

LE BIG DATA DANS L'ÉNERGIE



Clémence FRAYSSE

Brice PLAISANCE

SOMMAIRE

P.1	INTRODUCTION
P.2	I. ÉCOSYSTÈME ACTUEL DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE
P.3	A. L'ÉNERGIE, DE QUOI PARLE-T-ON?
P.4	B. PANELS DES DIFFÉRENTS ACTEURS ET LEUR POSITIONNEMENT SUR LE MARCHÉ
P.14	C. OUVERTURE DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN EUROPE ET ÉVOLUTION DE L'ÉCOSYSTÈME
P.18	II. LES MUTATIONS ENGENDRÉES PAR L'AVÈNEMENT DU BIG DATA SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR
P.19	A. DÉFINITION DU BIG DATA
P.24	B. LES DIFFÉRENTS DOMAINES ACTUELS ET À VENIR DE TRANSFORMATION DIGITALE DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE
P.33	III. QUELS ENJEUX AUTOUR DE CES TRANSFORMATIONS ?
P.34	A. LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE GRÂCE AU BIG DATA: POURQUOI ET COMMENT ?
P.40	B. PERMETTRE UNE INTÉGRATION PLUS PERFORMANTE DES ÉNERGIES D'ORIGINE RENOUVELABLE DANS LE RÉSEAU ÉNERGÉTIQUE NATIONAL
P.43	C. UN ÉCOSYSTÈME DE SERVICES DATA ÉNERGÉTIQUES EN PLEINE CONSTRUCTION - LE CAS DE NEST
P.45	D. UN BOULEVERSEMENT DES BUSINESS MODEL
P.49	IV. QUELS OBSTACLES LA RÉVOLUTION BIG DATA DOIT-ELLE SURMONTER POUR TRANSFORMER LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE EN PROFONDEUR ?
P.50	A. LA CRAINTE DE L'UTILISATION MALVEILLANTE DES DONNÉES ÉNERGÉTIQUES
P.52	B. LA PEUR D'UNE PERTE DE CONFIANCE DU CONSOMMATEUR
P.53	CONCLUSION & OUVERTURE
P.54	GLOSSAIRE
P.56	RÉFÉRENCES
P.59	ANNEXES

INTRODUCTION

Popularisée par l'économiste américain Jeremy Rifkin dans *La troisième révolution industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde* (Éditions Les Liens qui libèrent, 2012), la "troisième révolution industrielle" aurait débuté dès le milieu du XXème siècle pour prendre tout son essor au XXIème siècle. Considérée comme nécessaire et urgente par l'auteur, cette révolution passerait par l'avènement des technologies de l'information et de la communication dans tous les secteurs de l'économie. En outre, elle permettrait de répondre aux nécessités actuelles d'un développement plus responsable et plus durable où les énergies fossiles ne tiendraient plus la place centrale qu'elles occupent aujourd'hui dans l'économie. L'"économie décarbonée" ferait ainsi la part belle à une production décentralisée de l'énergie (énergies éolienne, solaire...) que les réseaux intelligents ou Smart Grid rendraient possible.

On comprend dès lors que, dans la révolution que décrit Jeremy Rifkin, la transformation du secteur de l'énergie tient une place centrale. Passant d'une énergie fossile à une énergie dite renouvelable, d'une production centralisée à une production décentralisée, la pierre angulaire de cette transformation est la donnée numérique. C'est cette donnée numérique ou « data » qui, de plus en plus abondante, est intégrée aux réseaux de production, de distribution et de consommation de l'énergie afin d'en améliorer les performances. C'est bien la data qui nourrit d'informations en temps réel les Smart Grid afin de flexibiliser ces réseaux de distribution où l'offre et la demande d'énergie se rencontrent difficilement. La data est ici une porte de sortie face à l'impasse dans laquelle notre développement énergétique s'est peu à peu enfoncé depuis la révolution industrielle.

Notre étude a pour ambition de décrire d'une part le secteur de l'Énergie actuel, ses évolutions récentes, ses acteurs, ses défis à venir. Nous étudierons principalement la zone France tout en nous laissant la liberté d'utiliser des exemples européens ou mondiaux dans des pays où le secteur de l'Énergie est parfois plus avancé dans cette transformation.

D'autre part nous tenterons d'exprimer ce que nous entendons par « révolution big data » et quels sont les domaines d'application énergétique actuels et à venir de cette évolution technologique. Nous montrerons que, comme le décrit Monsieur Rifkin, l'utilisation de la donnée numérique nous semble être au cœur d'une révolution de la société et à fortiori du secteur de l'Énergie qui y tient une place centrale.

Comment le secteur va-t-il se transformer ? Quelles opportunités cette révolution fait-elle naître ? Quelles menaces ? Ce sont ces questions que nous nous sommes posés face à ce changement à venir du paysage énergétique français et mondial, et ce sont à ces questions que nous allons donner des éléments de réponse dans le cœur de notre étude. C'est en partie pour répondre aux doutes posés par une révolution encore méconnue du grand public que nous chercherons à éclairer nos lecteurs sur ce phénomène nouveau qui se répand sur tous les pans de notre économie. Et c'est avec conviction que nous essaierons de dresser un aperçu des projets déjà en œuvre ainsi que des perspectives offertes par l'utilisation de la data dans l'Énergie. C'est dans cet esprit que nous essaierons de répondre à la problématique suivante :

Dans quelle mesure les promesses du big data sont-elles une réponse faite à l'impasse énergétique de notre société ?

I. ÉCOSYSTÈME ACTUEL DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE



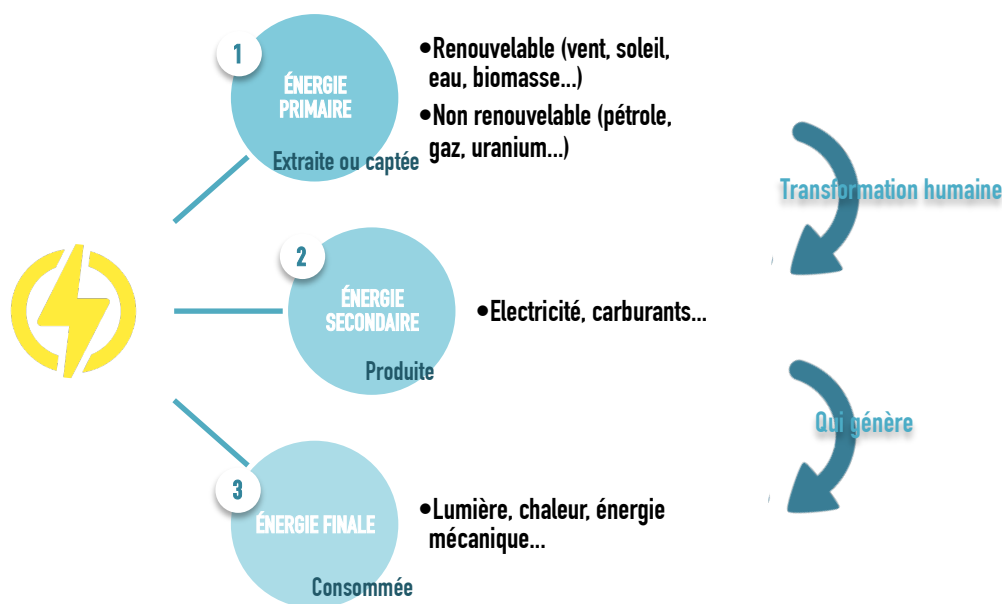
A. L'ÉNERGIE, DE QUOI PARLE-T-ON ?

Le mot énergie nous provient du grec *energeia* qui signifie « force en action ». L'Homme, au cours de son développement, a appris à exploiter sa propre énergie, l'énergie corporelle. En parallèle, l'évolution de l'Homme est également passée par sa capacité à domestiquer les énergies externes à lui-même, d'abord les énergies animales puis les énergies naturelles (le vent, les cours d'eau, le soleil...). Capturer ces énergies a donné à l'Homme la capacité de développer une énergie mécanique. Bien plus puissantes que l'énergie naturelle du corps, elles ont été aux fondements du développement des sociétés industrielles (TOTAL, 2015).

L'énergie à l'état brut qui existe dans la nature comme l'énergie des mouvements de l'eau (courants des rivières, cascades, marées...), du vent, ou des combustibles (pétrole, charbon, biomasse*) est une énergie primaire exploitable par l'Homme pour produire de l'énergie mécanique. Ces **énergies primaires** peuvent être subdivisées en sous-catégories (TOTAL, 2015):

- Les **énergies d'origine renouvelable**, dont l'exploitation par l'Homme est illimitée : vent, soleil, eau, biomasse...
- Les **énergies d'origine non renouvelables**, dont l'exploitation ne peut être infinie du fait de ressources terrestres limitées : les énergies fossiles telles que le pétrole, le gaz ou le charbon et l'énergie nucléaire (issue de la fission des noyaux d'uranium et de plutonium).

La transformation par l'Homme de ces énergies primaires donne lieu à des énergies dites secondaires comme l'électricité ou les carburants. L'exploitation de ces **énergies secondaires** permet d'aboutir à des **énergies finales** consommées en fonction des besoins de l'Homme : lumière, chaleur, énergie mécanique (ventilateur, moteur, pompe...).



L'expérience empirique nous montre que le développement humain nécessite une quantité toujours plus importante d'énergie finale, et donc par translation d'énergie secondaire et primaire. Or, la majeure partie de notre développement s'est jusqu'à présent fondée sur l'exploitation d'énergies primaires fossiles, dont les ressources sont limitées. Si bien qu'aujourd'hui, on en vient à craindre le moment où le manque d'énergie primaire viendra limiter le développement et le fonctionnement des sociétés humaines, très consommatrices d'énergie finale.

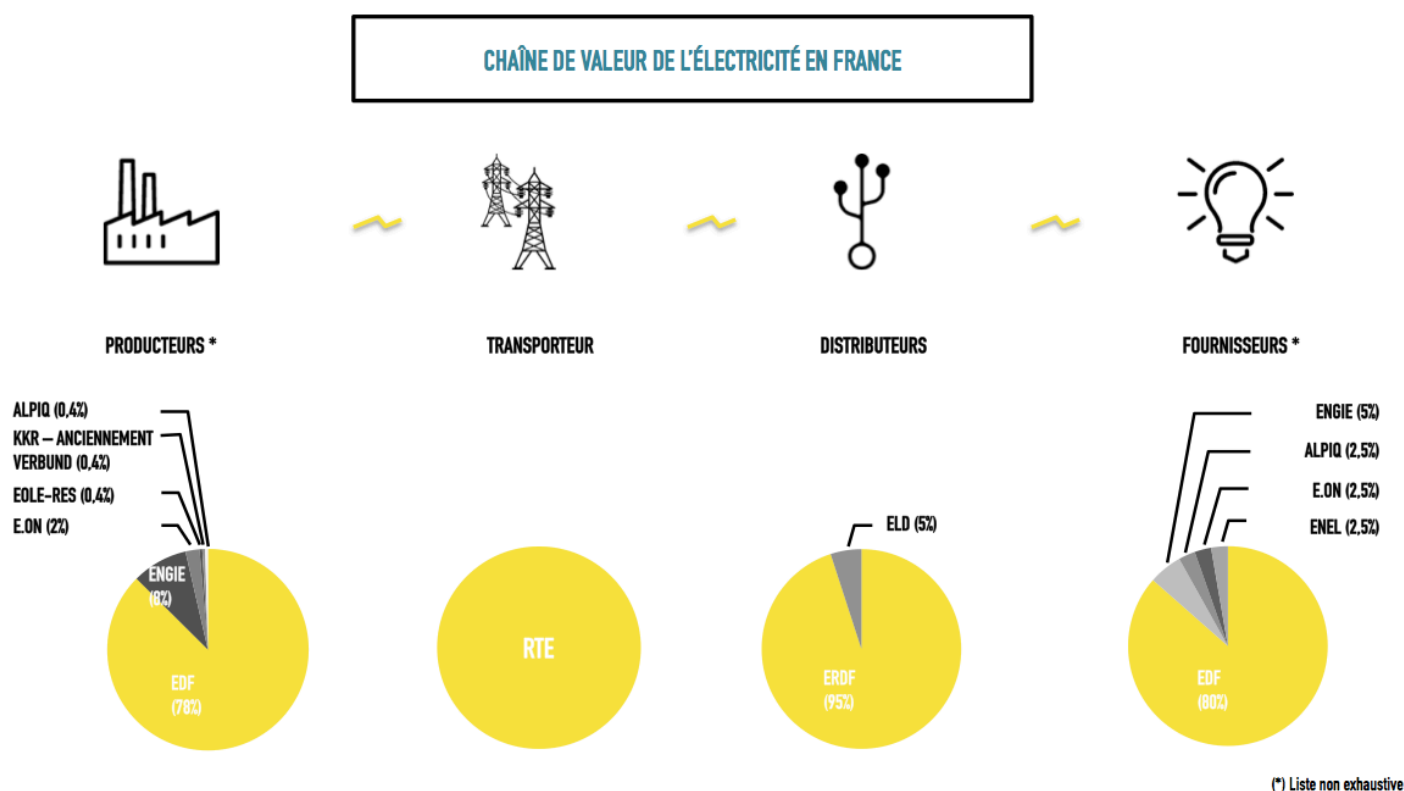
Notre étude ciblera principalement les énergies finales mécaniques, de chauffage, d'éclairage et dans une moindre mesure les énergies finales de transport. Ces énergies représentent la majorité de notre consommation nationale et c'est pourquoi nous nous focaliserons dessus. Lorsque nous parlerons du

secteur de l'Énergie, nous parlerons donc de la chaîne de production, transport, distribution et consommation des énergies du schéma ci-dessus.

B. PANEL DES DIFFÉRENTS ACTEURS ET LEUR POSITIONNEMENT SUR LE MARCHÉ

On peut distinguer aujourd'hui deux grands types d'acteurs dans le secteur de l'Énergie en France, réduit ici à la production de gaz et d'électricité. D'une part, les **acteurs de la chaîne de valeur** de l'électricité comme du gaz, qui sont les producteurs, les transporteurs, les distributeurs et les fournisseurs. D'autre part, toutes les **startups** qui gravitent autour de la production, du transport, de la distribution, de la commercialisation et de la gestion de l'Énergie.

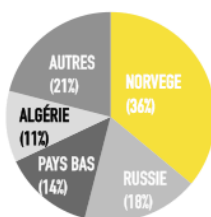
1. Les chaînes de valeur de l'électricité et du gaz en France



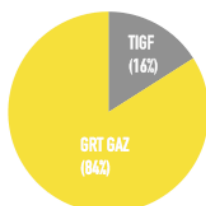
CHAÎNE DE VALEUR DU GAZ EN FRANCE



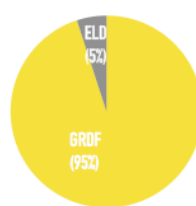
PRODUCTEURS
INTERNATIONAUX *



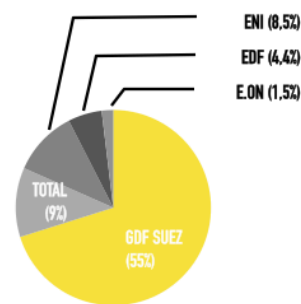
TRANSPORTEURS



DISTRIBUTEURS



FOURNISSEURS *



(*) Liste non exhaustive

a. Les producteurs d'électricité et de gaz

La **production d'électricité** est assurée au travers de l'exploitation des centrales nucléaires, hydrauliques ou thermiques ainsi que des sources d'énergie d'origine renouvelable. En France, en 2014 la production d'électricité provenait à 48,9% du nucléaire, à 19,7% de l'hydraulique, à 18,9% du thermique, à 7,2% de l'éolien, à 4,1% du photovoltaïque et à 1,2% d'autres sources d'énergie (Xerfi, 2014).

La production d'électricité reste un secteur très concentré en France. Les trois principaux producteurs sont aujourd'hui *EDF*, *Engie* et *E.ON*.



DE LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE



EDF (Électricité De France) est le fournisseur historique français, il représente aujourd'hui 78% de la production d'électricité (Xerfi, 2014). Avec 623,5 TWh produits en France en 2014 (Xerfi, 2014), c'est le plus gros producteur d'électricité dans le monde (par quantité d'électricité produite). Le groupe est à la tête du premier parc de production nucléaire mondial qui compte soixante-treize réacteurs, exploités en France et au Royaume Uni. Même si la majeure partie de sa production provient du nucléaire, à hauteur de 77% en 2014 (Électricité de France, 2015), EDF est engagé dans la production d'électricité à partir d'autres énergies

primaires. Ainsi, sa production d'électricité hydraulique représentait 7% de sa production en 2014, lui permettant de rester premier producteur d'électricité d'origine hydraulique français. À l'heure actuelle sa production d'électricité d'origine renouvelable ne représente que 2% de sa production totale. Néanmoins, le groupe a mis en place un plan d'investissement sur cinq ans de 6,4 milliards d'euros à destination des sources d'énergie d'origine renouvelables (Électricité de France, 2015).

Engie, nouveau nom de marque de *GDF Suez* depuis avril 2015, est le deuxième producteur français d'électricité au travers de sa présence au capital de la *Compagnie Nationale du Rhône* (18 TWh produits en 2013) et de la *Société Hydroélectrique du Midi* (1,9 TWh en 2014) (ENGIE, 2015). Le

groupe a assuré en 2014 l'équivalent de 8% de la production française (Xerfi, 2014). Ces sociétés permettent au groupe de se placer comme un producteur d'électricité décarbonée. Historiquement, la *Compagnie Nationale du Rhône* exploite des centrales hydroélectriques sur le Rhône, le plus puissant fleuve français. Fermement engagée dans la production d'énergies vertes, elle est à la tête de 32 parcs éoliens et de 12 centrales photovoltaïques et se positionne ainsi comme premier producteur national d'énergie d'origine 100% renouvelable. La *SHEM*, quant à elle, produit une électricité d'appoint, et non pas de masse, à partir de ses 58 centrales hydroélectriques situées dans les Pyrénées, le Massif Central et le Lot. Elle est le troisième producteur français d'hydroélectricité et s'est engagée depuis 2015, au travers d'un investissement de 27 millions d'euros et d'un autre de 30 millions prévu en 2016, dans la modernisation de ses installations (ENGIE, 2015). L'objectif étant d'une part de généraliser l'utilisation de pales à rotation lente pour respecter l'environnement de la faune des cours d'eau sur lesquels elles sont utilisées et d'autre part de développer des turbines qui permettent de transférer l'eau d'un lac vers un autre en produisant de l'électricité.



DE LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE



DE LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE



D'origine allemande, *E.ON* est un fournisseur d'énergie privé qui a investi le marché français de la production d'électricité lors de la libéralisation du secteur débutée en 2000 (loi du 10 février). Il en représentait 8% en 2014, soit 2,1 GW produits (Xerfi, 2014). En France, c'est un producteur d'électricité de semi-base et de pointe. Ses centrales reposaient à 65% sur le charbon et à 30% sur le gaz en 2014 (E.ON, 2015). En 2009, en vue d'augmenter sa production sur le territoire français, le groupe rachète intégralement la *Société Nationale d'Électricité et de Thermique* alors

qu'elle occupait la place de troisième producteur d'électricité national grâce à ses quatre centrales au charbon.

Il existe de nombreux autres producteurs d'électricité en France et de tailles variées. Depuis la déréglementation du secteur de l'Énergie achevée en 2010, on compte de nouveaux entrants qui se sont placés à la fois sur la production de l'électricité et du gaz. Certains sont des fournisseurs alternatifs comme *Direct Énergie*, devenu premier fournisseur d'énergie de cette catégorie en France depuis sa fusion avec *Poweo* en 2012. C'est un groupe qui capitalise sur l'intégration de ses activités, son service client ainsi que sur sa capacité d'innovation. Prônant une énergie « pas chère », le groupe offre des solutions aux particuliers, aux entreprises et aux collectivités, pour une meilleure gestion de la consommation et donc une réduction de la facture énergétique. En 2012, il remporte l'appel d'offres lancé par l'État français pour la construction d'une centrale à Cycle Combiné au Gaz* Naturel (CCGN) d'une puissance de 400 MW, sur la commune de Landivisiau (Finistère). Ainsi, en 2014 *Direct Énergie* comptait 1,28 millions de clients en France et représentait 8,4 TWh d'énergie livrés, électricité et gaz confondus. Néanmoins, le groupe ne représente pour l'instant qu'un peu moins de 0,2% de la production d'électricité française (Xerfi, 2014). Fort de son développement national, le producteur s'est attaqué en 2015 aux marchés européens en s'ouvrant tout d'abord à la Belgique.



DE LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE



TOP 3 DES PRODUCTEURS ALTERNATIFS INTERNATIONAUX



0,4%
DU MARCHÉ
FRANÇAIS EN 2014

Verbund



0,4%
DU MARCHÉ
FRANÇAIS EN 2014

COLES



0,4%
DU MARCHÉ
FRANÇAIS EN 2014

ALPIQ

Au delà d'*E.ON*, la France compte aussi sur des producteurs internationaux auxquels elle achète des quantités plus réduites, mais non négligeables, d'électricité. On compte trois fournisseurs majeurs.

Le premier est le groupe autrichien *Verbund* qui a produit de l'électricité sur le sol français dans ses centrales de

Pont-sur-Sambre et de Toul jusqu'en 2014, date à laquelle il a revendu ses deux centrales au groupe américain *KKR*. Le second est *Eole-Res*, filiale du groupe britannique *RES*, spécialisé dans la production d'électricité d'origine éolienne, solaire et marine. Il a fourni à la France en 2014 1,2 TWh d'électricité d'origine renouvelable (RES, 2015). Le dernier est *Alpiq*, c'est une des plus grosses entreprises productrices d'électricité en Suisse. Elle a produit pour la France 122 TWh d'électricité en 2014, permettant ainsi l'approvisionnement de 500 sites industriels et commerciaux français.

Ces trois producteurs représentaient chacun 0,4% de la production électrique française en 2014 (Xerfi, 2014).

Aujourd'hui, la **production de gaz** dans le monde est en croissance constante et atteint plus de 21% de la production mondiale d'énergie (Électricité de France, 2015). Elle est assurée au travers de l'exploitation des gisements souterrains de gaz naturel.

Alors qu'en 1970 la France produisait un tiers de sa consommation en gaz, elle est aujourd'hui totalement dépendante de la production internationale. Ainsi, en 2013 le gaz consommé en France provenait à 36,2% de la Norvège, à 17,9% de la Russie, à 13,9% des Pays Bas et à 10,8% de l'Algérie (Xerfi, 2014). Même si ces quatre fournisseurs occupent une part importante des importations de gaz, la France oeuvre à la diversification de ses fournisseurs afin de prévenir d'éventuels aléas techniques ou politiques.

Troisième exportateur de gaz au monde, la **Norvège** est le premier fournisseur de gaz de la France. Sa production a atteint les 97,9 Mtep* en 2014 (TOTAL, 2015). Le gaz norvégien est acheminé depuis la Mer du Nord jusqu'au port de Dunkerque par le gazoduc Franpipe. Au vu de ses ressources naturelles, la Norvège est considérée comme un fournisseur stable et fiable pour les années à venir. *Statoil*, est le plus gros énergéticien norvégien mais aussi la plus grande entreprise norvégienne, elle est détenue à 70% par l'État. En 2014, l'entreprise a fourni 1,5% du gaz français (Xerfi, 2014).

Détentrice des plus importants gisements de gaz naturel au monde, la **Russie** compte près de 44 000 milliards de mètres cubes de réserves connues. C'est aujourd'hui le second producteur de gaz au monde avec près de 520,9 Mtep produits en 2014 (TOTAL, 2015). La France est approvisionnée en gaz naturel russe à partir des réserves transportées jusqu'en Allemagne par le gazoduc Nordstream. La production, ainsi que l'acheminement du gaz en Russie sont majoritairement gérés par *Gazprom*, qui est détenu en grande partie par l'État. En 2014, le groupe représentait 12,1% de la production de gaz mondiale. Il est également à la tête du plus grand réseau de distribution de gaz au monde, qui dépasse les 170 000 kilomètres (Gazprom, 2015).

Les **Pays-Bas** sont les treizièmes producteurs mondiaux de gaz naturel grâce au gisement de Groningue, le plus grand d'Europe. La production néerlandaise a atteint 50,2 Mtep en 2014 (TOTAL, 2015). *Gasunie* en est le producteur et fournisseur principal. Néanmoins, la production de gaz s'étant accélérée depuis les années 2000, le pays doit faire face à des tremblements de terre de plus en plus répétitifs dus à la rétraction des sols vidés de leurs gaz et est donc menacé à court terme d'une décroissance de sa production.

L'**Algérie** est aujourd'hui le neuvième producteur de gaz naturel mondial avec 75 Mtep produits en 2014 (TOTAL, 2015). Le pays est rentré cette année dans une stratégie de développement de sa production, il s'est ainsi fixé l'objectif de l'augmenter de 13% d'ici à 2019 afin de diminuer sa dépendance nationale et d'augmenter ses exportations (Le-Gaz, 2015).

b. Les transporteurs d'électricité et de gaz

En France les **transporteurs d'électricité et de gaz** sont les acteurs qui acheminent, à l'échelle nationale et régionale, l'énergie depuis leur lieu de production jusqu'à des transformateurs où

la tension de l'électricité et la pression du gaz sont diminuées afin que les deux énergies puissent être distribuées par les distributeurs à l'échelle communale.

En France, c'est *RTE (Réseau de Transport de l'Électricité)*, filiale d'*EDF*, qui assure la répartition de **l'électricité** sur tout le territoire. L'entreprise possède aujourd'hui 105 331 kilomètres de lignes électriques et 2 697 postes électriques à travers toute la France, ce qui lui donne le statut de premier réseau de transport d'électricité d'Europe. A l'échelle nationale, le transport de l'électricité est assuré à 400 000 volts, tandis qu'à l'échelle régionale il peut être assuré à trois niveaux différents: 25 000 volts, 63 000 volts et 90 000 volts. *RTE* offre ses services de transmission d'électricité à cinq types de clients différents : les producteurs d'électricité (54 en 2015), les entreprises ferroviaires (11 en 2015), les distributeurs d'électricité (32 en 2015) qui eux-mêmes fournissent l'électricité aux clients finaux que sont les particuliers et les PME-PMI du secteur tertiaire, les consommateurs industriels (258 en 2015) et les acteurs de marché (135 en 2015). *RTE* est également engagé dans des échanges contractuels transfrontaliers avec la Grande Bretagne, la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie et l'Espagne. En 2014, l'entreprise affichait un solde positif exportations-importations de 65,1 TWh avec au total 92,4 TWh exportés et 27,3 TWh importés (RTE, 2015).



DU TRANSPORT
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE



Pour ce qui est du **gaz**, c'est *TIGF (Transport Infrastructures Gaz France)* qui achemine le gaz dans le Sud Ouest de la France et *GRTgaz (Gestionnaire de Réseau de Transport gaz)* qui assure l'acheminement sur le reste du territoire.



DU TRANSPORT
DE GAZ EN
FRANCE

TIGF

TIGF, ancienne filiale de *Total*, appartient depuis 2013 à hauteur de 45% à l'opérateur italien *Snam*, à 35% au fonds d'État de Singapour GIC et à 20% à *EDF*. L'entreprise détient 5 064 kilomètres de réseau de transport gazier soit 14% du réseau de gazoducs français et chaque année 16% du volume national de gaz transporté passe par son réseau. Ainsi en 2014 le groupe a transporté 123 TWh (Xerfi, 2014). *TIGF* fournit deux types de clients, des fournisseurs de gaz qui sont aujourd'hui au nombre de 49 et des clients industriels qui sont eux au nombre de 120.

GRTgaz, filiale à 75% d'*Engie* et à 25% d'un consortium public, assure ensuite l'acheminement du gaz dans le reste de la France. Son réseau, de plus de 32 056 kilomètres, est donc connecté à celui de *TIGF* afin de prendre le relais au delà du Sud Ouest. En 2014, 636,6 TWh ont été transportés via le réseau de *GRTgaz* (Xerfi, 2014). L'entreprise fournit deux types de clients, les clients expéditeurs qui étaient 129 en 2014 et des clients industriels qui étaient plus de 800 en 2014, au sein desquels on dénombrait 12 centrales électriques consommant du gaz naturel. *GRTgaz* est également engagée dans la gestion de réseaux de transport de gaz en Allemagne où elle détient plus de 1 000 kilomètres de réseau, et participe à des prestations de conseil et d'expertise à l'échelle européenne. L'entreprise s'est récemment engagée dans la transition vers une proportion de biométhane plus importante dans son gaz acheminé et s'est fixée l'objectif d'un réseau 100% décarboné à l'horizon 2050 (GRTgaz, 2015).



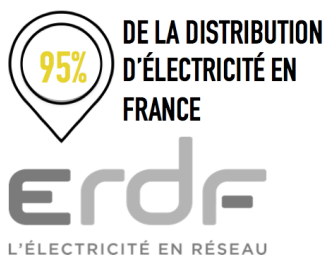
DU TRANSPORT
DE GAZ EN
FRANCE



c. Les distributeurs d'électricité et de gaz

Les **distributeurs d'électricité et de gaz** assurent la distribution, via des réseaux souterrains majoritairement, des deux énergies entre et au sein des communes françaises.

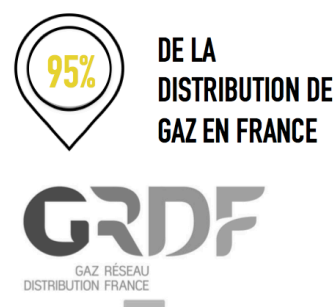
C'est *ERDF (Électricité Réseau Distribution France)*, filiale d'*EDF*, qui assure en grande partie (95%) la répartition de **l'électricité**, transmise via le réseau RTE, entre et au sein des communes de



France métropolitaine. *ERDF* gère environ 1,3 millions de kilomètres de réseau électrique et compte près de 35 millions de clients. *ERDF* assure la distribution de l'électricité à deux échelles de tension: la haute tension à 20 000 volts et la basse tension à 400 ou 230 volts. L'entreprise assure la distribution de l'électricité pour 27 fournisseurs d'électricité en France. En 2014, 396,2 TWh d'électricité ont été acheminés sur le réseau de distribution *ERDF* (ERDF, 2015). Depuis 2010, l'entreprise a engagé de lourds investissements pour mettre en place les réseaux électriques de demain et notamment les préparer aux nouveaux usages de l'éolien, du photovoltaïque et des voitures électriques. De plus, *ERDF* participe à une dizaine de projets de Smart Grid en France et travaille sur des partenariats à l'échelle européenne préparant des moyens de gestion innovant de la demande en prévision des évolutions futures.

Les 5% restant de la distribution de l'électricité en France, soit 2 500 communes, sont assurés par des entreprises locales de distribution. Ces entreprises ne peuvent opérer que sur un périmètre limité, elles sont aujourd'hui au nombre de 170 et assurent souvent aussi une activité de fourniture locale. Parmi elles, trois peuvent être mises en avant par leur nombre de clients desservis. *Électricité de Strasbourg* (88,6% EDF) fournit près de 440 000 clients dans sa région, *UEM* (Usine d'Électricité de Metz) fournit quant à elle 160 000 clients et *Sorégies* en fournit environ 145 000 dans la région de la Vienne (Xerfi, 2014).

Pour ce qui est du **gaz**, c'est *GrDF* (*Gaz Réseau Distribution France*) à 95% et des entreprises de distribution de gaz locales à 5% qui assurent l'acheminement du gaz entre et au sein des communes. *GrDF*, filiale d'*Engie*, détient un réseau qui approche les 195 851 kilomètres et se place ainsi comme premier réseau de gaz naturel en Europe. En 2014, 319 TWh de gaz ont été acheminés via son réseau (Xerfi, 2014). En 2014, l'entreprise comptait 10,9 millions de clients et 9 515 communes desservies, c'est à dire que trois français sur quatre habitaient dans une commune desservie en gaz naturel par *GrDF*. Aujourd'hui, l'entreprise investit dans la recherche pour la transition vers l'énergie de demain. Elle travaille actuellement sur près de 400 projets d'injection de biométhane dans le réseau et investit dans des projets de Smart Grid (GRDF, 2015).



Si *GrDF* n'est pas en situation de monopole sur le territoire français c'est parce que 17 entreprises locales de distribution ont fait jouer leur statut public afin d'échapper à la nationalisation du secteur qui a fait suite à la Seconde Guerre Mondiale. Ces 17 gestionnaires sont aujourd'hui en quasi situation de monopole sur le territoire qu'elles desservent. Trois se distinguent par leur taille: *Gaz de Bordeaux* qui est la plus grande de France et qui dessert environ 200 000 clients, *ES Gaz de Strasbourg* qui fournit 120 000 clients et *GEG* fournisseur de 100 000 clients dans la région de Grenoble. Du fait de leur taille relativement importante, les deux premières ont dû procéder à la scission de leurs activités de fourniture et de distribution, ainsi c'est *Régaz* qui procède à la gestion du réseau pour *Gaz de Bordeaux* et *GDS* pour *ES Gaz de Strasbourg* (Xerfi, 2014).

d. Les fournisseurs d'électricité et de gaz

La **fourniture de l'électricité comme du gaz** est assurée par les fournisseurs, qui vendent au détail aux consommateurs l'électricité et le gaz achetés aux producteurs, précédemment acheminés via les services des transporteurs et distributeurs. Ce sont également les fournisseurs qui gèrent la contractualisation et la facturation de la consommation d'énergie aux consommateurs.

On compte de nombreux fournisseurs d'électricité en France depuis l'achèvement en 2007 de l'ouverture à la concurrence du secteur de l'énergie initié en 2000. Au fournisseur historique qu'est

EDF sont venus s'ajouter des fournisseurs privés. Certains fournissent de l'électricité et du gaz comme *Alterna*, *Direct Énergie*, *Energem*, *Lampiris*, *Lucia* et *Proxelia*, d'autres fournissent uniquement de l'électricité comme *Enercoop* et *Planète Oui* qui sont des fournisseurs d'électricité d'origine 100% renouvelable, ou *Sélia* qui est un fournisseur d'électricité conventionnelle. Pour le gaz comme pour l'électricité, différents types d'offres sont désormais proposés aux consommateurs. Des offres aux tarifs réglementés, c'est à dire fixés par les pouvoirs publics et appliqués uniquement par les fournisseurs historiques. Ainsi que des offres dites "Offres de Marché", qui sont souscrites auprès d'un fournisseur qui a été choisi par le consommateur et dont le tarif est fixé librement dans le cadre d'un contrat entre les deux parties.



**DE LA FOURNITURE
D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE**



EDF commercialise donc l'électricité qu'elle produit et jouit toujours d'un portefeuille de clients conséquent et varié du fait de son monopole historique. En fait, le groupe fournit aussi bien des particuliers que des professionnels, des entreprises ou des collectivités territoriales, en proposant à chacun une offre spécifique et adaptée. Ainsi, en 2014, *EDF* représentait 80% de la fourniture d'électricité en France. Le groupe fournissait 380,6 TWh d'électricité à 38,5 millions de clients (Xerfi, 2014).

De même, *Engie* commercialise l'énergie qu'elle produit à des particuliers, professionnels, entreprises et collectivités locales français. Elle a notamment fourni 2,2 millions de foyer en électricité en France en 2014, ce qui équivalait à 5% de la fourniture nationale (Xerfi, 2014).

Le fournisseur d'électricité suisse *Alpiq* est également fournisseur sur le marché français, il est spécialisé dans la fourniture à destination des bâtiments, des techniques de transport, des centrales et des installations industrielles. En 2014, le groupe fournissait plus de 500 sites industriels et commerciaux français faisant de lui un acteur clé du marché national de l'électricité puisqu'il en représente 2,5% (Xerfi, 2014).

E.ON fournit lui aussi la France en électricité et ce à hauteur de 2,5% du marché en 2014 (Xerfi, 2014).

Enel France, filiale de la société nationale d'électricité italienne *Enel*, est également un fournisseur clé sur le marché, il comptait pour 2,5% en 2014 (Xerfi, 2014).

Depuis l'ouverture complète du marché de l'énergie français en 2007, le secteur du gaz suit la même organisation que celui de l'électricité.

On compte donc désormais de nombreux fournisseurs de gaz privés qui sont venus s'ajouter aux fournisseurs historiques. Les fournisseurs de gaz privés sont notamment *Antargaz* (premier distributeur de gaz indépendant en France) et *Eni*. Tout comme pour l'électricité, différents types d'offres sont donc à disposition des consommateurs: les tarifs réglementés proposés par les fournisseurs historiques et les "Offres de Marché" proposées par les fournisseurs privés, régies par des contrats établis directement avec le fournisseur.



**DE LA
FOURNITURE DE
GAZ EN FRANCE**



Engie, reste le fournisseur historique et le premier fournisseur de gaz en France. En 2014, il a fourni 9 millions de foyers en France, ce qui équivalait à 55% du marché national (Xerfi, 2014). Le groupe a étendu ses services de fourniture à l'international, il fournit désormais en gaz des

"OFFRES DE MARCHÉ"

Le principe des "Offres de Marché" est que leur tarif n'est pas réglementé mais fixé par un contrat entre le fournisseur d'énergie et le client. Tous les fournisseurs peuvent en proposer, même les fournisseurs historiques. Les "Offres de Marché" peuvent être à prix fixe, indexé ou libre. Dans le premier cas, le tarif est gelé pendant une durée déterminée dans le contrat (allant de 1 à 3 ans) et le client est en droit de changer d'offre ou de fournisseur à tout moment. Dans le second cas, le tarif évolue proportionnellement à l'évolution d'une valeur de référence, elle aussi fixée dans le contrat, qui peut par exemple être le tarif réglementé de vente. Dans le dernier cas, le tarif est librement fixé par le fournisseur et peut évoluer selon des règles définies dans le contrat.

clients particuliers, industriels et tertiaires en Europe, en Amérique du Nord, en Amérique Latine et en Asie.

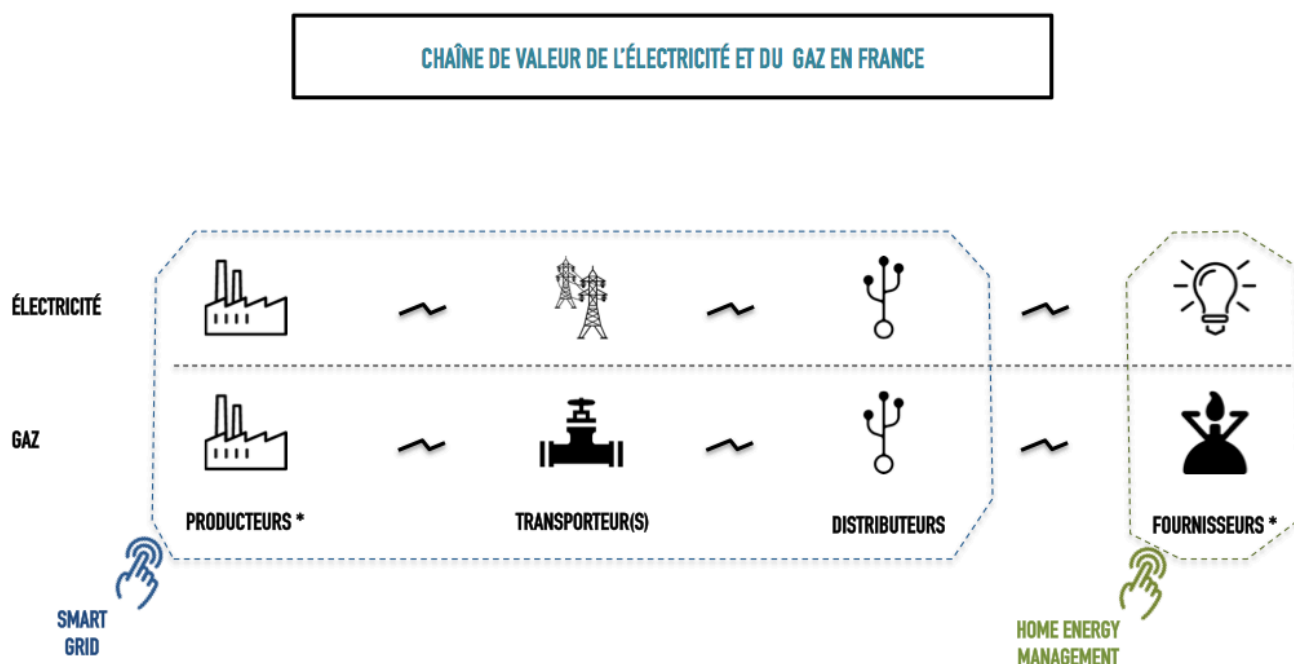
Total, via sa filiale *TEGAZ* devenue *Total Énergie Gaz* en 2014, est le second fournisseur de gaz naturel sur le marché français, il en représente 9%. Il fournit uniquement des clients professionnels. Les artisans représentaient 55% de ses clients en 2013, l'industrie et le tertiaire 32%, et les clients grands comptes 13%. En 2013, *TEGAZ* a fourni 40 TWh de gaz naturel (Total, 2015).

Le groupe italien *Eni*, est également un fournisseur clé sur le marché français du gaz naturel puisqu'il assure 8,5% de la fourniture. En 2013, il a commercialisé 81 TWh de gaz naturel à 342 000 clients particuliers, professionnels, collectivités locales et industriels (Xerfi, 2014). Le groupe s'est fixé l'objectif d'atteindre 900 000 clients français à l'horizon 2017. Le groupe a développé deux filiales françaises, *Eni Gas & Power France* qui est en charge de la vente de gaz naturel aux particuliers et aux professionnels, et *Eni France* qui est en charge de la commercialisation des produits pétroliers et du gaz naturel aux clients grands comptes.

Depuis l'ouverture du marché du gaz en 2007, *EDF* s'est diversifié et a développé ses activités de fournisseur de gaz naturel. Ainsi, en 2013 le groupe comptait 1,01 millions de clients, dont 900 000 résidentiels, auxquels il a commercialisé 22 TWh de gaz naturel, ce qui représente une part de marché de 4,4% (Xerfi, 2014). *EDF* propose des offres simples dont la force est leur dualité, c'est à dire une offre alliant fourniture de gaz et d'électricité.

Le groupe allemand *E.ON* est aujourd'hui devenu un fournisseur alternatif clé sur le marché du gaz naturel français pour les entreprises. En 2013, il a commercialisé 2,7 TWh (Xerfi, 2014). C'est sa filiale *E.ON France Energy Solutions* qui gère ses activités de fourniture de gaz naturel en France.

2. Les startups qui gravitent autour du secteur de l'énergie



a. Home Energy Management

Après des débuts modestes sur le marché français, le **Home Energy Management** prend son envol. C'est la recherche d'une gestion optimisée de l'énergie au sein d'une maison avec pour objectif la réduction significative de la facture énergétique ainsi que l'augmentation du confort.

Pour faire du Home Energy Management, il faut un **relais** (type boîtier central), pouvant être un compteur communicant par exemple, qui relie la maison d'une part à ses **objets connectés** et d'autre part à une **interface utilisateur**. Ainsi, les objets connectés de la maison (prises, capteurs...) peuvent transmettre leurs informations au relais.

Le relais peut à la fois **transmettre** les informations recueillies à l'interface utilisateur pour que cette dernière procède à une analyse et puisse en déduire des recommandations, des alertes ou des suivis à fournir au propriétaire de la maison, et **recevoir** des informations de l'interface utilisateur à destination des objets connectés. Via le relais, il est alors possible de commander à distance l'extinction ou le déclenchement de n'importe quel objet connecté dans la maison.

Sur le segment des thermostats connectés, qui est pour l'instant le segment majeur ayant atteint l'étape de la commercialisation à grande échelle, il existe une vingtaine de constructeurs sur le marché.



En France, la voie a été ouverte par les startups nationales *Qivivo* et *Netatmo*, mais les ventes ont véritablement pris de l'ampleur lors de l'entrée sur le marché de l'allemand *Tado°* et de l'américain *Nest* en 2014. Toutes ces entreprises partent du même constat, la majorité de la consommation d'énergie d'une maison provient du chauffage. Elles proposent donc aux consommateurs des solutions intelligentes, thermostats connectés, pour une meilleure gestion du système chauffant à domicile. Certains de ces équipements se sont d'ores et déjà étendus à la gestion de la climatisation, comme le thermostat *Tado°* depuis l'été 2015.

Ces thermostats intelligents offrent presque tous les mêmes fonctionnalités. Ils utilisent la position des smartphones des habitants de la maison auxquels ils sont connectés afin de baisser ou d'éteindre le chauffage ou la climatisation quand ils quittent la maison mais également afin d'augmenter ou de rallumer ceux-ci quand ils sont sur le chemin du retour. De plus, ces systèmes, grâce à leur récolte quotidienne d'informations sur la consommation énergétique de l'habitation due au chauffage et à la climatisation, construisent un diagnostic et s'adaptent donc pour optimiser la gestion de la consommation en fonction.

L'installation comprend souvent d'autres services, comme l'adaptation aux conditions météorologiques (possibilité de couplage avec des stations météorologiques intelligentes) en temps réel afin de laisser ou non la température de la maison se réguler en fonction de la température extérieure quand cela s'avère plus judicieux. Il est également possible de garder un œil sur l'état et le fonctionnement de l'équipement au travers de l'application ou interface utilisateur, qui propose en général des services d'alerte, d'instruction ou d'assistance téléphonique. Ces systèmes sont élaborés pour être compatibles avec un maximum de systèmes de chauffage et leurs applications associées disponibles sur de nombreuses plateformes digitales (sites internet, *iOS*, *Android*, *Windows Phone*).

Ces systèmes coûtent aujourd'hui entre 100€ et 250€ sur le marché français. Leur argumentaire de vente développe toujours en premier lieu l'économie d'énergie et donc la réduction de la facture énergétique, mais il se tourne aussi désormais vers la maximisation du confort au sein de l'habitation. Certains acteurs ont pour ambition de les rendre aussi attirants et indispensables que les objets connectés vendus plus massivement (smartphones, tablettes...). Ainsi, *Netatmo* a développé le design de son dernier thermostat intelligent en collaboration avec Philippe Starck, le célèbre architecte et designer français.

L'américain *Nest*, filiale de *Google* depuis début 2014, a fait quant à lui le choix de construire des partenariats avec des fournisseurs d'énergie dans chaque pays où il s'implante afin de donner du poids à son équipement aux yeux des consommateurs. En France, *Nest* s'est ainsi associé avec *Direct*

Énergie, l'emblème du fournisseur d'énergie alternatif à moindre coût. Ainsi, les clients de Direct Énergie sont incités à compléter leur choix d'un fournisseur moins cher avec des équipements connectés réduisant d'autant plus leur facture énergétique.

Il existe également des équipements encore plus complets, qui relèvent d'une offre domotique* type « maison connectée » plus que du Home Energy Management pur, mais qui intègrent des systèmes d'optimisation

de la consommation d'énergie comme le *TaHoma* de *Somfy*. Le principe est le même : un relais, la box domotique *TaHoma*, est connectée d'une part aux ordinateurs, tablettes et smartphones des habitants de la maison et d'autre part à tous les objets connectables de la maison. Ainsi, au delà du système de chauffage ou de l'éclairage, il est possible de commander à distance les volets, les rideaux, l'alarme ou bien encore des prises de la maison.

Ces appareils restent aujourd'hui relativement chers et sont donc destinés à un public restreint. Néanmoins, avec les progrès rapides des technologies dans ce domaine, les prochaines années devraient être marquées par une baisse des prix significative et une vulgarisation de ses équipements au sein des ménages français.

b. Amélioration du réseau (ou Grid)

Le Smart Grid cherche aujourd'hui des solutions aux défis de l'augmentation constante de la consommation énergétique et de la part croissante des énergies d'origine renouvelable dans sa production. Demain, il ne sera plus possible de gérer les réseaux énergétiques de la même façon qu'aujourd'hui. Les deux principaux obstacles à un développement à grande échelle de l'utilisation des énergies d'origine renouvelable sont leur production décentralisée et leur imprévisibilité. Il est donc nécessaire de repenser la structure ainsi que la gestion des réseaux énergétiques pour aller vers des réseaux multidirectionnels alors qu'ils ont été conçus sur un modèle unidirectionnel. D'autres défis viennent se greffer aux deux principaux, notamment celui de la recharge des véhicules électriques qui pose la question de la mise en place d'installations très gourmandes en énergie dans des zones non adaptées à une demande élevée.

La startup niçoise **Qualiteo** travaille à la mise en place de ce Smart Grid en commercialisant un système avancé de mesure et d'analyse de la consommation énergétique, appelé technologie *WattSeeker*. L'entreprise se différencie sur le marché en mettant en avant la nécessité d'une analyse claire et visuelle pour effectivement mettre à profit la collecte des données énergétiques en temps réel d'une entité quelle

NETATMO

Netatmo a été fondée en 2011 par le français Fred Potter supporté par Jean Pierre Dumolard. Depuis sa création l'équipe Netatmo a développé quatre types d'objets connectés: une station météo, le thermostat connecté, la home caméra Welcome et le bracelet coach beauté June. Ces quatre produits ont été récompensés aux réputés « CES Innovations Design and Engineering Awards ».

La station mesure l'environnement météorologique dans 170 pays à travers le monde et permet donc la constitution du

plus grand réseau mondial de partage de données de ce type. Le thermostat connecté Netatmo est aujourd'hui adaptable au réseau de chauffage de 7 pays européens. En 2014, 85% du chiffre d'affaires de l'entreprise est réalisé à l'export.

(Netatmo, 2015).



netatmo
BY S+ARCK®



QUALITEO

qu'elle soit. Cette analyse, visuellement explicite, permettrait une meilleure compréhension des problématiques par le consommateur et donc un meilleur engagement de sa part dans le processus de diminution de la consommation énergétique.

Ce système repose sur l'installation du boîtier Lynx qui mesure toutes les dépenses en énergie de l'entité. Ces données métriques collectées par le boîtier sont ensuite transmises aux algorithmes que la startup a développés et qui savent reconnaître la signature électrique spécifique à chaque appareil consommateur. Ainsi, ces algorithmes sont capables d'adapter l'analyse en fonction des différentes catégories d'appareils présents dans le bâtiment et donc de proposer des solutions d'économie plus personnalisées. Le boîtier peut également réaliser du pilotage d'objets à distance. Il est donc prêt à l'avènement du Smart Grid globalisé, puisqu'il n'y aura plus besoin que d'une mise à jour du logiciel pour rendre possible l'action intelligente sur le réseau par le gestionnaire comme par le consommateur. La technologie *WattSeeker* a déjà fait ses preuves puisque l'entreprise a équipé des grands noms comme la *SNCF*, *Leader Price*, *Bosch* et *McDonald's* sur le territoire français (Qualiteo, 2015).

C. OUVERTURE DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN EUROPE ET ÉVOLUTION DE L'ÉCOSYSTÈME

1. L'exigence d'ouverture du marché de la Commission Européenne

Après les dégâts physiques et économiques de la Deuxième Guerre Mondiale sur le territoire français, l'État doit prendre en charge la reconstruction du réseau énergétique national. C'est pourquoi en 1966, les **deux monopoles d'État** *EDF* et *GDF* sont créés pour assurer la production, le transport, la distribution et la commercialisation de l'électricité et du gaz sur l'ensemble du territoire. Après le premier choc pétrolier de 1973, l'État qui contrôle alors le secteur de l'Énergie décide stratégiquement d'orienter le pays vers l'**énergie nucléaire** afin d'assurer l'indépendance énergétique de la France (Direct Énergie, 2011).

Alors que la construction européenne débute dès la fin de la Deuxième Guerre Mondiale, c'est en 1986 avec la signature de l'Acte Unique Européen qu'est officialisée la volonté de création d'un « marché unique » européen à l'horizon 1993 (Vie Publique, 2015). Seulement, la mise en oeuvre de ce **marché unique** où les hommes, les marchandises, les services et les capitaux circulent librement sans entraves est mise en difficulté par des réalités nationales. Notamment en France où les services publics, tels que le sont à cette époque les services énergétiques, refusent de s'ouvrir à la concurrence européenne.

C'est pourquoi il faut attendre 1996 et 1998 pour voir les deux premières directives européennes visant à organiser l'ouverture des marchés de l'électricité et du gaz à la concurrence européenne. Progressivement transposées en droit français, ces directives permettent l'ouverture progressive des marchés (Vie Publique, 2015):

- 1999 - 2004 : ouverture progressive des marchés de l'électricité et du gaz pour les entreprises et les collectivités territoriales. En 2004, toutes les entreprises et collectivités territoriales peuvent librement choisir leurs fournisseurs d'électricité et de gaz ;
- 2007 : ouverture de ces mêmes marchés aux particuliers.

Les directives européennes impliquent également la **séparation juridique des activités** de production/commercialisation et des activités de transport et distribution de l'Énergie. C'est la raison pour laquelle les deux groupes historiques *EDF* et *GDF* se scindent peu à peu (Vie Publique, 2015):

- *EDF* et *GDF* se cantonnent à la production d'électricité et de gaz ainsi qu'à leur commercialisation ;
- *RTE*, créé en 2000, et *GRTgaz*, créé en 2005, s'occupent du transport de l'électricité et du gaz sur tout le territoire ;
- Et enfin *ERDF* et *GrDF*, tous deux fondés en 2008, assurent la distribution en électricité et en gaz de la majeure partie du territoire français.

2. Les Objectifs de la libéralisation du marché de l'Énergie européen

On distingue trois objectifs majeurs de la libéralisation du marché de l'Énergie à l'échelle européenne (Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2014).

Retombées économiques positives

L'objectif premier de l'ouverture à la concurrence européenne du marché de l'énergie est la création du "marché unique" voulu lors de l'Acte Unique Européen de 1986. Ce marché unique à l'échelle européenne serait un marché optimal où la concurrence, dans une logique économique libérale, viendrait faire pression à la baisse sur les prix. Les citoyens européens consommeraient alors une énergie meilleure marché, et les entreprises de l'Énergie seraient amenées à innover afin de dégager des marges qui se réduisent du fait de la pression concurrentielle.

Sécurisation de l'approvisionnement énergétique

La création d'un marché unique intégré à l'échelle européenne permet de sécuriser l'approvisionnement en ressources énergétiques pour l'Europe. C'est donc également un enjeu stratégique très important dans un contexte où la demande énergétique mondiale tend à surpasser les capacités de production. Sans approvisionnement énergétique sûr et à prix relativement bas, l'économie européenne ne peut fonctionner correctement.

Développement durable

Adopté en 2008 et révisé en 2014, le "paquet énergie-climat" a fixé pour l'Union Européenne des objectifs écologiques ambitieux pour 2030 :

- Une réduction de 40% des émissions de CO₂ par rapport aux niveaux de 1990 ;
- Atteindre 27% d'énergie consommée d'origine renouvelable ;
- Réduire de 27% notre consommation énergétique en améliorant l'efficacité énergétique (faire plus avec moins) par rapport aux niveaux de consommation de 1990.

Pour réaliser ces objectifs, l'Europe a besoin d'une politique énergétique unifiée qu'il est plus facile de concrétiser sur un marché européen unifié. Mais c'est surtout via un **réseau énergétique intégré** au niveau européen que les objectifs de développement durable seront atteints. En effet, l'énergie d'origine renouvelable* est une énergie produite par intermittence (on ne peut en planifier la production) et difficilement stockable. Il en résulte qu'une zone géographique en Europe peut ne pas consommer un surplus de production énergétique qui se retrouve donc perdu.

Imaginons par exemple que la Bavière, en Allemagne, connaisse un épisode climatique très venteux et se retrouve avec un surplus d'énergie éolienne qu'elle ne peut consommer. Or, dans la même période, l'Autriche (limitrophe à la Bavière), connaît une forte demande en électricité qu'elle ne peut satisfaire avec sa production domestique et se voit donc dans l'obligation d'importer du gaz russe. On comprend bien ici l'enjeu central de l'intégration européenne du réseau

LE ENTSO-E ET ENTSO-G ?

Acronymes pour European Network of Transmission System Operators for Electricity – Gaz, est une association représentant les 41 gestionnaires de réseau de transport d'électricité et 43 de gaz européens (ENTSOE, 2015). L'objectif de cette association européenne est de promouvoir la collaboration entre les gestionnaires de réseau de transport d'énergie à travers l'Europe dans l'optique d'une libéralisation du marché. Directement en lien avec les directives européennes concernant l'énergie, ces deux associations ont deux missions principales : l'intégration au réseau des sites de production d'énergies d'origine renouvelable et la réalisation concrète d'un marché unique de l'énergie en Europe. En étroite collaboration avec la Commission Européenne, ces associations produisent des rapports dressant l'état des lieux du réseau énergétique européen et proposent solutions et plans de transformation de ce réseau pour remplir les objectifs de libéralisation énergétique et environnementaux de l'Europe.

pour les énergies alternatives. La Bavière pourrait exporter son énergie verte à l'Autriche qui n'aurait plus besoin d'importer de gaz russe.

C'est dans cette optique et portée par ce mouvement d'intégration européenne du réseau énergétique qu'a été inaugurée en février 2014 **la ligne à très haute tension franco-espagnole** dans les Pyrénées (Noémi Marois, 2015). L'objectif de cette ligne est de sécuriser l'approvisionnement de ces deux pays qui disposent d'une demande complémentaire. En effet, le pic journalier de consommation en Espagne a lieu à 21h, 2 heures après le pic français de 19h. Quant au pic annuel de consommation, il a lieu en plein été lorsque les climatiseurs tournent à plein régime, alors que c'est en plein hiver que le pic annuel français a lieu, période à laquelle la consommation de chauffage augmente fortement. En bref, les caractéristiques de la demande espagnole en font un très bon client pour les producteurs d'électricité français et inversement. Cette nouvelle ligne va donc largement favoriser les échanges d'énergie entre les deux pays, et c'est surtout les producteurs d'énergies d'origine renouvelable qui vont en profiter. En effet, cela leur offre un débouché supplémentaire lorsque l'offre énergétique dépasse la demande domestique. Dès à présent, l'Espagne et la France ne seront sûrement plus contraintes d'arrêter leurs éoliennes et panneaux solaires* lorsqu'ils dégagent des surplus de consommation.

Dans cet exemple, les trois objectifs ci-dessus sont concernés :

- **Consommer plus européen** et produire plus européen implique une création de valeur à l'intérieur de la zone Europe et intensifie également les relations commerciales en son sein. La balance commerciale européenne (exportation de biens/services - importation de biens/services) se rééquilibre ;
- **L'approvisionnement énergétique est sécurisé**, les échanges se font entre partenaires européens et non plus avec des partenaires extérieurs qui peuvent utiliser la dépendance énergétique à des fins politico-diplomatiques (Cf. La menace russe de couper l'approvisionnement en gaz) ;
- **Des émissions de CO2 sont évitées** en substituant l'énergie éolienne au gaz naturel.

3. Un impact de la politique européenne qui reste à relativiser en France...

Les objectifs de libéralisation du marché de l'Énergie en Europe sont mis à mal au regard des résultats obtenus depuis le lancement des directives européennes (Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2014) :

- Les **prix finaux** de l'électricité pour les consommateurs résidentiels, tertiaires et industriels **augmentent**, d'environ 27% entre 2008 et 2013, du fait du prix de production plus élevé des énergies d'origine renouvelable qui croissent dans le mix énergétique* européen. Les secteurs industriels perdent de leur compétitivité, avec un risque important de délocalisation, et les consommateurs résidentiels sont confrontés à une plus grande précarité énergétique ;
- La **sécurité d'approvisionnement est menacée**. Les aides et subventions à la création d'unités de production d'énergies d'origine renouvelable ont abouti à une surcapacité chronique de production énergétique sur le territoire européen. Les centrales électriques à cycle combiné gaz sont de plus en plus menacées de fermeture par manque de rentabilité : utilisées de plus en plus par intermittence uniquement, lorsque les énergies d'origine renouvelable font défaut. Or, la menace de fermeture de ces centrales augmente la précarité énergétique d'une Europe qui fonde de plus en plus son système énergétique sur des énergies d'origine renouvelable intermittentes.
- Enfin, l'exploitation du gaz de schiste aux États-Unis a conduit à une forte baisse de la demande mondiale de charbon, et donc à une forte baisse de son prix. Si bien, qu'il devient de plus en plus **intéressant de substituer le charbon au gaz** dans la production énergétique européenne, bien que cette énergie primaire soit bien plus carbonée.

En outre, la libéralisation du marché de l'Énergie est lente. Bien que le nombre de fournisseurs d'énergie ait augmenté en France, nous restons sur un marché fortement monopolistique où *EDF* produit toujours près de 80% de l'électricité française. Cette libéralisation structurelle du marché européen prendra donc beaucoup de temps et devra faire face à de nombreux défis nationaux.

II. LES MUTATIONS ENGENDRÉES PAR L'AVÈNEMENT DU BIG DATA SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR



A. DÉFINITION DU BIG DATA

En 2011, l'étude « *Big Data: The next frontier for innovation, competition and productivity* », publiée par **McKinsey**, définissait le big data comme les difficultés de gestion des fichiers de données dont la taille est devenue trop importante pour la capacité à capturer, stocker, gérer et analyser des banques de données classiques. Dans sa définition même cette notion est appelée à évoluer du fait de l'absence de spécification du seuil (en terabytes) à partir duquel un fichier de données devient trop volumineux pour être traité.

Auparavant, en 2001, face à l'ampleur que prenait la donnée numérique avec l'avènement d'internet, l'analyste **Douglas Laney**, du cabinet américain *Gartner*, avait développé une grille de lecture du big data dans l'article « *3D data Management : Controlling data Volume, Velocity and Variety* ».

Le premier V de la grille est le **Volume**. En effet, de l'utilisation massive de l'outil internet découle la création et l'échange massif de données. Cette tendance est accentuée par les perpétuelles évolutions technologiques ainsi que la disposition des internautes au partage des informations. Cette production exponentielle de données fait passer leur volume d'une unité à l'autre, c'est à dire des terabytes (1 000 gigabytes) aux zettabytes (1 milliard de terabytes), et pose donc la problématique du stockage de celles-ci.

Le second V de la grille est la **Variété**. Effectivement, les données numériques proviennent désormais de différentes sources, sont disponibles sous différents formats et peuvent également être combinées les unes avec les autres pour en former de nouvelles. En outre, le big data marque le passage des données uniquement structurées à des données structurées et non-structurées, dont il faut apprendre à tirer le maximum de profit. Pour les entreprises, cette variété des données soulève la question de leur valorisation dans l'optique de proposer aux clients des offres ou réponses plus adaptées et donc de favoriser la maximisation des revenus.

Le troisième V est la **Vélocité**. À ses débuts, la donnée numérique était stockée dans un premier temps puis analysée à posteriori sous forme de reporting (couvrant une période passée plus ou moins longue). Désormais, la donnée est intégrée et analysée alors même qu'elle est en mouvement, on parle alors de traitement de l'information en temps réel. Le « *Real Time Bidding* » (allocation d'un espace publicitaire numérique et de son prix à un annonceur en fonction de nombreux critères temporels comme le trafic sur le site à un instant t) est une application concrète de ce traitement de la donnée en temps réel.

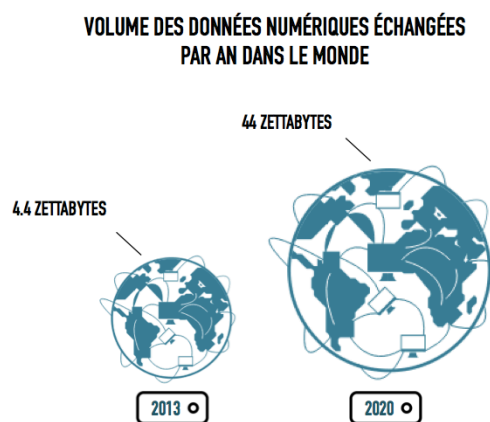


1. Les facteurs d'émergence du big data

L'émergence du big data est premièrement due à l'évolution de certaines composantes du **paysage technologique**.

Effectivement, du fait de la généralisation de l'utilisation de l'outil internet et de son renforcement, les deux dernières décennies ont été marquées par une **massification sans précédent des échanges de données**, quelle que soit leur format (vidéo, texte, son ou image).

Le cabinet américain EMC² a publié son dernier rapport à ce sujet en 2014, sous le titre de « *The Digital Universe of Opportunities* ». Le volume de ce qui est appelé l'« Univers Digital », correspondant à l'ensemble des données créées et copiées chaque année, double actuellement tous les deux ans. Ainsi, en 2020 il devrait atteindre les 44 zettabytes (équivalent à 44 000 milliards de gigabytes) alors qu'en 2007 il ne représentait que 4,4 zettabytes. En 2013, 85% de cet univers était généré uniquement par des entreprises. La même année, seulement 22% des données de cet univers étaient analysables mais uniquement 5% ont été effectivement analysées. D'ici 2020, on devrait atteindre les 35% de données analysables, notamment du fait de la croissance des informations provenant des systèmes intégrés. En effet, ces données produites par l'Internet of Things (internet des objets) ne représentent que 2% de cet « Univers Digital » et devraient atteindre les 10% en 2020. Dans son étude, EMC² a recensé 40 types d'appareils digitaux aujourd'hui en mesure de transmettre de l'information venant augmenter l'ensemble de ces données (EMC2, 2014).



L'évolution des systèmes de stockage et l'avènement du **Cloud Computing*** nourrissent également l'émergence du big data. En effet, le Cloud Computing permet l'émergence d'un environnement informatique (n'ayant aucune limitation spatiale ou géographique) regroupant tout un ensemble de données parmi lesquelles il est possible de puiser en fonction de ses besoins. La facilité et la rapidité d'accès à ces ressources ont fortement augmenté ces dernières années. Aujourd'hui les entreprises et grandes organisations ont donc de plus en plus recours à cette technologie dans la gestion informatique de leurs projets. Ainsi, les bénéfices du Cloud Computing sont nombreux et non négligeables : plus d'efficacité, plus d'agilité, plus de flexibilité, plus de rentabilité (par rapport à des espaces de stockage privés de la donnée numérique), plus de productivité des personnels informatiques, plus d'économie de ressources (la clarté du système permet l'identification de zone de réduction de gaspillage et donc de réduction des coûts), plus de retour sur les investissements informatiques, meilleure protection des données à caractère sensible.

La structuration des données a également induit des changements non négligeables favorisant le développement du big data. Le passage au **NoSQL** (Not only Structured Query Language) s'est notamment imposé à partir de 2010. Il marque la fin de l'architecture classique des bases relationnelles et le passage à une gestion simplifiée donc plus adaptée aux systèmes géants. Il a d'abord été adopté par les colosses d'internet : *Google*, *Amazon*, *Facebook* et *Ebay*. Il permet de répondre à la double problématique de l'augmentation constante des données stockées par les utilisateurs, les objets et les produits, couplée à l'augmentation de la fréquence des demandes d'accès à ces données. Le NoSQL est construit pour assurer une nouvelle dimension et une nouvelle flexibilité aux bases de données, et est fondé sur une architecture évolutive alors que les anciennes architectures étaient expansives.

Ces trois évolutions majeures associées à une amélioration des techniques d'analyse et de visualisation des données sont les facteurs de l'émergence du big data dans sa composante technologique. Néanmoins des **facteurs humains et culturels** sont également à prendre en compte.

Les évolutions des mentalités et des sociétés sont effectivement à prendre en compte dans le phénomène du big data. En effet, les sociétés profitant d'une large couverture internet sont devenues plus enclines au partage d'informations, aux nouveaux usages liés aux objets connectés et aux interfaces digitales ainsi qu'aux nouvelles solutions de monétisation. C'est parce que les utilisateurs, individuels comme professionnels, participent à ces échanges et utilisent des systèmes connectés, quelle que soit leur nature, que le volume et la complexité des données échangées augmentent de manière significative. Le monde entier n'étant pas encore entièrement équipé et les innovations technologiques liées au digital fleurissant, les données numériques sont amenées à augmenter de manière exponentielle dans les années à venir. Aujourd'hui, on compte près de 3,2 milliards d'utilisateurs internet dans le monde, ce qui équivaut à un taux de couverture de seulement 43%. En outre, alors qu'aujourd'hui les économies développées sont les productrices majeures de données numériques, cette tendance est amenée à s'inverser dans les années à venir. En 2020, les marchés émergents pourraient produire 60% des données numériques alors qu'ils n'en produisaient que 20% en 2010 (EMC2, 2014).

Le flux croissant de ces données numériques échangées soulève aujourd'hui la question de **politiques de données** au sein de plusieurs sphères :

- privée : du point de vue du consommateur, puisque les marques peuvent potentiellement avoir accès à un spectre de plus en plus large de leurs informations personnelles ;
- sécuritaire : du point de vue de l'entreprise et des institutions, puisqu'il s'agit de protéger les données numériques auxquelles un concurrent ou ennemi pourrait tenter d'accéder ;
- de la propriété intellectuelle : du point de vue de l'entreprise et du créateur/réalisateur, puisque les données numériques peuvent être parfaitement copiées, utilisées en les combinant à d'autres données, ou même utilisées simultanément par plusieurs utilisateurs ;
- morale : puisque la facilité d'accès à la donnée simplifie son utilisation à des fins malhonnêtes).

Mais ces éléments seront discutés plus en détail en partie IV.

2. Les données et la création de valeur

On peut différencier deux types de données formant le big data. Les premières sont les **données dites d'entreprises** qui comprennent emails envoyés et stockés, documents sous différents formats, bases de données, historiques de processus. Ces données peuvent être **structurées ou non-structurées**. Les structurées sont les données dont l'ensemble des valeurs possibles est prédéterminé, alors que celui des données non-structurées ne peut l'être. Prenons l'exemple d'un questionnaire, les réponses fermées (oui/non, homme/femme...) sont considérées comme des données structurées alors que les réponses ouvertes sont considérées comme des données non-structurées. Concrètement tous les supports de type pages de site internet, article de blog, plateformes collaboratives sont des données non-structurées et nécessitent un traitement plus élaboré que les données structurées. Viennent ensuite les **données dites « non entreprises »** qui sont les contenus échangés ou publiés, les historiques de navigations et les recherches, ainsi que les données transmises par les objets connectés.

Ces données numériques, dont la complexité augmente du fait de leurs divers supports, formats ou structures, ont fait émerger la nécessité d'une nouvelle science des données puisqu'elles requièrent une analyse plus sophistiquée. On parle d'**Advanced Analytics**. Le principe est de tirer parti du très large volume de données numériques et de sa très grande diversité pour chercher des « signaux faibles » (éléments d'importance mineure en apparence qui témoignent pourtant d'une tendance structurelle au changement). Ces signaux doivent faire l'objet d'une écoute attentive et anticipative, afin de réaliser les bons choix prospectifs. Appliqué aux entreprises, l'Advanced Analytics recouvre l'utilisation intensive de la donnée au travers des techniques d'analyses statistiques et quantitatives

ainsi que des modèles explicatifs et prédictifs. Ces modèles facilitent et rendent plus stratégiques la prise de décision, les méthodes de management ou la création de valeur. Dans le cadre professionnel, la tendance est donc aujourd'hui à une prise de décision de plus en plus fondée sur une analyse quantitative, même pour des décisions touchant à l'humain. En effet, cette analyse poussée permettrait la construction de modèles précis et prédictifs de l'environnement dans lequel évolue une entité. Le big data, au-delà de sa définition première, c'est donc bien la donnée numérique qui devient mode de décision, créatrice de valeur et de stratégie au travers de son traitement.

Dans l'étude « *big data: The next frontier for innovation, competition and productivity* » publiée par **McKinsey**, cinq façons de créer de la valeur grâce au big data sont mises en avant.

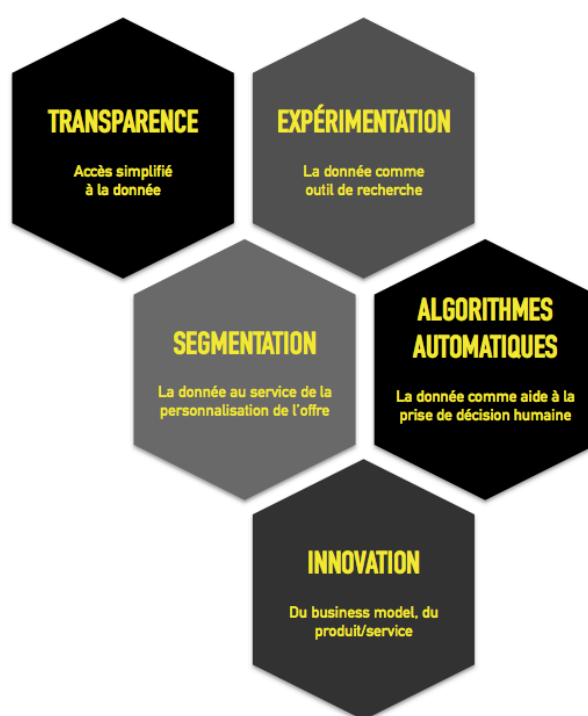
La première est la **Transparence**, à savoir que rendre l'accès au big data plus simple et plus transparent permet de gagner en qualité de recherche et en efficacité. Concrètement, une entreprise a tout intérêt à rendre possible et simple l'accès à des informations pouvant servir à plusieurs départements pour augmenter l'efficacité de ses employés dans leur travail d'analyse au quotidien.

La seconde est l'**Expérimentation**, c'est à dire que le big data peut être un outil de recherche s'il est utilisé dans un cadre contrôlé et préalablement réfléchi. Il permettrait de mettre le doigt sur la cause de phénomènes jusqu'ici non expliqués : besoins changeants du consommateur, variabilité du volume de demande... L'identification et l'anticipation de ces causes offrent à l'entreprise la possibilité d'une adaptation à ces phénomènes afin d'améliorer les rendements à long terme.

La troisième est la **Segmentation** au service de la personnalisation. Segmenter une population de consommateurs, très rigoureusement et à l'aide de critères hautement spécifiques, permet de personnaliser un produit ou service pour qu'il réponde aux besoins spécifiques d'une ou plusieurs catégories de clients. La micro-segmentation en temps réel en est une application. Elle permet de cibler les bons consommateurs au bon moment avec des promotions et publicités adaptées. Cette méthode de segmentation avancée est aujourd'hui maîtrisée dans les domaines du marketing et de la gestion des risques mais pas dans les autres domaines de l'entreprise, c'est donc un challenge auquel celle-ci doit faire face.

La quatrième est l'utilisation d'**Algorithmes Automatiques** pour la prise de décision. Comme vu ci-dessus, la question de l'amélioration potentielle de la prise de décision humaine se pose aujourd'hui et le recours à des algorithmes sophistiqués est une solution envisagée pour palier certains manques du processus décisionnaire humain. L'objectif étant de minimiser les risques associés à une prise de décision et d'utiliser des informations parfois oubliées ou mises de côté (parce que trop anciennes, trop secondaires ou connues seulement d'autres acteurs) mais qui doivent être pesées dans le processus de décision.

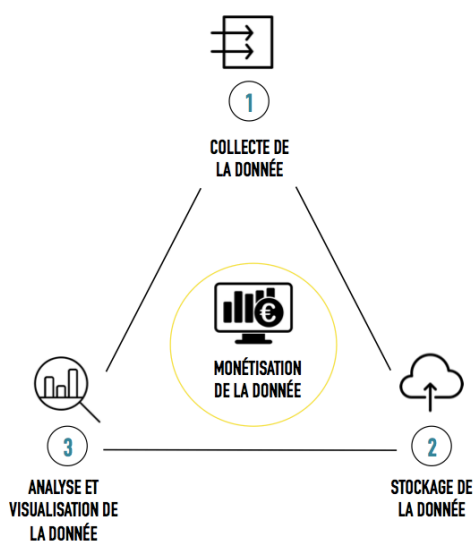
La cinquième et dernière est l'**Innovation** par le big data appliquée aux Business Model, comme aux produits ou aux services. Elle peut prendre diverses formes et avoir un impact plus ou moins important. Ce peut donc être une amélioration du produit ou du service existant ou bien être une véritable création d'un nouveau produit ou service. L'innovation peut également avoir lieu à d'autres étapes de la vie d'un produit ou service, notamment lors de son utilisation après achat. Le développement de services après-vente plus adaptés et créateurs de valeur est une problématique à



laquelle les entreprises doivent répondre (McKinsey, 2011). Nous traiterons le bouleversement des Business Model par le big data en partie III.

3. Enjeux et promesses pour les entreprises

L'avènement du big data comprend des promesses pour les entreprises, quels que soient leur secteur d'activité, leur situation géographique ou même leur taille. Trois axes principaux d'évolution peuvent être soulignés : l'expérience client, l'optimisation des processus et de la performance opérationnelle ainsi que le renforcement ou la diversification des Business Model.



Tout d'abord, dans le cas où elles ne l'auraient pas encore mis en place, les entreprises vont toutes devoir développer dans un futur très prochain une chaîne de valorisation de la donnée.

Trois composantes constituent cette chaîne de valorisation. La première est la **collecte des données** qui peuvent provenir de multiples sources et prendre de multiples formes. Ces informations récoltées ne proviennent pas uniquement de l'entreprise elle-même mais aussi de l'extérieur, de son environnement. En effet, la collecte des données se fait également auprès des consommateurs, des fournisseurs et des opérateurs. Aujourd'hui, les entreprises doivent faire face à des échanges toujours plus massifs de ces données, en leur sein mais aussi avec l'extérieur, et ce de manière automatisée. La seconde composante est le **stockage des données**, qui peut désormais être géré grâce à la

solution Cloud qui est plus flexible et moins coûteuse lorsqu'il s'agit de traiter des gros volumes de données. La dernière composante est l'**analyse et la visualisation des données** qui passe par l'utilisation généralisée des Advanced Analytics, développés ci-dessus, et de la *Visualisation de Données*, appelée dataViz. La dataViz regroupe l'ensemble des techniques de représentation graphique et visuelle de données quantitatives afin de les rendre plus parlantes lorsque leur lecture pure est complexe. Visuellement claires les données deviennent une aide à la prise de décision (Data Business, 2014).

Une fois ces trois composantes maîtrisées, les entreprises peuvent mettre en place des systèmes de monétisation de leurs données qui jusque-là n'avaient pas été exploitées. Notamment lors de l'interaction avec ses clients, une entreprise peut créer des « exhaust data », c'est à dire des données qui peuvent potentiellement devenir des produits pour d'autres entreprises qui souhaiteraient les acheter pour compléter leurs banques de données et donc faire évoluer leurs analyses.

Appliquée aux secteurs du gaz et de l'électricité en France, l'intégration du big data est l'enjeu clé de l'optimisation énergétique, managériale et organisationnelle. Son utilisation nous semble être indispensable à la survie d'une entreprise à l'avenir. Véritable « poche valeur » jusqu'à présent non exploitée, le big data, s'il est intégré dans sa globalité et bien utilisé, permettra aux acteurs qui l'utilisent avec excellence de se différencier des autres sur le marché. Pour en arriver là, les entreprises du secteur doivent nécessairement déployer de nouvelles technologies (qu'il s'agisse de stockage, d'informatique, de logiciels) et de nouvelles techniques (comme de nouveaux systèmes d'analyse ou de visualisation). Elles doivent également travailler à la mise en place d'un accès simplifié à la donnée, lorsqu'elle vient de l'extérieur. L'intensité concurrentielle s'étant fortement accrue dans le secteur de l'Énergie depuis l'ouverture du marché en 2007, la transition vers les modèles big data devrait dès à présent s'accélérer.

B. LES DIFFÉRENTS DOMAINES ACTUELS ET À VENIR DE TRANSFORMATION DIGITALE DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE

1. Au sein des centres de production

Aujourd'hui, il n'existe pas encore d'installation digitale révolutionnaire s'adaptant aux centres de production d'énergie conventionnelle, permettant d'en équilibrer l'activité le plus efficacement possible selon l'écart entre production et consommation à un instant précis.

On recense cependant de nouvelles technologies adaptées à la production d'énergies d'origine renouvelable, qui reste une production à plus petite échelle.

La SmartFlower – Panneau solaire intelligent



smartflower™



Il est en effet possible aujourd'hui d'équiper des habitations individuelles de panneaux solaires intelligents. C'est le cas de la *SmartFlower*, produite par la société autrichienne éponyme et distribuée en France depuis février 2015 par EDF-ENR exclusivement. Elle est formée de 18 pétales, eux-mêmes équipés de 40 cellules photovoltaïques, ce qui permet à l'équipement d'atteindre une puissance totale de 2,31 kWc. Équipée d'un traqueur solaire, la fleur se déploie dès le lever du soleil et suit ensuite ses rayons tout au long d'une journée, l'objectif étant de maximiser la production d'énergie solaire quotidiennement. La nuit la fleur se replie automatiquement. Le système est également équipé d'une mise en position de sécurité en cas de vent trop violent.

Les bénéfices sur la production par rapport à des panneaux solaires classiques d'une puissance équivalente s'élèveraient à 30%. La *SmartFlower* se distingue sur le marché puisqu'elle est

commercialisée comme un « système clé en main », ou « plug and play ». Il suffit de brancher la fleur au compteur électrique de la maison pour qu'elle fonctionne et de la débrancher en cas de déménagement. L'entreprise autrichienne a donc fait le choix de créer un produit innovant grâce à une technologie Smart qui améliore les rendements du panneau solaire mais aussi de se différencier radicalement sur le marché en proposant pour la première fois aux consommateurs un équipement hors toiture au design élégant et moderne. La *SmartFlower* s'introduit donc dans la gamme des objets intelligents dernier cri et a pour but de toucher dans un premier temps une population de consommateurs à hauts revenus (elle est actuellement vendue au prix de 20 000 euros en France), sensibles à la production d'énergie de source renouvelable et en quête de produits modernes et design.

kW / kWh / kWc ?

Le kilowatt ou kW exprime la puissance électrique. Un watt correspond donc à la puissance d'un système énergétique dans lequel est transféré uniformément une énergie de 1 joule pendant 1 seconde. Ainsi :

$$1 \text{ W (puissance)} = 1 \text{ J (énergie)} / 1 \text{ s (temps)}$$

Le kilowattheure ou kWh exprime l'énergie consommée. Un kilowattheure correspond donc à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'1 kW qui a fonctionné pendant 1 heure.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ mégajoules}$$

Le kilowatt crête ou kWc exprime la puissance dans des conditions standards. La **puissance crête** d'un système photovoltaïque correspond à la puissance électrique délivrée par ce même système dans des conditions standards d'ensoleillement (1000 W/m²), de température (25°C) et de standardisation du spectre de la lumière (AM 1,5).

(Énergie Facteur 4, 2014)

EDF-ENR commercialise la *SmartFlower* associée à un système de suivi, le *SoleilenLigne*. Ce système permet de suivre la production d'énergie solaire en temps réel ainsi que la consommation en électricité de toute la maison. L'interface propose également des conseils personnalisés afin de réduire au maximum la consommation énergétique de la résidence équipée (EDF ENR, 2015).

La GE 2.5-120 – Eolienne intelligente

Des systèmes intelligents commencent également à être intégrés aux éoliennes. Le dernier modèle commercialisé par *General Electric*, la *GE 2.5-120* en est équipée. Sa capacité est supérieure de 15% aux modèles précédents et atteint 2,5MW, c'est à dire qu'elle est capable d'alimenter l'équivalent de 1 000 foyers en électricité. Les premiers tests ont été réalisés en Allemagne, à Rehborn, dans l'objectif d'alimenter en électricité éolienne 30 000 foyers.



L'intérieur du rotor*, c'est à dire l'hélice de l'éolienne, est équipé de 120 capteurs qui sont placés sur les différents composants (le générateur, les ailes des turbines, les surfaces internes). Ces capteurs relèvent les données en temps réel qui sont ensuite analysées par *General Electric* afin de pouvoir maximiser la vitesse de rotation des ailes en modifiant leur angle. Ces points de captage de l'information sont couplés à des algorithmes avancés de prévision ce qui permet d'augmenter la performance, d'autant plus que ces éoliennes peuvent communiquer entre elles, et donc rendre possible une gestion globale du système. Ainsi, c'est la première éolienne capable de produire de l'électricité en cas de vent faible.

De plus, ce modèle peut être commercialisé avec une hauteur plus élevée qu'auparavant pour s'adapter à des milieux boisés par exemple, mais surtout parce que plus on s'élève au-dessus du sol plus le vent est fort et donc permet de produire de l'énergie.

Adaptée par *General Electric* à des parcs éoliens de grande envergure, la *GE 2.5-120* démontre la réalité des gains énergétiques des équipements grâce à leur gestion intelligente, c'est-à-dire en lien avec leur environnement (passé, présent et futur) mais aussi de manière globale au sein du système de production (GE, 2015).

2. Sur les réseaux de distribution avec la problématique du Smart Grid

a. Définition et enjeux du Smart Grid

Le terme de Smart Grid apparaît pour la première fois en 2005 dans un article d'**Amin et Wollenberg** « *Toward a smart grid: power delivery for the 21st century* ».

La notion de **Smart Grid** fait référence au système électrique intelligent de demain. Ce réseau a pour objectif de répondre aux deux grandes mutations, actuelles et à venir, de la structure électrique.

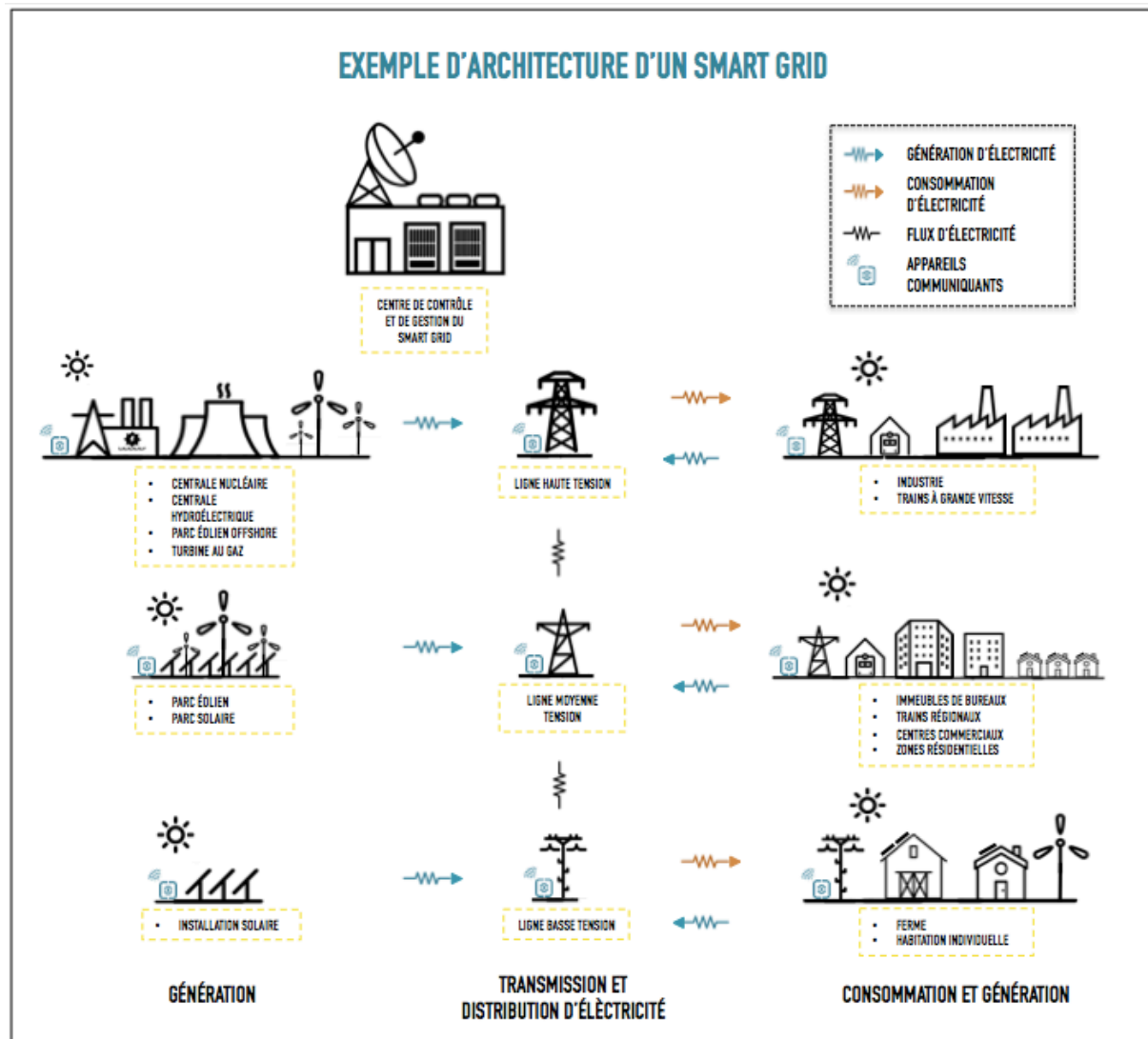
La première mutation touche à la double évolution de la production des fournisseurs et de la consommation des clients, qui est liée à la dérégulation opérée sur le marché de l'énergie en France depuis 2000. En effet, un marché dérégulé proposant une diversité d'offres a pour conséquence une augmentation de l'exigence des consommateurs. De ce fait, le secteur de l'Énergie devient plus concurrentiel et les acteurs du marché se voient dans l'obligation de modifier leur positionnement.

La seconde mutation est liée à l'émergence de la production d'énergie d'origine renouvelable. Le modèle-même de ces systèmes de production les cantonne à l'heure actuelle à une production

décentralisée et aléatoire quand jusqu'alors le réseau se fondait sur une production centralisée et quasi-permanente. En outre, il est désormais possible de produire sa propre énergie d'origine renouvelable sur son lieu de résidence. A l'aide du Smart Grid, le consommateur devrait devenir à terme un véritable acteur de sa consommation et de sa production d'énergie. Par conséquent, l'objectif est de passer d'un système « simple et centralisé » à un système « complexe et décentralisé ». Pour cela, le Smart Grid doit être construit comme la combinaison du réseau électrique actuel, des nouvelles technologies de l'information et de la communication ainsi que des solutions de gestion intelligentes de l'électricité.

b. Construction d'un Smart Grid

Trois types de composants participent à la construction d'un Smart Grid. À la base du système se trouve les équipements de transmission de l'électricité qui peuvent être les lignes électriques et les transformateurs. À partir de ces équipements de transmission est édifiée une architecture de communication (composée de plusieurs installations technologiques) qui permet la collecte de données depuis les différents capteurs installés sur tout le réseau. Enfin viennent s'y greffer les applications et services qui fonctionnent en temps réel grâce aux données fournies par l'architecture de communication. Ces applications et services peuvent d'une part permettre une action du côté de la génération d'électricité (augmentation ou diminution de la production en fonction de la demande, ou changement de la source de production) et d'autre part permettre une intervention auprès du consommateur (surveillance ou intervention à distance, proposition de période d'effacement, suivi de la consommation).



c. Expérimentation d'un Smart Grid : le projet Greenlys

Le projet *GreenLys* est l'**expérimentation grandeur nature** d'un Smart Grid au sein d'un grand nombre de foyers et entreprises des villes de **Lyon** et **Grenoble**. Le projet a été lancé en 2012 et aura permis la construction d'une véritable vitrine technologique (d'un réseau électrique urbain du futur) à sa clôture en 2016. Le fonctionnement du réseau électrique intelligent y est testé dans sa globalité. 43 millions d'euros auront été investis sur les quatre ans de l'expérimentation.

Cette mise en pratique à taille réelle a été rendue possible grâce à la coopération **d'entreprises stratégiques** du secteur. On compte parmi elles *ERDF*, qui est le coordinateur stratégique du projet, et qui œuvre en faveur d'un système global rendu possible par son compteur intelligent *Linky*. *Engie* pour sa part enrichit les réflexions sur l'élaboration de nouvelles offres spécifiques. *Gaz Électricité de Grenoble (GEG)* producteur, distributeur et fournisseur sur la zone, apporte une expertise locale et transversale. *Grenoble INP (Institut Polytechnique de Grenoble)* fournit la dimension scientifique et académique au projet via son laboratoire *G2ELAB* (élaboration

d'outils de simulation et d'une plateforme Smart Grid : *Predis*). Enfin, *Schneider Electric* contribue d'une part au projet en fournissant des solutions de pilotage et d'observabilité du réseau, et d'autre part en fournissant sa box *Wiser* aux foyers tests.

WISER



Schneider
Electric

La Box Wiser de Schneider Electric a été lancée en France en 2014, elle permet le pilotage à distance de la température d'un foyer, pièce par pièce. Elle se connecte à tous les appareils électroniques du foyer (smartphone, tablette ou ordinateur) pour une prise en main par tous.

Elle s'adapte aux systèmes de chauffage neufs comme anciens. Grâce à son installation, Schneider Electric promet une diminution de la facture énergétique pouvant atteindre les 30%. Son prix de vente est de 330€ ce qui la rendrait rentable après deux ou trois ans d'utilisation.

(Schneider Electric, 2014)

LINKY

Linky est un compteur d'électricité de nouvelle génération, appelé compteur communicant, c'est à dire capable de recevoir des ordres et d'envoyer des données sans l'intervention d'un technicien. Son utilisation devrait être généralisée à l'échelle nationale d'ici 2021, avec près de 35 millions de compteurs remplacés.

Le système repose sur les Courants Porteurs en Ligne (CPL), c'est à dire qu'un réseau informatique passe par les réseaux électriques existant et permet la transmission et la réception des données par le compteur.

Linky offre des services innovant tels que la relève automatique de la consommation, l'adaptation de la puissance du compteur à distance, le suivi de la consommation en ligne pour une meilleure maîtrise de celle-ci, la proposition de nouvelles offres énergétiques plus adaptées. Il est également possible de connecter le compteur à des objets de la maison afin de les piloter à distance et d'en comparer la consommation.

(ERDF, 2014)



Partenaire
Linky
par
ERDF
L'ÉLECTRICITÉ DU NOUVEAU

d'outils de simulation et d'une plateforme Smart Grid : *Predis*). Enfin, *Schneider Electric* contribue d'une part au projet en fournissant des solutions de pilotage et d'observabilité du réseau, et d'autre part en fournissant sa box *Wiser* aux foyers tests.

À l'occasion, plusieurs centaines de Points de Livraison d'électricité (qu'ils soient dans des foyers, des résidences secondaires, ou des entreprises) ont bénéficié d'une mise en place en avant première d'un **compteur intelligent Linky** ainsi que d'équipements connectés (comme la box *Wiser*), pilotables depuis tablettes, ordinateurs ou smartphones. Ces appareils connectés sont couplés au **portail d'informations GreenLys** qui permet de suivre la

consommation d'électricité par zone ou par usage, mais aussi de programmer des alertes (fonctionnement ou consommation).

Pour ce qui est des consommateurs individuels, cette plateforme met en place un véritable **accompagnement personnalisé** pour la maîtrise de la consommation d'énergie, le test d'offres tarifaires incitatives, les effacements de consommation programmés et volontaires.

En outre, une solution spécifique pour les **clients tertiaires** a été mise en place exclusivement pour le projet. Elle est fondée sur la maîtrise intelligente de l'énergie par le consommateur et introduit un nouveau terme pour définir celui-ci : « prosumer ». Avec cette nouvelle solution apparaît un nouvel acteur au sein du système électrique appelé « l'agrégateur », qui travaille en lien avec le gestionnaire de réseau et le transporteur d'électricité. Son rôle est **d'activer les effacements** de consommation et de solliciter les énergies d'origine renouvelable disponibles sur le réseau électrique lorsqu'il est justifié d'y avoir recours. L'objectif étant de garantir une réduction de la facture électrique et une maîtrise des émissions de CO₂ par les entreprises.

Les chercheurs du projet travaillent également à l'assurance de **l'auto-cicatrisation du réseau électrique**. Cette fonction est rendue possible grâce aux objets connectés qui équipent le système et permettent au gestionnaire de réseau de mieux observer, contrôler et piloter à distance le réseau électrique en temps réel. Ce suivi en direct favorise la reconfiguration très rapide (quelques minutes maximum) en cas de coupures de courant, appelée auto-cicatrisation.

Des **premiers résultats** ont été mis en avant à la suite des quatre premières années d'expérimentation du projet. Sur le plan économique, des analyses de création de valeur sont menées depuis le lancement du projet et ont évolué en même temps que le processus de recherche. Pour cela les équipes *GreenLys* ont fait le choix d'une **analyse Coûts/Bénéfices**. Cette analyse est réalisée selon différents scénarios qui ont

EFFACEMENT

Selon l'article 1 du décret n° 2014-764 du 3 juillet 2014, l'effacement est défini comme l'« action visant à baisser temporairement, sur sollicitation ponctuelle [...] par un opérateur d'effacement, le niveau de soutirage effectif d'électricité sur les réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité [...], par rapport [...] à une consommation estimée ». C'est donc devenu par extension la capacité d'un client résidentiel ou professionnel à décaler voire à annuler tout ou partie de sa consommation ponctuellement.

La notion de pilotage de la production en fonction des besoins du réseau y est souvent associée, on parle alors de « flexibilité du client ». Via les compteurs connectés il est possible d'appeler à un effacement groupé (envoi d'un signal) pour répondre à un pic de consommation. Une analyse quotidienne de la consommation des ménages permet le choix d'heures optimales pour déclencher ces périodes d'effacement.

L'ordre d'effacement, envoyé par le gestionnaire de réseau, est signalé par un voyant lumineux installé sur l'appareil. Cependant, le client a toujours la possibilité de déroger à cet ordre s'il a besoin d'utiliser l'appareil à cette période.

Ces effacements doivent répondre à la double problématique de réduction de la facture (du consommateur comme du producteur) et de maintien du confort.

En France, malgré ses promesses, l'effacement est concrètement peu adopté par les consommateurs. Aujourd'hui quatre freins majeurs à son application ont été identifiés. Le premier est lié à l'incompréhension du terme ainsi qu'à sa connotation négative ressentie par les clients. Le second est dû à l'appréhension d'une diminution du confort. Le troisième découle d'un manque de connaissances du consommateur au sujet des bénéfices de l'effacement sur sa consommation et donc sur sa facture (conséquence d'une faible et incomplète communication par les opérateurs d'électricité). Enfin, le quatrième provient de l'absence de véritable cadre financier à cette procédure qui conduit donc les consommateurs à se demander si elle en vaut vraiment la peine pour un gain financier faible voire très faible.

(CRE, 2014)

été construits au fur et à mesure de l'expérimentation et de son observation. Entre 2012 et 2014 trois scénarios ont été construits.

D'après les premiers résultats, la mise en place d'un Smart Grid à grande échelle garantit bien des bénéfices (globalement et à l'échelle de la collectivité). Néanmoins, les équipes de *GreenLys* soulignent le fait que ces conclusions sont très dépendantes de chaque scénario choisi ainsi que de l'environnement de chaque localité. En effet, entre deux villes relativement voisines que sont Lyon et Grenoble, des disparités non négligeables sont observées et requièrent donc une adaptation du Smart Grid.

Sur le **plan sociologique** des premières études ont été menées sur l'analyse du profil des consommateurs et de leur comportement. Deux groupes ressortent parmi la population participant au test grandeur nature. Les technophiles, en recherche constante de nouveautés dans le domaine du digital et toujours enthousiastes à l'idée d'en tester le fonctionnement. Les énergiphiles préoccupés par le bilan climatique actuel et donc soucieux de produire une énergie d'origine renouvelable sur leur lieu de vie mais aussi d'adopter un mode de consommation énergétique durable.

De plus, il apparaît que les consommateurs bien informés des enjeux, du fonctionnement ainsi que des bénéfices de l'effacement ont tendance à l'adopter beaucoup plus facilement qu'en temps normal. Ce qui confirme l'importance fondamentale, dès l'installation du système, de l'éducation du consommateur sur son fonctionnement et sur ses bénéfices.

Le projet *GreenLys* et ses premiers résultats positifs sont donc prometteurs sur l'avenir du Smart Grid, c'est-à-dire sa généralisation à l'échelle de la France (GreenLys, 2012).

d. C3 Energy : fournisseur de logiciel d'exécution de Smart Grid

C3 Energy, startup américaine fondée en 2009 à Redwood City (CA) par Thomas Siebel, magnat du logiciel, fait parti du peu d'entreprises mondiales ayant développé et commercialisant un logiciel opérateur de réseau intelligent. Elle détient 40% des parts du marché mondial. Son modèle est



**DU MARCHÉ MONDIAL
DES LOGICIELS
OPÉRATEURS DE RÉSEAU
INTELLIGENT**



fondé sur l'exploitation des possibilités du big data, du Smart Grid analytique, des réseaux sociaux, du Machine Learning ainsi que du Cloud Computing. L'objectif étant de maximiser la sécurité, la fiabilité, la durabilité et l'efficacité des réseaux de distribution de l'énergie. Depuis son lancement, l'entreprise a investi plus de 150 millions de dollars pour que le projet puisse prendre forme.

C3 Energy compte déjà de nombreux clients aux Etats-Unis comme à l'international. Notamment en France, *Engie*, à qui elle commercialise son service « *C3 Energy Analytics Engine* » qui rend possible les prédictions de consommation. De plus, ces

deux partenaires ont travaillé ensemble à la mise en place de plateformes digitales de suivi de consommation énergétique dans des zones résidentielles tests, en Belgique et en France.

A terme, les évolutions engendrées par ce type de logiciel pourraient représenter près de 50 milliards de dollars par an de bénéfices économiques à l'échelle mondiale.

Le management de C3 Energy précise que le moteur de données, développé et commercialisé aujourd'hui par l'entreprise, n'est que la première étape du déploiement de ce projet à grande échelle. En effet, les développeurs de l'entreprise travaillent actuellement à l'élaboration d'applications utilisant et augmentant les outils d'analyse existant pour en accroître les connaissances et capacités à long terme.

Des avancées sont donc réalisées et testées à grande échelle sur les réseaux. Il s'agit maintenant d'impulser le passage à un comportement durable pour tous les acteurs de la chaîne énergétique. Le Smart Grid ne sera véritablement accompli que si les actions de production, gestion et consommation participent à l'intelligence globale du réseau. Les incitations tarifaires seront par exemple un élément d'incitation clef pour amener les consommateurs, qui deviennent "consomm'acteurs", à se reporter de plus en plus sur les énergies de sources renouvelables au bon moment et pour un usage adéquat. L'ouverture à la concurrence du marché de l'énergie permet la mise en place de ces solutions tarifaires multiples et adaptées à chaque type de client, qu'il soit individuel ou professionnel (C3 Energy, 2015).

3. Au sein même des foyers – Smart Home et Smart Building

a. Définition des bâtiments intelligents

Le **bâtiment intelligent**, notion qui recouvre les Smart Home (maisons résidentielles intelligentes) et les Smart Building (immeubles résidentiels ou tertiaires intelligents) est le prolongement des Smart Grid dans la sphère privée. Le développement du concept est le fruit de trois grandes mutations. La première est technologique, c'est la généralisation de l'utilisation des capteurs digitaux qui rend possible la communication entre objets et donc leur gestion en système. La seconde est culturelle, c'est l'évolution récente du mode de vie résidentiel, à savoir le développement du suivi à domicile des personnes âgées ou malades et la recherche d'un confort optimal. La troisième est énergétique, c'est la nécessité actuelle d'une diminution de la consommation d'énergie couplée à une augmentation de la production d'énergie d'origine renouvelable.

Les bâtiments représentent aujourd'hui 42,5% de la consommation d'énergie en France. Avec le concept de bâtiment intelligent, il s'agit donc non seulement de rendre actifs des bâtiments qui étaient passifs (i.e. capables de communiquer et d'exécuter des ordres) mais aussi de créer un système résidentiel global et géré de manière transversale (CRE, 2014).

En pratique, un bâtiment intelligent, quelle que soit sa taille, requiert l'installation de **capteurs** et **actionneurs** dans chaque pièce afin de pouvoir en commander automatiquement les équipements à distance et de pouvoir faire communiquer les pièces les unes avec les autres. Une fois ce réseau intra-bâtiment actif, le but est de construire un **système de mesure** permettant une collecte des données liées à la consommation en temps réel. Dans un deuxième temps, ces données sont **analysées** afin d'en déduire des recommandations adaptées pour une optimisation de la consommation et du confort au sein de l'habitation.

Pour ce qui est de la gestion de l'énergie au sein des Smart Building, quatre technologies sont particulièrement mises en avant.

Premièrement, les **systèmes avancés de gestion de l'énergie**, qui permettent une gestion optimale de la consommation. Les économies liées à ce type d'équipement peuvent aller de 13% à 66% selon les technologies mises en place. Elles permettent une détection, des diagnostics, des analyses et donc des prédictions plus ou moins poussées.

Deuxièmement, les **systèmes d'éclairage intelligents**, ou *Smart Lighting*, qui assurent l'extinction, l'allumage et la variation de puissance des lumières. Couplé à l'analyse de la consommation énergétique, aux conditions météorologiques, le système d'éclairage intelligent peut également contrôler le niveau d'obscurcissement des fenêtres et donc l'intensité de la lumière naturelle entrant à l'intérieur du bâtiment.

Troisièmement, les **systèmes de chauffage, ventilation et climatisation intelligents**, ou *Smart HVAC*, qui s'intègrent au système de gestion de l'énergie. Cette intégration permet l'adaptation automatique de l'intensité d'utilisation de ces équipements en fonction des besoins des occupants du bâtiment et donc une diminution de leur consommation sur le long terme ainsi que des économies d'énergie pouvant aller de 24% à 32%.

Quatrièmement, l'**utilisation d'autres équipements intelligents**, tels que les multiprises qui permettent la réduction des charges de branchement, ou bien les ventilateurs de plafond permettant de réguler le thermostat, ou encore la mise en relation des ascenseurs, télévisions, réfrigérateurs et autres

équipements ménagers afin d'aider à la gestion des pics de consommation. Ces dernières actions pourraient permettre de réaliser des économies d'énergie additionnelles pouvant aller jusqu'à 10% (Buildings, Novembre).

En définitive, la Smart Home et le Smart Building offrent un large spectre de services que l'on peut classer en trois grandes familles.

La première est le **suivi de la consommation**, c'est à dire la possibilité d'accéder via le support digital gérant l'ensemble du réseau de la maison à un suivi détaillé de sa consommation. Ce suivi, accessible en temps réel, permet l'identification des appareils les plus gourmands en énergie et donc de travailler à la réduction de leur consommation. Il permet également la mise en place d'alertes en cas de surconsommation, de défaillance ou bien de période adaptée à un effacement temporaire d'un ou plusieurs des appareils du bâtiment.

La seconde est le **pilotage**, qui est rendu possible grâce au système d'exécution et aux capteurs présents sur tous les objets connectés au réseau. Le pilotage peut se faire au sein du bâtiment mais également à distance via une connexion à la plateforme, accessible depuis les appareils électroniques mobiles (smartphones, tablettes et ordinateurs portable). Ce pilotage permet une optimisation de la consommation en électricité couplée à un confort égal voire augmenté.

La troisième est la **production locale**, qui peut être réalisée grâce aux systèmes solaires ou éoliens adaptés au cadre résidentiel. Une fois connecté à l'ensemble du réseau de l'habitation, ce centre de production local peut être suivi et géré à distance, et sa production utilisée et renforcée en fonction des besoins.

En pratique de nombreux objets peuvent être connectés au sein d'une maison. Le système de chauffage, de l'air et de l'eau, mais aussi celui de l'éclairage. Enfin tous les objets intégrant aujourd'hui une composante électronique : ordinateur, téléphone, télévision, thermostat, machine à laver et système audio.

EXEMPLE D'ARCHITECTURE D'UNE SMART HABITATION



b. Évolutions récentes

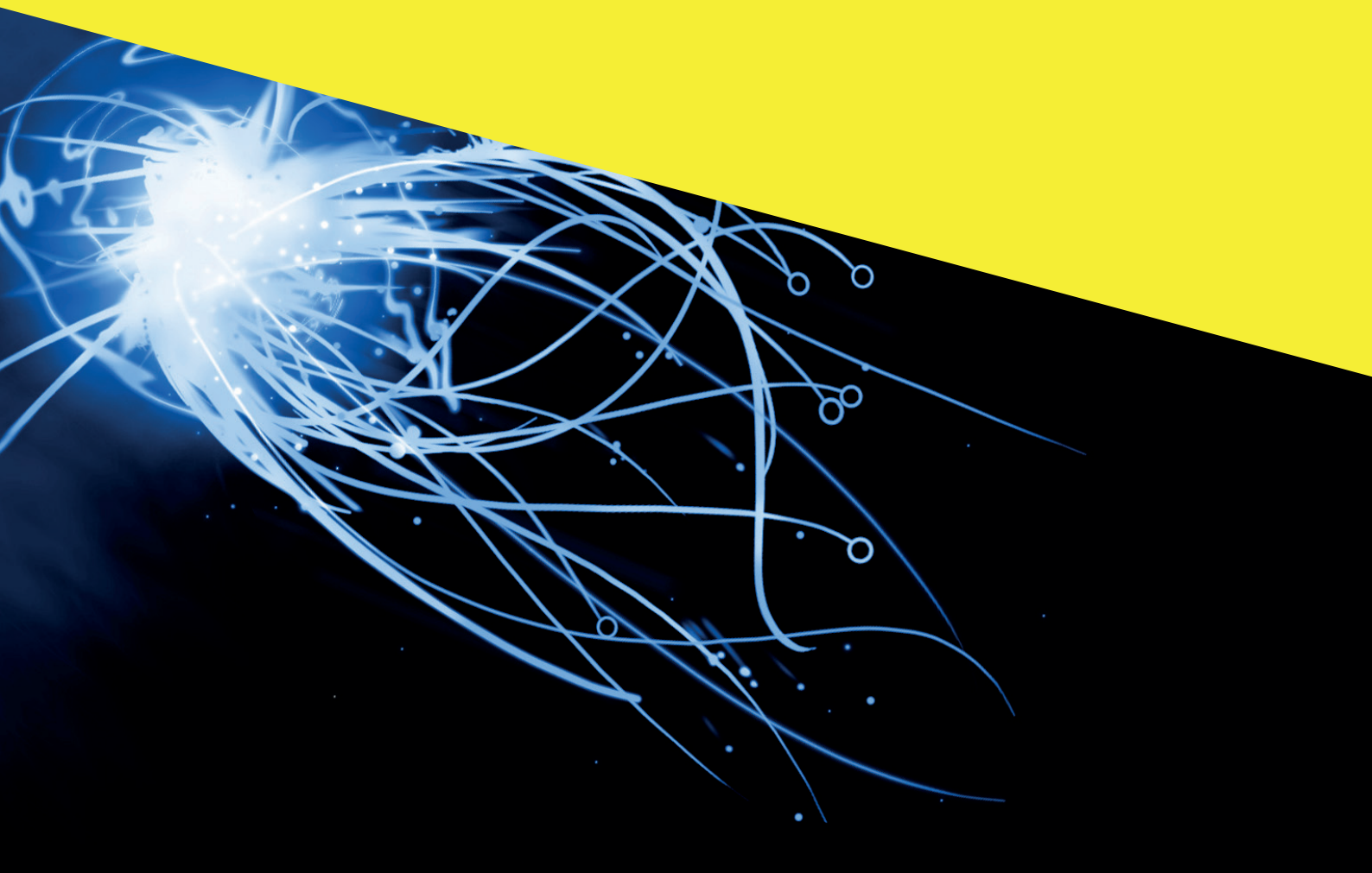
L'étape suivant la mise en place de maisons connectées est la construction de communautés connectées, c'est à dire des regroupements de smart homes interconnectées pour en augmenter les possibilités. Les expériences grandeur nature sont peu nombreuses à l'heure actuelle, et surtout concentrées aux États-Unis. *Serene Homes* est un des pionniers en la matière. Ce promoteur immobilier a démarré l'aventure en faisant le choix de se différencier de ses concurrents sur son secteur. Pour cela, il a développé une offre tout à fait nouvelle sur sa zone géographique, le Texas. En effet, dans cette région les maisons connectées sont de plus en plus fréquentes puisque la population texane est en moyenne aisée et sensible aux avancées technologiques. L'entreprise s'est donc associée à *Premier Electronics* (entreprise de commercialisation de solutions pour Smart Homes) afin de proposer à ses clients un système intelligent suffisamment standardisé pour qu'il puisse s'appliquer à différents foyers mais aussi suffisamment flexible pour répondre précisément aux besoins de chacun. Les partenaires commercialisent donc aujourd'hui au sein de cette communauté des maisons équipées chacune d'une caméra extérieure, d'une serrure à clavier codé, d'un thermostat et d'un système d'éclairage intelligent. Pour rendre possible le pilotage à distance de tous ces équipements depuis les smartphones, les ordinateurs et les tablettes, *Serene Homes* et *Premier Electronics* se sont également associés à *Honeywell* qui leur fournit un système d'exécution du réseau. Pour inciter les habitants de la communauté à modifier leur comportement de consommation, des tutoriels vidéo sont disponibles sur la plateforme, mais surtout chaque foyer doit assister à une formation pour apprendre comment utiliser tous les objets du système et quelles sont les « best practices » à adopter dans ce type de maison (SDM, 2015).



Enfin, pour ce qui est des bâtiments de plus grande dimension, la gestion des équipements s'est longtemps réduite à la simple collecte d'informations limitée à un seul type d'équipement, sans collecte transversale sur tous les types d'équipements. Les informations étaient remontées de l'objet à un poste central dont étaient extraits des relevés plus ou moins réguliers de sa consommation. On parlait alors de Gestion Technique Centralisée. Aujourd'hui on parle de **Gestion Technique du Bâtiment**, qui repose majoritairement sur l'interconnexion entre les différentes pièces ou lots du bâtiment pour que soit rendue possible une gestion globalisée et intelligente de tous les équipements. Cette Gestion Technique permet notamment l'arbitrage entre les différentes sources d'énergie (d'origine renouvelable ou non) selon le niveau d'autoproduction aux différentes périodes de la journée.

Les évolutions du concept de bâtiment intelligent nous conduisent aujourd'hui à sa définition donnée par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) comme « *un bâtiment à haute efficacité énergétique, intégrant dans la gestion intelligente du bâtiment les équipements consommateurs, les équipements producteurs et les équipements de stockage, tels que les véhicules électriques.* ». Plusieurs solutions sont à la disposition des constructeurs afin de tendre vers cette optimisation de la consommation énergétique. Des **systèmes d'isolation plus efficaces** d'abord pour lutter contre le gaspillage thermique et ensuite pour augmenter la durée et le nombre de périodes sans chauffage. Un bon système d'isolation se doit d'être couplé à un **système de ventilation** performant pour ne pas perdre les bénéfices du premier. Des **systèmes de production locale** d'énergie d'origine renouvelable comme les panneaux solaires installés sur la toiture. Des **méthodes de chauffage et de climatisation plus vertueuses** doivent aussi être une priorité afin de mieux moduler la température et donc de moins dépenser d'énergie. Enfin, un bâtiment intelligent nécessite des **équipements électroniques connectés** associés à un système de gestion globale des éléments consommateurs du bâtiment pour un pilotage du réseau adapté (CRE, 2014).

III. QUELS ENJEUX AUTOUR DE CES TRANSFORMATIONS ?

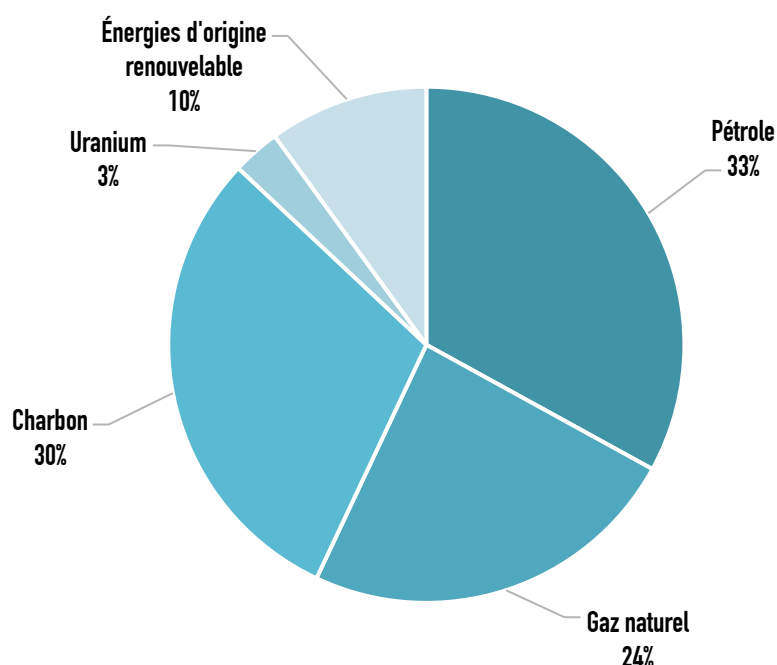


A. LA TRANSITION ÉNERGETIQUE* GRÂCE AU BIG DATA : POURQUOI ET COMMENT ?

1. État des lieux des ressources d'énergies fossiles

Comme expliqué en première partie, les énergies fossiles sont des énergies primaires par définition non renouvelables. Or, comme vu ci-dessous, les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon et uranium) représentent près de 90% du mix énergétique* mondial actuel. Bien que cette part tende à se réduire au fil des années du fait de la croissance des énergies dites renouvelables, les énergies fossiles restent tout de même à l'heure actuelle le moteur principal de nos modes de vie.

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION (TEP) MONDIALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE PAR TYPE (2014)



(British Petroleum, 2015)

Nous constatons très clairement avec ce graphique notre dépendance aux énergies fossiles, et ce, malgré la prise de conscience mondiale des enjeux de la transition énergétique. Les efforts déjà réalisés ne sont pour l'instant pas suffisants pour assurer à la population mondiale une durabilité des énergies que nous consommons quotidiennement. La *COP21* à Paris est annoncée comme la conférence sur le climat qui intensifiera ces efforts au niveau global.

En outre, sur les dix dernières années, la nature de la croissance de la consommation des énergies fossiles n'évolue pas de manière à solutionner les problématiques environnementales. On constate en effet que l'énergie fossile dont la croissance est la plus forte est le **charbon**, avec une consommation qui croît de 33% sur les 10 dernières années. Si aucune mesure « anti-charbon » n'est prise à l'échelle internationale, les projections décrivent une situation où le charbon sera la première énergie primaire consommée dans le monde dans 1 ou 2 ans.

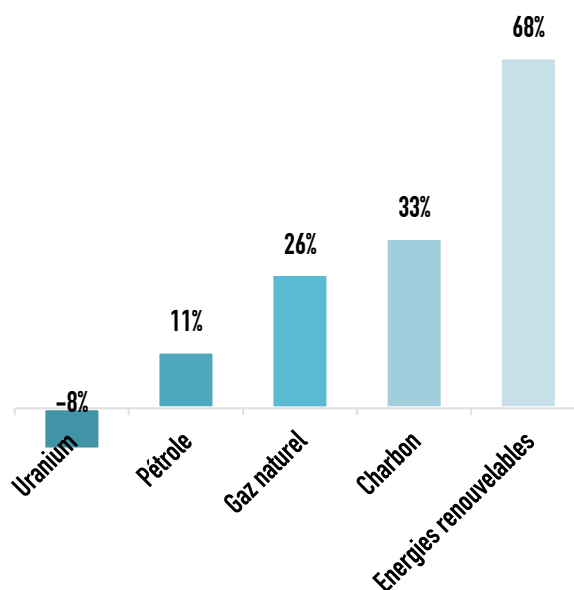
Pourquoi un tel essor de cette énergie primaire ? Les raisons sont nombreuses mais cette forte croissance est principalement tirée par le développement des **économies émergentes asiatiques** comme la Chine, l'Inde et l'Indonésie.

Contrairement aux autres énergies fossiles telles que le gaz naturel, le pétrole ou l'uranium, le charbon est une énergie primaire assez **bien répartie sur la surface du globe**, si bien que beaucoup de pays sont en capacité de l'extraire, de la transformer et de la consommer (c'est d'ailleurs une énergie principalement consommée sur le marché domestique et relativement peu exportée). C'est aussi l'énergie primaire au tarif le plus attractif malgré les récentes baisses de prix de ces principales concurrentes que sont le gaz et le pétrole.

Enfin, le charbon est l'énergie fossile dont les ressources sont encore les plus abondantes sur la planète. Au rythme actuel de la consommation énergétique et au regard des réserves prouvées au niveau mondial en 2011, il ne reste à la Terre des réserves de gaz naturel et de pétrole que pour respectivement 55 et 56 ans. En revanche, les réserves de charbon sont plus abondantes et ne devraient s'épuiser que dans 119 ans (World Energy Council, 2013). Evidemment, ces chiffres ne sont qu'indicatifs puisque la consommation énergétique mondiale est en constante croissance, et que de nouveaux sites d'extraction de ressources énergétiques sont découverts et exploités chaque année. Cependant, l'ordre d'idée est intéressant et montre bien l'abondance du charbon comparativement au gaz ou pétrole.

On peut cependant noter que la plus forte croissance est celle de la consommation des **énergies dites renouvelables** (hydraulique, éolien, solaire, biomasse) avec une hausse de 68% sur la période 2004 – 2014. Cette hausse permet aux énergies d'origine renouvelable de croître dans le mix énergétique mondial. Cette forte croissance montre une tendance nette des économies mondiales à se tourner de plus en plus vers les « énergies vertes », car plus durables et moins polluantes. Néanmoins, elle reste à mettre en miroir avec la part, en valeur absolue, de ces énergies dans le mix énergétique global : seulement 10% en 2014.

CROISSANCE DE LA CONSOMMATION (TEP) MONDIALE D'ÉNERGIES PRIMAIRES PAR TYPE ENTRE 2004 ET 2014



(British Petroleum, 2015)

2. Différents impacts de la consommation énergétique

L'analyse du mix énergétique global ci-dessus et de son évolution sur les 10 dernières années nous permet de dresser un triple constat :

- 90% de l'énergie primaire consommée en 2014 est constituée d'**énergies fossiles** non renouvelables contre 10% d'**énergies d'origine renouvelable** ;
- Au sein même des énergies fossiles, la plus forte croissance est enregistrée pour la consommation de **charbon** ;
- Les énergies dites renouvelables sont les énergies dont la croissance de la consommation ces 10 dernières années a été la plus forte (+68%), preuve d'une volonté de réaliser une transition énergétique au niveau global.

Ce triple constat étant réalisé, quel impact ce bilan énergétique* a-t-il sur nous, nos modes de vie, et la Terre ? Chaque mode de production d'énergie est plus ou moins carboné et a donc une empreinte carbone* plus ou moins importante. *La Revue Générale Nucléaire* a réalisé en 2000 une étude pour déterminer l'empreinte carbone d'un kWh d'électricité en fonction du mode de production utilisé (Revue Générale Nucléaire, 2000). Cette étude prend en compte le carbone émis sur l'ensemble de la chaîne de valeur énergétique : de l'extraction/captage de l'énergie primaire à la distribution de cette énergie en passant par la transformation de l'énergie primaire en énergie secondaire. Voici ci-dessous les résultats de cette étude :

MODES DE PRODUCTION	ÉMISSIONS DE CO2 EN g/kWh
HYDRAULIQUE	4
ÉOLIEN	3 - 22
NUCLÉAIRE	6
PHOTOVOLTAÏQUE	60 - 150
GAZ NATUREL	883
PÉTROLE	891
CHARBON	978

Comme nous pouvons le constater, le mode de production le plus carboné pour produire de l'électricité est la combustion de charbon qui rejette près de 1000g de CO2 par kWh d'électricité générée. Or c'est l'énergie primaire fossile dont la consommation a crû le plus vite ces dernières années et qui est amenée à devenir l'année prochaine ou dans 2 ans la première énergie primaire consommée dans le monde. A l'inverse, les énergies dites renouvelables ainsi que l'énergie nucléaire oscillent entre 4g et 150g de CO2 rejetés par kWh d'électricité produite.

En combinant ces résultats avec le mix énergétique mondial en 2014 fourni par les statistiques de BP, on comprend que notre économie est très fortement carbonée. En effet, 87% de l'énergie que nous consommons est une énergie fossile génératrice au minimum de 880g de CO2 par kWh d'électricité produite (British Petroleum, 2015). Or, les **filères renouvelables et nucléaires** sont à même de rejeter environ 10 fois moins de CO2 dans l'atmosphère pour produire la même quantité d'électricité.

N'étant pas au cœur de notre étude, nous passons rapidement ci-dessous en revue les impacts majeurs d'une économie fondée sur une consommation énergétique fortement carbonée :

- Pollution de l'air et **conséquences sanitaires** pour les populations urbaines et non urbaines (lieux de résidence voisins d'usines de combustion de charbon, pics de pollution dans les

grandes métropoles asiatiques, forte augmentation des maladies pulmonaires en zone urbaine...);

- **Pollution des sols** (du fait de l'extraction non conventionnelle de gaz de schiste ou de l'extraction pétrolière des sables bitumeux canadiens...);
- **Réchauffement planétaire** du fait de la hausse de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui engendre un dérèglement de notre écosystème naturel mondial (désertification des zones arides, fonte des glaces, hausse du niveau des mers, appauvrissement de la biodiversité, fréquence accrue des épisodes climatiques destructeurs...).

3. La place du big data dans la nécessité d'une transition énergétique

C'est pour réduire les impacts évoqués ci-dessus que les chefs d'État du monde entier se réuniront en décembre 2015 lors de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques, connue sous le nom de *COP21*, à Paris. Cette conférence vise à définir les mesures globales contraignantes pour une réduction des émissions des gaz à effet de serre afin de limiter le réchauffement climatique* à 2°C (seuil au dessus duquel la hausse de la température deviendrait difficilement contrôlable d'après la communauté scientifique). Face à la nécessité d'une transition énergétique mondiale, la gestion des données numériques, ou data, devient l'enjeu majeur.

Afin d'étayer nos propos, nous avons contacté un consultant de chez *Ekimetrics*, cabinet de conseil en analyse, traitement et visualisation des données numériques. Diplômé de l'*Ecole Centrale Paris* en Machine Learning, **Charles-Abner DADI** est un expert data très actif sur les réseaux sociaux comme Twitter ainsi que dans la presse spécialisée.

Notre entretien avec lui a porté principalement sur le thème des promesses du big data dans la nécessité d'une transition énergétique mondiale.

1. Quelle est votre expertise/background professionnel sur les questions big data dans l'Énergie ?

Ingénieur statisticien de formation, j'ai eu différentes expériences d'étude et professionnelles sur des problématiques touchant à l'architecture big data et à la modélisation en Machine Learning. Dans le domaine de l'Énergie je suis intervenu sur des questions de modélisation des données liées à l'Énergie

Charles-Abner DADI
@DadiCharles
Machine Learner @Ekimetrics. Expert
#IoT #Smartcities #opendata
#machinelearning #Finance #cop21
Paris
[linkedin.com/pub/charles-da...](https://www.linkedin.com/pub/charles-da...)

TWEETS 4,712 FOLLOWING 1,543 FOLLOWERS 8,093 LIKES 21.7K LISTS 10

Tweets Tweets & replies Photos & videos

Pinned Tweet
Charles-Abner DADI • @DadiCharles · Sep 2
#Bigdata et algorithmes, l'enjeu caché du
#COP21 journal.dunet.com/solutions/expe

notamment sur des sujets de décomposition de courbe de charge ou de segmentation comportementale des clients d'un opérateur. J'ai également beaucoup travaillé sur des enjeux de croisements et de visualisation de données énergétiques avec des données en provenance de sources diverses comme l'Open data*, les objets connectés et les données de consommation.

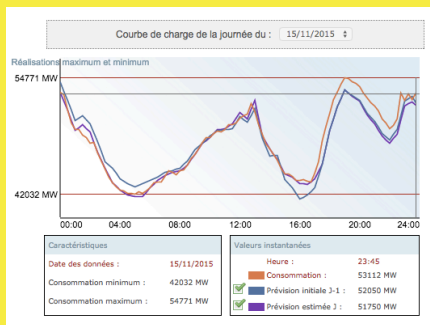
2. Quelle est votre définition du big data ?

La définition traditionnelle s'appuie sur les « 3V » de la donnée : Volumétrie (une très grande quantité de données), Vitesse (des flux de données constants qui se renouvellent et s'accumulent très rapidement et très régulièrement), Variété (les données proviennent de différentes sources, sous différents formats etc...) à laquelle j'ajouterais un quatrième V pour Visibilité avec la « data Visualisation » qui devient un enjeu majeur pour comprendre et utiliser les données mais aussi pour communiquer vers l'extérieur autour de ces données. L'enjeu principal du big data est de pouvoir utiliser un volume exponentiel de données et d'en retirer de la valeur. Tout le problème réside alors dans la capacité à séparer le « bruit » du « signal » de la donnée pour garder l'essentiel. Autrement dit, garder les informations attachées à la donnée qui sont créatrices de valeur. Dès lors que l'on a récupéré l'essentiel de la donnée, on peut l'utiliser pour la croiser avec d'autres données afin de créer des indicateurs, réaliser des analyses, prédire des événements... en utilisant des algorithmes de Machine Learning.

3. Dans quelle mesure la transformation numérique du secteur de l'Énergie constitue-t-elle une clé de voûte de la transition énergétique ? (amélioration de l'intégration des énergies d'origine renouvelable au réseau, adéquation offre-demande, diminution des pertes/gaspillages énergétiques via des systèmes d'alerte...)

La transformation numérique dans l'énergie est particulière car elle apparaît comme une nécessité, et non pas seulement une innovation productive, afin de faire face au défi écologique actuel. Alors que nous nous trouvons quelque peu dans l'impasse d'une solution énergétique – les ressources s'amenuisent, la planète se détériore... mais nos consommations énergétiques ne cessent de croître – nous avons la chance de pouvoir trouver dans la technologie des solutions simples et astucieuses mais aussi des moyens de transformer en profondeur le réseau énergétique. Un exemple aujourd'hui, l'essor des compteurs connectés ouvre la voie à une désintermédiation du réseau de production et d'acheminement. À terme le réseau vertical qui rassemble producteur et consommateur pourrait devenir beaucoup plus horizontal et ainsi permettre une parfaite adéquation entre offre et demande.

COURBE DE CHARGE



Courbe de charge de la consommation française du 15 novembre 2015 réalisée par le CNES

Une courbe de charge est une représentation journalière prévisionnelle de la variation de la demande d'électricité. En effet, selon la période d'une journée mais aussi selon les saisons, la consommation d'électricité évolue différemment. Ainsi cette représentation visuelle permet de

s'assurer que la production garantie par les fournisseurs suffira à répondre à la demande. En général une courbe de charge comprend trois courbes :

- La courbe de la consommation en cours (actualisée en temps réel)
- La courbe de la consommation de la veille
- La courbe de la prévision de la consommation de la journée (élaborée en fonction des données de la veille mais aussi de la saison et d'autres facteurs)

Des problématiques comme les pics de consommation qui sont générateurs de forts surcoûts pourraient à l'avenir se résoudre via des solutions data-driven (effacement automatique par exemple).

4. Quel niveau de maturité a atteint le big data dans les entreprises du secteur de l'Énergie ? A quel horizon temporel devons-nous espérer une transformation radicale de ce secteur grâce à la multiplication des utilisations de la data ?

Contrairement à d'autres secteurs majeurs de l'économie (comme les Télécommunications ou le Transport), l'Énergie n'en est qu'au début de sa phase de transformation numérique. En tant que consultant, j'ai eu l'occasion de travailler à la mise en place de la stratégie data d'une des Business Unit les plus importantes au sein d'un opérateur énergétique national. La stratégie reposait sur les métiers et impliquait des acteurs à tous niveaux jusqu'au COMEX. La mise en place d'un datalab est une étape importante dans les expérimentations, dans ce secteur et comme dans d'autres. Cela permet d'expérimenter des projets innovants de manière agile et décorrelée des processus décisionnels habituels de l'entreprise : lourdeurs administratives, tensions « politiques » au sein du groupe qui ralentissent les projets... A mon sens, d'ici à 2020 on devrait voir le nombre d'initiatives concrètes de la part de ces grands groupes se multiplier notamment par peur d'une « ubérisation » du secteur par des startups très actives.

5. Comment les opérateurs historiques (*Engie, EDF, ERDF, GRTgaz...*) abordent-ils ce virage de la transformation numérique ?

La prise de conscience des grands opérateurs de leur fragilité ne fait aucun doute. Mise en concurrence, réduction des barrières à l'entrée et écosystème de startups de plus en plus dense obligent les opérateurs à rattraper leur retard et à se positionner sur les enjeux de demain. Bien qu'ils soient toujours dominants aujourd'hui, et surtout en France, les opérateurs historiques de l'Énergie se sentent réellement menacés. C'est d'ailleurs pour cette raison que les missions de conseil liées à la transformation numérique et au big data se multiplient au sein d'*EDF* et d'*Engie*. Car cette transformation commence par la mobilisation des bonnes compétences en interne mais également en recherchant des compétences en externe via des appels à projet, des Hackatons...

6. Quelle est la place des nouveaux entrants (nouveaux opérateurs, startups...) dans l'utilisation de ces opportunités data (opportunités pour changer les règles du jeu, plus agiles et innovantes...) ?

Deux catégories se présentent à nous actuellement : des acteurs qui se positionnent sur les activités traditionnelles (production et commercialisation d'énergie) et qui cherchent du côté de l'innovation et du numérique la manière de se différencier face aux opérateurs historiques. Et puis nous trouvons les *Pure Player* qui font abstraction de la plupart des contraintes et qui sont, par essence, portés sur l'exploitation des données et sur une communication 100 % digitale. Ces derniers sont bien souvent contactés par les opérateurs historiques pour travailler en collaboration avec eux dans une optique de « win-win » : l'opérateur historique fournit d'une part le financement et d'autre part un réseau de clients et de fournisseurs très large et bien ancré ; quant à la startup, elle apporte son innovation et sa capacité à la développer en autonomie, loin des lourdeurs bureaucratiques caractéristiques des grands groupes semi-publics du secteur de l'Énergie en France.

7. La France (environnement business, prise de conscience collective et peurs qui y sont liées, viviers de startups nécessaires, main d'œuvre compétente et qualifiée) est-elle prête à tirer profit des promesses du big data ?

La France possède les formations parmi les meilleures au monde sur les enjeux du big data et forme des ingénieurs de premier rang. Cependant, cela n'est pas suffisant. Plus encore que dans n'importe quel autre secteur, l'Énergie est très fortement capitalistique. Le succès des levées de fonds est une condition nécessaire à la réussite d'un projet. Or, dans ce domaine, la France est en deçà de ses concurrents européens et internationaux dès lors qu'il s'agit de « Time to Market ». Bien que les

premières levées de fonds (ou fonds d'amorçage) soient souvent réussies, les problèmes émergent bien souvent à l'étape suivante, lors du « Early Stage » permettant aux entreprises d'accélérer leur développement. Si bien que des projets très prometteurs qui lient big data et Énergie n'arrivent pas à se développer entièrement pour déboucher sur une application concrète et pour transformer le marché. C'est un défi qu'il s'agit de relever à l'avenir.

B. PERMETTRE UNE INTÉGRATION PLUS PERFORMANTE DES ÉNERGIES D'ORIGINE RENOUVELABLE DANS LE RÉSEAU ÉNERGÉTIQUE NATIONAL

Outre leur coût de production, les énergies dites renouvelables ont pour inconvénient majeur d'être des **énergies intermittentes**, corrélées à la conjoncture climatique pour la plupart : taux d'ensoleillement pour l'énergie photovoltaïque, intensité du vent pour l'énergie éolienne, niveau des cours d'eau pour l'énergie hydraulique... Or, la demande d'énergie est quant à elle, en grande partie, indépendante de ces phénomènes météorologiques. On ne peut imaginer consommer moins d'électricité ou de chauffage parce que le vent est plus ou moins fort par exemple.

Les **besoins énergétiques** sont donc assez **inélastiques** aux événements climatiques alors que l'**offre** d'énergies d'origine renouvelable est très **élastique** à ces mêmes événements. Il en résulte une très forte probabilité d'inadéquation entre l'offre et la demande d'énergie et donc des risques de coupures très fréquents (et des coûts associés élevés). Pour pallier ce problème d'inadéquation offre-demande, trois options complémentaires et non exclusives s'offrent à nous :

- **Coupler la production** d'énergies d'origine renouvelable avec une production d'énergies fossiles qui elle est inélastique aux conditions climatiques. C'est la solution la plus simple qui est utilisée à l'heure actuelle. Seulement cette solution n'est pas viable à long terme car elle s'appuie sur des ressources fossiles qui, au fur et à mesure de leur exploitation, s'amenuisent ;
- L'optimisation de la rencontre de l'offre et de la demande via l'**exploitation en temps réel des données** de production, des données de consommation, des algorithmes de projection de la courbe de demande en énergie...
- Le **stockage de l'énergie**. Présenté par beaucoup comme le défi du siècle, le stockage de l'énergie est à l'heure actuelle extrêmement difficile à réaliser et assez coûteux. En outre, puisqu'il s'appuie sur la production et l'utilisation de batteries, cela pose aussi le problème de la durabilité de ce système : quelles matières premières sont utilisées ? sont-elles des matières premières renouvelables ?

1. Big data pour Smart Grid

Les deux premières options, à savoir l'interrelation entre les énergies d'origine renouvelable et fossiles ainsi que l'optimisation de la rencontre de l'offre d'énergie (production) et la demande (besoin) se rejoignent dans la problématique du réseau.

Pour être efficaces, les énergies d'origine renouvelable doivent s'intégrer parfaitement au réseau électrique ou gazier existant pour se substituer dès que possible à la fourniture d'électricité ou de gaz d'origine fossile. Si cela semble banal, ce n'est pas si facilement réalisable sur le terrain et parfois une mauvaise intégration d'un centre de production d'énergie dite renouvelable aboutit à un gaspillage de cette énergie produite.

La solution à ce type de problèmes est de penser la production décentralisée d'énergie dans son ensemble pour construire un système énergétique efficient. C'est tout l'intérêt des Smart Grid, ou réseaux intelligents. Le Smart Grid, grâce à une utilisation des données de consommation et de production, mais aussi grâce à des algorithmes prospectifs (prédiction de la consommation en fonction de la météo, prévision de la production en fonction de la force du vent et de la durée d'ensoleillement...), permet d'avoir une vision globale en temps réel ou de manière anticipée de ces offre et demande énergétiques. Toute la force du Smart Grid est d'utiliser ces données afin d'ajuster automatiquement les flux énergétiques du réseau afin d'approvisionner les zones à besoin énergétique avec de l'électricité prioritairement d'origine renouvelable.

LE CAS D'UNE MAUVAISE INTÉGRATION RÉSEAU

Prenons l'exemple d'une école qui décide de couvrir ses toits de panneaux solaires afin de chauffer l'intégralité ou partie de l'école durant l'hiver. L'énergie solaire dépend en grande partie du taux d'ensoleillement, or ce taux est très variable en fonction des saisons et de la longueur des journées. La production photovoltaïque est bien plus importante en été qu'en hiver puisque les journées sont plus longues et le taux d'ensoleillement est à son maximum. Si la production d'énergie (offre) de ces panneaux photovoltaïques est à son maximum en juillet en France, c'est exactement l'inverse concernant les besoins d'énergie de l'école (demande), qui, étant généralement fermée l'été, ne consomme qu'une part résiduelle du total de ses besoins énergétiques annuels. En conséquence, si les panneaux photovoltaïques ne sont pas reliés à un réseau local d'électricité, toute la production photovoltaïque de l'école pendant la période estivale est perdue.

On pense alors à toutes les solutions big data évoquées en partie II.B.2. qui participent à l'efficience et à l'intelligence du Smart Grid.



En trois questions, nous avons tenté d'avoir l'avis d'un professionnel du secteur de l'Énergie sur ces problématiques et de comprendre le rôle d'un grand énergéticien dans l'enjeu de l'intégration des énergies d'origine renouvelable dans le réseau. **Pierre SOUBIROU**, Responsable du projet *Smart Electric Lyon* pour EDF, travaille actuellement sur des projets en lien avec la transformation numérique.

1. Quelle est votre expertise/expérience professionnelle sur les questions data dans l'Énergie ?

Je travaille depuis plusieurs années chez EDF et suis en charge du développement de nouveaux services pour aider nos clients à gérer au mieux l'énergie dans les bâtiments. L'arrivée massive de la data au travers des nouvelles technologies de l'information et de la communication, de l'internet des objets... dans notre secteur est une opportunité pour nous d'améliorer nos outils. C'est dans ce contexte que je travaille depuis près d'un an à la conception d'un tel service à destination des collectivités territoriales. Grâce aux données collectées dans le cadre du projet *Smart Electric Lyon*, nous pouvons tester nos idées de services innovants sur des données réelles et concrètes !

2. Dans quelle mesure l'utilisation de données numériques permet une meilleure intégration des énergies d'origine renouvelable dans le réseau de distribution d'énergie ?

Les problématiques auxquelles nous devons faire face sont liées à l'équilibre permanent que nous devons satisfaire entre l'offre et la demande. Alors que le stockage de l'énergie reste à date trop onéreux pour être considéré à court terme, il convient donc de trouver des solutions pour intégrer dans

le réseau l'intermittence des énergies d'origine renouvelable. C'est là que l'utilisation des données est porteuse d'une valeur essentielle. En collectant des informations en temps réel sur la consommation de nos clients, nous avons la matière pour piloter avec plus d'efficacité notre production pour qu'elle soit en adéquation avec la consommation.

3. Quelles actions entreprend EDF pour moderniser son offre afin de prendre en compte la croissance de la production décentralisée ? Où la data intervient-elle dans ce besoin de modernisation ?

L'ensemble des entités d'EDF s'est doté de services dédiés aux enjeux du numérique. Des travaux sont menés pour développer de nouveaux outils destinés à des besoins internes comme à des clients externes.

Par exemple, au sein même de notre siège, la Tour *PB6* de la Défense, à Paris, a été inauguré en début d'année un *SMARTLab*. Cet espace très moderne et innovant est un endroit où l'on trouve des objets connectés et où des serveurs renferment une grande partie des données stratégiques d'EDF ainsi qu'une partie des données clients. Beaucoup d'expérimentations data sont réalisées dans cet espace (en circuit fermé, aucune donnée ou résultat d'expérimentation ne peuvent sortir de ce *SMARTLab*) propice aux tests de données ou d'algorithmes.

Dans ce *SMARTLab* donc, nous cherchons à créer de nouveaux services énergétiques personnalisés et adaptés aux besoins individuels de chaque client. C'est aussi là que nous nous essayons aux technologies numériques récentes qui ont déjà des applications dans d'autres secteurs comme le Cloud Computing... que nous essayons d'adapter à nos besoins stratégiques et à nos exigences très fortes de sécurité de la donnée.

2. Off Grid, alternative réaliste ?

Alternative pour pallier le problème d'adéquation entre l'offre et la demande énergétiques, le **stockage**, dernière option développée en III.B., est une solution envisagée. Malgré les progrès effectués dans ce domaine, les batteries les plus performantes à l'heure actuelle ne permettent pas le développement de ce que l'on appelle le **Off Grid**, autrement dit la capacité pour un foyer, un bâtiment tertiaire ou autre, de s'auto-suffire énergétiquement sans raccordement au réseau énergétique local. Le Off Grid, dernière étape de la décentralisation énergétique où chacun consomme l'énergie qu'il produit, semble difficilement réalisable compte tenu de nos besoins énergétiques actuels et des promesses limitées des batteries de stockage.

En revanche, les batteries de stockage sont une solution très intéressante en tant qu'outil complémentaire au Smart Grid. Elles permettent de stocker une énergie autoproduite pour la consommer plus tard lors de coupures de courant mais surtout pour se substituer à la consommation d'énergie provenant du réseau lors des « heures pleines », quand le prix de l'énergie est le plus cher. Dans ce sens, les batteries répondent tout à fait aux problématiques d'effacement et de pics de consommation : elles permettent d'effacer le besoin en énergie provenant du réseau des consommateurs équipés et lissent ainsi la consommation globale d'énergie.

Le Off Grid, alternative réaliste ? La réponse est donc négative au vue de la technologie actuelle et des prévisions d'amélioration des capacités de stockage des batteries. Cependant, ces dernières sont des éléments à intégrer aux Smart Grid de demain pour une efficacité énergétique optimale.

LE POWERWALL D'ELON MUSK, UN PARI TENABLE ?

La batterie Powerwall de l'entreprise Tesla, cofondée par le célèbre serial entrepreneur Elon Musk, est la toute première solution de stockage électrique individuel commercialisée en masse sur le marché mondial. Présentée par certains comme la révolution qui permettra à chaque foyer de produire et de consommer de manière autarcique sa propre électricité, la réalité reste bien différente. D'une capacité de stockage de 7kWh, le Powerwall ne peut à lui seul stocker toute l'énergie dont une maison de 150m² a besoin en moyenne par jour (60kWh). Même dans le cadre d'une utilisation de la batterie comme appoint en cas de coupure de courant, la proposition de valeur de Powerwall est bien plus coûteuse qu'un simple générateur diesel.

Ce différentiel de coût entre le stockage de l'énergie et d'autres solutions d'appoint énergétique devrait se résorber au fil du temps, du fait des avancées technologiques dans le domaine des batteries mais aussi du fait des économies d'échelle au fur et à mesure de la croissance de la consommation de ce type de batteries. En outre, il semblerait que cette filière de stockage puisse se co-développer avec les filières photovoltaïques et éoliennes : « La filière photovoltaïque étant en croissance rapide (40GW de puissance supplémentaire installée en 2014 dans le monde), la flexibilité (les fluctuations que l'on sait contrôler) devient alors essentielle comme réponse à l'intermittence (les fluctuations qu'on subit) du solaire et de l'éolien » assure Vincent Schächter, Vice-Président R&D chez Total New Energies.

D'un point de vue écologique, il semble que la batterie de stockage individuel soit également moins vertueuse qu'une batterie géante ou qu'un centre de batteries de stockage collectif. Tout d'abord, la mutualisation du stockage énergétique permettrait de réduire sensiblement les coûts d'installation (qui sont bien moins importants que lorsqu'ils sont réalisés dans chaque foyer). En outre, un espace mutuel de stockage énergétique rend possible la gestion locale des ressources énergétiques stockées et donc une optimisation globale de son utilisation sur un grand nombre de foyers.

En définitive, la batterie Powerwall n'est, à court terme, pas une innovation révolutionnaire car elle n'est pas du tout rentable. Mais au fur et à mesure des développements à venir au sein de Tesla et des économies d'échelle réalisées, les coûts de production de ces batteries vont être amenés à sensiblement diminuer et rendre cette solution plus viable économiquement. En outre, du point de vue de l'efficacité énergétique et écologique, il serait plus approprié de développer la mutualisation du stockage plutôt que son individualisation. Il n'est cependant pas certain que les intérêts financiers de Tesla convergent avec des problématiques écologiques.

(Paris Tech Review, 2015)

C. UN ÉCOSYSTÈME DE SERVICES DATA ÉNERGÉTIQUES EN PLEINE CONSTRUCTION – LE CAS DE NEST

Si, pour beaucoup, efficacité énergétique* rime encore avec réduction du confort, cette corrélation se vérifie de moins en moins. L'utilisation récente des données de consommation de l'énergie a permis le développement de nombreux outils qui optimisent à la fois le confort, la sécurité mais aussi l'efficacité énergétique des bâtiments. Ces solutions sont détaillées en partie II.B.2.

« INTERNET OF THINGS »

Fondateur du Auto ID Lab au sein du Massachusetts Institute of Technology (Laboratoire académique de recherche et développement de nouvelles technologies visant à révolutionner le commerce mondial ainsi que l'industrie des services), Kevin Ashton mentionne pour la première fois l'« Internet of Things » (IoT), ou internet des objets, lors d'une conférence qu'il anime au MIT en 2002.

« Aujourd'hui, les ordinateurs - et, par conséquent, Internet - sont presque totalement dépendants des humains pour obtenir des informations. La quasi-totalité des près de 50 pétaoctets (un pétaoctet - Po - vaut 1024 téraoctets - To) de données disponibles sur Internet a été capturée et créée par des humains ; par la saisie, l'activation d'une touche, la prise d'une photographie numérique ou la numérisation d'un code à barres. Le problème tient à ce que les humains disposent d'un temps, d'une attention et d'une précision limités. Ce qui revient à dire qu'ils ne sont pas très doués pour capturer des données sur les objets du monde réel. Si nous disposions d'ordinateurs qui savaient tout ce qu'il y a à savoir sur les objets - en utilisant des données qu'ils collecteraient sans aucune aide humaine - nous serions en mesure de recenser et de comptabiliser toute chose, réduisant ainsi considérablement le gaspillage, les pertes et les coûts. Nous saurions alors quand les choses doivent être remplacées, réparées ou rappelées, et si elles sont encore fraîches ou ont dépassé leur date de péremption. »

Depuis ces 5 dernières années, le marché des thermostats connectés s'est développé, d'abord aux Etats-Unis, puis en Europe et dans le reste du monde. Il est le fruit d'une initiative uniquement entrepreneuriale. Bien plus que de simples thermostats, ces objets connectés sonnent l'entrée dans l'ère de la maison connectée où les outils digitaux sont partout dans notre quotidien et où les données numériques s'échangent constamment entre les Hommes et les Machines (H2M) mais aussi et surtout dorénavant entre les Machines et les Machines (M2M). C'est le début de l'Internet of Things (IoT) où les données numériques sont automatiquement produites par des objets qui communiquent entre eux en réseau et interagissent de manière autonome.

Parlant sur ces changements de mode de vie, certaines startups se sont lancées dans la production de thermostats connectés telles que *Nest*, *Tado°*, *Netatmo* (comme vu en I.B.2). Elles ont une stratégie de long terme très ambitieuse : devenir les plateformes de gestion de la maison connectée du futur. Si la

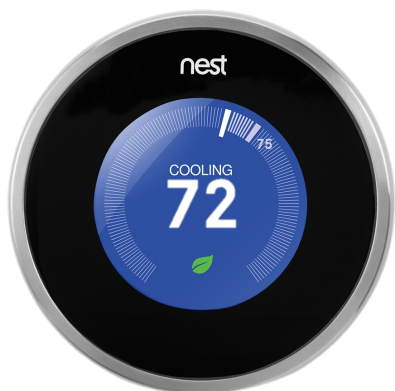
gestion énergétique est pour l'instant l'argument économique vendeur qui lie chacun de ces thermostats, le champ des possibles ouvert par ces startups est encore à découvrir et les services liés aux données numériques collectées par ces objets connectés semblent vraiment infinis.

Pour comprendre cette tendance, nous prendrons le cas de *Nest* (CleanTech Republic, 2014). Créée en 2010 par Tony Fadell et Matt Rogers, deux anciens d'*Apple* (respectivement designer ayant créé l'*Ipod* et responsable développement logiciel), cette startup de la Silicon Valley est aujourd'hui au centre de tous les enjeux liés à la maison connectée. Souhaitant tirer profit de leur

expérience acquise au sein d'*Apple* en design produit, les deux entrepreneurs ont souhaité se lancer sur un marché d'apparence peu porteur, celui du thermostat. Leur objectif : rendre l'efficacité énergétique « sexy ». Mission accomplie. Très vite, l'objet devient dans l'esprit des Américains un outil « cool » et « trendy », si bien que fin 2013, Tony Fadell annonçait que son thermostat était déjà présent dans 1% des foyers Américains. Conscient du potentiel de cette startup et de ce marché, *Google* rachète *Nest* le 14 janvier 2014 pour 3,2 milliards de dollars. Actuellement commercialisé aux Etats-Unis, Canada, Royaume-Uni, Belgique, France, Irlande et Pays-Bas, *Nest* accomplit les prémisses de sa stratégie de conquête des maisons connectées du monde entier.



Mais que fait *Nest* pour une plus grande efficacité énergétique ? Très tôt, la stratégie de cette « Green Tech » a été de se rapprocher d'opérateurs énergétiques américains tels qu'*Austin Energy*, *Green Mountain* ou *Southern California Edison*. L'objectif de ces partenariats est d'échanger avec ces opérateurs des données énergétiques sur leurs clients, celles-ci sont extrêmement précieuses pour comprendre leur consommation en temps réel et ainsi pouvoir adapter l'offre plus rapidement. Ainsi des coupures de courant (très coûteuses) peuvent être évitées. En outre, *Nest* a pu co-développer avec ces opérateurs des solutions d'effacement automatique auprès des clients volontaires pour réduire la



consommation énergétique lors des pics de consommation (également très coûteux pour les opérateurs). C'est bien simple, dans le cadre du partenariat avec *Austin Energy*, la technologie *Nest* a permis d'effacer en moyenne 56% de la consommation électrique durant les pics de consommation des utilisateurs. C'est donc un véritable **outil d'optimisation de la consommation énergétique**.

Mais la stratégie de *Nest* ne s'arrête pas à l'effacement. L'objectif de l'entreprise est de devenir une plateforme évolutive centrale dans la maison, connectée aux objets, que le consommateur consulte pour tous types d'informations et de services. Le lancement en 2014 de l'*Application Programming Interface* (API) va dans ce sens. Elle a pour but d'ouvrir à des développeurs d'applications et de services

l'univers *Nest* pour pouvoir proposer de nouvelles innovations type application au consommateur par la suite. A l'image d'un *Google Play* (*Android*) ou d'un *App Store* (*iOS*), *Nest* souhaite créer son système applicatif avec son propre « store ». Ces applications liées à la maison permettraient, tout comme l'ont fait les applications smartphone, de croiser des données très diverses pour créer des nouveaux services. Dans le cadre de notre étude, cette plateforme est une formidable opportunité de création de liens numériques et de croisements de données pour optimiser la consommation énergétique des citoyens.

Cette plateforme permettrait aussi de collecter des données liées à la vie quotidienne du consommateur pour mieux le comprendre. En moyenne, un utilisateur interagit avec son *Nest* 5 fois par jour, preuve de la réussite de la startup à fidéliser le client et à augmenter ses interactions avec le thermostat. Toutes ces interactions sont productrices de données privées : présence ou absence de la maison, habitudes de consommation de l'utilisateur, appareils utilisés, habitudes d'utilisation qui y sont liées... Toutes ces données sont potentiellement créatrices de valeur et de services numériques pour des applications très variées : amélioration du confort, réduction de la facture énergétique, sécurité de la maison, organisation du foyer, communication, conseils énergétiques, promotions publicitaires très ciblées (par exemple, *Nest* détecte que votre machine à laver est très consommatrice d'électricité et il vous propose d'en acheter une plus économique en détaillant les gains financiers que cet achat entraînerait) ... Or, qui mieux que *Google* a su créer des services personnalisés utilisant et croisant les données de ses utilisateurs ?

D. UN BOULEVERSEMENT DES BUSINESS MODEL

1. De la production d'énergie à la production de services énergétiques

A l'image d'*Uber*, la révolution numérique et l'utilisation des données dans ce que certains appellent la « Sharing Economy », ou économie collaborative, a permis de transformer radicalement des Business Model existant pourtant depuis plusieurs décennies. Le secteur de l'Énergie n'y fait pas exception bien que la majeure partie des services énergétiques et data reste encore à inventer.

Traditionnellement, le schéma économique du secteur de l'Énergie tel que nous le connaissons en France est le suivant : de grandes entreprises nationales produisent, transportent et alimentent en énergie (gaz et électricité) des consommateurs « passifs ». Le grand nombre de consommateurs couplé au petit nombre de producteurs façonnent un marché duopolistique en France (oligopolistique en général à l'étranger) autour d'*EDF* et d'*Engie*. Aujourd'hui, le paysage se modifie progressivement mais de manière structurelle : les consommateurs, anciennement passifs, se dotent de capacités de production ; les producteurs, anciennement protégés de la concurrence, font face à des nouveaux entrants qui bouleversent les Business Model anciens (innovations de services, digitalisation de l'offre, spécialisation dans l'énergie verte...). Nous passons donc progressivement d'un marché vertical où l'offre et la demande sont clairement identifiées et reliées par un réseau de distribution assez simple, à un marché horizontal où l'offre est décentralisée et où le réseau de distribution devient très complexe (Strategy+Business, 2015).

Les profits réalisés par les opérateurs énergétiques via leur Business Model traditionnel sont aujourd'hui menacés du fait d'une concurrence qui s'accroît mais surtout d'une attente de la part des consommateurs qui se complexifie. Ces derniers cherchent désormais à prendre pleinement part à l'enjeu énergétique. Que ce soit en autoproduisant de l'électricité, en choisissant un opérateur énergétique « vert » ou bien en faisant appel à des services énergétiques d'optimisation, la passivité des consommateurs face à l'énergie qu'ils utilisent semble révolue. Leur volonté est de prendre part à la chaîne de valeur énergétique. Alors que la seule source d'insatisfaction du consommateur était la coupure de courant ou de gaz, de plus en plus, ses besoins exigent de la flexibilité de la part de son fournisseur. Il souhaite désormais en effet acheter une énergie dès que son autoproduction n'est plus suffisante pour alimenter ses besoins (batteries de stockage épuisées, manque de soleil dans la journée...).

Or c'est là toute la difficulté des opérateurs qui ont construit leur parc en ne prenant en considération que le critère de capacité de production énergétique pour être en mesure de faire face à des pics de consommation et sans compter sur une demande flexible. Alors, comment anticiper la demande pour adapter l'offre ? Comment combler le manque à gagner de l'énergie autoproduite par les consommateurs ? C'est le défi que doivent relever les énergéticiens français. Et plutôt que de tenter de minimiser les pertes liées à une transformation subie, ces groupes tentent de voir dans ces transformations l'opportunité pour eux de changer leur Business Model et de diversifier leurs activités pour trouver des profits ailleurs.

Forts d'une base de clients très large et d'une expertise dans le secteur, *EDF* et *Engie* disposent de ressources et d'avantages concurrentiels indéniables. C'est pourquoi ces deux entreprises sont aujourd'hui dans une phase de réflexion et d'expérimentation (Cf. entretien avec Charles-Abner DADI) de nouveaux services énergétiques à développer pour leurs clients. Le but est d'une part de se différencier des nouveaux entrants qui intensifient la concurrence et d'autre part de créer une nouvelle source de profits. Compte tenu de toutes les données dont disposent ces deux entités, des nouveaux services data peuvent être créés autour de l'optimisation énergétique, de la personnalisation ou individualisation des offres de fourniture d'énergie, du croisement des données énergétiques avec des données d'autres secteurs... Toutes ces possibilités sont autant d'opportunités à saisir. D'autant que ces nouveaux services intensifieraient les échanges entre ces opérateurs et les consommateurs et permettraient donc une collecte encore plus grande de données les concernant. Or, ces données sont aujourd'hui précieuses pour comprendre les consommateurs.

Ces services énergétiques se développent déjà fortement depuis plusieurs années auprès des clients industriels et des collectivités territoriales d'*EDF* et d'*Engie*. C'est d'ailleurs le but des filiales *Dalkia*, *Fenice* (*EDF*) et *Cofely* (*Engie*). Mais c'est à présent pour les particuliers qu'*EDF* et *Engie* doivent créer tout un nouveau panel de services énergétiques.



Certaines offres qui vont dans ce sens sont déjà disponibles. Lors d'une ouverture de contrat, *EDF* et *Engie* offrent des réductions d'achat sur le

thermostat connecté *Netatmo* pour aider à piloter la consommation et diminuer la facture énergétique. Mais aussi dans une logique de collectes de données pour mieux connaître le client et ses besoins afin de lui proposer à l'avenir des services énergétiques adaptés à ses besoins.



2. La monétisation directe ou indirecte de la data

Energéticiens et startups ont tout intérêt à tirer profit des données collectées auprès de leurs clients. Cette opportunité est d'autant plus grande que la base de clients est large, ainsi l'enjeu pour les grands groupes énergétiques est donc très important.

La donnée, dans ce cadre, est monétisable, puisqu'elle devient la source directe ou indirecte d'un revenu supplémentaire ou d'une réduction de dépenses (baisses des coûts, hausse de l'efficacité...)

Monétisation directe

Cela reviendrait pour *EDF* et *Engie*, qui sont directement en contact avec les consommateurs finaux, à vendre à des tiers une partie des données collectées auprès des clients. Or, avec les développements des compteurs communicants *Linky* (pour l'électricité) et *Gazpar* (pour le gaz), le volume de données remontées par les clients auprès des énergéticiens va devenir plus dense et plus rapide. Ces données sont, pour beaucoup de nouveaux services, stratégiques et donc valorisables.

Cependant, ce type de valorisation de la donnée est souvent délicat et peut faire le cas de critiques de l'opinion publique (Cf. cas *TomTom*). *EDF* et *Engie* se positionnent comme des « partenaires de confiance » auprès de leurs consommateurs. Cette confiance est essentielle à ces deux groupes dans une logique de fidélisation de la clientèle. C'est pourquoi les options de monétisation directe de la donnée ne sont pas stratégiquement envisagées par ces deux groupes à l'heure actuelle.

LA VALEUR DES DONNÉES GPS, LE CAS DE TOMTOM

TomTom, premier producteur mondial de GPS, utilise déjà les données de localisation collectées auprès de ses clients comme source de nouveaux profits. Au Pays-Bas, TomTom vend ces données aux collectivités territoriales lorsque ces dernières entreprennent des travaux de rénovation de voirie. Les données de circulation permettent d'optimiser la circulation des villes néerlandaises. Autre exemple de « client data », plus polémique cette fois-ci, la police néerlandaise a également acheté les données de circulations et de vitesse collectées par TomTom auprès de ses clients (les données vendues sont rendues anonymes). Celles-ci permettaient notamment à la police de trouver les endroits où placer des radars fixes et mobiles en fonction des dépassements de vitesse identifiées par TomTom.

(The Guardian, 2011)

Monétisation indirecte

Activité moins ciblée par les critiques, les données peuvent également servir en interne à l'entreprise qui les collecte. On peut noter deux objectifs principaux :

- **Optimiser les processus internes** de l'entreprise (éviter le « Churn », optimiser la taille des équipes dans les Centres de Relation Clientèle...)
- **Créer de nouveaux services.** La collecte de données permet de mieux comprendre chaque client et ses besoins. Elle offre donc l'opportunité de lui suggérer des offres correspondant parfaitement à ses besoins, ce que l'on appelle des « offres Push ».

APPEL ANTI-CHURN

Le « Churn » est le phénomène qui désigne le passage d'un client à la concurrence. *EDF* développe à l'heure actuelle des modèles algorithmiques permettant de prédire le passage d'un client à la concurrence afin de l'éviter. Exemple de donnée entrant dans cet algorithme prédictif : la fréquence de connexion sur le compte personnel EDF. En effet le client qui souhaite résilier son contrat a tendance à se connecter plus souvent pour consulter son contrat et les conditions de résiliations. Cette consultation peut être enregistrée et intégrée à l'algorithme puis associée à d'autres signaux synonymes de mécontentement ou de désir de résiliation. Les résultats de l'algorithme envoient ensuite aux Centres de Relations Clients (CRC) d'*EDF* une liste de clients sur le point de résilier leur contrat.

Fort de sa connaissance client, le CRC peut alors appeler le client *EDF* pour lui proposer une nouvelle offre correspondant mieux à ses besoins ou lui suggérer tout simplement une « offre exclusive fidélité » avantageuse.

PRÉVISIONS VOLUME D'APPEL

Lorsqu'un client a un problème concernant son énergie ou qu'il désire avoir un renseignement sur sa facture, il appelle le service client de son énergéticien. Mais, cet appel n'est pas uniquement conditionné par la survenance de son problème à un moment donné. En effet, on constate que les CRC sont plus souvent contactés à certaines heures de la journée, par temps de pluie, en l'absence d'événements sportifs nationaux à la télévision... Un nombre très important de données extérieures conditionne donc l'appel ou non d'un client et entre donc en compte dans le calcul prédictif du volume d'appels d'un CRC d'*EDF* ou d'*Engie*.

Or c'est là un véritable enjeu compte tenu de la taille des effectifs (et donc des coûts) affectés à la relation client de ces deux entités. Anticiper au mieux ces volumes d'appels permet d'y associer les effectifs nécessaires et évite ainsi des CRC en surproduction ou en sous-production.

ALERTE EFFACEMENT

Avec les compteurs communicants, *Engie* et *EDF* pourront bientôt connaître (sous réserve d'acceptation du client) exactement et en temps réel la consommation énergétique de l'ensemble de leurs clients. Dès lors, on peut imaginer une nouvelle offre aux clients volontaires pour diminuer leur consommation lors des pics de consommation. Une « alerte effacement » serait envoyée sur leurs téléphones portables pour leur conseiller de n'utiliser que le matériel électrique strictement nécessaire au cours de telle tranche horaire dans la journée. Les clients qui jouent le jeu se verraient alors récompensés financièrement avec des rabais sur leur facture énergétique.

On comprend donc que l'enjeu de la transformation numérique et de l'utilisation de la donnée n'est pas seulement un outil marketing destiné à moderniser l'image d'une entreprise. Bien au contraire. C'est un enjeu financier crucial à la fois dans l'optimisation des coûts internes et dans la création de nouveaux services attractifs. La compétitivité des entreprises du secteur de l'Énergie, comme dans bien d'autres secteurs, sera aussi tributaire de la capacité à utiliser les données numériques et à les valoriser correctement.

IV. QUELS OBSTACLES LA RÉVOLUTION BIG DATA DOIT-ELLE SURMONTER POUR TRANSFORMER LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE EN PROFONDEUR ?



A. LA CRAINTE DE L'UTILISATION MALVEILLANTE DES DONNÉES ÉNERGÉTIQUES

Nous l'avons vu en partie II.B.2., beaucoup de solutions innovantes sont lancées sur le marché de l'optimisation énergétique des bâtiments industriels, des bâtiments tertiaires pour en faire des Smart Building ou des logements pour en faire des Smart Home. Si ce marché est considéré comme très porteur car répondant à une problématique de réduction de la consommation énergétique, c'est ailleurs que son avenir se trouve.

En effet, c'est la donnée numérique qui se révèle être la principale source de création de valeur du marché du Home Energy Management (HEM). Et, si, jusqu'à présent, les données utilisées sont relativement limitées (températures intérieures via les capteurs, géolocalisation via la connexion smartphone, conditions météorologiques via la connexion internet...), à l'avenir le champ des possibles semble infini. Comme expliqué en III.C., le marché ouvert par *Nest* en 2010 ne se limite pas à la vente d'une solution qui permet de réduire la facture énergétique. Les solutions de gestion de la maison ou du bâtiment tertiaire peuvent se décliner à tous les niveaux : énergétique bien sûr, mais également sécuritaire, domotique, sanitaire, mais aussi s'étendre au canal de vente/d'achat et de communication avec l'extérieur de la maison... On peut imaginer toutes sortes d'applications découlant d'une plateforme centralisatrice des données liées à la maison et à ses occupants.

Évidemment, l'optique d'une centralisation des données privées en une seule plateforme, produit d'une entreprise qui a un droit de regard voire une propriété sur certaines données collectées, fait peur. Et les questions émergent de la part des utilisateurs : à qui appartiennent les données produites par un thermostat connecté ou un compteur communiquant (l'utilisateur ? l'entreprise productrice du thermostat ?...) ? Où sont stockées les données collectées auprès des utilisateurs ? Quelles sont les applications réalisées à partir de ces données ? Y a-t-il des limites légales à ces applications ?...

Dans le but de répondre à ces questions, de réguler et de protéger l'usage des données personnelles, l'État français a créé la *Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL)*. La loi fondatrice de cette commission date de 1978 mais a été modifiée en 2004. Cette Commission a la responsabilité des missions (CNIL, 2014):

- D'**informer** les citoyens français quant à leurs droits sur l'utilisation de leurs données personnelles et leurs libertés informatiques ;
- De les **protéger** face à d'éventuelles dérives de ces utilisations ;
- De **conseiller** les organes législatifs et régulateurs de l'État sur ces questions ;
- D'**anticiper** les dérives potentielles de violation des libertés individuelles et données personnelles liées aux innovations technologiques et

L'AFFAIRE SAFARI

La peur du fichage et de la surveillance à grande échelle ne date pas d'aujourd'hui. En 1974 est décidée par le Ministre de l'Intérieur la création d'un Système Automatisé pour les Fichiers Administratifs et le Répertoire des Individus (SAFARI). Ce système prévoyait de créer une base de données centralisée de la population, en utilisant le fichier de sécurité sociale comme identifiant commun à tous les fichiers administratifs. Ce nouveau projet provoque alors un tollé généralisé auprès de la presse et de l'opinion publique avec notamment la une du quotidien Le Monde qui titre le 21 mars 1974 : « SAFARI ou la chasse aux Français ».



A la suite de cette affaire sera créée la CNIL pour protéger les données et les libertés personnelles informatiques en France.

(CNRS, 2012)

informatiques afin d'en informer les organes régulateurs et législatifs de l'Etat ;

- De **contrôler** et de **sanctionner** d'éventuels individus, groupes, institutions ou entreprises qui ne respecteraient pas la régulation en vigueur en matière d'utilisation des données personnelles.

C'est donc la *CNIL* qui contrôle et vérifie que les libertés sont bien respectées lorsque des données personnelles sont utilisées par des entreprises pour créer des nouveaux services. Les entreprises qui s'implantent sur le marché du HEM, qui utilisent les données personnelles, sont donc directement concernées par les obligations ci-dessous (CNIL, 2014):

- **La sécurité des fichiers** (art. 226-17 du code pénal) : Tout responsable de traitement informatique de données personnelles doit adopter des mesures de sécurité physiques (sécurité des locaux), logiques (sécurité des systèmes d'information) et adaptées à la nature des données et aux risques présentés par le traitement.
- **La confidentialité des données** (art. 226-22 du code pénal) : Seules les personnes autorisées peuvent accéder aux données personnelles contenues dans un fichier. Il s'agit des destinataires explicitement désignés pour en obtenir régulièrement communication et des « tiers autorisés » ayant qualité pour les recevoir de façon ponctuelle et motivée (ex. : la police, le fisc).
- **La durée de conservation des informations** (art. 226-22 du code pénal) : Les données personnelles ont une date de péremption. Le responsable d'un fichier fixe une durée de conservation raisonnable en fonction de l'objectif du fichier.
- **L'information des personnes** (art. 131-13 du code pénal) : Le responsable d'un fichier doit permettre aux personnes concernées par des informations qu'il détient d'exercer pleinement leurs droits. Pour cela, il doit leur communiquer : son identité, la finalité de son traitement, le caractère obligatoire ou facultatif des réponses, les destinataires des informations, l'existence de droits, les transmissions envisagées.
- **L'autorisation de la CNIL** (art. 226-16 du code pénal) : Les traitements informatiques de données personnelles qui présentent des risques particuliers d'atteinte aux droits et aux libertés doivent, avant leur mise en œuvre, être soumis à l'autorisation de la *CNIL*.
- **La finalité des traitements** (art. 226.21 du code pénal) : Un fichier doit avoir un objectif précis. Les informations exploitées dans un fichier doivent être cohérentes par rapport à son objectif. Les informations ne peuvent pas être réutilisées de manière incompatible avec la finalité pour laquelle elles ont été collectées.

En théorie donc, l'utilisation des données personnelles d'un individu ou d'une personne morale ne peut se faire sans l'accord de ce même individu. Cette utilisation est limitée à une ou plusieurs applications précises pour une durée limitée pour lesquelles l'individu a donné son accord. C'est ce que prévoit le cadre législatif. Évidemment, tous les ans, la *CNIL* sanctionne des petits ou grands groupes qui, par inadvertance/négligence ou volontairement, n'ont pas respecté les principes de protection des données personnelles de leurs clients. Cela prouve bien que des entraves à la protection des données personnelles sont commises de la part de certaines entreprises, et malheureusement, bien souvent, il est assez difficile de prouver ces cas de mauvaises conduites.

Dans le cadre du secteur de l'Énergie et de sa transformation data actuelle, nous pouvons analyser le rôle de la *CNIL* dans le déploiement des compteurs *Linky* d'*ERDF*. Transformation majeure de la relation des consommateurs d'électricité avec leurs fournisseurs, le déploiement de *Linky* a fait l'objet d'une supervision de la *CNIL* notamment pour s'assurer du respect de la vie privée lors de la collecte des données par les compteurs communicants et de leur envoi vers les fournisseurs énergétiques. Cette utilisation des données est-elle conforme ? Quelles doivent en être les conditions ?

La situation est la suivante. Les courbes de charge enregistrées par les compteurs communicants et sur les compteurs communicants (en local donc) ne sont pas automatiquement envoyées aux fournisseurs. La *CNIL* a posé des conditions à l'utilisation de ces données par des tiers, fournisseurs énergétiques ou autre (CNIL, 2015):

- Toute transmission à un tiers des courbes de charge doit être soumise au **consentement de l'abonné** ;
- Les courbes de charge ne peuvent être enregistrées localement que pour une durée **d'une année glissante** ;
- Les consommateurs **peuvent s'opposer au stockage** des données liées à la courbe de charge en local ou supprimer à tout moment l'intégralité de leurs courbes de charge enregistrées en local.

Pourquoi de telles restrictions concernant l'utilisation des courbes de charge des consommateurs ? Les données des courbes de charge sont considérées par la *CNIL* comme très sensibles car permettant de déduire beaucoup d'indicateurs sur la vie privée des individus. Avec une courbe de charge, on peut déterminer les heures de lever et de coucher d'un foyer, les périodes d'absence du foyer, le nombre de personnes présentes dans le logement... autant de données que les consommateurs sont en droit de vouloir conserver privées.

B. LA PEUR D'UNE PERTE DE CONFIANCE DU CONSOMMATEUR

La confiance du consommateur est essentielle dans le domaine de l'Énergie. Le consommateur a besoin de savoir que son fournisseur d'énergie lui facture les quantités effectivement consommées. Il a aussi besoin de croire que son distributeur d'électricité assure un service de qualité, sans coupure, et suivant des normes de sécurité optimales pour éviter tout incident.

Ce lien de confiance qu'*EDF* et *Engie* tentent de conserver à tout prix pour rester les partenaires de référence en matière de fourniture d'énergie est un frein au développement de la data dans le secteur. Face à l'écho médiatique généré par des affaires de mauvaise utilisation des données personnelles des consommateurs, ces derniers ont généralement une assez forte aversion dès lors qu'il s'agit de l'utilisation de leurs données. Ainsi, toute utilisation des données personnelles peut être médiatiquement interprétée comme une tentative d'espionnage individuel ou de surveillance rapprochée du client à des fins commerciales suivant la crainte du phénomène orwellien bien connu du « *Big Brother is watching you* ».

Un « buzz médiatique » négatif de ce type est totalement à éviter pour les grands groupes de l'Énergie, et cela explique en partie le tâtonnement progressif et assez lent dans l'utilisation des données énergétiques de leurs clients.

LE SCANDALE DE LA SMART TV SAMSUNG

La Smart TV de Samsung a fait grand bruit en début d'année 2015 avec sa nouvelle fonctionnalité de commande vocale du téléviseur. Une grande partie des quotidiens nationaux ont relayé une phrase des conditions générales d'utilisation associées à ce téléviseur intelligent : « Nous vous signalons que, si les mots que vous prononcez contiennent des informations privées ou confidentielles, ces informations feront partie des données transmises à un tiers lorsque vous utiliserez le service de reconnaissance vocale ».

Choquée, l'opinion publique s'est largement manifestée contre cette violation de la vie privée bien que le directoire de Samsung se soit défendu d'une utilisation à des fins commerciales ou marketing de ces données collectées. Cependant, en termes d'image et d'impact médiatique, le mal était déjà fait pour la marque Samsung.

(Damien Leloup, 2015)

CONCLUSION & OUVERTURE

Comme expliqué tout au long de notre étude, l'énergie est un facteur essentiel à notre développement. Depuis l'avènement du capitalisme industriel au XIX^{ème}, le développement économique repose sur l'exploitation de ressources énergétiques longtemps considérées comme inépuisables. A l'approche du XXI^{ème} siècle, ce modèle de croissance a peu à peu été remis en question face à des signaux d'alerte forts : réchauffement climatique, appauvrissement des réserves de ressources énergétiques fossiles, contestations sociales... Devant un futur incertain, une prise de conscience sociétale est en train de s'opérer.

Il se pourrait pourtant que les prémisses de notre changement de modèle énergétique aient déjà été posées au cours de ces dernières années. L'explosion sans précédent du volume de données et de leurs applications est une véritable révolution. Si auparavant transition énergétique rimait avec substitution des énergies d'origine renouvelable aux énergies fossiles, l'introduction de la data dans le système pourrait permettre un maintien du confort matériel humain, on parle d'optimisation énergétique.

Notre étude a donné des éléments de réponses à la problématique « Dans quelle mesure les promesses du big data sont-elles une réponse faite à l'impasse énergétique de notre société ? ». En effet, les solutions big data offrent à la fois des clés d'optimisation de notre système énergétique mais aussi facilitent-elles l'intégration, auparavant difficile, des énergies d'origine renouvelable à ce même système. En marge de ces transformations et promesses, de nouveaux acteurs voient dans le big data l'avènement d'opportunités économiques. Peu à peu, ces entités influencent et transforment le paysage traditionnel du secteur de l'Énergie. Les acteurs changent, les Business Model changent et les stratégies de création de valeur aussi. Assurément, ces bouleversements nous amènent à repenser le cadre réglementaire en mesure de fixer les limites nécessaires au big data.

Une des questions qui émerge de notre étude et à laquelle nous n'avons pu répondre est la capacité structurelle des acteurs historiques du secteur de l'Énergie à s'adapter à ce changement de paradigme. Sont-ils réellement en capacité de transformer radicalement leur fonctionnement ? Leur survie est-elle menacée par l'émergence d'une multitude de petits acteurs ? Quelles seraient les conséquences économiques et sociales d'une non adaptation de ces acteurs historiques aux changements data auxquels ils font face ?

GLOSSAIRE

BILAN ÉNERGÉTIQUE

Le bilan énergétique d'un procédé ou d'une activité est mesuré par le ratio entre l'énergie fournie et l'énergie dépensée.

BIOMASSE

Regroupe l'ensemble de la matière végétale susceptible d'être collectée à des fins de valorisation énergétique, notamment le bois, le biogaz, la paille.

CENTRALE À CYCLE COMBINÉ A GAZ

Centrale thermique à turbogénérateurs à gaz, dans laquelle l'électricité est produite à deux niveaux successifs : en premier lieu par les gaz de combustion, et en deuxième lieu par la vapeur produite à partir des mêmes gaz de combustion. Ce procédé permet d'atteindre des rendements thermiques élevés (55 à 60 %, contre seulement 33 à 35 % pour les centrales thermiques classiques).

CLOUD COMPUTING

Un environnement informatique composé de ressources de calcul et de stockage groupées, pouvant être consommées «selon les besoins».

DOMOTIQUE

La domotique (de Domus, la maison avec le suffixe -tique de automatique) représente l'ensemble des procédés d'automatisation et de programmation applicables aux domiciles. Elle recouvre quatre domaines : les économies d'énergie (régulation du chauffage, lancement de tâches couteuses en énergie pendant les heures creuses...), le confort domestique (volets roulants, ouverture et fermeture des portes de garage, démarrage d'une cafetière à heures fixes...), la sécurité (alarmes, caméras, télésurveillance...) et la santé (télésanté, télémedecine...).

ÉNERGIE D'ORIGINE RENOUVELABLE

Les sources d'énergies d'origine renouvelable sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz.

EFFICACITE ENERGETIQUE

Stratégie qui réduit les consommations d'énergie à service rendu égal. Elle entraîne la diminution des coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie, tout en permettant d'augmenter la qualité de vie des usagers présents et futurs.

EMPREINTE CARBONE

Volume de CO₂ émis par la combustion d'énergies fossiles nécessaire à la réalisation d'une activité humaine ou industrielle.

MIX ÉNERGÉTIQUE

Le Mix énergétique, ou bouquet énergétique, est la répartition des différentes sources d'énergie dans la consommation globale d'énergie d'un pays ou d'une zone géographique. La composition du mix énergétique varie pour chaque pays ou chaque région du monde.

OPEN DATA

« Open » signifie « ouvert » et une « data » renvoie à l'idée d'une donnée numérique d'origine privée ou publique. L'open data est le procédé d'ouverture des données et qui consiste à les mettre à disposition de tous facilement et gratuitement. Ce procédé est désormais aussi et surtout un mouvement global qui nous vient des milieux associatifs Anglo-saxons. La philosophie portée par ces mouvements est à l'origine profondément citoyenne. Ainsi, pour eux, un accès libre aux données participe au renforcement de la démocratie. Pour le dire autrement, l'appropriation collective et associative de l'open data doit servir à enrichir le débat démocratique, dynamiser la vie publique et contribuer à réinventer les services publics. Transparence, participation, coproduction et confiance sont au cœur de la démarche de l'open data.

PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Un panneau solaire photovoltaïque, ou module photovoltaïque, est un assemblage de cellules photovoltaïques reliées entre elles par des câbles électriques et recouvertes d'une enveloppe isolante en verre ou en plastique qui les protège des intempéries. Le panneau photovoltaïque est l'unité de base d'une installation solaire : il capte la lumière solaire et la transforme en électricité.

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement climatique, appelé aussi réchauffement planétaire ou réchauffement global, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère terrestre observé depuis plusieurs décennies. Le réchauffement global se traduit localement par des dérèglements climatiques. Ce phénomène est étudié en continu par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) depuis 1988.

ROTOR (ÉOLIEN)

Le rotor d'une éolienne est composé du nez et de l'hélice (construits sur le même modèle qu'un avion). Son rôle est de convertir l'énergie du vent en énergie mécanique.

TONNE ÉQUIVALENT PÉTROLE (TEP)

La tonne d'équivalent pétrole (TEP) est une unité de mesure de l'énergie couramment utilisée par les économistes pour comparer les énergies entre elles. L'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole moyen représente environ 11 600 kWh. Les Anglo-Saxons utilisent également le baril équivalent pétrole, ou BOE (barrel of oil equivalent) qui équivaut 0,135 tep environ, selon l'équivalence. 1 tep = 7,3 barils environ (le baril étant une mesure de capacité valant 159 litres).

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La transition énergétique désigne le passage du système actuel de production d'énergie, principalement axé sur des énergies non renouvelables (pétrole, gaz, charbon), à un mix énergétique basé en grande partie sur des énergies d'origine renouvelable.

Glossaire élaboré à partir des glossaires d'IFP Énergies Nouvelles, Planète Énergies, du CRE et d'EMC².

RÉFÉRENCES

Électricité de France. (2015). *EDF*. Consulté le Octobre 2015, sur EDF: <https://www.edf.fr/>

British Petroleum. (2015). *BP Statistical Review of World Energy*. BP.

Buildings. (Novembre, 2015). How Smart Buildings Save Energy. *Buildings* , 9.

C3 Energy. (2015). *C3 Energy*. Consulté le Novembre 2015, sur C3 Energy: <https://c3energy.com/>

CleanTech Republic. (2014, Janvier). *Avec Nest, Google affiche ses ambitions sur le marché de la domotique*. Consulté le Novembre 2015, sur CleanTech Republic: <http://www.cleantechrepublic.com/2014/01/22/avec-nest-google-affiche-ses-ambitions-sur-le-marche-de-la-domotique/>

CNIL. (2015, Novembre). *Compteurs communicants Linky: la position de la CNIL sur le stockage local de la courbe de charge*. Consulté le Novembre 2015, sur CNIL: <http://www.cnil.fr/linstitution/actualite/article/article/compteurs-communicants-linky-la-position-de-la-cnil-sur-le-stockage-local-de-la-courbe-de-charge/>

CNIL. (2014). *Institutions, Missions*. Consulté le Novembre 2015, sur CNIL: <http://www.cnil.fr/linstitution/missions/>

CNRS. (2012, Novembre). *Origine de la loi informatique et libertés*. Consulté le Novembre 2015, sur CNRS: <http://www.cil.cnrs.fr/CIL/spip.php?article1871>

Commissariat général à la stratégie et à la prospective. (2014). *La crise du système électrique européen*. République Française.

CRE. (2014). *De la Maison Communicante au Bâtiment Intelligent*. Consulté le Novembre 2015, sur Smart Grids - CRE: <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smarthome-maison-batiment-intelligent>

CRE. (2014). *L'acceptation de l'effacement par les consommateurs*. Consulté le Novembre 2015, sur Smart Grids - CRE: <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=flexibilite-demande-acceptation-effacement>

CRE. (2014). *Le Bâtiment Intelligent*. Consulté le Novembre 2015, sur Smart Grids - CRE: <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smarthome-batiment-intelligent>

Damien Leloup. (2015, Février). *Téles connectées: un espion dans le salon?* Consulté le Novembre 2015, sur Le Monde: http://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/02/11/teles-connectees-un-espion-dans-le-salon_4573664_4408996.html

data Business. (2014). *data Business*. Consulté le 2015, sur data Business: <http://www.data-business.fr/>

Direct Énergie. (2011). *Tout Savoir sur le Marché de l'Énergie*. Paris: Direct Énergie.

E.ON. (2015). *E.ON*. Consulté le Septembre 2015, sur E.ON: <https://www.eon.fr/fr.html>

EDF ENR. (2015). *SmartFlower*. Consulté le Novembre 2015, sur EDF ENR: <http://www.edfenr.com/smartflower>

EMC2. (2014, Avril). *The Digital Universe of Opportunities: Rich data and the Increasing Value of the Internet of Things*. Consulté le Octobre 2015, sur EMC2: <http://www.emc.com/leadership/digital-universe/2014iview/index.htm>

Énergie Facteur 4. (2014). *kW, kWh, kWc, kVA ?* Consulté le Novembre 2015, sur Énergie Facteur 4: <http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-techniques/kw-kwh-kwc-kva.html>

ENGIE. (2015). *Engie*. Consulté le Septembre 2015, sur Engie: <http://www.engie.com/>

ENTSOE. (2015). *Who is ENTSO-E*. Consulté le Octobre 2015, sur ENTSOE - Reliable Sustainable Connected: <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/Pages/default.aspx>

ERDF. (2015). *ERDF*. Consulté le Septembre 2015, sur ERDF: <http://www.erdf.fr/>

ERDF. (2014). *Linky, le compteur communicant d'ERDF*. Consulté le Novembre 2015, sur ERDF: <http://www.erdf.fr/linky-le-compteur-communicant-derdf>

Ernst&Young. (2015, Janvier 1). *L'acceptation de l'effacement par les consommateurs*. Consulté le Novembre 1, 2015, sur SMART GRIDS - CRE: <http://www.smartgrids-cre.fr/>

Gazprom. (2015). *Gazprom*. Consulté le Octobre 2015, sur Gazprom: <http://www.gazprom.com/>

GE. (2015). *2.5-120 and 2.75-120 Wind Turbine*. Consulté le Novembre 2015, sur Renewables General Electric Power: <https://renewables.gepower.com/wind-energy/turbines/275-120.html>

GRDF. (2015). *GRDF*. Consulté le Septembre 2015, sur GRDF: <http://www.grdf.fr/>

GreenLys. (2012). *GreenLys*. Consulté le Novembre 2015, sur GreenLys: <http://greenlys.fr/>

GRTgaz. (2015). *GRTgaz*. Consulté le Septembre 2015, sur GRTgaz: <http://www.grtgaz.com/>

Le-Gaz. (2015). *Le-Gaz.fr*. Consulté le Octobre 2015, sur Le-Gaz.fr: <http://www.le-gaz.fr/>
McKinsey. (2011). *big data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity*. McKinsey.

Netatmo. (2015). *Netatmo*. Consulté le Octobre 2015, sur Netatmo: <https://www.netatmo.com/fr-FR/site>

Noémi Marois. (2015, Février). *Pourquoi la ligne très haute-tension France-Espagne est un exploit*. Consulté le Novembre 2015, sur Europe 1: <http://www.europe1.fr/economie/la-ligne-tres-haute-tension-france-espagne-un-exploit-technologique-2379271>

Paris Tech Review. (2015, Juillet). *Stockage de l'électricité: le pari d'Elon Musk est-il tenable?* Consulté le Novembre 2015, sur Paris Tech Review: <http://www.paristechreview.com/2015/07/10/stockage-electricite-elon-musk-powerwall/>

Qualistéo. (2015). *Qualistéo*. Consulté le Octobre 2015, sur Qualistéo: <http://qualisteo.com/ws/>

RES. (2015). *RES*. Consulté le Septembre 2015, sur RES: <http://www.eoleres.com/fr/>
Revue Générale Nucléaire. (2000). *Le nucléaire dans la concurrence avec les autres énergies. Revue Générale Nucléaire* .

RTE. (2015). *RTE France*. Consulté le Septembre 2015, sur RTE France: <http://www.rte-france.com/>

Schneider Electric. (2014). *My Schneider Electric - Wiser*. Consulté le Novembre 2015, sur Schneider Electric: <http://my.schneider-electric.com/fr/wiser/>

SDM. (2015, Septembre). *Beyond the Smart Home: Building Connected Communities. Security Distributing & Marketing* , 147-148.

Strategy+Business. (2015, Juillet). *A Strategist's Guide To Power Industry Transformation*. Consulté le Novembre 2015, sur Strategy+Business: <http://www.strategy-business.com/article/00355?gko=9fa18>

The Guardian. (2011, Avril). *TomTom satnav data used to set police speed traps*. Consulté le Novembre 2015, sur The Guardian: <http://www.theguardian.com/technology/2011/apr/28/tomtom-satnav-data-police-speed-traps>

TOTAL. (2015). *Planète Énergies*. Consulté le Septembre 2015, sur Planète Énergies: <http://www.planete-energies.com/>

Total. (2015). *Total*. Consulté le Septembre 30, 2015, sur Total: <http://www.total.com/fr>

Vie Publique. (2015). *Quelles sont les grandes dates de la construction européenne?* Consulté le Octobre 2015, sur Vie Publique: <http://www.vie-publique.fr/decouverte-institutions/union-europeenne/ue-citoyennete/construction-europeenne/quelles-sont-grandes-dates-construction-union-europeenne.html>

World Energy Council. (2013). *World Energy Resources*. World Energy Council.

Xerfi. (2014). *Le Marché du Gaz*. Paris: Xerfi.

Xerfi. (2014). *Le marché et la filière de l'électricité en France*. Paris: Xerfi.

ANNEXES

PART DE MARCHÉ DES PRINCIPAUX PRODUCTEURS D'ÉLECTRICITÉ (en France, en 2014) – Étude Xerfi : « Le marché et la filière de l'électricité en France », 2014

Acteur	Pays d'origine	Part de marché en volume d'électricité produit
EDF	France	78,0%
Engie (GDF Suez)	France	8,0%
E.on	Allemagne	2,0%
Verbund (**)	Autriche	0,4%
EOLE-RES	Royaume-Uni	0,4%
Alpiq	Suisse	0,4%
Solairdirect	France	< 0,2%
Wind Prospect	France	< 0,2%
Eolfi	France	< 0,2%
EDF Renovais	Portugal	< 0,2%
Kallista Energy	France	< 0,2%
Suez	France	< 0,2%
Veolia	France	< 0,2%

(*) Liste non exhaustive / (**) Verbund a annoncé en juin 2014 la vente au groupe d'investissement américain KKR de ses centrales électriques en France / Traitement Xerfi / Source : Xerfi d'après opérateurs, CRE et RTE, données 2014

PART DE MARCHÉ DES PRINCIPAUX FOURNISSEURS D'ÉLECTRICITÉ (en France, en 2014) – Étude Xerfi : « Le marché et la filière de l'électricité en France », 2014

Acteur	Pays d'origine	Part de marché en volume d'électricité livré
EDF	France	80,0%
Engie (GDF Suez)	France	5,0%
Alpiq	Suisse	2,5%
E.on	Allemagne	2,5%
Enel	Italie	2,5%
Vattenfall	Suède	1,5%
Direct Énergie	France	1,0%
Enercoop	France	< 0,2%
Planète OUI	France	< 0,2%
Alterna	France	< 0,2%

(*) Liste non exhaustive / Traitement Xerfi / Source : Xerfi d'après opérateurs, CRE et RTE, données 2013

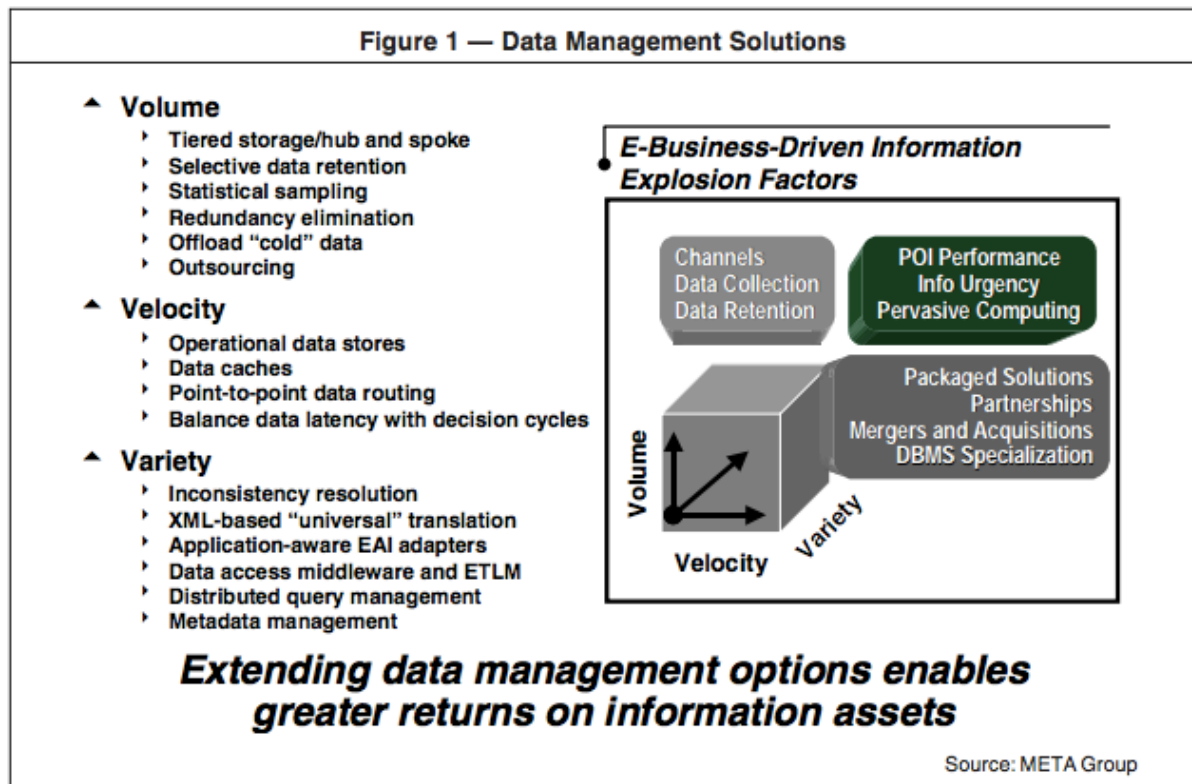
PART DE MARCHÉ DES PRINCIPAUX FOURNISSEURS DE GAC (en France, en 2014) – Étude Xerfi : « Le marché du gaz en France », 2014

Groupes	Pays d'origine	Part de marché
		en volume de gaz livré (*)
GDF Suez	France	55,0%
Total	France	9,0%
Eni	Italie	8,5%
Solvay (**)	France	4,5%
EDF	France	4,4%
E.On	Allemagne	1,5%
Statoil (***)	Norvège	1,5%
Gas Natural Fenosa	Espagne	1,0%
Endesa	Espagne	< 1,0%
Direct Energie	France	0,5%
UGI (Antargaz)	France	0,5%
Lampiris	France	< 0,5%

(*) Marché résidentiel et non résidentiel / (**) Produit du gaz principalement pour son propre compte

(***) Statoil n'a pas de société domiciliée en France

Traitement Xerfi / Source : Xerfi d'après opérateurs et CRE, données au 31 décembre 2012



INFOGRAPHIE « THE DIGITAL UNIVERSE OF OPPORTUNITIES » - EMC², 2014

