riche, qui va au-delà de l'approche par éco-gestes (i.e fournir de l'information sur "ce qu'il faut faire") ou d'interventions purement techniques (équipements, pilotage, etc.). Dans ce cadre, notre étude démontre l'utilité d'un acteur pivot qui œuvre à identifier les freins et motivations de l'utilisateur et qui propose des solutions adaptées à son profil (conseiller, technicien, responsable clientèle, etc.). Les résultats de notre expérimentation apportent des éléments utiles à cette approche.

L'usage de l'ECS est constitué d'une diversité de gestes et d'actions (courtes, composées, répétées, etc.), et notamment d'une somme importante de petits gestes quotidiens (ex. *ouvrir et fermer un robinet*) qui rend les pratiques à priori sensibles 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 plus général au niveau du mode d'utilisation global de l'ECS. 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 d'autres ménages équivalents, etc.

Nos résultats confirment l'utilité de réaliser une intervention en 2 étapes pour induire un réel changement de pratiques et réduction de la consommation. **La configuration optimale semble d'opérer d'abord des améliorations techniques simples (T1) puis d'intervenir sur la dimension comportementale dans une approche d'accompagnement au changement (C2).** En revanche, il ne semble pas optimal d'inciter la réalisation d'un maximum de gestes, mais plutôt de stimuler l'adoption de certains gestes efficaces, non perçus comme difficiles et qui génèrent un bénéfice personnel important (cf. figure précédente).

Notre expérimentation permet de tirer diverses conclusions et recommandations pour la mise en œuvre d'actions visant le changement de pratiques et la réduction de la consommation d'ECS ainsi que des résultats utiles à de futures études sur le sujet. Dans l'optique de donner suite au travail mené dans ECSPECT et d'intégrer un volet comportemental à une campagne nationale de rénovation, nous recommandons :

- De construire des profils-types d'usagers (ménages) et de tester cette segmentation au cours d'une expérimentation à plus large échelle
- D'étendre la représentativité des résultats de notre étude grâce à une enquête nationale représentative à large échelle, notamment pour confirmer la segmentation suscitée
- D'utiliser les données et résultats ECSPECT pour calibrer une étude expérimentale qui teste l'efficacité d'un protocole d'intervention parcimonieux (simple et efficace) sur un panel de ménage plus important, ainsi que les leviers identifiés dans notre étude (outils incitatifs).

Pour citer 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