

« Prosommateurs » : une conséquence directe du déploiement des réseaux intelligents dans le marché de l'électricité



Résumé :

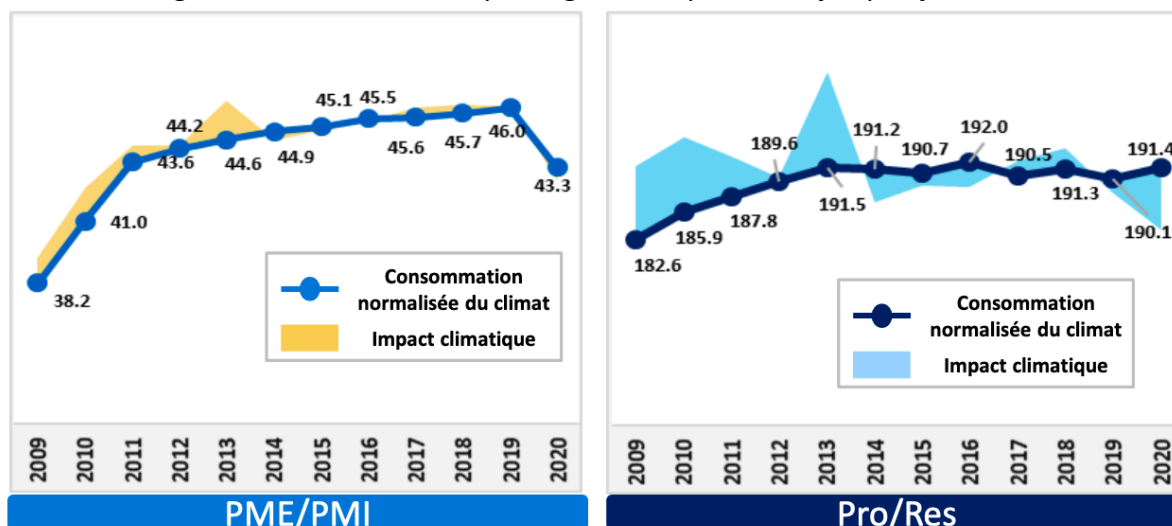
- Les directives européennes visant à augmenter les économies d'énergie reposent essentiellement sur le déploiement de réseaux intelligents. Ces derniers sont l'un des axes prioritaires de la transition énergétique.
- Les compteurs intelligents (e.g. Linky en France) permettent aux consommateurs d'avoir accès à leurs données brutes de consommation afin de mieux maîtriser celle-ci.
- Les études empiriques mettent en évidence que les compteurs intelligents modifient durablement certains schémas de consommation, mais ils pourraient provoquer un effet rebond et augmenter la consommation totale d'énergie.
- Le déploiement de production décentralisée reposant sur des panneaux solaires permet aux consommateurs non seulement d'auto-consommer mais également d'injecter leurs surplus de production au réseau.
- Le régime de compensation du surplus énergétique dans le réseau pourrait cependant mettre en difficulté financière l'opérateur. Cet effet peut être réduit grâce au déploiement de technologies complémentaires comme les véhicules électriques.

Utilité de l'article : Le déploiement de réseaux intelligents permettant d'observer et contrôler différents flux d'énergie, ainsi que d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, font évoluer le réseau énergétique. Cette note présente comment ces technologies, notamment les compteurs intelligents et la production décentralisée, permettent aux consommateurs tant une maîtrise de leur consommation qu'une participation active à la production d'énergie. Sans une évolution des tarifs d'énergie, le déploiement de ces technologies est limité par les capacités financières de l'opérateur.

Les réseaux intelligents ou « *smart-grids* » sont définis par l'*International Energy Agency* (IEA, 2011) comme des réseaux modernes permettant de surveiller et optimiser les opérations d'éléments interconnectés dans le marché de l'électricité. Le déploiement de ces *smart-grids* se fait en accord avec les directives européennes 2019/944 et 2018/2002 visant à augmenter l'efficacité énergétique et l'information des consommateurs. Leur déploiement est le résultat d'une demande croissante d'énergie, d'un vieillissement des infrastructures, du déploiement des énergies renouvelables (EnR) et des véhicules électriques.

Ces nouvelles technologies permettent aux consommateurs de participer « activement » à leur consommation en adaptant ces besoins de consommation en fonction des prix de marché. Elles peuvent même conduire à l'autoconsommation ou à alimenter le réseau grâce aux technologies de production décentralisé. Une nouvelle catégorie de consommateurs se profile ainsi le « *prosommateur* » - néologisme du mot anglais *prosumer*¹ qui regroupe producteur/professionnel et consommateur en un même mot. D'après Enedis (2020), depuis le mois de mars 2020, l'on observe une diminution de la consommation d'énergie des PME/PMI et professionnels, liée au Covid-19, en contraste avec une hausse de la consommation des particuliers. Si des pratiques comme le télétravail continuent à être encouragées à long-terme, on pourrait ainsi voir un « transfert » de la consommation d'énergie des industries aux ménages (Ambec et Crampes, 2020 ; Hook et al, 2020). Cela rendrait ainsi indispensable pour les ménages la maîtrise de leur propre consommation.

Figure 1 : Consommation par segment depuis 2008 jusqu'à juin 2020



Source : Enedis (2020)

Dans cette perspective, cette note présente dans quelle mesure les *smart-grids* permettent aux consommateurs de maîtriser leur consommation et participer à la production d'énergie en tant que « *prosommateurs* ».

¹ C'est le sociologue Alvin Toffler qui utilise ce mot pour la première fois en 1980 -sans forcément mentionner le marché de l'électricité- les *prosommateurs* seraient un résultat direct de l'introduction des technologies de l'information et communication.

1. Réponse à la demande

Dans la plupart des marchés, les prix signalent la rareté d'un bien ou des ressources². Historiquement, le marché de l'électricité a été caractérisé par un prix fixeⁱ pour les consommateurs. En outre, contrairement à d'autres marchés, la configuration actuelle du marché de l'électricité ne permet pas aux consommateurs de stocker de l'électricité : ainsi, les consommateurs subissent un prix fixe d'électricité en fonction de la quantité consommée, mais ne participent pas « activement »ⁱⁱ au marché de l'électricité. Idéalement, les consommateurs devraient adapter leur consommation au fil du temps en fonction de l'information du marché (Ambec et Crampes, 2020). Cependant, sur ce marché spécifique, ceci est particulièrement difficile puisque le prix de gros varie constamment en fonction de la production et que la consommation s'étale sur toute la journée.

Le déploiement important des EnR intermittentes dans le mix-énergétique rend en outre de plus en plus difficile l'assurance d'un prix fixe pour les consommateurs sans avoir un recours automatique aux énergies fossiles dont leur production *fiabile* est indépendante des conditions climatiques- si bien que certains contrats un peu plus flexibles existentⁱⁱⁱ : ces derniers reposent sur le déploiement intensif de compteurs intelligents. Ces compteurs donnent ainsi accès aux données brutes de consommation grâce à des espaces en ligne, ce qui pourrait permettre aux individus d'optimiser leurs consommations en fonction des prix en temps réel.

La réponse à la demande considérée comme le *graal* (Léautier, 2019) dans le marché de l'électricité est définie comme la capacité des consommateurs à modifier leur consommation d'électricité en fonction du prix de gros. D'après Léautier (2019), la réponse à la demande est aujourd'hui techniquement possible grâce à deux progrès technologiques majeurs :

- D'un côté, depuis les années 2000, l'organisation du marché de gros permet d'avoir accès par courts intervalles de temps au prix de gros (un jour à l'avance).
- D'autre part, les compteurs intelligents permettent aux consommateurs d'accéder à ces informations et ainsi de décaler ou avancer leur consommation en fonction des prix (par exemple, grâce à des équipements programmables tels que les machines à laver, aspirateurs, lave-vaisselle, chauffage, climatiseurs etc.). Cette tâche serait facilitée si les compteurs intelligents venaient à être accompagnés d'assistants personnels intelligents (ex. Google Home, Amazon Echos, Apple Home Pod...), permettant de piloter à distance la consommation lors d'éventuels pics de prix.

Cependant, cette optimisation est coûteuse en termes d'équipement, de temps et suppose que les consommateurs ont les capacités nécessaires pour piloter leur consommation. Ceci pourrait limiter le déploiement des compteurs intelligents et équipement programmables pour l'ensemble de la population. D'après Ambec et Crampes (2020), les compteurs intelligents auraient un bilan positif pour les consommateurs, l'économie et l'environnement^{iv}. Cependant, les coûts seraient élevés par rapports aux bénéfices avec un important

² C'est le concept de rareté de Léon Walras : plus un bien ou service est utile et disponible en quantité limitée, plus sa valeur est élevée.

pourcentage d'individus équipés (et donc réactifs). D'autant plus qu'un pourcentage élevé de consommateurs réactifs entrainerait des problèmes de redistribution. En effet, les ménages les plus aisés auraient plus tendance à optimiser leur consommation (Mills et Schleich 2010, Brounen et al. 2013). En effet, leur consommation moyenne serait plus forte (Ambec et Crampes, 2020) et ils retireraient plus de bénéfices de l'optimisant leur consommation. Le niveau serait aussi un facteur important au moment de comprendre les données brutes de consommation leur permettant de modifier certains comportements. Donc les consommateurs exposés à un prix fixe élevé seraient plutôt les ménages à faibles revenus.

Par ailleurs, Ambec et Crampes (2020) estiment qu'il serait plus bénéfique de favoriser l'équipement au niveau des consommateurs industriels et commerciaux. En effet, le prix des équipements étant constants, les potentiels bénéfiques sont proportionnels à la consommation. Rivers (2018) présente la littérature empirique sur la réponse de la demande, ainsi qu'une étude de cas dans l'Ontario. Parmi ces études, l'on retrouve des méthodes quasi-expérimentales, ainsi que de l'expérimentation randomisée (leur principale différence repose sur le groupe traité qui dans les études quasi-expérimentales est issu d'une politique publique ou l'auto-sélection) : ces études démontrent que le déploiement de compteurs intelligents semble globalement réduire la consommation des ménages. En effet, l'accès à leurs données de consommation permettrait aux consommateurs de modifier durablement certains schémas de consommation. Par exemple, en réduisant fortement leur consommation pendant les heures pleines (Jesoe et Rapson, 2014) au profit de prix plus faibles pendant les heures creuses. En revanche, ils seraient peu réactifs à des faibles variations de prix au cours d'une journée (Andersen et al, 2017 ; Rivers 2018). En contraste, Dato et al (2020) mettent en évidence la possibilité d'un effet rebond des compteurs intelligents. Pour les prix en temps réel suffisamment faibles en périodes creuses, la consommation nette augmenterait par rapport à des prix fixes : ainsi, les compteurs intelligents n'entraîneraient pas nécessairement des économies d'énergie - et donc un surcroît d'efficacité énergétique.

Au-delà des compteurs intelligents, des moyens de production décentralisés pourraient permettre aux consommateurs non seulement de mieux maîtriser sa consommation, mais également d'injecter de l'énergie au réseau.

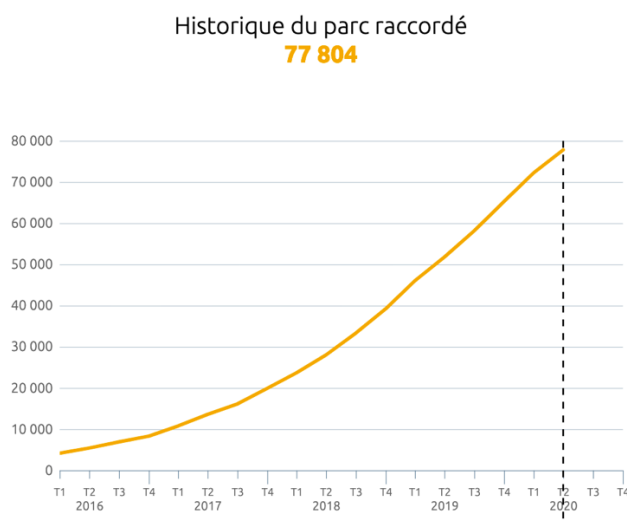
2. Production, transmission et distribution

Les nouvelles formes de production et consommation (e.g. autoconsommation individuelle, collective, stockage et compteurs intelligents) reposant essentiellement sur des EnR font évoluer le réseau électrique. Historiquement, le réseau électrique a été conçu pour relier des champs de production centralisés à des consommateurs. Le déploiement des EnR, dont la production dépend d'aléas climatiques (ex. centrales hydroélectriques) et météorologiques (ex. parcs éoliens et photovoltaïques), nécessite en outre un réseau capable de s'adapter constamment – à savoir de faire face aux pics de production et consommation en évitant des coupures électriques (*i.e.* intermittence). En termes de transport et distribution, deux défis majeurs en termes de contrôle des flux se présentent : les *microgrids* (e.g.

autoconsommation collective, *smart-cities*, etc...) et les véhicules électriques (Cretì et Fontoni, 2019).

Le déploiement de technologies de production décentralisée (PD), comme les panneaux photovoltaïques, permettant l'autoconsommation individuelle et collective, nécessite un réseau capable de faire face à des flux d'énergie dans les deux sens^v.

Figure 2 : Nombre d'installation production décentralisée solaire



Source : Enedis (2020)

En effet, la PD offre la possibilité aux consommateurs d'autoconsommer leur production. L'introduction de cette technologie bénéficie de politiques de soutien aux énergies renouvelables comme des tarifs d'achat et appels d'offres (CRE, 2018). Cependant, un fort déploiement de PD implique une coordination forte entre les unités de production, une optimisation de coûts et une auto-cicatrisation du réseau grâce à des outils de technologie de l'information et communication (TIC). Opérer ce réseau est coûteux et les heures de pic de consommation ou production permettant de récupérer les coûts sont limités. D'autant plus que la situation peut être aggravée selon le mécanisme de compensation en vigueur. Gauthier et al (2018), comparent deux mécanismes de comptage intelligent, avec un ou deux compteurs. Le premier mesure les imports^{vi} nets (*net metering*), et le second les imports et exports séparément (*net-purchasing*).

Figure 3 : Mécanismes de comptage en Europe



Source : Gauthier et al (2018)

D’après les études existantes (Borenstein et Bushnell, 2015 ; Gauthier et al, 2018), le *net-metering* met en difficulté financière l’opérateur du réseau qui n’arrive plus à récupérer ces coûts d’opération. Ces revenus dépendent de la quantité transportée par le réseau des producteurs vers les consommateurs, si ces derniers réduisent leur consommation nette grâce à l’autoconsommation- l’opérateur peut se voir forcé à augmenter son tarif. Entraînant ainsi une hausse des tarifs d’électricité au détriment des consommateurs traditionnels^{vii} : c’est le concept de « *death spiral* » (Borenstein et Bushnell, 2015). D’autre part, De Groote et al. (2016) montrent que, globalement, les ménages à fort revenus sont les plus enclins à installer des panneaux photovoltaïques. Ainsi, comme pour les compteurs intelligents, la production décentralisée entraîne des problèmes de redistribution. Le déploiement d’autres technologies pourrait néanmoins réduire ce problème : Hoarau et Perez (2019) montrent ainsi que les coûts d’opération du réseau pourraient être compensés avec des véhicules électriques^{viii}. En effet, les ménages les plus aisés sont en grandes partie les principaux utilisateurs de ce type de véhicules : néanmoins, afin de récupérer les coûts d’opération du réseau, les consommateurs devraient pouvoir optimiser leur temps de charge et décharge en fonction des tarifs d’électricité et des besoins du réseau. En revanche, le *net purchasing* permettrait à certains états membre de l’EU d’établir un tarif d’injection d’électricité au réseau pour les producteurs (Gauthier et al, 2018) réduisant un peu les pertes de l’opérateur.

Le déploiement intensif de l’ensemble de ces technologies permettant aux consommateurs de réduire leur consommation et de produire à leur tour de l’énergie peut faciliter la création de *microgrids* – qui regroupent des unités de production renouvelable, stockage et

consommation situées à proximité pouvant être connectés à un réseau traditionnel (« *macrogrid* »). Celles-ci présentent l'avantage de pouvoir être connectés en un seul point aux réseaux, afin de l'isoler lors de perturbations du réseau traditionnel. Ainsi, les *microgrid* permettent d'avoir une plus grande fiabilité locale, et alléger la charge de contrôle du réseau, mais requièrent une coopération et coordination locale importante.

3. Conclusion

Le déploiement de réseaux intelligents s'accompagne d'importants investissements en technologie et nécessite des consommateurs capables d'optimiser leur consommation/production d'énergie. Moretti et al (2017) ont ainsi comparé 17 études, concluant qu'en moyenne, les coûts de déploiement de ces réseaux intelligents excèdent les bénéfices (néanmoins, cette analyse repose sur un nombre important d'hypothèses³). Il existe en revanche un consensus sur leur impact positif en termes d'efficacité énergétique et de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

Néanmoins, des soucis de redistribution émergent : les consommateurs les plus aisés semblent ainsi plus aptes à optimiser leur consommation au détriment de tarifs fixes. De plus, ce sont aussi ceux qui ont le plus recours à la production décentralisée et aux véhicules électriques.

Dans l'intérêt public, il est ainsi nécessaire d'étudier de nouveaux tarifs d'électricité, permettant la récupération des coûts d'opération du réseau, et réduisant les effets négatifs sur les ménages les moins aisés. Ceci reste difficile aujourd'hui, en ce que les niveaux d'équipement varient énormément d'une région à l'autre (Rivers, 2018), et le déploiement progressif limite la capacité des pouvoirs publics à observer les effets à long-terme.

Sai BRAVO

4. Références

Ambec. S., & Crampes, C. (2020). Real-time electricity pricing to balance green energy intermittency, TSE Working Paper, n. 20-1087.

Ambec. S., & Crampes, C. (2020). Covid-19: infected electricity markets. TSE Op-ed. <https://www.tse-fr.eu/covid-19-infected-electricity-markets>

Andersen, L-M., Hansen, L-G., Jensen, C-L., & Wolak, F. (2017). Using Real-Time Pricing and Information Provision to Shift Intra-Day Electricity Consumption: Evidence from Denmark, manuscript, Stanford University.

³ L'horizon temporel et le taux d'actualisation

- Borenstein, S., & Bushnell, J. (2015). The US electricity industry after 20 years of restructuring. *Annual Review of Economics*, 7, 437–463.
- Brounen, Dirk & Kok, Nils & Quigley, John M. (2013). Energy literacy, awareness, and conservation behavior of residential households, *Energy Economics*, Elsevier, vol. 38(C), pages 42-50.
- CRE (2018). L'autoconsommation. <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/Autoconsommation>
- Creti, A., & Fontini, F. (2019). *Economics of Electricity: Markets, Competition and Rules*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781316884614
- Dato, P., Durmaz, T., & Pommeret, A. (2020). Smart grids and renewable electricity generation by households, *Energy Economics*, 86: 104511.
- De Groote, O., Pepermans, G., & Verboven, F. (2016). Heterogeneity in the adoption of photovoltaic systems in Flanders. *Energy Economics*, 59, 45–57.
- Enedis. (2020). *Analyse Mensuelle Du Bilan Électrique Enedis*.
- Gautier, A., Jacqmin, J. & Poudou, J. (2018). The prosumers and the grid. *J Regul Econ* **53**, 100–126. <https://doi.org/10.1007/s11149-018-9350-5>
- Hoarau, Quentin & Perez, Yannick, 2019. Network tariff design with prosumers and electromobility: Who wins, who loses?, *Energy Economics*, Elsevier, vol. 83(C), pages 26-39.
- Hook, A., Court, V., Sovacool, B-K., & Sorell, S. (2020). A systematic review of the energy and climate impacts of teleworking. *Environmental Research Letters*.
- International Energy Agency. (2011). *Technology Roadmap - Smart Grids*.
- Jessoe, K., & Rapson, D. (2014). Knowledge Is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use, *American Economic Review* 104(4): 1417-1438.
- Mills, B. & Schleich, J. (2010). What's driving energy efficient appliance label awareness and purchase propensity? *Energy Policy*, 38: 814-825.
- M. Moretti, S.N. Djomo, H. Azadi, K. May, K. De Vos, S. Van Passel, N. Witters. (2017). **A systematic review of environmental and economic impacts of smart grids**. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 68, pp. 888-898
- Léautier, T-O. (2019). *Imperfect Markets and Imperfect Regulation : An Introduction to the Microeconomics and Political Economy of Power Markets*, MIT Press.
- Rivers, N. (2018). *Leveraging the Smart Grid: The Effect of Real-Time Information on Consumer Decisions – OCDE Environment Working Paper no. 127*.

ⁱ Indépendant de l'offre à la période de consommation

ⁱⁱ Les consommateurs n'observent pas le prix de gros de l'électricité, ni le niveau de production (ni la technologie de production) et ne peuvent pas stocker de l'électricité. Ainsi, leur consommation ne peut pas être optimisée en fonction de l'offre.

ⁱⁱⁱ Ces contrats proposent des prix qui varient en fonction de la durée d'utilisation et des heures creuses/pleines (e.g. Tarif Bleu EDF, Elec Weekend Engie...).

^{iv} Les économies d'énergie liées à une meilleure maîtrise de leur consommation permettraient de réduire la dépendance aux énergies fossiles.

^v Historiquement, le réseau distribue de la production centralisée aux consommateurs. L'introduction de technologies de PD implique que mes consommateurs deviennent à leur tour des consommateurs/producteurs « prosommateurs » qui injectent de l'énergie au réseau.

^{vi} Des consommateurs

^{vii} Non équipés de production décentralisée.

^{viii} En effet, ces derniers engendrent des revenus additionnels pour le réseau : or, si le tarif d'énergie est trop bénéfique pour la production décentralisée, les incitations de déploiement des véhicules électriques sont quant à elles réduites.