



Eco-SESA
Univ. Grenoble Alpes



Pilotage de la demande électrique des ménages par des incitations non monétaires : une étude expérimentale de terrain



financé par
IDEX Université Grenoble Alpes

Adélaïde Fadhuile, Daniel Llerena et Béatrice Roussillon,
économistes, Laboratoire GAEL, UGA.
Benoit Delinchant, Salman Sahid et Frederic Wurtz,
Génie Electrique, G2ELab, UGA

OTE, WP1, 20 juin 2023



Pack Ambition Recherche 2017 EXPESIGNO



Ce travail a bénéficié du soutien de la Région Auvergne Rhône-Alpes au titre du programme "Pack Ambition Recherche 2017 - Projet Expesigno" (17 01110301). Il a également bénéficié du soutien du CDP Eco-SESA recevant des financements de l'Agence Nationale de la Recherche, au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-15-IDEX-02.

This work has been supported by the Auvergne Rhône-Alpes region, "Pack Ambition Recherche 2017 - Expesigno projet" (17 01110301). This work has also been partially supported by the CDP Eco-SESA receiving fund from the French National Research Agency in the framework of the "Investissements d'avenir" program (ANR-15-IDEX-02).

CETTE PRÉSENTATION

- **Présentation de l'expérimentation et des résultats d'Expesigno**
- **Premiers résultats sur les Flexibilités**
- **Perspectives dans le cadre de l'OTE**

CETTE PRÉSENTATION

- **Présentation de l'expérimentation et des résultats d'Expesigno**
- Premiers résultats sur les Flexibilités
- Perspectives dans le cadre de l'OTE

PROJET EXPESIGNO

■ **Projet Pluridisciplinaire**

- ▶ Économie expérimentale et Économétrie (GAEL)
- ▶ Génie Électrique (G2ELAB)
- ▶ IHM (G-SCOP/LIG)

■ **Expérience de terrain**

- ▶ Consommateurs suivis pendant 2 ans
- ▶ Données des compteurs Linky
- ▶ Questionnaires réguliers de suivi

CONTEXTE DE L'ETUDE ET POPULATION CIBLEE

- **Flexibilité chez les consommateurs**
 - Sans contrat HC/HP et majoritairement sans chauffage électrique
 - Flexibilité indirecte, c'est-à-dire qui nécessite une action de l'individu, et donc qui ne peut pas être pilotée
 - Motivation intrinsèque : introduction des ENRs
 - ⇒ Comportement pro-environnemental
 - ⇒ Un « petit geste du quotidien »

OBJECTIFS

- **Identifier les “gisements” de flexibilité**
 - Collecte de données sur les consommateurs, leurs équipements et leurs usages
 - Collecte de données de consommation d’énergie électrique (1/2 heure, LINKY)
- **Induire de la flexibilité**
 - Décaler sa consommation **en dehors** une période dite “Orange”
 - Décaler sa consommation **pendant** une période dite “Verte”

LES ÉTUDES ANTÉRIEURES

■ Ito, AER 2018, Moral Suasion (300 participants au Japon)

Envoie de SMS les jours de pic avec le message suivant :

“substantial energy conservation will be required for the society in ‘critical peak-demand hours’ on summer and winter peak-demand days, in which electricity supply will be very limited relative to demand.”

-> Effet significatif mais modéré de 3%

-> Effet d'accoutumance sur 7 cycles d'alertes par saison
(premier cycle d'alertes 8%, puis 3% puis entre 0,5% et 1%)

Design : Field Experiment

DESIGN

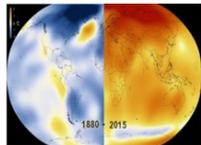
- **Un groupe de contrôle (78 personnes) et un groupe « traité » (87 personnes)**
 - ▶ Indemnisation pour le temps passé aux questionnaires (40€*3)
- **06/2019 – 10/2021 (2 hivers et 2 étés)**
- **Le traitement**
 - ▶ **Un engagement**
 - ▶ **Un système d'alerte**
 - Alerte **Orange** (basé sur les jours PP1/PP2)
 - Alerte **Verte** (jour max de prod Photovoltaïque, d'après travaux du G2ELab)
 - ▶ **Un feedback**
- **Un groupe de contrôle** : aucune intervention, ni information sur le traitement
- **Collecte de données**
 - ▶ **Electrique (1/2heure par Linky)**
 - ▶ **Un questionnaire (début 06_2019/milieu 09_2020/ fin 10_2021)**

MOTIVATION INTRINSEQUE : INTEGRATION DES ENR

Le contexte général 2/2

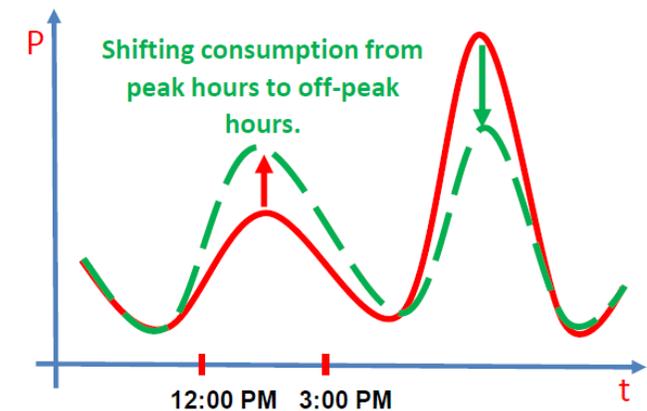
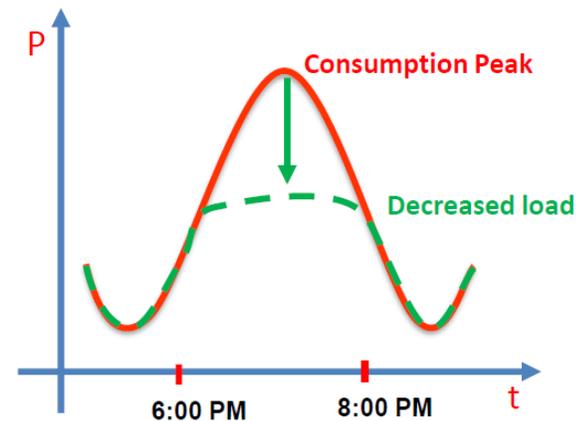
Actuellement nous faisons face :

- au changement climatique,
- à la pollution issue des centrales thermiques,
- à la gestion des déchets nucléaires,



Notre société doit donc s'engager dans une transition énergétique qui est basée sur le développement des énergies renouvelables (ENR).

Ainsi, les accords de Paris pour le climat ont fixé pour objectif un développement des ENR à 32% en 2030 et 50% en 2050.



3 NUDGES : L'ENGAGEMENT

Engagements sur des Actions Simples

- Information : liste de Flexi-Gestes
- Planification : personnalisation
- Engagement

Accueil

Livret personnel sur vos consommations 2019/2021

Questionnaire 2021

Vos Équipements

Vos Engagements

Période Verte

Période Orange

Retour d'informations

Courbes de consommation

Guide de l'étude

Contact

Vos Engagements - Période Orange

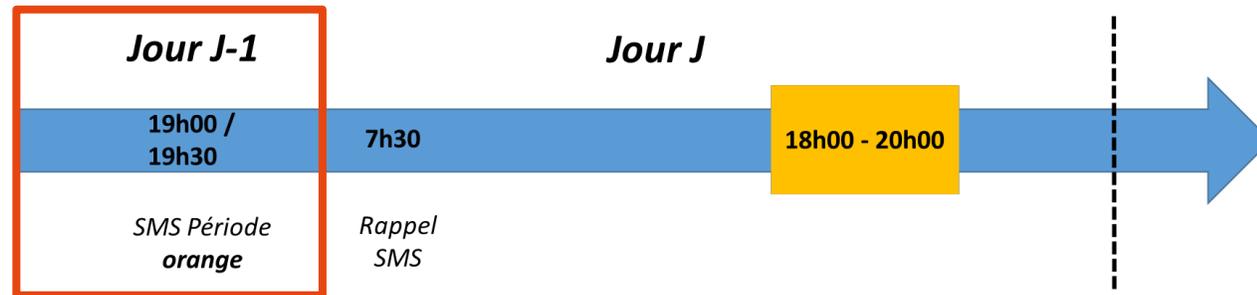
ENTRE 18H ET 20H, EN SEMAINE, VOUS VOUS ENGAGEZ À NE PAS :

- Utiliser le four
- Utiliser le micro-ondes
- Utiliser les plaques électriques
- Utiliser le lave-vaisselle
- Utiliser des appareils électriques de cuisine chauffant (friteuse, robot cuiseur, bouilloire...)
- Utiliser des appareils électriques de cuisine non-chauffant (mixeur, batteur...)
- Utiliser le lave-linge
- Utiliser le sèche-linge
- Repasser le linge
- Utiliser des appareils électriques pour les soins capillaires
- Mettre le thermostat du chauffage électrique principal à plus de 20°C
- Utiliser le radiateur d'appoint
- Utiliser des appareils électroniques sur secteur (ordinateur fixe, imprimante...)
- Utiliser des appareils audiovisuels sur secteur (TV, hifi, consoles de jeu fixes...)
- Recharger les batteries des appareils audiovisuels et électroniques (tablettes, smartphone)
- Recharger votre voiture électrique
- Recharger votre scooter électrique
- Recharger vos véhicules de mobilité électrique (vélo, trottinette...)

ENREGISTRER

3 NUDGES : UN SYSTÈME D'ALERTE

■ Alertes oranges



- **SMS information alertes**
- Rappel des engagements
- Rappel jour d'alerte le jour J

Pas d'alerte le WE, les vacances, ni deux jours de suite

< Messages (2) GAEL UGA Options

mardi 19:01

SMS Période Orange :
Demain, le Mercredi 19 Feb 2020 [de 18h à 20h](#), un pic de consommation est prévu avec utilisation maximale des centrales thermiques.
STOP [36608](#)

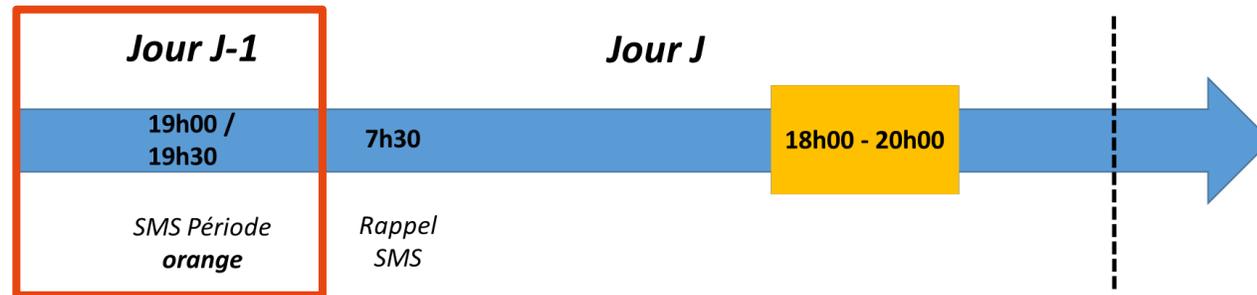


Message

Envoyer

3 NUDGES : UN SYSTÈME D'ALERTE

■ Alertes oranges



- SMS information alertes
- **Rappel des engagements**
- Rappel jour d'alerte le jour J

< Messages (2) GAEL UGA Options

Demain, vos engagements sont de NE PAS utiliser: app. non chauffants élec. de cuisine, app. électroniques sur secteur, Recharger: app. audiovisuels et électroniques. Pour les modifier <http://tiny.cc/7I57dz> STOP 36608

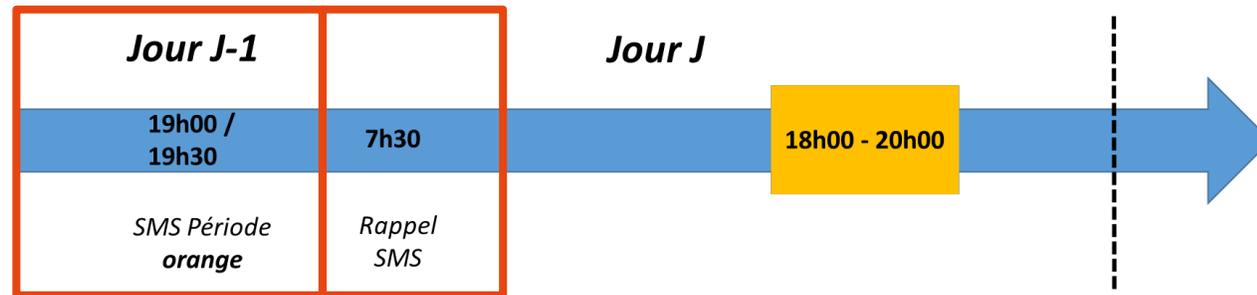


Message

Envoyer

3 NUDGES : UN SYSTÈME D'ALERTE

■ Alertes oranges



- SMS information alertes
- Rappel des engagements
- **Rappel jour d'alerte le jour J**

< Messages (2) GAEL UGA Options

sur secteur,
Recharger: app.
audiovisuels et
électroniques.
Pour les modifier
<http://tiny.cc/7157dz> STOP
36608

Avant-hier 07:30

Rappel : Aujourd'hui, période orange [de 18h à 20h](http://36608). STOP
36608

Message Envoyer

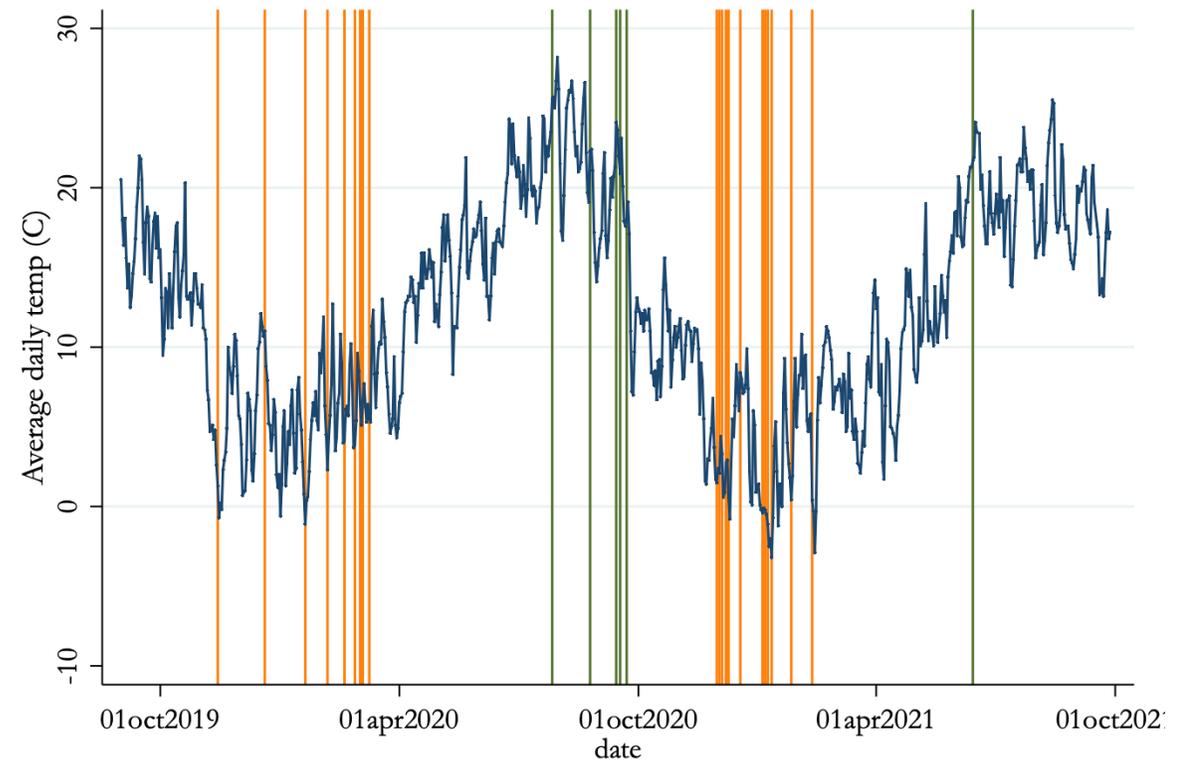
SYNTHÈSE DES ALERTES

27 alertes pendant les 2 ans d'étude.

Alertes sont déclenchées selon des caractéristiques exogènes :

- Orange : jours PP1/PP2
 - Pointe sur le réseau
 - 18h00-20h00
- Verte : Ensoleillement
 - Encouragement à consommer lors de la production d'électricité solaire
 - 12h00-15h00

Figure : Dates des alertes en fonction des températures du 1^{er} octobre 2019 au 29 septembre 2021



Source: @Expesigno, Decembre 2021.

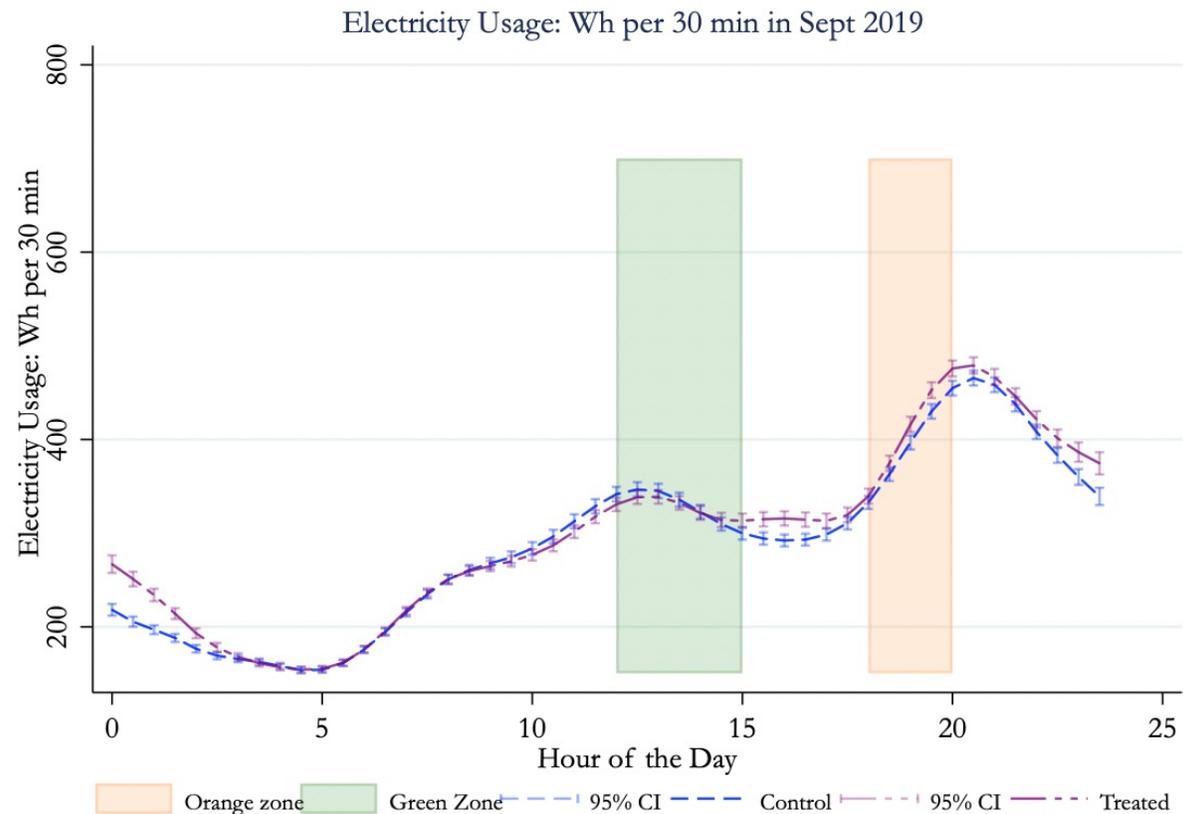
Résultats

COMMENT MESURER L'EFFET DES NUDGE?

Méthodologie

- « Rendre comparables » le groupe contrôle et le groupe traité
 - Comparaison des caractéristiques des ménages
 - Comparaison des comportements avant le début de l'expérimentation.
- Permet d'isoler l'effet du nudge à caractéristiques équivalentes.
 - Reconstituer un contrefactuel

Figure : Comparaison groupe de contrôle et groupe engagement



DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON

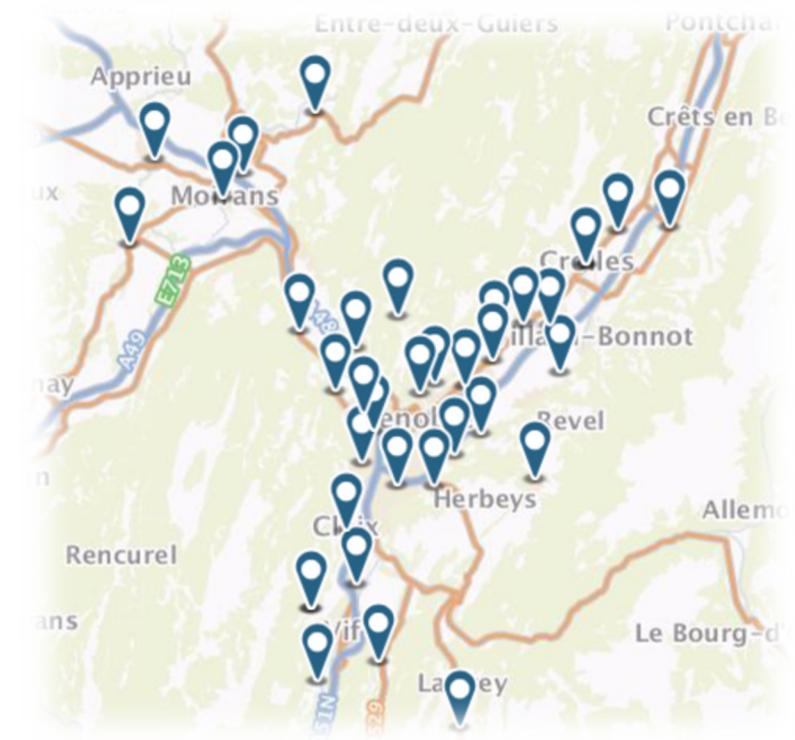
Table 2: Households Characteristics

	(1) Control		(2) Treated		(3) T-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	b	p-value
Surface	102.23	45.86	98.41	41.37	3.82	(0.58)
Household Size	3.09	1.27	2.93	1.31	0.16	(0.43)
Share of						
At home at least 3d/w	0.46	0.50	0.62	0.49	-0.16*	(0.04)
home_owner	0.78	0.42	0.78	0.42	0.00	(0.99)
house	0.46	0.50	0.52	0.50	-0.06	(0.48)
Elec. Heat.	0.09	0.29	0.09	0.29	-0.00	(0.96)
Heat Pump	1.05	0.22	1.07	0.25	-0.02	(0.63)
Air conditioner	1.06	0.25	1.07	0.25	-0.00	(0.90)
Building date						
Before 1974	0.53	0.50	0.46	0.50	0.07	(0.40)
Between 1974 and 1990	0.18	0.39	0.17	0.38	0.01	(0.91)
Between 1990 to 2012	0.23	0.42	0.25	0.44	-0.02	(0.74)
After 2012	0.06	0.25	0.11	0.32	-0.05	(0.25)
Monthly electricity consumption (kWh)	255.16	240.40	247.65	211.10	7.51	(0.29)
Number of households	78		87		165	

Notes : S.D.= Standard Deviation.

* for p<.05, ** for p<.01, and *** for p<.001

Localisation des participants de l'étude



RÉSULTATS

Effets moyens des alertes

- **Alerte Orange**
 - Objectif de “réduction”
- **Alerte Verte**
 - Objectif d’augmentation

Table 4: Effects of the Nudge on Electricity Consumption

	6 PM to 8 PM		12 AM to 5 PM	
	30-min (1)	Total (2)	30-min (3)	Total (4)
Treated × Orange	-0.214** (0.0841)	-0.172* (0.0872)		
Treated × Green			0.171* (0.0921)	0.180* (0.0942)
Constant	-1.173*** (0.0009)	-0.0744*** (0.0011)	-1.494*** (0.0010)	-0.0697*** (0.0010)
Observations	332440	95716	498067	91393

Notes : Standard errors between parentheses. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

RÉSULTATS

Effets moyens des alertes

Légende

W1-O : hiver 2019-2020

W2-G : été 2020

W3-O : hiver 2020-2021

W4-G : été 2021

Table 5: Effects of the Nudge on electricity consumption per Period

	6 pm to 8 pm		12 am to 5 pm	
	30-min (1) b/se	Total (2) b/se	30-min (3) b/se	Total (4) b/se
Treated	0.0706 (0.0531)	0.0641 (0.0620)	-0.0353 (0.0503)	-0.0571 (0.0510)
Treated × W1-O	-0.236*** (0.0842)	-0.182** (0.0884)		
Treated × W3-O	-0.197** (0.0937)	-0.163* (0.0979)		
Treated × W2-G			0.185* (0.0942)	0.188* (0.0952)
Treated × W4-G			0.115 (0.1235)	0.145 (0.1461)
Constant	-1.173*** (0.0009)	-0.0744*** (0.0011)	-1.494*** (0.0010)	-0.0698*** (0.0010)
Observations	332440	95716	498067	91393

Notes : Standard errors between parentheses. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

RÉSULTATS

Effet de chaque alerte orange et verte, 30 mins et Total

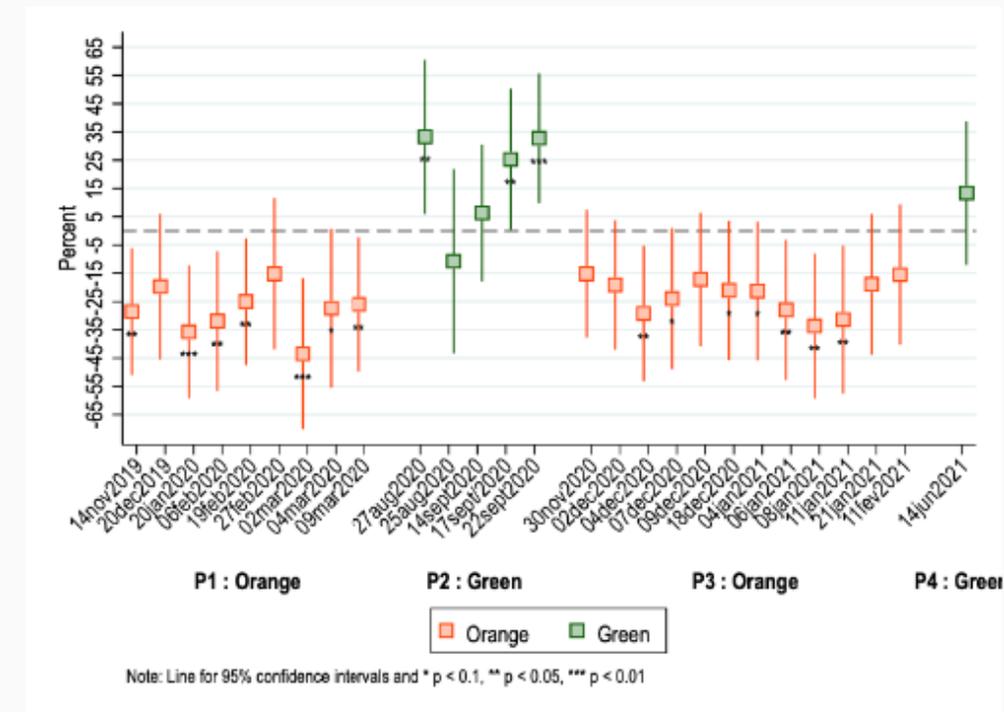
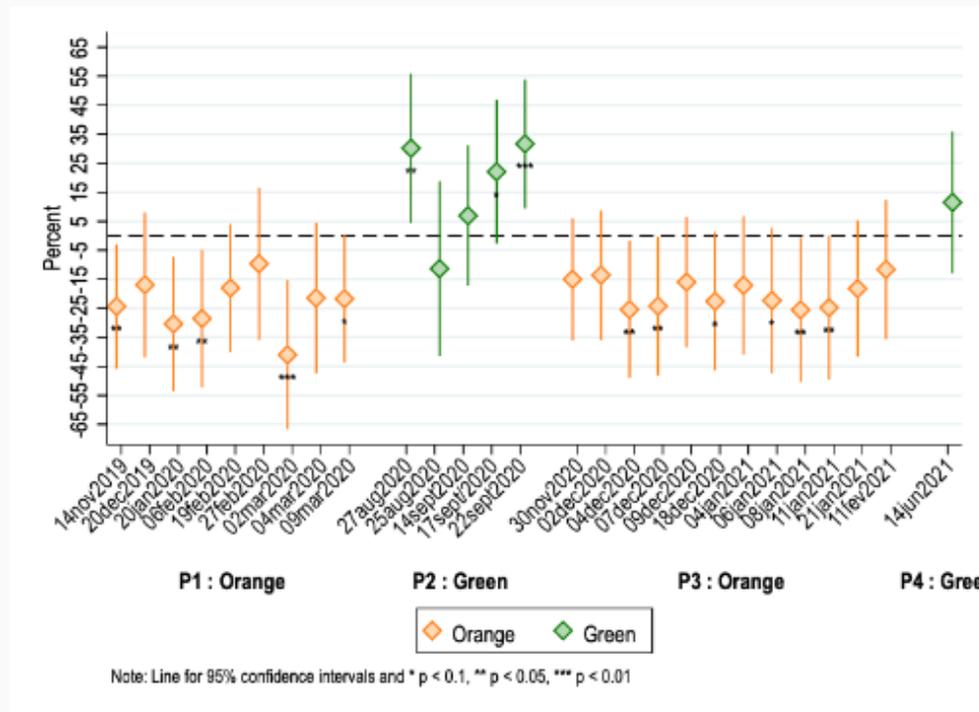


Figure 1: Effect of the Nudge for orange alerts: Percentage change

CONCLUSION

- ▶ Expérience de terrain sur deux ans, bouleversée par le COVID
- ▶ Principaux résultats
 - Alerte orange : des effets encourageants de 10% à 20% mais à confirmer à grande échelle
 - Alerte verte : des effets mitigés
- ▶ Retour d'expérience
 - Motivation intrinsèque avec le système d'alerte
 - + Engagement donne des effets prometteurs
 - Feedback plus difficile à mettre en place

CETTE PRÉSENTATION

- Présentation de l'expérimentation et des résultats d'Expesigno
- **Premiers résultats sur les Flexibilités**
- Perspectives dans le cadre de l'OTE

Mesurer des niveaux de substitution : un exemple

Courbe d'indifférence

Quelles quantités de deux biens fournissent la même utilité à un consommateur, c'est-à-dire là où il reste indifférent ?

A budget constant : arbitrage entre les quantités de chaque bien.

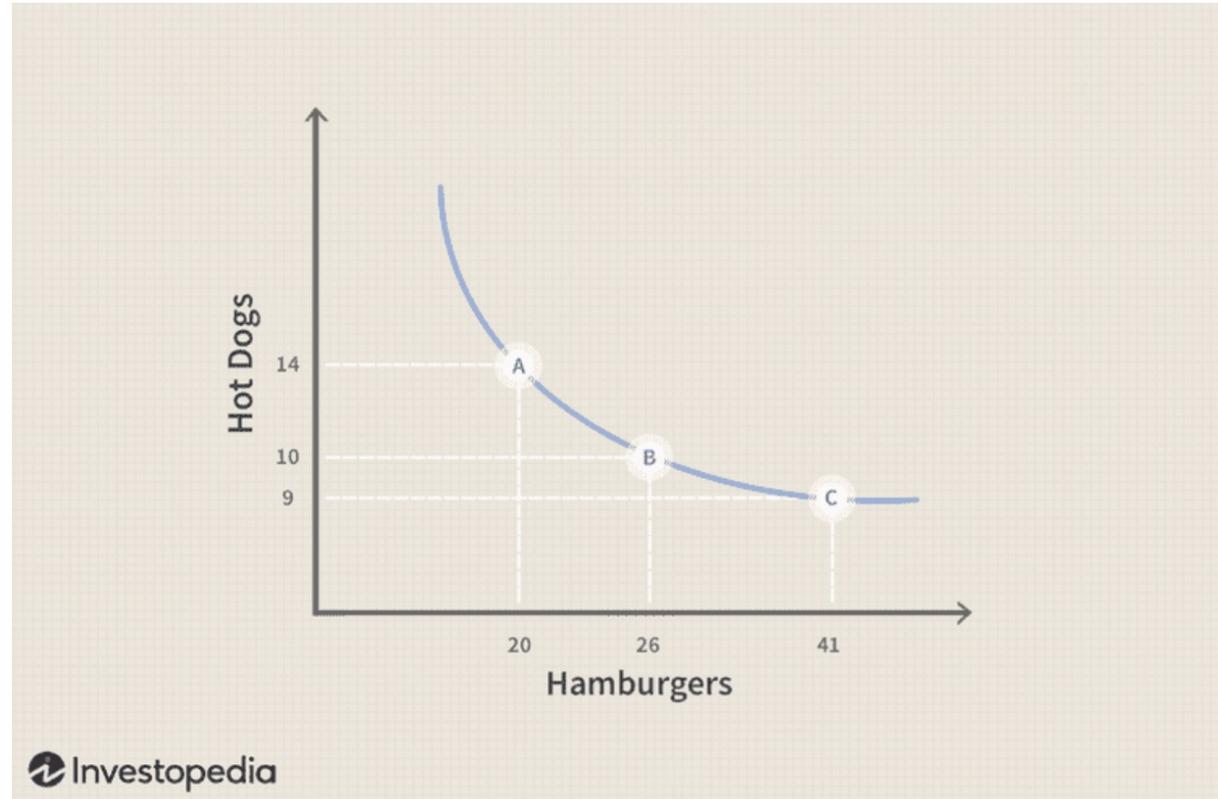


Image by Julie Bang © Investopedia 2019

MESURER DES NIVEAUX DE SUBSTITUTION ?

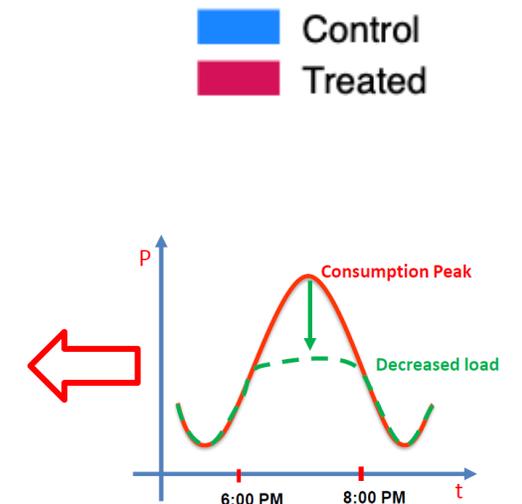
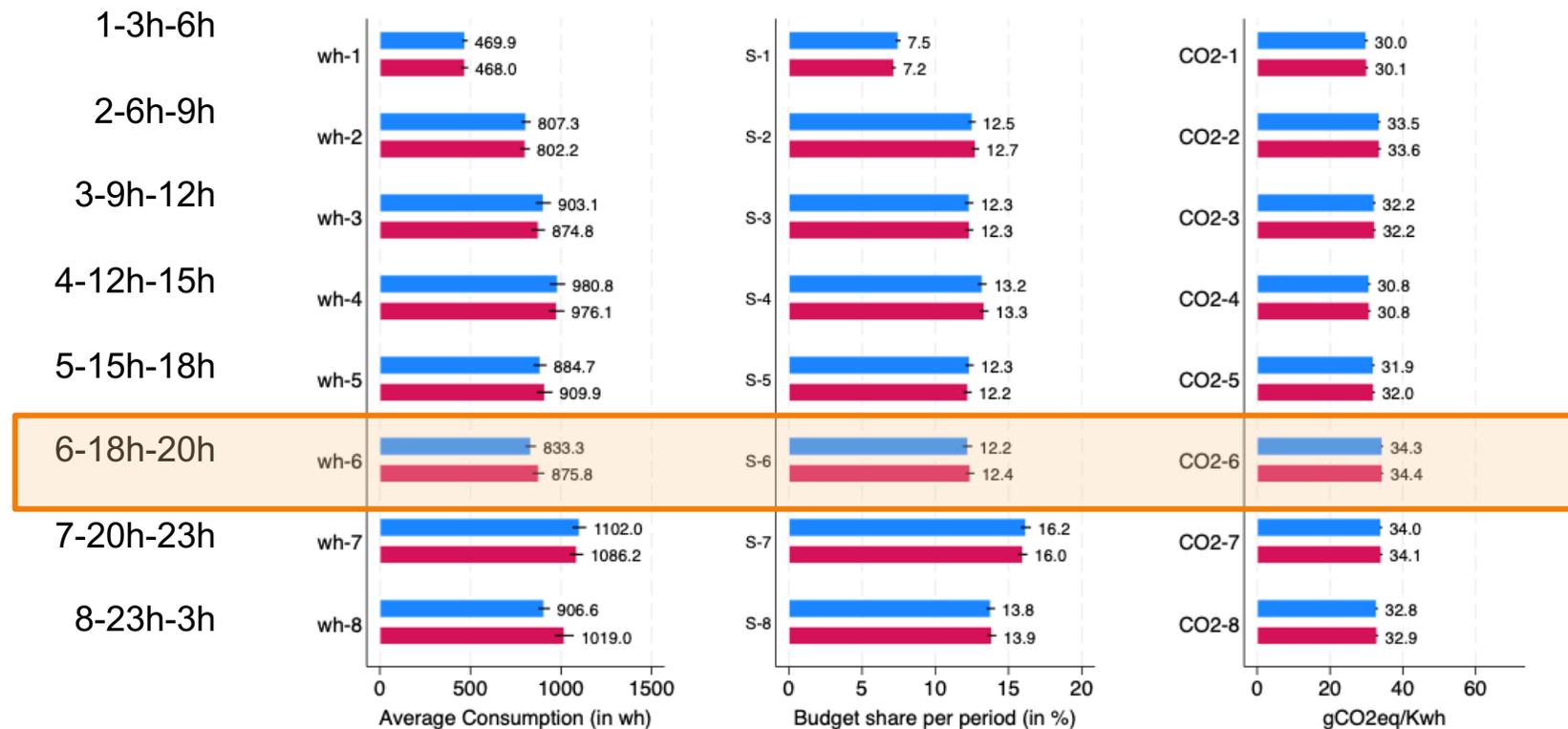
■ **Modélisation économique d'une fonction de demande journalière**

- ▶ « Périodes d'usages » : substitution des usages entre les différentes périodes
- ▶ Courbes d'indifférence
- ▶ Quantités consommées à chaque période dépendent ...
 - des prix : prix payé de la période et des autres périodes
 - du revenu des ménages
 - des caractéristiques individuelles des ménages
- ▶ Estimation d'un système de 8 équations pour expliquer les consommations journalières de 8 périodes horaires
- ▶ Estimation d'élasticités
 - A niveau d'utilité constant, de combien les consommations de la période X varient suite à un changement du prix d'une unité (d'un %).
 - **Intuitions**
 - Les quantités d'une période diminuent si les prix de cette période augmentent
 - **Complémentarité** : Les quantités d'une période diminuent si le prix d'une autre période augmente
 - **Substitution** : Les quantités d'une période augmentent si le prix d'une autre période augmente

DESCRIPTION DES CONSOMMATIONS PAR PÉRIODE D'USAGE

■ Périodes d'usages : wh consommés, part du budget et CO2 (g CO2 eq/kWh)

► Situation initiale – septembre 2019 – pour les groupes non-traité (control) et traité



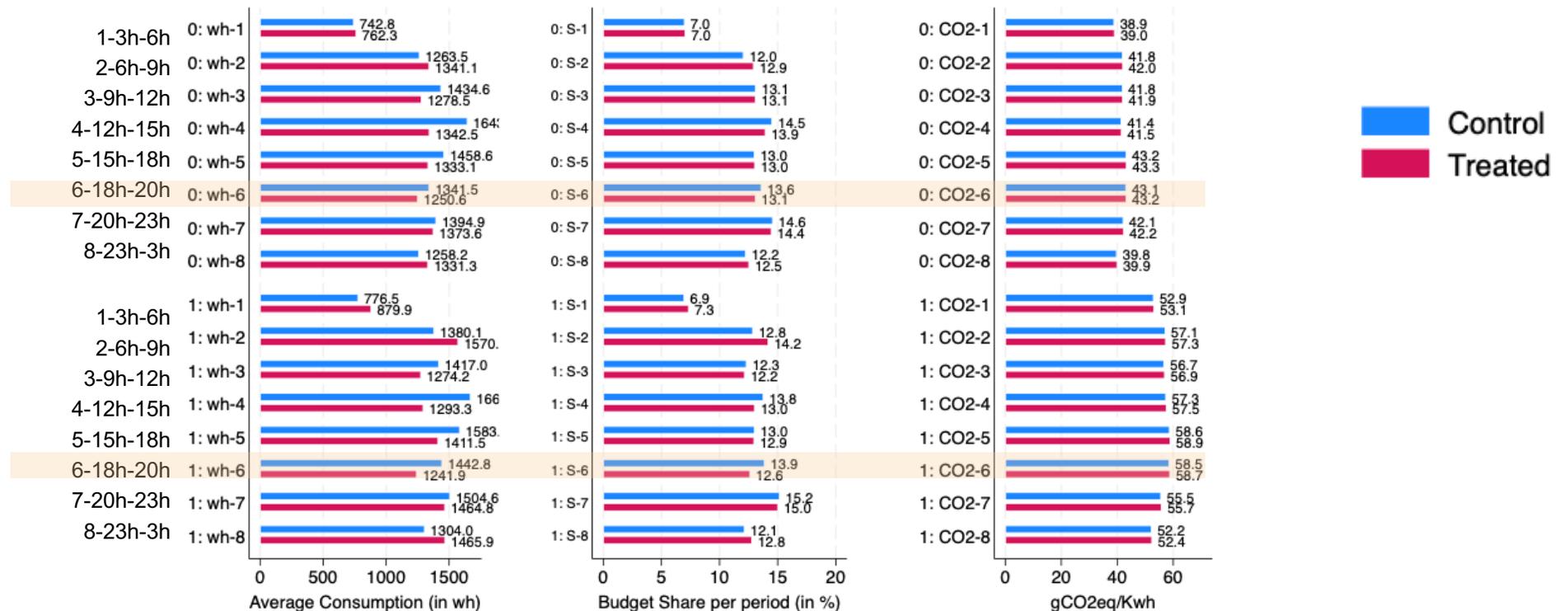
DESCRIPTION DES CONSOMMATIONS

■ Périodes d'usages : wh consommés, part du budget et CO2 (g CO2 eq/kWh)

► Jours des alertes orange (PP1/PP2), heures d'hiver, 2 hivers (2019/2020 et 2020/2021)

Jours sans alertes

Jours AVEC alertes orange



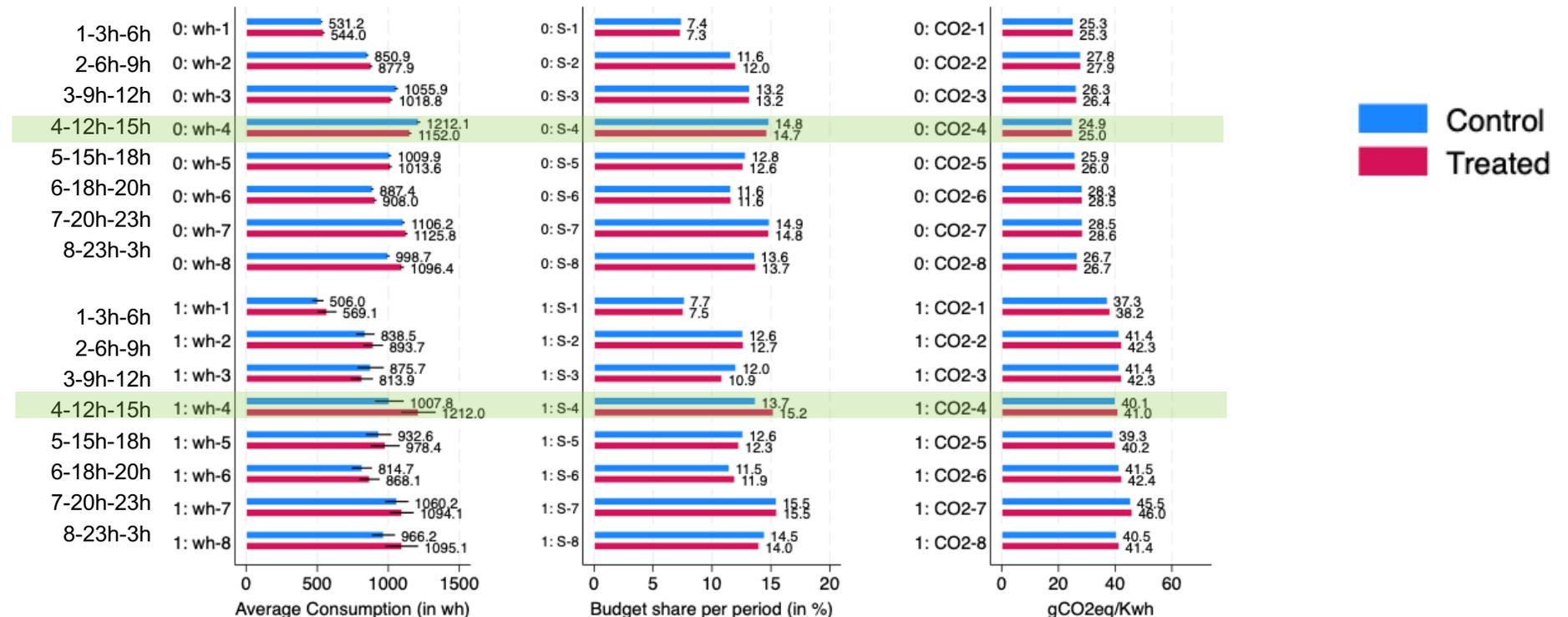
DESCRIPTION DES CONSOMMATIONS

■ Périodes d'usages : wh consommés, part du budget et CO2 (g CO2 eq/kWh)

► Les jours des alertes vertes, en heure d'été, 2 étés (2020 et 2021)

Jours sans alertes

Jours AVEC alertes vertes



ELASTICITE PRIX

■ Ensemble de la période

Les quantités d'une périodes diminuent si les prix de cette période augmentent

Complémentarité : élasticité négative

Substitution : élasticité positive

	1-3h-6h	2-6h-9h	3-9h-12h	4-12h-15h	5-15h-18h	6-18h-20h	7-20h-23h	8-23h-3h
1-3h-6h	-0.92	0.13	0.18	0.05	0.08	0.07	0.20	0.14
2-6h-9h	0.07	-0.79	-0.06	0.05	0.10	0.14	0.17	0.03
3-9h-12h	0.10	-0.06	-1.01	0.22	0.11	0.10	0.22	0.04
4-12h-15h	0.03	0.04	0.20	-0.78	0.15	0.09	0.05	0.12
5-15h-18h	0.05	0.10	0.11	0.17	-0.87	0.12	0.21	0.22
6-18h-20h	0.04	0.15	0.11	0.10	0.13	-0.86	0.08	0.10
7-20h-23h	0.10	0.15	0.20	0.05	0.18	0.06	-0.90	0.19
8-23h-3h	0.07	0.02	0.04	0.13	0.21	0.09	0.20	-0.88

CETTE PRÉSENTATION

- Présentation de l'expérimentation et des résultats d'Expesigno
- Premiers résultats sur les Flexibilités
- **Perspectives dans le cadre de l'OTE**

OBSERVATOIRE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE (OTE)

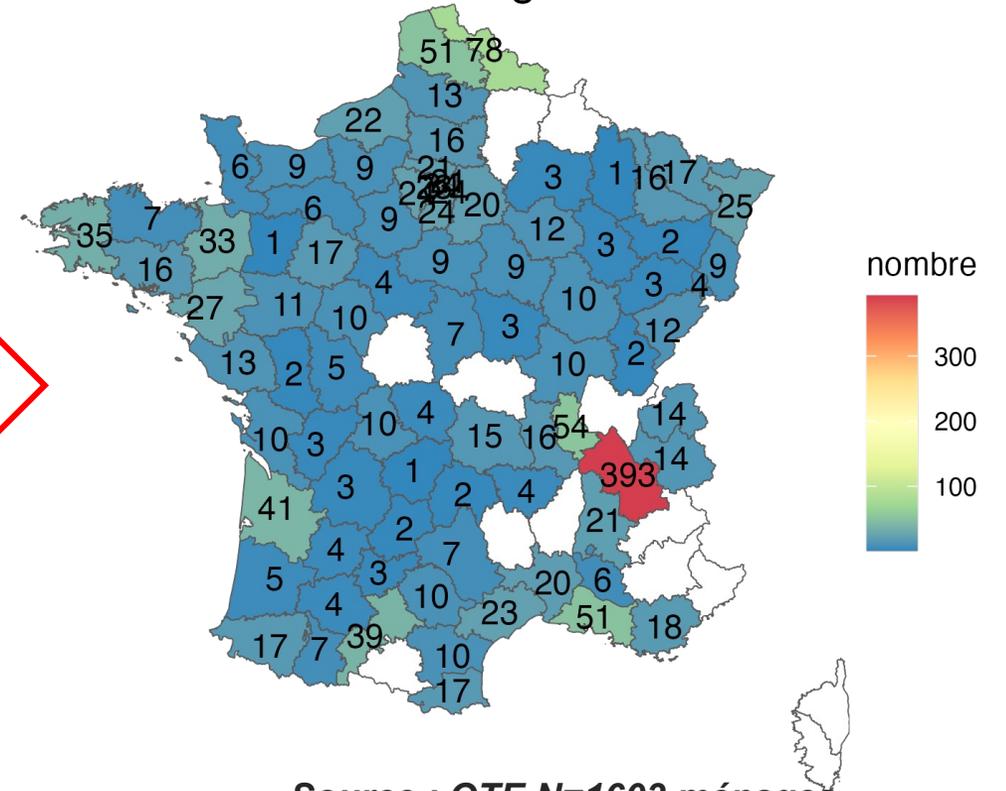
- Plus de 1600 participants à l'échelle nationale



Source : *Expesigno* N=165 ménages, 2021



Carte des ménages OTE



Source : *OTE* N=1603 ménages, 2023



Annexes

DESCRIPTION DES CONSOMMATIONS PAR PÉRIODE D'USAGE

■ Périodes d'usages : wh consommés, part du budget et CO2 (g CO2 eq/kWh)

► Premier confinement

