



HAL
open science

LIVRABLE 8.4_3 bis : Restitution du traitement économétrique après le 3ème hiver du projet SOLENN

Kévin Jaunâtre

► **To cite this version:**

Kévin Jaunâtre. LIVRABLE 8.4_3 bis : Restitution du traitement économétrique après le 3ème hiver du projet SOLENN. [Rapport de recherche] UBS; SOLENN. 2018. hal-01881085

HAL Id: hal-01881085

<https://hal.science/hal-01881085>

Submitted on 25 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LIVRABLE 8.4_3 bis

Lot n°8	Évaluation en consommation et en puissance	Pilote : ENEDIS
Tache n°8.4	Exploitation des résultats sociologiques pour l'analyse des impacts en énergie et en puissance	Pilote : ENEDIS Contributeurs : Tous
Livrable 8.4_3 bis	Restitution du traitement économique après le 3ème hiver	Responsable : UBS

SUIVI DES VERSIONS			
Version	Date	Rédacteur	Validation
v1	21/06/2018	UBS LMBA - Kévin Jau-nâtre	<i>Diffusion aux partenaires : UBS</i>
v2	29/06/2018	UBS LMBA - Kévin Jau-nâtre	<i>Diffusion aux partenaires : Tous</i>
vAdeme	10/07/2018	UBS LMBA - Kévin Jau-nâtre	<i>Diffusion après retour : Tous</i>

VALIDATION	
Partenaires de la tâche	
Responsable du lot	Enedis
Comité de pilotage opérationnel	

Table des matières

1 Rappels	5
1.1 Contexte	5
1.2 Objectifs	5
1.3 Plan du livrable	5
2 Description des données	5
2.1 Données de consommation électrique	5
2.2 Panel d'appartenance et puissance souscrite	7
2.3 Enquêtes, Température	8
2.4 Mode de chauffage	8
2.5 Degrés jours unifiés (DJU)	9
3 Rappel des modèles.	10
4 Étude des impacts des visites individuelles.	11
4.1 Étude de la semaine suivant la visite individuelle	12
4.2 Étude du mois suivant la visite individuelle	14
4.3 Étude entre deux visites	15
4.4 Conclusion	16
5 Étude des scores de MCE	17
5.1 Score MCE	17
5.2 Score culture énergétique	18
5.3 Commentaires	19
6 Écrêtements	19
6.1 Foyers à risque	19
6.1.1 Hiver 1	19
6.1.2 Hiver 2	22
6.1.3 Hiver 3	25
6.1.4 Récapitulatif	28
6.2 Proposition de réduction	29
6.2.1 Hiver 1	29
6.2.2 Hiver 2	30

6.2.3 Hiver 3	31
6.2.4 Commentaires	33
7 Conclusion	33

Glossaire

AC Foyers considérés avec un autre mode de chauffage principal. 8, 16, 17, 19–26, 28–32

C Foyers appartenant au panel collectif. 18, 21, 23, 24, 26

CE Foyers considérés avec un mode de chauffage principal électrique. 8, 16, 17, 19–26, 28–32

DJU18 est l'écart de température entre celle idéale de confort (18°C) et l'extérieur du foyer. Nous référons au livrable L6.2 pour plus de précisions. 8, 16

E Foyers appartenant au panel témoin. 18, 21, 24

IA Foyers appartenant au panel individuel ALOEN. 18, 21, 24

ID Foyers appartenant au panel individuel Delta Dore. 18, 21, 23, 24, 26

IV Foyers appartenant au panel individuel Vity. 18, 20, 23, 26

MCE correspond à la Maîtrise de la Consommation Électrique. 4, 7, 16–18, 32

PAM correspond à la Puissance Appelée Moyenne sur 10 minutes. Ce sont les données de courbes de charge. 5, 9, 11, 13

1 Rappels

1.1 Contexte

L'objectif de la tâche 8.4 est d'utiliser les résultats sociologiques et mesures de consommation pour analyser les impacts en énergie et en puissance sur des foyers expérimentateurs. Les données utilisées pour répondre à ce besoin se caractérisent par leur grand nombre ainsi que leur diversité. La mise en oeuvre de cette tâche dépend directement des tâches permettant la production des données ainsi que de leur transfert vers un même serveur.

Le livrable L8.4_2 : "Restitution du traitement économétrique après le premier hiver" initialement prévu à T0+20 mois a été décalé suite au retard de la récolte des données. Ce retard a décalé la date de livraison du livrable 8.4_2 ainsi que le livrable 8.4_3. La définition des données recueillies est donnée dans le livrable 8.4_1 et le dictionnaire des données y est associé. Les fonctionnalités du serveur de stockage des données sont spécifiées dans le livrable 6.2_1.

À cause du retard dans la collecte des données, nous avons beaucoup de données manquantes et ne pouvions analyser l'hiver 2015/2016 entièrement. En effet, la date de la première donnée récoltée est le 21 décembre 2015. La poursuite du projet SOLENN sur un hiver supplémentaire a été essentielle pour permettre d'avoir des analyses sur des données plus fiables et avoir un suivi sur une plus longue période. Suite au prolongement du projet SOLENN sur l'hiver 2017/2018, le livrable 8.4_3bis a été ajouté pour permettre la restitution des résultats concernant cette période.

1.2 Objectifs

L'objectif principal de ce livrable est de pouvoir analyser les données de consommations électriques individuelles entre toute la période d'étude, soit décembre 2015 à mars 2018, et de comparer les résultats avec les différentes données dont nous disposons (panel d'appartenance, enquêtes).

Nous donnons ici un rappel des interrogations auxquelles nous allons essayer de répondre dans ce livrable.

- Les accompagnements individuels ou collectifs ont-ils un impact sur la consommation électrique ?
- Identification des facteurs sociologiques différenciant en matière de maîtrise de la consommation électrique.
- Peut-on définir des foyers à risque lors des écrêtements ?

1.3 Plan du livrable

Nous commencerons dans la Section 2 par une courte description des données. Cette étude permettra au lecteur de mieux se familiariser avec les différentes données recueillies lors du projet. Cette section est similaire à celle contenue dans les livrables 8.4_2 et 8.4_3 mais celle-ci suffira à la lecture du livrable 8.4_3bis. Les modèles introduits dans les livrables 8.4_2 et 8.4_3 seront rappelés brièvement dans la Section 3. La Section 4 étudiera l'impact des visites individuelles sur la consommation électrique. L'étude d'un éventuel lien entre les différents scores de MCE et la variation de la consommation électrique est donné Section 5. Nous finirons en Section 6 par une étude sur les écrêtements.

2 Description des données

Dans cette partie, nous décrirons les données sur lesquelles nous travaillons. Nous rappellerons également certaines informations données dans les livrables précédents.

2.1 Données de consommation électrique

Nous allons commencer par les données de consommation électrique. Ces données se composent de courbes de charge et d'index. Les données de courbes de charge représentent l'appel de puissance moyen entre deux

mesures (en Watt) et une mesure est effectuée toutes les 10 minutes. Les données d'index sont les consommations journalières d'un foyer, nous disposons d'une mesure tous les jours (en Watt-heure). Nous appellerons par la suite les données de courbes de charge la puissance appelée moyenne PAM. Les données d'index seront spécifiquement citées.

Courbes de charge

Dans un premier temps nous allons étudier l'évolution du nombre de foyers sur la période de l'étude. La figure 1 permet de regarder le nombre de foyers avec respectivement au moins 10%, 30%, 50%, 70% et 90% des données disponibles. Par exemple sur le mois de Janvier 2016, si nous disposions de toutes les mesures pour un foyer, nous aurions 4464 mesures (6 (mesures dans une heure)*24 (heures)*31 (jours)). Sur ce même mois, nous avons 354 foyers avec au moins $4464 * 0.1 = 446.4$ mesures dans le mois (rouge sur la figure) et 251 foyers avec au moins $4464 * 0.9 = 4017.6$ mesures (vert sur la figure).

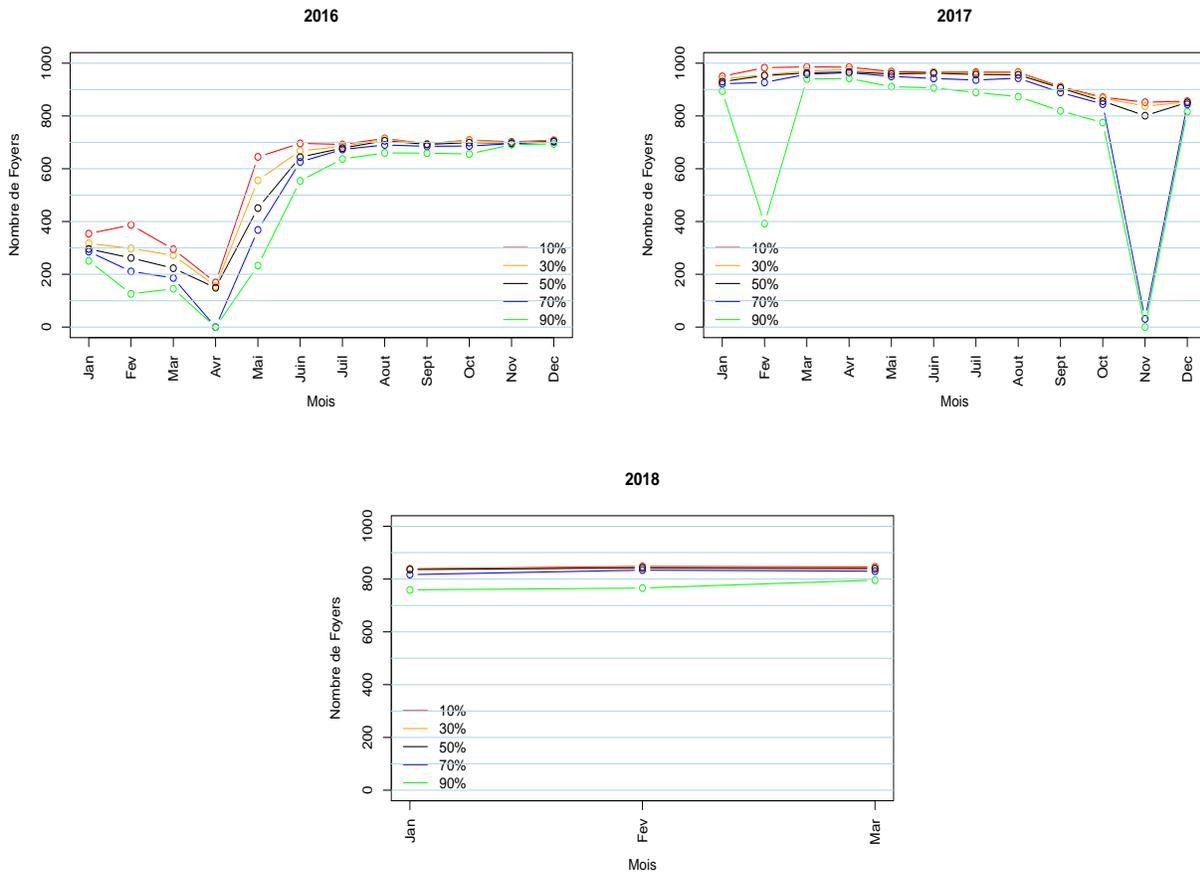


FIGURE 1 – Évolution du nombre de foyers dont nous possédons les courbes de charge.

Nous pouvons observer que le nombre de foyers dont nous possédons les mesures reste constant et élevé à partir de juillet 2016. Nous pouvons tout de même remarquer qu'une baisse de la qualité a été observée en novembre 2017. Cette baisse est due à une baisse de vigilance qui a été réglée rapidement.

Index

La Figure 2 nous permet de regarder l'évolution du nombre de foyers sur la durée du projet pour chaque mois avec au moins une mesure d'index.

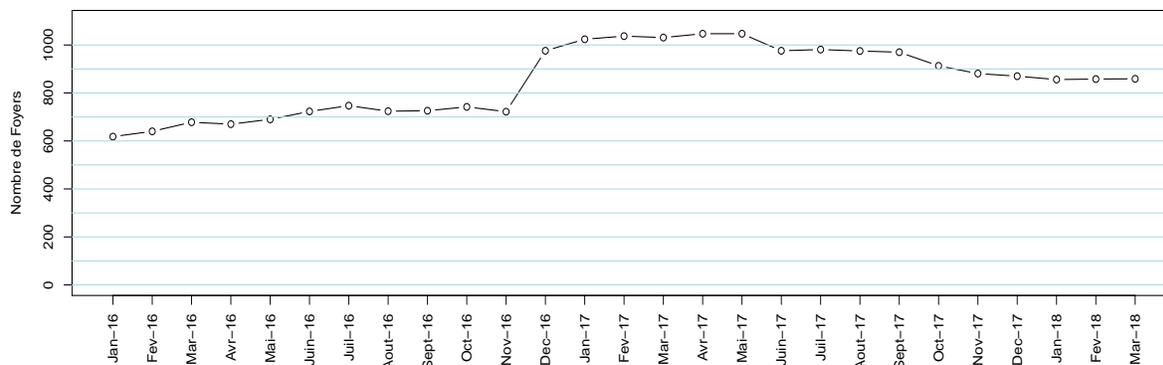


FIGURE 2 – Évolution du nombre de foyers dont nous possédons les index.

On peut remarquer que le nombre de foyers avec des mesures d’index reste constant sur la période du projet avec une augmentation en décembre 2016 - janvier 2017 qui est due au deuxième recrutement (voir livrable L2.2_2 pour plus de détails).

2.2 Panel d’appartenance et puissance souscrite

Nous disposons d’un fichier accompagnant les données de consommation et renseignant le type de contrat souscrit pour chaque foyer. Nous avons 22 foyers qui ont changé de contrat en cours de projet, nous avons donc retiré ces foyers de l’étude.

En 2018, la Table 1 montre la répartition des foyers selon leur type de contrat :

Puissance souscrite	Nombre de foyers contrat base	Nombre de foyers contrat HP/HC	Total
3 kVA	33	0	33
6 kVA	384	138	522
9 kVA	30	197	227
12 kVA	1	45	46
15 kVA	0	1	1
18 kVA	2	5	7
Total	450	386	836 foyers

TABLE 1 – Répartition des foyers en fonction du contrat de puissance souscrite

En comparant la Table 1 avec celle contenue dans le livrable L8.4_3, nous apercevons une perte de plusieurs foyers. Cette baisse apparaît en septembre - octobre 2017 sur la Figure 1 et 2, elle est due au troisième hiver et le recueillement des consentements des foyers induits par cette prolongation.

Nous regardons maintenant l’appartenance des foyers à un panel. La modulation de puissance (MP) correspond à l’écèlement.

Écèlement / Panel	Individuel ALOEN	Collectif (hiv. 1) ALOEN	Collectif (hiv. 2) ALOEN	Vity	Delta Dore	Témoin	Sortie Expé. ou autre	Total
Sans MP	27	33	164	23	11	238		496
Avec MP	26	43	97	23	9	86		284
Total	53	76	261	46	20	324	56	836

TABLE 2 – Nombre de foyers dans chaque panel.

On remarque une baisse du nombre de foyers quand nous comparons avec le nombre de foyers que nous avons lors de l'hiver 2016/2017 (925 foyers avec 46 sans informations).

2.3 Enquêtes, Température

Données d'enquête

Nous disposons des données des trois enquêtes effectuées durant la période du projet. Ces enquêtes ont eu lieu en novembre 2015, juin 2016 et mai - juin 2017. Ces enquêtes ont pour but de nous renseigner sur le type de logement, la famille et les équipements du foyer. Pour plus de précisions quant au contenu de ces enquêtes, nous référons à la lecture des livrables 7.1_6 et 7.1_10 : Résultats de l'étude quantitative après dispositifs de l'hiver 2 pour les résultats concernant les enquêtes. Le livrable 7.1_10 n'est pas encore rédigé au moment où ce livrable a été rédigé. Les indicateurs utilisés dans ce livrable sont le score de la culture énergétique, le score de la MCE ainsi que le score d'intention à la pratique de la MCE.

Données météo

Des données météo ont été recueillies pendant la durée du projet. Des stations météo ont été posées chez certains foyers volontaires et les données de température intérieure et extérieure ainsi que diverses mesures ont été recueillies sur les serveurs de l'UBS, le pas de temps entre chaque mesure est de 5 minutes. Pour plus de précisions concernant ces stations ainsi que les données, nous référons à la lecture du livrable 6.2. Dans ce livrable, nous nous sommes servis uniquement des données de températures extérieures car elles sont communes à tous les foyers, même pour ceux n'ayant pas de station météo.

2.4 Mode de chauffage

La méthode utilisée pour prédire le mode de chauffage de chaque foyer est décrite dans le livrable 8.4_2. Cette méthode est basée sur une classification en utilisant la méthode des forêts aléatoires.

Comme pour les précédents livrables, nous possédons les réponses de 375 foyers au deuxième questionnaire. Nous avons l'information sur le mode de chauffage principal du foyer pour ceux-là. Or, nous voulons avoir le mode de chauffage pour tous les foyers car cette information est importante pour la suite. Lors du dernier livrable, nous avons pris les données de janvier 2017 pour déterminer la classe des différents foyers. Dans ce livrable, nous allons utiliser plusieurs mois des hivers 2016-2017 et 2017-2018 pour avoir une meilleure précision sur notre classification. Pour chaque mois des deux hivers (le premier hiver est écarté dû au grand nombre de données manquantes), nous allons prédire le mode de chauffage principal des foyers dont nous ne disposons pas de l'information. Ensuite, les résultats vont être regroupés pour donner une probabilité d'appartenance à un groupe (chauffage électrique ou autre). Enfin, le mode de chauffage principal d'un foyer va être sélectionné en gardant la probabilité d'appartenance la plus élevée. Si celle-ci est trop proche de 50%, nous allons considérer ce foyer comme non classifiable. Illustrons par un exemple sur deux mois :

- si un foyer a été classé comme ayant un chauffage électrique principal lors des deux mois, alors nous allons le définir comme ayant un mode de chauffage principal électrique.
- si un foyer a été classé comme ayant un chauffage électrique principal lors d'un mois et que l'autre mois il a été classé comme n'ayant pas de mode de chauffage principal électrique, alors nous ne pouvons pas définir le mode de chauffage pour ce foyer.
- si un foyer a été classé comme ayant un autre mode de chauffage lors des deux mois, alors nous allons le définir comme ayant un mode de chauffage principal autre.

Nous n'allons regarder que les foyers 6 kVA et 9 kVA pour considérer le mode de chauffage principal. Les foyers avec une puissance souscrite de 3 kVA n'ont généralement pas de chauffage principal électrique alors que ceux avec une puissance souscrite de 12 kVA ont en général tous un chauffage principal électrique.

Pour les foyers avec un contrat 6 kVA, nous avons 183 foyers dont nous connaissons le mode de chauffage principal et 325 foyers qui n'ont pas répondu au questionnaire. Comme nous avons un nombre correct de foyers dont nous avons l'information sur le chauffage principal, nous pouvons utiliser ces informations pour tester la méthode utilisée. C'est à dire que parmi les foyers que nous connaissons, nous allons choisir au hasard un échantillon d'apprentissage sur lequel la méthode va être utilisée et un échantillon où nous allons tester la méthode dans le but de regarder l'erreur que nous allons avoir. Sur 1000 échantillonnages des données dont nous disposons le mode de chauffage principal, en moyenne, nous avons 7% d'erreur de classification sur chaque

mois. Nous avons décidé de ne pas classer les foyers dont la probabilité d'appartenance à une classe se trouve entre 25% et 75%.

Moyen de consommation pour le chauffage	Échantillon d'apprentissage	Échantillon test
Électrique	23	26
Autre	165	280
Ne peut pas classer	0	19

TABLE 3 – Analyse discriminante pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 6 kVA.

La table 3 présente les résultats de la classification pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 6 kVA. On peut remarquer que le nombre de foyers que nous ne pouvons classer correspond à 6% du nombre de foyers dont nous n'avons pas l'information sur le mode de chauffage. Ces foyers ne vont pas être inclus dans les études où nous nous servons de cette information Section 5 et 6.

Pour les foyers 9 kVA, nous avons 221 foyers avec assez de données en janvier 2017 pour réaliser l'analyse. De plus, nous avons l'information sur le mode de chauffage principal pour 72 d'entre eux mais nous n'avons pas cette information pour 149 foyers. Nous avons en moyenne une erreur de classification de 17% (ce qui correspond à 2-3 foyers quand nous utilisons 80% des foyers en tant qu'échantillon d'apprentissage) sur chaque mois. Cette erreur est due au faible nombre de foyers dont nous disposons de l'information du mode de chauffage principal.

Moyen de consommation pour le chauffage	Échantillon d'apprentissage	Échantillon test
Électrique	47	95
Autre	25	38
Ne peut pas classer	0	16

TABLE 4 – Analyse discriminante pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 9 kVA.

Le tableau 4 présente le résultat de l'analyse pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 9 kVA. On remarque que nous avons 16 foyers qui ne sont pas classés, cela représente 10% des foyers sans l'information sur le mode de chauffage. De façon similaire aux foyers avec un contrat 6 kVA, nous n'allons pas utiliser ces foyers lors des études Section 5 et 6.

- Pour l'utilisation de l'information sur le mode de chauffage, nous allons définir les abréviations suivantes :
- CE : Foyers considérés avec un mode de chauffage principal électrique.
 - AC : Foyers considérés avec un autre mode de chauffage principal.

2.5 Degrés jours unifiés (DJU)

Comme présenté dans le livrable 6.2, les degrés jours unifiés permettent d'étudier les sollicitations thermiques extérieures pour les besoins en chauffage. Le DJU18 est lié à l'écart de température entre celle idéale de confort (18°C) et l'extérieur du foyer. Comme nous considérons un modèle linéaire pour modéliser nos données de consommation, cet indicateur est en lien direct avec la variation que nous pourrions avoir entre les deux hivers. Le tableau suivant présente les valeurs du DJU18 pour chaque mois correspondant à notre période d'étude.

Hiver	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Total
2015/2016	173	189	310	305	317	1294
2016/2017	260	316	406	279	233	1494
2017/2018	273	313	292	372	322	1572

TABLE 5 – DJU18 pour chaque hiver.

La Table 5 nous renseigne sur chaque hiver. Nous remarquons que les hivers sont de plus en plus froids et que les mois les plus froids ne sont pas les mêmes chaque année.

3 Rappel des modèles.

Dans cette section, un bref rappel des méthodes utilisées par la suite va être donné. Si le lecteur souhaite avoir plus de détails, nous référons à la lecture des livrables 8.4_2 et 8.4_3 ainsi qu'aux références données dans ceux-ci.

Modèle linéaire et chaînes de Markov à états cachés

Nous avons regardé deux modèles linéaires pour estimer la PAM pour ensuite les comparer entre eux. Les deux modèles prennent en co-variable la température extérieure ainsi que différentes variables chronologiques (heure, mois, ...). Les modèles sont

$$\ln(Y_t) = \alpha + \beta C_t + \gamma T_t + \epsilon_t, \quad (1)$$

et

$$Y_t = \alpha + \beta C_t + \gamma T_t + \epsilon_t, \quad (2)$$

où Y_t est la PAM au temps $t \in [t_{min}; t_{max}]$, α est une constante, γ correspond au lien linéaire entre la température extérieure (T_t) et la PAM, β est un vecteur de paramètre représentant les différents liens entre la variable chronologique et la PAM, C_t est la variable chronologique et est composée de l'information sur :

- l'heure
- le jour de la semaine (week-end ou semaine de travail)
- le mois
- l'année
- interaction entre le mois et l'année
- interaction entre le mois et l'heure.

Enfin, ϵ_t sont les erreurs du modèle. On peut facilement remarquer que dans le cas du modèle (1), nous essayons d'estimer le logarithme de la PAM alors que dans le cas du modèle (2), nous essayons d'estimer la PAM sans utiliser de transformation logarithmique.

L'une des hypothèses du modèle linéaire est d'avoir les résidus (ϵ_t) indépendants et gaussiens de moyenne nulle. Avec nos données, cela n'est pas le cas car nous pouvons voir apparaître sur nos résidus l'utilisation d'une machine électrique sur 3 mesures si celle-ci est en marche pendant 30 minutes. C'est pourquoi il est proposé dans [4] de modéliser les résidus du modèle linéaire par une chaîne de Markov à états cachés. L'idée derrière cette modélisation est que la consommation électrique d'un logement peut être considérée comme des périodes homogènes et que pour chacune de ces périodes, la consommation fluctue au hasard. Ces comportements peuvent être interprétés comme une activité domestique (Télévision, lave-linge, etc...).

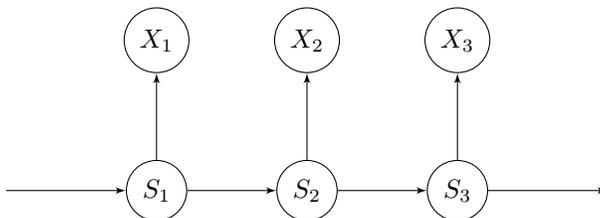


FIGURE 3 – Graphe d'une HMM basique

La Figure 3 représente la structure d'un modèle simple de chaîne de Markov à états cachés. L'idée est qu'à un instant donné t , nous nous trouvons dans un certain état S_t , par exemple sur la figure 3 nous sommes à l'état S_1 , et pour cet état, nos résidus suivent une certaine distribution gaussienne, dans notre exemple X_1 suit une distribution gaussienne avec des paramètres dépendant de l'état S_1 . Les résidus sont donc modélisés par un mélange de distributions gaussiennes. Nous référons à [12], [2], [8], [4] et [7] pour plus de détails. Une étude a été menée dans [4] pour définir combien d'états nous allons choisir pour la chaîne de Markov à états cachés, la valeur choisie est 7. Nous allons donc suivre les indications et choisir 7 états dans notre modèle.

Extension du modèle de Cox pour l'estimation de probabilités d'événements rares.

Avec le modèle linéaire, nous supposons que les résidus soient normalement distribués autour de 0. Comme ce n'est pas toujours le cas, nous pouvons utiliser le modèle de Cox [3] qui permet une autre estimation de la distribution de la PAM. L'hypothèse du modèle de Cox est la proportionnalité des fonctions de hasards par

rapport aux co-variables, cela signifie que les distributions sont liées les unes aux autres selon les valeurs des co-variables. Le modèle suggéré par Cox fait l'hypothèse d'un modèle à hasards proportionnels :

$$h(x|z) = h_0(x)e^{\beta z}, \quad (3)$$

où $h(x|z)$ est la fonction de hasard pour une valeur de co-variable $z = z_1, \dots, z_p$, β est un vecteur de paramètres et h_0 est la fonction de hasard correspondant au set $z = 0$. La fonction de hasard est liée à la fonction de survie par la relation suivante

$$S(x|z) = e^{-\int_0^x h(x|z)dx}.$$

Nous cherchons maintenant à estimer la probabilité d'observer une valeur rare. Supposons que la fonction de répartition $F(x|z) = 1 - S(x|z)$ appartienne au domaine d'attraction de la loi de Fréchet. En utilisant l'approche du "Peak-Over-threshold" définie dans la section 5.3 du livre [1] et en s'appuyant sur le théorème de Fisher-Tippet-Gnedenko (Théorème 2.1 page 75), nous pouvons approcher la queue de la distribution de $F(x|z)$ par une distribution de Pareto avec comme paramètre $\theta > 0$ au-delà d'un certain seuil τ . On se base sur les modèles développés dans les articles [6], [10], [11] et [9] pour le modèle suivant. Celui-ci va prochainement être ajouté dans le package R `extremefit` dont l'article [5] explique le fonctionnement du package.

$$S_0(x|\tau, \theta) = \begin{cases} S_0(x) & \text{if } x \in [0, \tau], \\ S_0(\tau) \left(\frac{x}{\tau}\right)^{-1/\theta} & \text{if } x > \tau, \end{cases}$$

Suivant l'hypothèse des hasards proportionnels (3), nous avons la relation $S(x|z) = S_0(x)e^{\beta z}$ et nous pouvons estimer la PAM pour différentes covariables telles que la variable temporelle et la température extérieure.

4 Étude des impacts des visites individuelles.

Cette section a pour but d'étudier l'impact éventuel des visites individuelles effectuées par ALOEN sur la consommation électrique. Nous avons fait l'hypothèse de trois sortes d'impacts :

- court - une semaine
- moyen - un mois
- long - jusqu'à la prochaine visite.

Comme les visites n'ont pas eu lieu en même temps pour l'ensemble des foyers, nous ne pourrons pas tirer de conclusion sur le résultat que nous allons obtenir car nous ne comparons pas les foyers dans les mêmes conditions. En effet, un foyer peut partir en vacances la semaine suivant une visite et cela impactera nos résultats. Sur une durée plus longue, ces vacances auront un impact moins grand. Dans cette section, nous avons pris en compte un lien linéaire entre la température extérieure et la consommation électrique défini par les modèles (1) et (2).

Il y a eu entre 2 et 4 visites pour 47 foyers répartis sur 2016-2017 :

1. entre le 12 janvier et 1er mars 2016
2. entre le 23 mars et 20 juin 2016
3. entre le 21 septembre et 7 décembre 2016
4. entre le 14 février et 2 mai 2017.

Il n'y a eu aucun foyer avec moins d'un mois d'écart entre deux visites.

Nous avons choisi le modèle linéaire (2) car celui-ci a une estimation plus précise de la consommation électrique bien qu'il explique moins la variation de celle-ci que le modèle avec une transformation logarithmique (1).

Pour illustrer de ce qui est fait dans cette section, nous avons pris l'exemple d'un foyer en regardant la semaine suivant sa visite.

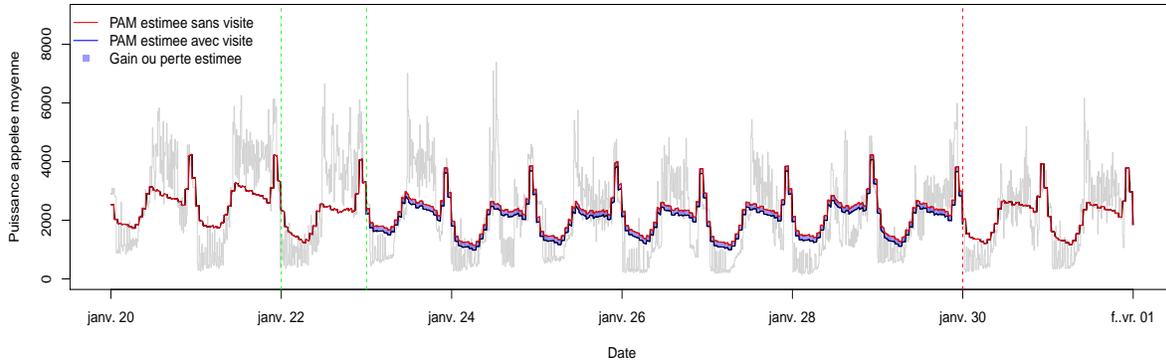


FIGURE 4 – Illustration de la puissance appelée estimée d’un foyer avec une puissance souscrite de 9 kVA et ayant une baisse significative de sa consommation durant la semaine suivant la visite. Le jour de la visite est le 22 janvier (pointillés verts) et la semaine suivante est du 23 au 30 janvier (entre pointillés verts et rouges).

Nous regardons l’aire entre les deux lignes (en bleu clair sur la figure 4). Il est intéressant de regarder si la différence entre la PAM estimée sans visite (rouge) et celle avec visite (bleue) est significative. Pour qu’elle soit significative, il faut que le paramètre associé à la visite soit significativement différent de 0. Cette méthode a été généralisée pour le mois suivant suivant ainsi que pour la période entre deux visites.

Pour pouvoir regarder si la visite a eu un impact sur les consommations, nous avons effectué un test du χ^2 . Ce test permet de comparer deux tableaux de contingence et de regarder si ils sont significativement différent l’un de l’autre.

Nous avons comparé ces tableaux avec celui des témoins. Nous savons que ceux-ci n’ont pas reçu de visites. Nous avons estimé la distribution de la variation de consommation des témoins en prenant en compte chaque semaine, puis le mois suivant la date des visites moyenne. Le tableau des foyers suivis individuellement a été ensuite comparé à cette distribution par un test du χ^2 . La moyenne des pourcentage des foyers témoins pour chaque catégorie a été ajoutée pour chaque visite.

Nous avons cependant certaines visites dont le nombre de foyer exploitable est inférieur à 10. Le test du χ^2 n’a pas été effectué pour ces visites car ce nombre est trop faible.

4.1 Étude de la semaine suivant la visite individuelle

Nous avons décidé de ne choisir que les foyers avec au moins 90% des mesures sur la période donnée. En effet, l’estimation de la consommation est plus fiable (si nous comparons celle estimée avec la consommation réelle) sur la période pour les foyers avec plus de 90% des mesures. L’écart entre l’estimé et le réel est trop important si nous gardons 80% des mesures ou moins.

Visite 1

Pour la première visite, nous n’avons que 17 foyers avec des données sur la semaine suivant la visite et seulement 10 d’entre eux ont plus de 90% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	2	4	4
Pourc. Témoins	26.66%	45.52%	27.81%

TABLE 6 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour la semaine suivant la première visite.

Le nombre de foyer n'est pas suffisant pour effectuer un test du χ^2 .

Visite 2

Pour la deuxième visite, nous n'avons que 23 foyers avec des données sur la semaine suivant la visite et seulement 10 d'entre eux ont plus de 90% des mesures sur la période étudiée. Ces 10 foyers ne sont pas les mêmes que pour ceux présents dans la Table 6.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	1	3	5
Pourc. Témoins	26.46%	51.64%	21.90%

TABLE 7 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour la semaine suivant la deuxième visite.

Comme pour le tableau concernant la première visite, nous avons ici trop peu de foyers pour effectuer un test du χ^2 .

Visite 3

Pour la troisième visite, nous avons 42 foyers avec des données sur la semaine suivant la visite et 38 d'entre eux ont plus de 90% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	18	14	6
Pourc. Témoins	32.02%	39.66%	28.32%

TABLE 8 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour la semaine suivant la troisième visite.

Un test du χ^2 a été effectué sur cet échantillon en comparant avec la distribution des témoins et n'a pas conduit à un effet de la visite sur la consommation électrique.

Visite 4

Pour la dernière visite, nous avons 38 foyers avec des données sur la semaine suivant la visite et 34 d'entre eux ont plus de 90% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	10	19	5
Pourc. Témoins	31.19%	43.25%	25.56%

TABLE 9 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour la semaine suivant la quatrième visite.

Un test du χ^2 a été effectué entre les foyers suivis individuellement et la distribution des témoins et n'a pas conduit à un effet de la visite sur la consommation électrique.

Le test du χ^2 ne permettant pas de discriminer pour la semaine, nous allons maintenant regarder pour le mois suivant la visite. Les résultats peuvent être liés au fait que les visites sont étalées sur deux mois, nous pouvons comparer des semaines complètement différentes entre les foyers et une simple modification des habitudes d'un foyer durant la semaine peut avoir un impact important sur la consommation électrique (absence, invités, ...).

4.2 Étude du mois suivant la visite individuelle

Au lieu de regarder la semaine suivant la visite comme illustré sur la Figure 4, nous regardons le mois suivant la visite. Nous avons utilisé la même démarche que dans la Section 4.1. C'est-à-dire que nous regardons dans un premier temps si la différence entre la PAM estimée sans visite et celle avec visite est significative. Nous avons décidé de ne choisir que les foyers avec au moins 80% des mesures sur la période donnée. En effet, l'estimation de la consommation reste correcte (si nous comparons celle estimée avec la consommation réelle) sur le mois suivant la visite pour les foyers quand nous avons au moins de 80% des mesures. Comme nous estimons une période plus grande que dans la Section 4.1, nous pouvons utiliser un pourcentage moins élevé et avoir tout de même une bonne estimation de la consommation.

Visite 1

Pour la première visite, nous avons 27 foyers avec des données sur le mois suivant la visite et seulement 9 d'entre eux ont plus de 80% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	6	1	2
Pourc. Témoins	27.18%	35.92%	36.89%

TABLE 10 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour le mois suivant la première visite.

Comme nous pouvons le voir avec la Table 10, nous avons très peu de foyers possédant des données sur le mois suivant la première visite. Nous n'avons pas effectué de test du χ^2 pour cette visite.

Visite 2

Pour la deuxième visite, nous avons 35 foyers avec des données sur le mois suivant la visite et 10 d'entre eux ont plus de 80% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	2	5	3
Pourc. Témoins	36.76%	44.12%	19.12%

TABLE 11 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour le mois suivant la deuxième visite.

Nous n'avons pas effectué de test du χ^2 sur cette visite dû au faible nombre de données.

Visite 3

Pour la troisième visite, nous avons 44 foyers avec des données sur le mois suivant la visite et 40 d'entre eux ont plus de 80% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	12	17	11
Pourc. Témoins	6.76%	90.70%	2.54%

TABLE 12 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour le mois suivant la troisième visite.

Le test du χ^2 a été effectué sur les données du mois suivant la troisième visite. Le test conclut à une différence entre la distribution des foyers suivis individuellement et les témoins. En revanche, si nous regardons le tableau

12, la variation de la consommation électrique pour le mois suivant la troisième visite semble distribué uniformément. Un test du χ^2 entre la répartition des foyers suivis individuellement et l'uniformité de la distribution permet de confirmer cette hypothèse. Nous ne pouvons pas rejeter l'uniformité de la distribution des foyers individuels selon leurs variation de consommation.

Visite 4

Pour la quatrième visite, nous avons 38 foyers avec des données sur le mois suivant la visite et 37 d'entre eux ont plus de 80% des mesures sur la période étudiée.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	17	15	5
Pourc. Témoins	6.93%	88.80%	4.27%

TABLE 13 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique pour le mois suivant la dernière visite.

Un test du χ^2 a été effectué et a conduit à une différence entre la distribution des foyers suivis individuellement et des témoins. De plus le test du χ^2 a également conduit à une différence avec la distribution uniforme. On peut conclure à un effet de la quatrième visite sur la variation de la consommation sur le mois suivant cette visite.

Le test du χ^2 n'a pas permis de discriminer sur les données du mois suivant la troisième visite mais il a permis de détecter une répartition différente sur la quatrième visite. Nous allons maintenant regarder si nous pouvons détecter un effet pour la variation de la consommation entre deux visites.

4.3 Étude entre deux visites

Comme la durée entre deux visites peut varier selon les foyers, il a été décidé de garder les foyers où l'estimation de la consommation électrique était proche de celle observée. Pour réaliser ceci, nous avons regardé l'erreur relative absolue (ARE) entre les deux consommations (i.e. $ARE = |\frac{Est-Obs}{Obs}|$) et pris les foyers où l'erreur était inférieure à 20%. Cette valeur a été choisie arbitrairement pour éviter d'avoir trop ou trop peu de foyers.

Visite 1

Pour la première visite, nous avons 33 foyers avec des données entre la première et la deuxième visite et nous avons gardé 7 d'entre eux.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	5	1	1
Pourc. Témoins	39.22%	27.45%	33.33%

TABLE 14 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique entre la première et la deuxième visite.

Nous avons ici trop peu de foyers pour effectuer un test du χ^2 .

Visite 2

Pour la deuxième visite, nous avons 42 foyers avec des données entre la deuxième et la troisième visite et nous avons gardé 29 d'entre eux.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	7	15	7
Pourc. Témoins	26.87%	47.14%	25.99%

TABLE 15 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique entre la deuxième et la troisième visite.

Le test du χ^2 n'a pas conduit à un effet de la deuxième visite sur la consommation électrique entre la deuxième et la troisième visite.

Visite 3

Pour la troisième visite, nous avons 44 foyers avec des données entre la troisième et la quatrième visite et nous avons gardé 36 d'entre eux.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	6	16	14
Pourc. Témoins	19.61%	45.42%	34.97%

TABLE 16 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique entre la troisième et la quatrième visite.

Le test du χ^2 n'a pas conduit à un effet de la visite sur la consommation électrique entre la troisième et la quatrième visite.

Visite 4

Pour la quatrième visite, nous avons 36 foyers avec des données après la quatrième et nous avons gardé 31 d'entre eux.

	Baisse significative	Pas de baisse ni augmentation significative	Augmentation significative
Nb Foyers	8	18	5
Pourc. Témoins	36.81%	40.07%	23.13%

TABLE 17 – Répartition des foyers selon la variation de consommation électrique après la quatrième visite.

Le test du χ^2 n'a pas conduit à un effet de la visite sur la consommation électrique après la dernière visite.

4.4 Conclusion

Nous avons effectué un test du χ^2 pour comparer la distribution des foyers suivis individuellement avec les témoins pour trois périodes différentes. Nous avons pour quasiment toutes les visites la conclusion qu'il n'y a pas de différence de distribution entre les deux panels. Nous avons cependant détecté une différence de distribution pour le mois suivant la quatrième visite.

Les résultats sont mis en question dû au faible nombre de foyers, un événement atypique peu influencer les résultats sur un échantillon de cette taille.

Nous avons regardé l'impact sur la semaine ou le mois suivant chaque visite. mais nous n'avons pas regardé un impact longitudinal des visites sur la consommation électrique. Il nous manque les données antérieures à 2016 pour pouvoir suivre l'évolution de la consommation sur un périmètre plus grand.

5 Étude des scores de MCE

Dans cette section, nous avons regardé l'évolution de la consommation électrique de chacun des foyers entre chaque hiver et regardé la relation entre la variation de la consommation et les différents scores proposés dans le livrable 7.1_6.

Pour réaliser ceci, la variation de la consommation électrique a été calculée sur les index. En effet, il est plus simple de regarder (et d'expliquer) l'évolution d'un foyer en s'appuyant sur les index plutôt que sur les courbes de charge. Nous savons que la consommation électrique des foyers CE dépend généralement de la température extérieure. Dans la suite de cette section, nous avons séparé les foyers selon leur type de chauffage et nous avons regardé la variation des index en prenant en compte les DJU18 de la période pour les foyers CE seulement.

En décembre 2016, il y a eu une deuxième campagne de recrutement, nous recommandons la lecture du livrable 2.2_2 pour plus d'informations. En plus de séparer les foyers par leur mode de chauffage, nous avons réalisé l'étude sur deux périodes :

- Comparaison de la consommation entre novembre et mars des hivers 2016-2017 et 2017-2018.
- Comparaison de la consommation entre janvier et mars des années 2017 et 2018.

La première comparaison ne contient pas les foyers recrutés au deuxième hiver alors que la deuxième, bien qu'elle soit sur une période plus courte, prend en compte ce recrutement. L'hiver 2016-2017 a été utilisé dans la première comparaison car nous avons des données plus fiables sur celui-ci que pour l'hiver 2015-2016. Pour rappel, le premier hiver commençait en décembre 2015 et nous avons des données sur très peu de foyers.

5.1 Score MCE

La table 18 présente le nombre de foyers dans chaque catégorie pour ceux CE (tableau de gauche) et AC (tableau de droite). Le score présenté ici correspond au score de MCE, il s'agit d'un score sur 5 qui correspond à la valorisation de la MCE construit à partir des données de la deuxième enquête (nous référons au livrable 7.1_6 pour plus de détails).

Variation	Score (/5)			Total
	[2,3[	[3,4[	[4,5[
Diminution	3	6	2	11
Pas de diminution ni augmentation	2	27	2	31
Augmentation	4	14	5	23
Total	9	47	9	65

Score (/5)				Total
[1,2[	[2,3[	[3,4[	[4,5[
0	4	33	5	42
1	12	40	9	62
0	4	25	7	36
1	20	98	21	140

TABLE 18 – Score de MCE du deuxième hiver en fonction de la variation de la consommation entre novembre et mars des foyers CE (gauche) et AC (droite).

Nous remarquons facilement (un test du χ^2 le confirme) que nous ne pouvons pas conclure à un effet du score MCE sur la consommation électrique pour la période allant de novembre à mars. Cette absence d'effet a été notamment détectée sur une étude où nous avons modélisé la variation de la consommation en fonction de plusieurs covariables par une régression linéaire, cette étude n'est pas présente dans ce livrable.

La table 19 donne le nombre de foyers selon leur score MCE et leur variation de consommation en prenant en compte le recrutement de l'hiver 2. De façon similaire avec la table 18, nous avons les foyers CE à gauche et AC à droite.

Variation	Score (/5)			Total	Score (/5)				Total
	[2,3[	[3,4[	[4,5[		[1,2[	[2,3[	[3,4[	[4,5[
Diminution	5	20	5	30	0	4	36	10	50
Pas de diminution ni augmentation	5	30	1	36	1	17	50	8	76
Augmentation	5	15	5	25	0	4	38	11	53
Total	15	65	11	91	1	25	124	29	179

TABLE 19 – Score de MCE du deuxième hiver en fonction de la variation de la consommation entre janvier et mars des foyers CE (gauche) et AC (droite).

Pour les foyers avec un mode de chauffage électrique, on peut voir que le nombre de foyers ayant eu une diminution de la consommation a nettement augmenté quand nous comparons avec la table 18. En revanche le score MCE reste similaire à la tendance de l'échantillon précédent. Nous ne pouvons donc pas conclure qu'il y a un lien entre le score MCE et la variation de la consommation des foyers pour la période allant de janvier à mars.

5.2 Score culture énergétique

Le score de culture énergétique va maintenant être mis en lien avec la variation de la consommation des foyers. Dans un premier temps, nous allons regarder la période de novembre à mars.

Variation	Score (/7)							Total	Score (/7)							Total
	0	1	2	3	4	5	6		0	1	2	3	4	5	6	
Diminution	0	2	2	2	4	0	0	10	0	2	13	10	6	4	0	35
Pas de diminution ni augmentation	0	3	8	5	5	2	0	23	2	9	18	12	5	4	2	52
Augmentation	3	1	5	3	4	4	1	21	0	6	8	5	5	5	2	31
Total	3	6	15	10	13	6	1	54	2	17	39	27	16	13	4	118

TABLE 20 – Score de culture énergétique du deuxième hiver en fonction de la variation de la consommation entre novembre et mars des foyers CE (gauche) et AC (droite).

Nous pouvons remarquer ici que nous avons trop peu de foyers pour conclure à un éventuel lien entre le score de culture et la variation de la consommation électrique pour la période allant de novembre à mars.

La table 21 présente la répartition des foyers en prenant en compte ceux recrutés lors du second hiver.

Variation	Score (/7)							Total	Score (/7)							Total
	0	1	2	3	4	5	6		0	1	2	3	4	5	6	
Diminution	0	2	10	6	5	1	0	24	0	3	14	8	5	4	1	35
Pas de diminution ni augmentation	1	2	6	5	5	2	0	21	3	7	21	17	9	4	2	63
Augmentation	2	2	4	2	4	4	1	19	1	10	8	7	8	6	2	42
Total	3	6	20	13	14	7	1	64	4	20	43	32	22	14	5	140

TABLE 21 – Score de culture énergétique du deuxième hiver en fonction de la variation de la consommation entre janvier et mars des foyers CE (gauche) et AC (droite).

Nous ne pouvons également pas conclure ici à un lien entre le score de la culture énergétique et la variation de la consommation électrique. Pour détecter ce genre de lien, nous utilisons généralement un modèle statistique. Dans ce cas, nous pouvons remarquer que ce ne sera pas utile en regardant la répartition des tables 20 et 21.

Une étude a été menée dans le livrable 7.1_10 pour regarder le lien entre les panels et la variation de la consommation, nous ne le ferons donc pas ici.

5.3 Commentaires

Ici, nous n'avons pas pu conclure à un éventuel lien entre la variation de la consommation électrique et les scores MCE ainsi que de culture énergétique. Nous rejoignons le problème du projet sur le fait qu'il nous manque un historique des consommations pour pouvoir étudier la variation de la consommation sur le long terme. De plus, un échantillon plus grand aurait également permis d'avoir des résultats plus robustes.

6 Écrêtements

Cette section va être séparée en deux parties, dans un premier temps, nous allons utiliser la méthode décrite dans l'article [9] pour estimer les probabilités de dépasser la puissance maximale des foyers pendant les périodes d'écrêtements. Ensuite, nous allons nous placer du point de vue des expérimentateurs et proposer une réduction de la puissance maximale gênant le moins possible les expérimentateurs.

Les différents panels utilisés dans cette section sont :

- E : le panel témoin.
- C : le panel suivi collectivement.
- IA : le panel suivi individuellement par ALOEN.
- IV : le panel suivi individuellement par Vity.
- ID : le panel suivi individuellement par Delta Dore.

6.1 Foyers à risque

Nous avons séparé les foyers expérimentateurs par rapport à leur puissance maximale souscrite. Afin d'estimer la probabilité de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement, nous avons utilisé la méthode décrite dans le livrable 8.4_2 sur chacun des foyers. Un foyer est considéré à risque si la probabilité estimée de dépasser la puissance maximale est plus grande qu'une certaine valeur. La probabilité estimée est fonction de la durée d'écrêtement.

Période d'écrêtement	Probabilité pour considérer un foyer à risque
2 heures	0.08
4 heures	0.04

TABLE 22 – Probabilité à dépasser pour considérer un foyer à risque selon la durée de l'écrêtement.

Pour une période de deux heures, la probabilité d'avoir une mesure supérieure à la puissance maximale autorisée est de $1/12 \simeq 0.08$ et pour une période de quatre heures, cette probabilité est de $1/24 \simeq 0.04$.

6.1.1 Hiver 1

Pour le premier hiver, nous n'avons pas de foyers 3 kVA écrêtés dont nous disposons des données. Le tableau 23 donne le récapitulatif des écrêtements ayant eu lieu lors du premier hiver.

Période d'écrêtement	Diminution (talon)	3 kVA	6 kVA	9 kVA	12 kVA
11 Janvier 2016 (17-19h)	30% (2.8 kVA)	2.8 kVA	4.2 kVA	6.3 kVA	8.4 kVA
13 Janvier 2016 (14-18h)	50% (2.8 kVA)	2.8 kVA	3 kVA	4.5 kVA	6 kVA
18 Janvier 2016 (14-18h)	50% (2.8 kVA)	2.8 kVA	3 kVA	4.5 kVA	6 kVA
25 Février 2016 (14-18h)	50% (2.8 kVA)	2.8 kVA	3 kVA	4.5 kVA	6 kVA
1 Mars 2016 (17-19h)	60% (2.8 kVA)	2.8 kVA	2.8 kVA	3.6 kVA	4.8 kVA
7 Mars 2016 (14-18h)	70% (2.8 kVA)	2.8 kVA	2.8 kVA	2.8 kVA	3.6 kVA
18 Mars 2016 (10-12h)	80% (2.8 kVA)	2.8 kVA	2.8 kVA	2.8 kVA	2.8 kVA

TABLE 23 – Récapitulatif des écrêtements et de la puissance maximale durant la période d'écrêtement lors de l'hiver 2015/2016.

6 kVA

Pour les foyers 6 kVA CE, nous n'avons que deux foyers respectant un volume de données suffisant. Un foyer a été estimé à risque et seulement pendant le dernier écrêtement. Alors que, il n'y a eu qu'une seule ouverture de breaker sur le foyer n'ayant pas été estimé à risque.

Pour les foyers 6 kVA AC, les résultats sont présentés figure 5. Nous avons 75 foyers durant le premier hiver. On remarque que nous estimons plus de foyers à risque qu'il n'y a de foyer avec au moins une ouverture de breaker.

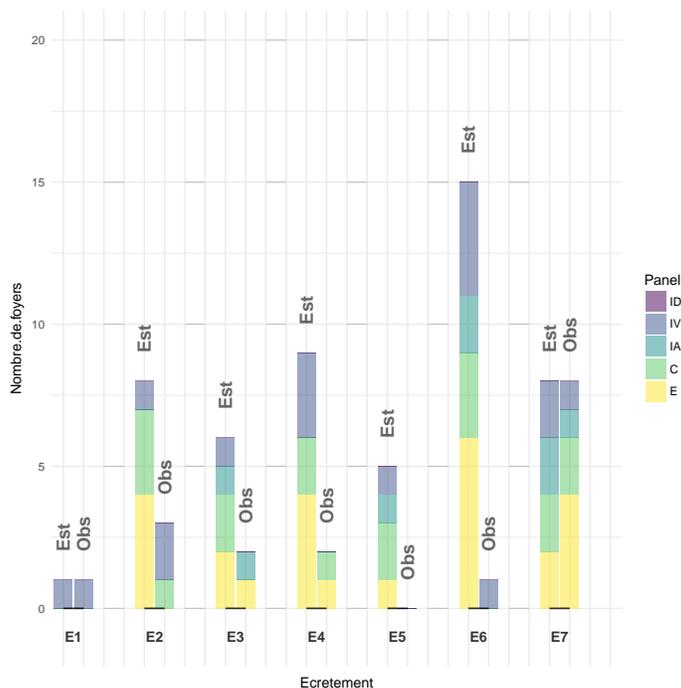


FIGURE 5 – Nombre de foyers ayant un contrat 6 kVA AC estimé à risque (Est) et ayant subis au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

9 kVA

Pour les 24 foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 9 kVA CE, la figure 6 compare le nombre de foyers estimés à risque avec ceux ayant subis au moins une ouverture de breaker pendant le premier hiver.

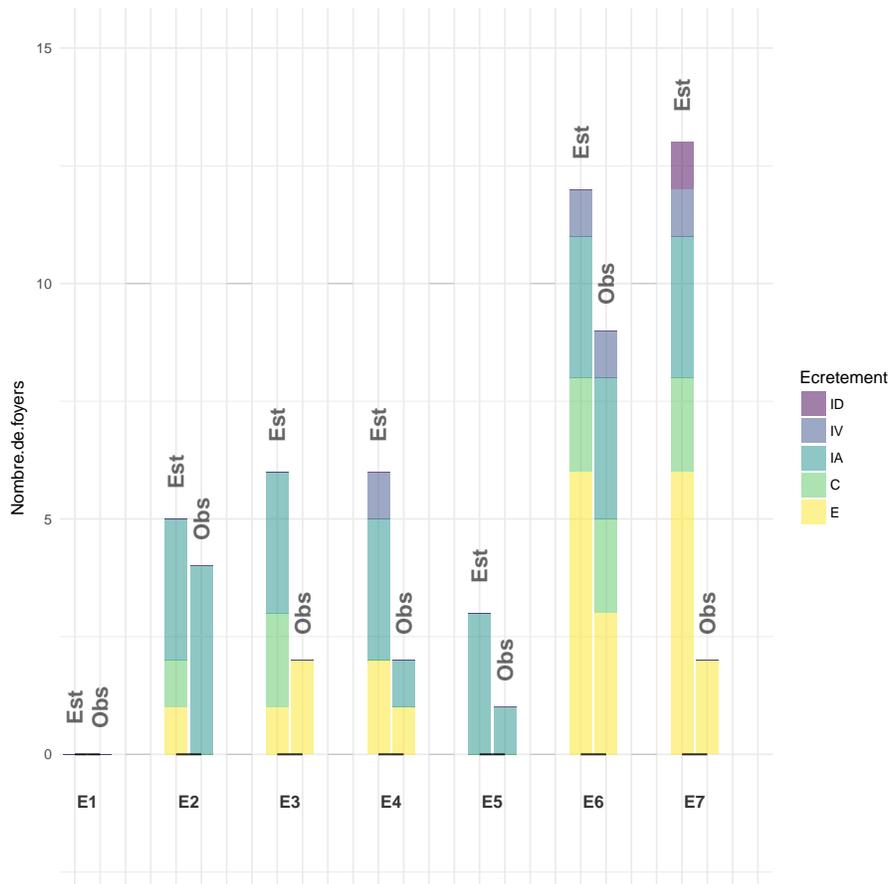


FIGURE 6 – Nombre de foyers ayant un contrat 9 kVA CE estimé à risque (Est) et ayant subi au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

On remarque que nous estimons plus de foyers à risque qu'il n'y a eu d'ouvertures de breaker. Les foyers (puissance souscrite 9 kVA) AC sont très peu nombreux (13) pour le premier hiver. Nous avons tout de même un foyer que nous avons considéré à risque pour quasiment tous les écrêtements et ce foyer a subi au moins une ouverture de breaker sur la plupart de ces écrêtements.

12 kVA

Les foyers ayant une puissance souscrite de 12 kVA sont au nombre de deux pour le premier hiver et ont été regroupés dans la table suivante :

Puissance souscrite / Panel	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
12 kVA / IV	0	0.023	0.025	0.014	0.015	0.198	0.435
12 kVA / IV	0	0.001	0.001	0	0	0.065	0.259

TABLE 24 – Probabilité estimée de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers avec une puissance souscrite de 12 kVA pour l'hiver 2015/2016.

Les cases surlignées en rouge dans la table 24 correspondent aux ouvertures de breaker observées durant les écrêtements. Dans ce cas, on peut voir que le foyer à risque avec la plus grande probabilité estimée est celui qui a subi les ouvertures de breaker.

6.1.2 Hiver 2

Le récapitulatif des tirs d'écrêtements ayant eu lieu le second hiver est donné table 25.

Période d'écrêtement	Diminution (talon)	3 kVA	6 kVA	9 kVA	12 kVA
22 novembre 2016 (17-21h)	60% (1.5 kVA)	1.5 kVA	2.4 kVA	3.6 kVA	4.8 kVA
14 décembre 2016(14-18h)	70% (1.5 kVA)	1.5 kVA	1.8 kVA	2.7 kVA	3.6 kVA
5 janvier 2017 (6-10h)	50% (2.8 kVA)	2.8 kVA	3 kVA	4.5 kVA	6 kVA
17 janvier 2017 (17-19h)	80% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.4 kVA
1 février 2017 (14-16h)	80% (1.8 kVA)	1.8 kVA	1.8 kVA	1.8 kVA	2.4 kVA
28 février 2017 (18-20h)	80% (1.8 kVA)	1.8 kVA	1.8 kVA	1.8 kVA	2.4 kVA
30 mars 2017 (7-9h)	80% (1.8 kVA)	1.8 kVA	1.8 kVA	1.8 kVA	2.4 kVA

TABLE 25 – Récapitulatif des écrêtements et de la puissance maximale durant la période d'écrêtement lors de l'hiver 2016/2017.

3/6 kVA

Il n'y a pas eu d'ouverture de breaker lors de l'hiver 2016/2017 pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 3 kVA. La table 26 donne les probabilités estimées de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour chacun des foyers. Les foyers avec une puissance souscrite de 6 kVA CE ne sont pas nombreux. La table 26 permet d'avoir un regard global sur les probabilités estimées de dépasser la puissance maximale ainsi que les ouvertures de breaker que certains foyers ont subis (surlignés en rouge).

Puissance souscrite / Panel	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
3 kVA / E	0.12	0.055	0.057	0.052	0.007	0.025	0.039
3 kVA / C	0	0.005	0	0.019	0.004	0.05	0
3 kVA / C	0	0.043	0.025	0.04	0.004	0.064	0.125
3 kVA / C	0	0.669	0.306	0.028	0.058	0	0.029
6 kVA / E	0.001	0	0	0	0	0	0
6 kVA / C	0.083	0	0.055	0.005	0.013	0.078	
6 kVA / C		0.503	0.758	0.325	0.398	0.609	0.836
6 kVA / C					0.237	0.689	0.613
6 kVA / C		0.09	0.549	0.11	0.001	0.372	0.757
6 kVA / IA	0	0	0	0	0	0.01	0.002
6 kVA / IA	0.589	0	0.005	0.002	0	0.439	0.397
6 kVA / IA	0.001	0	0		0.003	0.077	0.05
6 kVA / ID	0.227	0.057	0.32	0.016	0.012	0.177	0.626

TABLE 26 – Probabilité estimée de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers avec une puissance souscrite de 3 et 6 kVA CE pour l'hiver 2016/2017.

Les cases vides correspondent à des valeurs que nous n'avons pas pu estimer (valeurs de covariables manquantes par exemple). Les foyers avec une puissance souscrite de 6 kVA AC sont au nombre de 156. La figure 7 présente le nombre de foyers avec une probabilité estimée supérieure à 1/12 pour une période d'écrêtement de 2 heures et 1/24 pour une période de 4 heures. Le nombre de foyers ayant subis au moins une ouverture de breaker pendant les écrêtements est également affiché.

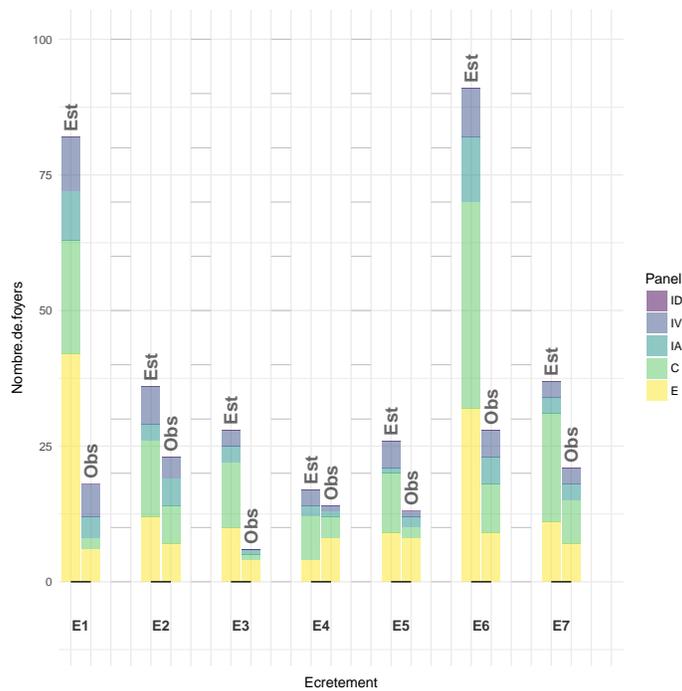


FIGURE 7 – Nombre de foyers ayant un contrat 6 kVA AC estimé à risque (Est) et ayant subis au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

9 kVA

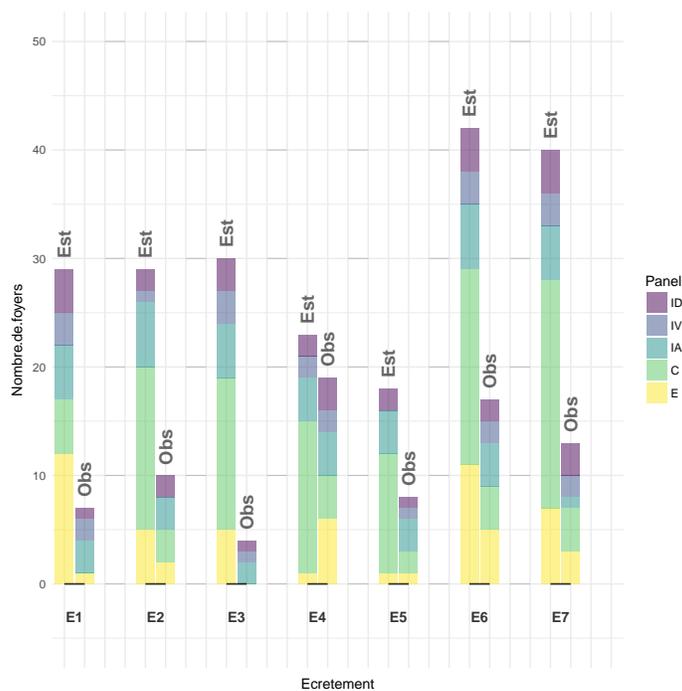


FIGURE 8 – Nombre de foyers ayant un contrat 9 kVA CE estimé à risque (Est) et ayant subis au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

Les 52 foyers 9 kVA CE et ayant été estimés à risque sont affichés sur la figure 8 ainsi que ceux ayant subis au moins une ouverture de breaker.

Les foyers avec une puissance souscrite de 9 kVA AC sont au nombre de 26 et la figure 9 présente ceux ayant été estimés à risque et ceux ayant eu une ouverture de breaker pendant les écrêtements.

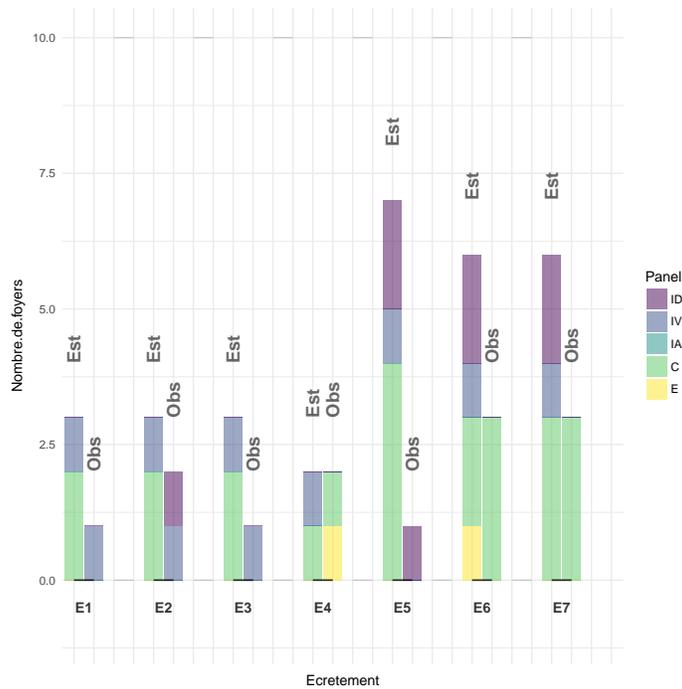


FIGURE 9 – Nombre de foyers ayant un contrat 9 kVA AC estimé à risque (Est) et ayant subis au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

12 kVA

La table suivante donne les probabilités de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers 12 kVA.

Panel	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
C		0.111	0.034	0.0866	0	0.035	0.037
C					0.001	0.353	0.241
C		0.731	0.757	0.734	0.208	0.805	0.637
C		0.308	0.069	0.362	0.027	0.595	0.05
C		0.034	0.003	0.001	0	0.023	0.026
C					0	0.204	0.114
C	0.112	0.014	0.089	0.007	0.393	0.354	
C		0.828	0.981	0.561	0.519	0.891	0.994
C		0.133	0.027	0.031	0.012	0.293	0.662
IV	0.444	0.254	0.518	0.152	0.114	0.401	0.606
IV	0.013	0.001	0.001	0	0	0.03	0.063
ID	0.172	0.062	0.645	0.056	0.142	0.509	0.844

TABLE 27 – Probabilités estimées de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers avec une puissance souscrite de 12 kVA pour l'hiver 2016/2017.

Les cases vides correspondent à des valeurs que nous n'avons pas pu estimer (valeurs de covariables man-

quantas par exemple).

6.1.3 Hiver 3

Pour le troisième hiver, nous avons huit tirs d'écrêttements. Ces tirs sont présentés table 28

Période d'écrêtement	Diminution (talon)	3 kVA	6 kVA	9 kVA	12 kVA
9 novembre 2017 (18-20h)	70% (1.8 kVA)	1.8 kVA	1.8 kVA	2.7 kVA	3.6 kVA
29 novembre 2017(18-20h)	80% (1.8 kVA)	1.8 kVA	1.8 kVA	1.8 kVA	2.4 kVA
19 décembre 2017 (17-19h)	80% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.4 kVA
8 janvier 2018 (18-20h)	80% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.4 kVA
2 février 2018 (11-13h)	80% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.4 kVA
20 février 2018 (18-20h)	80% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.4 kVA
13 mars 2018 (18-20h)	70% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2.7 kVA	3.6 kVA
28 mars 2018 (18-20h)	81% (2 kVA)	2 kVA	2 kVA	2 kVA	2.376 kVA

TABLE 28 – Récapitulatif des écrêttements et de la puissance maximale durant la période d'écrêtement

3/6 kVA

Le tableau 29 présente les probabilités estimées pour les foyers avec une puissance de 3 kVA et de 6 kVA CE. Les valeurs surlignées en rouge correspondent aux ouvertures de breaker ayant eu lieu.

Puissance souscrite / Panel	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
3 kVA / E	0.023	0.024	0.073	0.042	0	0	0.018	0.019
3 kVA / C	0.01	0.01	0.006	0.064	0	0.013	0.057	0.058
3 kVA / C	0.038	0.044	0.013	0.043	0.053	0.032	0.029	0.034
3 kVA / C	0	0	0.002	0.116	0	0	0	0
6 kVA / E	0.001	0.002	0.007	0.011	0.11	0.002	0.002	0.003
6 kVA / C	0.009	0.011	0.004	0.018	0.009	0.008	0.004	0.006
6 kVA / C	0.598	0.673	0.836	0.816	0.959	0.528	0.397	0.481
6 kVA / C	0.76	0.807	0.765	0.868	0.459	0.696	0.623	0.687
6 kVA / C	0.097	0.148	0.085	0.309	0.096	0.071	0.035	0.061
6 kVA / IA	0	0	0	0.001	0	0	0	0
6 kVA / IA	0.001	0.003	0.037	0.322	0.131	0.18	0.055	0.087
6 kVA / IA	0.107	0.123	0.089	0.128	0	0.109	0.041	0.049
6 kVA / ID	0.355	0.432	0.412	0.56	0.678	0.231	0.156	0.215

TABLE 29 – Probabilités estimées de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers avec une puissance souscrite de 3 et 6 kVA CE pour l'hiver 2017/2018.

Hiver 3 conditions difficiles et foyers plus impactés. La figure 10 montre le nombre de foyers considérés à risque lors de l'hiver 3 parmi les 158 foyers avec un contrat 6 kVA AC (Est). Le nombre de foyers ayant subis au moins une ouverture de breaker est également affiché (Obs).

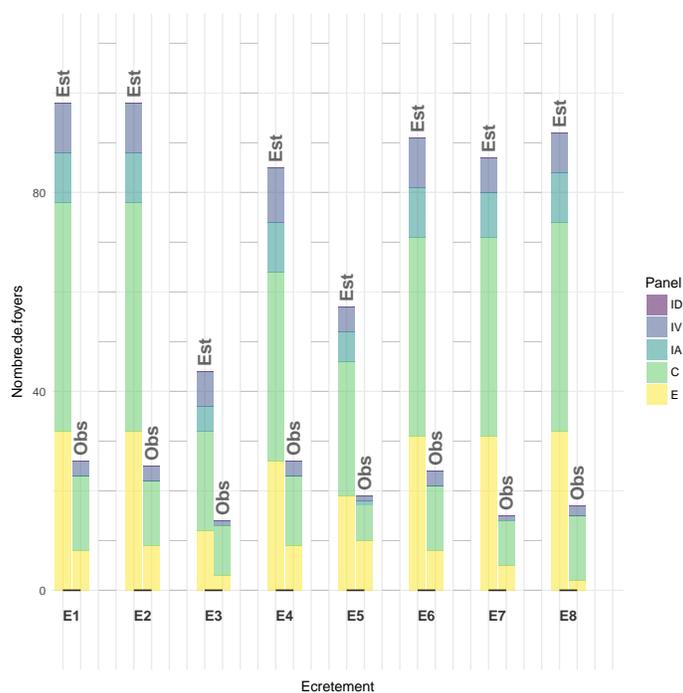


FIGURE 10 – Nombre de foyers ayant un contrat 6 kVA AC (Est) et ayant subi au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l’écêtement et pour chaque panel.

9 kVA

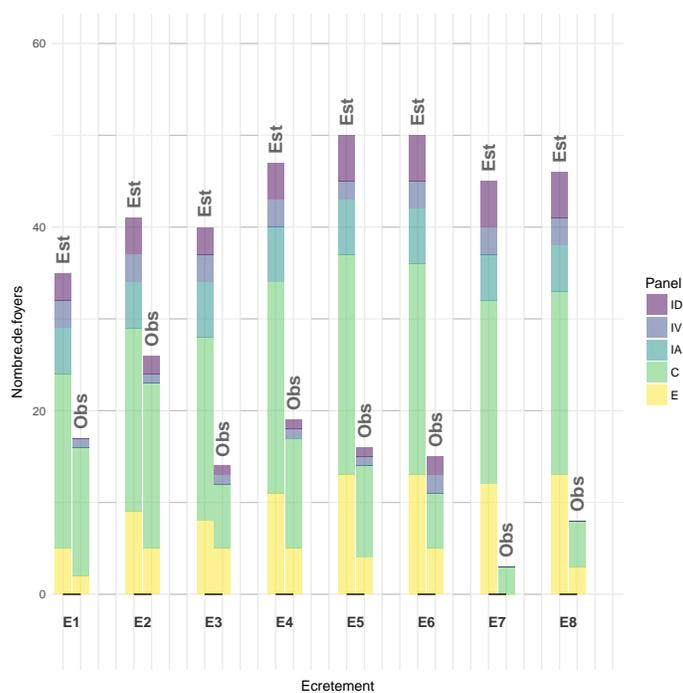


FIGURE 11 – Nombre de foyers ayant un contrat 9 kVA CE estimé à risque (Est) et ayant subi au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l’écêtement et pour chaque panel.

Les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 9 kVA estimés à risque sont présentés sur la figure 11 pour les 53 foyers CE et sur la figure 12 pour les 27 autres.

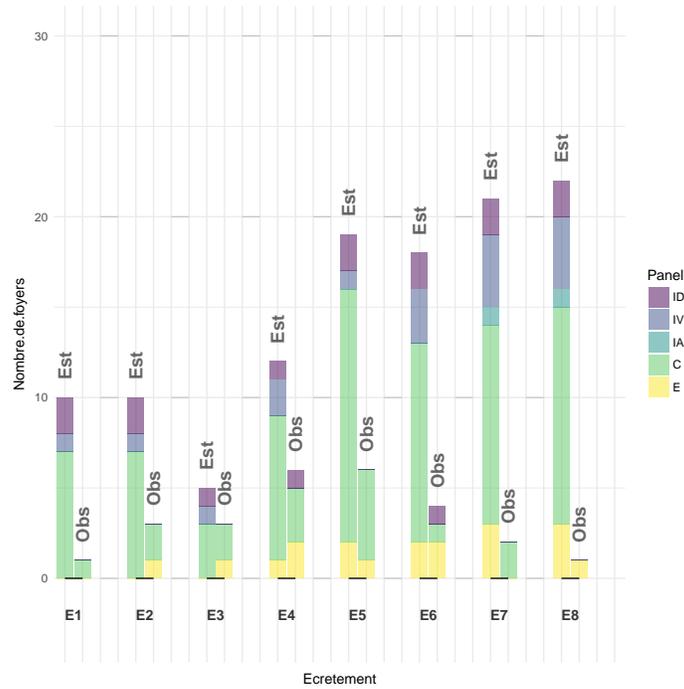


FIGURE 12 – Nombre de foyers ayant un contrat 9 kVA AC estimé à risque (Est) et ayant subis au moins une ouverture de breaker (Obs) selon le jour de l'écrêtement et pour chaque panel.

12 kVA

Les probabilités estimées de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers 12 kVA sont présentées table 30. Les probabilités surlignées en rouge correspondent aux ouvertures de breaker ayant eu lieu.

Panel	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
C	0.067	0.115	0.06	0.115	0	0	0.053	0.092
C	0.43	0.492	0.352	0.483	0.458	0.684	0.693	0.738
C	0.681	0.71	0.742	0.769	0.446	0.76	0.675	0.704
C	0.135	0.2	0.365	0.379	0.628	0.559	0.299	0.38
C	0.27	0.305	0.41	0.42	0.003	0.302	0.312	0.347
C	0.028	0.059	0.014	0.047	0.1	0.019	0.081	0.141
C	0.235	0.299	0.297	0.571	0.415	0.563	0.471	0.538
C	0.143	0.187	0.337	0.473	0.556	0.554	0.451	0.509
C	0.804	0.838	0.735	0.774	0.968	0.866	0.849	0.875
IV	0.21	0.281	0.231	0.388	0.637	0.141	0.11	0.161
IV	0.003	0.007	0.015	0.02	0.361	0.061	0.023	0.043
ID	0.243	0.283	0.138	0.255	0.752	0.465	0.368	0.41

TABLE 30 – Probabilités estimées de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement pour les foyers avec une puissance souscrite de 12 kVA pour l'hiver 2017/2018.

6.1.4 Récapitulatif

Dans cette section, nous allons faire un petit récapitulatif des résultats obtenus ainsi qu'une conclusion sur cette partie.

Nous allons donner le nombre de foyers à risque pour chacun des écrêtements et pour chaque hiver selon le type de contrat ainsi que le nombre d'ouvertures de breaker pour chaque écrêtement entre parenthèses.

Date d'écrêtement	3 kVA	6 kVA	9 kVA	12 kVA
11 janvier 2016	0 (0)	1 (3)	0 (0)	0 (0)
13 janvier 2016	0 (0)	8 (3)	7 (5)	0 (0)
18 janvier 2016	0 (0)	6 (2)	7 (2)	0 (0)
25 février 2016	0 (0)	9 (2)	8 (3)	0 (0)
1 mars 2016	0 (0)	5 (0)	4 (2)	0 (0)
7 mars 2016	0 (0)	15 (1)	17 (10)	3 (1)
18 mars 2016	0 (0)	9 (8)	16 (2)	3 (1)
22 novembre 2016	1 (0)	72 (20)	34 (9)	2 (0)
14 décembre 2016	1 (0)	43 (24)	35 (12)	8 (1)
5 janvier 2017	1 (0)	36 (7)	34 (5)	5 (0)
17 janvier 2017	0 (0)	46 (15)	26 (22)	6 (1)
1 février 2017	0 (0)	30 (14)	28 (10)	4 (2)
28 février 2017	0 (0)	133 (32)	52 (21)	9 (1)
30 mars 2017	1 (0)	48 (23)	47 (16)	8 (0)
9 novembre 2017	0 (0)	111 (31)	48 (18)	9 (3)
29 novembre 2017	0 (0)	111 (29)	55 (31)	10 (2)
19 décembre 2017	0 (0)	56 (16)	48 (17)	9 (5)
8 janvier 2018	1 (0)	101 (33)	63 (27)	10 (5)
2 février 2018	0 (0)	69 (22)	75 (25)	10 (2)
20 février 2018	0 (0)	105 (30)	72 (20)	9 (2)
13 mars 2018	0 (0)	97 (28)	72 (5)	9 (1)
28 mars 2018	0 (0)	103 (19)	74 (10)	11 (0)

TABLE 31 – Récapitulatif du nombre de foyers estimés à risque et ayant subi une ouverture de breaker (chiffre entre parenthèses).

La probabilité estimée de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement correspond à une probabilité de dépassement si le foyer continue de consommer comme à son habitude. Or, nous considérons généralement plus de foyers à risque que nous n'observons d'ouvertures de breaker. Nous pouvons faire l'hypothèse que les foyers ont changé leurs habitudes pour s'adapter aux écrêtements.

Il est facile de remarquer que plus les écrêtements sont durs, plus nous considérons de foyers à risque. Par exemple, si nous mettons en relation le tableau 23 et la figure 6 on peut voir que quand les foyers avec un contrat 9 kVA atteignent le talon, le nombre de foyers considérés à risque augmente considérablement.

Nombre de foyers	Hiver 2	Hiver 3	Différence en %
6 kVA à risque	58	94	62%
6 kVA ouverture de breaker	18	26	44%
9 kVA à risque	36	63	75%
9 kVA ouverture de breaker	15	19	27%

TABLE 32 – Moyenne du nombre de foyer estimés à risque et ayant subi une ouverture de breaker.

Si nous regardons le nombre moyen de foyers à risque pour les écrêtements de l'hiver 2 et 3 présentés dans le tableau 32, nous avons une augmentation du nombre de foyers considérés à risque plus importante que celle des foyers ayant subis une ouverture de breaker.

6.2 Proposition de réduction

Pour cette section, nous allons proposer une réduction de la puissance d'écrêtement de manière à ce que le moins d'expérimentateurs possible soit considéré à risque. Pour ce faire, nous allons estimer la puissance correspondant à la probabilité qu'une mesure dépasse cette puissance pendant la période d'écrêtement.

À titre d'exemple, nous calculons la puissance minimale pour laquelle nous aurons 50% des foyers à risque. Il est possible de changer ce pourcentage pour une mise en situation de la méthode.

6.2.1 Hiver 1

Nous n'avons pas de données sur les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 3 kVA pour l'hiver 2015/2016.

6 kVA

Nous allons utiliser les foyers avec une puissance souscrite de 6 kVA AC. Pour ceux-là, nous avons 54 foyers avec assez de données.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	1335	2370	2319	2370	1325.5	2343	1907
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	77.75	60.5	61.35	60.5	77.91	60.95	68.22

TABLE 33 – Puissance réduite médiane des foyers 6 kVA AC pour l'hiver 2015/2016.

Sur le tableau 33, cette puissance médiane veut dire que sur le premier hiver et sur le premier écrêtement, nous avons 50% des foyers concernés qui ont une probabilité de dépasser 1335 VA inférieure à 0.08 et 50% des foyers concernés ont une probabilité supérieure à 0.08. Cela veut dire que si les foyers consomment à leurs habitudes, un écrêtement de 77.75% lors du 11 janvier 2016 de 17 à 19h aurait affecté la moitié des foyers 6 kVA AC.

9 kVA

Le tableau 34 présente la puissance estimée jusqu'à laquelle l'écrêtement est possible pour que 50% des foyers 9 kVA CE aient une probabilité de dépasser cette puissance inférieure à la probabilité d'avoir une mesure au-dessus de celle-ci.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	3467	4438	4438	4438	3282	4438	3377
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	61.48	50.69	50.69	50.69	63.53	50.69	62.48

TABLE 34 – Puissance réduite médiane des foyers 9 kVA CE pour l'hiver 2015/2016.

De la même façon, nous avons calculé dans le tableau 35 la puissance d'écrêtement médiane associée à la probabilité d'avoir une mesure dépassant cette puissance pour les foyers avec une puissance souscrite de 9 kVA AC

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	2183	3100	3100	3149	2008	3100	2773
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	75.74	65.55	65.55	65.01	77.69	65.55	69.19

TABLE 35 – Puissance réduite médiane des foyers 9 kVA AC pour l'hiver 2015/2016.

Nous lisons ces tableaux de la même manière que pour le tableau 33. C'est-à-dire que si nous prenons le

troisième écrêtement de l'hiver 2015/2016, nous avons estimé, pour les foyers 9 kVA CE, une puissance de 4438 VA. Cela veut dire que nous avons 50% des foyers 9 kVA CE qui ont une puissance estimée, associée à la probabilité 0.04, inférieure ou égale à 4438. En réalité, un écrêtement de 50% a été effectué, ce qui est quasiment égal au pourcentage d'écrêtement proposé à la table 34. D'après notre estimation nous pouvons dire que si les foyers écrêtés ne changent pas leurs habitudes de consommation électrique, alors nous auront 50% des foyers dont la probabilité sera plus élevée que celle d'avoir une mesure dépassant la puissance écrêtée. Ces foyers seront donc considérés à risque. On retrouve quasiment le même nombre de foyers que celui figure 6, la différence vient que l'écrêtement fût de 50% et non de 50.69%. Pour les foyers avec une puissance souscrite de 9 kVA AC, nous avons très peu de foyers concernés (10) sur l'hiver 2015/2016 mais nous avons quand même mis les résultats dans le tableau 35. Nous pouvons remarquer ici que les puissances estimées pour les foyers AC sont inférieures à celles des foyers avec un mode de chauffage électrique.

Pour les foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 12 kVA, nous avons trop peu de foyers pour afficher le résultat des calculs de l'hiver 2015/2016.

Global

Sur la table 36, nous avons calculé non plus une puissance estimée par type de contrat mais un pourcentage d'écrêtement global calculé à partir de la prise en compte de tous les types de contrats. Pour réaliser ceci, nous avons gardé le pourcentage de diminution de la puissance de chaque foyer et calculé la médiane sur l'ensemble d'entre eux.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Pourcentage d'écrêtement global (%)	73.67	60.40	61.30	60.60	74.00	60.60	67.46

TABLE 36 – Pourcentage d'écrêtement médian estimé sur la totalité des foyers pour l'hiver 2015/2016.

Si nous prenons comme exemple le deuxième écrêtement, le pourcentage médian estimé est de 60.40%. Cela signifie que si les puissance écrêtées sont de 1.812, 3.624, 5.436 et 7.248 kVA pour, respectivement, les foyers avec une puissance souscrite de 3, 6, 9 et 12 kVA, alors nous auront considérés autant de foyers à risque que sans risque lors de cet écrêtement.

6.2.2 Hiver 2

Pour l'hiver 2016/2017, nous avons procédé de la même façon que pour l'hiver 2015/2016. Nous avons également trop peu de foyers avec un contrat d'une puissance souscrite de 3 kVA pour obtenir des résultats.

6 kVA

Foyers CE							
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	2726	2194	2802	2405	1560	2603	1698
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	54.57	63.43	53.30	59.92	74.00	56.62	71.70
Foyers AC							
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	2431	2176	1752	1446	1146	1572	607
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	59.48	63.73	70.80	75.90	80.90	73.80	89.88

TABLE 37 – Puissance réduite médiane des foyers 6 kVA pour l'hiver 2016/2017.

Le tableau 37 nous renseigne sur les puissances réduites médianes estimées pour les foyers avec une puissance souscrite de 6 kVA. On peut facilement remarquer que les puissances estimées des foyers CE sont supérieures à celles de ceux avec un autre mode de chauffage.

9 kVA

Foyers CE							
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	4960	4333	4696	3815	3354	3882	2964
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	44.88	51.86	47.82	57.61	62.73	56.87	67.07
Foyers AC							
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	2884	2377	2229	1908	1248	1824	1014
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	67.96	73.59	75.23	78.80	86.13	79.73	88.73

TABLE 38 – Puissance réduite médiane des foyers 9 kVA pour l'hiver 2016/2017.

Nous pouvons voir sur le tableau 38 les puissances médianes estimées pour les foyers avec une puissance souscrite de 9 kVA. De façon similaire, les foyers CE ont une puissance estimée supérieure à celle des foyers AC.

12 kVA

Le tableau 39 donne les résultats sur le peu de foyers avec une puissance souscrite de 12 kVA dont nous disposons.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Puissance réduite (VA)	6683	5479	5857	4794	4681	5106	3774
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	44.31	54.34	51.19	60.05	60.99	57.45	68.55

TABLE 39 – Puissance réduite médiane des foyers 12 kVA pour l'hiver 2016/2017.

Global

De la même façon que pour l'hiver 2015/2016, sur la table 40, nous avons calculé un pourcentage d'écrêtement global sur tous les types de contrats. Pour réaliser ceci, nous avons gardé le pourcentage de diminution de chaque foyer et calculé la médiane sur l'ensemble d'entre eux.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7
Pourcentage d'écrêtement global (%)	56.62	61.62	66.84	69.81	75.65	68.50	85.69

TABLE 40 – Pourcentage d'écrêtement médian estimé sur l'ensemble des foyers pour l'hiver 2016/2017.

6.2.3 Hiver 3

3 kVA

Pour l'hiver 2017/2018, nous avons peu de foyers (4) avec un contrat d'une puissance souscrite de 3 kVA mais nous avons tout de même affiché les résultats dans la table 41.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
Puissance réduite (VA)	1296	1296	1161	1296	1323	1296	1296	1296
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	56.8	56.8	61.3	56.8	55.9	56.8	56.8	56.8

TABLE 41 – Puissance réduite médiane des foyers 3 kVA pour l'hiver 2017/2018.

6 kVA

Sur la table 42, nous avons les pourcentages d'écrêtements estimés pour les foyers avec une puissance souscrite de 6 kVA sur l'hiver 2017/2018.

Foyers CE								
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
Puissance réduite (VA)	2265	2265	1968	2265	1782	2265	2265	2265
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	62.25	62.25	67.20	62.25	70.30	62.25	62.25	62.25
Foyers AC								
Puissance réduite (VA)	1578	1578	1551	1578	1668	1578	1578	1578
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	73.70	73.70	74.15	73.70	72.20	73.70	73.70	73.70

TABLE 42 – Puissance réduite médiane des foyers 6 kVA pour l'hiver 2017/2018.

On peut remarquer que les pourcentages d'écrêtements sont plus élevés pour les foyers AC que pour ceux CE.

9 kVA

Nous pouvons voir sur le tableau 43 les puissances médianes estimées pour les foyers avec une puissance souscrite de 9 kVA.

Foyers CE								
Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
Puissance réduite (VA)	4003	4003	3738	4003	3827	4003	3924	3966
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	55.52	55.52	58.47	55.52	57.48	55.52	56.40	55.93
Foyers AC								
Puissance réduite (VA)	2028	2028	1985	2028	2091	2028	2028	2028
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	77.47	77.47	77.94	77.47	76.77	77.47	77.47	77.47

TABLE 43 – Puissance réduite médiane des foyers 9 kVA pour l'hiver 2017/2018.

De façon similaire, les foyers CE ont une puissance estimée supérieure à celle des foyers AC.

12 kVA

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
Puissance réduite (VA)	5454	5454	5190	5454	4292	5454	5454	5454
Pourcentage d'écrêtement associé (%)	54.55	54.55	56.75	54.55	64.23	54.55	54.55	54.55

TABLE 44 – Puissance réduite médiane des foyers 12 kVA pour l'hiver 2017/2018.

Le tableau 39 donne les résultats sur le peu de foyers avec une puissance souscrite de 12 kVA dont nous disposons.

Global

Pour finir, nous avons calculé le pourcentage d'écrêtement global sur tous les types de contrats. Pour réaliser ceci, nous avons gardé le pourcentage de diminution de chaque foyer et calculé la médiane sur l'ensemble d'entre eux.

Écrêtement	Écr. 1	Écr. 2	Écr. 3	Écr. 4	Écr. 5	Écr. 6	Écr. 7	Écr. 8
Pourcentage d'écrêtement global (%)	68.80	68.80	70.70	68.80	70.12	68.80	68.80	68.80

TABLE 45 – Puissance réduite médiane globale pour l'hiver 2017/2018.

6.2.4 Commentaires

Nous remarquons que sur chacun des hivers, nous avons estimé une puissance d'écrêtement plus faible avec les foyers AC, cela nous réconforte quant au résultat de la classification effectuée sur le type de chauffage. De plus, nous remarquons qu'en général, les foyers CE ont un contrat en heure pleine/heure creuse, il n'est donc pas impensable de séparer le niveau d'écrêtement par type de contrat pour mettre en place ce modèle.

Nous proposons un moyen de calculer une puissance permettant de définir un pourcentage d'écrêtement en prenant en compte le nombre de foyers impactés. Comme le temps de calcul est très rapide, ce modèle pourrait être utilisé pour définir le pourcentage d'écrêtement suivant un incident sur le réseau tout en prenant en compte le nombre de foyers qui vont être à risque. Par exemple, nous pourrions répondre à l'interrogation suivante : nous voulons que seulement 30% des foyers soient considérés à risque, quel est le pourcentage d'écrêtement associé ?

7 Conclusion

Dans ce livrable, nous avons étudié l'impact des visites individuelles sur la consommation électrique. Un test du χ^2 a été effectué pour chacune des visites. Nous n'avons pas pu conclure à un effet des visites car le test n'a pas rejeté le non effet de la visite. Un cas a cependant été détecté ou nous avons rejeté l'absence d'un effet., Ces résultats sont mis en question car nous avons à faire avec des petits panels.

Dans une seconde partie, nous avons regardé si les scores MCE et de culture énergétique pouvait avoir un lien avec une variation de la consommation. Les échantillons sont trop petits et les résultats non concluant quant à un éventuel lien entre les scores et la consommation électrique.

Enfin, dans une troisième partie, nous regardons les foyers à risque lors de chaque écrêtement. De plus, nous proposons une estimation de la puissance écrêtée permettant de réduire le nombre de foyers considérés à risque. Il faut tout de même faire attention car même si le nombre de foyers considérés à risque est faible, ceux-ci peuvent être très impactés par un écrêtement et se retrouver sans électricité pendant la période d'écrêtement.

Une perspective d'amélioration du modèle serait de prendre en compte ces foyers et d'ajouter des poids (ajouter de l'importance) sur ceux étant le plus impactés par les écrêtements, soit ceux ayant une probabilité de dépasser la puissance maximale en période d'écrêtement très élevée. Ceci dans le but de trouver un compromis entre les foyers avec une probabilité élevée de dépasser la puissance écrêtée et le nombre de foyers estimés à risque.

Références

- [1] Jan Beirlant, Yuri Goegebeur, Johan Segers, and Jozef Teugels. *Statistics of extremes : theory and applications*. John Wiley & Sons, 2006.
- [2] Jeff A Bilmes et al. A gentle tutorial of the em algorithm and its application to parameter estimation for gaussian mixture and hidden markov models. *International Computer Science Institute*, 4(510) :126, 1998.
- [3] D. R. Cox. Regression models and life-tables. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 34(2) :187–220, 1972.
- [4] Jean-Baptiste Durand, Laurent Bozzi, Gilles Celeux, and Christian Derquenne. *Analyse de courbes de consommation électrique par chaînes de Markov cachées*. PhD thesis, INRIA, 2003.
- [5] G. Durrieu, I. Grama, Q. Pham, Jaunâtre K., and J.-M. Tricot. extremefit : A package for extreme quantiles. *Journal of Statistical Software*, to appear, 2017.
- [6] G. Durrieu, I. Grama, Q. Pham, and J.-M. Tricot. Nonparametric adaptive estimator of extreme conditional tail probabilities quantiles. *Extremes*, 18 :437–478, 2015.
- [7] Gilles Durrieu, Emmanuel Frenod, Thierry Morineau, and Thong Quoc Nguyen. Modeling abstraction hierarchy levels of the cyber attacks using random process. *Open Journal of Statistics*, 7(03) :500, 2017.
- [8] Roger Fjortoft, Yves Delignon, Wojciech Pieczynski, Marc Sigelle, and Florence Tupin. Unsupervised classification of radar images using hidden markov chains and hidden markov random fields. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 41(3) :675–686, 2003.

- [9] I. Grama and K. Jaunatre. Estimation of extreme survival probabilities with cox model. *arXiv preprint arXiv :1805.01638*, 2018.
- [10] I. Grama and V. Spokoiny. Statistics of extremes by oracle estimation. *Annals of Statistics*, 36(4) :1619–1648, 2008.
- [11] I. Grama, J.-M. Tricot, and J.-F. Petiot. Estimation of the extreme survival probabilities from censored data. *BULETINUL ACADEMIEI DE STIINTE A REPUBLICII MOLDOVA. MATEMATICA*, 74(1) :33–62, 2014.
- [12] Walter Zucchini, Iain L MacDonald, and Roland Langrock. *Hidden Markov models for time series : an introduction using R*, volume 150. CRC press, 2016.