

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

Hubert Tardieu, Hervé Barancourt

@ 80318

La maîtrise des dépenses d'énergie et l'augmentation des énergies renouvelables sont les deux principaux défis énergétiques. Le déploiement du compteur Linky permet de construire d'innombrables services rendant les citoyens plus responsables de leur consommation ; la pertinence de ces services dépend grandement de la qualité et de la fraîcheur des données disponibles. De même pour le renouvelable, une part des problèmes inédits d'ajustement offre demande pourrait être traité à une maille locale grâce à de nouveaux services exploitant les données mesurées par Linky. Une nouvelle réglementation doit favoriser l'émergence de ces services ; c'est la condition du succès de la transition énergétique.

Les nouveaux défis énergétiques commencent à être bien identifiés en France avec une demande de services chez les consommateurs tant individuels qu'industriels pour leur permettre de mieux maîtriser leurs dépenses d'énergie grâce à une meilleure connaissance de leur consommation, apportée par Linky, et, dans le même temps, une augmentation des énergies renouvelables qui posent des problèmes inédits en matière d'ajustement offre demande.

Fin février 2018, 9 millions de compteurs Linky ont été installés, permettant de relever toutes les demi-heures la consommation électrique et de la remonter toutes les 24 heures. Un système de traitement de masse permet la facturation précise et la gestion des flux, mais on ne dispose que de peu de services permettant la maîtrise de la demande, le pilotage des usages et la gestion par les utilisateurs de l'autoconsommation.

Ayant contribué à la mise en œuvre du système Linky, nous savons qu'il a été conçu pour faire beaucoup plus et qu'il permet d'offrir d'innombrables services rendant les citoyens plus responsables de leur consommation. Certains fournisseurs commencent à les mettre en œuvre mais nous percevons un décalage considérable entre la quantité, la qualité et la fraîcheur des données capturées d'une part et le niveau des services offerts d'autre part.

Le souci de la protection des données privées est maintenant bien résolu par le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) mais le rôle moteur des données pour rendre service au consommateur et l'aider à faire des économies d'énergie n'est pas au rendez-vous.

Faudrait-il, comme dans le domaine financier, imaginer une nouvelle directive comme la DSP2 (Directive révisée sur les Services de Paiement) qui fait obligation aux gestionnaires de compte bancaire d'ouvrir l'accès à leurs données grâce à des API (*Application Programming Interface*) à d'autres sociétés financières pour autant que le titulaire du compte en soit d'accord ?

Les auteurs remercient Patrice Geoffron, professeur à l'Université Paris-Dauphine.

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

Nous pensons que le temps est venu dans le secteur de l'énergie pour cette offre de service facilitant la maîtrise de l'énergie et que c'est à la Commission de régulation de l'énergie de s'en saisir avec une perspective d'extension au niveau européen.

Les GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) ont bien identifié à la fois les enjeux et les opportunités espérant que la maison ou l'entreprise pourrait devenir leur prochain marché, ce qui a poussé Jean-Bernard Lévy à tweeter le 5 décembre 2017 au congrès de l'Union Française de l'Électricité :



Trois des cinq plus grandes entreprises (par leur capitalisation) s'appuient sur des plateformes (Apple, Google et Microsoft), un nouveau modèle économique qui s'est généralisé dans la dernière décennie. Alors même que de nombreuses organisations continuent de s'interroger sur la valeur inhérente de leurs données industrielles, les entreprises nées des plateformes ont démontré un talent incroyable pour faire croître et façonner les marchés dans lesquels elles opèrent. Elles ont ainsi été en mesure d'éclipser leurs concurrents qui utilisent des modèles traditionnels. Les nouveaux venus, s'appuyant sur des plateformes, ont réussi parce qu'ils comprennent les données et leur valeur dans leurs marchés et qu'ils ont su faciliter la création de vastes écosystèmes de consommateurs et de fournisseurs. Dans leur livre *Platform Revolution* [1], Parker, Van Alstyne et Choudary affirment que l'émergence des plateformes comme modèle de business et d'organisation est « une des plus importantes évolutions de notre époque ». Les auteurs affirment aussi que le modèle de plateforme dépassera durablement le modèle de pipeline, dans les marchés où ils réussissent, pour autant qu'il soit bâti sur une organisation appropriée. En ce sens, c'est bien

la *business model* qui constitue l'innovation, la plateforme technologique associée étant son support. On peut s'attendre à une accélération de l'émergence des plateformes qui va créer une rupture dans l'industrie.

1. La nouvelle donne du numérique et l'émergence des plateformes

1.1. Les plateformes de données industrielles

Alors que la valeur des plateformes dans le monde du B-to-C (*Business to Customer*) ne fait guère de doute, l'industrie est à un point de bifurcation quant à son appropriation du concept d'écosystème de confiance orchestré pour les données B-to-B (*Business to Business*). Les investissements lourds consentis par les grands équipementiers comme Siemens et General Electric montrent leur détermination à prendre les premiers leur part dans ce marché en s'appuyant sur la vague Industrie 4.0, pour aider leurs clients à réduire les délais de mise sur le marché, à augmenter leur flexibilité tout en améliorant leur efficacité.

Dans l'industrie, l'exemple de l'écosystème créé par BMW, Daimler et Audi autour de Here, la compagnie rachetée à Nokia, montre la direction ; initialement créée pour disposer de données cartographiques, Here a été récemment étendue à l'ensemble des données collectées sur les voitures de ces trois constructeurs.

Jusqu'à présent les technologies numériques ont transformé les marchés des biens immatériels (finance, media, musique, communication...) ; elles commencent à s'inscrire dans le monde réel et l'impact de l'analytique, de l'internet des objets et des systèmes autonomes commence à se faire sentir dans les usines, l'énergie, la mobilité et la santé. Nous anticipons l'émergence de modèles d'affaire s'appuyant sur des plateformes permettant l'amélioration des produits et des services.

Même si l'Europe a largement raté la première vague des plateformes de données dans le monde du B-to-C, la taille des opportunités

dans le monde du B-to-B et la place de l'Europe dans l'industrie mondiale nous encouragent à ne pas manquer ce second rendez-vous. Les compagnies européennes ont un savoir-faire et un accès aux données industrielles qui leur fait obligation de conduire elles-mêmes cette transformation avec l'aide des pouvoirs publics qui joueront un rôle essentiel dans la mise en place des régulations sur la circulation et le partage des données industrielles. Journey 2020, le document qui décrit la vision d'Atos [2] et « Pictures of the Future » de Siemens [3] montrent ce qu'on peut attendre d'une augmentation de la coopération au sein d'un écosystème industriel à un moment où l'*open source* et la recherche coopérative deviennent la meilleure réponse pour saisir des opportunités qui seront par nature transitoires. La mise en œuvre d'une plateforme de données industrielles requiert à la fois d'avoir une vue à long terme sur le capital « données » de chaque entreprise mais aussi de s'adapter au contexte de marché pour créer la masse critique parmi les membres de l'écosystème.

Nous verrons ainsi se développer autour des plateformes de données industrielles, des chaînes de valeur où les participants accepteront de partager des données relatives à la conception, à l'exploitation, aux usages, à la maintenance et aux retours clients sachant qu'aucun des participants à l'écosystème n'a la maîtrise de toutes ces données ; la valeur des données ne pourra être libérée par l'analytique et le *machine learning* que si la plateforme met en commun une vue globale. Ces plateformes de données sont le catalyseur pour exploiter les externalités positives créées par l'écosystème (une externalité positive est un bénéfice indirect dont profite un tiers en raison d'une transaction où il n'est pas impliqué).

De la même façon que les marchés bi-face ont expliqué le décollage des plateformes dans le B-to-C, les plateformes de données industrielles permettront de rendre compte des effets de réseaux dans le monde du B-to-B. Rappelons qu'un marché biface est un type de marché dont l'agencement entretient – voire nécessite – l'existence de deux clientèles tout à fait différentes quoique finalement interdépendantes l'une de

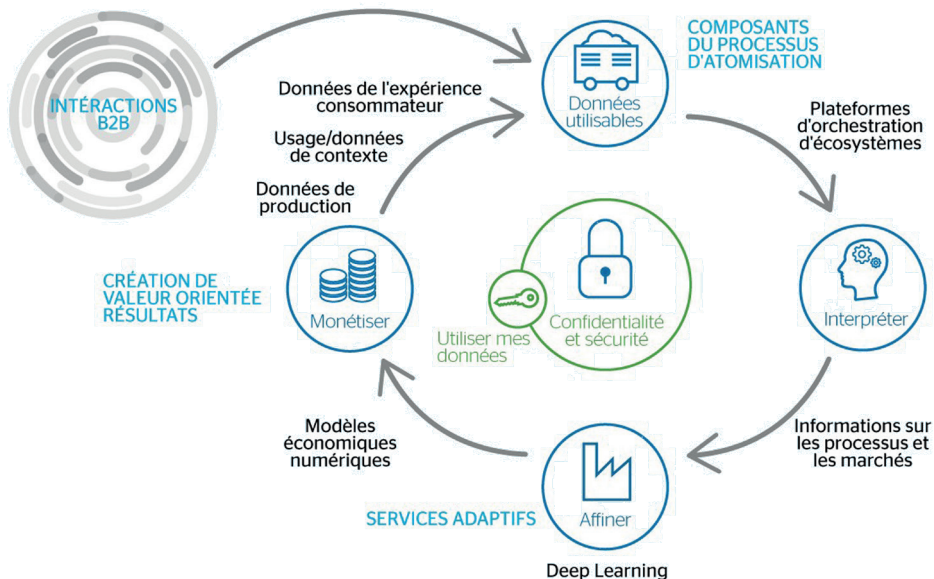


Figure 1. Le cycle de vie des données industrielles © Atos

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

l'autre pour les produits qui y sont échangés [4]. Nous voyons ainsi que les données échangées durant les instants de décision sont la ressource qui crée les effets de réseaux et génère la valeur ajoutée dans la plateforme.

a. Le cycle de vie de la donnée industrielle

Le cycle démarre par la conception assistée par ordinateur, suivie de la collecte des données de production dans les usines automatisées, des données d'usage à partir des produits connectés et enfin des données de retour clients. Respectant les règles de la vie privée (RGPD) et garantissant leur sécurité, ces données alimenteront les applications analytiques. Le suivi des opérations permettra leur optimisation et la maintenance prédictive, tandis que l'analytique prescriptif permettra l'automatisation de certaines décisions sans intervention humaine. Cette connaissance et cette intelligence vont libérer la valeur dormante des données permettant la mise en œuvre de *business models* fondés sur les résultats. Cette nouvelle révolution numérique dans l'industrie ouvrira la voie aux objectifs identifiés pour l'Industrie 4.0 : la réduction des temps de mise sur le marché, l'accroissement de la flexibilité et l'efficacité accrue dans toute la chaîne de production.

b. Les plateformes de données industrielles

Aucune entreprise ne dispose de l'ensemble des données de production, d'usage et de retour client. Il faut donc pour bénéficier de toutes ces données que les entreprises acceptent de partager leurs données entre elles au sein d'un écosystème. Pour être efficaces, les relations à l'intérieur de l'écosystème doivent s'appuyer sur une forme contractuelle qui définit la valeur associée aux échanges. Dans le cas du B-to-C le contrat prend la forme d'un accord pour utiliser des données personnelles ou accepter des publicités, en échange d'un service gratuit ou de moindre coût. Dans le cas du B-to-B, les compagnies, leurs sous-traitants et leurs clients formeront un réseau d'innovation qui utilisera les plateformes pour partager les données industrielles dans le cadre de relations contractuelles limitées dans le temps et sur des domaines spécifiques.

1.2. L'émergence des plateformes B-to-B

En fait l'industrie n'existe que pour créer et échanger de la valeur mais dans l'économie des plateformes une approche différente est requise pour évaluer leur potentiel. Dans l'industrie traditionnelle, l'accent est mis sur la création de valeur au travers des produits et la monétisation se fait par une

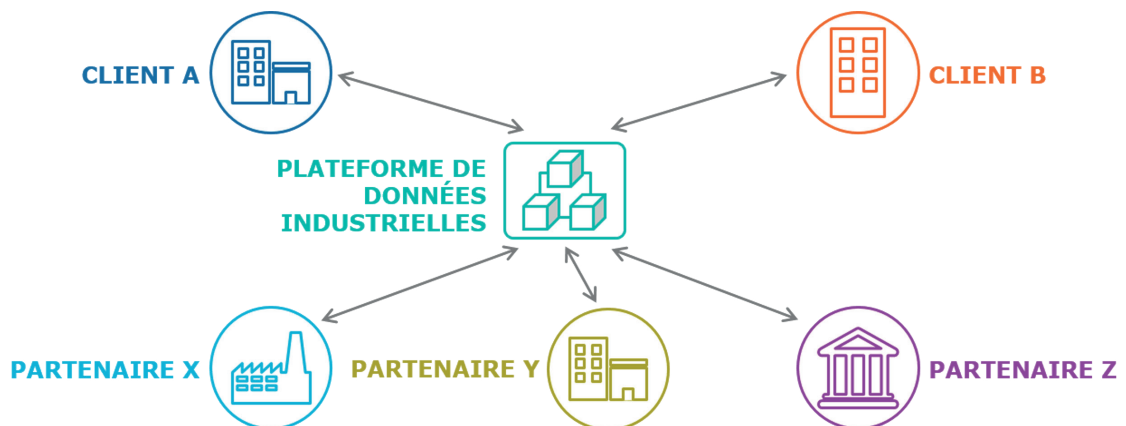


Figure 2. La plateforme de données industrielles © Atos

relation entre un client et un fournisseur qui constitue un modèle en pipeline.

À l'inverse dans le modèle de plateforme, l'accent est mis sur la création de relations entre les différents partenaires pour mettre en évidence la valeur des données et faciliter leur échange. Plus il y a de relations, plus le potentiel de distribution augmente. C'est une caractéristique essentielle des plateformes souvent appelée « effet de réseau » : les plateformes ont d'autant plus de valeur qu'elles ont plus d'utilisateurs. La taille pour une plateforme est à la fois le résultat des premiers succès mais aussi le moteur de la future croissance.

Cette dynamique crée un effet d'entraînement. Si la valeur de la plateforme provient du réseau, le potentiel pour réaliser cette valeur n'est pas lié à la contrainte linéaire d'offre et de demande. À la limite, chaque participant du réseau est vu comme un consommateur et fournisseur de valeur, le potentiel de la plateforme croît comme le carré du nombre de connections.

Voyons comment ce concept de plateforme de données industrielles défini dans le cadre global d'Industrie 4.0 s'applique au domaine de l'énergie pour répondre aux nouveaux défis.

2. Les nouveaux défis énergétiques

La transition énergétique passe notamment par le développement massif des énergies renouvelables qui impacte en profondeur le modèle de distribution énergétique. En France, nous sommes au début de la vague avec 390 000 unités de production d'électricité solaire raccordées au réseau de distribution, représentant une puissance de 7,4 GW. Les 1 550 unités de production d'électricité éolienne représentent une puissance de 12 GW et 4 % de la production d'électricité annuelle.

D'autre part, partout dans le monde, les gestionnaires de réseau de distribution sont en train de déployer des systèmes de comptage évolués, ainsi que de nouvelles technologies

de mesure et de contrôle. Ces objets connectés et déployés sur les réseaux de distribution permettent de collecter un nombre croissant de données qui, via les technologies du Big Data, vont permettre de mieux opérer les réseaux intelligents.

Les objets connectés chez les particuliers sont aussi une source massive de données, dont il est intéressant de tirer profit pour affiner la connaissance du profil de consommation et améliorer la prédictibilité fine et locale de la consommation, voire des reports de consommation.

2.1. La montée des énergies renouvelables intermittentes

Le développement massif des énergies renouvelables est, on l'a dit, l'une des facettes de la mise en place de la transition énergétique.

La principale difficulté rencontrée est l'intermittence de cette production d'énergie. Une bonne illustration pour la France est la comparaison entre le taux de couverture moyen de la production pour l'éolien qui est de 7,7 % en 2017 et le taux de couverture maximale qui a été de 25 % ; pour le solaire les chiffres sont respectivement de 2 % et 13 %.

En l'absence d'un moyen de stockage associé à une unité de production d'énergie renouvelable intermittente, l'énergie produite est une énergie fatale. Elle est en effet perdue si elle n'est pas utilisée au moment où elle est disponible. En Europe, le mécanisme d'injection, basé sur l'ordre de préséance économique (*merit order*), a favorisé la production d'énergie renouvelable intermittente au détriment des autres unités de production d'énergie. L'obligation d'absorber toute la production d'énergie intermittente, sans limite, a désorganisé l'ensemble du secteur en Europe.

D'autre part la prévision de la production d'énergie renouvelable intermittente est délicate. Elle est bien maîtrisée à l'échelle d'un pays et elle devient plus aléatoire à l'échelle d'un territoire, d'une métropole, voire d'un quartier.

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

En fait, plus on effectue un zoom sur une partie du territoire, plus l'aléa devient important (l'effet de foisonnement étant moindre).

Sur l'axe temporel l'aléa est surtout présent pour la production solaire. L'intermittence est très prononcée à cause du passage de nuages alors que les épisodes venteux sont plus continus. Ces phénomènes introduisent une difficulté pour la conduite du réseau électrique dans le cas d'une part importante de production d'énergie renouvelable.

Les zones insulaires sont d'excellents territoires d'expérimentation de réseaux intelligents (*smart grid*), car les réseaux n'étant pas interconnectés, la proportion d'énergie renouvelable intermittente devient très rapidement relativement importante par rapport à la totalité de la production nécessaire pour l'île. Elles préfigurent ainsi le fonctionnement des réseaux de demain et elles permettent de mesurer les difficultés technico-économiques à surmonter.

Par mesure conservatoire, à ce jour la production d'énergie intermittente est limitée en Corse à 30 % de la production produite pour l'ensemble de l'île. C'est-à-dire qu'au-delà de ce seuil, le gestionnaire de réseau peut déconnecter certaines unités de production renouvelable intermittente pour rester en dessous de ce seuil. On considère qu'au-dessus de ce seuil, le réseau électrique devient potentiellement instable et difficile à piloter.

Les pouvoirs publics demandent une amélioration des outils de conduite du réseau pour garantir un pilotage serein au-dessus de cette limite. Le sujet a fait l'objet de nombreuses recherches académiques et beaucoup de démonstrateurs sont en cours de test.

Pour cela, nous avons constaté que les outils de prévision de la production d'énergie renouvelable intermittente ont fortement progressé dans la fiabilité de leur prévision ces dernières années ; et d'autre part ils attaquent avec succès l'horizon très court terme, c'est-à-dire les 15 minutes à venir. Nous avons testé avec

succès l'intégration de ces prévisions dans nos outils de conduite du réseau.

Nous pensons que pour profiter de ce nouvel horizon temporel, il faut aussi travailler sur l'amélioration des fonctions de calculs de *loadflow* (appel de puissance) afin de rendre utilisables en condition industrielle les approches de type *loadflow* probabiliste, voire *loadflow* stochastique.

Un autre verrou à lever est le pilotage du réseau avec un nombre moins important de grosses machines tournantes. En effet les turbo-alternateurs des unités de production classiques apportaient par construction un fort moment d'inertie qui était utilisé dans le pilotage de l'asservissement de la fréquence du réseau autour du 50 Hz.

Les opérateurs sont en conséquence tenus de faire évoluer les algorithmes de régulation pour prendre en compte la plus grande instabilité à venir de la fréquence.

Nous pensons qu'une première piste réside dans la modélisation du moment cinétique résultant d'un champ d'éolienne et *de facto* dans son pilotage distribué. L'idée serait de rajouter un retard configurable, proportionnel au moment cinétique virtuel, dans l'asservissement de la fréquence produite par l'onduleur de chaque installation de production d'énergie intermittente. Dans un second temps on pourrait piloter les consignes de fréquence de ces onduleurs avec un algorithme distribué afin que la consigne optimale de chaque onduleur dépende en partie de la valeur des fréquences mesurées à son voisinage. Le principe profite de la richesse de l'approche de *swarm computing* (traitement en essaim comme celui d'un vol d'étourneau sans coordination centrale qui permet de jouer avec une consigne nationale en utilisant au mieux les optima locaux).

Une approche complémentaire correspond à la mise en œuvre de cellules de stockage « associées » aux unités de production renouvelable intermittente. Associée veut dire ici une cellule de stockage dont la puissance est

proportionnelle à la puissance de l'installation de production.

Avec les progrès réalisés dans les techniques de stockage, il paraît pertinent de chercher à réduire le nombre d'unités de production alternative classique qu'il faut avoir en *backup* des unités de production intermittente. En effet, ces unités de *backup* sont sollicitées seulement lorsque les unités intermittentes ne peuvent pas produire. Elles correspondent soit à des investissements difficiles à rentabiliser, soit dans de nombreux pays à de vieilles unités de production ayant de forts taux d'émission de CO₂.

La meilleure connaissance du cycle de vie du déchargement/rechargement des batteries a permis la mise au point de systèmes de pilotage qui optimisent la durée de vie des batteries. Ces systèmes de pilotage optimisés doivent être intégrés dans les fonctions de pilotage du réseau de manière à offrir une fonction doublement optimisée, prenant en compte l'état du réseau et la meilleure utilisation de la batterie elle-même.

Nous voyons ici un axe d'amélioration des outils de conduite du réseau ; nous développons actuellement ce nouveau module.

Des études sont en cours pour rechercher où positionner de façon optimale les packs de batteries sur le réseau électrique. Intuitivement il paraît normal de positionner l'unité de stockage à côté de l'unité de production qu'elle seconde. Or l'énergie issue du stockage est rare ; donc elle a un coût supérieur au coût de l'énergie fatale des unités de production intermittente. Il semble donc tout à fait pertinent de minimiser les pertes réseau de cette énergie de stockage. Il faudrait alors rapprocher ces unités de stockage des lieux de consommation.

Et au vu des faibles coûts des infrastructures de communication, se pose maintenant la question de savoir s'il ne faut pas éclater ces unités de stockage en plusieurs plus petites unités de stockage, asservies entre elles. Nous voyons ici un pilotage à deux étages

de ces unités : un pilotage local qui prend en compte les spécificités très locales du réseau afin d'optimiser l'utilisation de la batterie et un pilotage global, en charge de dispatcher et de vérifier la bonne exécution des consignes générales d'asservissement.

Le véhicule électrique sera un candidat à ce micro stockage à travers le concept de V2G (*Vehicle to Grid*), c'est-à-dire une restitution d'une partie de son énergie vers le réseau électrique. Pour l'instant il n'y a pas de modèle économique rentable.

En se projetant sur ce que pourrait être demain la gestion d'un parc de batterie très massivement distribué, nous voyons arriver une intrication plus importante entre le pilotage temps réel du réseau (la conduite classique) et les places de marché. À ce jour, nous avons un couplage lâche basé essentiellement en amont, sur les signaux du marché et les engagements, et en aval sur le calcul des écarts et des pénalités associées.

Dans notre exemple de batterie, le système de conduite devra activer les capacités de stockage en fonction de leur localisation pour optimiser les pertes et en fonction du coût de l'énergie restituée par chaque moyen de stockage. Nous voyons ici une nouvelle classe de fonction d'optimisation technico-économique temps réel.

2.2. Les nouveaux défis de l'ajustement offre/demande

Depuis des décennies, l'équilibrage du réseau électrique qui repose sur l'égalité des deux termes « production d'énergie » et « consommation d'énergie », se fait par l'adaptation en continu de la production à la consommation demandée. Ainsi la prévision de la consommation est une discipline pleinement maîtrisée à l'échelle statistique d'un pays ou d'une région.

Avec la montée en puissance des énergies renouvelables intermittentes, une partie de la production d'énergie est une énergie fatale,

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

et d'autre part il existe un aléa dans la prévision de production de cette énergie renouvelable. Il s'est alors posé la question de savoir si une partie de la consommation ne pourrait pas être modulable et pilotable, pour participer à l'équilibrage du réseau.

L'idée sous-jacente a été d'identifier le potentiel de flexibilité des consommations et de monétiser la mise en œuvre de leur effacement de la consommation à des moments opportuns de la journée.

Dans le domaine résidentiel, un agrégateur doit piloter la flexibilité de dizaines de milliers de clients pour arriver à agréger une puissance suffisamment élevée de consommation effaçable. Cette agrégation et ce pilotage à distance de la consommation des clients se fait à travers des *energy box*, boîtiers vendus souvent aussi pour faire de la MDE (Maîtrise de la Demande d'Énergie).

Le constat des multiples expérimentations qui ont eu lieu au cours de ces dix dernières années est que le métier d'agrégateur dans le domaine résidentiel n'est pas rentable. Le coût de l'infrastructure à déployer pour piloter la flexibilité dans des dizaines de milliers d'habitations est prohibitif par rapport à la valeur de la flexibilité obtenue en retour.

Par contre, l'agrégateur de flexibilité de clients industriels manipule des quantités de puissance effaçable dont la valeur est grande sur le marché, au regard de l'infrastructure déployée pour piloter cette flexibilité. De plus sur ce segment industriel, les agrégateurs rentabilisent leur infrastructure en proposant d'autres services agrégés aux acteurs du marché : services systèmes pour l'équilibrage du réseau, productions distribuées agrégées sous le terme générique de *Virtual Power Plant* (VPP), et sous peu des services d'agrégation de stockage.

Enfin, disons que le marché de l'agrégation se cherche dans le domaine tertiaire ; on voit surtout des services d'efficacité énergétique et d'optimisation contractuelle.

Le véhicule électrique sera un formidable vecteur de flexibilité de la consommation. Son chargement est facile à piloter et sa consommation est non négligeable. Donc son agrégation sera possible et économiquement rentable. On peut faire le rapprochement ici avec les 11 millions de ballons d'eau chaude dont EDF a piloté la consommation ces 40 dernières années, à travers les tarifs historiques ; cette réserve de stockage s'étiole du fait de la Réglementation Thermique 2012.

En l'état actuel du taux d'énergie renouvelable intermittente et de la très faible part d'autoconsommation, nous avons vu que la flexibilité sur le segment du client particulier n'a pas de modèle économique tenable. Par contre, nous avons la conviction qu'avec un taux plus important, il y aura plus de valeur à proposer des arbitrages locaux ; cela pourrait être le rôle d'un agrégateur ou de programmes de modulation de la demande, avec, dans les deux cas, une nouvelle composante géographique locale.

Notons que l'*energy box* doit être dématérialisée pour que le modèle puisse fonctionner avec une infrastructure de pilotage à coût marginal. C'est désormais possible grâce à l'essor de l'IoT (*Internet of Things*). Une API formalisée au niveau de la sortie TIC (Télé-information Client) du compteur Linky pourrait contribuer à cette dématérialisation.

Illustrons cette dématérialisation apportée par l'IoT à l'aide d'un exemple trivial, le réfrigérateur connecté. Il est ainsi possible de connaître la température de chaque réfrigérateur d'un parc de réfrigérateurs, donc de connaître la réserve de froid du parc. Cette réserve de froid contient une part de flexibilité exprimable en MW. Il est alors tout à fait possible à un agrégateur (de réfrigérateurs) de placer cette réserve sur le marché de l'ajustement.

Notons bien que dans cet exemple ce nouvel agrégateur n'a aucune infrastructure à déployer, à l'inverse des agrégateurs historiques ; cela grâce à l'IoT. Il reste seulement à

l'agrégateur à constituer son parc de réfrigérateurs. On voit naturellement dans ce rôle le vendeur de réfrigérateurs qui offrira un service de maintenance à ses clients en échange de l'autorisation de piloter la consommation de leur réfrigérateur.

2.3. Les attentes des consommateurs

On remarque chez le client particulier une prise de conscience de sa capacité individuelle ou collective à maîtriser sa consommation d'énergie. Ainsi l'éducation, le politique, les stratégies commerciales des fournisseurs d'énergie vont permettre de consolider cette appropriation par le citoyen/consommateur de sa facture énergétique. Son intérêt va augmenter vis-à-vis des services associés tant dans son contexte personnel pour gérer sa propre consommation, que dans son environnement collectif dans une démarche plus éco-citoyenne.

De nombreuses expérimentations de maîtrise d'énergie (MDE) et d'effacement ont eu lieu. Nous retenons que ces services sont acceptés à condition d'offrir une rétribution et de ne pas produire une altération excessive du confort. Ils doivent être totalement automatiques, tout en laissant la possibilité à l'utilisateur de désactiver à tout moment le service. Force est de constater qu'il n'y a pas de modèle d'affaire rentable dans ce domaine résidentiel.

Le client particulier baigne dans le nouvel environnement digital et il attend désormais de son fournisseur d'énergie :

- une information exacte quasiment en temps réel, à l'opposé des factures émises sur la base d'une consommation estimée à partir d'un relevé par an ;
- des moyens de communications modernes, sur le modèle des Apps du marché qui poussent l'information vers le client ;
- de nouveaux services à l'instar de la révolution du monde des Télécoms de ces 15 dernières années ;
- de nouveaux services analogues aux services offerts par les différentes plateformes numériques qu'il utilise au quotidien. À ce titre

il est l'utilisateur assidu des modèles d'affaire bi-face, sans être d'ailleurs nécessairement familier du concept lui-même.

Le fournisseur d'énergie doit apporter au client particulier cette disruption digitale, au risque sinon de voir une partie de ses clients partir vers la concurrence, voire de se faire désintermédiaire par d'autres acteurs.

Nous avons aussi identifié une appétence envers un « réseau social de l'énergie territoriale », c'est-à-dire un lien associé au lieu de vie, à l'échelle du quartier, de la métropole, ou du territoire rural.

Pour le client professionnel, les systèmes de *smart metering* collectant les compteurs industriels et commerciaux (C&I) existent depuis plusieurs décennies. Au fil des ans et des évolutions technologiques, la fréquence des collectes a augmenté pour améliorer la fraîcheur des informations. De même, le pas de temps de la courbe de charge a diminué pour capter des informations plus fines.

À titre d'exemple, en France, RTE a un système de collecte qui récupère les mesures de ses compteurs toutes les 5 minutes maintenant et les courbes de charges ont un pas de temps de 1 minute. Avec la démultiplication de la puissance des moyens de calculs, on voit apparaître une nouvelle classe de services B-to-B dans un domaine « quasi-temps réel ». Il s'agit d'une révolution qui donne à l'écosystème une connaissance spatio-temporelle inconnue à ce jour de l'état de l'équilibrage électrique.

Le client professionnel attend essentiellement des nouveaux services qui vont lui permettre de :

- maîtriser sa facture énergétique ;
- construire une étiquette verte pour un coût raisonnable ;
- exploiter la richesse des informations contenues dans les courbes de charge de ses compteurs.

Nous pouvons par exemple détecter les signaux faibles précurseurs de panne d'une

machine connectée sur un réseau électrique donné, en détectant des modifications du profil de consommation de la machine.

Notons ici que cette richesse des informations contenues dans la courbe des charges est inutilisée, voire méconnue, de la plupart des acteurs à ce jour, car leur exploitation demande des moyens d'analyse importants. Les deux axes d'analyses que nous avons étudiés avec notre plateforme « Codex 4 Utilities », sont, d'une part, les méthodes d'analyses issues du Big Data, et, d'autre part, les méthodes d'analyse au fil de l'eau avec les nouvelles méthodes de *streaming analytics* pour faire en quasi temps réel de l'analyse prescriptive.

Pour les collectivités locales, s'ajoutent des attentes spécifiques à la gestion du territoire de la collectivité :

- dynamisation du Plan Énergie Climat Territorial (PECT), simplification de la planification énergétique à long terme du territoire ;
- compréhension et visualisation des consommations d'énergie multi-fluide du territoire, mise en perspective des objectifs de la Maîtrise de l'Énergie (MDE) du territoire ;
- gestion de la production d'énergie verte sur le territoire, balance énergétique du territoire.

De plus, souvent ces réflexions s'accompagnent d'une démarche de libre accès aux données (*Open Data*) des collectivités. Nous voyons émerger le concept de plateforme de services publics de la donnée énergétique, lieu propice à la mise en place d'un incubateur de start-ups.

Nous avons eu l'occasion de participer à ces démarches, par exemple à travers le projet Citizen avec les villes de Grenoble et d'Amsterdam. Les initiatives sont nombreuses, notons ici celles de Barcelone et de Lyon.

3. L'utilisation des plateformes de données industrielles

Le volume croissant de données fournies par les objets connectés, au premier titre desquels les compteurs communicants, est une opportunité pour les fournisseurs d'énergie de développer de nouveaux services qui répondent aux attentes des clients particuliers ou professionnels.

3.1. Le modèle bi-face dans le marché de l'énergie

Les acteurs présents autour de la donnée de comptage auraient tout intérêt à trouver rapidement des modèles de valorisation de la donnée de comptage en recherchant des modèles de services innovants.

La difficulté réside en particulier dans la création de réels services à valeur ajoutée à un rythme qui doit s'accélérer, au risque sinon d'être un jour désintermédié par de nouveaux entrants capables de proposer des modèles disruptifs.

De notre point de vue, il existe plusieurs facteurs qui peuvent permettre au secteur de l'énergie d'accélérer la création de services et de créer une appétence des consommateurs à de nouveaux services :

- la connaissance de la façon dont l'énergie est consommée grâce à la courbe de charge calculée par les compteurs communicants. Maintenant on peut voir la répartition de la consommation au cours du temps ; selon les pays et les réglementations en vigueur le pas de temps varie de 10 minutes à 1 heure. Auparavant, pour les particuliers, on connaissait seulement la quantité d'énergie consommée sur une période de six mois ou d'un an ;
- la dimension pseudo temps réel qui accroît l'intérêt d'un service pour l'acteur mais également pour le consommateur. Les services proposés au cours de ces 15 dernières années dans le secteur des télécommunications en sont une parfaite illustration (temps réel sur sa consommation, interaction personnalisée...) ;

- le déploiement d'un *green button* à l'instar du modèle américain afin de faciliter une libération des données et leurs agrégations dans des plateformes interopérables afin d'avoir une information la plus large possible pour offrir de nouveaux services. Le *green button* permet à chaque consommateur d'énergie de choisir un ou plusieurs fournisseurs alternatifs qui auront accès à toutes ses données de consommation leur permettant de faire au consommateur des offres attractives en connaissance de sa consommation.

En parallèle, la maturité croissante du grand public et en particulier sa prise de conscience de sa capacité individuelle ou collective à maîtriser sa consommation d'énergie est un facteur convergent.

Les données déjà disponibles permettent de déployer de nouvelles fonctionnalités, comme l'illustrent les exemples ci-dessous.

Les services de type « Ecopoints » permettent, grâce à l'approche bi-face, de créer l'engagement du client autour d'une plateforme de services énergie. Ils motivent le client particulier à se connecter sur son espace client, puis à réduire sa consommation d'énergie ou à participer à des actions communautaires comme l'effacement volontaire. Les Ecopoints sont aussi un moyen de fidélisation ; l'énergéticien accroît sa connaissance du client et il propose à un réseau d'entreprises partenaires de construire des services associés sur la base de l'exploitation de ses données de mesure. Les entreprises partenaires sont par exemple les entreprises du quotidien de leurs clients, la grande distribution, les entreprises souhaitant associer leur marque aux économies d'énergie, les entreprises du domaine de la rénovation énergétique.

Les services de type *Green Coach* sont des assistants d'aide à la maîtrise de l'énergie. Chaque mois, le client particulier reçoit un objectif de consommation à ne pas dépasser. Si la consommation mensuelle reste en deçà de cette cible, le client est récompensé en gagnant des Ecopoints. L'objectif est fixé de manière

à réduire la facture habituelle, le client est ainsi doublement gagnant : économies et gain d'Ecopoints. La cible est calculée en fonction des historiques de consommation, des informations déclaratives sur le logement ou le local et de la saison. Le client particulier peut voir sa consommation quotidiennement comparée à l'objectif. Des notifications l'alertent s'il est proche de dépasser l'objectif et des conseils associés lui sont proposés.

Ce type de service est déclinable à l'infini. Divers indicateurs sont calculés pour permettre au client de mieux comprendre sa facture et pour illustrer les enjeux associés à sa propre consommation. La prévision de la facture est notamment un moyen de réduire l'insatisfaction liée à une information biannuelle.

Les services de type « Ma consommation » permettent d'identifier et de suivre la consommation des appareils les plus consommateurs en électricité. Ils mettent en œuvre des méthodes d'analyse innovantes basées sur l'analyse statistique en temps réel des courbes de charge. Le consommateur comprend ainsi quels sont les principaux postes de consommation dans son foyer. De plus, il est informé lorsqu'un changement de la consommation d'un de ses appareils est détecté. Il peut alors prendre directement rendez-vous avec le partenaire de l'énergéticien qui donnera des conseils d'utilisation, voire viendra réparer son appareil.

Les services de type « Comparaison avec le voisinage » se basent sur les études en sociologie qui montrent que le mimétisme social est un vecteur d'économie d'énergie aussi important que la motivation de réduire sa facture. Le client voit sa consommation comparée à celle de logements similaires (surface, type de chauffage, type d'habitation, nombre de résidents) dans la même zone géographique.

Le concept de réseau social de l'énergie peut être construit sur la base de ces services. Nous voyons ici l'émergence du réseau social associé au lieu de vie, à l'échelle du quartier ou de la métropole.

Les services de type « Info coupure » proposent qu'une alerte soit envoyée au client quand une coupure d'électricité ou de gaz est détectée. Ici les partenaires bi-face sont assez naturellement les assureurs et les entreprises de surveillance et de services à domicile.

Les services de type « Ma production solaire » proposent aux clients particuliers équipés d'une installation photovoltaïque la prévision de leur production photovoltaïque et leur conseillent les meilleurs moments pour lancer la consommation de tel ou tel appareil. Un système d'alerte avertit d'une production amoindrie de l'installation, des pannes ou des défaillances du panneau. Un bouquet de services complémentaires est apporté par le réseau des sociétés de maintenance et de réparation des installations solaires.

Enfin, pour terminer ici cette énumération, nous avons aussi travaillé sur de nouveaux services autour de la détection de certificats d'énergie et sur le concept de certificat d'énergie dynamique. Ces services sont basés sur l'analyse des courbes de charge des clients pour déterminer les champs éligibles à un processus de certification d'économie d'énergie et aussi pour mesurer dans le temps la pertinence avérée des économies d'énergie annoncées ou promises.

Face à toutes ces propositions, rappelons-nous que le client/consommateur décidera quels sont les services pertinents à son quotidien. Il ne doit pas avoir besoin de s'approprier la complexité de toutes les technologies sous-jacentes, mais seulement les nouveaux usages.

La valeur créée dépendra principalement de l'exploitation du gisement d'informations contenues dans la courbe de charge d'une consommation électrique, enrichie par le croisement avec des informations en provenance des objets connectés, et du partage de ces données avec des sociétés partenaires pour construire un bouquet de services pertinents.

3.2. Un écosystème et une réglementation à adapter

Les services présentés dans le paragraphe précédent montrent la facilité pour l'écosystème de créer rapidement des points de différenciation dans la relation client sur la base des données déjà disponibles, grâce à l'apport des plateformes de données industrielles avec des modèles bi-face.

Il est vital pour les acteurs en place d'investiguer de nouveaux services en rupture afin de passer d'un modèle défensif à un modèle de services offensifs.

Pour cela nous voyons la nécessité du déploiement d'un *green button* à l'instar du modèle américain afin de faciliter une libération des données et leur agrégation dans des plateformes interopérables, sinon le modèle bi-face ne pourra pas être mis en œuvre sur le marché de l'énergie.

L'écosystème devrait aussi s'interroger sur le cycle de vie des données. Il s'agit en particulier de clarifier les données qui sont la propriété du distributeur, du fournisseur et du client final. On a pu constater des avancées significatives en 2017 grâce à la CRE.

Et chaque partie devrait s'interroger pour savoir à quelles conditions elle est d'accord pour partager ses données avec des tiers, pour construire une connaissance personnalisée du consommateur qui permettra de lui délivrer des services à valeur ajoutée.

Dans un second temps, l'écosystème devrait définir les principes de gouvernance de ces plateformes de services bi-face.

- Quelles données sont mises dans la plateforme de services ?
- Qui est propriétaire de la plateforme de services ?
- Qui opère la plateforme de services ?
- Comment les revenus de la plateforme de services sont partagés entre les différents acteurs de l'écosystème ?

Nous sommes convaincus de l'intérêt et de la valeur créée par ces plateformes de services bi-face. Et nous sommes persuadés que si l'écosystème ne met pas en œuvre rapidement ces plateformes de service bi-face, les fournisseurs d'énergie seront à termes désintermédiés par les GAFAM.

Face à cette urgence, une grande agilité est nécessaire pour l'invention et le test des nouveaux services. Les différentes plateformes de l'écosystème doivent intégrer cette nécessité et proposer des approches très souples.

Enfin, il faut aussi regarder les tendances de fond suivantes et analyser leur impact sur la vision globale que l'écosystème doit se forger :

- le mouvement *Open Data* de mise à disposition des données publiques ;
- la place des plateformes de tiers de confiance, mises à mal ou chahutées, par les différentes initiatives autour de la *blockchain* ;
- chaque fournisseur d'énergie doit construire, dans un monde de plus en plus concurrentiel, un bouquet de services innovant et différenciant pour fidéliser sa clientèle.

Sans préfigurer de l'organisation que l'écosystème mettra en place, nous voyons de façon incontournable la structuration en couches suivante :

- un premier niveau de données de comptage, libres d'accès, mises à disposition via des API à l'ensemble de l'écosystème ;
- un second niveau, correspondant à un ensemble de services communs, voire régaliens. Ces services permettent en particulier de mettre en œuvre les politiques d'intérêt général liées à la transition énergétique. On peut citer en tout premier lieu les services liés à la MDE ;
- un troisième niveau dans le domaine concurrentiel, où se développeront les services différenciateurs des acteurs de l'écosystème.

4. Les avancées possibles dans la régulation pour l'énergie

4.1. L'évolution de l'écosystème

Dans l'écosystème d'aujourd'hui, aucun des acteurs ne dispose à la fois des données de production, des données d'usage et des retours clients. La réglementation des acteurs dans le

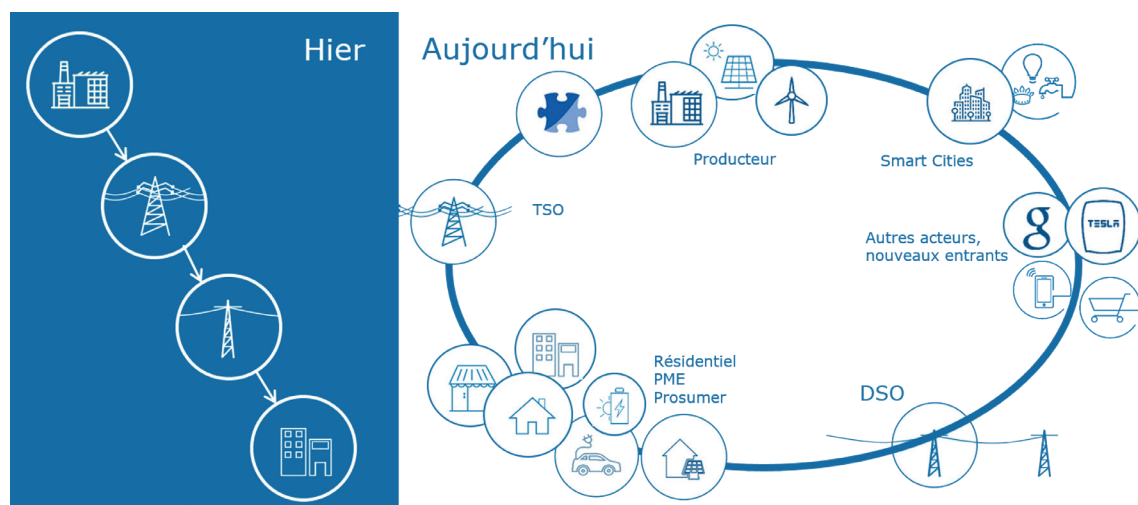


Figure 3. D'une organisation hiérarchique des acteurs de l'énergie hier à un écosystème aujourd'hui © Atos

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

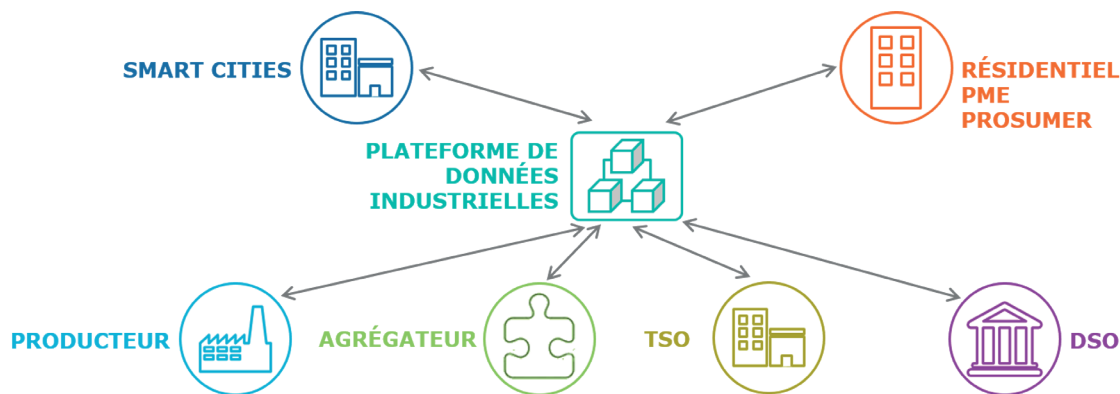


Figure 4. L'écosystème de l'énergie © Atos

monde de l'énergie a délibérément souhaité cette segmentation pour permettre la concurrence entre les acteurs. Elle a en revanche réparti les responsabilités en demandant à Enedis de capturer les données de comptage et à RTE d'assurer l'ajustement offre-demande au niveau national. Cette répartition des rôles, héritée de l'organisation hiérarchique, est nécessaire pour la régulation et le pilotage du système électrique. Elle n'interdit toutefois pas d'envisager un niveau semi-agrégé où on s'efforce de jouer sur la complémentarité des consommations et des productions locales.

Les plateformes de données industrielles se modifient pour refléter cet écosystème :

Chacun des acteurs produisant des données ne doit pas se limiter à servir ses propres missions à l'aide de ses données. L'existence d'un niveau semi-agrégé [5] pour un écoquartier, un îlot, une ville intelligente, ou d'un niveau local pour une maison ou un groupe de maisons, un bâtiment résidentiel ou tertiaire, un centre commercial, conduit à disposer d'une plateforme de données industrielles sous la responsabilité d'un acteur mais qui permette aux autres acteurs d'avoir accès à ces données. Les données collectées par Enedis grâce à Linky permettent de disposer des données d'usage de la consommation électrique et seront la base nécessaires aux niveaux semi-agrégés pour offrir des services d'optimisation des investissements en réseau et l'optimisation

locale de la régulation et au niveau local pour aider à la décision d'investissement ou d'exploitation pour minimiser la facture dans un cadre tarifaire donné.

Une mise à disposition par RTE de données de production pour les niveaux semi-agrégés permettra aux opérateurs des niveaux semi-agrégés de tirer un meilleur parti des données de consommation. Il en est de même pour la mise à disposition par Enedis des données des productions d'énergie renouvelable intermittente injectées sur le réseau de distribution.

4.2. Vers une nouvelle régulation des données de l'énergie

La multiplicité des acteurs et la nécessité de partager au mieux les données pour en tirer le meilleur parti possible conduit à aborder la question de la réglementation de la façon suivante :

- les données ne seront mises par les consommateurs à la disposition des acteurs industriels qu'en échange de services dont les bénéfices seront visibles pour eux ;
- seules les plateformes de données industrielles pourront permettre le développement de services sur ce marché multi-face de l'énergie où chacun des acteurs consommateurs et industriels a des objectifs différents avec de fortes externalités positives ;
- les règles de la concurrence empêchent qu'un seul acteur puisse organiser

dans son intérêt ce marché comme cela pu être le cas dans l'organisation hiérarchique d'hier.

Devant un changement aussi radical, il est important de s'interroger sur l'existence d'un précédent dans un autre secteur d'activité.

4.3. La nouvelle réglementation des données financières DSP2

Confrontés à cette incohérence entre l'attente des acteurs et la réglementation en cours, nous avons eu, grâce à notre exposition à de nombreux marchés, l'opportunité d'identifier une situation similaire que peu d'acteurs de l'énergie ont eu à connaître.

Le 13 janvier 2018, la deuxième version de la Directive européenne sur les services de paiement est entrée officiellement en vigueur en Europe avec un objectif de généralisation sous 18 mois.

Sa principale disposition est d'obliger toutes les institutions financières qui gèrent des comptes pour leurs clients d'offrir, pour autant que leurs clients en soient d'accord, des interfaces de programmation ouverts (API) permettant à toute autre institution financière d'accéder aux données de ces comptes.

Grâce à ces API une multitude de services sont offerts aux clients : agrégations de leurs comptes, alertes, *green button* vis-à-vis des fournisseurs d'électricité ou de télécom.

C'est bien sûr cette nouvelle disposition qui a permis la formidable éclosion des « Fintech » en permettant à des start-ups innovantes de fournir des services que les banques traditionnelles tardaient à offrir. Elle a aussi permis à d'autres acteurs financiers (assurance, mutuelle...) de renouveler leurs offres de services.

On peut s'interroger sur les raisons qui ont permis à une telle réglementation de voir le jour dans un domaine où les lobbies bancaires sont très puissants.

En réalité cette réglementation est née de l'initiative britannique d'*Open Banking* pour augmenter la concurrence entre les banques ; les premières start-ups qui se sont lancées dans ces services nouveaux avant que la réglementation soit disponible ont utilisé la technique du *web-scraping* qui consiste à aspirer les données nécessaires au service après que le client lui ait fourni le *login/password* de la banque où il a ses comptes.

On voit à quel point l'intérêt pour de nouveaux services peut conduire les clients à prendre des risques sur la confidentialité de leurs données.

Les banques établies n'ont plus désormais d'autre choix que de se créer en urgence un écosystème de start-ups en qui elles ont confiance pour multiplier les services les plus demandés et garder leurs clients.

DSP2 est ainsi le catalyseur du nouvel écosystème bancaire et conduit les banques à se doter de véritables plateformes de données bancaires maximisant ainsi la possibilité d'offrir des services et de valoriser les données de leur client.

Sans entrer dans des détails techniques, le mécanisme des API permet aux fournisseurs de service d'accéder non seulement à des données archivées mais aussi à des données en quasi temps réel pour offrir des services d'alertes ou de déclenchement d'actions quand certaines conditions de contexte sont réunies.

Les techniques d'API sont beaucoup plus sûres que le *web-scraping* ce qui a conduit récemment le gouverneur de la Banque de France à recommander aux banques françaises de ne pas attendre le délai de 18 mois pour installer ces API.

4.4. La transposition de DSP2 dans le domaine de l'énergie

Il revient naturellement à ENEDIS de préparer la mise à disposition d'API permettant aux différents acteurs industriels, aux agrégateurs

Le numérique : un outil clé pour répondre aux nouveaux défis énergétiques

mais aussi aux collectivités locales et aux associations d'avoir accès aux données Linky pour autant que les consommateurs en soient d'accord.

Le consentement des utilisateurs pourra se faire en fonction des acteurs dont ils attendent des services sur le principe du *green button*.

Le précédent DSP2 permettra de créer des pratiques qui auront été validées par la CNIL.

L'architecture de Linky a été spécifiée par Enedis et déployée en phase pilote par Atos pour offrir beaucoup plus qu'une facturation plus rapide et plus juste ; elle permet les relevés de consommation toutes les 30 minutes avec une remontée aujourd'hui à J+1 mais cette remontée pourrait être plus rapide. Cette architecture permet aussi de modifier la puissance souscrite du compteur et de programmer des grilles tarifaires. En particulier il est possible d'activer 8 « contacts secs » permettant de lancer ou d'arrêter de multiples services en aval du compteur.

Enedis prépare une plateforme de données industrielles qui permettra d'offrir des services en quasi temps réel.

Conclusion

L'Europe a manqué la révolution des plateformes dans le monde du B-to-C au profit des GAFAM.

La révolution du numérique est la condition du succès de la transition énergétique qui modifie profondément l'écosystème de l'énergie.

Nous pensons que la pose de 35 millions de compteurs Linky permettra grâce à l'architecture distribuée du système informatique et à la plateforme de données énergétique que prépare Enedis de créer les services attendus par les consommateurs en cas de coupures ou dans l'attente du rétablissement, mais aussi aux agrégateurs de permettre un ajustement

offre-demande (même en cas d'une part importante d'énergies renouvelables intermittentes), aux collectivités locales de bâtir une véritable stratégie énergétique.

Pour que le marché se développe au rythme du numérique, il est essentiel qu'une nouvelle génération de fournisseurs de services voie le jour : les « enertech » qui imagineront et développeront les nouveaux services.

Rien de tout cela n'arrivera si une nouvelle réglementation inspirée de DSP2 n'est pas mise en place car les contradictions règlementaires actuelles risquent de stériliser les initiatives et laisser à nouveau le champ libre aux GAFAM.

Le Comité prospective de la CRE lancé en octobre 2017 nous paraît être le lieu où une telle opportunité doit être débattue dans la perspective qu'annonçait son président en ouvrant ses travaux : « la transformation numérique de nos sociétés ouvre des possibilités nouvelles qui semblent illimitées et permet d'envisager un système énergétique moins centralisé, impliquant davantage les consommateurs et les acteurs locaux ».

RÉFÉRENCES

[1] *Platform Revolution: How Networked Markets are transforming the Economy and how to make them work for you* by G Parker, MW Van Alstyne and SP Choudary. WW Norton & Company, 2016.

[2] <https://ascent.atos.net/journey-2020/>

[3] <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software.html>

[4] <http://www.rchss.sinica.edu.tw/cibs/pdf/RochetTirole3.pdf>

[5] Conférence de Jean Bergougnoux du 20/11/2017 « Bâtiment et mobilité électrique face au défi climatique ».