

# Recommandations méthodologiques pour faciliter l'évaluation des solutions de **maîtrise de la demande d'électricité** dans le secteur résidentiel, en lien avec le développement des **smart grids**



---

Recommandations

## **0. REMARQUES LIMINAIRES**

Les Etats et l'Europe accompagnent actuellement un certain nombre de projets de smart grids dans le secteur résidentiel, dont beaucoup proposent des technologies favorisant la maîtrise de la demande en électricité (MDE). Etant donné l'impact économique et les investissements nécessaires à l'avenir dans ce secteur, il semble important de proposer une approche méthodologique permettant l'estimation des différents bénéfices des projets (en termes d'énergie, de CO<sub>2</sub>, de pointe évitée, de satisfaction client) de manière la plus robuste possible.

L'ADEME, en tant que financeur de certains de ces projets, doit pouvoir se mettre en position d'apporter des éclairages aux Pouvoirs Publics sur les caractéristiques, avantages et inconvénients des solutions expérimentées, afin de faciliter les éventuelles prises de décision ou proposition de réglementations futures.

Ce document a donc pour objectif de proposer des recommandations et des méthodes de calcul d'indicateurs harmonisés pour les projets expérimentant des solutions de MDE.

Il est à noter que les recommandations méthodologiques contenues dans ce document n'ont de façon générale pas de caractère contraignant.

## Sommaire

<b>0.</b>	<b>Remarques liminaires</b> .....	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>Contexte et objectifs</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Méthode d'élaboration de la présente note et périmètre d'application</b> .....	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Recommandations méthodologiques sur la structuration des projets</b> .....	<b>8</b>
3.1.	Recrutement des consommateurs .....	8
3.2.	Consommations de référence ( <i>baseline</i> ) .....	10
3.3.	Echantillon témoin hors animation .....	11
3.4.	Mesure de la durabilité des changements de comportement.....	13
<b>4.</b>	<b>Indicateurs</b> .....	<b>14</b>
4.1.	Impact sur la consommation d'électricité.....	14
4.2.	Acceptabilité par les consommateurs .....	18
4.3.	Durabilité des changements de comportements des consommateurs .....	21
4.4.	Impact sur la courbe de charge et la pointe locale / nationale.....	22
4.5.	Impact sur les émissions de CO <sub>2</sub> .....	24
4.6.	Impact financier pour le consommateur.....	25
4.7.	Efficiences individuelle et sociétale .....	27

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Pesant pour environ 35% de la consommation finale d'électricité en France, le secteur résidentiel représente un secteur clé pour répondre aux enjeux énergétiques nationaux. Au-delà des travaux nécessaires d'amélioration de la qualité intrinsèque du bâti, et d'installation de systèmes performants ou de régulation, la mise en place de nouveaux services et tarifs visant à encourager à la maîtrise de la demande d'électricité au sein des ménages, grâce au développement du smart grid, semble primordiale. Il s'agit notamment de proposer aux foyers :

- des **solutions d'information et de sensibilisation du consommateur** en lien avec leur consommation d'électricité (« feedback ») et leur permettant de la maîtriser et d'adopter des comportements vertueux favorisant les économies d'énergie et / ou une meilleure stabilité du réseau.
- des **solutions de pilotage de la demande** permettant une gestion optimisée et automatisée des appareils électriques du foyer en fonction des besoins du système électrique et des consommateurs. Source de modulation, le pilotage consiste à effacer, reporter ou stimuler la consommation, et n'est pas forcément associé à une baisse de la consommation. Il pourrait cependant contribuer à améliorer le bilan environnemental de la production centralisée d'électricité (notamment en termes d'émissions de GES).
- des **tarifications incitatives** proposant un niveau de prix qui dépend du moment de consommation. Elles sont définies pour mieux refléter les coûts de l'électricité et inciter les consommateurs à reporter leur consommation des périodes de pointe (associées à un tarif élevé) vers les périodes creuses (associées à un tarif bas).

Les bénéfices de ces différentes solutions pour l'environnement ou le consommateur en termes de maîtrise de la demande restent encore à être mis en évidence par des expérimentations. Des retours d'expériences à l'étranger montrent que des niveaux d'économies d'énergie intéressants peuvent être atteints dans le cadre d'approches globales intégrant la réduction des pointes et différentes mesures incitatives pour le consommateur (tarifs, outils d'information et de communication, pilotage...). Les données sur les méthodologies utilisées dans ces projets ne permettent pas toujours d'avoir une bonne visibilité sur les limites entourant les résultats. Ces études font par ailleurs état d'un certain nombre de biais, augmentant l'incertitude sur leurs résultats et laissant présager d'un net écart en termes d'économie d'énergie avec le déploiement réel de ces solutions.

Peu d'études ont été menées en France sur les solutions de MDE, et la performance comparée de ces différentes solutions reste à évaluer grâce à des expérimentations. Des démonstrateurs traitant de cette thématique sont actuellement en cours de déploiement et d'autres sont attendus prochainement. Ils ont notamment pour objet de tester certaines de ces solutions innovantes de MDE. Ils seront généralement accompagnés d'études sur la performance énergétique des solutions ainsi que d'études sur les aspects sociologiques. **Ces recommandations méthodologiques visent à proposer un cadre d'étude issu des meilleures pratiques identifiées à ce jour. L'utilisation de ces bonnes pratiques permettra à chaque démonstrateur de produire des indicateurs de résultats quantitatifs et qualitatifs robustes et donc de contribuer efficacement à l'avancée des connaissances en matière de leviers sur la MDE en France.**

Le périmètre de ces recommandations méthodologiques porte sur les projets de réseaux électriques intelligents qui traitent des aspects associés à la maîtrise de la demande d'électricité dans le secteur résidentiel. Ce document propose d'évaluer les projets au regard de sept indicateurs, dont la méthode de calcul est définie dans ce document. Ces indicateurs sont non exclusifs.

Les indicateurs sont les suivants :

- Impact sur la consommation d'électricité
- Acceptabilité par les consommateurs
- Durabilité des changements de comportements des consommateurs
- Impact sur la courbe de charge et la pointe locale / nationale
- Impact sur les émissions de CO<sub>2</sub>
- Impact financier pour le consommateur
- Efficience individuelle et sociétale

Même dans le cas où les projets sont orientés vers un objectif particulier, il est déconseillé de n'évaluer ces projets uniquement selon l'indicateur proche de cet objectif. Il semble au contraire pertinent d'évaluer les autres impacts du projet à travers l'ensemble des indicateurs proposés, même si le niveau de précision recherché pourra être différent.

Ces recommandations méthodologiques permettront donc de :

- Sensibiliser les parties prenantes (porteur de projet, industriels,...) sur les solutions de MDE
- Proposer un cadre commun pour des expérimentations futures
- Comparer les résultats pour évaluer les solutions les plus performantes des projets financés par l'ADEME
- Informer les pouvoirs publics sur d'éventuelles politiques d'accompagnement au déploiement de ces solutions

Remarques :

Dans ce document, le terme Maîtrise de la Demande en Electricité est entendu au sens large, c'est-à-dire qu'il désigne d'une part les actions visant à réduire la demande en électricité et d'autre part les actions visant à maîtriser les pointes de consommation.

Ces recommandations ne traitent ni de l'efficacité énergétique des bâtiments, ni de l'efficacité intrinsèque des équipements, ni de l'efficacité énergétique active.

## 2. METHODE D'ELABORATION DE LA PRESENTE NOTE ET PERIMETRE D'APPLICATION

Le nombre croissant de projets smart grid en Europe et dans le monde, a conduit différentes instances à développer et proposer des méthodes d'évaluation commune de ces projets. C'est notamment le cas de :

- L'EPRI : ses travaux sont actuellement les plus avancés en matière d'Analyse Coût Bénéfice (ACB) des projets smart grid ; la méthodologie a été développée dans le contexte des réseaux et acteurs des Etats-Unis<sup>1</sup>.
- La Commission Européenne, via le JRC et la DG ENER : une revue bibliographique des études proposant une approche d'analyse systématique des projets a conduit le JRC à conclure que les travaux de l'EPRI sont les plus avancés et les plus complets en la matière. Un travail d'adaptation de ces travaux au contexte européen est en cours.

Par ailleurs, le protocole IPMVP<sup>2</sup> qui permet de mesurer la diminution des consommations d'énergie suite à la mise en œuvre de solutions d'efficacité énergétique, est davantage dédié au Contrat de Performance Energétique (CPE) : il pourrait être utilisé pour évaluer les indicateurs énergétiques ci-dessus mais ne permet pas tel quel d'évaluer les indicateurs « sociologiques » d'acceptabilité et de rémanence comportementale.

Les travaux de l'EPRI et du JRC proposent donc un premier cadre méthodologique qui permet une évaluation globale des projets, en essayant de s'affranchir des différents jeux d'acteurs. Elle permet une approche systématique, et liste les différents points d'attention dans les différents domaines (pertes en ligne, groupe témoins de consommateurs,...).

Néanmoins, cette méthodologie apparaît comme étant trop globale pour l'objectif poursuivi par l'ADEME. L'Agence souhaite en effet proposer une méthode propre au contexte français, qui soit davantage centrée sur les bénéfices apportés au consommateur dans le cadre d'actions de maîtrise de la demande en électricité (MDE) dans le résidentiel, et qui propose des indicateurs simples et « parlants ».

Les recommandations formulées dans la présente note sont ainsi destinées aux projets dont une partie des objectifs est d'étudier les impacts en termes de MDE des solutions ou services déployés. Ces solutions ou services s'appuient sur des « technologies smart grid » pour apporter notamment de l'information au consommateur issues des données du compteur général, des possibilités de pilotage de certains usages à des fins d'effacement, de report ou de stimulation, ou de nouvelles offres de tarification.

La partie MDE des projets peut être majoritaire dans les projets, mais également représenter une partie seulement de l'étude.

De plus, les présentes recommandations ont pour vocation de s'appliquer aux projets réalisés dans le secteur résidentiel, au moins en partie. Les projets exclusivement réalisés dans le secteur tertiaire ne sont ainsi pas concernés.

---

<sup>1</sup>Se reporter également au document du même auteur B. NEENAN et dédié au design des démonstrateurs MDE résidentiel : *Guidelines for Designing Effective energy information Feedback Pilots : research protocols*. EPRI, avril 2010.

<sup>2</sup>*International performance measurement and verification protocol* ou protocole international de mesure et de vérification de la performance énergétique, définit des termes standard et propose des bonnes pratiques permettant de quantifier les résultats des investissements d'efficacité énergétique notamment.

Ce document a fait l'objet d'une élaboration collaborative impliquant les différentes parties prenantes de cette thématique :

Catégorie	Entreprise
<b>Fournisseurs d'électricité</b>	EDF
	GDF Suez
	Direct Energie
<b>Distributeur</b>	ERDF
<b>Opérateur d'effacement</b>	Actility
	Voltalis
<b>Gestionnaires d'énergie</b>	Ijenko
	Legrand
	Schneider Electric
	Delta Dore
<b>Société d'étude et / ou de conseil</b>	Capgemini Consulting
	ECO CO2
	Energies Demain
	Logica Business consulting
<b>Laboratoires orientés MDE et sociologie</b>	CSTB
	Eranos / Sorbonne
	LEPII (CNRS)
	ETICS (Tours)
	Centre de Recherche sur l'Habitat (CNRS)
<b>Associations de consommateurs</b>	UFC-Que Choisir
	La CSF
	Associations Familiales Laïques Paris (AFL Paris)
<b>Autres</b>	UFE
	CRE
	DGEC
	Fédération Française des Télécoms

### 3. RECOMMANDATIONS METHODOLOGIQUES SUR LA STRUCTURATION DES PROJETS

L'ADEME définit les bonnes pratiques à mettre en œuvre sur 4 points principaux identifiés comme les facteurs clés de succès d'une expérimentation robuste. Les informations minimales auxquelles l'Agence souhaiterait avoir accès pour la bonne compréhension des projets sur ces différents aspects sont également spécifiées.

De manière générale, la transparence sur les conditions de l'expérimentation permettra à l'ADEME d'avoir une bonne compréhension globale des résultats et de leur portée.

#### 3.1. RECRUTEMENT DES CONSOMMATEURS

##### 3.1.1. OBJECTIFS

La méthodologie de recrutement des consommateurs est un point déterminant de toutes les expérimentations. Si, selon l'objet du projet, le nombre de personnes constituant le panel et ses caractéristiques peuvent varier, la représentativité et la robustesse des résultats au sein du segment socio-technico-économique et au sein du périmètre spatial d'application visé par le projet, devrait toujours être l'objectif principal du recrutement. Il est à noter que ni l'importance numérique ni la représentativité statistique de l'échantillon ne suffisent à garantir la robustesse des résultats.

Par ailleurs, deux aspects essentiels doivent être pris en compte. Le premier tient au fait que chaque expérimentation diffère (zone géographique, usages étudiés, solutions mises en place, etc.) et les critères de représentativité ne peuvent souvent pas être déterminés à l'avance. Une période d'apprentissage est nécessaire pour mener une étude qualitative permettant d'identifier les critères pertinents. Elle pourrait prendre en compte une durée d'expérimentation de 6 mois (au moins une période de chauffe).

Le deuxième aspect tient au fait que le recrutement se heurte en pratique à de nombreuses limites : contraintes d'éligibilité technique des sites, limites géographiques de la zone de l'expérimentation, accès plus ou moins facilité à une base clients suffisamment large, etc. Il n'est donc pas toujours possible, a fortiori en début d'expérimentation, d'être trop sélectif sur le recrutement des participants.

Aussi, il est possible de distinguer une phase transitoire, en début d'expérimentation et tant qu'un seuil critique de participants n'est pas atteint, où l'on admet que la méthodologie « idéale » de recrutement n'est pas définie et/ou pas applicable et pour laquelle on prévoit des modulations adaptées à chaque critère décrit ci-dessous. Le seuil critique pourrait être fixé à 20% de l'objectif de recrutement du projet.

Dans tous les cas, les choix méthodologiques devront être transparents et explicités dans la présentation des résultats.

##### 3.1.2. RECOMMANDATIONS

Il est ainsi recommandé :

- **De recruter un panel représentatif en termes de caractéristiques sociodémographiques, de caractéristiques du logement (typiquement année de construction ou de rénovation et surface) et du climat propre à la zone de généralisation envisagée pour le dispositif :** l'objectif poursuivi par ces présentes recommandations est d'obtenir, pour chaque projet, des résultats robustes pouvant être au maximum détachés des spécificités du projet. Comme exprimé précédemment, il s'agit en effet de pouvoir tirer des enseignements à plus grande échelle des travaux menés. Pour que ceux-ci puissent être extrapolés en conservant une incertitude raisonnable sur les résultats, le recrutement devrait donc être réalisé sur un panel « représentatif » du segment étudié, correctement dimensionné par rapport aux ambitions du projet. L'échantillon devra être d'autant plus important que l'exigence de précision sera importante. Ainsi, l'étude spécifique d'un type de logement devrait par exemple être faite sur un groupe de consommateurs représentatif de ce type de logement. La table présentée ci-dessous donne l'intervalle de confiance utilisé classiquement (calculé avec une probabilité de 95%) en fonction de l'échantillon et du résultat en pourcentage.



Taille de l'échantillon	2% ou 98%	4% ou 96%	6% ou 94%	8% ou 92%	10% ou 90%	12% ou 88%	15% ou 85%	20% ou 80%	25% ou 75%	30% ou 70%	35% ou 65%	40% ou 60%	45% ou 55%	50%
100	2,7	3,8	4,7	5,3	5,9	6,4	7,0	7,8	8,5	9,0	9,3	9,6	9,8	9,8
150	2,2	3,1	3,8	4,3	4,8	5,2	5,7	6,4	6,9	7,3	7,6	7,8	8,0	8,0
200	1,9	2,7	3,3	3,8	4,2	4,5	4,9	5,5	6,0	6,4	6,6	6,8	6,9	6,9
250	1,7	2,4	2,9	3,4	3,7	4,0	4,4	5,0	5,4	5,7	5,9	6,1	6,2	6,2
300	1,6	2,2	2,7	3,1	3,4	3,7	4,0	4,5	4,9	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7
400	1,4	1,9	2,3	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	4,2	4,5	4,7	4,8	4,9	4,9
500	1,2	1,7	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,4	4,4
600	1,1	1,6	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0
800	,97	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5
1,000	,87	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	2,8	3,0	3,0	3,1	3,1
1,200	,79	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8
1,500	,71	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5
2,000	,61	,86	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2

Lecture : Pour un échantillon de 600 personnes, si 75% déclarent utiliser tel équipement, la réalité (avec une probabilité de 95%) est en fait située entre 71,5% (75% - 3,5%) et 78,5% (75% + 3,5%)

- D'éviter le recrutement de volontaires ou d'utilisateurs déjà très sensibilisés** : il est recommandé que le recrutement se fasse en prenant contact avec les consommateurs pour qu'ils participent à l'étude, plutôt que l'inverse, voire en « opt-out » c'est-à-dire que les consommateurs soient informés qu'ils entrent dans une expérimentation en leur laissant toute liberté pour en sortir. Dans le cas où les consommateurs souhaitent s'inscrire au projet suite à une communication (publicité, site web, conférence, bouche à oreille,...) cela relève de leur part un intérêt particulier pour l'objet d'étude et une sensibilisation potentiellement nettement plus forte que dans le cas précédent. Cette deuxième approche apporte donc un biais plus important en termes de représentativité et d'interprétation à grande échelle des résultats, et doit donc être corrigée, lorsqu'elle ne peut être évitée. La méthodologie de correction et de redressement de la non représentativité de l'échantillon doit être étudiée et décrite avec soin. La mise en place d'échantillon témoins recrutés exactement de la même façon permettra également de palier en partie ce biais.
- De tester les différentes solutions envisagées sur des échantillons similaires, en termes sociologiques, économiques, de thermique du bâtiment, de zone climatique et de façon synchrone dans le temps** : au sein d'un même projet, il est primordial de pouvoir tester différentes solutions comparables ou concurrentes sur des échantillons de même taille et recrutés avec le même souci de représentativité. Dans le cas de solutions pouvant être complémentaires, les solutions seront idéalement testées séparément sur des groupes identiques, et combinées sur un autre groupe, toujours recruté de la même manière.

Il est à noter que le recrutement des panelistes est un des points durs pour chaque expérimentation. Pour les expérimentations nécessitant une installation physique chez le client, la réalité du terrain et les contraintes associées ne doivent pas être négligées ou sous-estimées. Ces contraintes notamment techniques peuvent très nettement faire chuter le taux d'installations effectivement réalisées par rapport aux sites théoriquement compatibles et au nombre d'accords des clients. Il est donc recommandé de pleinement intégrer ce risque très en amont dans la conception de la phase de recrutement en prévoyant une durée et une méthode de recrutement adaptées pour permettre l'atteinte des objectifs. De plus, il est primordial de définir en amont du démonstrateur les cibles visées (géographie, équipements, logement, ...) et d'évaluer la précision recherchée des mesures.

### 3.1.3. INFORMATIONS INTERESSANT L'ADEME

Quels que soient les choix effectués par les pilotes du projet, il sera primordial d'expliquer de manière détaillée le recrutement, notamment concernant :

- Le mode de recrutement (téléphone, face-à-face,...) ;
- Les avantages accordés aux ménages participant à l'expérimentation (volontariat, chèque cadeau, rémunération,...) ;
- la structure des ménages et des logements ;
- La taille de l'échantillon ;
- La représentativité choisie mise en perspective avec les attentes de l'étude.

Les contraintes et difficultés rencontrées pour le recrutement, et plus spécifiquement le taux de recrutement par rapport à la cible choisie seront à mesurer et à analyser.

De même, il sera intéressant de suivre l'évolution du panel, via notamment des retours sur :

- Le taux d'attrition du panel, c'est-à-dire l'évolution dans le temps de la taille des différents groupes ; dans la mesure de possible, les raisons de l'abandon de l'étude seront également demandées (déménagement, contrainte, complexité,...) ;
- L'évolution du taux d'équipement des ménages par groupe et les travaux : achat de gros électroménagers, rénovation d'une partie du logement,...
- Les événements familiaux majeurs : nouveaux nés, vacances hors et au sein du logement, maintien au domicile prolongé,...
- La nature et la fréquence des échanges avec le panel (animation du panel).

## 3.2. CONSOMMATIONS DE REFERENCE (BASELINE)

### 3.2.1. OBJECTIFS

Les consommations de référence sont les consommations qu'aurait eu théoriquement le panel étudié si aucune solution de MDE n'avait été testée (toutes choses étant égales par ailleurs : climat, bâti, usages, équipements,...)<sup>3</sup>. Entièrement théorique, cette référence constitue néanmoins un élément clé de la détermination des résultats du projet. Les consommations et comportements observés sont en effet comparés à cette référence pour en déduire les modifications apportées par les solutions testées.

La méthode IPMVP pourra par exemple être utilisée.

### 3.2.2. RECOMMANDATIONS

Afin de constituer la référence, base du calcul des différents indicateurs, il sera recommandé de :

---

<sup>3</sup> Lors de comparaisons avec un groupe de référence, on parle « d'essais randomisés contrôlés ouverts » (par opposition à double aveugle). Il s'agit de méthodologies classiques utilisées, par exemple, lors de tests cliniques pour évaluer les effets d'un traitement sur une population cible. Ces techniques impliquent un outillage statistique robuste pour l'interprétation des résultats et optimisent le compromis apport d'information / coût.

- **Se baser, si cela est possible, à la fois sur un échantillon témoin et sur des consommations historiques.** Le cas échéant, la comparaison des données historiques de l'échantillon témoin et de l'échantillon étudié, et la comparaison synchronique entre échantillon étudié et témoin permettront de corriger les fluctuations observées de manière tendancielle sur l'ensemble de l'échantillon. Par exemple, un hiver rigoureux impactera l'échantillon témoin et l'échantillon étudié. Le croisement des données historiques des deux groupes et la comparaison synchroniques des deux groupes entre eux permettront de voir si les pratiques de consommation varient plus ou moins selon que le ménage participe au projet ou non. Lorsque que cette combinaison (échantillon témoin et données historiques) ne sera pas possible, la solution sera de se baser sur un échantillon témoin plutôt que sur les consommations historiques, les facteurs endogènes et exogènes pouvant nettement varier au court du temps.
- **De recruter l'échantillon témoin selon les mêmes soucis de représentativité que l'échantillon testant les solutions** (cf. § précédent).
- **De s'attacher à constituer des groupes de manière à ce que leurs historiques de consommation soient statistiquement comparables à un pas de temps le plus réduit possible.**

Il est à noter que :

- dans les projets où la **combinaison des deux approches** (échantillon témoin + historique) n'est possible que sur une partie seulement de l'échantillon, la reconstitution de la référence théorique via l'historique des consommations viendra tout de même utilement affiner et corriger l'analyse faite sur l'échantillon étudié.
- L'échantillon témoin pourra être éventuellement équipé de solutions permettant de disposer du même niveau d'information sur ses consommations que pour les panels de consommateurs testant les solutions, c'est-à-dire disposer des mêmes équipements que l'autre groupe sauf du dispositif dont on cherche précisément à mesurer l'effet. Cet équipement sera idéalement le plus invisible pour les ménages du panel témoin, afin de minimiser le risque d'introduire un biais dans le comportement des occupants qui pourraient se sentir observés. De même, toujours afin de minimiser les biais d'observation, ces ménages ne seront pas ou très peu impliqués dans le projet (peu de communication, avant et durant le projet par exemple).

### 3.2.3. INFORMATIONS INTERESSANT L'ADEME

La justification des choix en matière de référence choisie pourra s'avérer tout à fait intéressante. Il s'agira en effet que l'ADEME puisse comprendre les choix opérés au regard des spécificités du projet.

## 3.3. ECHANTILLON TEMOIN HORS ANIMATION

### 3.3.1. OBJECTIFS

Afin de maintenir un niveau de motivation minimal et d'éviter une attrition trop grande du panel, les panels de consommateurs sont « animés » pour les besoins de l'expérimentation, c'est-à-dire qu'ils reçoivent une sollicitation (enquête, mail, appel,...) plus ou moins fréquente (typiquement tous les 2-3 mois). Ceci a pour conséquence d'augmenter ou maintenir un biais d'observation important, dit effet *Hawthorne* (augmentation de la motivation et des économies due à la participation à une expérimentation).

Pour obtenir des résultats les plus proches de la réalité et des conditions de déploiement à grande échelle des solutions, les méthodologies retenues permettront de limiter les effets de l'animation. Ceux-ci seront clairement identifiés et explicités lors de la présentation des résultats.

Il est à noter que la solution testée peut elle-même viser à qualifier l'efficacité de certaines sollicitations (accompagnement personnalisé du client, approche de type « marketing » des économies d'énergie,...). Dans ce cas, les sollicitations doivent être maintenues telles qu'envisagées dans le service final. Les recommandations ci-dessus s'appliquent dans le cas où le projet comprendrait des sollicitations complémentaires d'animation du panel propre à l'expérimentation.

### 3.3.2. RECOMMANDATIONS

Dans le cas où l'expérimentation s'appuie sur un panel « animé », et afin de limiter et mesurer l'effet de l'animation sur les consommateurs, il est recommandé de :

- **Limiter les incitations et les rappels qui ne font pas pleinement partie de l'expérimentation :** sondage, mailing,...
- **Diminuer si possible le rythme de ce genre de communications** au cours du projet, voire de les suspendre si l'expérimentation le permet
- **Prévoir un sous-groupe témoin non sollicité :** dans chaque groupe, c'est-à-dire pour chaque solution testée, un sous-groupe témoin ne sera pas animé.

Le schéma ci-dessous illustre la méthodologie proposée : recrutement selon les mêmes critères d'un groupe et d'un sous-groupe non animé par solution testée, et d'un panel témoin (cf. § 3.2 ci-dessus).

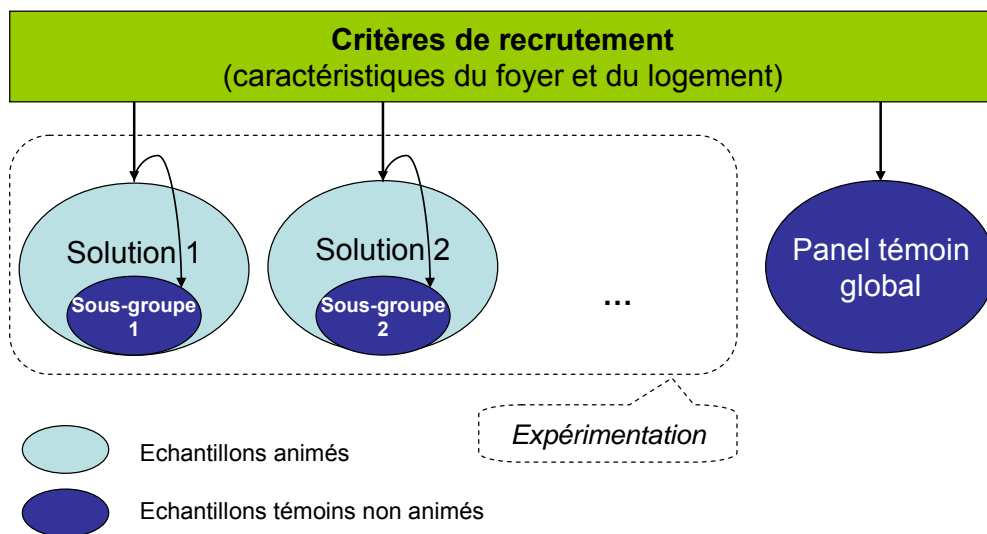


Figure 1 – Illustration des recommandations de recrutement de panels témoins (non animés)

Au-delà des caractéristiques initiales du panel, il est en revanche primordial de suivre l'évolution de ces panels a minima afin de s'assurer qu'ils conservent des caractéristiques compatibles avec les objectifs du projet, et de prévoir, le cas échéant, des moyens d'éviter une dérive importante d'une ou plusieurs de ses caractéristiques.

### 3.3.3. INFORMATIONS INTERESSANT L'ADEME

Renseigner la fréquence et détailler le type de sollicitation permettra de mieux comprendre les résultats et leur représentativité. Il sera également intéressant de préciser le type de communication réalisé au sein du projet (à destination des ménages participant à l'expérimentation) : publicité, plateforme communautaire, organisation d'événements,...

De plus, les enseignements tirés du ou des groupes témoins apporteront un éclairage indispensable aux résultats globaux de l'étude : l'appropriation des ménages a-t-elle beaucoup changé entre un échantillon animé et un échantillon non sollicité ? quelles sont les différences en termes quantitatifs et qualitatifs entre les deux approches ?...

### **3.4. MESURE DE LA DURABILITE DES CHANGEMENTS DE COMPORTEMENT**

#### **3.4.1. OBJECTIFS**

Les modifications de comportement attendues ou escomptées lors des expérimentations s'inscrivent sur des échelles de temps en général plutôt longues. L'objectif est en effet souvent une modification profonde des comportements des ménages face à leur usage et leur perception de l'électricité. L'enjeu est donc de connaître quels seront dans la durée, c'est-à-dire au bout de plusieurs années, les comportements des consommateurs vis-à-vis de ces solutions.

Au-delà de la qualification des bénéficiaires d'une solution, l'ADEME souhaite pouvoir connaître la dynamique de l'intérêt des consommateurs pour une solution (suivi temporel de l'intérêt du ménage pour la solution), mais surtout de la durabilité des changements de comportements : la solution devient-elle « rapidement » transparente ou partie intégrante des habitudes du foyer, ou au contraire, ne suscite-t-elle de l'intérêt que sur une courte période, avant d'être oubliée ou déconnectée ? Le véritable résultat d'une expérimentation sera davantage ses effets longs termes ou dans un régime « stabilisé », d'adoption de la solution, que ceux obtenus sur la seule durée du projet.

Il est à noter que les solutions d'incitation régulière et d'information active des consommateurs, qu'elles soient de type « alertes incitatives » (alertes lors du dépassement d'un seuil de consommation ou au moment d'une pointe de consommation sur le réseau par exemple) ou autre, devraient permettre d'améliorer sensiblement la durabilité des comportements. Il sera intéressant d'arriver à isoler leur effet dans le cas de projets intégrant plusieurs solutions.

#### **3.4.2. RECOMMANDATIONS**

Il est recommandé de prévoir une durée d'expérimentation suffisamment longue pour laisser apparaître les comportements « hors effet de nouveauté ».

Si dans l'idéal, l'expérimentation devrait être menée sur au moins 2 ans, une durée d'étude couvrant au moins deux saisons de chauffe paraît le minimum souhaitable. Une telle durée permettra également de mesurer les comportements énergétiques sur un cycle saisonnier complet et de travailler sur la notion de budget annuel, importante dans les arbitrages faits par les ménages.

NB : il est souhaitable que l'effet *Hawthorne* décrit précédemment soit pris en compte dans l'estimation de la durabilité des comportements, afin d'estimer une durée « réelle » d'intérêt ou « d'adoption » de la solution. Comme évoqué dans le paragraphe précédent, les résultats seront ainsi à interpréter en regard de la méthode d'animation du panel.

#### **3.4.3. INFORMATIONS INTERESSANT L'ADEME**

Les éléments justifiant le choix de la durée d'étude permettront à l'ADEME de comprendre le contexte précis de l'expérimentation et de mettre en perspective les résultats.

Il pourra être utile, pour permettre une analyse la plus complète possible des solutions, de proposer une extrapolation des résultats, éventuellement selon plusieurs scénarios : l'objectif sera de présenter une estimation (qualitative et/ou quantitative) des résultats en « régime stabilisé » d'adoption de la solution, ou la courbe moyenne d'évolution de l'intérêt de la solution, et son évolution possible sur les prochaines années. Les méthodes d'extrapolation seront à mettre au point en fonction de la taille et de la nature de l'échantillon. Les biais seront explicités en amont des résultats afin d'en nuancer le contenu (signalement des approximations, des hypothèses de base, des incertitudes aussi bien des données que des outils de simulation).

#### 4. INDICATEURS

Pour l'ensemble des projets, les aspects qualitatifs des indicateurs proposés ont une grande importance. Dans le cas d'indicateurs également quantitatifs, le chiffre seul ne revêt en effet que peu d'intérêt. Ce sont surtout les explications accompagnant les résultats obtenus, et l'identification des freins majeurs et les voies de progrès, qui revêtiront un intérêt particulier pour l'ADEME.

Pour chaque indicateur, une **évaluation de l'incertitude sur les résultats** apportera un éclairage majeur, et permettra de caractériser la méthodologie employée sur un indicateur donné et de moduler la comparaison inter projet des résultats.

Il conviendra ainsi de définir avant l'expérimentation, le degré de précision recherché en fonction du résultat anticipé. Chaque résultat devra être accompagné de son calcul de fiabilité permettant de juger ou non de son caractère significatif. Il sera conseillé d'impliquer des compétences en statistiques dans les équipes de conception et d'évaluation des démonstrateurs, notamment pour la mise en place de méthodes de calcul d'incertitude les plus fiables possibles. Le traitement statistique sera à préciser pour chaque indicateur.

##### 4.1. IMPACT SUR LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE

###### 4.1.1. OBJECTIFS

Les solutions innovantes de MDE testées dans le cadre des démonstrateurs ont notamment pour ambition de réduire à terme, suite à leur déploiement, la consommation globale d'électricité des ménages.

Ce premier indicateur vise à qualifier les changements de comportement et à quantifier les économies d'électricité effectivement réalisées par rapport à la référence définie (cf. § 3.2 ci-dessus).

Si ces recommandations s'adressent plus particulièrement à l'électricité, les efforts concernant la maîtrise de la demande en énergie, notamment ceux faisant appel aux sciences comportementales, sont bien valables et pertinents pour toutes les énergies. Il sera également important d'analyser leurs impacts sur la consommation de tous types d'énergies.

Il est important de noter que l'évaluation des économies d'énergie générées par un système de gestion de la demande électrique doit être ramenée en énergie primaire lorsqu'on la compare à des systèmes alimentés par d'autres énergies.

Par ailleurs, si les consommations liées aux solutions testées doivent bien entendu être incluses dans le calcul, il est en revanche possible de retirer les consommations des équipements spécifiques à l'instrumentation de l'expérimentation. Les consommations des technologies de l'information et de la communication (TIC) externes aux logements mais associées aux solutions testées (datacenters, concentrateurs,...) seront incluses dans le calcul de l'impact sur la consommation. A minima, un ratio de consommation par foyer ou par kWh économisé sera proposé.

###### 4.1.2. ASPECT QUALITATIF

Dans la mesure du possible, l'identification qualitative et le suivi tout au long du projet des changements de comportements expliquant l'impact sur la consommation pourront être menés. Celle-ci permettra d'expliquer les résultats obtenus mais aussi et surtout d'identifier les grandes tendances en termes de changements de comportement. Par exemple, la comparaison entre échantillon étudié et échantillon témoin permettra de voir s'il existe une réelle valeur ajoutée de la solution testée (échantillon étudié) sur l'évolution des pratiques de consommation par rapport aux évolutions tendanciennes observées globalement dans la société (échantillon témoin) : usages concernés, typologies de ménages les plus impliqués et de leurs logements, axes et discours de communication à favoriser,...

L'instrumentation du logement devra ainsi être réalisée de façon à pouvoir collecter toutes les informations nécessaires à l'évaluation quantitative de l'impact, au niveau de chacun des usages que l'on

désire suivre (ex. chauffage, éclairage, eau chaude...). Le cas échéant, on pourra aussi mettre en place une instrumentation complémentaire afin de fournir des données plus précises sur les changements de comportement, et donc être en mesure de mieux interpréter les économies d'énergie réalisées (par exemple, des informations sur la température du logement, l'ouverture des fenêtres,...). Dans le cas d'un suivi précis des usages par des capteurs, il peut être intéressant de mettre en place des indicateurs de suivi des usages énergivores pour voir s'ils diminuent au cours de l'expérimentation.

#### 4.1.3. ASPECT QUANTITATIF

##### 4.1.3.1. METHODE DE CALCUL PROPOSEE

Le calcul de cet indicateur se base sur le croisement des données issues de l'échantillon de référence et les données historiques. L'indicateur quantifie l'évolution des consommations pour une période donnée, comme l'illustre de manière schématique la figure ci-dessous.

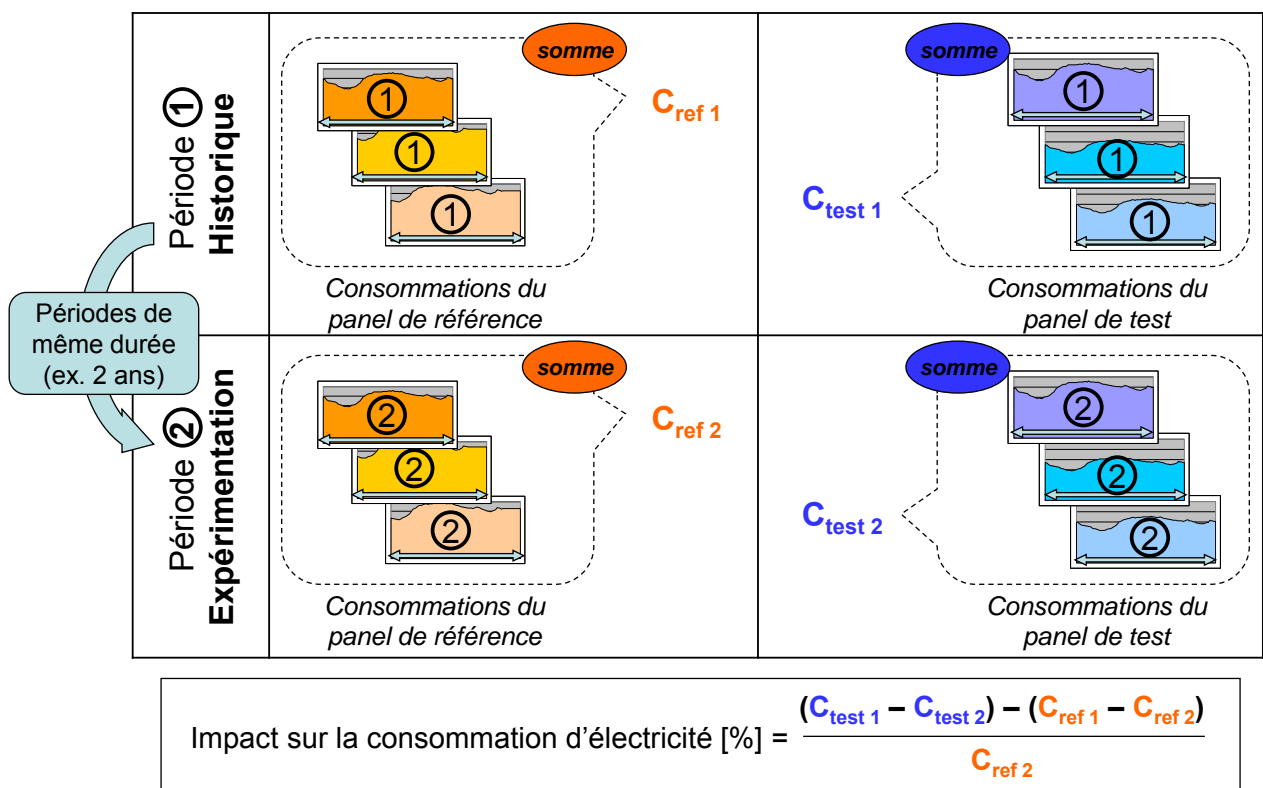


Figure 2 – Illustration du calcul de l'indicateur d'impact sur la consommation d'électricité

Sur l'ensemble des groupes et sous-groupes pertinents, et sur la période considérée, l'indicateur sera donc calculé de la manière suivante :

$$\text{Impact sur la consommation d'électricité [\%]} = [(C_{\text{test } 1} - C_{\text{test } 2}) - (C_{\text{ref } 1} - C_{\text{ref } 2})] / C_{\text{ref } 2}$$

Où :

$C_{\text{ref}}$  est la somme des consommations du panel de référence pour la période considérée, pour le groupe ou sous-groupe considéré

$C_{\text{test}}$  est la somme des consommations du panel test pour la période considérée, pour le groupe ou sous-groupe considéré

La période 1 désigne la période durant laquelle la consommation historique a été mesurée

La période 2 désigne la période de test

Les périodes 1 et 2 sont de même durée

Selon les projets, l'échantillon de consommateurs pourra être distingué en plusieurs sous-groupes.

Il sera important que l'impact sur la consommation d'électricité soit calculé en tenant compte du type de l'échantillon et des données disponibles et dans le but de couvrir les groupes et temporalités suivants :

- Au global, sur l'ensemble de l'expérimentation ;
- Par segment de consommateurs et de logement ;
- Par sous-groupe, le cas échéant ;
- Par segment de consommateur et de logement pour chaque sous-groupe.

Il est à rappeler que le recrutement pourra idéalement permettre de réaliser l'ensemble de ces analyses sur des groupes et sous-échantillons comparables et permettant d'obtenir des résultats robustes. En particulier, les panels de références et les panels tests

Il est recommandé de préciser la taille de chacun des sous-échantillons considérés pour le calcul ainsi que les calculs d'incertitude associés à chaque résultat. Le cas échéant, il apparaît important que le porteur de projet signale la taille réduite d'un ou plusieurs sous-groupes et donc les limites des résultats associés.

#### Prise en compte des pertes en ligne (pertes techniques sur les lignes de transport et de distribution)

Lorsque l'on raisonne en termes d'économie d'électricité globale générée au niveau national par une solution, l'évolution des consommations est également répercutée sur les pertes en ligne. Etant donné qu'il apparaît complexe d'étudier finement et au cas par cas cet aspect, il est proposé de traduire, de manière séparée, l'impact sur la consommation d'électricité en termes de pertes en ligne en utilisant un ratio moyen de 8% de pertes (Source : Bilan Carbone).

Naturellement, si une méthodologie plus fine de quantification des pertes en ligne est développée dans le projet, elle pourra être proposée en complément de cette première indication.

#### Correction climatique

Une correction climatique pour les consommations thermosensibles (chauffage en particulier) peut s'avérer nécessaire. 2 types de situations sont envisageables :

- a. L'existence d'une disparité en termes de représentativité géographique entre le groupe témoin et le groupe test peut impliquer des différences de conditions climatiques et ainsi avoir une influence non négligeable sur les consommations d'énergie. Cela risque de fausser les estimations d'économies d'énergie réalisées. Pour cela, on peut proposer une correction climatique simple, comme celle faisant intervenir les DJU (cf. méthode adoptée par l'Observatoire de l'énergie pour le bilan énergétique annuel) : pour chaque type d'énergie consommée, on calcule une série corrigée des variations climatiques :



$$CC = CR / (1 + p * (r - 1))$$

Où :

*CC est la consommation corrigée d'une énergie donnée pour un secteur donné*

*CR est la consommation réelle correspondante*

*p est la part de la consommation sensible au climat*

*r est l'indice de rigueur de l'année  $r = DJU / DJUm$*

Avec :

*DJU = somme des degrés-jours de la période de l'année qui va de janvier à mai et d'octobre à décembre (inclus), c'est-à-dire faisant partie d'une « saison de chauffe ». On propose de calculer les DJU a minima par zone climatique.*

*DJUm est le DJU d'une année moyenne (2 061 pour la période trentenaire 1976-2005)*

- b. Les conditions climatiques peuvent de plus influencer directement sur les économies d'énergie réalisées. Par exemple, si une expérimentation concerne le pilotage de chauffage électrique, le gisement sera nettement plus important et facile d'accès pendant un hiver rigoureux que pendant un hiver doux. Les économies d'énergie seront a priori plus importantes dans ce cas, et la comparaison entre différentes expérimentations / années sera biaisée à la source.

S'il ne semble pas pour le moment possible d'effectuer une correction de ce biais, il paraît important d'apporter un indicateur qualitatif sur la part des consommations thermosensibles prises en compte dans l'expérimentation et la rigueur des conditions climatiques afin d'éclairer les comparaisons entre expérimentations / solutions / années.

#### 4.1.3.2. RESULTATS ATTENDUS

Cet indicateur permettra principalement d'exprimer en % l'écart des consommations entre l'échantillon témoin dit de référence et l'échantillon test. Il sera intéressant de distinguer plusieurs périodes pour le calcul de cet indicateur :

- L'impact sur la durée totale du projet ;
- L'impact sur la période de chauffe ;
- L'impact hors période de chauffe.

D'autres périodes pertinentes pourront être étudiées le cas échéant. Néanmoins, ces périodes devraient rester suffisamment longues pour inclure les effets de report (pour l'effacement en particulier) ou effets rebond.

De plus, il sera intéressant de calculer cet indicateur pour les différents sous-groupes représentatifs constitués pour l'expérimentation évoqués précédemment. Dans l'idéal, les calculs permettront donc de remplir le tableau suivant :

<i>Impact sur la consommation d'électricité par rapport au panel témoin (%)</i>		Périodes		
		Durée totale de l'expérimentation	Période de chauffe *	Hors période de chauffe *
<b>Typologies de ménage et de logement</b>	Totalité du projet			
	Sous-groupe 1			
	Sous-groupe 2			
	Sous-groupe 3			
	...			

**Tableau 1 – Résultats types issus du calcul de l'impact sur la consommation d'électricité sur plusieurs périodes (\* préciser les dates afin de permettre une extrapolation)**

En plus du pourcentage d'évolution des consommations, il sera également pertinent de restituer, sur chaque groupe identifié et au global, par année et sur la durée totale du projet :

- Les kWh économisés / client ;
- Les MWh économisés ;
- Les MWh de référence.

Les pertes en lignes pourront être estimées au global uniquement, et non par sous-groupe.

## 4.2. ACCEPTABILITE PAR LES CONSOMMATEURS

### 4.2.1. OBJECTIFS

Cet indicateur a pour objectif de préciser l'acceptabilité de la solution de MDE par les consommateurs selon quatre aspects :

- l'impact qualitatif et quantitatif sur les services énergétiques rendus par l'électricité pouvant faire l'objet de pilotage de la demande (notamment sur le confort thermique) ;
- le niveau de satisfaction du dispositif ;
- le niveau de contrainte (davantage de gestes, complexité d'utilisation,...) ;
- les gestes qu'ils ont mis en œuvre ou qu'ils déclarent avoir mis en œuvre.

Il permettra de compléter et d'éclairer utilement le premier indicateur défini précédemment, en permettant d'identifier quels sont les déterminants favorisant les économies d'électricité dans les foyers. Rappelons que, quelle que soit l'efficacité de la solution technique, son déploiement à grande échelle ne verra le jour qu'en en garantissant l'acceptabilité par les consommateurs.

### 4.2.2. ASPECT QUALITATIF DECLARATIF

Cet indicateur est en grande partie qualitatif. Il devrait reposer sur une enquête auprès des consommateurs participant à l'expérimentation dans les différents groupes réalisée au cours et à la fin de l'expérimentation. Il est recommandé qu'elle soit élaborée par les sociologues intervenant sur le projet.

Il reviendra aux sociologues de chaque expérimentation de définir le guide d'entretien incluant les questions qu'ils jugeront pertinentes dans le cadre du projet tout en respectant l'acceptabilité de la démarche par rapport aux expérimentateurs (en leur proposant un nombre raisonnable de questions).

Les éléments de questionnaire proposés sont les suivants :

- a) Caractéristiques sociodémographiques des ménages :
  1. Catégorie socioprofessionnelle
  2. Revenu
  3. Nombre de personnes par foyer, dont nombre d'enfants
  4. Age de la personne de référence
  5. ...
- b) Recrutement :
  1. motivation à participer : réduire son impact environnemental, tester des nouvelles technologies, attrait d'une gestion automatisée, accroître son confort, réduire sa facture,...
  2. éventuelle motivation incitative : prime, cadeau...
  3. cause du refus : solution considérée intrusive, coût de la solution, atteinte à la vie privée, expérimentation considérée comme complexe, connaissance déjà suffisante des sujets énergétiques au sein du foyer,...
- c) Sensibilité : technophile, pro environnemental, etc.
- d) Caractéristiques du logement :
  1. Situation géographique
  2. Type de logement (individuel / collectif)
  3. Surface du logement
  4. Date de construction et de rénovation, le cas échéant
  5. Date d'emménagement ou ancienneté dans le logement
  6. Statut des occupants (propriétaire / locataire)
  7. Type de chauffage (individuel / collectif)
    - i) *Nombre et type de sources d'énergie pour le chauffage*
    - ii) *Type de chauffage si individuel : électrique effet Joule, pompe à chaleur, gaz...*
    - iii) *Type de chauffage si collectif : gaz, fioul, urbain...*
  8. Type de ventilation : ventilation naturelle ou aidée par venturi, ventilation mécanique contrôlée simple flux, ventilation mécanique double flux
  9. Type de production d'ECS : électrique à accumulation, gaz individuel, collectif,...
  10. Existence d'un chauffage d'appoint : cheminée, poêle, radiateur électrique...
  11. Nombre d'équipements bruns (TV, ordinateurs, consoles de jeux, chaînes hifi,...) et blancs (lave-linge, lave-vaisselle, sèche-linge, congélateur seul,...)
- e) Utilisation de la solution (comprend plutôt du factuel) :
  1. Rythme d'utilisation, par exemple : « A quelle fréquence utilisez-vous le *dispositif testé* ? Plusieurs fois par jour ; Environ 1 fois par jour ; Environ 2 ou 3 fois par semaine ; Environ une fois par semaine ; Environ une fois par mois ; Moins d'une fois par mois »

2. Effet de nouveauté et durabilité de l'utilisation, par exemple : « Au bout de quelques semaines, utilisez-vous le *dispositif testé* ? Davantage qu'au début ; Autant qu'au début ; Moins qu'au début ; Vous ne l'utilisez plus »
  3. Quelles informations intéressent le plus l'utilisateur (dans le cas notamment de dispositif d'information ou d'affichage) :
    - i) *Consommation de la journée en temps réel*
    - ii) *Coût de la journée en temps réel*
    - iii) *Puissance appelée en temps réel*
    - iv) *Puissance maximale appelée journalière*
    - v) *Courbe de charge journalière*
    - vi) *Prix de l'électricité en temps réel*
    - vii) *Comparaison avec autre foyer (foyer exemplaire, même type de foyer, communauté, voisins, etc)*
    - viii) *Comparaison avec historique (avec ou sans correction du climat)*
    - ix) *Consommation par usage (chauffage, éclairage, équipements électroménagers,...)*
    - x) *Economies d'électricité par rapport à périodes précédentes*
    - xi) *Emissions de CO2*
    - xii) *Les alertes sur dépassement de consommation (objectifs fixés)*
  4. Quelle information et quel support de communication ont contribué à un changement de comportements ? Quelle est la localisation optimale de ces supports dans l'habitat ? Quelle fréquence des messages permet un changement de comportement durable ?
- f) Acceptabilité de la solution (comprend plutôt du subjectif) :
1. Indicateur d'acceptabilité de la solution au sein du ménage :
    - i) *Quels membres de la famille se sont saisis de la solution (enfants, personne qui paye les factures, personne qui agit au quotidien,...) ?*
    - ii) *Quelle place la solution a-t-elle prise dans le foyer ? dans les discussions ?*
    - iii) *Etc.*
  2. Accompagnement :
    - i) *Quelles sont les attentes de l'utilisateur ?*
    - ii) *S'est-il senti démuné face à la solution ?*
    - iii) *Quels conseils souhaiterait-il recevoir ?*
    - iv) *Etc.*
- g) Sensibilisation :
1. La solution a-t-elle indirectement amené les ménages à reconsidérer leur point de vue sur l'énergie dans le foyer ?
  2. Des actions complémentaires (études thermiques, travaux, achat de matériels performants,...) ont-elles été menées par le ménage ? sont envisagées ?
  3. Etc.

La liste proposée ci-dessus est sujette à évolutions ou compléments en fonction du projet, des échantillons et de son contexte technico-économique.

#### **4.2.3. ASPECT QUANTITATIF MESURE**

Un certain nombre de dispositifs permettent d'avoir accès de manière précise à l'utilisation réelle des technologies ou services proposés. C'est par exemple le cas des sites internet : temps de connexion total, temps de connexion sur chaque page consultée,...

Il sera intéressant de mesurer ces différents éléments afin d'apporter des éléments quantifiés précis en regard des résultats des différentes enquêtes.

Des moyens de mesure quantitatifs et qualitatifs de services rendus pourront être mis en place afin d'objectiver les résultats de l'enquête et établir ce qui ressort de la sobriété énergétique et ce qui ressort de l'efficacité énergétique.

A ce titre, il est recommandé d'apporter une attention particulière à la question du maintien du confort des utilisateurs. Il est à noter que l'analyse du confort perçu va bien au-delà des seules données issues des sondes de température (prise en compte des apports passifs et autres perturbations extérieures à l'expérimentation, importance du positionnement des sondes, hygrométrie,...). Ceci pourra notamment permettre de vérifier que l'expérimentation se déroule bien dans des modifications de confort acceptables. De plus, une note pourra être donnée sur chaque aspect par les consommateurs interrogés lors des enquêtes. Une note moyenne globale pourra permettre de quantifier l'acceptabilité des solutions. C'est essentiellement le suivi dans le temps de cette note moyenne qu'il sera intéressant d'analyser (cf. §4.3 ci-dessous).

#### **4.2.4. ASPECT QUALITATIF**

Afin de compléter les questionnaires et d'éclairer les raisons des réponses obtenues, des entretiens semi-directifs pourront être menés auprès des personnes des échantillons, et ce à plusieurs moments de l'expérimentation. Des observations peuvent également être mises en œuvre dans une approche plus ethnographique. L'ensemble des outils qualitatifs utilisés devront s'intégrer dans une méthodologie globale associant qualitatif et quantitatif.

Il sera notamment intéressant de questionner et d'étudier la perception du consommateur d'un indicateur CO<sub>2</sub> et la modification éventuelle de comportement qui en découle.

### **4.3. DURABILITE DES CHANGEMENTS DE COMPORTEMENTS DES CONSOMMATEURS**

#### **4.3.1. OBJECTIFS**

Au-delà de la photographie réalisée à un instant donné sur les différentes composantes évoquées précédemment, il sera intéressant de mesurer, tant pour les aspects qualitatifs que quantitatifs, l'évolution dans le temps de l'acceptabilité des solutions par les consommateurs et la durabilité de leurs changements de comportement : un enjeu majeur est en effet de mesurer et comprendre comment ces changements s'inscrivent dans la durée.

La durabilité des changements de comportement pourra être mesurée avec le suivi dans le temps des indicateurs suivants :

- Impact sur la consommation d'électricité (4.1)
- Acceptabilité par les consommateurs (4.2)
- Impact sur la pointe locale / nationale (4.3)

#### 4.3.2. ASPECT QUALITATIF

Un suivi régulier et une analyse qualitative permettront d'identifier les nouvelles pratiques et éventuellement de rendre compte du processus de modification des comportements. Cette analyse parmi les principaux groupes apportera des éléments de compréhension et des pistes d'amélioration très utiles au déploiement des solutions testées.

Dans la mesure du possible, l'étude de la durabilité des comportements sera dissociée par usage.

#### 4.3.3. ASPECT QUANTITATIF

La durabilité des changements de comportement pourra être quantifiée via le suivi régulier, sur la durée du projet, de l'évolution des indicateurs, idéalement à la fréquence suivante :

- Impact sur la consommation d'électricité (4.1) : suivi mensuel ;
- Acceptabilité par les consommateurs (4.2) :
  - Il paraît nécessaire que l'enquête qualitative puisse être menée au moins à deux reprises sur l'ensemble des consommateurs (par exemple au bout de quelques mois et à la fin de l'expérimentation) ; des enquêtes supplémentaires pourront éventuellement utilement permettre de compléter l'analyse.
  - Les aspects quantitatifs seront idéalement mesurés de manière périodique (au minimum tous les mois).
- Impact sur la pointe locale / nationale (4.3) : suivis mensuel.

De plus, une extrapolation des résultats sur 3 ou 5 ans de ces trois indicateurs pourra être proposée, en détaillant la méthodologie utilisée.

### 4.4. IMPACT SUR LA COURBE DE CHARGE ET LA POINTE LOCALE / NATIONALE

#### 4.4.1. OBJECTIFS

Que ce soit leur objet premier ou non, les solutions innovantes de MDE ont un impact sur la courbe de charge du consommateur testant la solution, et au global, sur le périmètre du projet. Cet indicateur vise à quantifier cet impact.

Des précisions concernant les conditions d'expérimentations seront utiles à l'ADEME, notamment :

- Les usages concernés ;
- Les temps moyens d'effacement ou de modification de la puissance appelée par échantillon et par usage ;
- Le but poursuivi :
  - Minimisation de la pointe locale
  - Minimisation de la pointe nationale
  - Lissage global de la courbe de charge
  - ...

#### 4.4.2. ASPECT QUALITATIF

Dans la mesure du possible, l'identification qualitative des changements de comportements ayant un impact sur la courbe de charge pourra être menée. Il pourra être intéressant notamment de comprendre

les reports d'usages concernés et la compréhension des ménages de la notion de lissage de charge, ou de l'impact sur le réseau de leur consommation (notion de pics en hiver notamment).

#### 4.4.3. ASPECT QUANTITATIF

##### 4.4.3.1. METHODE DE CALCUL PROPOSEE

Le calcul de cet indicateur se base sur le croisement des données issues de l'échantillon de référence et les données historiques. Le calcul de cet indicateur quantifie l'écart des appels de puissances de l'échantillon étudié (test) par rapport à la puissance appelée dans le panel de référence, comme l'illustre la figure ci-dessous :

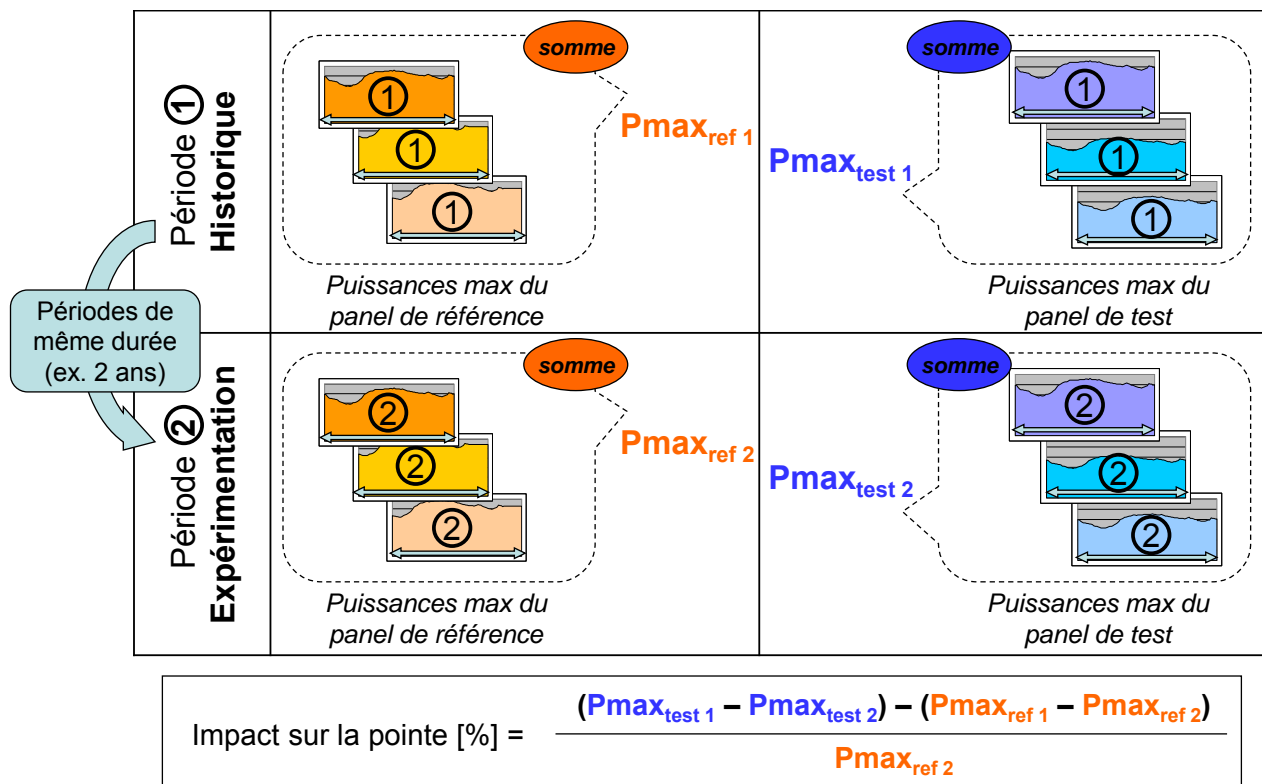


Figure 3 – Illustration du calcul de l'indicateur d'impact sur la courbe de charge locale / nationale

Sur l'ensemble des groupes et sous-groupes pertinents, et sur la période de test, l'indicateur sera donc calculé de la manière suivante :

$$\text{Impact sur la pointe [\%]} = [(P_{max_{test 1}} - P_{max_{test 2}}) - (P_{max_{ref 1}} - P_{max_{ref 2}})] / P_{max_{ref 2}}$$

Où :

$P_{max_{ref}}$  est la puissance maximale appelée dans le panel de référence sur la somme des courbes unitaires synchronisées, pour le groupe ou sous-groupe considéré

$P_{max_{test}}$  est la puissance maximale appelée dans panel test sur la somme des courbes unitaires synchronisées, pour le groupe ou sous-groupe considéré

La période 1 désigne la période durant laquelle la consommation historique a été mesurée

La période 2 désigne la période de test

Les périodes 1 et 2 sont de même durée

Plus le pas de calcul de la puissance sera fin, plus cet indicateur pourra être utile et exploitable.

#### 4.4.3.2. RESULTATS ATTENDUS

Cet indicateur permettra principalement d'exprimer en % l'écart des puissances maximales appelées entre l'échantillon témoin de référence et l'échantillon test. Il sera intéressant de distinguer plusieurs périodes pour le calcul de cet indicateur :

- L'impact moyen sur la durée totale du projet ;
- L'impact moyen sur la période de chauffe ;
- L'impact maximal sur la période de chauffe, en précisant la plage horaire correspondante ;
- L'impact moyen hors période de chauffe ;
- L'impact maximal hors période de chauffe, en précisant la plage horaire correspondante ;
- L'impact au(x) moment(s) de la (des) pointe(s) locale(s) / nationale(s).

Dans le cas où plusieurs types de sollicitation coexisteraient dans le projet (effacement, tarification dynamique,...) les résultats seront dans la mesure du possible détaillés par type de sollicitation. D'autre part, ils seront accompagnés de la méthode de mesure ou d'acquisition de la puissance.

### 4.5. IMPACT SUR LES EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

#### 4.5.1. OBJECTIFS

Cet indicateur a pour objectif de traduire en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> l'évolution des consommations d'énergie (premier indicateur), incluant les consommations électriques associées au système d'information centralisé nécessaire et aux éventuels dispositifs additionnels in situ (afficheur, box supplémentaire,... hors dispositifs spécifiques expérimentaux d'émulation et de mesures complémentaires notamment).

#### 4.5.2. ASPECT QUANTITATIF

##### 4.5.2.1. METHODE DE CALCUL PROPOSEE

Pour chaque segment identifié précédemment, l'impact en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> pourra être calculé en utilisant le facteur d'émission temps réel (g CO<sub>2</sub> / kWh) issu des données RTE.

Ces calculs se feront ex post, à la maille temporelle des données de consommation mesurées.

En plus des résultats issus de cette méthode, d'autres résultats pourront être présentés, accompagnés d'une description détaillée de la méthodologie employée pour les calculer.

##### 4.5.2.2. RESULTATS ATTENDUS

Les calculs permettront de connaître, pour chacune des solutions testées :

- L'impact sur la durée totale du projet ;
- L'impact sur la période de chauffe ;
- L'impact hors période de chauffe.

En plus du pourcentage d'évolution des émissions de CO<sub>2</sub>, il sera également pertinent de restituer, sur chaque groupe identifié et au global, par année et sur la durée totale du projet :



- Les kg CO<sub>2</sub> évités / foyer en moyenne ;
- Les émissions totales de CO<sub>2</sub> évités ;
- Les émissions totales de CO<sub>2</sub> de référence.

Enfin, une approche plus globale de type ACV des solutions pourra utilement compléter ces résultats.

#### **4.6. IMPACT FINANCIER POUR LE CONSOMMATEUR**

##### **4.6.1. OBJECTIFS**

Les solutions et services associés à la MDE auront un impact sur la facture d'énergie du consommateur. Ils peuvent également se traduire par la souscription à des services payants, ou l'achat de matériel pour l'instrumentation du logement par exemple. De même, les nouveaux tarifs ou la tarification dynamique, auront un impact financier sur la facture des consommateurs, en parallèle de leur impact possible en termes d'économie d'énergie.

Cet indicateur vise à identifier ces bénéfices et coûts pour le consommateur et à les quantifier.

Les coûts et gains pris en compte pourraient comprendre notamment :

- Abonnement ;
- Achat d'énergie (électricité, gaz, bois,...) ;
- Taxes ;
- Coûts des équipements pour le groupe test (prix catalogue estimés) ;
- Coûts des services pour le groupe test (prix catalogue estimés) ;
- Les éventuelles rémunérations perçues pour la participation à une offre de flexibilité ;
- De manière générale : tous les coûts ponctuels ou récurrents facturés au consommateur relatifs à sa consommation d'électricité ou sa gestion.

##### **4.6.2. ASPECT QUALITATIF**

Il sera intéressant de qualifier, dans la mesure du possible, les niveaux de seuil et d'économies perçus par les consommateurs pour l'achat de matériel ou la souscription de services énergétiques, en fonction des économies attendues.

Un retour sur le niveau d'adoption des solutions en fonction des discours marketing associés pourra également être fait.

Les tarifs pourront faire l'objet d'analyses complémentaires permettant notamment de répondre aux questions suivantes :

- Comment garantir des tarifs socialement équitables ?
- Combien de temps en amont faut-il informer les utilisateurs des niveaux de tarifs pour être acceptable et entraîner une modification de comportement ?
- Quel est l'écart de prix optimal pour réduire de manière significative la demande à la pointe ?

Il sera utile de préciser la situation économique générale pendant l'expérimentation (évolution des prix de l'énergie notamment) et celle en particulier du foyer (revenus croissants, stagnants, décroissants).

### 4.6.3. ASPECT QUANTITATIF

#### 4.6.3.1. METHODE DE CALCUL PROPOSEE

Le calcul de cet indicateur se base sur l'échantillon de référence et quantifie l'écart des dépenses de l'échantillon étudié (test) par rapport à cette référence. Ces dépenses s'entendent sur l'ensemble de la période d'étude. Dans le cas où une période plus réduite permettrait d'apporter des éléments d'analyse complémentaire, une autre période pourra être considérée pour le calcul, en plus de la période globale. Sur l'ensemble des groupes et sous-groupes pertinents, et sur la période de test, l'indicateur sera donc calculé de la manière suivante :

$$\text{Impact financier [\%]} = [(Coûts_{test\ 1} - Coûts_{test\ 2}) - (Coûts_{ref\ 1} - Coûts_{ref\ 2})] / Coûts_{ref\ 2}$$

Où :

*Coûts<sub>ref</sub>* est la somme des coûts du panel de référence, pour le groupe ou sous-groupe considéré

*Coûts<sub>test</sub>* est la somme des coûts du panel test, pour le groupe ou sous-groupe considéré

*La période 1 désigne la période durant laquelle la consommation historique a été mesurée*

*La période 2 désigne la période de test*

*Les périodes 1 et 2 sont de même durée*

Selon la période de calcul, les hypothèses suivantes seront utilisées :

- Croissance des prix de l'électricité : 3% / an
- Niveaux et structures des taxes identiques
- Taux d'actualisation : on suppose que la rentabilité d'un éventuel investissement pour le consommateur est suffisamment rapide pour négliger la prise en compte d'un taux d'actualisation

Dans le cas d'hypothèses majeures non retenues ici, les calculs pourront être faits séparément avec ces hypothèses en les explicitant.

#### 4.6.3.2. RESULTATS ATTENDUS

Ces calculs seront idéalement réalisés :

- Sur la première année d'utilisation de la solution ;
- Sur les 3 premières années d'utilisation ;
- Sur les 10 premières années, en prenant un taux d'actualisation de 2,5%.

Sur les mêmes échelles de temps, il pourra également être intéressant de calculer, pour chaque groupe identifié et au global :

- La Valeur Actuelle Nette moyenne client ;
- Le Taux de Rendement Interne moyen client ;
- Le temps de retour moyen ;
- Les euros économisés par client en moyenne.

## 4.7. EFFICIENCE INDIVIDUELLE ET SOCIETALE

### 4.7.1. OBJECTIFS

Cet indicateur a pour objectif de mettre en relation les résultats atteints avec les moyens alloués pour les atteindre, et ainsi d'évaluer les coûts et les bénéfices pour la collectivité.

### 4.7.2. ASPECT QUALITATIF

Tous les éléments permettant d'apprécier l'efficacité des solutions mises en œuvre pourront être synthétisés afin de détacher les caractéristiques clés des dispositifs les plus performants, notamment d'un point de vue « Impact sur la consommation d'électricité » (4.1) et « Acceptabilité par les consommateurs » (4.2).

L'efficacité en termes de résultats vis-à-vis des financements mobilisés sera également utile à l'analyse complète de la solution étudiée.

### 4.7.3. ASPECT QUANTITATIF

Différents ratios pourront être calculés pour quantifier l'efficacité des solutions testées :

- Economie d'énergie annuelle (kWh) / Coûts annuel moyen pour le consommateur (€)
- Emissions de CO<sub>2</sub> évitées (kgCO<sub>2</sub>) / Coûts annuel moyen pour le consommateur (€)
- Economie d'énergie annuelle totale (MWh) / Coûts de déploiement des solutions testées (M€)
- ...

De plus, une analyse de type « Analyse coût bénéfice » pourra être menée selon les préconisations de l'EPRI et du JRC en la matière.

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle 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, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



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

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)