Revue COSSI

N° 5 | 2018
Processus de normalisation et durabilité de l'information

Entre processus de normalisation et durabilité de l'information digitale, vers une nouvelle dépendance à la faveur de l'énergie numérique

Sous titre par défaut

Viviane Du Castel
Doctorant
LIPHA
UPEC, Créteil

Édition électronique :
URL :
https://revue-cossi.numerev.com/articles/revue-5/1840-entre-processus-de-normalisation-et-durabilite-de-l-information-digitale-vers-une-nouvelle-dependance-a-la-faveur-de-l-energie-numerique
DOI : 10.34745/numerev_1616
ISSN : 2495-5906
Date de publication : 30/11/2018

Cette publication est **sous licence CC-BY-NC-ND** (Creative Commons 2.0 - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification).

Pour **citer cette publication** : Du Castel, V. (2018). Entre processus de normalisation et durabilité de l'information digitale, vers une nouvelle dépendance à la faveur de l'énergie numérique. *Revue COSSI*, (5). https://doi.org/https://doi.org/10.34745/numerev_1616

Les processus de normalisation et de durabilité de l'information digitale sont autant de défis à relever pour les acteurs et les structures du secteur énergétique. Ainsi, de nouvelles formes de dépendance influencent les processus (normes, standards), impactant l'identification et la durabilité des informations.
L'énergie numérique passe par des vecteurs d'information perçus comme des moyens d'actions stratégiques- résultat des interactions entre l'énergie et le numérique-, qui s'appuient, sur des leviers qui sont à la fois des potentialités de disruptions et de croissance du secteur énergétique, transformant les dynamiques vers de nouvelles normes et de nouveaux processus. L'objectif de cet article vise à approfondir la compréhension des interactions entre l'énergie et le numérique en étudiant les complémentarités et les phénomènes amenant des disruptions normatives dans les processus et la standardisation du secteur.
La méthodologie repose sur le constat que l'énergie numérique modifie les processus, les normes et les standards de référence des acteurs et des opérateurs du secteur dans la guerre économique et l'information numérique. Ce travail vise à identifier des axes de recherches sur l'énergie numérique afin de développer des outils d'optimisation et de valorisation stratégiques sectoriels, comme réponses aux nouveaux défis.
Pour répondre à cet objectif, les propos de cet article sont structurés en trois parties. La première partie porte sur l'énergie numérique au cœur des processus de normalisation. La deuxième partie présente la transition énergétique numérique face à la durabilité des informations ; enfin, une troisième partie envisage les nouvelles disruptions numériques et de nouveaux enjeux constitutifs des nouveaux processus.

Mots-clefs :
Big data, Energie numérique, Influence, Révolution numérique, Réseaux intelligents

---

Abstract : The standardization and sustainability processes of digital information are challenges for actors and structures in the energy sector. Thus, new forms of dependence influence processes (norms, standards), challenging the identification and durability of information.
Digital energy passes through information vectors perceived as means of strategic actions - the result of interactions between energy and digital - which rely on levers that are both potential disruptions and a way to improve the efficiency in the energy sector, transforming dynamics into new standards and new processes. The aim of this article is to deepen the understanding of the interactions between energy and digital, by

studying the complementarities and the phenomena leading to normative disruptions in the processes and the standardization of the sector.
The methodology is based on the observation that digital energy modifies the processes, standards and reference standards of actors and operators of the sector in the economic war and digital information. This work aims is to identify areas of research on digital energy in order to develop sector-based strategic optimization and valorization tools, as answers to new challenges.
To meet this objective, this article is structured in three parts. The first part focuses on digital energy at the heart of standardization processes. The second part presents the digital energy transition to the sustainability of information; finally, a third part considers new digital disruptions and new issues that constitute new processes.

Keywords : Digital Energy- Digital Revolution- Influence- Big Data- Smart Grids

INTRODUCTION

L'information digitale[1] dans le cadre de la révolution numérique[2], accentuée par les nouveaux processus de normalisation[3] et de durabilité des faits[4], s'inscrit dans une nouvelle forme de dépendance pour le secteur énergétique[5]. De cette situation, c'est toute la durabilité du secteur de l'énergie qui est visée. Les grandes entreprises du secteur du numérique[6] sont positionnées dans une stratégie de contrôle du secteur afin de répondre aux nouveaux processus de normalisation, le cas échéant, aux côtés des Etats. La durabilité des informations va de pair avec leur volumétrie, leur vélocité et la variété de leurs contenus, enjeux majeurs de l'influence à l'horizon 2030-2050 (Lorenzi, 2017).

Le secteur de l'énergie traite de données depuis longtemps déjà. Le défi du numérique réside dans le volume à gérer et à analyser pour une exploitation rationnelle et optimale. La transition énergétique[7] amplifie cette situation dans la mesure où l'intégration des énergies renouvelables, intermittentes et aléatoires sur les réseaux[8], l'arrivée de nouvelles normes et standards (ex. : véhicules électriques, *Smarts Cities*[9], etc.) mais aussi de nouveaux processus de consommation (autoconsommation individuelle et collective, des effacements diffus ou non, etc.), qui impliquent une adaptabilité maximale pour répondre aux mutations en cours de manière à assurer en permanence l'équilibre entre production et consommation. L'énergie devient 4.0[10]. (du Castel, 2017). Dans ce cadre, les industries énergétiques travaillent de concert avec les réseaux énergétiques, indispensables pour le transport et le transit ainsi que la distribution énergétique.

Au-delà des questions énergétiques globales, la transition énergétique préoccupe les dirigeants, dans un contexte géopolitique en mutation. Celle-ci repose sur de nombreuses incertitudes technologiques et de ressources, outre les dimensions de standardisation et normatives (prix de l'énergie, conjoncture économique, réponse des différents secteurs quant aux disponibilités de la loi de transition énergétique et les

décisions réglementaires à venir). La révolution numérique[11] en marche concerne le secteur énergétique où le régulateur et les processus de normalisation influent les enjeux de la digitalisation. Dans le sillage de la troisième révolution industrielle, le concept d'énergie numérique repose sur les technologies de l'information et de la communication (TIC) qui se sont développées par des applications numériques de l'énergie, soumises à des processus de production de normes et de standardisation impliquant une nouvelle forme disruptive de dépendance (Babinet 2016). Actuellement, énergie et numérique (Rieffel, 2014) sont des éléments indissociables, tant leur développement et leur mise en œuvre sont autant de réponses aux nouveaux enjeux et aux nouveaux défis[12]. Cet article vise justement à approfondir la compréhension des interactions entre l'énergie et le numérique, en étudiant les complémentarités et les phénomènes amenant des disruptions normatives, dans les processus et la standardisation du secteur énergétique. Ainsi, les réseaux intelligents (ou *Smart Grids*)[13] s'imposent comme le vecteur essentiel de l'énergie numérique- résultat de l'interaction entre l'énergie et le numérique- vers une normalisation de la poly-activité (Jeanneret Y, 2011). Les technologies des *Smart Grids* favorisent une plus grande flexibilité de la gestion et de l'équilibre du système électrique en insérant dans les réseaux davantage d'énergies renouvelables, mais aussi plus d'intelligence et plus de flexibilité.

Dans ce cadre, la transition énergétique apparaît comme un axe stratégique majeur où le numérique sera un déterminant, notamment en raison de la dérégulation des marchés de l'électricité. (Mérenne Schumker, 2011). Les marchés *peer-to-peer*[14] vont sans doute ainsi être amenés à évoluer pour aboutir à un décongestionnement local et adapté des réseaux électriques au niveau interrégional, impliquant une nouvelle forme de contrôle. La digitalisation favorise ainsi un redéploiement des réseaux intelligents vers une production plus décentralisée, tant au niveau global (plaque européenne), que national ou local. Dans cet ordre d'idées, les clients peuvent accéder directement à la chaîne de valeur du système électrique ainsi qu'à des systèmes d'autocontrôle (Accenture, 2011).

Dans ce cadre, la digitalisation apparaît comme un vecteur de l'émergence et du positionnement de nouveaux acteurs, avisés et impliqués. En effet, des capteurs vont ainsi se déployer vers des opérateurs en capacité d'analyser l'ensemble du système électrique pour produire des offres, optimiser les investissements et mieux gérer l'équilibre production-consommation. Les industriels s'adaptent aux attentes de leurs clients en proposant de nouveaux services adaptés, toujours plus tournés vers des processus et des normes spécifiques (Fabre, 2013 et www.enedis.fr).

Dans ce contexte, il convient d'analyser les mutations du marché électrique, afin d'optimiser l'efficience énergétique[15] (www.edf.fr) pour les consommateurs.

Le système électrique 4.0 favorise ainsi une digitalisation énergétique au sein de laquelle le consommateur devient consom'acteur (Baud, 2015)[16], notamment grâce aux réseaux intelligents, aux objets connectés et à l'optimisation énergétique (Guerassimoff, 2014)[17].

La digitalisation énergétique constitue un ensemble de processus, de normes et de standards, mettant en avant des composants du travail d'un nouveau genre. Ainsi, ce travail numérique favorise de nouvelles normes énergétiques qui sont autant de disruptions, dans un contexte global de nouvelles méthodes de travail, où des systèmes numériques et numérisés remplacent progressivement des pans entiers de tâches qui ne sont plus effectuées par des hommes. Ces derniers connaissent une évolution de leur travail vers davantage de contrôle (mouchards virtuels), de surveillance et de régulation. Ces disruptions impliquent une évolution du modèle économique dans un écosystème informationnel (Cardon et al, 2015).

Le secteur énergétique est illustratif, surtout pour l'énergie numérique, des nouveaux processus de normalisation de l'information digitale. Ainsi, les normes s'inscrivent dans une dimension politique qui s'appuie sur l'acceptabilité sociale normative. Dans ce contexte, les normes conditionnent les usages et les outils favorisant le secteur numérique. Ce dernier apparaît comme un levier de croissance du secteur énergétique, en transformant les dynamiques actuelles (Jeanneret, 2011) vers de nouvelles normes, de nouveaux processus ainsi que des modes de conception alternatifs, favorisant des perspectives durables par une dynamique de normalisation de plus en plus participative (Morin, 1996). L'objectif de cet article vise justement à approfondir la compréhension des interactions entre l'énergie et le numérique en étudiant les complémentarités et les phénomènes amenant des disruptions normatives, dans les processus et la standardisation du secteur énergétique. De manière plus précise, il s'agit d'étudier les implications des enjeux et des opportunités de l'énergie numérique.

La méthodologie repose sur le constat que l'énergie numérique modifie les processus, les normes et les standards de référence des acteurs et des opérateurs du secteur dans la guerre économique et de l'information numérique. L'UE tend à améliorer ses performances énergétiques : diminuer les gaspillages, rationaliser la consommation énergétique dans les transports (*Smart Grids*)[18], optimisation des villes et des régions et énergie résidentielle (*Smart Cities*)[19]. Dans le même temps, il est nécessaire de renforcer les interconnexions entre pays européens et sur les réseaux intelligents de distribution paneuropéens. Ainsi, il est nécessaire d'accroître l'efficacité et l'interopérabilité des systèmes d'information et de communication mais aussi de standardisation des productions. Ce travail vise à identifier des axes de recherches sur l'énergie numérique afin de développer des outils d'optimisation et de valorisation stratégiques sectoriels par la R&D, et ce, comme autant de réponses aux nouveaux défis.

L'objectif de cette communication est de montrer la manière dont les énergéticiens s'appuient sur les normes, en matière d'énergie numérique. Celles-ci, jusqu'à présent, reposent essentiellement sur les usages et les positions géostratégiques des sources géographiques des énergies fossiles. Certains Etats ont su accroître leur richesse et leur puissance par ces biais. Les enjeux territoriaux étaient (et sont encore) de fait très importants : passages stratégiques des oléoducs, des gazoducs, etc. Ce sont les normes jusqu'à présent qui étaient le référant de conformité des modèles. L'énergie numérique est la composante majeure de l'énergie de demain, tremplin pour l'électricité

renouvelable. Révolution numérique, transition énergétique et participation citoyenne sont trois composantes favorisant le développement de l'ensemble des activités économiques, dans un monde en mutation vers de nombreuses disruptions. Une interaction entre ces trois éléments s'opère s'associant aux *Smart Grids*, *Blockchains*[20], sécurité des réseaux, etc. De même, le nucléaire et de facto la maitrise de cette énergie reste très stratégique. Il est donc possible actuellement de cartographier les pays les plus stratégiques et influents dans ces domaines énergétiques quelques soient les sources (hydrocarbures, énergies renouvelables, nucléaire, etc.) envisagées et utilisées.

La disparition à terme de ces énergies fossiles et l'accroissement des énergies renouvelables va considérablement impacter les équilibres géostratégiques. Certes, certains pays et certaines entreprises (comme Total) ont déjà commencé à investir dans ces nouvelles normes énergétiques pour conserver une certaine longueur d'avance. Mais là où le pétrole, le gaz, (etc.) sont attachés à une source fixe, il n'en est pas de même pour les énergies renouvelables. Les avantages vont venir de ce que les territoires pourront offrir pour accueillir et développer les énergies renouvelables : espaces dédiés ; luminosité du Soleil pour l'énergie solaire ; proximité de mers ou d'océans pour les énergies marines : énergie marémotrice issue des marées, énergie hydrolienne issue des courants, énergie houlomotrice issue des vagues et de la houle, énergie thermique des mers issue de la chaleur des océans, l'énergie osmotique issue de la salinité, (etc.) sans compter des énergies créées par les micro-algues, la géothermie, etc. Les cartes géostratégiques et géopolitiques seront différentes et cette évolution va redistribuer davantage encore la donne sur les intérêts géographiques.

La problématique de l'énergie numérique est liée aux processus de normalisation et de standardisation. Les relations entre l'information digitale et la durabilité de l'information s'orientent vers de nouveaux comportements, de nouveaux usages. Elles posent, par voie de conséquence la question de la dépendance sous une nouvelle forme. De celle des hydrocarbures à celle de l'information digitale.

La problématique du temps est également liée au changement et à l'efficacité et se rapproche de la prise en compte de l'accompagnement du changement dans le temps[21]. C'est l'effet « chaussure neuve ». Il faut parfois un temps d'adaptation. Au même titre, la performance et les résultats ne sont pas immédiats. La courbe des résultats peut s'infléchir avant de présenter de meilleurs résultats par rapport à la situation d'origine. De fait, sur la période entre 2018 et 2050, à partir de quand verrons-nous s'infléchir l'usage actuelle des énergies vers une nouvelle forme de consommation et d'usages énergétiques ?

Pour répondre à cet objectif, les propos ci-après de cet article sont structurés en trois parties. La première partie porte sur l'énergie numérique au cœur des processus de normalisation. La deuxième partie présente la transition énergétique numérique face à la durabilité des informations ; enfin, dans une troisième partie envisage les nouvelles disruptions numériques et de nouveaux enjeux constitutifs des nouveaux processus.

ENERGIE NUMERIQUE, AU CŒUR DES PROCESSUS DE NORMALISATION

Trois points sont abordés dans cette première partie. La première partie porte sur les acteurs du secteur, vecteurs d'influence (a) ; les interconnexions du secteur et les *Big Data* (b) ; l'interopérabilité et synergie du numérique et de l'énergie ; une industrie en mutation (c).

Les acteurs du secteur, vecteurs d'influence

Les acteurs du secteur énergétique sont au cœur des nouvelles mutations. L'ensemble des acteurs[22] du secteur énergétique ont un rôle majeur dans le nouvel écosystème. Aux côtés des acteurs des TIC[23], l'énergie numérique influence le nouveau paysage énergétique, tout en étant un levier de croissance qui s'inscrit dans une révolution industrielle. Celle-ci est le fruit d'une grappe d'innovations (Accenture, 2014).

La révolution numérique (Babinet, 2016) dans le secteur de l'énergie s'impose comme un soutien à l'innovation, prenant en compte l'acquisition de compétences numériques ainsi que l'appropriation des outils. De ces mutations du système électrique, des ruptures technologiques et des questions pour les consommateurs vont apparaître. Elles représenteront autant d'enjeux pour le secteur énergétique liés aux défis des nouvelles technologies et à la pérennité des apports du numérique. Les géants du numérique[24] s'imposent alors comme indispensables au plan technologique mais aussi pour le développement du secteur.

D'ici 2030, la demande d'énergie fossile devrait s'accroître de 60 %, en raison de la faiblesse des ressources énergétiques européennes et par voie de conséquence, augmentera une dépendance énergétique déjà forte dans certains pays en particulier, par rapport au gaz ; sauf s'ils développent des stratégies alternatives aux oléoducs et aux gazoducs (www.iea.org).

Dans ce contexte, la politique de sécurité des approvisionnements énergétiques de l'Union européenne (UE) doit être indissociable de la maîtrise de la demande (économie d'énergie, ressources énergétiques alternatives à hauteur de 23 %, etc.), ce qui suppose une politique commune au plan européen (du Castel, 2017). C'est à ce prix que peut être envisagée l'indépendance énergétique et dans un premier temps, son autonomie stratégique. (Mérenne Schumaker, 2011)[25]

L'émergence du pétrole et du gaz de schistes (et hydrocarbures non conventionnels plus globalement) en Europe et la maîtrise de la capacité technique, mais surtout la stratégie politique à les exploiter sont des éléments de la nouvelle donne géo-énergétique en construction. Elle s'est bâtie autour d'impératifs géopolitiques qui la poussent vers une interpénétration inédite de l'exploitation des ressources naturelles, afin de parvenir à une transition énergétique plus adaptée aux besoins. Les processus de standardisation ainsi que les normes vont évoluer, remettant en question les

relations vers de nouvelles opportunités technologiques, de connaissances mais aussi d'employabilité (vers davantage d'entrepreneuriat et de poly-activités) (Nicolescu, 1996 et du Castel, 2011). Il s'agit de perceptions et de positions environnementales liées à la capacité de développer des technologies d'extraction plus propres.

Le nucléaire apparaît aussi comme une énergie indispensable à tout État visant l'indépendance énergétique, à l'image de la demande du Japon : révision du calendrier de fermeture des centrales nucléaires accompagnée d'une demande de redémarrage de centrales déjà fermées dans un contexte néanmoins particulier lié aussi à son insularité. (Les Echos, 2012 ; Mesmer, 2012)

L'éventualité de la sortie du nucléaire ne pourrait se faire qu'avec un accroissement du charbon, du pétrole et du gaz, à l'image de l'expérience menée en Allemagne[26]. Les énergies renouvelables (dites « énergies fatales »), par nature intermittentes et aléatoires, sont insuffisantes et inadaptées pour remplacer le nucléaire (même si un problème non totalement résolu demeure, celui des déchets) (Bezat et al, 2011).

Le développement des énergies renouvelables ne peut pas s'effectuer globalement sans la résolution des problématiques de stockage de l'électricité en grande quantité (Assemblée nationale, 2014).

Les défis induits par l'identification des logiques et des structures évoluent vers une nouvelle durabilité des informations détenues et utilisées par le secteur énergétique.

Interconnexions du secteur énergétique et les *Big Data*[27]

Ces enjeux nécessitent un renforcement des interconnexions des pays européens et des réseaux intelligents de distribution nationaux et paneuropéens. La digitalisation sera alors un vecteur d'optimisation des processus industriels, de transport et de distribution. Dès lors, le secteur énergétique s'inscrit dans une nouvelle forme de dépendance, vecteur de disruption.

Le système électrique numérique est un enjeu fondamental pour les énergéticiens, tant les incidences directes et indirectes sont porteuses d'avenir. Le numérique énergétique tend à se développer afin d'optimiser la chaîne de valeur (http://www.senat.fr/rap/r97-331-t1/r97-331-t143.html).

La digitalisation tend à devenir, dans le secteur énergétique, un véritable levier d'optimisation opérationnelle, tant elle permet de nouvelles opportunités basées sur de nouvelles expériences et de nouveaux processus de standardisation et de normes : comptage et pilotage des consommations d'énergie, compteurs intelligents, interopérabilité des réseaux de bornes de rechargement, nouveaux modes d'achat d'énergie avec des offres on line, effacement, agrégation d'effacement, de stockage ou de production, écrêtement de production, autoconsommation individuelle et collective,... Cet ensemble de nouveaux systèmes induit une inversion de la gestion de l'équilibre production consommation ainsi que la durabilité des informations. Alors que

jusqu'à présent c'est la consommation qui dicte la production, demain c'est la production qui pourra orienter la consommation en particulier grâce aux signaux tarifaires (du Castel, 2017).

Le secteur énergétique se concentre également sur les problématiques d'interopérabilité tant les enjeux sont importants et non dénués de risques dans l'emploi et le développement optimal de l'infrastructure globale. Cette position est renforcée par des procédures de normalisation tant nationales qu'internationales depuis les installations de recharges de véhicule électrique, jusqu'au langage de communication, aux interfaces, (etc.). Les mouvements technologiques majeurs tendent ainsi vers une connaissance universelle entraînant de nouvelles opportunités entrepreneuriales (plateformes) (Lorenzi, 2017).

Dans ce cadre, il convient également de prendre en compte la régulation afin de favoriser l'émergence d'un service optimal au meilleur coût[28] (Heinderyckx, 2015). De nouveaux modèles économiques ont ainsi fait leur apparition, notamment en ce qui concerne les enjeux d'effacement[29], d'autoconsommation individuelle et collective, etc. (www.rte-france.com) Ainsi, les technologies de l'énergie 4.0 apportent au moins des axes de solutions dans les nouveaux écosystèmes en construction. De nouvelles concurrences géo-énergétiques se mettent ainsi en place (Equateurs Documents, 2017).

La lutte contre les effets négatifs du changement climatique passe par l'énergie à bon escient et, dans le même temps, à la réduction de la dépendance aux énergies carbonées, tout en favorisant les énergies renouvelables et le nucléaire qui constituent des leviers d'une croissance décarbonée de la chaîne de valeur du système électrique (ex. : Smart Cities, durabilité territoriale, nouveaux usages, nouveaux comportements, etc.). Dans ces conditions, il est nécessaire d'anticiper à l'horizon 2050 et notamment en ce qui concerne les nouveaux processus en construction (www.rte-france.com).

Dans le même temps, le consommateur veut jouer un rôle accru et disposer d'outils spécifiques[30] et adéquats, afin d'être véritablement au cœur des réseaux électriques en agissant sur l'équilibre de l'offre-demande, en adoptant des comportements d'effacement en diminuant sa consommation ou de déplacement de consommation en la décalant en dehors des pics de consommation vers les pics de production, en consommant lorsqu'il y a des énergies renouvelables. De consom'acteur, il devient flexi-consommateur. Ces évolutions sont notamment en expansion en raison de l'insertion des énergies renouvelables sur les réseaux. Elles seront favorisées par des offres adaptées (www.edf.fr). De nouvelles normes et de nouveaux standards se font jour.

Interopérabilité et synergie du numérique et de l'énergie

De nombreuses synergies se développent afin de favoriser le numérique au sein du secteur énergétique. Les Digital Factories[31] d'Engie et de General Electric vont ainsi, à titre illustratif, être de plus en plus mutualisés, afin d'optimiser leurs performances respectives dans de nombreux domaines : fiabilité des actifs de production, gestion des ressources, transformation digitale, processus de standardisation, normes, etc.

(www.ge.com)

Comme les systèmes énergétiques se digitalisent de plus en plus, il devient indispensable de répondre aux enjeux de la transition énergétique, mais aussi de la sécurité des approvisionnements et de la compétitivité des écosystèmes énergétiques. Dans ce contexte, de nombreuses anticipations ont été effectuées, afin de favoriser, notamment une intercompréhension de tous les acteurs, tant dans leurs objectifs que dans les défis qu'ils ont à relever (Accenture, 2014).

Le développement des systèmes et des réseaux intelligents s'inscrit dans ce cadre. Dès lors, les régulateurs vont avoir également à gérer les flux informationnels et les optimisations d'investissements. Les améliorations en termes d'efficience allocative et productive seront au cœur d'une concurrence accrue qui devra en parallèle minimiser les risques de pouvoir de marché. Tout s'effectuera aux conditions réelles et immédiates du marché, y compris en matière d'énergies renouvelables, de nouvelles technologies, de stockage, etc. (www.rte-france.com et Desarnaud, G., 2016). De nouvelles dépendances apparaissent.

Ainsi, il convient de s'interroger sur la transition énergétique et ses mutations.

TRANSITION ENERGETIQUE NUMERIQUE ET DURABILITE DES INFORMATIONS

Cette seconde partie expose les caractéristiques de la flexibilité numérique du système électrique, axe de mobilité durable (a), impactant la transition numérique et la standardisation des réseaux (b) et des Réseaux intelligents vers de nouveaux processus de contrôle (c).

La flexibilité numérique du système électrique, axe de mobilité durable

Le système électrique accentue sa flexibilité concernant à la fois la production et la consommation. L'interface est assurée par les réseaux et ce, de façon de plus en plus flexible, notamment grâce aux TIC facilitant le passage d'une gestion centralisée et unidirectionnelle de la production vers une gestion bidirectionnelle de la production à la consommation et inversement et ce, de façon encore plus forte avec l'arrivée des énergies renouvelables (EnR). Les réseaux intelligents sont ainsi en corréllation avec de nouveaux modèles économiques de *Top Down*[32] et de *Bottom Up*[33]. Les informations ont ainsi une nouvelle durabilité (www.edf.fr).

Dans ce cadre, la mobilité durable est un axe fondamental. Les véhicules électriques occupent une place de plus en plus importante. Toutefois, la mobilité durable passe également par les véhicules hybrides. Ces derniers vont d'ailleurs favoriser le développement des véhicules électriques. Dans le même ordre d'idées, en 2020, le parc automobile français devrait comporter deux millions de véhicules électriques. Si

l'énergie ne se stocke toujours pas en grande quantité, dans des conditions économiques raisonnables, des stratégies de stockage diffus peuvent être déployées. Il est en effet possible de stocker l'énergie dans les batteries lorsqu'elle est disponible et la restituer en cas de besoin. Des expérimentations vont dans ce sens. Une utilisation des batteries de seconde vie est aussi expérimentée pour stocker dans les postes de distribution publique l'énergie renouvelable excédentaire produite localement et la restituer notamment pour garantir la tension. (Odru, 2013)

Pour être rentable, la mobilité durable se développe avec l'autoconsommation[34]. De plus, l'effacement de consommation va entraîner un effet rebond. L'effacement a sa justification pour lisser les pointes et limiter les investissements de réseau et de production qui correspondraient à des pics de consommation marginaux de quelques heures par an. (www.rte-France.com). La durabilité est fragilisée par les organisations du secteur énergétique.

Les impacts de la transition numérique et la standardisation des réseaux

Le réseau est un élément majeur pour la transition numérique (Rifkin, 2012), utilisateur de technologies numériques, capables de favoriser une flexibilité et une adpatabilité de qualité et permanente ainsi qu'aux nouveaux processus (RTE, 2016).

Les réseaux européens et les interconnexions sont un impératif pour la sécurité des approvisionnements. Ceux-ci doivent être abordés de façon cohérente et pragmatique afin de rénover la sécurité des approvisionnements et la coopération entre les entreprises de réseaux et renforcer les coordinations des régulations et les leviers de financement pour optimiser les coûts d'infrastructures (Derdevet, 2017).

L'adaptabilité est alors le mot d'ordre pour l'ensemble des acteurs du secteur énergétique. Dans ce contexte, les réseaux de transport et de distribution ont mis en place des solutions d'adaptation aux nouveaux besoins et aux nouvelles contraintes (RTE, 2016).

Ainsi des projets énergétiques transfrontaliers ont été élaborés. Cependant, des freins persistent encore, tels que les disparités politiques, normatives et réglementaires ; les problèmes de mises en place de projets viables et attractifs pour les investisseurs ; l'absence d'approche régionale ; ou encore l'absence de marché de l'électricité cohérent (Alphandéry, 2016). La dépendance se fait nouvelle. Dans le même temps, les implications du *Brexit* (www.europa.eu)[35] ont des répercussions sur le secteur énergtique du Royaume-Uni (Lescoeur, 2017)

Dans le même ordre d'idées, en France, la libéralisation des systèmes électiques, en 2014, a renforcé la concurrence et l'efficacité[36] et l'efficience[37] énergétiques, entraînant un démantélement des structures monopolistiques. Un processus d'accélération de l'innovation et de la R&D s'est fortement renforcé. Dès lors, les segments de production, de transport et de distribution et d'innovation se développent

avec une chaîne de valeur en évolution, à l'image des *Smart Meters* (compteurs intelligents) ou encore des *Smart Grids* globaux (réseaux intelligents). En 2020, le prix de l'électricité devrait augmenter de 50% et celui du gaz de 20%. (www.rte-france.com)

Le défi majeur pour le secteur est que la production et la consommation d'électricité doivent en permanence être équilibrées. L'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux demeure donc un enjeu tant en termes d'adaptabilité des infrastructures que de gestion des systèmes électriques mais aussi de durabilité des informations. (GreenUnivers, 2016).

En plus des questions liées à la gestion, l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux change en profondeur la donne énergétique amenant un nouveau cadre légal et réglementaire pour des raccordements transparents et non discrimminatoires aux réseaux publics et privés pour une utilisation finale optimale. (Greenunivers, 2016)

Dans ce cadre, les questions de localisation, de gestion des moyens de production intermittents, d'adaptation des infrastructures et de gestion du système électrique se développent concernant directement les réseaux et les besoins d'investissements et d'adaptabilité.

Les enjeux des réseaux intelligents, vers de nouveaux processus de contrôle

Une gestion réactive des énergies renouvelables facilite la surveillance de l'état du réseau à tout moment, grâce notamment à des outils de prévision, d'automatisation et de flexibilité. (www.smartgrids-cre.fr)

Les Smart Grids ont certes une priorité accordée à la fourniture d'électricité, mais ont également pour caractéristique de permettre aux différents acteurs du secteur énergétique de déployer leurs activités de façon efficace, durable, économique et sécurisée. Ainsi, vont-ils pouvoir répondre aux enjeux et défis tant énergétiques que de stockage grâce à la numérisation. Dans le même temps, les *Smart Grids* sont confrontés à des impératifs économiques de compétitivité et de réduction des coûts, tout en développant de nouvelles normes. Cette situation impacte les nouvelles offres, la réorganisation de la gestion et le modèle économique est donc en évolution. Toutefois, ils bénéficient d'une compétence européenne et internationale plutôt favorable et d'un marché stratégique où le numérique s'inscrit dans les différentes lois de transition énergétique à travers le monde. (Guerassimoff, 2014)

Le secteur se positionne sur deux axes en parallèle : les réseaux intelligents (énergies renouvelables, véhicule électrique, compteurs communicants, autoconsommation, flexibilité…) et les questions liées aux batteries (autonomie et puissance). Les expérimentations et les retours d'expérimentations menées par les énergéticiens ont joué un rôle central. Les pouvoirs publics se sont ensuite imposés en stratége dans ce domaine en s'engageant politiquement dans la transition énergétique et en développant des lignes budgétaires à cet effet, notamment via les Clusters[38] Energie, les

structures régionales d'innovation (Stiegler, 2014), etc. Ainsi, un nouvel écosystème apparaît où les filières énergétiques et numériques s'appuient sur des opérateurs qui contribuent au développement économique local : équipements et gestion de l'énergie, logiciels, cybersécurité, etc. Dans ce cadre, la puissance des grandes entreprises du numérique prennent un véritable rôle politique et de contrôle ainsi que sur la durabilité des informations (Badouard, 2017).

A côté ces filières, des solutions porteuses d'avenir tendent à s'imposer. L'hydrogène ainsi que l'hydroélectricité se positionnent dorénavant comme des vecteurs de production, de stockage, notamment pour le développement des énergies renouvelables. Les partenariats publics/privés se développent également (www.ademe.fr)[40]. Une société de l'incertitude apparaît où les grandes entreprises du numériques pourraient, à terme, supplanter le pouvoir politique (Lorenzi, 2017).

Dans ce cadre, les énergéticiens ont tendance à se diriger vers les cyberusines afin d'appréhender les nouvelles mutations numériques.

NOUVELLES DISRUPTIONS NUMERIQUES ET NOUVEAUX ENJEUX CONSTITUTIFS DES NOUVEAUX PROCESSUS

Cette troisième partie présente les cyberusines (a) dans une optique d'optimisation digitale (b) et de l'internet des objets (c).

Les cyberusines dans la transition énergétique, vers de nouvelles normes

Le secteur énergétique associé au numérique favorise de nouvelles normes. Il se fonde notamment sur des Cyberusines[41], également appelées des usines 4.0 ainsi que sur les processus des industries 4.0 (Arcatech, 2013).

Dans le cadre de la transition énergétique, les cyberusines ou usines du futur, s'inscrivent comme des acteurs de la valorisation et de la relance de la compétitivité. En effet, leurs aspects numériques, robotisés et automatisés favorisent une sobriété et une flexibilité énergétique indispensables au renforcement et à l'accompagnement de l'efficacité énergétique et à l'empreinte énergétique et écologique sur l'ensemble des territoires européens. (Zapalski, 2015)

Ainsi, le numérique apparaît comme un accélérateur de développement industriel et de l'énergie du futur (Akrich, 2006). A l'horizon 2020, le numérique représentera 5% de la consommation mondiale d'énergie, de plus en plus décarbonée. Les entreprises régénèrent ainsi l'innovation en la couplant à la transition énergétique en instaurant de nouveaux modes de consommation d'électricité, de nouveaux standards, de nouvelles normes orientées vers la sobriété énergétique et le respect de l'environnement. Dès lors, un e-équilibre s'impose par une réduction de la consommation énergétique. Les

connexions entre les machines permettent de répondre à de nouveaux défis industriels : collecte, stockage, communication inter-machines, (etc.). Avec les cybersusines, un repositionnement industriel est favorisé, axé sur l'énergie optimisée. En 2030, la consommation d'énergie des usines sera, en France, réduite de 9% par rapport à son niveau en 2010 et ce, grâce à deux éléments essentiels : l'efficacité énergétique et le recyclage (et adoption de l'économie circulaire), par un déploiement de nouvelles technologies et innovations (www.ademe.fr)[43].

Dans ce cadre, les grandes entreprises du numériques ont atteint une super puissance tant politique que technologique et politique, obligeant les Etats à revenir sur le devant de la scène, afin notamment de protéger les individus (ex. : nouveaux processus, normes, standards, etc.) (Doveihi, 2011).

L'industrie du futur[44] est donc au carrefour des transitions énergétiques et écologiques et des mutations digitales, afin de répondre aux disruptions et aux changements de paradigmes technologiques et sociétaux de la stratégie industrielle aboutissant à de nouveaux écosystèmes sobres et flexibles énergétiquement (www.entreprises.gouv.fr, Kohler et al., 2016, et BPI France, 2015).

L'usine 4.0 est donc plus agile, plus flexible, moins coûteuse, plus respectueuse de l'environnement. (www.ademe.fr)

L'optimisation de la digitalisation, vers une nouvelle intelligence

Les usines 4.0 grâce à la digitalisation seront connectées afin d'optimiser la gestion, la maintenance et la qualité de l'énergie. Dorénavant, les interventions systémiques relèveront du domaine de la prévention, ce qui réduira subséquemment les délais de conception et des processus de production. (http://www.industrie-numerique.com/)

De nouvelles formes de production voient le jour, basées sur des externalisations virtuelles, engendrant à la fois, des nouveaux modèles et de nouveaux outils : Cloud Computing, réseaux sociaux, imprimantes 3D, Open Innovation, Fablab, prototypage, etc. (Arcatech, 2013). La normalisation, dans ce cadre nouveau de l'éco-conception, devient alors une stratégie d'apprentissage, entre pairs, dans un espace collaboratif.

Dès lors, l'usine 4.0 est virtualisée afin de pouvoir simuler et suivre en 3D et en 4D [45] les produits, les processus et l'environnement de production. Dans le même temps, les systèmes sont interopérables, dans la mesure où ils ont la capacité de communiquer et d'interagir entre eux (Sadin, 2013).

Les décisions sont ainsi décentralisées. En effet, les systèmes cyber-physiques peuvent prendre des décisions de façon autonome. L'analyse et la prise de décision s'effectuent alors en temps réel, grâce à une communication permanente et instantanée. En effet, celle-ci sera alors à la fois orientée service, avec une maintenance améliorée et offre de nouveaux services et modulaires car elle s'adapte rapidement à une demande changeante. (BPI France, 2015)

Dans ce cadre, le partenariat Public/Privé apparaît comme un outil de plus en plus indispensable afin de favoriser une coopération entre les différents acteurs avec le soutien du gouvernement. La mutualisation internationale des connaissances et des pratiques, via l'Agence internationale de l'énergie (AIE) s'inscrit dans ce cadre afin de permettre une optimisation des systèmes (Kohler, 2015).

Cette situation favorise les nouvelles technologies. Celles-ci s'établissent sur des processus de fabrication qui sont simulés dès la phase de conception du produit. Les opérateurs sont équipés d'objets connectés afin de maîtriser et d'optimiser la consommation énergétique ; d'obtenir des retombées industrielles immédiates grâce à la technologie de l'Internet des objets (IoT) ; et de « monitorer » les bâtiments intelligents grâce aux capteurs électroniques[46]. Dès lors, le rôle du manager est renforcé. Dans le même temps, la coexistence entre les hommes et les machines au sein de l'usine va impacter directement les comportements. De même, les compétences évoluent : la cyberusine va laisser apparaître des ruptures majeures dans la manière de concevoir, mais aussi dans l'ensemble du processus de production. Le secteur des services sera alors fortement impacté[47]. (Observatoire, 2016)

L'industrie 4.0 est une industrie connectée. Pour les énergéticiens, la continuité numérique représente une des clefs des industries connectées. Celles-ci deviennent, à terme, interopérables avec tous les systèmes de réseaux (www.schneider-electric.fr). Ainsi, l'énergie 4.0 est un élément fondamental en cas de grande consommation énergétique.

Dans le même ordre d'idées, le Cloud va se décentraliser et se disséminer afin de permettre un développement optimal de l'industrie 4.0, grâce au Fog Computing. En effet, les ressources sont stockées à la périphérie du réseau soit sur mobile, soit sur des terminaux domotiques, sans transit par les Data Centers. Dès lors, l'industrie 4.0 révolutionne la production mais aussi la consommation et les fournisseurs d'énergie par la numérisation croissante de façon exponentielle (www.openfogconsortium.org). Ainsi, deux techniques sont à prendre en compte (Bates, 2015) : Thingalytics : convergence entre l'Internet des objets et les algorithmes afin que la machine interprète les données et puisse apporter une solution ; et Thinganomics : modèle économique disruptif.

Dès lors, la cyber industrie est donc faiblement concernée, surtout s'il s'agit d'entreprises qui évoluent dans le BtoB[48]. La mondialisation du numérique n'est pas homogène et, en effet, les pays tendent à se spécialiser[49].

L'opportunité de l'internet des objets, nouveau tremplin stratégique

L'internet des objets ainsi que les Start-Ups sont donc au cœur de ce système. En effet, l'automatisation et la robotisation des usines vont favoriser la réduction des coûts, la sensibilisation et la formation de nouvelles compétences, ainsi que le développement et l'utilisation optimisée des TIC, à tous les niveaux, spécialement en ce qui concerne le pilotage (BPI, 2015). Ainsi, une nouvelle stratégie de contrôle, voire d'autocontrôle se

met en place.

Dans ce contexte, la compétitivité et les rendements s'accroissent et la production devient plus flexible, voire hybride[50]. La numérisation entraîne un nouveau conditionnement du travail. (BPI France, 2015)

L'avenir des entreprises 4.0 reste flou. Certes, le système est de plus en plus interconnecté et globalisé, notamment avec le développement des Smart Products[51] et les Smart Factories[52]. Alors, la révolution 4.0 a apporté une nette flexibilité des unités de production, une automatisation des centres de production, un accroissement des interconnections dans l'ensemble de la chaîne de production, mais cela implique dans le même temps, une réorientation vers un Smart Power de plus en plus technologique[53]. (BPI France, 2015)

Dès lors, il convient de posséder et maîtriser les technologies de pointe : cobotique[54], composites, fabrication additive, *Big Data*, connexion des objets, systèmes intégrés. Le but est alors d'adapter les outils, organisations, réglementations, normes et autres processus actuels aux exigences de cette nouvelle industrie. (BPI France, 2015)

Cette logique est à l'origine de l'ubérisation (www.uberisation.org)[55] où l'on assiste à une immersion dans la vie des acteurs économiques par une externalisation et un déplacement de valeur. Les leviers reposent sur une triple révolution : numérique, consommation et modes de travail. A terme, cette ubérisation aboutira à une automatisation complète ainsi qu'à de nouveaux standards (Leclercq, 2016)[56].

Ainsi, les produits sont dits intelligents parce qu'ils interagissent entre eux et avec le système de production et le système d'information. De plus, ils connaissent un cycle de vie flexible et profitent des technologies de *Big Data* pour choisir la meilleure évolution possible. (Observatoire, 2016).

CONCLUSION

L'objectif de cet article recherche la compréhension des interactions entre l'énergie et le numérique en étudiant les complémentarités et les phénomènes amenant des disruptions normatives dans les processus et la standardisation du secteur.

Cet article porte sur les mutations énergétiques conjuguées à la numérisation du secteur, dans le cadre des processus de normalisation et de durabilité de l'information. Une telle situation a été favorisée par la dérégulation des marchés de l'électricité. Les marchés *Peer-to-Peer* vont sans doute ainsi être amenés à évoluer vers un décongestionnement local et adapté des réseaux électriques au niveau interrégional. La digitalisation favorise ainsi un redéploiement des réseaux intelligents vers des processus de production plus décentralisée. Dans ce contexte, les clients accèdent directement à la chaîne de valeur du système électrique et dans le même temps ont une part de contrôle et d'influence sur les processus normatifs et de standardisation, pouvant à terme, engendrer une nouvelle dépendance (Accenture, 2011).

C'est dans cet ordre d'idées que s'insèrent les Blockchains[57] (www.engie.com/breves/blockchain-energie/) qui sont des outils permettant d'accélérer, de sécuriser et de réduire les coûts dans le secteur de l'énergie. En effet, les Blockchains sont directement associées à la transition énergétique, au développement des énergies renouvelables, à l'économie circulaire, à l'autoconsommation ainsi qu'à l'augmentation des performances des énergies locales.

La question des Blockchains, dans le secteur de l'énergie[58] (www.engie.com/breves/blockchain-energie/), peut avoir de multiples applications[59] favorisant notamment l'automatisation de processus complexes (Ex. : facilitation du changement de fournisseur énergétique, traçabilité, certificats, etc.), en recourant à l'autoconsommation collective et décentralisée, et ce, à des coûts économiquement acceptables. Une nouvelle dépendance s'instaure.

BIBLIOGRAPHIE

« Umsetzungsempfehlungen für des Zukunftsprojekt Industrie 4.0 : Abschussberichtdes Arbeitskreises Industrie 4.0 » (avril 2013), *Arcatech*, Forschungsunion.

« Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid » (mars 2016), *Electricity Information Sharing and Analysis Centre rans SANS Institute*.

« Décret n° 2016-141 du 11 février 2016 relatif au « statut d'électro-intensif et à la réduction de tarif d'utilisation du réseau public de transport accordée aux sites fortement consommateurs d'électricité ».

« Digitally Enabled Grid- Les réseaux électriques intelligents à l'ère du numérique », (2014), *Accenture*.

« Energie, un impact massif selon Luc Oursel-Difficile sortie du nucléaire pour le Japon » (17 septembre 2012), *Les Echos*,

« Energies, réseaux, mobilités- Smart Grids, de l'expérimentation à l'industrialisation »(2016), Atlante.

« From Build-to-Order to customize-to-Order-Advencing the Automotive Industry by collaboration and mobility » (2010), *Code of Practice Findings of the Eu-FP6- Project AC/DC*, Consortium of the AC/DC Project.

« Industrie 4.0 : quelles stratégies numériques ? La numérisation de l'industrie dans les entreprises du Mittelstand allemand » (octobre 2015), BPI France, *Cabinet Kohler C&C*.

« Le boom des objets connectés au service de l'efficacité énergétique » (14 janvier 2016), *Observatoire*.

« Le monde en 2035 vu par la CIA- Le paradoxe du progrès » (2017), Préface de Adrien Jaulmes, *Equateurs Document*s, Paris.

« Les Smart Grids sont une base nécessaire pour les Smart Cities » (10 octobre 2016), *Greenunivers*.

« Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte » (30 juillet 2014), *Assemblée nationale*.

« Rapport final de la plateforme sur Industrie 4.0 », traduction Kohler C&C ? BPI France, 2015.

« Rapport intégré 2016 » (2016), *Schneider-Electric*.

« Schéma décennal de développement du réseau 2016 » (13 janvier 2016), *RTE*.

« Smart Grids : créer plus d'intelligence dans le réseau électrique », (17 septembre 2014), *Observatoire*.

« Social Machines- The coming collision of artificial intelligence, social networking and humanitary » (2016), Apress.

« The New Energy Consumer: Strategic Perspectives on the Evoluing Energy Marketplace », *Accenture*, 2011.

« The New Energy Consumer: Strategic Perspectives on the Evoluing Energy Marketplace » (2011), *Accenture*.

Akrich Madeleine (2006), *Les objets techniques et leurs utilisateurs de a conception à l'action*.

Alphandéry Edmond (28 avril 2016), *High Level group on Energy Infrastructures*, CEPS, Bruxelles.

Aoun Marie-Claire (2017), Gaz- Moscou cherche à sécuriser ses parts de marché en Europe, *Energeek*, 17 février.

Babinet Gilles (2016), *L'ère numérique, un nouvel âge de l'humanité*, Le Passeur.

Badouard Romain, *Le désenchantement de l'Internet- Désinformation, rumeur et propagande*, FYP éditions, Paris, 2017.

Bates John (2015), *Thingalytics- Smart Big Data for the Internet of things*, Paperbook, Robert Weiss editor, mars.

Baud Olivier (2015), *Le Consom'acteur*, in « L'énergie en état de choc », Eyrolles, Paris.

Ben Henda M. et Hudrisier (2017), La fabrique des normes des TIC : attracteur de convergence des technologies et des cultures, *Revue Réel-virtuel*, n°6.

Bezat Jean-Michel et Armagnac Bertrand (d') (2011) M. El Baradei : on ne peut pas se

passer du nucléaire », *Le Monde*, 29 septembre.

Bezat Jean-Michel et Armagnac Bertrand (d') (2016), *Europe de l'électricité- Une perspective historique*, IFRI, novembre.

Cardon Dominique et Castelli Antonio (juin 2015), *Qu'est-ce que le Digitalisation ?* INA Éditions, Paris.

Castel Viviane (du) (2011), *Le gaz, enjeu géoéconomique du XXIe siècle*, L'Harmattan, Paris.

Castel Viviane (du) (2017), *Transition énergétique et changement climatique : enjeux et défis géo-énergétiques de l'Union européenne*, Connaissances et savoirs, Paris.

Chalmin Philippe (2012), *La grande incertitude énergétique*, Cyclope 2012, Economica, Paris.

Charles Bernard (18 mai 2016), *L'industrie du futur sera design… ou ne sera pas*, L'Usine digitale.

Couverture T, Cory K, Kreycik C, Williams E (2010), *Policy Guide to Feed in Tariff Policy Design, National Renewable Energy Laboratory,* US Dept of Energy.

Delavallee Eric, *Transformer son organisation*, Maxima, 2016.

Derdevet Michel (2015), *Energie en réseaux-Douze propositions pour une politique commune en matière d'infrastructures énergétiques*, Rapport à François Hollande, Président de la république française, La Documentation française, Paris.

Derdevet Michel (2017), *Il faut investir dans une Europe des réseaux*, Enedis, 22 mars 2017.

Desarnaud Gabrielle (2016), *Le secteur énergétique exposé à la Cyber-menace*, Editoriaux de l'IFRI, 12 juillet.

Doveihi Milad (2011), *La grande conversion*, Seuil.

Fabre R, Hudrisier H, Perrault J. (2013), Normes et standards : un programme de travail pour les SIC, *Revue française des sciences et de la communication*.

Faillet Caroline (2016), L'art de la guerre digitale- Survivre et dominer à l'ère numérique », Dunod, Paris.

Frémeaux Philippe, Kalinowski Wojtek, Lalucq Aurore (2012), Transition écologique, mode d'emploi, Les petits matins, Paris

Guerassimoff Gilles (6 novembre 2014), Cap sur l'optimisation énergétique… maximale, Observatoire.

Heinderyckx François (2015), Le tournant numérique, Hermès.

https://ec.europa.eu

http://eur-lex.europa.eu

http://www.industrie-numerique.com/

http://www.senat.fr/rap/r97-331-t1/r97-331-t143.html

http://www.smartgrids-cre.fr

https://www.economie.gouv.fr

https://www.gov.uk

https://www.lenetexpert.fr

Jacquet Denis et Leclercq Grégoire (2016), Ubérisation- Un ennemi qui vous veut du bien ? Dunod, Paris.

Jeanneret Yves (2011), y a-t-il (vraiment) des technologies de l'information ? Presses universitaires Septentrion.

Lescoeur Bruno (février 2017), La politique énergétique du Royaume-Uni, un point de vue, IFRI.

Lesourne Jacques (3 mai 2016), Union européenne : quand Commission et gouvernements jouent aux quilles avec les grands producteurs d'électricité, IFRI.

Li Wadong, Mehnen Jörn (2013), Cloud Manufacturing- Distributed computing technologies for global and sustainable manufacturing , Spencer Publishing Company Inc.

Lorenzi Jean-Hervé et Berrebi Mickael, L'avenir de notre liberté, Eyrolles, Paris, 2017.

Mérenne Schumaker Bernadette (2011), Géographie de l'énergie, Belin, Paris.

Mesmer Philippe (18 septembre 2012), L'arrêt du nucléaire au Japon suscite l'inquiétude, Le Monde.

Morin, Edgar (1996), Pour une réforme de la pensée, Courrier de l'UNESCO.

Nelson N. (2016), The Impact of Dragonfly Malware on Industrial Control Systems, SANS Institute.

Nicolescu B (1996), La transdicipliniratié : manifeste, éditions du Rocher, Paris.

Odru Pierre (2013), Le stockage de l’énergie, Dunod.

Perrault J. et Vaguer C., La norme numérique. Savoir en ligne et Internet, CNRS, Paris.

Rieffel Rémy (2014), Révolution numérique, révolution culturelle, Gallimard.

Rifkin, Jeremy (2012), La troisième révolution industrielle, Les liens qui libèrent.

Sadin Eric (2013), L’humanité augmentée, L’Echappée.

Stiegler Bernard (2014), Digital Studies, Editions FYP.

www.01net.com

www.ademe.fr

www.cisco.com

www.cnrs.fr

www.cre.fr

www.edf.com

www.edf.fr

www.enedis.fr

www.energy.gov

www.engie.com/breves/blockchain-energie/

www.engie.fr

www.entreprises.gouv.fr

www.europa.eu

www.ge.com

www.haorpaports.com

www.horizon2020.gouv.fr

www.iea.org

www.legifrance.gouv.fr

www.nsf.gov

www.openfogconsortium.org

www.rte-France.com

www.schneider-electric.com

www.smartgrids-cre.fr

www.smart-industries.fr

www.total.fr

www.transition-energetique.gouv.fr

www.uberisation.org

www.unfcc.int

Zapalski Emilie (2015), Industries- nouvelles France industrielle : les 34 plans laissent place à 9 priorités, Caisse des Dépôts.

---

[1]Information numérisée.

[2]Le numérique a « révolutionné » l'accès à l'information en profondeur. Les Etats et les sociétés ont dû s'adapter et adopter de nouveaux usages et nouveaux comportements. Dans ce cadre, trois enjeux sont fondamentaux : le soutien à l'innovation, l'acquisition de compétences numériques et l'appropriation des outils numériques dans le fonctionnement démocratique. Le numérique est donc une dimension importante en matière énergétique, dans la mesure où ce secteur est un grand consommateur d'énergie de qualité. www.fr.capgemini-consulting.com

[3]Processus d'élaboration d'une norme (standard) sur la base des usages et des bonnes pratiques. (Ben Henda et al., 2017).

[4]Système de production de l'information répondant à un besoin actuel. (Perrault et al., 2011).

[5]Le secteur énergétique a longtemps été dépendant aux hydrocarbures et connaît un basculement vers une dépendance à l'énergie numérique ou digitale, dite énergie 4.0.

[6]Ex. : Google, Amazone, Facebook, Apple, Twitter, Netflix, etc.

[7]Transition énergétique : « nouveau Business Model moins consommateur d'énergie fossile et intégrant davantage d'énergie durable. Les bouquets énergétiques des Etats, sont alors plus diversifiés. Le consommateur et la demande d'énergie seront plus maîtrisés ». (Mérenne Schumker, 2011).

[8]« Permettent l'acheminement de l'énergie via des infrastructures spécifiques depuis les installations de production jusqu'aux lieux de consommation (réseaux de transport pour la très haute et la haute tension, réseau de distribution pour la moyenne et la basse tension) ». www.cre.fr

[9]Les villes intelligentes ou Smart Cities visent à redéfinir l'ensemble des caractéristiques des villes pour les rendre intelligentes et durables. (Observatoire, 2014).

[10]Energie 4.0 ou énergie intelligente est l'énergie qui est gérée par les systèmes IT.

[11]Révolution numérique ou révolution digitale ou révolution internet ou révolution technologique repose sur l'essor des technologies numériques sur l'ensemble des activités humaines.

[12]Ex. : Nouvelles normes, nouveaux standards, processus, maîtrise de la demande et des pointes, sécurité des approvisionnements, qualité des approvisionnements, insertion des énergies renouvelables, etc.

[13]Réseaux intelligents ou Smart Grid est un réseau de distribution d'électricité « intelligent » qui utilise des technologies informatiques pour mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité, en temps réel. Il peut être global national ou local.

[14]D'égal à égal.

[15]Efficience énergétique : « Assurer un rapport positif entre un investissement donné et le résultat obtenu ». (www.edf.fr)

[16]Définition du consom'acteur : « c'est trois fois dix : pour le système électrique, c'est un potentiel de baisse de coût de la régulation et des montants des investissements de 10% ; pour les consommateurs, c'est un potentiel de plus de 10% de baisse des coûts de factures électriques ; mais pour des raisons diverses et variées dont la frilosité est le point commun, moins de 10% du potentiel de cette filière est utilisé dans notre pays ». (Baud, 2015)

[17]Optimisation énergétique : amélioration des procédés de production ; amélioration des technologies disponibles ; baisse des critères de production. (Guerassimoff, 2017)

[18]Smart Grid : est un réseau de distribution d'électricité intelligent qui utilise des technologies informatiques pour mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité, en temps réel. Il peut être global, national ou local.

[19]Smart City ou ville intelligente est une ville qui utilise les nouvelles technologies et les systèmes IT.

[20]Une Blockchain forme un registre public détenu par un tiers de confiance, permanent et immuable, dont les éléments successifs sont enchaînés les uns aux autres de façon réputée inviolable et infalsifiable l'historique des transactions. Le système fonctionne sans autorité centrale unique ni tiers de confiance, et ce, de manière décentralisée ». www.engie.com/breves/blockchain-energie/

[21]C'est le syndrome dit de la « chaussure neuve » : « lors d'un changement organisationnel et compte tenu de son évolution, l'organisation actuelle n'est plus suffisamment adaptée au contexte stratégique de l'entreprise. Il faut en changer pour en adopter une autre. Tout le monde s'attend ainsi à ce que la nouvelle organisation génère plus de performance que l'ancienne. A terme, il faut l'espérer, faute de quoi le changement aura échoué. Mais sûrement pas sur le court terme ! Au moment de la "bascule", la performance de la nouvelle organisation sera, selon toute vraisemblance, inférieure à celle de l'ancienne. Il faudra un moment, parfois assez long, pour que la performance de la nouvelle organisation rejoigne, puis dépasse, celle de l'ancienne. » Eric Delavallee, « Transformer son organisation », Maxima, 2016.

[22]Producteurs, gestionnaires de réseaux, fournisseurs. Régulateurs, décideurs politiques, Agence nationale de recherche. Consommateurs, intégrateurs, agrégateurs, opérateurs et industriels Télécom, opérateurs et industriels de l'information.

[23]Consommateurs, intégrateurs, agrégateurs, opérateurs et industriels Télécom, opérateurs et industriels de l'information.

[24]Ex. : GAFAM : Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft ; etc.

[25]Taux d'indépendance énergétique : « pourcentage entre la production nationale d'énergie primaire et la disponibilité totale en énergie primaire sur le territoire ». (Mérenne Schumaker, 2011).

[26]L'Allemagne s'est engagée, pour des raisons purement de politique interne, à sortir totalement du nucléaire, d'ici 2020.

[27]Big Data : « ensembles de données qui deviennent tellement volumineux qu'il en devient difficile à travailler avec des outils classiques de gestion de base de données ou de gestion de l'information : Datamasse. Le « Big Data» n'est pas une tendance en devenir mais des concepts et des technologies déjà largement éprouvées. Représentation du volume des données mais aussi les infrastructures liées au traitement de ces données. Data Warehouse : différentes définitions pas très rigoureuses ». « Un data warehouse est une collection de données concernant un sujet particulier, varie dans le temps, non volatile et où les données sont intégrées. », W. H. Inmon. « Data warehousing: le processus qui permet de construire un data warehouse. Méthodes de traitement des données : capture, stockage, recherche, partage, analyse, visualisation redéfinies l'ensemble de ces données deviennent difficilement manipulables par les outils classiques ». www.cisco.com

[28]Ex. : intégration de productions décentralisées, nouveaux services, baisse des émissions de CO^2, nouveaux usages, intégration des énergies renouvelables.

[29]« L'effacement consiste à ne pas consommer d'électricité pendant une certaine durée, ou bien à reporter sa consommation ». www.rte-france.com

[30]Système de comptage, pilotage des appareils électriques, suivi des consommations, Box énergie, etc.

[31]Usines digitales, usines connectées.

[32]La puissance publique favorise le cadre optimal.

[33]Les entreprises adaptent leurs modèles d'affaires à leurs besoins spécifiques.

[34]Autoconsommation énergétique : Elle consiste pour un producteur à consommer sa propre production. Actuellement l'autoconsommation collective permet à un producteur de faire bénéficier d'autres acteurs de sa production sur un périmètre économique, géographique et énergétique précis. www.edf.fr

[35]Brexit : British Exit : sortie du Royaume-Uni de l'Union européenne, à la suite du referendum du 23 juin 2016, qui donna 51,9% de voix au « Leave ». Le 29 mars 2017, le Royaume-Uni a déclenché l'article 50 du Traité sur l'Union européenne. Jusqu'à la sortie effective du Royaume-Uni de l'UE (vers 2019/2020), le pays est membre de l'UE. www.europa.eu

[36]Efficacité énergétique : on entend par efficacité énergétique le rapport entre l'énergie utile et l'énergie consommée.

[37] Efficience énergétique : on entend par efficience énergétique, le rapport entre les résultats obtenus et les ressources utilisées.

[38]Toutefois, il convient de remarquer que certains clusters (regroupant des entreprises d'un même secteur) fonctionnent très bien dès lors qu'il y a un élément moteur comme l'Etat. Dès que l'Etat s'en va, la dynamique retombe. L'énergie est l'affaire de tous et impacte tout le monde : logistique, usines, bureaux, centres informatiques, commerces, habitats, etc

[39]Ex. : Greenlys : Smart Grid développé sous l'égide de l'ADEME, à Grenoble et visant la globalité du système et l'ensemble des acteurs du marché de l'électricité. (www.ademe.fr)

[40]Ex. : Greenlys : Smart Grid développé sous l'égide de l'ADEME, à Grenoble et visant la globalité du système et l'ensemble des acteurs du marché de l'électricité. (www.ademe.fr)

[41]Cyberusine : usine connectée ou usine 4.0.

[42]Ex. : matériels performants, optimisation des procédés, recyclage pour des procédés moins énergivores, valorisation énergétique, intégration des énergies renouvelables, substitution des matériaux fossiles par des produits bio-sourcés, etc. www.ademe.fr

[43]Ex. : matériels performants, optimisation des procédés, recyclage pour des procédés moins énergivores, valorisation énergétique, intégration des énergies renouvelables, substitution des matériaux fossiles par des produits bio-sourcés, etc. www.ademe.fr

[44]Usines intelligentes/Usines 4.0/Industrie 4.0.

[45]3D : 3e génération ; 4D : 4e génération.

[46]Ex. : StartUps Enerbee, Sun Partner Technologies, etc.

[47]Les grands opérateurs du numérique dominant largement : Google, Apple, Facebook, Amazon : GAFA et Netflix, Airbnb, Tweeter : NATU

[48]Business to Business : activités d'une entreprise visant sa clientèle.

[49]Etats-Unis : les services de l'Internet ; Allemagne : l'Industrie 4.0 ; France : les objets connectés.

[50]Tout juste 4 % des entreprises ont réalisé des efforts concrets de déploiement.

[51]Produits finis communicants.

[52]Machines communicantes.

[53]La montée en puissance technologique oblige à davantage de maîtrise du numérique en raison des nouveaux outils de production : capteurs, automates, Internet des objets, Cloud Computing, Big Data, etc. (BPI France, 2015).

[54]Robotique collaborative.

[55]L'ubérisation est un « changement rapide des rapports de force grâce au numérique ». Ex. : Uber, Airbnb, Blablacar, etc. Observatoire du numérique. Le fondateur d'Uber est Travis Kalanik. Uber a actuellement de nombreux concurrents à travers le monde. Ex. : Lyft aux Etats-Unis ; Didi en Chine ; Ola en Inde ; Chauffeur privé en France ; ou encore Google, Tesla, etc. www.uberisation.org

[56]Ex. : voiture sans chauffeur expérimentée en Corée du Sud.

[57]Blockchain : « Une Blockchain forme un registre public détenu par un tiers de confiance, permanent et immuable, dont les éléments successifs sont enchaînés les uns aux autres de façon réputée inviolable et infalsifiable l'historique des transactions. Le système fonctionne sans autorité centrale unique ni tiers de confiance, et ce, de

manière décentralisée ». (www.engie.com/breves/blockchain-energie/)

[58]Ex. : photovoltaïque, pile à combustible ; stockage : véhicules ou batteries domestiques.

[59]Ex. : gains économiques, réduction des coûts de transactions, simplification des transactions, transparence, flexibilité, hausse de l'indépendance des consom'acteurs, particulier devient fournisseur d'énergie, gestion des énergies, facturation, relevés et décomptes automatisés, suivis et maintenance des compteurs intelligents, archivage, sécurité des échanges, accès facile aux données, certification d'authenticité pour l'énergie verte, attestation de quotas de certification d'authenticité pour l'énergie verte, attestation de quotas d'émissions de CO^2, certificats d'origine, etc. www.engie.com/breves/blockchain-energie/