ÉCONOMIE DE LA DONNÉE ET PARTAGE DE LA VALEUR

Deux études sur la digitalisation des réseaux électriques et de la grande distribution

Sterenn Lebayle

Sous la responsabilité scientifique de Laurent Baronian

Laboratoire Analyse des Crises et Transitions

Université Sorbonne Paris-Nord

Rapport final

Mai 2025

REMERCIEMENTS

Cette étude a été menée au sein du laboratoire ACT, à l'initiative de la CFDT et grâce au soutien de l'Agence d'Objectifs de l'IRES.

Nous souhaitons remercier celles et ceux qui l'ont rendue possible, en premier lieu les membres du comité de pilotage de la CFDT qui en ont assuré le suivi tout au long de son élaboration : Paul Busi, Théophile Lavault, Luc Mathieu, Lucie Morpurgo et Laurine Omnès.

Nous remercions très sincèrement toutes les personnes qui ont accepté de participer à ce travail en répondant à nos questions.

Table des matières

RÉSUMÉ 5
SYNTHÈSE 7
INTRODUCTION 11
1/ Data et productivité 11
La valorisation du progrès technique 11
L'exploitation des données numériques : une forme particulière de progrès technique 13
2/ Présentation de l'étude 23
MÉTHODOLOGIE 28
LA MISE EN DONNÉES DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE 32
Introduction : présentation économique du secteur 32
1/ La transition des réseaux électriques 36
2/ La digitalisation : une modalité de maîtrise des coûts de transition du système électrique 46
Le compteur communicant 47
La valorisation des données 56
Quatre modèles économiques de valorisation des données 59
L'objet manquant du processus de libéralisation 69
Conclusion 70
LA MISE EN DONNÉES DU PARCOURS D'ACHAT DANS LA GRANDE DISTRIBUTION 73
Introduction. Présentation économique du secteur 73
1/ La digitalisation du parcours d'achat 77
Les cartes de fidélité. 78
Le drive 80
2/ Les années 2010 : accélération des stratégies numériquesdes enseignes 82
L'augmentation de la puissance de calcul : la migration vers le cloud. 83
L'amélioration des canaux de collecte : le renforcement de « l'omnicanalité ». 86
Le déploiement de stratégies de valorisation des données : constitution et filialisation d'entités data 88
La valorisation des données 90
3/ Une stratégie numérique à coûts constants ? 98
Les années 1990 : première digitalisation, premiers arbitrages 99
Les années 2010 : des contreparties sociales aux investissements numériques ? 101
Digitalisation invisible, transformation réelle du travail 103
Conclusion 106
CONCLUSION 109
BIBLIOGRAPHIE 111

RÉSUMÉ

Ce rapport s'intéresse à la valorisation des données numériques, abordée sous l'angle de la transformation des processus de production dans des entreprises extérieures au secteur numérique. Cette valorisation comporte une double-dimension : elle repose d'une part sur l'usage direct des données pour améliorer la productivité, d'autre part sur le fait que les données constituent un intrant essentiel pour développer de nouvelles solutions numériques. Leur collecte permet ainsi à certaines entreprises de déplacer leur cœur de métier vers « l'amont numérique », un mouvement particulièrement stratégique dans les secteurs où le numérique est amené à jouer un rôle important. Les gains de productivité dégagés au niveau de la production entraînent en effet une redistribution de la valeur, d'autant plus importante qu'ils sont eux-mêmes importants, au détriment des activités ciblées par ces transformations et au bénéfice des producteurs de l'innovation numérique.

Deux études de cas, menées dans les secteurs de la gestion des réseaux électriques et de la grande distribution, permettent d'illustrer ces dynamiques dans un secteur de pointe et un secteur de traîne technologique. La comparaison de ces deux secteurs rend compte des stratégies contrastées vis-à-vis des données suivant le rôle que le numérique est appelé à jouer dans chaque secteur. Ainsi dans le secteur électrique où les données sont d'emblée identifiées comme un élément essentiel dans les stratégies de maîtrise des coûts, leur collecte fait l'objet d'une stratégie proactive et les investissements dans la digitalisation du réseau dépassent largement les gains immédiatement attendus de l'automatisation du travail. Inversement, les données sont amenées à jouer un rôle moins significatif dans la grande distribution. Si les entreprises du secteur collectent les données de leurs consommateurs depuis le début des années 2000, ces données restent relativement sous-exploitées jusqu'au milieu des années 2010. L'étude met également en évidence les trajectoires opposées de chaque secteur en termes d'expertise technique : avec le développement des technologies, l'expertise tend à se concentrer davantage dans les entreprises et les secteurs du cœur technologique tandis qu'inversement, la digitalisation s'accompagne d'un appauvrissement relatif de l'expertise informatique dans les secteurs périphériques. L'étude souligne enfin l'impact de la digitalisation sur les travailleurs, que cet impact soit direct – comme dans le cas de l'automatisation de la relève des compteurs électriques – ou indirect – via les transformations organisationnelles ou les compromis salariaux qui accompagnent le déploiement du numérique.

SYNTHÈSE

Au cours des trois dernières décennies, l'accélération de la digitalisation a permis aux entreprises d'accéder à des volumes de plus en plus importants de données numériques. Ce rapport s'intéresse à leur valorisation, abordée sous l'angle de la transformation des processus de production dans des entreprises extérieures au secteur numérique.

La valorisation des données dépend en effet de l'usage concret qu'en font les entreprises. Elle repose d'abord sur les effets directs de leur traitement qui permet d'optimiser les processus internes, de réduire les coûts et d'améliorer la productivité, donnant lieu à des gains tangibles qui donnent la mesure de la « valeur des données ». Pourtant, cette valeur n'est pas intégralement conservée par l'entreprise : une fraction lui échappe pour revenir aux producteurs de l'innovation. Sous cet angle, la valorisation des données prend une autre dimension : les données deviennent des intrants essentiels à l'innovation numérique, dont la collecte permet aux entreprises de réorienter leur activités vers « l'amont numérique » où se localise une part croissante de la valeur. De façon plus indirecte, la « valeur » des données anticipe alors l'usage ultérieur des technologies numériques qu'elles auront contribué à élaborer.

La valorisation des données comporte ainsi une double-dimension : d'une part, leur traitement direct est à l'origine de gains de productivité, d'autre part, elles servent d'intrants à l'élaboration de nouvelles applications numériques. Ces deux dimensions sont liées : en principe, plus le gain de productivité lié au traitement des données est important, plus la valeur des technologies numériques employées l'est aussi, plus la valeur se déplace vers l'amont numérique et plus il est important pour les entreprises d'initier des transformations à long-terme de leur activité. Deux études de cas, menées dans les secteurs de la gestion des réseaux électriques et de la grande distribution qui s'inscrivent de manière contrastée dans la trajectoire de digitalisation, permettent d'illustrer ces dynamiques de manière plus concrète.

Dans le secteur électrique, le traitement des données joue un rôle déterminant pour contenir les coûts de mutation des systèmes électriques. Le secteur s'est en effet considérablement transformé sous le triple-effet de l'évolution des sources de production électrique, de la diversification des usages et de la libéralisation du secteur. Dans ce contexte, digitaliser les réseaux permet de répondre aux nouvelles contraintes soulevées par ces mutations. L'accès à des données précises sur les flux d'énergie à l'échelle du consommateur s'avère ainsi essentielle à l'activation des « flexibilités », qui consistent à écrêter les pointes de consommation et inversement, à valoriser l'électricité produite pendant les creux de demande, et qui jouent un rôle économique essentiel en limitant le surdimensionnement physique du parc de production.

Ce contexte a justifié la généralisation des compteurs communicants nécessaires à la collecte de ces données, alors que les coûts de déploiement dépassaient largement les gains liés à la seule automatisation du travail de relève et d'intervention technique au domicile des particuliers. Le déploiement des compteurs anticipait ainsi la valorisation des données

adossée à la valorisation des flexibilités. Principalement prises en charge par des acteurs privés (fournisseurs, opérateurs d'effacement, éditeurs de solutions logicielles) dans un cadre marchand cohérent avec les nouvelles caractéristiques du système électrique, ces activités génèrent des profits qui forment ainsi la contrepartie des coûts évités à l'échelle du système électrique.

Par contraste, les données de consommation jouent un rôle nettement moins important dans la grande distribution. Si les entreprises du secteur ont commencé à collecter ces données dès le début des années 2000, via les cartes de fidélité et le développement du drive, leur exploitation est restée limitée pour deux raisons principales. D'une part, ces données présentent en réalité une utilité limitée compte-tenu des modèles économiques du secteur, qui reposent sur la massification des achats et une certaine standardisation de l'offre. D'autre part, le coût d'un traitement fin de ces données est resté prohibitif pour ces entreprises jusqu'à une période récente. Ainsi, les coûts de l'exploitation des données restaient trop élevés en regard de la valeur qui pourraient potentiellement être tirée de leur exploitation.

A partir du milieu des années 2010, la démocratisation du cloud a accru les capacités de calcul, encourageant les entreprises à développer de nouvelles stratégies d'exploitation des données. Celles-ci comportent un versant marketing (revente de données aux industriels, retail media) et un versant opérationnel (approfondissement de l'automatisation des commandes, optimisation des assortiments). Mais dans un contexte de forte concurrence, les entreprises peinent à internaliser la valeur dégagée par ces stratégies et ont donc cherché à en compenser les coûts en réalisant des économies sur d'autres postes. Déjà visible lors de la « première vague » de numérisation dans les années 1990, lorsque certaines enseignes ont choisi de limiter l'ampleur de leur numérisation pour pouvoir privilégier d'autres stratégies de développement, ce type d'arbitrage semble s'être intensifié dans les années 2010 en ciblant davantage les conditions de travail des salariés : c'est ainsi que les plans de digitalisation ont coïncidé, chez Cora ou Carrefour par exemple, avec le développement de la polyactivité ou le passage en location-gérance.

La comparaison entre ces deux secteurs d'activité rend compte de stratégies contrastées en matière de valorisation des données, suivant le rôle que le numérique est appelé à jouer dans chacun d'eux. Dans la gestion des réseaux électriques, les données ont été rapidement perçues comme un levier stratégique de réduction des coûts. Elles ont donc fait l'objet d'une collecte proactive, adossée à des investissements dans la digitalisation du réseau qui dépassaient largement les gains attendus de la seule automatisation du travail car ils anticipaient le développement de nouvelles activités de gestion des flexibilités. Inversement, dans le secteur de la grande distribution, les données de consommation ne constituaient qu'un sous-produit de stratégies de digitalisation répondant à des logiques propres – en l'espèce, la capture de parts de marché dans un contexte d'intensification de la concurrence entre enseignes. Jusqu'au milieu des années 2010, ces données sont restées relativement sous-exploitées. Les entreprises ont ainsi adopté une approche principalement opérationnelle du numérique, recherchant des effets immédiats sans faire de la collecte de données un objectif en soi. Entre ces deux stratégies de digitalisation – une stratégie centrée sur la collecte et l'exploitation à long terme des données et une autre axée sur des bénéfices

opérationnels immédiats – se dessine un éventail de positionnement intermédiaires accordant une importance variable à la collecte des données, esquissant un spectre nuancé d'approches possibles en ce domaine en fonction du rôle que le numérique est appelé à jouer dans chaque secteur d'activité.

Au-delà de cette dimension, la comparaison des deux secteurs met également en évidence des trajectoires opposées en matière d'expertise technologique. Car le développement technique, y compris numérique, ne se traduit pas nécessairement par une augmentation du niveau d'expertise. Comme dans toute industrie dont les coûts fixes – notamment ceux liés au développement – sont importants, la structure économique des technologies numériques et de l'édition de logiciels tend à encourager la spécialisation et la concentration des acteurs, et à rendre l'externalisation plus avantageuse pour les entreprises non spécialisées. Cet effet devrait entraîner une polarisation de l'expertise technique entre entreprises et, à l'échelle de notre étude, entre secteurs d'activité – avec, à mesure que la digitalisation s'intensifie, une concentration de l'expertise technique dans les secteurs au cœur du développement technologique, tandis que les secteurs plus périphériques connaîtraient inversement un appauvrissement relatif de leurs compétences internes en informatique. C'est ainsi que dans le secteur électrique, la digitalisation du réseau a accru les besoins de recrutement de personnel hautement qualifié en informatique, tandis qu'à l'inverse, dans la grande distribution, l'accélération technologique, la complexité croissante et le durcissement des normes réglementaires encouragent le recours au marché pour une part croissante des applications utilisées. Le développement numérique détermine donc des trajectoires opposées dans les deux secteurs étudiés et suggère une concentration de l'expertise technique dans le cœur technologique.

La valorisation des données repose en dernière analyse sur la transformation des processus de production, et par conséquent sur celle du travail lui-même. Si l'analyse fine de ces transformations dépasse le cadre de cette étude, celle-ci permet néanmoins d'appréhender les effets indirects de la digitalisation sur le travail. Au-delà des effets évidents liés à l'automatisation du travail, qui constitue généralement une condition préalable à la collecte des données, la digitalisation percute en effet plus largement l'organisation des collectifs de travail – affectant y compris des salariés dont le poste de travail semble *a priori* tenu à l'écart de ces transformations. Ainsi, dans le secteur électrique, le compteur communicant soutient la libéralisation du secteur avec des effets plus larges sur le statut et les protections des salariés concernés. Dans le secteur de la grande distribution, la digitalisation contribue au renforcement de la centralisation et à la disparition des postes intermédiaires en magasin, qui viennent bouleverser l'organisation des carrières, tandis que le recrutement de salariés affectés à l'assemblage des commandes drive transforme les équilibres sociaux en magasin. Surtout, dans un secteur qui peine à internaliser les gains de sa digitalisation, la question du financement du numérique se pose avec acuité et semble avoir donné lieu à des arbitrages défavorables aux conditions de travail – l'accélération des stratégies de valorisation des données se déployant, dans certaines enseignes, en parallèle du développement de la polyactivité et du recours à la location-gérance. Mettre en évidence ces effets indirects est essentiel pour considérer les innovations numériques, non seulement

comme des dispositifs techniques, mais aussi dans leurs implications sociales qui touchent les salariés bien au-delà des postes de travail directement concernés.

INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années, la digitalisation des processus a permis aux entreprises de capter et d'accumuler des volumes croissants de données numériques. Quelle est la valeur de ces données ? En quoi constituent-elles un actif stratégique ? Fréquemment présentées comme un « gisement de valeur » (Industrie du Futur, 2015, p. 41), la réflexion sur les contours d'une « économie de la donnée » s'est jusqu'ici davantage préoccupée des enjeux de capture et de protection des données, d'émergence et de financement de startups, des rapports de forces entre acteurs du numérique, qu'aux cas d'usages réels de ces données en entreprise. Il semble alors qu'une « économie de la donnée », insaisissable et potentiellement prédatrice, se développe à côté, voire au détriment de « l'économie réelle ».

L'image spontanée des données comme des actifs gratuits dont la valorisation irait de soi forme pourtant une étonnante inversion de la réalité : en réalité, les données constituent **un actif coûteux et dépourvu de valeur intrinsèque**. Loin de tout ésotérisme, *leur valorisation repose sur des effets concrets dans la production* et participe de ce fait pleinement de « l'économie réelle ». L'objectif de ce rapport est précisément de clarifier la manière dont les données sont valorisées par les entreprises, en montrant comment cette valorisation fonctionne dans deux secteurs d'activité « traditionnels » – la distribution d'électricité et la grande distribution.

Avant d'en venir à ces deux études de cas, cette partie introductive vise à rappeler succinctement les principes généraux de valorisation du progrès technique et à présenter les différentes dimensions de la valorisation des données.

1/ Data et productivité

Pour les entreprises, les instruments numériques sont des moyens de production. Inscrits dans la longue histoire du développement des techniques, ils soutiennent le développement de la productivité du travail – c'est-à-dire la baisse du temps de travail humain nécessaire à la production d'un volume donné de marchandises.

La valorisation du progrès technique

Car nos économies se caractérisent par la recherche permanente de gains de productivité. Au sein d'une branche de production, les premières entreprises qui parviennent à améliorer leur productivité par rapport aux entreprises concurrentes jouissent en effet d'un avantage : tant qu'elles peuvent maintenir leurs prix de vente au niveau de ceux de leurs concurrents, la baisse des coûts de production leur assure une rentabilité accrue. Des « surprofits » récompensent ainsi les entreprises les plus efficaces. Ils s'éteignent en théorie à mesure que le progrès technique se diffuse au sein de la branche d'activité : lorsqu'une technologie devient d'usage courant, les entreprises reprennent une concurrence par les prix qui abaisse les prix des marchandises – de sorte que les gains de productivité finissent par se traduire par une baisse de la valeur de la production. C'est ainsi que les gains de

l'innovation échappent progressivement aux entreprises qui la déploient et se propagent à l'ensemble de l'économie : qu'elles soient des intrants pour d'autres entreprises ou des biens de consommation pour les salariés, la baisse du prix des marchandises diminue les coûts de production dans les autres branches de production et se traduit alors en gain macro-économiques.

Pour notre propos, l'élément qui importe est le suivant : aux yeux d'une entreprise, la valeur d'une nouvelle technologie est toujours relative, dans un premier temps, au gain de productivité qui fonde le surprofit que l'entreprise espère tirer de son déploiement (voir schéma *infra*). C'est donc ce surprofit qui justifie les investissements nécessaires pour développer et déployer la nouvelle technologie. Et ce n'est que dans un second temps, une fois l'usage de la technologie généralisé au sein de la branche, que la concurrence tend à ramener la valeur de la technologie au niveau de ses coûts de production – permettant la diffusion des gains à l'ensemble de l'économie (Guellec, 2017).

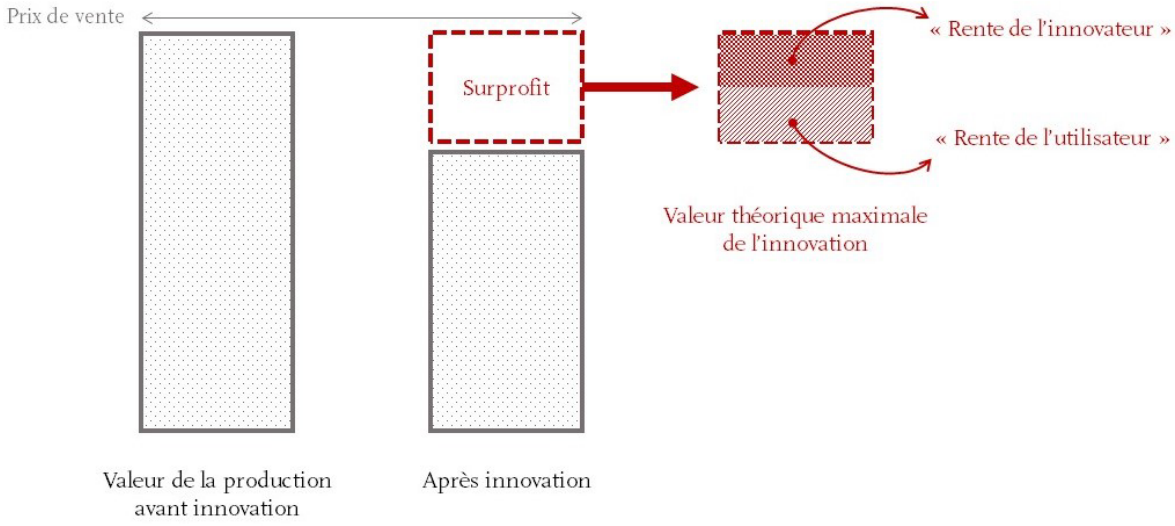


Figure 1. Valeur et partage de la valeur de l'innovation

A mesure que les technologies gagnent en complexité, que leur développement suppose des coûts plus importants et des investissements plus spécifiques, des entreprises se spécialisent dans la conception et la production des innovations et des nouvelles technologies. Cette division du travail, qui sépare la production et l'utilisation de l'innovation, est à l'origine d'économies d'échelle : les coûts de recherche et développement sont mieux amortis si l'innovation, au lieu d'être jalousement gardée par la firme utilisatrice, est largement commercialisée par la firme productrice. Autre effet d'une telle division du travail : l'ensemble des firmes d'une branche peuvent alors intégrer l'innovation, ce qui accélère le retour à une concurrence par les prix et la transformation des gains de productivité en baisse des prix. Les entreprises issues de ces branches sujettes au progrès technique ont alors elles-mêmes tout intérêt à remonter en amont pour se spécialiser dans la production des innovations : repositionner leur activité leur permet de se prémunir du déclin de leur activité historique, dont la valeur baisse à mesure que la productivité s'améliore. Ainsi, avec le progrès technique, c'est le travail humain en même

temps que la valeur qui se déplace entre les branches d'activité : **l'innovation tend à réduire l'importance économique des branches qui en font l'objet, au profit de branches émergentes – parmi lesquelles se trouvent les industries productrices des innovations techniques.**

Que se passe-t-il lorsqu'une entreprise ne produit pas la technologie sur laquelle repose l'amélioration de sa productivité, mais l'acquiert auprès d'une entreprise tierce ? Le mécanisme présenté plus haut opère de manière inchangée : la valeur de la technologie dépend toujours, dans un premier temps, des gains de productivité dégagés, autrement dit du surprofit généré par l'innovation. Seulement, le surprofit doit désormais être partagé entre l'entreprise qui a développé la technologie et celle qui l'utilise – en fonction du rapport de force entre ces deux parties. Le dégonflement du surprofit opère également de manière différente, car seules les entreprises appartenant à la même branche d'activité sont des concurrents directs, capables d'exercer une pression à la baisse sur les prix. Du côté des entreprises utilisatrices, la diffusion progressive de la technologie au sein de leur secteur intensifie la concurrence et réduit progressivement les surprofits liés à l'utilisation de la technologie. En revanche, seule la concurrence du côté des entreprises productrices de la technologie permet progressivement d'en ramener la valeur dans un rapport proportionnel aux dépenses réellement engagées pour la produire. Dès lors qu'un monopole s'exerce sur la production de la technologie, les surprofits peuvent se maintenir plus durablement. Mais même dans ce cas, le surprofit reste toujours proportionnel aux gains de productivité dégagés : théoriquement, il ne peut les dépasser et, pour garantir l'adoption de la technologie dans les branches concernées, il doit permettre aux entreprises utilisatrices d'en dégager un bénéfice économique. **Le profit de l'entreprise productrice de la technologie reste toujours lié au gain de productivité de l'entreprise utilisatrice de la technologie.**

L'exploitation des données numériques : une forme particulière de progrès technique

Les stratégies mises en place par les entreprises autour des données numériques ne sont qu'une forme particulière du mécanisme général que nous venons de décrire : la recherche de gains de productivité comme source de surprofits pour les entreprises.

Les données sont des informations converties en code binaire (des suites de 0 et de 1) afin de permettre leur traitement informatique. Elles n'ont aucune valeur intrinsèque : leur valorisation repose uniquement sur les effets directs du traitement des données dans la production, ou sur leur utilisation comme intrants dans le développement de nouvelles solutions informatiques. Dans le premier cas, le traitement des données repose sur des technologies qui doivent être développées ou acquises auprès d'entreprises tierces – équipements électroniques (hardware) et logiciels (software). Ainsi, même lorsque les entreprises disposent de volumes importants de données, leur exploitation reste coûteuse. Dans le second cas, l'utilisation des données pour développer de nouvelles solutions informatiques, c'est la collecte des données qui pose problème, car il peut s'agir d'une opération coûteuse. La valorisation des solutions développées dépend toujours, en dernière analyse, de la capacité de ces solutions à produire un effet utile auprès de leurs clients. Bref : **pour les entreprises productrices comme pour les entreprises utilisatrices des**

nouvelles technologies, la valorisation des données ne va pas de soi mais dépend de la balance entre les coûts et les effets utiles que le traitement des données permet de dégager.

Dans la suite de cette section, nous revenons sur les trois grandes étapes nécessaires à l'exploitation des données : **leur collecte, leur traitement et leur valorisation** – qui illustrent chacune la résistance économique des données, autrement dit les coûts liés à la valorisation des données qui viennent limiter les stratégies des entreprises.

1. Capter la donnée.

La numérisation de la production est avant tout une forme particulière de mécanisation, où la mécanisation s'appuie sur des moyens informatiques. Comme toute machine, les ordinateurs et les machines numériques visent à améliorer l'efficacité de la production, que ce soit par l'automatisation du travail humain, l'amélioration de l'organisation de la production, la maintenance prédictive, etc. (Benedetto-Meyer & Boboc, 2021; Janco & Furjot, 1972; Naville & Cours-Salies, 2016) Mais cette forme de mécanisation comporte une particularité : en même temps qu'un effet productif immédiat, la machine devient un capteur qui délivre des données numériques – convertissant les informations issues du procès de production en code binaire qui peut faire l'objet d'un traitement informatique.

Dans les entreprises, ces données numériques se présentent donc d'abord comme un sous-produit du déploiement des technologies numériques, améliorant l'information disponible sur les procès de production, les marchés, la gestion interne des entreprises. De ce point de vue, la numérisation des entreprises ne transforme pas foncièrement le rôle de l'information dans la production, mais elle en décuple la portée en abaissant les coûts de collecte, de stockage et de remobilisation.

Les données numériques présentent toutefois une particularité : elles sont à la fois un produit des technologies numériques et un intrant qui permet leur amélioration ultérieure – via l'entraînement d'algorithmes, le développement de nouvelles applications, l'identification de cas d'usages pertinents. Les technologies numériques impulsent ainsi une dynamique cumulative : leur déploiement augmente le volume de données disponibles, qui permet à son tour l'amélioration des technologies numériques. Cette relation cumulative explique l'ambivalence de certaines stratégies de digitalisation, telle que l'exprime par exemple un de nos interlocuteurs du secteur électrique :

> « Je me pose un peu la question de savoir à quel moment c'est la technologie et l'accessibilité de ces données qui va pousser l'effort de digitalisation, ou c'est plutôt : il y a une stratégie de digitalisation, donc du coup on va développer des moyens d'accès à la donnée, des compteurs Linky, mais aussi on va chercher des nouveaux types de modèles, des choses comme ça. Je ne sais pas, pour moi c'est un peu l'œuf ou la poule, on va dire. » (RE_7, data scientist, spécialiste des flexibilités)

L'ambivalence des données numériques, à la fois produit et intrant du développement informatique, est à l'origine de différentes stratégies de la part des entreprises. Pour la plupart d'entre elles, le rapport aux données reste « opportuniste » : la numérisation est

une forme de mécanisation dont le principal objectif est d'améliorer l'efficacité du procès de production, sans que la collecte de données n'en constitue un objectif en soi. Dans ce cas la numérisation, comme n'importe quelle innovation technique, est engagée lorsque les bénéfices attendus dépassent les coûts qui doivent être engagés. Les données peuvent être conservées en vue d'usages ultérieurs, mais dans la mesure où elles ne constituent pas un objectif en soi, leur collecte n'implique pas d'investissement spécifique et peut être considérée comme économiquement indolore. **Pour ces entreprises, les données forment effectivement un sous-produit involontaire et gratuit de la numérisation.**

Mais pour d'autres entreprises, les données sont une ressource à part entière, nécessaire pour développer ou améliorer des solutions informatiques, ou pour développer de nouvelles activités intensives en données dans leur branche d'activité. **Dans ce cas, les données constituent un objectif à part entière de la numérisation du procès de travail**, qui peut parfois l'emporter sur l'objectif de gains de productivité à court terme. L'entreprise peut ainsi tolérer des coûts importants pour numériser son procès de production, des coûts qui ne sont pas directement compensés par des gains de productivité immédiats mais qui sont nécessaires pour capter les données : **la numérisation du procès de production est alors perçue comme un moyen pour accéder aux données**. Dans le cas le plus extrême, l'engagement dans une activité économique n'est lui-même qu'un prétexte pour collecter les données nécessaires au développement de solutions numériques dans cette branche. On peut ici penser à la stratégie de diversification des grandes entreprises du numérique qui, en se développant dans des branches d'activité parfois plus ou moins cohérentes avec leur cœur de métier, cherchent essentiellement à collecter les données qui leur permettront de développer de nouveaux instruments numériques. Mais le phénomène ne se limite pas à ces grands acteurs et s'observe à des échelles plus fines : dans le secteur de l'électricité, nous avons par exemple enquêté auprès d'un acteur étranger au secteur, devenu fournisseur d'électricité pour capter les données nécessaires au développement d'une solution numérique destinée aux acteurs de cette filière. **Dans ce cas de figure, la collecte de données suppose des investissements spécifiques et représente un véritable coût pour les entreprises, justifié par une stratégie de repositionnement de leur activité dans le développement de solutions numériques.**

Entre la numérisation envisagée comme simple moyen d'amélioration de la productivité ou comme pur levier d'accès aux données, il existe évidemment un gradient de positions que peuvent occuper les entreprises. Cette ambivalence a en tous cas eu pour effet d'obscurcir, dans le cas de l'industrie numérique, le lien entre données et gains de productivité qui paraît si évident pour la plupart des autres innovations techniques : **l'accumulation de données déconnectée d'applications productives immédiates, et apparaissant comme un objectif en soi pour certains acteurs économiques, contribue à alimenter l'image d'une économie de la donnée indépendante des activités productives.** Il ne s'agit pourtant rien d'autre que d'acteurs qui anticipent des gains de productivité importants à l'avenir dans un secteur d'activité, et qui se donnent les moyens pour accéder aux données nécessaires au développement

de cette technologie. Le pari peut être de plus ou moins long terme et même être complètement manqué, du fait d'erreurs d'appréciation dans le niveau des gains de productivité atteignables ou dans les coûts de développement, d'obstacles techniques ou d'échecs concurrentiels ; il n'en reste pas moins que les solutions numériques développées ne délivreront de valeur qu'à condition de « trouver des applications », c'est-à-dire de dégager auprès des firmes d'une branche d'activité des gains de productivité suffisants pour compenser les coûts de développement qui auront été consentis (Nathan et al., 2024).

2. Traiter la donnée

La principale limite aux applications informatiques réside dans les capacités de traitement numérique bien davantage que dans la disponibilité des données. Ce traitement repose lui-même sur deux couches interdépendantes : la couche matérielle (les machines électroniques) et la couche logicielle (les programmes enregistrés sur ces machines).

Le développement d'applications informatiques de plus en plus versatiles s'est jusqu'à présent appuyé sur deux tendances majeures : l'amélioration des capacités de calcul et la réduction du coût de ce traitement. Ces évolutions reposent à la fois sur l'amélioration du matériel informatique et sur l'optimisation des logiciels – évolutions que nous allons décrire brièvement dans les paragraphes qui suivent. Au-delà des couches matérielle et logicielle, les données elles-mêmes doivent être formatées en fonction du traitement auquel elles sont destinées : la mise en qualité des bases de données constitue une dernière étape, coûteuse et parfois limitante, du processus de traitement de l'information.

Hardware

Les données numériques ont d'abord une existence physique : les séries de 0 et de 1 qui codent l'information représentent les ondulations (on/off) d'un courant électrique qui circule sur les puces électroniques. Logés dans chaque puce, des transistors génèrent ces ondulations, les mémorisent et sont capables de leur appliquer un traitement numérique. L'amélioration des capacités de calcul repose alors sur deux facteurs clés : d'une part, l'augmentation du nombre de transistors contenus sur chaque puce, qui permet d'accroître le nombre et la complexité des opérations – les puces actuelles en contiennent plusieurs millions ; d'autre part la diminution de la taille de la puce, qui réduit la distance que le courant doit parcourir, accélérant la vitesse de calcul et limitant la consommation d'énergie. C'est cette combinaison – davantage de transistors sur des puces toujours plus petites – qui a jusqu'à présent constitué le versant matériel du progrès informatique.

L'amélioration de la puissance de calcul permet de traiter davantage d'informations et, par conséquent, soutient des usages de plus en plus diversifiés des technologies numériques. Mais leur diffusion au sein des entreprises dépend aussi et surtout de la baisse continue du prix des capacités de calcul. Or cette dernière trajectoire n'a pas été linéaire. Au cours des années récentes, on peut plus particulièrement identifier deux

grandes ruptures qui ont fait chuter le coût des capacités de calcul, permettant aux entreprises d'accroître rapidement leurs capacités de traitement informatique.

La première correspond au développement de la micro-informatique et de l'internet, entre la fin des années 1980 et la décennie 1990. Cette rupture doit en fait moins à une rupture technologique qu'à la transformation décisive de l'organisation de l'industrie informatique qui l'a accompagnée (Genthon, 1995). Jusque dans les années 1980, l'industrie informatique était en effet dominée par des producteurs d'ordinateurs qui produisaient chacun des logiciels uniquement compatibles avec leurs propres machines. Pour les entreprises-clientes, l'adhérence entre machine et logiciels rendait le changement de fournisseur difficile. Face à cette clientèle captive, les principaux fabricants – en premier lieu, le leader IBM – ont pu exercer un pouvoir de monopole et appliquer des prix relativement élevés sur les technologies numériques, réduisant d'autant le marché potentiel de ces technologies.

Or, dans les années 1980, l'émergence de la micro-informatique s'accompagne d'un découplage entre le matériel et les systèmes d'exploitation : le premier micro-ordinateur IBM, pour des questions de rapidité de mise sur le marché, est proposé avec un système d'exploitation Windows dont IBM ne détient pas la licence. D'autres producteurs de machines ont alors pu proposer des machines compatibles avec ce système d'exploitation, permettant aux utilisateurs de changer de matériel sans changer leur système d'exploitation. Ces transformations ont eu pour effet d'augmenter la concurrence sur le versant matériel en encourageant l'entrée de producteurs d'ordinateurs compatibles à bas coût (Dell, Packard Bell...) : au début des années 1990, on estime que ces transformations ont abouti à une baisse du prix des équipements informatiques de 10% par an en moyenne – encourageant l'équipement et le développement des usages de l'informatique en entreprise (Genthon, 1995). En parallèle, le développement de l'informatique en réseau (intranets, internet) a contribué à abaisser les coûts de la communication et du partage d'informations – encourageant la numérisation des échanges au sein et entre les entreprises.

Plus proche de nous, on peut dater des années 2010 une autre rupture, celle de la démocratisation du cloud. Le cloud permet aux entreprises de louer des ressources informatiques – aussi bien des capacités matérielles (serveurs) que des services logiciels (logiciels de gestion de base de données, de traitement, etc.) – sur des serveurs distants, externes à l'entreprise, auxquels les usagers peuvent se connecter depuis leurs propres ordinateurs via une liaison internet sécurisée (Bômont & Cattaruzza, 2020). Parmi les fournisseurs de cloud les plus importants, on compte non seulement le leader des systèmes d'exploitation, Microsoft, mais aussi les nouvelles firmes apparues dans le sillage du développement d'internet, au cours des années 2000 : des plateformes comme Google ou Amazon, le leader du secteur – des entreprises qui se sont intéressées assez tôt aux volumes exponentiels de données qu'elles pouvaient capter sur leurs pages internet au point de développer sur cette base une véritable industrie du traitement de la donnée (Frénot & Grumbach, 2014). La location de ces capacités informatiques auprès de tiers représente désormais l'une de leurs principales sources de revenus.

Le cloud permet en fait aux entreprises de mutualiser la puissance de calcul : « *utiliser mille serveurs pendant une heure ne coûte pas plus cher qu'un serveur pendant mille heures* » (Zouhri & Rehali, 2016). Grâce à cette élasticité, les entreprises peuvent réaliser des opérations sur de grandes bases de données qui étaient auparavant trop lentes ou trop coûteuses. Développé dans la décennie 2000, le cloud s'est démocratisé dans les années 2010, encourageant une utilisation plus intensive des données – en particulier dans des secteurs éloignés du cœur technologique et qui avaient jusqu'alors limité leurs investissements en capacités informatiques. C'est ainsi que des applications gourmandes en puissance de calcul, comme les applications Big data qui cherchent à découvrir une utilité inattendue dans de grands volumes de données (Delort, 2018), ont pu trouver un débouché auprès de ces entreprises. La diffusion de ce type d'applications, sur la base d'un accès élargi et moins coûteux aux capacités de calcul, explique le regain d'intérêt généralisé pour la collecte des données y compris dans les entreprises « traditionnelles » et la tendance à les thésauriser : autrement dit, elle explique l'essor d'une « économie de la donnée » dans des entreprises pourtant relativement éloignées du cœur du développement informatique[1].

Un aspect intéressant à souligner est que ces mutations ne sont sans lien avec la manière dont nous percevons l'industrie informatique. Pour les contemporains du monopole d'IBM, il était évident que l'industrie informatique produisait des machines, destinées à jouer un rôle productif auprès des entreprises clientes (Janco & Furjot, 1972). L'effritement de ce monopole a contribué à déplacer le centre de gravité de l'industrie vers la couche logicielle, où se sont alors localisés le pouvoir de monopole et les profits les plus importants : à partir des années 1990, on se met donc à percevoir l'industrie informatique comme une « industrie immatérielle », associée aux thèmes de « l'économie de la connaissance » et du « capitalisme cognitif », dont les principes économiques seraient radicalement différents de ceux du capitalisme industriel (Haskel et al., 2019; Negri & Vercellone, 2008; Vercellone, 2008). En réalité, ni les composantes de l'industrie informatique ni les principes de sa participation à la production n'ont matériellement changé : seuls ont évolué le rapport de force, et par conséquent la répartition des profits, entre producteurs de machines et éditeurs de logiciels (Genthon, 1995).

Chassée par la porte, la dimension matérielle de l'informatique revient aujourd'hui par la fenêtre. Les tensions géopolitiques, la consommation croissante d'énergie du secteur informatique, ont contribué à remettre au centre du jeu l'infrastructure matérielle de l'industrie informatique et ses goulets d'étranglement : les centres de production des puces électroniques les plus sophistiquées, l'approvisionnement en métaux critiques, les réseaux de câbles sous-marins qui forment l'infrastructure d'internet, la

[1] A noter les efforts législatifs engagés autour du règlement européen sur les données (Data Act), dont l'objectif est de supprimer les frais de transferts des données entre opérateurs cloud pour accroître la concurrence sur ce marché. Sur les marchés numériques, les enjeux de compatibilité et les difficultés de migration pour les utilisateurs ont en effet souvent servi de barrières à l'entrée, permettant aux acteurs du secteur d'augmenter les prix. D'une certaine manière, l'objectif du régulateur est donc de renouveler pour le cloud, en séparant la circulation des données et l'infrastructure cloud, le même mouvement qui avait stimulé la concurrence sur le marché des ordinateurs en séparant les machines et le système d'exploitation.

consommation électrique des *data centers* (Atif et al., 2022; Cattaruzza, 2019). La base matérielle des applications numériques refait surface avec bien plus de clarté qu'au cours des décennies précédentes.

Software

Les performances informatiques (puissance, vitesse, coût du calcul) dépendent autant des capacités physiques du matériel que de l'optimisation des programmes enregistrés dans les machines. Ces programmes sont formés de suites d'instructions élémentaires qui permettent le traitement des données numériques. En simplifiant et en réduisant la suite d'opérations nécessaires pour atteindre un objectif donné, on peut obtenir un résultat identique en utilisant du matériel moins sophistiqué et en réduisant la consommation électrique. Les enjeux sont importants : en France, l'électricité représenterait 40% des coûts d'un *data center* (Mien, 2018)[2]. L'innovation informatique concerne donc autant le développement du matériel que celui des logiciels – et, à mesure de la stabilisation de l'évolution du matériel, le centre de gravité de l'innovation tend à se déplacer vers le champ du logiciel (Genthon, 1995).

En raison du caractère immatériel de ses produits, l'économie du logiciel est parfois mal comprise (Genthon, 2006). **Fondamentalement, l'édition d'un logiciel est pourtant soumise aux mêmes principes que la production de n'importe quelle marchandise.** En fait, la principale différence avec la production d'une marchandise matérielle tient à la structure de coûts de la production : les coûts fixes, liés au développement de la solution, sont nettement prédominants, tandis que les coûts variables liés à la reproduction du logiciel sont négligeables – sans pour autant atteindre la pureté théorique dans laquelle ils seraient parfaitement nuls, car des coûts variables (par exemple liés à la commercialisation) subsistent inévitablement. Cette structure de coûts permet de distinguer l'industrie du logiciel de l'économie des services informatiques – où les coûts variables de main d'œuvre prédominent. Elle est en tout cas à l'origine de rendements croissants : le taux (et non seulement la masse) de profit de l'éditeur de logiciel augmente avec l'étendue de son marché. Or cette situation a deux conséquences importantes pour l'organisation de ce marché – qui concernent directement notre sujet.

Premièrement, elle tend à encourager la spécialisation des acteurs. Car plus les coûts fixes sont élevés, plus il devient intéressant pour une entreprise de commercialiser cette solution auprès de ses concurrents pour chercher à amortir ces coûts. Inversement, il est généralement plus intéressant pour un acteur d'acquérir un logiciel sur le marché, où les coûts de développement sont mutualisés entre plusieurs acheteurs, que d'en supporter seul les coûts de développement. Ce mécanisme est à l'origine du mouvement d'externalisation-spécialisation, qui conduit à la spécialisation de certains acteurs dans le développement des techniques. Si les applications généralistes, ou qui forment le cœur technologique d'autres applications, sont généralement développées

[2] C'est la raison pour laquelle le succès récent des ingénieurs chinois à proposer une solution d'IA générative fonctionnelle, sur la base de puces moins sophistiquées que leurs concurrents américains, a eu pour contrepartie la chute brutale de la valorisation du fabricant de puces sophistiquées Nvidia en janvier 2025.

par des entreprises issues du secteur numérique, les entreprises issues d'une branche d'activité particulière peuvent être avantagées pour développer des applications adaptées aux besoins de leur cœur de métier – à la fois parce qu'elles sont mieux à même d'identifier les cas d'usage pertinents et parce qu'elles disposent de données plus spécifiques nécessaires au développement de ces solutions. Dès lors que le potentiel du numérique dans un secteur économique est important, des entreprises natives de ce secteur peuvent être encouragées à se lancer dans le développement de solutions : elles forment alors un chaînon intermédiaire entre les applications « généralistes » et le « cœur technologique » développés par les entreprises du numérique et les applications « spécifiques » à un secteur d'activité.

Deuxièmement, cette structure de coût encourage la concentration, car plus les coûts fixes sont importants, plus la concentration de la production permet de dégager des économies d'échelle importantes. Si cette structure encourage la constitution de monopoles, deux éléments encadrent néanmoins le niveau des prix pratiqués dans ces niches de marchés. D'abord, la concurrence continue de s'exercer sous une forme différente : non plus entre concurrents installés sur le marché, mais sous la forme de la menace d'entrée d'un concurrent en cas de prix trop élevés (Bacache-Beauvallet & Bourreau, 2022). Bien sûr, plus les barrières à l'entrée dans le marché sont élevées, plus la menace d'entrée de concurrents devient virtuelle et plus les prix peuvent s'élever. Mais une seconde limite encadre encore le niveau des prix : l'utilité, le besoin social pour le logiciel. Le prix appliqué au logiciel commercialisé comme instrument de production ne peut en effet excéder le gain de productivité, et donc les surprofits, que cet instrument permet de dégager.

Il n'en reste pas moins que la structure monopoliste du marché des logiciels a des conséquences concrètes. Dans la mesure où la stabilisation de ces marchés s'accompagne en général d'une standardisation ou de l'adoption d'une solution unique, seules les firmes capables d'imposer leur propre solution peuvent survivre et engranger les bénéfices de leurs investissements : la concurrence se révèle donc très intense dans la phase de développement initial et de conquête du marché. Dans cette lutte concurrentielle, le marché joue un double rôle. Comme dans n'importe quelle industrie, il est d'abord un lieu de débouchés. Mais, dans les industries où les coûts fixes sont importants, l'étendue du marché accroît aussi l'efficacité de la production : plus les ventes sont importantes, plus le coût de production de chaque unité est faible, ce qui offre un avantage concurrentiel à l'entreprise dont le marché est le plus large. Ces mécanismes, qui existent dans toute industrie où les coûts fixes sont importants, sont radicalisés dans l'industrie du logiciel en raison du poids prédominant des coûts fixes, mais aussi de « boucles de rétroaction positives » qui sont davantage spécifiques à cette industrie : l'étendue du marché ne se contente pas d'améliorer l'efficacité de la production, mais accroît aussi parfois la qualité du logiciel (compatibilité entre usagers, amélioration de la solution grâce à la croissance des données disponibles, etc.). Notons enfin qu'en même temps que l'extension du marché accroît les avantages concurrentiels d'une firme, elle réduit d'autant les débouchés et donc les avantages de ses concurrents. En bref, les caractéristiques de ces marchés accentuent les enjeux stratégiques dans la

concurrence entre firmes, ce qui se manifeste dans un éventail de pratiques : prix prédateurs (des prix artificiellement bas pour capter rapidement l'essentiel du marché), fusion ou absorption des concurrents, internationalisation des marchés...

Une fois les marchés stabilisés, l'adoption de prix de monopoles tendanciellement plus élevés limite la portée de la diffusion des solutions au sein du tissu productif : c'est donc tout l'enjeu de l'organisation et de la régulation des marchés numériques que de garantir les conditions d'une baisse des prix, qui encourage une diffusion plus large des innovations numériques.

Pour ce qui nous importe ici, ces tendances générales – la spécialisation et la structure monopoliste des marchés – devraient avoir pour effet d'encourager les firmes les plus éloignées du cœur technologique à externaliser le développement des solutions numériques. Dans le cas de la grande distribution, ce processus semble s'être renforcé dans les années récentes sous l'effet de deux tendances. D'abord, la multiplication et la diversification des usages de l'informatique ont accru les besoins des entreprises, excédant leurs capacités de développement en interne et les poussant sur le marché. Ensuite, les barrières à l'entrée ont eu tendance à s'élever, à la fois au plan technique (avec des technologies évoluant plus rapidement) et au plan réglementaire (l'application du RGPD pour le traitement des données personnelles suppose par exemple des ressources supplémentaires qui le rendent plus difficile à respecter pour une entreprise non-spécialisée). Deux extraits d'entretiens menés avec des informaticiens issus de la grande distribution rendent compte de la dépendance croissante de leurs entreprises au marché, à mesure du développement des techniques :

> « On a une culture d'entreprise historique qui était de développer ses propres solutions. Donc, à part la compta... Au début des années 2000, on développait toutes les solutions internes, avec nos compétences internes. Depuis 5 ans on s'est quand même beaucoup plus ouvert sur le marché pour remplacer des applications qui étaient vieillissantes, qui nécessitaient de faire beaucoup d'évolution d'un point de vue légal. » (GD_13, responsable du pôle data, Cora Informatique)

> « Les technologies aujourd'hui évoluent tellement vite que sauf à dépenser des sommes faramineuses, on n'a plus la capacité de suivre le mouvement. » (GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour)

Paradoxalement, le développement technique se traduit donc par une perte d'expertise informatique dans les secteurs les plus périphériques vis-à-vis du cœur technologique – dont la contrepartie réside dans l'accroissement de l'expertise et sa concentration au sein des firmes qui forment ou rejoignent le cœur de ces transformations.

Nettoyage et mise en forme des données

Pour pouvoir faire l'objet d'un traitement automatisé, les données récoltées doivent enfin être structurées : sans préparation, les données sont dans la plupart des cas inutilisables (Benhamou, 2022). Le traitement repose ainsi sur une dernière étape de mise en forme des bases de données, au cœur de l'activité des *data analysts*. Cette opération, souvent manuelle, doit être réalisée dans chaque entreprise et représente une source de coûts supplémentaires qui ne doit pas être négligée – en particulier pour

les petites entreprises et au même titre que les coûts matériels et logiciels, et d'autant plus qu'ils supposent souvent le recrutement ou la formation d'un personnel dédié.

> « La stratégie data, c'est d'être capable de remettre dans un référentiel des données assez longues pour avoir un historique, mais mises en qualité. C'est-à-dire que la donnée est toilettée, on décèle les anomalies, éventuellement s'il y a des manquants, on les recalcule, et puis surtout le flux d'alimentation est un flux complètement automatisé qui jour après jour, heure après heure, mois après mois, ça dépend de la périodicité de la donnée, va la mettre à jour dans votre référentiel. (...) Donc voilà, on a besoin de cette infrastructure quoi qu'il arrive. » (GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne)

> « Nettoyer tout, ça c'est pas encore complètement fait. Parce qu'on m'a dit : c'est pas la priorité. Donc on a mis en place de l'alimentation de données, on fait des études IA dessus, mais on a aussi, entre guillemets, excusez-moi du terme, beaucoup de merde dans nos données. Donc : *shit in shit out. (...)* Donc la donnée, on en a plein. Maintenant, la donnée exploitable, on en a. Elle nécessite d'être améliorée, nettoyée et tout ça, analysée. » (GD_12, chef de projet chez Cora informatique)

Les règlements autour de la protection des données (RGPD), on l'a dit, ont encore élevé le besoin d'expertise, et donc les coûts, associés à la mise en qualité des bases de données – les *data analysts* devant également garantir la conformité des bases de données aux prescriptions légales. Or, si ces opérations de mise en forme font défaut, les technologies sophistiquées de traitement de la donnée restent inaccessibles aux firmes. Les firmes doivent donc avoir de bonnes raisons de penser que le traitement des données pourra être profitable avant de réaliser la mise en forme de leurs bases.

3. Valoriser les données

Pour une entreprise, le traitement des données n'a de valeur que parce qu'il répond à un usage concret dans le monde de la production. La valorisation des données implique donc d'identifier des cas d'usages pertinents, où leur exploitation peut apporter une réelle utilité. Ces cas d'usages sont variés, mais quel que soit leur champ d'application, la valeur des données se mesure relativement aux « coûts évités », aux économies que réalise l'entreprise lorsqu'elle déploie ces solutions. Une technologie n'est naturellement adoptée que si les gains économiques attendus dépassent les coûts nécessaires à sa mise en œuvre.

De fait, la valeur des données est très variable d'un secteur à l'autre, suivant leurs caractéristiques et leurs contraintes techniques propres. Dans certains secteurs, des applications pointues et intensives en données sont susceptibles de réorganiser profondément la production en générant des gains de productivité importants. Mais la plupart du temps, des solutions triviales, modestes et bon marché, ciblant un problème de production bien identifié sont privilégiées – « *C'est des outils, mais dans la vie de tous les jours !* »[3]. Ces solutions se trouvent généralement (bien) en-deçà des capacités techniques potentiellement atteignables.

[3] GD_11, préparateur de commande groupe Carrefour et coordinateur syndical CFDT.

Les causes de la sous-utilisation des solutions de pointe sont à chercher aussi bien du côté de la demande, c'est-à-dire au niveau des entreprises utilisatrices des technologies, que du côté de l'offre, au niveau des entreprises productrices des technologies. Du côté de la demande, la faiblesse des salaires freine généralement l'absorption de solutions innovantes : plus les salaires sont faibles, moins une technologie permettant d'économiser le travail présente d'intérêt économique du point de vue de l'entreprise. Du côté de l'offre, les efforts d'innovation ont eu tendance à porter davantage sur l'augmentation des capacités techniques que sur la réduction des coûts – les technologies dites d'intelligence artificielle, par exemple, restent encore extrêmement coûteuses à déployer en entreprise (Nathan et al., 2024). Trop chers, ces modèles trouvent alors peu d'applications, car le coût élevé de leur mise en œuvre dépasse souvent les gains de productivité anticipés. Autrement dit, **la faiblesse des salaires d'un côté et le coût élevé des solutions de l'autre réduisent la fenêtre d'opportunité du déploiement technologique** : dans de nombreux secteurs, la limite technologique tient bien davantage à ces conditions économiques qu'aux possibilités techniques elles-mêmes. Par exemple, si le « magasin autonome » est un objectif techniquement atteignable, il ne présente actuellement aucun intérêt économique à l'échelle d'une grande surface.

Du point de vue de l'industrie informatique, une telle réduction du champ d'application des technologies pose un sérieux problème. Car pour les firmes du numérique, le développement des capacités technologiques a supposé des investissements importants qu'il faut désormais rentabiliser. Faute d'effets suffisants dans le monde réel, les anticipations de profits qui ont justifié ces investissements ne seront pas tenues. Les risques sont ceux d'une dévalorisation des investissements et d'une correction des valorisations boursières des grandes entreprises du numérique – valorisation qui exprime les anticipations de retour sur investissements de la part des investisseurs. C'est dans ce hiatus entre la capacité atteinte par la technologie et le potentiel de valorisation réelle dans les entreprises, compte-tenu des conditions économiques, que se glisse le risque de turbulences financières, qui ramèneraient la valeur de ces entreprises à la hauteur du potentiel *réel* de gains de productivité.

2/ Présentation de l'étude

Les solutions informatiques basées sur le traitement des données sont des technologies de production : à ce titre, leur valorisation doit s'envisager en partant de leur impact sur l'activité économique – c'est-à-dire auprès des entreprises *utilisatrices* des technologies (Benhamou, 2022; Guellec, 2017). Le présent travail aborde l'enjeu de la valorisation des données numériques sous l'angle, très concret, de la transformation des manières de produire dans des entreprises extérieures au secteur numérique. Sa proposition centrale est que la valeur des données est déterminée par les gains de productivité, autrement dit les « coûts évités » par le déploiement de solutions de traitement des données. L'ampleur de ces gains détermine, non seulement la « valeur des données », mais aussi l'opportunité d'engager les dépenses nécessaires au déploiement de ces solutions, voire le déploiement de stratégies de repositionnement à long-terme de la part des entreprises.

Le lien entre gains de productivité et valorisation des données comporte bien sûr une double-implication. Il implique d'abord que, là où le traitement des données suscite des effets productifs importants, les données prennent d'emblée un caractère stratégique et une grande valeur aux yeux des entreprises. L'anticipation d'un déplacement important de la valeur vers « l'amont numérique » peut justifier des stratégies proactives pour capter les données, où les investissements nécessaires à la collecte de données dépassent parfois le gain de productivité immédiat lié à la numérisation. Mais cette implication a son revers : là où les effets productifs du traitement des données apparaissent limités, les données restent en fait relativement sous-exploitées. La portée des solutions dépend des cas d'usages développés par les concepteurs des solutions et de leur pertinence compte-tenu de l'organisation industrielle de chaque secteur – qui forment ainsi l'échelle pertinente pour analyser les modalités réelles de valorisation des données. Pour illustrer ce rapport et ses implications, ce travail s'appuie donc sur deux études de cas, menées dans des secteurs dont la position vis-à-vis de la valorisation des données numériques est contrastée (voir la section suivante du rapport qui détaille la méthodologie employée). Dans ces deux secteurs, nous avons plus spécifiquement choisi d'étudier la valorisation des données personnelles des consommateurs : données de consommation électrique dans le premier cas, données issues des programmes de fidélité et du développement des applications destinées aux clients dans le second cas. Ces données, qui font l'objet d'une protection spécifique au titre du droit à la vie privée, impliquent des enjeux réglementaires supplémentaires et font généralement l'objet d'une plus grande attention dans le grand public.

La première étude de cas s'intéresse à la digitalisation des réseaux de distribution d'électricité, perçue comme une étape indispensable dans le cadre de la transformation des systèmes électriques. Le déploiement des compteurs communicants, sur lequel porte plus particulièrement cette étude, est considéré comme une brique essentielle dans le développement de « réseaux électriques intelligents » (*smart grids*). Dans ce secteur, la numérisation des réseaux permet bien sûr d'automatiser un processus de relève gourmand en main d'œuvre. Pourtant l'automatisation du travail apparaît comme un objectif secondaire, d'ailleurs loin d'assurer l'équilibre économique du remplacement généralisé des compteurs. Ici, c'est bien la collecte et le traitement des données qui forment les principaux objectifs de ce déploiement. Elles sont en effet amenées à jouer un rôle essentiel pour parvenir à mieux ajuster la consommation d'électricité, en pleine transformation, à des sources de production plus intermittentes et décentralisées. Les données se trouvent ainsi immédiatement investies d'un rôle stratégique dans le cadre de l'évolution globale d'un secteur dont les performances économiques sont centrales pour l'ensemble de l'économie.

La seconde étude de cas s'intéresse à la digitalisation du parcours d'achat dans la grande distribution. Dans ce secteur, les enseignes se sont mises à collecter des données sur leurs consommateurs depuis le début des années 2000, mais dans le cadre de stratégies de digitalisation dont l'objectif était principalement opérationnel et commercial et dont les données ne forment qu'un sous-produit. De fait, ces stocks de données sont longtemps restés relativement sous-exploités, faute d'usages pertinents et compte-tenu du coût des capacités de calcul nécessaires à un traitement approfondi. A partir de la seconde moitié

des années 2010, le développement du cloud a ouvert de nouvelles perspectives de valorisation et encouragé un traitement plus intensif du volume de données collectées. Mais les investissements requis demeurent significatifs dans un secteur particulièrement réticent à l'immobilisation de ses ressources, et qui peine aussi à internaliser les gains économiques de ces stratégies. L'approfondissement de la digitalisation et du traitement des données au cours des années récentes a donc imposé des contreparties économiques, dont certaines semblent bien avoir été trouvées du côté de la dégradation des conditions de travail des salariés.

Secteur de pointe et secteur de traîne technologique, ces deux cas d'étude illustrent utilement les tendances en cours dans l'adoption de technologies exploitant les données collectées par les entreprises, en les rapportant aux sources de valeur et aux contraintes propres à chaque secteur d'activité. Quelles conclusions la confrontation de ces deux études permet-elle, au moins provisoirement, d'établir ? Trois points retiennent plus particulièrement l'attention.

1. Des stratégies contrastées vis-à-vis des données

La comparaison fait d'abord apparaître des attitudes contrastées vis-à-vis des données entre ces deux secteurs d'activité, suivant que la collecte de données représente ou non un objectif en tant que tel dans les stratégies de digitalisation mises en œuvre par les entreprises. Dans le secteur électrique, proche du cœur technologique et où le potentiel économique associé au traitement des données est important, la collecte des données prime sur l'enjeu de l'automatisation. Ainsi, les coûts de généralisation du comptage communicant – qui impose le remplacement de tous les anciens compteurs électriques – dépassent les économies liées à l'automatisation de la relève. Ce sont donc les usages secondaires de la donnée, notamment par les fournisseurs et les acteurs des flexibilités, qui justifient les investissements massifs dans la digitalisation du réseau basse tension. Au contraire, à la périphérie technologique, dans le secteur de la grande distribution, les données émergent principalement comme un sous-produit de la digitalisation des processus – notamment, pour ce qui concerne le champ de notre étude, de la digitalisation des parcours d'achat essentiellement justifiée par des objectifs commerciaux et par la concurrence entre enseignes. Ce n'est qu'avec la baisse des coûts de calcul que le traitement systématique des stocks accumulés de données sur les consommateurs a commencé à être envisagé. Celui-ci reste cependant relativement limité et inscrit dans une stratégie opportuniste : l'enjeu est de monétiser ces données, notamment auprès des fournisseurs, dans l'objectif de dégager de nouveaux flux de revenus qui pourront compenser, en partie, les coûts liés à la digitalisation. Des applications opérationnelles (amélioration de l'automatisation des commandes, optimisation des assortiments) sont explorées mais semblent à ce stade moins matures. Dans un environnement hautement concurrentiel où les enseignes gardent un contrôle assez limité sur les solutions techniques, les bénéfices économiques de ces stratégies restent encore difficiles à concrétiser pour les enseignes. Cette comparaison dessine ainsi des stratégies contradictoires entre les deux secteurs d'activité. D'un côté, la digitalisation répond à des objectifs opérationnels ou commerciaux, les données

n'en constituant qu'un simple sous-produit, qui pourra éventuellement faire l'objet par la suite d'une exploitation opportuniste. De l'autre, l'accès aux données est au cœur de la stratégie de digitalisation, l'automatisation du travail n'étant qu'un moyen d'accéder aux données. Entre ces deux pôles, diverses stratégies intermédiaires sont susceptibles de se déployer, esquissant un spectre nuancé des approches des entreprises en matière de valorisation des données.

2. L'accumulation de l'expertise technique dans le cœur technologique

L'approfondissement de la digitalisation dans ces deux secteurs d'activité révèle des trajectoires opposées en matière d'expertise entre le cœur et la périphérie technologique. Dans le secteur électrique, la digitalisation du réseau basse tension semble s'accompagner d'un renforcement des compétences informatiques moyennes des salariés – à la fois en raison de la disparition des postes de releveurs et de l'apparition de nouveaux besoins à des postes à qualification élevée, de niveau ingénieur. Au contraire, dans la grande distribution, la progression de la digitalisation semble s'accompagner d'un appauvrissement relatif des compétences informatique en interne. L'accélération technologique, la diversification des besoins, le renforcement des exigences réglementaires poussent les entreprises à externaliser une part croissante du développement des applications numériques – en recourant au marché et aux partenariats externes. Même lorsque ces entreprises choisissent de préserver une expertise en interne, celle-ci tend à se marginaliser compte-tenu du poids croissant du marché ou des prestataires extérieurs. Le développement numérique semble ainsi déterminer des trajectoires opposées dans les deux secteurs étudiés, ce qui suggère une concentration de l'expertise technique dans le cœur technologique – illustrant le principe de spécialisation évoquée plus haut.

3. La numérisation et les cols bleus

Depuis que les progiciels de gestion ont remplacé les machines-outils à commande numérique comme instrument emblématique de la numérisation, l'étude des effets sociaux de la numérisation a eu tendance, non sans raisons, à se focaliser sur les cols blancs, le personnel de bureau, dont les compétences pourraient être remises en cause par les ordinateurs. Les applications les plus récentes n'ont visiblement pas introduit de rupture sur ce point : on tend à considérer les professions intellectuelles et les professions d'encadrement comme les plus menacées par le développement des applications intensives en données.

Nos deux études illustrent toutefois la persistance des effets du développement numérique sur le travail et les carrières des cols bleus, *même lorsque leur procès de travail semble relativement peu impacté par les nouvelles technologies.* Certes, dans le secteur de l'électricité, les techniciens-releveurs sont les victimes naturelles de la digitalisation du réseau basse tension, dans la mesure où l'automatisation de la relève forme le préalable indispensable pour la collecte de données en temps réel. Mais comme tout dispositif technique, le compteur communicant véhicule aussi des transformations organisationnelles – notamment, dans ce cas, *via* des

fonctionnalités qui facilitent plus généralement la libéralisation d'un secteur autrefois structuré par des monopoles nationaux, avec des conséquences sur le statut des travailleurs. L'étude dans la grande distribution illustre également les effets indirects de l'adoption de solutions numériques sur des personnels dont le procès de travail demeure peu intensif en technologies. Dans ce secteur, le déploiement de solutions numériques heurte d'abord les carrières à travers les mutations organisationnelles qu'elles viennent soutenir : la numérisation permet aux enseignes d'approfondir un processus de centralisation qui se traduit par la disparition des postes intermédiaires en magasin, lesquels soutenaient autrefois l'ascension sociale et professionnelles des salariés des magasins. D'autre part, les enseignes peinent à retirer des gains de leur digitalisation, réalisée dans un contexte très concurrentiel et suivant des stratégies principalement défensives : elles tendent à rechercher des contreparties aux investissements qu'elles consentent dans l'approfondissement de la digitalisation, et une partie de ces contreparties affecte directement les conditions de travail des salariés. Autrement dit, les budgets dégagés pour les services informatiques semblent l'être, en partie, sur la base de la dégradation des conditions de travail d'autres salariés : dans plusieurs enseignes, le déblocage de nouveaux budgets destinés aux services informatiques est concomitant de plans d'économies qui affectent les salariés – location-gérance chez Carrefour, polyactivité chez Cora, par exemple. **Le lien entre les transformations technologiques et ces effets sur les carrières et les conditions de travail peut sembler relativement éloigné aux yeux des personnels concernés, invisibilisant les effets sociaux liés à l'adoption de ces technologies. Ils n'en sont pas moins réels et méritent d'être mis en lumière, leur invisibilisation les soustrayant naturellement du champ des négociations lors de l'introduction d'une nouvelle solution.**

Tout en donnant à voir les modalités concrètes – et même triviales – de la valorisation des données en entreprise, ce rapport vise à explorer le lien entre gains de productivité et économie de la donnée. Dans un domaine très mouvant, le parti-pris de cette étude est davantage rétrospectif que prospectif : nous avons choisi de nous concentrer sur des technologies arrivées à maturité et intégrées dans les pratiques des entreprises plutôt que sur des dispositifs émergents. Ce recul permet d'adopter une perspective longue en considérant, non pas le potentiel des technologies, mais leurs effets réels et les limites concrètes à leur déploiement.

Si la baisse des coûts de collecte et de traitement contribue à une diffusion générale et à une intégration toujours plus poussée des technologies numériques dans le tissu économique, l'adoption des solutions numériques n'a rien d'homogène : le traitement des données, plus particulièrement, est destiné à jouer un rôle inégal entre les différents secteurs d'activité.

MÉTHODOLOGIE

Cette étude s'intéresse à la valorisation des données au sein d'entreprises opérant dans des secteurs dits « traditionnels » – par opposition au secteur numérique proprement dit. Elle vise à mettre en évidence le lien entre la valorisation des données et l'amélioration de la productivité dans ces entreprises, et à identifier les conséquences de ces transformations en termes de transformation des filières, de l'activité des entreprises et des conditions de travail.

Le secteur, qui regroupe des entreprises ayant la même activité, constitue une échelle d'analyse pertinente pour les modalités concrètes de valorisation des données, dans la mesure où ce sont les caractéristiques d'ensemble du secteur – organisation de la production, structure économique, concurrence, contraintes spécifiques de production – qui déterminent les cas d'usage pertinents et le potentiel économique des solutions basées sur l'exploitation des données.

Pour en rendre compte, ce rapport présente deux études de cas menées dans deux secteurs d'activité : la fourniture et la distribution d'électricité et la grande distribution alimentaire. Ces deux secteurs ont été choisis pour leur caractère contrasté : le premier est un secteur de pointe, intensif en capital, très encadré au plan réglementaire avec des grands acteurs en position de monopoles régulés ; le second est un secteur peu intensif en technologies, intensif en main d'œuvre, avec des acteurs en concurrence. Pour arrêter le choix des secteurs, nous avons également tenu compte de la disponibilité des interlocuteurs au sein des fédérations syndicales.

Dans chaque étude de cas, l'objectif est de partir des caractéristiques propres au secteur d'activité pour analyser le potentiel économique de l'exploitation de la donnée, en détaillant les cas d'usage concrets par lesquels les données prennent de la valeur aux yeux des entreprises. Il s'agit aussi d'analyser les stratégies des entreprises, et d'identifier les acteurs qui sont les mieux ou les moins à même d'internaliser la valeur liée à ces innovations. La juxtaposition et la comparaison des deux études de cas, menées dans des secteurs qui occupent des positions très contrastées dans la trajectoire technologique, permet de souligner que le traitement des données est appelé à jouer un rôle inégal entre les secteurs d'activité, donnant lieu à un investissement très différent des entreprises dans la collecte de ces données.

Des entretiens semi-directifs auprès de professionnels des deux secteurs concernés ont constitué la principale méthode de recueil de données. Cette méthode d'enquête permet d'appréhender les mutations techniques tout en les replaçant dans l'organisation plus générale de l'activité. L'entretien encourage en effet l'interlocuteur à faire appel à des éléments contextuels qui permettent d'appréhender les stratégies, les chaînes d'acteur impliqués, les conséquences des mutations techniques sur l'activité concrète. Pour cette enquête, nous avons cherché, dans chaque secteur d'activité, à diversifier les positions occupées par nos interlocuteurs : métier, entreprise, niveau de responsabilités, avec

l'objectif de confronter la perception des usages de la donnée à différents niveaux des entreprises et d'obtenir ainsi une vision « panoramique » des évolutions liées à la donnée.

Nous avons mené, au total, onze entretiens dans le secteur de l'électricité et treize entretiens dans celui de la grande distribution (voir tableau *infra*). Nos interlocuteurs ont été pour partie recrutés au sein du réseau syndical, via les contacts fournis par la CFDT au sein des deux fédérations concernées par les études de cas, et pour partie hors des milieux syndicaux, en prenant directement contact avec des personnes identifiées comme des interlocuteurs pertinents. Certaines personnes interrogées ont à leur tour facilité la mise en contact avec d'autres interlocuteurs. Dans l'ensemble, compte-tenu de la diversité des profils de nos interlocuteurs, les questions n'ont pas suivi un guide d'entretien unique : au contraire, elles se sont adaptées à la position et à la spécialité de chaque personne interrogée. Suivant la disponibilité et la localisation géographique de nos interlocuteurs, les entretiens ont été menés de visu ou par téléphone ou plateforme de visio-conférence. Tous ont fait l'objet d'une retranscription intégrale. L'analyse a ensuite été menée à l'aide d'une grille thématique, qui vise à identifier les thématiques récurrentes ressortant des entretiens.

Tableau 1. Récapitulatif des entretiens menés dans le secteur de la distribution électrique.

Date	Poste	Entreprise	Durée bande	
21/11/2023	Ingénieur Enedis	Enedis	01,34,30	RE_1
19/01/2024	Ingénieure EDF	EDF	01,02,52	RE_2
29/01/2024	Administrateur Enedis	Enedis/CRE	00,49,37	RE_3
07/02/2024	Administrateur Enedis bis	Enedis/CRE	00,57,19	RE_3 bis
12/02/2024	Ex-salariée	Datanumia	00,59,46	RE_4
19/03/2024	Responsable	Voltalis	00,45,38	RE_5
02/04/2024	Informaticien	Enedis	00,33,00	RE_6
10/04/2024	Data scientist - spécialiste flexibilité	Université	01,01,02	RE_7
23/05/2024	Manager produit et marketing	Datanumia	00,39,46	RE_8
28/05/2024	Technicien	Enedis	00,49,09	RE_9
19/06/2024	Responsable R&D	Fournisseur alt.	01,04,51	RE_10
	Responsable flexibilité	Fournisseur alt.		RE_11

Tableau 2. Récapitulatif des entretiens menés dans le secteur de la grande distribution.

Date	Poste	Entreprise	Durée bande	
13/02/2024	Secrétaire national CFDT Commerce	Carrefour	01,22,34	GD_1
23/02/2024	Consultant innovation et transformation digitale	Consultant	00,19,31	GD_2
11/03/2024	Ingénieur Cap Digital - innovation retail	Cap Digital	00,56,06	GD_3
13/03/2024	Directeur de l'innovation	Enseigne X	01,01,36	GD_4
21/03/2024	Consultant retail	Consultant	01,04,54	GD_5
19/04/2024	DSI Carrefour	Carrefour	00,57,40	GD_6
29/04/2024	Salarié service achat	Carrefour	01,46,07	GD_7
21/05/2024	Responsable	RelevanC	00,54,22	GD_8
04/06/2024	Délégué syndical national	Carrefour	00,44,44	GD_9
06/06/2024	Responsable de drive	Carrefour	00,42,03	GD_10
07/06/2024	Préparateur de commandes en entrepôt	Carrefour	00,42,59	GD_11
19/06/2024	Chef de projet DSI	Cora	01,18,19	GD_12
04/07/2024	Responsable de pôle DSI	Cora	00,53,29	GD_13

Bien que la même méthode d'enquête ait été employée dans les deux secteurs d'activité, les enjeux varient pour chaque étude de cas. Dans la distribution électrique, l'enquête pouvait partir d'un dispositif technique extrêmement structurant : le compteur communicant, et s'appuyer sur une littérature antérieure abondante et détaillée – aussi bien sur les dimensions techniques qu'économiques. Dans ce secteur, l'enquête qualitative devait ainsi permettre de prolonger cette littérature préexistante en se concentrant plus spécialement sur les modalités de valorisation des données – ce qui nous a amené à accorder une grande importance aux acteurs des flexibilités, moins visibles dans la littérature, que nous sommes allés directement interroger.

Au contraire dans le secteur de la grande distribution, il n'existait pas de dispositif technique aussi structurant, tandis que la littérature disponible sur les processus de numérisation du secteur était limitée. L'enquête qualitative a donc ici davantage poursuivi un objectif exploratoire. L'une des principales implications, en termes méthodologiques, est que les premières conclusions de l'enquête sont plus étroitement dépendantes des entretiens réalisés et donc, du profil de nos interlocuteurs. En l'espèce, nos interlocuteurs travaillant ou ayant travaillé dans des enseignes de la grande distribution étaient presque tous issus de groupes intégrés (Carrefour, Cora, etc.). Sur cette base, il est délicat de supposer que les mutations qui ont fait l'objet de notre enquête aient pris les mêmes dimensions au sein des enseignes organisées suivant un modèle coopératif, dans laquelle les directeurs de magasins sont indépendants. Il faut cependant noter que les mêmes tendances traversent les deux formes d'organisation : concurrence du e-commerce sur le non-alimentaire, développement du drive, substitution d'applications numériques aux catalogues papier, etc.

Dans les deux secteurs, le recueil de données *via* les entretiens a été complété par un travail sur la littérature grise. En l'espèce, il a été possible d'exploiter les verbatims des entretiens menés dans le cadre de trois commissions parlementaires relativement récentes, dont une portant sur le secteur de la grande distribution, et deux sur celui de l'électricité. Lors de ces commissions d'enquête organisées par le Sénat ou l'Assemblée nationale, les parlementaires convoquent et interrogent des acteurs et des experts des secteurs concernés, qui témoignent et s'expriment sous serment. Les verbatims et les vidéos de ces entretiens sont des sources précieuses mises à la disposition du public sur le site web de l'Assemblée nationale[4] ou sur celui du Sénat[5].

L'enquête a enfin été complétée par la collecte de diverses données en sources ouvertes, issues de rapports d'activité, de bilans comptables et de la documentation émanant des entreprises concernées. Les entreprises cotées en Bourse – comme par exemple, le groupe Carrefour – sont tenues de publier un rapport annuel qui constitue une source d'informations (appelé « rapport d'enregistrement universel » en France)[6]. Ces rapports comprennent des données financières et comptables auditées ainsi qu'un exposé de la stratégie du groupe[7]. Si les données publiées dans ces rapports sont parfois trop générales

[4] https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/organes/autres-commissions/commissions-enquete
[5] https://www.senat.fr/travaux-parlementaires/structures-temporaires/commissions-denquete.html
[6] Ces rapports sont généralement accessibles sur le site web des entreprises cotées, sous un onglet « investisseur ».
[7] Pour construire le schéma p.74, par exemple, nous nous sommes appuyés sur les données suivantes :

pour pouvoir retracer finement certains circuits de dépenses (comme ici, les investissements destinés à valoriser les données), nous avons aussi pu bénéficier du fait que deux groupes de grande distribution ont choisi de filialiser leurs *data labs.* Enregistrées en France, ces filiales sont alors tenues – comme toute entreprise – de déposer leur comptabilité au greffe, ce qui permet d'accéder à des informations précises sur leur chiffre d'affaires ou leur comptabilité – informations qui seraient restées inaccessibles si, au lieu d'être filialisés, ces entités étaient restées des équipes internes à l'entreprise qui n'auraient pas fait l'objet de comptabilité séparée[8]. Des précautions sont toutefois de mise dans la manipulation de ces chiffres, notamment parce que le chiffre d'affaires peut être constitué de prix de transferts, internes aux entreprises, et non de prix de marché, qui représenteraient mieux la contribution économique des filiales. En l'espèce, le chiffre d'affaires des filiales que nous avons étudiées reflète essentiellement les coûts de fonctionnement de ces structures : les services qu'elles produisent servant en partie de contrepartie dans les négociations entre distributeurs et fournisseurs, la « valeur » n'est pas internalisée par les filiales mais diluée à l'échelle de l'ensemble du groupe, via les remises consenties par les industriels sur leurs marchandises.

Chiffre d'affaires global = chiffre d'affaire hors-taxe – le montant des opérations de fidélisation.
Amortissements : résultat net avant amortissements – résultat net.
Personnel : frais généraux – amortissements.
Marchandises (et logistique extérieure) : coût des ventes.

[8] Les informations disponibles des entreprises enregistrées en France sont accessibles sur la base de données Pappers : https://www.pappers.fr/

Introduction : présentation économique du secteur

L'électricité est une marchandise particulièrement critique, indispensable à la production industrielle et à la consommation domestique, dont la production est soumise à de fortes contraintes techniques. Avant d'en venir à l'évolution et à la digitalisation du système électrique, il est utile de rappeler ces contraintes et d'en souligner certaines implications économiques.

1. **L'électricité n'étant pas stockable à l'échelle du système électrique, la production doit être constamment égale à la consommation** – un écart trop important entre ces deux valeurs entraîne un effondrement du réseau (*black-out*). La production doit donc suivre en temps réel la variation de la consommation électrique, qui présente des creux et des pointes régulières à différentes échelles de temps (infra-journalières et inter-saisonnières). Les principaux enjeux de gestion du système électrique se concentrent sur ces marges : dans la mesure où la sécurité d'approvisionnement dépend de la capacité du système électrique à couvrir la puissance appelée en pointe, c'est en fonction de la pointe que le parc de production est dimensionné – certaines centrales indispensables à la continuité de l'approvisionnement énergétique ne fonctionnant ainsi que quelques heures par an. **Dès lors, l'aplatissement de la « courbe de charge » apparaît comme un facteur essentiel de gestion des coûts et d'amélioration de la rentabilité économique du système électrique.**

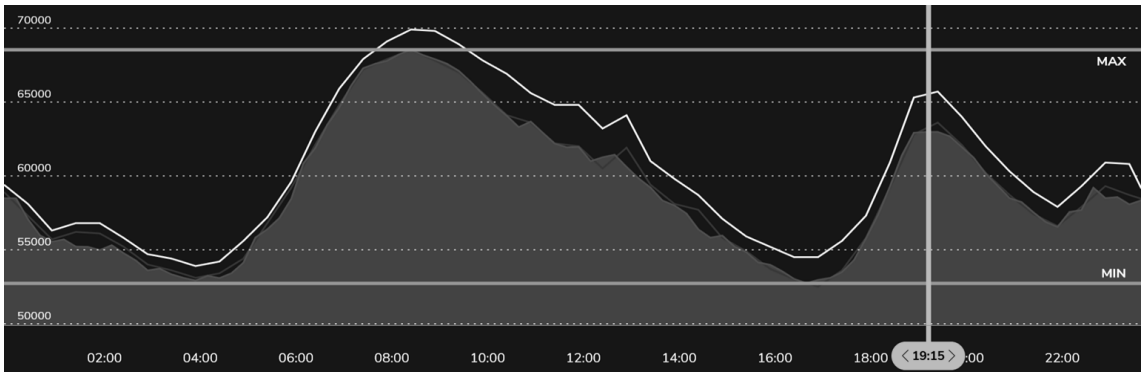


Figure 2. Exemple de courbe de charge pour la journée du mardi 4 mars 2025 (source : RTE, éCO2mix).
La courbe de charge représente l'évolution de la consommation d'électricité au cours d'une période de temps donnée (ici, une journée). L'aplatissement de cette courbe est l'un des principaux enjeux économiques : plus les pointes sont hautes et concentrées dans le temps, plus le nombre de centrales est important et plus il est difficile d'amortir les capacités de production destinées à la servir. Inversement en abaissant le niveau des pointes et en augmentant la consommation pendant les périodes de creux, il est théoriquement possible de réduire la puissance installée nécessaire pour servir les pointes, tout en améliorant l'amortissement des moyens de production.

2. **Le système électrique repose sur des capacités complémentaires.** En effet, si l'électricité est une marchandise indifférenciée du point de vue de sa consommation, elle ne l'est pas du point de vue de sa production : les capacités de production diffèrent tant par leurs caractéristiques techniques qu'économiques. Au plan technique, elles se distinguent tout d'abord par leur caractère pilotable et leur souplesse d'utilisation : le solaire et l'éolien sont non-pilotables, ce qui veut dire que l'énergie est perdue si elle n'est pas consommée au moment de sa production ; le nucléaire est pilotable mais la mise en route et l'arrêt des centrales sont peu flexibles ; la production thermique et l'hydraulique sont pilotables et peuvent être mobilisées rapidement (avec des stations hydrauliques capables de délivrer de la puissance en une dizaine de minutes). Ces capacités sont également diverses au plan économique, en fonction de la proportion des coûts fixes (coûts d'équipements) et variables (coûts de fonctionnement). Lorsque les coûts fixes dominent – comme pour l'éolien, le solaire et le nucléaire – la principale contrainte économique est l'amortissement de ces coûts : la rentabilité des investissements suppose de maximiser leur temps de fonctionnement – les grands barrages formant un cas à part dans la mesure où ils assurent une double-fonction, de production et de stockage d'énergie. Inversement, lorsque les coûts variables prédominent – dans le cas des capacités thermiques – la contrainte économique se déplace sur la question de la couverture des coûts liés au combustible : la rentabilité des investissements dépend non de la durée, mais du moment de l'activation – lorsque les prix de l'électricité couvrent les coûts de fonctionnement. Le croisement des caractéristiques techniques et économiques détermine l'ordre dans lequel les capacités sont appelées : le nucléaire pour une consommation de base qui maximise la durée d'utilisation de la centrale, l'éolien et le photovoltaïque dès qu'ils sont disponibles, le thermique et l'hydraulique en pointe. **Le système électrique se comporte effectivement comme *un système*, dont les unités de production, diverses par leurs structures de coûts et leurs taux d'utilisation, sont complémentaires.**

3. **L'organisation des réseaux, qui transfèrent instantanément l'électricité entre son point d'injection et son point de soutirage, forme une caractéristique à part entière des systèmes électriques.** En France, les coûts d'entretien et d'amortissement et l'investissement dans ces infrastructures sont couverts par le TURPE (tarif d'utilisation des réseaux électriques) qui représente actuellement 24% du tarif réglementé de vente aux particuliers. Outre leur poids dans la formation du prix de l'électricité, les réseaux ont d'importantes implications pour le système électrique. Ils sont d'abord hiérarchisés entre haute et moyenne-basse tension. Le réseau à haute tension (100 000 km de lignes en France) limite les « pertes en ligne » et permet le transport de l'électricité sur de grandes distances : des unités de grande puissance y sont raccordées pour servir le territoire sur une échelle nationale. Le réseau de moyenne et basse tension (1,4 millions de km de lignes) assure l'acheminement à échelle locale jusqu'au point de livraison final : les unités de production de faible puissance qui y sont raccordées sont donc principalement

destinées à servir la consommation locale. Le transfert de l'électricité d'un point à un autre du territoire est limité par la capacité des lignes de transport. En général, le transport s'effectue avec un minimum de contraintes à échelle nationale. Il existe toutefois des rigidités. D'abord, le refoulement de l'électricité du réseau de moyenne tension sur la haute tension – lorsque la production locale n'est pas absorbée localement – est coûteux et parfois limité : dès lors, la localisation des capacités sur le réseau forme un facteur de différenciation qui s'ajoute aux facteurs précédemment exposés. Ensuite, les échanges internationaux sont eux aussi limités par la capacité des lignes transfrontalières : c'est ce qui explique l'absence d'un prix international ou même continental de l'électricité et fait de l'électricité un facteur d'asymétrie dans la concurrence internationale, qui renforce la dimension stratégique des choix énergétiques nationaux. Ces contraintes expliquent aussi qu'à l'heure actuelle, la production d'électricité reste difficilement délocalisable, et que la projection internationale des firmes du secteur s'appuie, par nécessité, davantage sur des investissements à l'étranger et l'exportation de technologies que sur l'exportation de la marchandise « électricité ». Notons enfin que **les réseaux supposent des coûts et des délais de développement importants : leur organisation contraint le système électrique sur le long-terme et suppose une planification des investissements qui doit précéder les transformations du système électrique lui-même.**

Ces caractéristiques entraînent de fortes contraintes sur la production d'électricité. Dans l'après-guerre, de nombreux pays ont fait le choix de les gérer dans le cadre de monopoles intégrés d'envergure nationale, sur la base d'un relatif surdimensionnement du parc de production qui permettait d'absorber les pointes de consommation. Mais à partir des années 1990, les systèmes électriques d'Europe continentale ont amorcé une transition portée par trois dynamiques successives : la libéralisation, l'évolution du tissu industriel et la décarbonation de la production électrique – dont nous allons détailler les effets ci-dessous. Combinés, ces trois mouvements renforcent les contraintes pesant sur la production électrique et augmentent les coûts d'une gestion basée sur des surcapacités de production. **La digitalisation des réseaux apparaît comme une réponse à ces nouvelles contraintes, qui permet de contenir les coûts de mutation des systèmes électriques – principalement liés à leur dimensionnement.**

La transition des systèmes électriques est elle-même étroitement liée à l'émergence de nouvelles filières industrielles : sa réussite est essentielle à la conquête et à la défense de positions sur des marchés naissants – qu'il s'agisse de mobilité électrique, d'industrie des renouvelables, de développement du numérique ou des technologies de gestion du réseau électrique. Par conséquent, les enjeux associés au développement de nouveaux services capables de contenir les coûts de la transition dépassent largement la seule gestion domestique du système électrique.

Dans ce contexte, l'accès à des données précises et massives sur les flux d'énergie va soutenir le développement de nouvelles activités de gestion de la consommation énergétique, dont l'objectif est l'aplatissement de la courbe de charge. Ces activités permettent de gérer les contraintes du système électrique en limitant son

surdimensionnement ; elles sont prises en charge par des acteurs privés dans un cadre marchand, cohérent avec les nouvelles caractéristiques du système électrique. Les profits de ces acteurs forment la contrepartie des coûts évités pour le système électrique.

Ayant en tête les dimensions imbriquées de cette mutation, aux échelles domestique et internationale, on comprend que les données nécessaires pour concevoir ces services et, plus largement, nécessaires à la gestion du réseau dans le cadre de cette transition soient d'emblée considérées comme des actifs hautement valorisables. Un outil comme le compteur communicant est ainsi directement conçu comme un dispositif de production de données – l'automatisation du travail de relève étant perçu comme le moyen pour accéder en quasi-temps réel à ces données. Loin d'en constituer un simple sous-produit, les données forment ici l'enjeu même de l'automatisation.

Encadré 1. L'organisation de la filière électrique

Quatre activités composent la filière électrique :

- Production : gestion les centrales électriques et production de l'énergie (kWh).
- Transport : gestion des réseaux haute-tension qui transfèrent l'électricité sur grandes distances. En France, RTE (pour Réseau de Transport Electrique) est l'opérateur de transport.
- Distribution : gestion des réseaux moyenne et basse tension qui acheminent l'électricité localement. Enedis (ex-ERDF) est le principal distributeur d'électricité à l'échelle du territoire, mais il existe aussi de nombreux distributeurs locaux, souvent à l'échelle communale (Electricité de Grenoble, Electricité de Strasbourg...).
- Fourniture : activités de revente au détail.

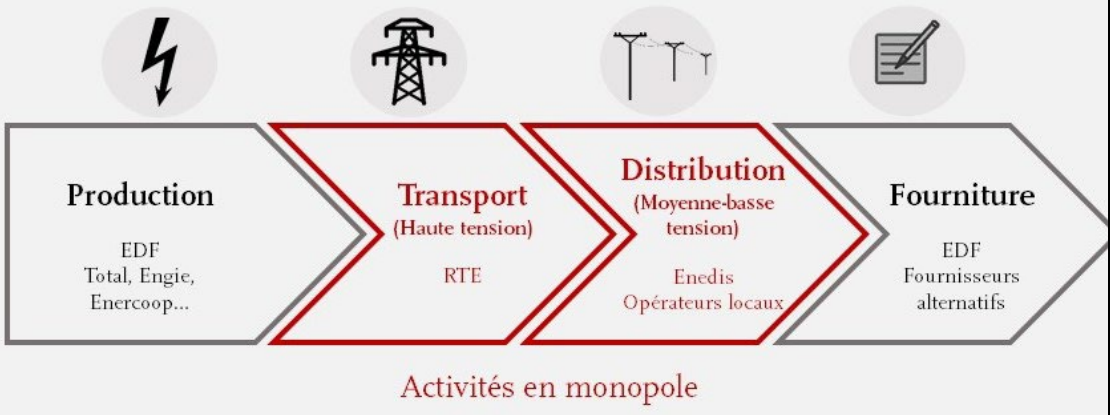


Figure 3. Organisation de la filière électrique

Après la seconde guerre mondiale, de nombreuses nations européennes ont fait le choix de nationaliser la production et les infrastructures électriques au sein de grands monopoles intégrés, regroupant ces quatre activités – en France, EDF. Ce cadre était perçu comme le mieux à même de prendre en charge des investissements lourds, à rotation lente, essentiels à la modernisation et à l'industrialisation – tout en garantissant un tarif stable basé sur les coûts de production et égal sur l'ensemble du territoire. Dans le cas de la France, environ 80% de la production d'électricité reste aujourd'hui tributaire des plans d'équipement entrepris à cette période : le « programme hydraulique » (1946-1960 : construction de 120 grands barrages) puis le « plan Messmer » (1974-1999 : construction de 56 réacteurs nucléaires). A partir des années 1990, l'ouverture à la

concurrence des marchés de l'électricité a entraîné le démembrement des monopoles nationaux. D'une part, la production et la fourniture se sont ouvertes à la concurrence et ces deux activités ne sont plus nécessairement réalisées par les mêmes entreprises – un marché de gros, permettant aux producteurs d'écouler leur électricité et aux fournisseurs d'en acheter, s'intercalant entre elles. D'autre part, les gestionnaires de réseaux doivent désormais garantir l'accès équitable de tous les producteurs au réseau : ces activités ont donc été séparées des activités de production et de fourniture des ex-monopoles. Ainsi, en France, RTE et Enedis (ex-ERDF), deux filiales dont l'autonomie est étroitement surveillée par le régulateur, sont désormais respectivement en charge du réseau de transport et de l'essentiel du réseau de distribution (95% du réseau national, les 5% restant étant aux mains d'opérateurs locaux).

1/ La transition des réseaux électriques

Depuis les années 1990, les systèmes électriques européens ont entamé une transition basée sur leur libéralisation, la transformation de certaines filières industrielles et l'objectif de décarbonation. Ces trois mouvements se sont développés dans différentes temporalités : la libéralisation démarre dans les années 1990, les deux autres mouvements prenant de l'importance à partir des années 2010. Mais combinés, ils renforcent considérablement la complexité et les contraintes pesant sur l'organisation de la production électrique et font peser sur le système électrique le risque d'une forte augmentation des coûts. Cette première partie s'adresse au lecteur peu familier de ces mutations, et vise à identifier les enjeux auxquels la digitalisation tentera – en partie – de répondre.

1. **La libéralisation.** La période allant de l'après-guerre aux années 1980 avait été marquée par une hausse continue de la demande, soutenue par des investissements importants dans le développement du secteur électrique. Mais à partir des années 1980-1990, la demande se stabilise – à la fois sous l'effet de la désindustrialisation et d'un tassement des usages domestiques. Cette stabilisation a plusieurs conséquences : elle limite le besoin d'investissements publics dans le secteur (Lamb, 2020), desserre la tension sur les prix de l'électricité et conditionne également la poursuite de la croissance des grands acteurs de l'électricité à leur internationalisation. Il existe donc, à cette période, une certaine convergence d'intérêt entre les industriels (qui cherchent à profiter des prix plus faibles de l'électricité) et les grands acteurs du secteur (qui cherchent à s'internationaliser) en faveur de la libéralisation des marchés.

   EDF, plus particulièrement, se met à cette période à acquérir des actifs à l'étranger. De 9% du chiffre d'affaires du groupe en 1995, l'international passe à 40% en 2002 (Bernier, 2023). En Europe, ce développement se heurte toutefois à des résistances – notamment en Allemagne, un marché attractif par le dynamisme de la demande industrielle et le prix élevé de l'électricité, mais où les acteurs du secteur, plus fragiles, craignent la concurrence des grands monopoles intégrés : « *Nous étions confiants [quant à l'ouverture du marché] car nous étions convaincus qu'EDF en sortirait gagnant, avec les meilleurs tarifs d'Europe* », explique Pierre Gardonneix,

PDG d'EDF entre 2004 et 2009[9]. Les modalités de la libéralisation des marchés européens vont donc faire l'objet d'une intense négociation, notamment entre la France et l'Allemagne – les acteurs allemands exigeant la réciprocité de l'ouverture des marchés et des mesures destinées à contrebalancer le pouvoir de marché des monopoles intégrés (Eising & Jabko, 2001).

Le 19 décembre 1996, l'UE adopte la directive 96/92/CE portant sur le marché de l'électricité, qui vise à garantir l'ouverture à la concurrence des marchés de la production et de la fourniture d'électricité – soit la possibilité pour des acteurs privés d'investir dans des capacités de production et d'organiser la revente au détail auprès des particuliers dans chaque État-membre[10]. Cet objectif repose lui-même sur plusieurs évolutions importantes. D'abord, le démembrement des ex-monopoles vise à garantir un accès équitable aux réseaux électriques, pour les acteurs historiques comme pour les nouveaux acteurs issus du mouvement de libéralisation : en France, les activités de transport et de distribution sont donc séparées des autres activités du groupe EDF et confiées à deux nouvelles filiales – RTE, fondée en 2000, et Enedis (ex-ERDF), fondée en 2008, dont les comptes doivent être séparés et dont l'autonomie est étroitement scrutée par le régulateur du secteur (la Commission de Régulation de l'Energie créée en 2000). Ensuite vient l'ouverture d'un marché spot (une « bourse de l'électricité », ouverte en France en 2001) qui doit permettre de traduire sous la forme d'un système de prix l'ancien dispatching entre capacités de production que réalisait autrefois le monopole : l'allumage ou l'arrêt des centrales seront désormais guidés par l'évolution du prix de marché (Darmois, 2004). Enfin, différents remèdes seront opposés au pouvoir de marché des ex-monopoles qui, là où ils existent, conservent de fait l'essentiel du parc de production et du portefeuille de clients : obligations de rachat ou de revente de quotas d'électricité, transformation et relèvement des tarifs réglementés de vente pour faciliter l'introduction d'offres concurrentes, etc.

Les conséquences sont importantes pour le système électrique qui, compte-tenu de la complémentarité des différentes sources de production, se prête mal à la dispersion des producteurs. Désormais, la composition du mix électrique national, la répartition géographique des capacités de production, la gestion de leur complémentarité échappent au contrôle du monopole intégré et c'est un système de prix qui assure la coordination « économique » des unités de production. La coordination « technique », qui repose à présent sur l'opérateur de transport, se

[9] Audition de Pierre Gardonneix, président d'honneur de EDF, devant la Commission d'enquête parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, 08/12/2022 [compte-rendu n°16].
Tous les comptes-rendus de la Commission sont disponibles à l'adresse suivante : https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/organes/autres-commissions/commissions-enquete/ce-independance-energetique/documents?typeDocument=crc

[10] En France, l'ouverture de la fourniture à la concurrence sera effective en 2004 pour les professionnels et en 2007 pour les particuliers. Elle s'accompagne, en 2016, d'une extinction des tarifs réglementés pour les entreprises et les collectivités. Les tarifs réglementés sont maintenus pour les particuliers mais une composante de ces tarifs reflète, depuis 2015, l'évolution des prix en Bourse (Bernier, 2023).

complexifie – comme l'explique André Merlin, à la tête de RTE entre 2000 et 2007, « *il était impossible d'introduire le marché [c'est-à-dire de mettre les acteurs en concurrence, NDA] sans moyens informatiques sophistiqués.* »[11]

2. **L'évolution du tissu industriel.** Dans la foulée de ces transformations émerge un nouveau marché : celui de la production éolienne et photovoltaïque. Son développement est stimulé par la libéralisation : avec un cycle de vie relativement court (20 à 25 ans) et nécessitant *visiblement* peu de planification[12], ces capacités se prêtent en effet aux investissements privés comme à l'équipement des particuliers. Or ce marché prend progressivement une envergure mondiale, notamment avec l'engagement des grands émergents dans les accords de Paris de 2015 (Eyl-Mazzega & Mathieu, 2019) : les années 2010 marquent ainsi un pivot dans la diffusion de ces technologies, avec une hausse de la demande mondiale qui stimule les économies d'échelle et en abaisse le prix.

   L'Allemagne, dont le système électrique est historiquement moins centralisé qu'en France, a encouragé dès les années 2000 le développement de ses propres filières renouvelables, notamment via une loi garantissant les prix de rachat : en 2004, le pays représente 1/3 de la capacité éolienne mondiale (Darmois, 2004) et vingt ans plus tard, la production éolienne et photovoltaïque représente 40% de la production électrique allemande. Ce développement, coûteux pour le système électrique national, n'était pas dénué d'intentions industrielles – la capacité d'un acteur à s'internationaliser dépendant de la maturité de son propre marché domestique. Comme le note le rapport d'une commission d'enquête sénatoriale publié en 2013 : « *La véritable préoccupation des Allemands, pour encourager si vigoureusement leur transition énergétique, demeure le développement de nouvelles technologies industrielles, qu'ils veulent être les premiers à exporter.* » (Deneux et al., 2013, p. 36). En 2009, l'Union européenne adopte le « Paquet énergie climat » qui généralise ces orientations de politique énergétique à l'ensemble de l'UE, notamment via le dispositif des prix de rachat garantis pour les sources renouvelables. La combinaison de prix de rachat garantis et de la baisse du prix des capacités renouvelables explique la vive accélération, à partir des années 2010, du déploiement notamment du photovoltaïque sur le marché français – avec des conséquences importantes sur l'organisation du système électrique.

[11] Audition d'André Merlin, président d'honneur de RTE, devant la Commission d'enquête parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, 01/02/2023 [compte-rendu n°34].

[12] En réalité, une importante planification reste nécessaire : mais elle se déplace de la construction des unités de production vers la construction du réseau.

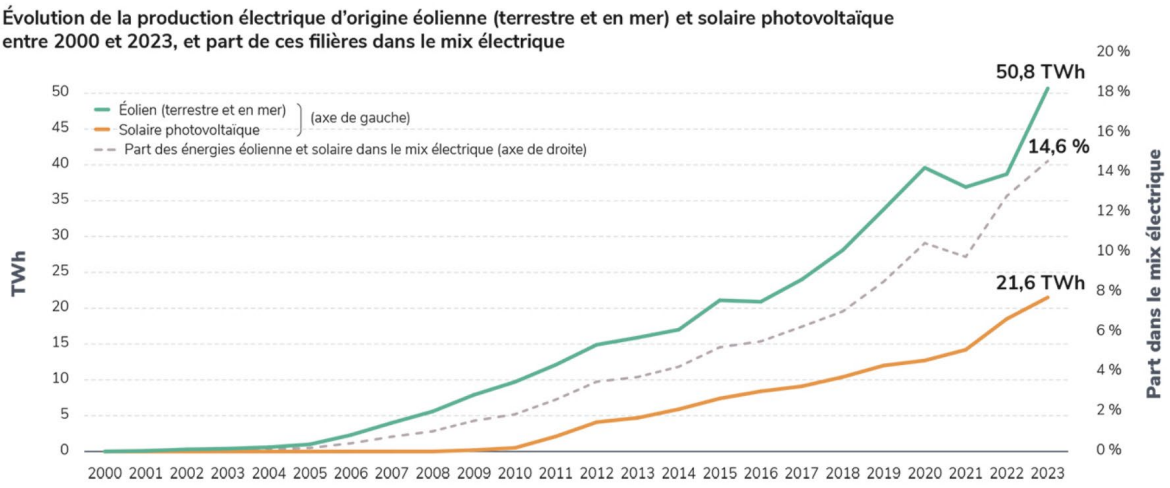


Figure 4. Evolution de la production éolienne et photovoltaïque. Source : RTE – bilan électrique 2023[13].

Dans les années suivantes, d'autres secteurs entament à leur tour une transformation avec des effets importants pour le système électrique. C'est le cas de l'industrie automobile, avec la montée en puissance de la mobilité électrique : actuellement, 1,6 millions de véhicules électriques ou hybrides circulent déjà sur le réseau français, l'objectif étant d'atteindre 8 millions en 2030 puis 17 millions en 2035[14]. Chaque million de véhicules électriques en circulation représenterait 2 TWh de consommation électrique supplémentaire (Eyl-Mazzega & Mathieu, 2019). « *La mobilité électrique, ça fait un plus 50% sur ta consommation annuelle. Donc effectivement, s'il y a une borne de recharge dans la maison, ça va être l'usage le plus énergivore, en termes d'appareil.* »[15] Le secteur numérique également soutient un accroissement de la demande : la consommation des applications numériques (terminaux, serveurs, data centers, infrastructures) représenterait déjà 12% de la consommation électrique en France (Percebois, 2019). Ces nouveaux usages électriques, qui induisent une reprise et une diversification de la demande, posent ainsi la question du dimensionnement du parc de production capable de supporter un développement qui pourrait augmenter l'appel de puissance pendant les pointes de consommation. D'autant plus que ces nouveaux usages coïncident avec le ralentissement des investissements dans les nouvelles capacités de production – hors renouvelables. Ainsi, le développement comme le déploiement

[13] Accessible sur https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2023/synthese [consulté le 06/01/2025]

[14] Audition de Chloé Latour devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 14/02/2024.
Tous les comptes-rendus de la Commission sont disponibles à l'adresse suivante : https://www.senat.fr/compte-rendu-commissions/ce-electricite.html
Marjorie Cessac, « La deuxième révolution des réseaux électriques en France », Le Monde, 14/04/2024. https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/04/14/en-france-les-reseaux-electriques-se-preparent-a-une-deuxieme-revolution_6227762_3234.html [consulté le 06/01/2025]

[15] RE_10, responsable R&D chez un fournisseur alternatif.

de ces nouvelles technologies reposent sur la capacité du système électrique à servir ces nouveaux usages.

3. **La décarbonation.** Enfin, un agenda de décarbonation vient compléter ces transformations. Au-delà des enjeux écologiques souvent avancés dans le débat public, celui-ci répond aussi à des objectifs purement économiques, notamment le contrôle de grands agrégats comme l'inflation, la balance commerciale ou le taux de change, qui sont affectés par l'importation de ressources fossiles dans un contexte de hausse des prix. Or la mise en œuvre de cet agenda a deux conséquences importantes pour le système électrique. Ces politiques supposent d'abord l'électrification d'usages auparavant thermiques, en cohérence avec le développement de nouveaux marchés comme la mobilité électrique, qui soutiennent la reprise de la demande électrique. Mais pour ce qui nous importe ici, elles impliquent surtout de renoncer aux capacités thermiques pour la production d'électricité. Or ces capacités forment le complément habituel des énergies intermittentes – pour des raisons techniques (rapidité et souplesse d'activation) autant qu'économiques (coûts fixes limités, cohérents avec des périodes d'activation réduites). L'impératif de décarbonation, combiné à l'insertion des renouvelables sur le réseau, renforce donc considérablement les contraintes qui portent sur la gestion de la pointe de consommation.

> « Au-delà des renouvelables, c'est la question de la décarbonation du secteur électrique qui, à mon avis, drive un peu ce mouvement de digitalisation parce que les outils numériques peuvent... en fait c'est une puissance de calcul et qui permet de mieux anticiper notamment. (...) Encore une fois, si on avait besoin de faire appeler une centrale à charbon, au fioul, ou n'importe quoi pour passer un pic de consommation, on pouvait le faire avant que les problématiques de changement climatique et de décarbonation n'arrivent. Maintenant qu'on cherche à limiter nos émissions de CO2, il faut trouver des moyens de faire moins appel ou pas du tout à ces unités qui sont carbonées. (...) Et comme [les] technologies décarbonées sont par nature intermittentes, il y a de l'enjeu en fait pour connaître mieux à l'avance ce qui va se passer tout simplement. » (RE_7, data scientist, spécialiste des flexibilités)

La transition des systèmes électriques se matérialise concrètement par une évolution des capacités de production au bénéfice de capacités décentralisées et intermittentes (comme le solaire et l'éolien), une reprise de la demande qui masque aussi des usages plus diversifiés et parfois plus aléatoires (comme la recharge de véhicules électriques), l'ensemble sur fond d'une transformation d'ampleur de l'organisation économique de la filière marquée par la désintégration des anciens monopoles nationaux. La combinaison de ces mouvements constitue une équation complexe pour le système électrique – avec trois enjeux essentiels, liés à la morphologie du réseau, à la gestion des flexibilités et à la formation des prix.

Morphologie du réseau. L'introduction des énergies renouvelables soulève d'abord des enjeux en termes de morphologie des réseaux. Historiquement, le réseau français s'est organisé autour de grandes unités de production raccordées au réseau

haute tension. Or, si les capacités renouvelables peuvent elles aussi prendre la forme de grandes unités de production (telles les fermes solaires ou les parcs éoliens), leur développement récent passe principalement par la multiplication des installations de faible puissance. Au cours des années 2010, on passe ainsi de quelques dizaines d'unités de production raccordées au réseau à plusieurs milliers – une transformation que François Brottes, à la tête de RTE entre 2015 et 2020, qualifie de « mutation historique » pour les réseaux électriques. Pour le gestionnaire de réseau, la dispersion de la puissance complexifie la gestion fine de l'équilibre production-consommation : alors que les gros générateurs contribuent à la gestion de l'équilibre en modulant automatiquement leur puissance pour corriger les écarts entre production et consommation, la contribution des unités de production dispersée est plus difficile à contrôler – et, à puissance égale, la contribution des unités de production dispersées est de toute façon inférieure. Cela signifie simplement que la correction d'écarts entre production et consommation est plus facile à gérer avec quelques grands générateurs centralisés que des centaines d'unités de production de faible puissance. *« Le réseau est plus complexe à conduire quand il y a de multiples sources de production. »*[16]

Au-delà de RTE, la dispersion des capacités de production pose aussi des problèmes au distributeur d'électricité. Au contraire des anciennes capacités de production centralisées, ces capacités diffuses sont principalement raccordées au réseau de distribution : 95% de l'énergie renouvelable injectée l'est aujourd'hui sur le réseau d'Enedis (Percebois, 2019), ce qui soulève différents problèmes. Le premier a trait à la coïncidence de l'offre et de la demande. L'énergie injectée à moyenne et basse tension est en effet destinée à servir un usage local ou bien subir un refoulement complexe coûteux sur le réseau de haute tension. Le développement des capacités décentralisées place ainsi l'opérateur de distribution Enedis, jusqu'alors peu habitué à gérer des sources de production, en situation d'assurer l'équilibre offre-demande sur son périmètre.

> « Avant, il y avait juste quelques grandes centrales, typiquement nucléaires, et puis l'électron coulait jusqu'au client particulier. Là aujourd'hui il y a plus de 500 000 installations de production sur le réseau d'Enedis, aussi bien chez les particuliers, ceux qui ont des panneaux solaires, que sur la moyenne tension avec des fermes solaires sur les parkings, ou par exemple dans les friches industrielles, ou sur les hangars d'agriculteurs. Ou les petits parcs éoliens : les petits parcs éoliens sont aussi sur notre réseau. (...) Quand il y a énormément de production sur la distribution – mettons qu'il fasse très beau à midi et qu'il y a peu de consommation – ça peut refouler du réseau de distribution sur le [réseau de] transport : l'électron peut remonter. (...) Nous sur la distribution, on a dû le gérer. Qu'est-ce qu'on fait des parcs de production quand on a ces incidents-là, est-ce qu'on les déconnecte, comment est-ce que ça se passe, est-ce qu'on les reconnecte ? Enfin, il fallait aussi gérer ces configurations-là, qui étaient nouvelles au niveau de la distribution. Parce

[16] RE_1, ingénieur Enedis.

> que la décentralisation de la production c'est quelque chose de relativement nouveau, ce n'est pas historique. » (RE_1, ingénieur Enedis)

L'introduction d'énergies renouvelables sur le réseau soulève un enjeu de localisation des capacités – qui doivent coïncider le plus possible avec la demande – et suppose un renforcement des réseaux qui doivent être capables d'assurer la remontée et le transfert de l'électricité. A l'échelle nationale, le risque est qu'un réseau insuffisamment robuste empêche la mobilisation optimale du parc de production : l'incapacité à transporter l'électricité sur de grandes distances peut empêcher l'absorption d'une pointe d'injection sur un point du territoire et conduire en même temps à activer une centrale plus coûteuse pour desservir un autre point du territoire (Beeker, 2023). L'exemple allemand souligne bien ces enjeux : en Allemagne, l'absence de modernisation et de renforcement du réseau entraînerait des surcoûts de l'ordre de 4 milliards d'euros par an :

> « Si le réseau n'est pas adapté, nous n'allons pas arrêter le fonctionnement global du système électrique. Nous allons baisser les moyens de production à un endroit, en augmenter d'autres via les mécanismes de pilotage global du système électrique, ce qui va induire des coûts de fonctionnement. Les quatre milliards d'euros [de coûts supplémentaires] par an du système électrique allemand que j'évoquais correspondent à ces coûts de fonctionnement. Si nous n'investissons pas dans le réseau, mais que l'appareil de production et l'appareil de consommation se transforment, nous devrons supporter des coûts d'exploitation du réseau très prononcés, le temps que les infrastructures arrivent. »[17]

Le second problème relève de contraintes de comptage plus triviales. Au niveau du réseau de distribution, le développement de l'autoproduction, par les entreprises et les particuliers, suppose un réseau capable de comptabiliser les flux dans deux directions (injection et soutirage d'électricité). En l'absence de cette bidirectionnalité (qui n'existe pas sur les compteurs électromécaniques classiques), chaque auto-producteur doit être équipé d'un second compteur électrique, capable de mesurer les injections – ce qui suppose des coûts et des délais supplémentaires. En France, en 2023, on recensait 440 000 auto-consommateurs – qui nécessitent un comptage bidirectionnel.

> « Si on avait eu les [anciens] compteurs électromécaniques, à l'évidence on n'aurait pas pu tenir cette cadence-là [d'équipement en autoproduction]. A l'évidence. On aurait même été coincés, c'est-à-dire, structurellement coincés. Donc je dirais, pour vous expliquer plus clairement les choses : on a eu de la chance, c'est-à-dire qu'on a lancé le programme d'installation des compteurs communicants à un moment où le marché était stable : c'est-à-dire que les prix étaient stables, la concurrence était stabilisée, il y avait des attentes, on va dire, liées à je ne sais quelles conséquences vis-à-vis des consommateurs. (...) Et là on a vu, et à l'évidence c'est lié à ce mouvement sur les prix, à cette inquiétude des consommateurs par rapport à une hausse des prix, beaucoup de projets en autoconsommation qui permet aux

[17] Audition de Chloé Latour devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 14/02/2024.

> clients finaux de se couvrir pour partie de la hausse des prix. Si ça avait été l'inverse, en termes de chronologie, on aurait été très très embêtés. S'il y avait eu la hausse des prix, cette attente des consommateurs, sans qu'on ait préalablement posé les compteurs communicants, on aurait été dans une grosse difficulté. (...) Cette inflation, on va dire, assez structurelle des prix de l'électricité, va continuer à stimuler le développement de l'autoconsommation. Donc on n'est pas au bout de l'histoire et heureusement qu'on a pu déployer les compteurs communicants préalablement. » (RE_3bis, administrateur Enedis)

Dans l'ensemble, l'évolution des sources de production déplace en partie les contraintes d'équilibrage offre-demande, auparavant localisées à l'échelle nationale, à l'échelle locale. Cette évolution doit donc être précédée par un renforcement physique des réseaux, ainsi que par la mise à disposition de données à une échelle plus fine que celle du territoire national. Le risque étant que l'absence d'adaptation entraîne des coûts accrus à l'échelle du système électrique. Ces transformations expliquent donc l'ampleur des investissements envisagés pour le renforcement des réseaux à échelle 2040 : 100 milliards au périmètre de RTE et 96 milliards au périmètre d'Enedis[18]. **La transformation du mix électrique déplace ainsi les coûts, et le centre de gravité du système électrique, des capacités de production vers les réseaux** : « *La gestion du réseau, en raison de la dispersion des installations renouvelables et de la flexibilité, forme le poste le plus coûteux pour la collectivité.* »[19]

Gestion des flexibilités. Les énergies renouvelables intermittentes posent des problèmes d'intégration au réseau : elles produisent trop d'énergie à certains moments, pas assez à d'autres, ce qui rend nécessaires des écrêtements d'injection ou de consommation. **Abordé sous l'angle économique, l'enjeu est surtout celui du dimensionnement du parc de production.** En effet, du fait des contraintes posées par l'intermittence, l'introduction des renouvelables sur le réseau se fait en complément et non en substitution des capacités déjà installées – il faut en effet garantir des capacités suffisantes si ces sources d'énergie se révélaient indisponibles – ce qui a plusieurs conséquences. Premièrement, les centrales thermiques deviennent redondantes et tendent à produire moins souvent. Or dans la mesure où ces « producteurs marginaux » restent essentiels à la sécurité d'approvisionnement, ces centrales *doivent être rémunérées même en l'absence de production* via un système de transfert des prix (qui s'appuie, en France, sur le marché de capacités)[20]. Deuxièmement, on observe un problème inverse lorsque le

[18] Audition de Marianne Laigneau, présidente du directoire d'Enedis, et de Chloé Latour, directrice chargée de la stratégie industrielle chez RTE, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 14/02/2024.

[19] Audition de Xavier Piechnaczych, président du directoire de RTE, devant la Commission d'enquête parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, 15/12/2022 [compte-rendu n°19].

[20] Le marché de capacités fonctionne de la manière suivante : les fournisseurs doivent acquérir auprès des producteurs, via un système d'enchères, la garantie de la mise à disposition d'une puissance capable de couvrir le plus haut niveau de consommation de leurs clients respectifs. Ce marché vise à financer ainsi l'entretien des infrastructures utilisées uniquement en pic de consommation : « *Si une capacité n'obtient pas suffisamment de revenus sur le marché de l'énergie mais qu'elle est nécessaire au respect du critère de*

parc de capacités renouvelables dépasse une certaine échelle : la production renouvelable est susceptible de dépasser la demande en période de creux – impliquant des coûts liés à l'arrêt des grandes centrales et, faute de pouvoir allonger leur temps d'exploitation, une baisse de la rentabilité de ces unités de production. Cet enjeu s'est manifesté clairement avec l'apparition de prix négatifs sur les Bourses de l'électricité – un phénomène de plus en plus récurrent : 102 heures par an au maximum jusqu'en 2022, 147 heures en 2023, 235 heures au premier semestre 2024 (Commission de régulation de l'énergie, 2024). **Dans l'ensemble, l'introduction des renouvelables fait donc courir le risque d'une immobilisation disproportionnée de capital, sous la forme de moyens de production nécessaires au passage de la pointe, qui entraînerait une dégradation de l'efficacité économique du système électrique dans son ensemble.** Ce problème renforce l'intérêt pour une mise en cohérence de la production et de la consommation – mise en cohérence qui suppose d'accéder à des données à une échelle locale et de pouvoir intervenir sur la consommation. **L'enjeu n'est pas tant la stabilité du réseau proprement dite, qui reste assurée au niveau national, mais la stabilité du réseau *à coûts maîtrisés.***

> « La stabilité du réseau, c'est avant tout une histoire de gestionnaire de réseau de transport, pas des gestionnaires de réseau de distribution. (...) Si tu dézoomes et que tu prends le niveau national, ils ont quand même une idée de la forme de la consommation habituelle et de la forme de la production habituelle. Et avec ça, tu gères globalement un réseau. [Mais] derrière, si tu veux activer des flexibilités... disons, à un énorme niveau, à un niveau industriel, ça à la limite tu vas avoir un impact sur la courbe nationale donc tu peux. A un niveau résidentiel ça va être super compliqué parce que tu n'as aucune donnée, aucune vision... » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

Augmentation et volatilité des prix. Le mode de formation des prix sur les marchés de l'électricité, combiné au renforcement des contraintes sur le système électrique, entraîne une tendance à la hausse des prix et une augmentation de leur volatilité. Dans les anciens monopoles intégrés, l'électricité était facturée à un prix couvrant la moyenne des coûts de production : cela signifie qu'une partie de la production (dont le coût est supérieur au coût moyen) est assurée à perte pour garantir la sécurité d'approvisionnement et la stabilité des prix – et financée par l'excédent tiré de la vente de la production dont le coût est inférieur au coût moyen. Évidemment, un tel modèle de formation des prix n'est plus possible lorsqu'on autonomise les segments « excédentaires » des segments opérés à perte : ces derniers revendiquent désormais, eux aussi, un profit (Darmois, 2004). Différents mécanismes contribuent à le garantir. D'abord, la formation du prix sur les Bourses de l'électricité : le prix de l'électricité se fixe à chaque moment au niveau qui équilibre

sécurité d'approvisionnement, elle peut compter sur le complément de revenu sur le marché de capacité. » (Commission de régulation de l'énergie, 2019). Dès lors que le marché de l'énergie suffit à assurer la sécurité d'approvisionnement (rémunère toutes les capacités de production nécessaire), le prix de la capacité est théoriquement nul – de sorte que « *La coexistence d'un marché spot et d'un marché de capacité traduit l'échec du premier* » (Percebois, 2019). En 2013, alors que le prix des garanties atteignait 31241€/MW, Engie avait chiffré l'impact pour les consommateurs résidentiels à un montant de l'ordre de 0,5 à 2€ par mois.

l'offre et la demande d'électricité – tous les vendeurs étant payés au même prix. Si la réponse à la demande suppose d'allumer une centrale à gaz, ce sont donc les coûts de production de cette dernière centrale (dite « centrale marginale ») qui fixent le prix pour l'ensemble des producteurs. C'est ainsi qu'en 2018, le gaz qui représentait seulement 5,7% de la production d'électricité française déterminait le prix de l'électricité pendant 16,5% du temps – soit davantage que le nucléaire (71,7% de la production mais déterminant le prix seulement 15,6% du temps) (Commission de régulation de l'énergie, 2019). Le marché est complété par le mécanisme des certificats de capacités (voir *supra*), qui assure un transfert de prix entre les producteurs et permet aux « producteurs marginaux » de couvrir les coûts d'entretien des centrales, même en l'absence de production. Par design, tant que subsistent des capacités thermiques à coûts variables élevés nécessaires au passage des pointes, la substitution d'une tarification au coût marginal plutôt qu'au coût moyen tend donc à provoquer une hausse des prix de l'électricité. Au moment de l'ouverture des Bourses de l'électricité dans les années 2000, cette tendance a été masquée par l'existence de surcapacités de production et par le prix modeste des énergies fossiles : de sorte que dans les années 2010, le prix de l'électricité sur les marchés de gros s'établissait sous la barre des 50€ le MWh (Solier, 2023). Mais la reprise de la consommation, qui pourrait aussi être stimulée par le développement des applications numériques[21], dans un contexte d'augmentation du prix des fossiles et de ralentissement des investissements dans les capacités de pointe, est amenée à se traduire par un retour des tensions sur les prix (Bernier, 2023).

En tendance, les prix pourraient donc augmenter. Mais ils deviennent surtout plus volatils. La combinaison entre un manque d'investissement dans les capacités de pointe et une hausse de la demande fait naître des tensions importantes au moment des pointes de consommation, qui se répercutent dans les prix sur les marchés spot[22][23]. En parallèle, les sources renouvelables, difficilement modulables et parfois redondantes, peuvent aussi provoquer des surproductions d'électricité au moment des creux de consommation, ce qui se traduit par un effondrement des prix – jusqu'à des prix négatifs, lorsque le producteur préfère payer l'acheteur que supporter les coûts d'arrêt et de redémarrage des centrales. Ces mouvements sont encore décuplés par la spéculation, inhérente à l'activité des fournisseurs. Dans l'ensemble, les transformations du système électrique aboutissent donc à des prix

[21] Dès 2019, RTE estimait le poids du numérique à 10% de la consommation finale d'électricité en France – dont 70% pour le numérique industriel (numérique d'entreprise, data centers, etc.). Le développement des applications gourmandes en données, comme les modèles de langage naturel (ChatGPT), qui consomment plus d'électricité que la moyenne des applications numériques, pourrait stimuler à la hausse la consommation électrique.
https://www.rte-france.com/actualites/part-du-numerique-dans-consommation-electrique-francaise [consulté le 09/03/2025]

[22] Marché spot : sur les marchés spots, les marchandises s'échangent « au comptant » : la livraison est consécutive au paiement. Ils se distinguent des marchés à terme, sur lesquels sont fixés les prix pour des livraisons futures, et qui permettent de se protéger contre des variations de prix.

[23] Ces tensions sont redoublées par la transformation des marchés européens du gaz, qui a conduit à privilégier les contrats spots sur les contrats à termes et accru la volatilité du gaz, qui est souvent l'énergie marginale à la pointe (Bernier, 2023).

instables et tendanciellement orientés à la hausse, qui reflètent des contraintes physiques réelles aussi bien que le mode de formation des prix sur ces marchés.

La digitalisation des réseaux électriques vise précisément à fournir des moyens de contenir les coûts pour le système électrique, qui sont liés à ces contraintes renforcées sur la morphologie du réseau, la gestion des flexibilités, et la maîtrise des prix. Compte-tenu des enjeux, la valeur potentielle des activités basées sur l'exploitation des données, capables de répondre à ces contraintes, est importante.

2/ La digitalisation : une modalité de maîtrise des coûts de transition du système électrique

On a souligné, dans les paragraphes précédents, la coévolution des secteurs de l'électricité, de la mobilité et du numérique : ces trois activités s'articulent et forment un complexe productif cohérent – au sens où le développement d'une de ces filières est tributaire du progrès des autres. Du point de vue du système électrique, la transformation de ces filières représente des contraintes supplémentaires ; mais elle offre en même temps des opportunités de gestion de ces contraintes. Ainsi, les batteries des véhicules électriques introduisent des capacités de stockage diffuses sur le réseau – à l'image des ballons d'eau chaude, déjà utilisés à cet effet, mais avec un potentiel et une souplesse décuplés : une batterie de voiture électrique représenterait l'équivalent de trois ballons d'eau chaude en capacité de stockage[24]. Les véhicules électriques construits à partir de 2025 devront en outre intégrer la possibilité de réinjecter l'électricité stockée au sein du domicile, voire du réseau (Macela-Gouin, 2023). Clairement, les professionnels du secteur envisagent l'électrification du parc de véhicules comme une condition de la poursuite du développement des renouvelables :

> « On est aujourd'hui sur un rythme [d'installation de capacités renouvelables] qui est plus rationnel, parce qu'il est adhérent au développement des usages de l'électrique comme la mobilité électrique. C'est-à-dire que s'il y a de plus en plus de véhicules électriques et de plus en plus d'autoconsommation ou de développement d'énergies renouvelables raccordées en réseau, et comme les deux sont en train de croître à peu près parallèlement, je dirais qu'on est sur la bonne chronologie, la bonne vitesse de développement, au bon moment. (...) Je pense qu'on a tendance à décrier la façon dont la France développe ses énergies renouvelables, mais, alors il y a une forte part de chance sans doute, une part d'opportunisme aussi, mais on le fait avec beaucoup de cohérence : c'est-à-dire qu'il y a une vraie cohérence entre le développement de nos ENR [énergies renouvelables] et le développement des usages nouveaux de l'électricité. » (RE_3bis, administrateur Enedis)

> « De fait, ils comptent quand même beaucoup là-dessus [l'électrification du parc de véhicules] pour l'insertion des énergies renouvelables. Je veux dire, si on n'a pas ça, ça va être chaud. » (RE_2, ingénieure EDF)

Le numérique fait le lien entre le développement des usages électriques et l'introduction des ENR [énergies renouvelables] en fournissant des technologies de pilotage de la

[24] Audition de Chloé Latour, directrice chargée de la stratégie industrielle chez RTE, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 14/02/2024.

consommation à large échelle : ce pilotage permet par exemple de limiter l'appel de puissance au passage des pointes de consommation, ou de valoriser l'électricité produite lors des pointes d'injection des énergies intermittentes, transformant ainsi les appareils domestiques en capacités de stockage et d'effacement. Autrement dit, **le numérique transforme les contraintes liées à l'électrification des usages en nouvelles opportunités de gestion pour le système électrique, qui permettent d'en contenir le dimensionnement.** Or il ne s'agit pas ici uniquement de la prise de contrôle des appareils, rendue possible par le déploiement des objets connectés : la collecte de données suffisamment fines – sur les appareils eux-mêmes, sur la consommation électrique et sur les flux d'électricité – apparaît aussi comme un prérequis du pilotage. Dès lors, la numérisation des réseaux forme une étape nécessaire au développement de ces technologies et de ces services.

La digitalisation des réseaux a en fait commencé dès les années 1980, en s'étendant progressivement aux différentes couches du réseau. Dans les années 1980, la première phase a concerné les réseaux de transport : « *Nous commencions à utiliser les technologies d'information et de communication pour la surveillance et la téléconduite des réseaux de transport ainsi que pour leur protection.* »[25] Dans les années 2000, la digitalisation s'étend au réseau de moyenne tension : l'objectif est d'automatiser la conduite du réseau de moyenne tension, ce qui permet notamment d'accompagner l'insertion des producteurs à ce niveau. La généralisation des compteurs communicants digitalise la basse tension. A l'issue de ce cycle, les opérateurs disposent ainsi d'informations quasiment en temps réel et à tous les niveaux de l'architecture du réseau :

> « On est passés d'un réseau qui était – je parle bien du réseau de distribution – qui n'était pas un réseau géré en temps réel, qui n'était pas un réseau connecté, et on est aujourd'hui avec un réseau, avec des process et des outils, qui sont complètement adossés au temps réel et qui sont tous interconnectés. (...) Le compteur communicant n'est qu'un aspect concret de la numérisation du réseau. Le vrai sujet, c'est comment numériser le réseau de façon à pouvoir, au niveau du réseau de distribution, avoir une gestion en temps réel de ce qui rentre et ce qui sort du réseau. » (RE_3, administrateur Enedis)

Si la digitalisation permet d'améliorer la gestion technique des réseaux en automatisant la conduite et la relève, les données n'en forment pas pour autant un simple sous-produit : elles constituent elles-mêmes un des objectifs de l'adaptation technique du réseau.

Le compteur communicant

Le compteur communicant est un dispositif de mesure de la consommation électrique, capable de recevoir des instructions numériques et de transmettre des données en temps réel. Ces compteurs individuels communiquent via le réseau électrique avec un concentrateur, qui centralise puis transmet les données au distributeur via le réseau télécom. Les compteurs permettent d'une part d'automatiser et de réaliser à distance une série d'opérations (relève des index, changements de puissance, de contrat ou de fournisseur) et d'autre part de collecter les données de consommation en quasi-temps réel (chaque nuit par Enedis, et au pas de 10 minutes en aval du compteur). **Le compteur**

[25] Audition d'André Merlin, président d'honneur de RTE et chef du département d'automatisation des réseaux en 1984, devant la Commission d'enquête parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, 01/02/2023 [compte-rendu n°34].

communicant est donc indissociablement un dispositif d'automatisation du travail et de production de données. Or, cette seconde dimension est d'emblée perçue comme une dimension-clé du dispositif : l'automatisation du travail vise précisément à garantir l'accès aux données en temps réel.

> « Il est évident qu'avec ce que je vous ai dit en amont, à savoir [la nécessité d']un pilotage en temps réel du réseau, il était inimaginable de penser le réaliser avec des relèves à pied, avec des relèves manuelles. On n'avait pas d'autre choix que de l'automatiser, ça c'est clair. » (RE_3, administrateur Enedis)

Projet discuté dès le début des années 2000, sa généralisation est imposée par une directive européenne en 2009 et mise en œuvre, en France, à partir de 2015. Ce déploiement correspond en fait à un double-agenda : celui de l'ouverture des marchés, dès le début des années 2000, et la réponse aux contraintes techniques de gestion du réseau, qui se renforcent dans les années 2010.

1. **L'ouverture des marchés à la concurrence.** Imaginé au début des années 2000, le principe d'un compteur communicant est d'abord envisagé dans le cadre de l'ouverture des marchés électriques à la concurrence – qui s'incarne notamment dans les deux directives européennes de 2004 et de 2009. En présence d'une marchandise indifférenciée comme l'électricité, sur un marché où EDF reste par ailleurs en situation de quasi-monopole sur la production, les fournisseurs en concurrence ne peuvent se différencier autrement que par l'architecture des offres. Or les anciens compteurs électromécaniques, qui n'intègrent que deux index horaires (heures pleines/heures creuses), limitent la diversification des offres – et entravent par conséquent les effets de l'ouverture à la concurrence sur le marché de détail. Le compteur électromécanique classique est donc identifié comme un frein à la libéralisation (Lamb, 2020).

   Le programme d'ouverture à la concurrence des marchés de l'électricité, initié dans les années 1990, était concomitant du déploiement des compteurs électroniques, initié pour sa part dès la fin des années 1980. Facilitant la relève des index, désormais réalisée à distance sans entrer au domicile du client, ces nouveaux compteurs étaient aussi capables d'intégrer davantage d'index tarifaires pour développer des offres commerciales plus diversifiées et innovantes : c'est le cas de l'offre Tempo, lancée en 1992, qui permet d'accéder à une électricité moins chère à l'année sous réserve de limiter sa consommation (ou de payer des tarifs élevés) pendant 22 jours de pointe hivernale. Ces compteurs s'articulaient aussi déjà à la domotique – en permettant, par exemple, de contrôler le fonctionnement des chauffe-eaux pour utiliser l'énergie produite en heures creuses – et ses concepteurs espéraient déjà pouvoir faire commerce de nouveaux services liés à ces applications domotiques (Danieli, 2018). Mais leur déploiement, au rythme du remplacement des anciens compteurs ou de la construction de logements neufs, ne sera jamais généralisé : en 2010, seul 23% du parc français est équipé, tandis que 25 millions de compteurs restaient électromécaniques (Danieli, 2018; Lamb, 2020). En fait, dès le début des années 2000, les caractéristiques d'un compteur plus évolué sont déjà

en discussion : le compteur communicant, dont la principale différence avec le compteur électronique tient à la transmission en temps réel des données de consommation collectées – un élément identifié comme un « point clé » pour accroître le développement des services énergétiques et la différenciation des fournisseurs (Lamb, 2020, p. 198).

> « Qu'est-ce qui peut différencier un fournisseur d'un autre ? Et bien ça va être les services en plus de l'énergie que tu peux fournir. Et là-dessus, Linky, ça a une autre fonctionnalité (...) : lire la courbe de charge de quelqu'un, ça te donne des indications pour pouvoir développer des services. » (RE_2, ingénieure EDF)

Dès l'origine, le compteur communicant n'est donc pas seulement envisagé comme une réponse à des contraintes techniques (coûts et fiabilisation de la relève manuelle, structures tarifaires limitées) mais directement, comme un dispositif de production de données potentiellement valorisables – ce qui le distingue du compteur électronique.

Par plusieurs de ses caractéristiques, le compteur communicant apparaît donc comme un instrument adéquat pour soutenir la réforme du marché. En combinant une plus grande variété d'index horaires (pour le Linky : 10 nouveaux index « fournisseurs » qui complètent les 4 index « distributeur » classiques) et des données relevées à un pas de temps très court (jusqu'à 10 minutes), ce nouveau compteur offre deux éléments essentiels à la diversification des offres et à la conception de nouveaux services – en plus de la simplification du changement d'offre et de contrat. Il permet en outre de réaliser à distance sans déplacement d'un technicien les opérations de changement d'offre et de contrat – de nature à renforcer la concurrence entre fournisseurs. La CRE communique dès 2001 à propos du comptage communicant. Leur généralisation à horizon 2020 est imposée aux États-membres par une directive européenne de 2009 (sous réserve d'un rapport coûts-bénéfices favorable) – à un moment où seuls 8% des consommateurs européens ont effectivement changé de fournisseur (Lamb, 2020).

> « Il y avait une directive européenne qui demandait 80% de compteurs communicants en 2020, je crois. Donc la France a dû à peu près la respecter. La logique, cette fois, n'était pas purement gestionnaire de réseau. Elle était plutôt, on va dire, gestionnaire de concurrence. C'est-à-dire que ce qui était voulu, c'était dynamiser la concurrence, pour pouvoir proposer des offres dynamiques qui soient programmables à distance dans le compteur. Et donc, de permettre au client de pouvoir changer de fournisseur, de pouvoir changer d'offre, d'opter pour une offre heures creuses en week-end... Et donc ça, effectivement, ça supposait des compteurs communicants, pour justement avoir moins recours aux prestations humaines. C'est-à-dire qu'il n'y ait pas, d'une part, de relève des index par une personne, pas de programmation du compteur par une personne, mais des choses qui se font à distance. » (RE_1, ingénieur Enedis)

2. **L'agenda d'EDF.** En parallèle de la transformation des marchés, le groupe EDF réfléchit à l'opportunité d'un programme national de transformation du comptage dès le début des années 2000. Cet intérêt s'explique lui aussi en partie par la

dérégulation du marché : il importe à EDF de développer une palette de nouveaux services marchands dans la perspective de l'ouverture à la concurrence. Mais l'objectif de transformation du comptage s'inscrit aussi dans l'agenda de modernisation du réseau, et rejoint notamment le processus de digitalisation amorcé dès les années 1980 (voir *supra*). L'objectif, ici, est d'abord de permettre une série d'économies sur la gestion du réseau, via l'automatisation des opérations, la réduction de la fraude – une étude technico-économique réalisée en 2014 estimait les gains nets du projet à l'échelle du distributeur à 200 millions d'euros sur vingt ans (Cour des Comptes, 2024). Au-delà, l'objectif était plus généralement de fiabiliser et améliorer la gestion technique du réseau, pour des gains plus difficilement quantifiables – réduction du temps de coupure, meilleure identification des pannes, et facilitation de l'insertion des renouvelables. Après les propriétés « concurrentielles » du compteur, la Commission européenne souligne ces enjeux dans une nouvelle directive adoptée en 2011 : « *Avec une production décentralisée, des réseaux intelligents, de nouveaux utilisateurs du réseau (par exemple, les véhicules électriques) et une réactivité à la demande, il est plus nécessaire que jamais d'avoir une vision plus intégrée du transport, de la distribution et du stockage.* » (Directive 2011/885). Les premières expérimentations en 2010 et la généralisation engagée à partir de 2015 s'inscrivent ainsi dans une temporalité parallèle à la croissance des énergies renouvelables dans le mix énergétique français. Au sein du groupe EDF, c'est Enedis, l'opérateur du réseau de distribution, qui endosse la responsabilité de ces contraintes : pour ses ingénieurs, la transformation du comptage relève de l'évidence, comme une condition *sine qua non* de l'évolution des réseaux (Jumel & Mallet, 2023) :

> « Donc partant de là, vous comprenez bien que c'est une dimension essentielle, et sur laquelle on n'a pas pu arbitrer : c'est-à-dire qu'*il nous fallait numériser le réseau*. Donc le compteur communicant, la numérisation du réseau, n'était pas, quelque part, un choix : c'était une contrainte, une obligation. Ou alors on arrêtait de développer le photovoltaïque et l'éolien. » (RE_3, administrateur Enedis)

En 2005, un groupe de travail est formé autour de la CRE et du groupe EDF. Il lie les deux enjeux associés à la numérisation du comptage : soutenir la libéralisation et accompagner la transformation du système électrique (Lamb, 2020).

Encadré 2. La projection internationale des technologies de gestion du réseau

La dimension stratégique du comptage communicant n'échappe ni à EDF ni à Enedis, qui comptent bien se positionner comme des opérateurs de pointe dans les nouvelles technologies de gestion de réseau. Ces technologies occupent en effet une position pivot dans la gestation d'un nouveau complexe productif. Les enjeux sont importants, autant par la valeur qu'elles dégagent pour chaque système national que par le potentiel à l'exportation : le marché des compteurs communicants (*hardware* mais surtout, logiciels embarqués, protocoles de communication et d'adhérence aux réseaux électriques et télécom), comme celui des services associés, sont appelés à croître à échelle mondiale.

Sur ce type de marché, la concurrence adopte des caractéristiques particulières. D'abord parce que les technologies de comptage communicant sont des activités dont les coûts de développement sont importants et qui délivrent par conséquent de fortes économies d'échelle : les acteurs les plus petits sont donc incités à acquérir leur technologie auprès d'un acteur qui l'aurait déjà développée plutôt que de supporter eux-mêmes les coûts de développement. Cette structure de coûts encourage ainsi la concentration des acteurs, qui permet de valoriser ces économies d'échelle. Ensuite, parce que les technologies de comptage communicant sont complémentaires d'autres technologies liées au système électrique : l'internationalisation de la technologie de comptage permet ainsi à son concepteur d'influencer plus généralement les normes et standards du système électrique à son avantage, en favorisant les technologies déjà compatibles avec son propre dispositif. Enfin, dans la mesure où ces activités se développent sur des réseaux interconnectés, chaque nouveau marché renforce la capacité d'une technologie à devenir un standard – et donc à influencer l'évolution des systèmes électriques sur un temps relativement long.

Pour l'heure, faute d'acteur dominant, ces développements font l'objet d'une concurrence intense à l'échelle internationale (Rikap, 2022). La Chine, en particulier, aborde ces complémentarités avec une grande systématicité (Derdevet, 2018) : premier pays en termes de déploiement des énergies renouvelables et de ventes de véhicules électriques (Eyl-Mazzega & Mathieu, 2019), elle fait aussi partie des premiers pays à se doter, dès 2017, d'un système généralisé de compteurs électriques communicants (Mazzuchi, 2018). Au cours des années 2010, dans le contexte des plans d'austérité qui ont contraint plusieurs États européens à céder des actifs stratégiques, des acteurs chinois ont procédé à une série d'acquisitions d'opérateurs de réseau (au Portugal, en Italie, en Grèce, au Luxembourg – auxquels il faut ajouter les tentatives de rachat restées inabouties en Belgique, en Espagne, en Allemagne). Ces acquisitions donnent aux acteurs chinois des capacités d'influence sur les normes techniques pour promouvoir leurs propres technologies en Europe.

Mais le groupe EDF reste également un acteur d'envergure mondiale : avec 34 millions de compteurs pour ses services de fourniture, la propriété de RTE (premier opérateur de réseau de transport européen), d'Enedis (un des principaux distributeurs mondiaux), et des services de recherche dotés d'une longue expertise technique. Les dimensions de son parc de clientèle et de ses réseaux permettent de dégager un avantage concurrentiel dans le développement du compteur, en prenant d'abord appui sur le réseau européen. Dès 2004, le groupe lance le projet ICOME qui « *vise à proposer un prototype de compteur communicant dont les propriétés techniques de base seraient suffisamment modulables pour qu'il puisse être exporté sur l'ensemble du réseau européen. (...) L'objectif du groupe EDF est ainsi d'exploiter ces parcs technologiques pour se dégager un avantage concurrentiel déterminant par rapport aux autres fournisseurs européens. Dans cette perspective, l'ambition d'un projet de déploiement national de 35 millions d'unités constitue une première étape fondatrice en vue de se projeter ensuite vers le marché européen* » (Lamb, 2020, p. 226-228). Pour le groupe, l'enjeu est évidemment moins le hardware – produit par des sous-traitants sur la base du cahier des charges d'Enedis – que les technologies associées : le logiciel embarqué dans le compteur et le protocole de communication avec le réseau. Dès la fin des expérimentations, Enedis crée une filière chargée de la promotion du compteur à l'étranger avec l'objectif d'en faire un standard international

(Lamb, 2020, p. 336). Le distributeur se place aujourd'hui en tête du Smart grid index, qui compare la digitalisation des réseaux à échelle mondiale[26].

En termes de projection internationale, l'existence d'un écosystème d'acteurs proposant des services compatibles avec le compteur d'Enedis pourrait s'avérer mutuellement avantageuse. D'une part, du point de vue des fournisseurs de services, l'internationalisation du compteur peut favoriser les acteurs qui ont déjà développé des services compatibles avec le compteur français – avec un impact crucial dans ces activités où *la quantité fait la qualité* : la taille du parc et la quantité de données captées permettent d'améliorer la qualité des services, créant un cercle vertueux pour les entreprises les mieux positionnées. D'autre part, du point de vue du concepteur des compteurs, l'existence d'un panel de services compatibles qui ont déjà démontré leur fonctionnalité peut encourager l'adoption par un marché d'une technologie de comptage. L'écosystème qui se constitue sur le marché domestique entre les technologies de comptage et les services complémentaires se révèle symbiotique, de nature à favoriser la projection internationale de chacun. Dès lors, la constitution d'un cadre règlementaire favorable au développement de ces services – des marchés suffisamment libéralisés et l'existence d'un marché des flexibilités – prend un caractère stratégique. Les acteurs des flexibilités s'accordent d'ailleurs sur la fonctionnalité du cadre réglementaire français pour soutenir leurs activités :

> « Le cadre réglementaire français pour l'effacement de consommation est l'un des plus complets des Etats-membres de l'UE. »[27]

> « En vrai, en France on a vraiment un bon marché. Ça c'est… Et surtout quand on le compare aux autres. On est vraiment pas mal. (…) On a… les compteurs communicants, hein ! Ça, c'est un des plus gros facteurs. On a plus de 90% de compteurs communicants. On a des marchés de flexibilités qui sont ouverts, auxquels on peut participer. On a un réseau qui est robuste et des gestionnaires de réseau qui sont conscients des enjeux futurs et présents, et qui essaient de plus en plus de travailler main dans la main pour améliorer tout ça. Si on regarde l'Allemagne, par exemple, ils ont moins de 1% de compteurs communicants, ils n'ont quasiment pas de marché de flexibilités qui existe, et ça je dirais que c'est un peu l'opposé de nous. Tu as aussi en Espagne, hein ! Ou malgré le fait qu'ils aient pas mal de compteurs communicants, pareil c'est plus de 95% je crois, ils n'ont pourtant pas beaucoup de marchés de flexibilité qui sont ouverts, souvent pour des raisons qui ne sont pas forcément justifiées. (…) Les pays où beaucoup de gens s'exportent par exemple, c'est les Etats-Unis ou le Japon, qui ont déjà… Qui en fait ont de nombreux besoins et des marchés ouverts… en fait c'est vraiment ça, pour s'exporter dans un pays c'est les deux choses qu'il faut. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

En France, le déploiement du compteur va être placé sous la responsabilité du distributeur, Enedis – qui est à la fois l'exploitant des compteurs et le dépositaire en première instance

[26] Les critères pris en compte et le classement exhaustif peuvent être consultés à l'adresse suivante : https://www.spgroup.com.sg/our-services/network/overview/smart-grid-index [consulté le 07/01/2025]

[27] Audition de Natacha Hakwik, présidente de l'association Luciole (association professionnelle regroupant une vingtaine d'entreprises spécialistes du pilotage de la consommation), devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 15/05/2024.

des données de consommation. Ce choix tranche par exemple avec le cas britannique, où le compteur est la propriété des fournisseur – qui développent chacun des services compatibles avec leur propre technologie. Au contraire, dans le cas français, le compteur est conçu comme un *standard industriel* – avec plusieurs implications.

D'abord, la prise en charge du compteur par un opérateur qui contrôle 95% du territoire permet de dégager des économies d'échelle et de développer une technologie de masse à bon marché : « *Linky, ça a été conçu pour être performant et pas cher. Ce qui a été très bien réussi : un compteur, ça coûte 50 balles et ça marche nickel, il y a plein de choses à faire avec. (...) Ça a été pensé pour être très performant et très low cost. Très high tech et très low cost* » (RE_1, ingénieur Enedis). Les économies sont non seulement liées au déploiement du hardware, avec des économies liées à la massification de la pose – la Cour des Comptes estime les économies sur l'achat et la pose du compteur à 780 millions d'euros par rapport au budget prévisionnel – mais aussi aux coûts d'adaptation des systèmes informatiques qui se retrouvent dilués : à l'échelle de 34 millions de compteurs, ces coûts n'ont représenté que 11,5% des coûts du projet (soit 450 millions d'euros). Inversement, la dispersion des opérateurs de distribution explique leur hausse vertigineuse dans d'autres États, comme c'est le cas en Allemagne (900 distributeurs d'électricité) où les coûts de déploiement du compteur communicant étaient estimés à plus de 20 milliards d'euros (contre moins de 5 milliards au total pour l'équipement du marché français).

Le compteur unique représente aussi une facilité pour les fournisseurs de services associés au compteur, qui n'ont à gérer la compatibilité de leurs systèmes informatiques qu'avec une seule technologie. Cela a pour effet de réduire les coûts de développement et d'accroître le marché potentiel de chaque solution. En même temps, ce modèle rend tout le panel de services développés sur la base du compteur communicant accessible à tous les consommateurs, plaçant tous les fournisseurs de ces services en concurrence les uns avec les autres.

> « [En France on a] un gestionnaire de réseau de distribution, côté électricité, qui dessert 95% du territoire. Ça, évidemment, c'est... c'est plus facile en termes de système informatique, typiquement pour un fournisseur. Voilà, en se branchant sur le système d'information d'Enedis, on arrive à desservir à peu près 95% du territoire français, ce qui est une facilité d'insertion, comparé à d'autres. Tu as parlé de l'Allemagne : effectivement, moins de 1% de compteurs communicants, et plus de 800 GRD [gestionnaires de réseau de distribution]. Donc forcément, c'est beaucoup plus complexe à mettre en place en tant que fournisseurs. » (RE_10, responsable R&D chez un fournisseur alternatif)

Enfin, le distributeur est le dépositaire des données collectées par le compteur : les index sont relevés une fois par jour par Enedis, et transmis aux fournisseurs sur une base mensuelle. Or, avec la séparation des activités, le distributeur est placé hors du périmètre concurrentiel et n'est pas autorisé à développer ses propres services marchands. Cette situation place donc les acteurs marchands dans une relative position d'égalité pour l'accès aux données : la remontée détaillée de la courbe de charge auprès d'Enedis, puis sa transmission aux fournisseurs ou opérateurs de services, doivent chacune faire l'objet d'un consentement explicite du consommateur (voir encadre n°4 sur la gestion des données personnelles).

Le choix de confier le développement de la technologie de comptage au distributeur fait donc émerger une certaine organisation des activités économiques liées à l'exploitation des données : un compteur unique et bon marché autour duquel gravitent une galaxie de services marchands tous compatibles avec la même technologie de comptage. Efficace sur le marché national, cette organisation est aussi particulièrement stratégique dans la perspective d'un développement international : le faible coût du compteur et l'existence de nombreuses solutions compatibles facilite son internationalisation, offrant en retour un avantage aux opérateurs de services basés sur cette technologie (voir encadré n°2).

L'équipement du réseau de distribution français en compteurs communicants représente en lui-même un projet industriel ambitieux : **le déploiement dure six ans, pour 34 millions de compteurs et 750 000 concentrateurs, et un total de 4,6 milliards d'euros d'investissements.** Près de 80% des investissements, hors expérimentations, concernent l'achat et la pose des compteurs et concentrateurs : ces infrastructures forment ainsi *la structure matérielle de la numérisation du réseau et de l'économie de la donnée énergétique*.

Encadré 3. Disparition et transformation des métiers

Une partie de l'investissement injecté dans le renouvellement du parc de compteur est compensé par les économies liées à l'automatisation de la relève, dont les principales victimes sont les techniciens-releveurs d'Enedis : au lancement du projet, une étude anticipait des économies de l'ordre de 700 millions d'euros pour la relève et de 1 milliard pour les interventions techniques sur une période de vingt ans – soit le cycle de vie des compteurs communicants (Cour des Comptes, 2024). **Notons que les seuls gains associés à l'automatisation du travail sont loin de compenser, et donc de justifier, les près de 5 milliards de coûts de déploiement des compteurs : c'est bien la valorisation des flexibilités, via l'exploitation des données, qui est au cœur des gains économiques attendus du projet.** Davantage que comme une fin en soi, l'automatisation du travail apparaît en fait comme le vecteur permettant l'accès aux données, nécessaires au développement des activités basées sur les flexibilités.

Dans le cadre de la transformation concrète des métiers, le processus de déploiement du Linky révèle des oppositions importantes entre catégories de personnel quant à l'introduction de technologies d'automatisation sur le procès de travail. Les ingénieurs, particulièrement attachés à cette mutation qui répond aux contraintes de gestion et assure la modernisation du réseau, tendent à relativiser l'ampleur des bouleversements. Selon eux, l'externalisation précoce de la relève aurait permis de réaliser la transition « en douceur » en repoussant les coûts sociaux sur des entreprises sous-traitantes, tandis que les techniciens d'Enedis auraient réalisé une « montée en compétence » en étant notamment réaffectés aux tâches techniques d'entretien des lignes du réseau.

Côté techniciens, on entend un son de cloche différent[28]. Issus d'un métier initialement très valorisé, autant en interne qu'auprès de la clientèle, les techniciens et leurs voitures bleues jouaient le rôle d'interface, de « vitrine » entre les clients et l'ensemble de l'entreprise EDF (« l'entreprise préférée des Français ») : « *On était les premiers au contact des clients.* » Ce

[28] Paragraphe basé sur un entretien réalisé avec un technicien Enedis chargé de la relève, plus de vingt ans d'ancienneté.

technicien explique que la sous-traitance de la relève, mise en place environ six ans avant le déploiement des compteurs, a été précédée par une politique de réduction du personnel qui a alourdi les tournées de relève et permis de présenter la sous-traitance comme une modalité de gestion du sous-effectif, sans que le lien ne soit fait avec l'introduction du compteur communicant : « *On n'avait pas encore cette vision et cette relation qu'il y avait entre la sous-traitance et la relève du compteur* ». Après la relève, le déploiement du compteur est ensuite lui-même réalisé en sous-traitance : « *ça a été vraiment, on va dire, un copier-coller de ce qui s'est fait pour la relève* ».

Avec la mise en place de la sous-traitance, les techniciens-relève sont d'abord basculés sur des tâches de relation clientèle, qui faisaient historiquement partie de leur portefeuille d'activité. Pendant la période de transition, au moment du déploiement des compteurs, les tâches de maintenance sont encore fréquentes – il faut assurer la pose des compteurs dans les cas les plus complexes, le changement de puissance des disjoncteurs localisés dans les domiciles, la gestion des défauts et le remplacement du matériel défectueux. Mais à mesure de l'automatisation effective de ces fonctions, les services des techniciens finissent par être fusionnés avec ceux de l'exploitation et de la maintenance du réseau – autrement dit, les services d'intervention technique sur le réseau physique. Les techniciens-relève basculent alors sur un poste de « technicien d'intervention polyvalent ».

L'évolution sur les postes de maintenance du réseau est sans doute une satisfaction pour certains salariés. Pour d'autres, les transformations du métier de technicien-relève sont vécues sur le mode de la dégradation du travail plutôt que de la montée en compétence, suscitant mélancolie et rancœur : « *On a perdu, on va dire, une partie de ce qu'on aimait quoi.* (...) *Là, les gens, on ne les voit plus. Il n'y a plus de contact : tout se fait à distance.* » Il n'y a pas véritablement de montée en compétence sur l'électronique, dans la mesure où les compteurs défaillants sont remplacés plutôt que réparés : « *On fait remplacement par remplacement, pièce par pièce. On ne rentre pas dans la partie électronique. On prend un compteur dans nos stocks, qu'on enlève sur place, et puis qu'on repose à l'identique. C'est quatre vis et voilà.* » Pour ce technicien, seul le dépannage de la clientèle représente une source de satisfaction professionnelle : « *quand ils nous voient arriver, ils voient quand même une voiture bleue. Même si c'est pas le même nom, [on] représente quand même quelque chose à leurs yeux. Parce que pour eux, c'est EDF.* » De fait, au-delà des compteurs, les techniciens apparaissent aussi comme les victimes de la réorganisation d'un secteur au sein duquel le rôle de « vitrine » de l'entreprise a perdu sa raison d'être du fait de la séparation d'Enedis et EDF – le distributeur (en situation de monopole) n'étant plus supposé entretenir de liens avec le fournisseur (en situation de concurrence), et n'ayant pas d'intérêt économique à soigner sa relation avec la clientèle, étant rémunéré par le TURPE. Ces transformations répétées et la perte de confiance dans la hiérarchie sont sources d'insécurité professionnelles et de difficultés de projection dans l'avenir : « *Là, c'est compliqué. Je ne sais pas. On se pose des questions. Là on est sur des périodes où on se pose beaucoup de questions parce qu'il y a beaucoup de changement.* (...) *On n'arrive même pas à se projeter dans cinq ans, donc...* »

Le maintien des effectifs d'Enedis (autour de 40 000 salariés) masque en vérité une transformation qualitative de la main d'œuvre, au détriment des cols bleus de l'entreprise, qui subissent à la fois des baisses d'emploi, une augmentation de la polyvalence et une insécurité quant au contenu des missions : « *La direction de l'entreprise a déjà dit qu'elle avait des besoins prioritairement en cadres et des techniciens. (...) C'est-à-dire qu'on recrute beaucoup moins de*

gens non ou peu diplômés, ça c'est évident. Mais on recrute de facto beaucoup plus de gens diplômés, voire très diplômés. Par exemple sur la cyber-sécurité ou avant il n'y avait personne, aujourd'hui on a quand même pas mal de monde. »[29] Une étude de 2020 estimait que l'analyse de données représentait un volume de 2000 emplois au niveau du système électrique, qui pourrait croître de 10 à 20% d'ici 2030. Les métiers de la cyber-sécurité représentent également un point de tension majeur, dans la mesure où la numérisation accroît la vulnérabilité du réseau aux attaques – tandis que ces métiers sont considérés comme des métiers en tension (Etude prospective des emplois de la filière électrique, 2020). La valorisation des données par les acteurs des flexibilités paraît en revanche destinée à occuper un volume d'emplois relativement limités dans le secteur : actuellement, le volume d'emplois liés à la fourniture d'électricité tous services confondus représenterait autour de 14 000 emplois à échelle nationale, soit l'équivalent de 10% des emplois du système électrique. Ces transformations affectent naturellement les équilibres sociaux au sein d'une entreprise, qui se trouve par ailleurs en position stratégique dans les conflits sociaux.

La valorisation des données

Si à l'échelle du distributeur, l'intérêt technique du déploiement du compteur est évident – automatisation de la relève, vision du réseau en temps réel, réduction des fraudes et détection des pannes, maintenance prédictive – les bénéfices économiques restent toutefois d'une envergure relativement comparable à celle des coûts de déploiement : « *l'équilibre économique du projet était fragile à la maille du distributeur et (...) sa justification économique reposait sur des externalités positives* » (Cour des Comptes, 2024, p. 8). De fait, au cœur du projet de compteur communicant se trouve la valorisation économique des flexibilités – autrement dit, la capacité à écrêter les pointes de consommation et inversement, à valoriser l'électricité produite en période de creux (Lara, 2013) – ce qui suppose l'accès à des données avec une granularité suffisamment fine. A l'échelle du système dans son ensemble, l'aplatissement de la courbe de charge permet de limiter le dimensionnement du système électrique et constitue une source majeure de réduction des coûts : la valeur de ces services pour le système électrique est en fait relative aux coûts évités. La valorisation des flexibilités, qui repose sur l'exploitation des données plus fines délivrées par le compteur, était estimé – probablement avec un trop grand optimisme – à près de 10 milliards de gains à dix ans par l'étude technico-économique précédant le déploiement du compteur – dont 2 milliards devaient être internalisés par les consommateurs *via* un meilleur contrôle de leur consommation, et 7,7 milliards par les acteurs marchands à l'origine de nouvelles offres de marché (Cour des Comptes, 2024).

De fait, partant du même objectif d'aplatir la courbe de charge, deux perspectives s'opposent quant à la manière d'exploiter ces flexibilités : l'une est centrée sur le consommateur, l'autre sur les acteurs marchands. Or pour chacune, le bénéficiaire du gain économique est crucialement lié à la politique d'accès aux données.

Une première perspective place le consommateur au centre du jeu – ou, comme l'exprime plus directement la Commission européenne, vise à encourager « *une participation active des consommateurs aux marchés de la fourniture du gaz et de l'électricité* »

[29] RE_3, administrateur Enedis.

(Recommandation 2012/148/UE). L'idée est d'inciter le consommateur à adapter lui-même son comportement pour limiter sa consommation en pointe et consommer en creux, d'une part en lui assurant un accès direct à ses propres données de consommation – via un dispositif d'affichage « convivial » au sein du domicile – d'autre part à travers une tarification « dynamique » calquée sur les prix de marché. Il s'agit donc de reporter la responsabilité du passage des pointes sur le consommateur, en lui donnant les informations nécessaires à l'adaptation de son comportement, et en le stimulant par des incitations ou des pénalités tarifaires. Dans cet esprit, la commission européenne va soutenir l'équipement des ménages les plus précaires en dispositifs d'affichage déportés (ERL – émetteur radio Linky, un module optionnel pour transférer en temps réel les données du compteur sur un dispositif d'affichage au sein du domicile) – mais ce projet ne sera jamais généralisé. En parallèle, la directive européenne 2019/944 impose à chaque fournisseur dont le portefeuille compte plus de 200 000 clients de leur proposer au moins une offre de tarification dynamique. En adoptant une tarification dynamique et en disposant du contrôle de ses propres données de consommation, le consommateur pourrait jouir de l'essentiel du gain lié à l'activation de ses propres flexibilités – sous réserve que sa tarification se rapproche de celle des tarifs de marché et qu'il parvienne à adapter ses usages. Mais cette perspective connaît deux limites. D'abord, si l'activation des flexibilités génère des gains importants à l'échelle de la société entière, ceux-ci sont presque insensibles à l'échelle du consommateur : des appareils ménagers tels que le four, le lave-vaisselle, le lave-linge, ou les plaques de cuisson représentent en effet une consommation de l'ordre de 3€ par mois (Cour des Comptes, 2024) : les économies possibles sont ainsi de l'ordre de quelques centimes par appareil. L'incitation du consommateur devrait donc reposer sur une évolution radicale des tarifs susceptible de pénaliser réellement la consommation en pointe et de récompenser la consommation en creux. Or, cette solution suppose à son tour d'accepter des risques sociaux importants, liés à l'opacité de la consommation d'électricité (dont la consommation n'est pas aisément imputable à un usage précis) et à la difficulté de décaler certains usages.

Les acteurs marchands opposent généralement à cette vision une seconde perspective, dans laquelle ils occuperaient eux-mêmes l'espace entre le marché et le consommateur : préservant des prix relativement stables pour ce dernier, ils supporteraient eux-mêmes les gains et les risques liés à l'adaptation de la consommation aux évolutions des prix de marché. En général, ces acteurs ne défendent donc pas le principe d'une tarification dynamique et se sont opposés au déploiement de l'ERL : « *Donc ça c'était assez bizarre comme sujet, l'ERL. Parce que c'était vraiment un truc imposé par l'Europe, et ça s'intégrait assez mal... Enfin, ça avait du mal à s'intégrer dans la stratégie d'EDF-Enedis* »[30]. Au contraire, ils insistent systématiquement sur la complexité des marchés électriques et l'absence d'expertise du consommateur – qui deviennent, pour eux, des éléments de langage centraux.

> « La simplicité c'est hyper important pour beaucoup beaucoup de clients. Et c'est normal. On ne peut pas être expert de sa consommation électrique et de tout ce qu'on paye dans son budget mensuel. Voilà, c'est un marché assez compliqué. La simplification est

[30] RE_4, ex-salariée Datanumia.

> importante pour un nombre de clients, c'est évident. Et la tarification dynamique n'est pas forcément le plus simple à expliquer, évidemment. » (RE_10, responsable R&D chez un fournisseur alternatif)

> « Nous notre point de vue, c'est de dire que les gens ne sont pas des experts de l'électricité. (...) Je considère que la tarification dynamique c'est 1) faire porter le risque marché à l'utilisateur final, c'est-à-dire lui demander de savoir exactement quand il doit consommer, et 2) s'il a bien compris ce risque-là, avoir un très très fort impact sur son confort. Donc nous, on ne fait pas du tout ça. On dit : laissez-vous nous faire confiance, on va gérer au mieux l'énergie pour vous. » (RE_5, responsable chez Voltalis)

> « Le but d'un fournisseur, c'est entre autres, de simplifier tout ça pour le client. Il ne faut pas que les clients deviennent des experts de ce marché qui le fait est, est très complexe. C'est pas le but. Le but, c'est que ton fournisseur d'énergie te simplifie tout ça et te fasse la meilleure offre possible. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

La prise en charge de l'activation des flexibilités par ces acteurs leur transfère naturellement l'essentiel des gains économiques. Et de même que le consommateur a besoin d'accéder à ses données pour moduler son comportement, l'accès aux données de consommation détaillées forme aussi un préalable au développement de ces activités marchandes. Dès les discussions au sein du groupe de travail, qui démarrent en 2005, ces données suscitent donc la convoitise des acteurs qui cherchent à se positionner sur ce marché.

> « Il y a plein de gens, et notamment moi je les ai rencontrés dans ce groupe de travail de la CRE – la Commission de Régulation de l'Energie, où je voyais tout un tas de gens issus de la data qui lorgnaient sur les données récoltées par Enedis, qui voulaient les récupérer et les valoriser. Et à coup sûr, ils étaient en capacité de les valoriser. (...) Pas mal d'opérateurs, Google et plein d'autres, des plus petits, ont plein d'idées sur la valorisation des données, mais n'y ont pas accès. Et je peux vous dire qu'ils lobbyent très fort pour y avoir accès. » (RE_3bis, administrateur Enedis)

> « En fait, ce qui était intéressant de voir quand j'étais chez Enedis, c'était de voir comment ils se questionnaient en permanence sur, comment est-ce qu'on se positionne dessus, est-ce qu'on ne se ferait pas dépasser là-dessus, comment est-ce qu'on garde la main aussi sur les données, comment les données sont transmises, que les choses continuent de passer par nous, avec l'idée que ça permet d'avoir de nouveaux services. » (RE_4, ex-salariée Datanumia)

Les choix de politique de protection des données ont de fait d'importantes conséquences sur la concurrence que se livrent ces acteurs. En France, la réglementation fait d'Enedis, l'opérateur responsable des compteurs, le dépositaire en première instance des données de consommation détaillées – seul un index général étant transmis mensuellement aux fournisseurs à des fins de facturation. Tous les acteurs souhaitant développer des activités marchandes basées sur le traitement de ces données doivent donc obtenir un accord explicite de la part de chaque consommateur : « *Mais ça, par contre, ça prend un temps fou et ça coûte énormément d'argent* »[31]. De la même manière que toute source de coûts important, l'obtention de ces accords joue alors le rôle de barrière à l'entrée de ces nouvelles activités : dénoncée par de nombreux acteurs du secteur qui revendiquent le

[31] RE_3bis, administrateur Enedis.

principe d'une transmission automatique des données en l'absence d'opposition explicite du consommateur, ces politiques protègent à l'inverse les marchés des acteurs qui ont réussi à développer un avantage stratégique dans la collecte des données des consommateurs.

> « La force de [notre entreprise de fourniture], pour moi en tout cas, elle est énormément dans la confiance avec ses clients. Pour entraîner les gens dans la transition énergétique. Pour qu'eux ils soient OK d'avoir des offres innovantes, qu'ils soient OK de partager leurs données par exemple. (...) Et là-dessus, [notre entreprise] s'est toujours démarquée en mettant réellement le client au cœur de tout. (...) En fait, un fournisseur qui aurait toutes ces solutions techniques, mais où les clients ne seraient pas OK de participer à tout ça, ils en feront rien. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

Encadré 4. La protection des données personnelles de consommation électrique

Les données de consommation électrique sont des données personnelles et font à ce titre l'objet d'une protection spécifique au titre du respect de la vie privée. En première instance, c'est le distributeur (Enedis ou le distributeur local) qui a accès aux données du compteur – par défaut, aux données de consommation quotidienne agrégées sur 24h ainsi qu'au pic de consommation quotidien, et sous réserve d'obtenir l'accord du consommateur, à des données plus fines au pas d'un quart d'heure. La transmission de ces données à des acteurs tiers suppose à son tour un accord explicite du consommateur. Par défaut, le distributeur transmet seulement les données mensuelles agrégées, nécessaires à la facturation du consommateur.

Dans le cadre du RGPD, la conservation des données personnelles est limitée à une période de deux ans. Au-delà, seuls doivent être conservés des agrégats qui ne permettent plus l'identification personnelle des consommateurs – et qui sortent ainsi du champ des données personnelles. Ces stocks de données, s'ils semblent importants par l'ampleur des informations saisies (la consommation électrique de 35 millions de foyers au pas d'un quart d'heure), représentent en réalité un volume mesuré. La question de leur stockage proprement dit ne pose pas de problèmes significatifs – au contraire de l'analyse de ces données (par exemple, utilisées dans des applications prédictives) qui, potentiellement, pourrait s'appuyer sur des solutions sophistiquées supposant une puissance de calcul importante.

> « [En termes de stockage,] ce n'était pas si pire que ça. C'est que des triplets : un identifiant client, un *timestamp* [horodatage, NDA] et la consommation. Donc trois entiers à chaque fois. (...) Fondamentalement, en stockage, je crois qu'il doit y avoir quelques tera[octets], pas plus. En termes de serveurs, ce n'est pas non plus rédhibitoire. Après, ça dépend ce qu'ils mettent derrière, comme système d'analyse. (...) Mais bon, en termes de comparaison, si tu prends les systèmes que j'ai vus avant, on était sur plusieurs péta[octets] à gérer pour moins d'un million par an. Donc, là, ils sont à quelques dizaines, quelques centaines de milliers d'euros par an, max, je pense. Pour redonder, un peu comme il font. [Mais] c'est une estimation au pif. » (RE_6, informaticien, ex-Enedis)

Quatre modèles économiques de valorisation des données

Prise en charge par des acteurs privés, la valorisation des données de consommation détaillées repose principalement sur quatre modèles économiques : l'amélioration de la

politique d'achat des fournisseurs, la revente de flexibilités sur les marchés de gros, le développement de services adressés aux consommateurs et la conception de solutions numériques en amont. Dans ces différentes configurations, les données sont exploitées pour leur capacité à identifier les usages, à améliorer les prévisions, à contrôler la réalisation des actions prescrites.

1. L'amélioration de la politique d'achat des fournisseurs.

Entre 2015 et 2017, le nombre de fournisseurs d'électricité sur le marché des particuliers a doublé pour se stabiliser à 26 fournisseurs en concurrence sur le marché français (Danieli, 2018). Ces fournisseurs s'approvisionnent sur les marchés de gros : pour l'essentiel via des contrats à terme, qui permettent d'anticiper les achats et d'en limiter les coûts, en partie sur le marché spot, où les prix varient tous les quarts d'heure en fonction de la tension entre l'offre et la demande. Les coûts d'approvisionnement du fournisseur varient donc sur de petites échelles de temps. Par contraste, la facturation du client est plus stable : malgré la possibilité d'introduire des offres « dynamiques », il est rare que les prix facturés au consommateur suivent le rythme et l'amplitude des mouvements boursiers. Dès lors, la rentabilité d'un fournisseur, de même que sa capacité à proposer des prix inférieurs à ceux de ses concurrents, dépendent crucialement de l'ajustement de sa politique d'achat : de sa capacité à lisser le pic de demande au moment où les prix de gros dépassent les prix de revente, à encourager les clients à consommer quand le prix de revente dépasse le prix d'achat, et surtout à être capable d'anticiper ces mouvements.

Dans ce contexte, les données du compteur peuvent être valorisées de deux manières. La plus triviale consiste à se servir des données détaillées pour prédire plus finement la consommation de ses clients – une anticipation hautement valorisable puisqu'elle permet de mieux anticiper les achats pour contourner les marchés spots. Une manière plus sophistiquée de se servir des données consiste à les utiliser pour inciter les consommateurs à abaisser leur consommation en pointe ou à l'augmenter en creux de courbe, sans pour autant les contraindre à basculer sur une tarification dynamique : « *La grande majorité des gens sont encore sur des tarifs base ou heures pleines/heures creuses. En vrai, si on ne s'intéresse pas à ça... pour moi, il y a plein de gens qu'on n'arrivera jamais à faire passer sur des tarifs dynamiques, parce que c'est trop compliqué* »[32]. Cela peut passer par un ajustement des tarifications, avec un travail sur l'architecture des offres : « *Se doter de plus de données, ça nous permet de faire des offres et de faire des services qui nous rapprochent de la production. Et donc qui nous rapprochent de la production des énergies renouvelables.* »[33]. Un opérateur britannique offrirait par exemple à ses consommateurs la recharge de leur véhicule électrique, sous réserve qu'elle soit réalisée à certaines heures de la journée. La gamification (introduction de mécanismes de jeu : défis, récompenses...) est également identifiée comme un levier potentiel pour influencer les comportements de la clientèle :

[32] RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif.
[33] RE_10, responsable R&D chez un fournisseur alternatif.

« Comment on va plus loin pour justement accompagner nos clients, les clients particuliers dans le « consommer mieux ». Et ça, ça passe par de la recommandation en fonction de notre connaissance du client, de son profil, de son comportement, de venir un petit peu aussi lui préconiser de faire certaines actions. Il y a eu aussi des challenges qui ont été mis en place pour essayer de mettre un peu de gamification pour que justement les gens soient impliqués par le fait qu'il faut mieux consommer. (...) Ils reçoivent des communications en leur disant qu'ils ont atteints, qu'ils ont dépassés... Potentiellement ils ont également peut-être la possibilité de se comparer. » (RE_8, salariée Datanumia)

Concevoir et mettre en œuvre ces incitations suppose d'accéder à des informations de consommation détaillées qui permettent à la fois d'anticiper les effets et de contrôler leur réalisation par les consommateurs. Elles nécessitent également de développer des applications numériques ergonomiques qui transfèrent des signaux aux consommateurs. Potentiellement, ces mêmes procédés pourraient aussi être utilisés pour segmenter les consommateurs en fonction de leur courbe de consommation – et distinguer ainsi des segments de consommateurs rentables de ceux qui le sont moins – pour éventuellement adapter les offres, voire réorienter la politique de recrutement des clients basé sur certains profils – avec des effets potentiellement discriminatoires.

Au moment du lancement du projet Linky, le gain pour les fournisseurs résultant d'un lissage des pics de demande et de l'adaptation de leur politique d'achat était estimé à 800 millions d'euros sur vingt ans (Cour des Comptes, 2024).

2. La revente de flexibilités.

Dans le secteur électrique, l'effacement de consommation consiste à couper certains usages pendant une période de temps déterminée. Jusqu'à présent, ces services étaient limités au champ des gros consommateurs industriels : au moment du passage d'une pointe de consommation, il peut être intéressant pour l'industriel de se faire rémunérer pour suspendre sa production et faciliter ainsi le passage de la pointe. Le déploiement des compteurs communicants et l'amélioration des services numériques ont permis d'étendre ces activités sur le réseau de distribution, au champ du tertiaire et des particuliers : concrètement, les opérateurs d'effacement sont désormais capables d'intervenir sur la consommation électrique domestique en prenant le contrôle du fonctionnement ou de la recharge de certains appareils. Par comparaison avec l'effacement industriel, cette extension abaisse considérablement le coût et augmente la souplesse et l'envergure de l'effacement de consommation.

« On n'a pas inventé un nouveau métier puisque les opérateurs d'effacement, c'était quelque chose qui existait déjà. Mais c'était plutôt dans la partie industrielle que ça existait : comment valoriser le fait qu'on arrête une usine pendant une heure, deux heures, quelques heures pour subvenir aux besoins du réseau quand il y a des pics de tension. (...) Donc les opérateurs d'effacement industriel, si je schématise, c'est : demain je peux arrêter mon usine, tu me paies combien pour l'arrêter, ok je mets les gens au chômage technique ? (...) Nous on est arrivés sur un autre domaine, et grâce à la digitalisation, qui était d'être opérateur d'effacement – on a dit au début « diffus », mais finalement [l'idée c'est que] c'est dans les bâtiments. » (RE_5, responsable chez Voltalis)

En dehors des fournisseurs qui proposent ce type de services, RTE référence actuellement onze opérateurs d'effacement[34]. Leur activité consiste à prendre le contrôle des appareils électriques de leurs clients, moyennant une rétribution financière ou un avantage en nature (fourniture gratuite d'équipements connectés, par exemple). Les coûts de ces opérateurs sont constitués par leurs activités de démarchage et la rétribution de l'effacement auprès des consommateurs. Leur capacité à agir sur la consommation de ces clients peut ensuite être valorisée comme une forme de « production négative », en substitution au démarrage d'une centrale. Comme la production d'une centrale, ces tranches de « consommation négatives » peuvent en effet être revendues sur les marchés spots au même prix qu'une production réelle d'électricité.

> « Avant, historiquement, on ne jouait que sur l'offre d'électricité. Mais maintenant, on joue aussi sur la demande, sur la consommation, et ça se valorise sur les marchés. Comme de dire : « je suis capable de produire plus », être capable de dire « je suis capable de faire consommer moins au système », ça se valorise. » (RE_1, ingénieur Enedis)

> « Finalement, il y a énormément de valeur, demain, à être capables de venir piloter cette consommation, pour pouvoir l'abaisser au meilleur moment pour le réseau. Je schématise toujours : c'est plutôt que de démarrer une centrale à charbon, être capable de baisser la consommation c'est bien, c'est moins cher, c'est moins polluant. Donc c'est ça l'idée d'un opérateur d'effacement : c'est de venir baisser les courbes de consommation, les courbes de charge, au meilleur moment pour le réseau électrique, pour ne pas démarrer une centrale à charbon, acheter de l'énergie en Allemagne qui a des centrales à gaz... (...) Notre idée, c'était de se dire : comment être aussi précis qu'une centrale à gaz, en venant piloter la consommation. (...) Nous c'est ce qu'on appelle une VPP ce qu'on a : une virtual power plant, avec une plateforme dans le cloud. » (RE_5, responsable chez Voltalis)

Les opérateurs d'effacement se rémunèrent via les marchés de gros ou directement via les appels d'offres de RTE (marché NEBEF) : « *RTE travaille actuellement à un plan de passage à l'échelle des flexibilités, avec l'ensemble des entreprises concernées, constituant ainsi une nouvelle filière industrielle dans laquelle la France peut se targuer de compter des champions de taille mondiale.* »[35] Sur les marchés comme auprès de l'opérateur de réseau, la revente de flexibilité s'effectue à des échelles plus fines que l'aplatissement global de la courbe de charge recherchée par les fournisseurs présentée au paragraphe précédent (dont elle est ainsi complémentaire) : ici, l'objectif est d'avoir une action efficace sur la consommation à l'échelle du quart d'heure.

Différents modèles d'affaires permettent de se positionner sur le marché des flexibilités. La manière la plus directe consiste à prendre le contrôle de la consommation. Théoriquement, le compteur Linky aurait dû intégrer cette fonctionnalité – mais le dispositif présente apparemment des limites : « *Si Linky permet bien l'activation d'un effacement diffus, certains acteurs regrettent un manque de réactivité du système au pas*

[34] Audition sur la thématique « Pilotage de la consommation » devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 15/05/2024.
[35] Audition de Yannick Jacquemart, directeur nouvelles flexibilités chez RTE, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 20/03/2024.

horaire. En effet, le délai entre la décision de procéder à l'effacement et la mise hors tension de certains équipements en aval des compteurs serait de six heures » (Cour des Comptes, 2024, p. 44). Certaines entreprises ont donc développé des moyens de contourner le compteur. Par exemple, une entreprise auprès de laquelle nous avons enquêté équipe directement les radiateurs électriques des entreprises et des particuliers avec un thermostat connecté, ce qui permet d'en prendre le contrôle à distance au moment d'un pic de consommation[36]. A l'avenir, la diffusion d'appareils connectés promet de limiter le besoin d'intervention directe chez les particuliers, tandis que l'effacement pourrait alors concerner un plus grand nombre d'appareils sans se limiter aux radiateurs.

> « Le principe est le même à chaque fois : on se connecte directement, via une API, en fait au fabricant de cet objet. Que ce soit un véhicule électrique, que ce soit un thermostat, que ce soit une pompe à chaleur, que ce soit une batterie... Tout ce qui consomme quoi. Et du coup, on va faire individuellement, on va se connecter en allant toquer à la porte de chaque fabricant, en leur demandant d'ouvrir justement leurs moyens de communiquer. Ça c'est un énorme sujet, l'interopérabilité. Pour pouvoir justement après piloter tout ça sans rajouter de hardware chez les clients. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

Ici, la relève des données à un niveau de granularité très fin (10 minutes) ouvre la voie à une meilleure identification des usages électriques, qui permet d'estimer la valeur potentielle de leur effacement. Cet enjeu prend aussi de plus en plus d'importance à mesure que ces activités, concentrées aujourd'hui sur le passage de la pointe de consommation, pourraient s'intéresser à la gestion des pointes d'injection : celles-ci ne supposent pas seulement le contrôle du flux d'électricité, comme pour un chauffage, mais le contrôle de capacités de stockage – qui imposent une vision plus fine de l'électroménager au sein du domicile.

> « Pour l'instant, on est sur [une relève au pas de] trente minutes, mais dans les années à venir – je crois que c'est déjà plus ou moins en place, puisque quand j'y étais, c'était vraiment en cours de déploiement – on est en train de relever au pas d'un quart d'heure. **Question.** – Et quel est l'intérêt d'avoir des intervalles si courts ? **Réponse.** – Après c'est justement, c'est si tu veux faire des interférences d'usage ou ce genre de chose, plus court c'est plus intéressant. » (RE_6, informaticien, ex-Enedis)

> « Je pense que d'ici 2028, notre métier va changer : il y aura une telle intégration des renouvelables que notre métier sera de répondre à des variations de production fortes, rapides, instantanées et non-prévisibles, liées à l'introduction très forte de solaire et d'éolien. Et là-dessus, il y aura à la fois des problématiques nationales : d'un coup, le vent s'arrête à 8h30, donc la production tombe instantanément sans que ce soit prévisible. Etre capable de venir répondre en baissant la consommation de manière aussi très rapide. Ça c'est l'équilibre national. Et puis il y a un niveau local : le vent souffle très fort sur des éoliennes qui ne sont pas branchées au réseau haute-tension mais au réseau basse-tension,

[36] En France, le chauffage électrique représenterait 30 à 90 GW de puissance, généralement appelée en pointe – chaque degré de moins en hiver provoquant un appel de puissance de 2,4GW supplémentaire : un effacement de cette consommation en pointe hivernale serait donc hautement valorisable à certaines périodes de l'année pour le système électrique.

> moyenne tension. Deux solutions : soit on surdimensionne la sous-station pour les quelques heures dans l'année où le vent souffle très fort et donc on ne veut pas couper les éoliennes parce que le vent c'est quand même gratuit. Soit on a la capacité de garder la même sous-station mais d'ingérer ce surplus d'électricité dans des solutions de stockage, type des véhicules électriques qu'on charge à ce moment-là, type des ballons d'eau chaude qu'on démarre à ce moment-là... (...) Aujourd'hui, il n'y pas vraiment de marché, c'est expérimental. Mais le jour où il y aura un business model, on sera capable de faire ça. De gérer en temps réel et dans les deux sens. Nous on est vraiment, on veut vraiment se positionner comme les experts de la data énergétique et des besoins en temps réel du réseau électrique. » (RE_5, responsable chez Voltalis)

Une meilleure absorption des pointes d'injection répondrait alors à la fois aux enjeux soulevés par l'apparition de tarifs négatifs à échelle nationale, et aux nouveaux enjeux de morphologie du réseau liés à la coïncidence offre-demande à échelle locale.

Les opérateurs d'effacement qui contrôlent directement la consommation des appareils sont capables de s'engager sur des volumes précis de « production négative » sans avoir nécessairement besoin d'un accès à des données détaillées. En assurant l'agrégation de l'effacement et en trouvant des manières originales de rétribuer le consommateur, ils permettent également de surmonter une des limites de l'effacement diffus dans le cadre des offres de fourniture classique : le fait que l'intérêt financier individuel du consommateur reste faible.

Cependant, même si leur intervention est plus indirecte, rien n'empêche un fournisseur de développer des capacités d'effacement sur la base d'incitations tarifaires adressées à leur clientèle et intégrées à leur offre de fourniture classique. L'engagement sur un niveau de puissance permet également au fournisseur de participer aux appels d'offres de RTE. Comme l'explique une salariée de fournisseur alternatif ayant développé ce genre de services : « *nous, on est rémunérés pour ça, via les efforts que font nos clients* »[37]. L'offre Tempo, commercialisée par EDF depuis 1992, représente le canon historique de ce genre d'offre : en contrepartie d'une électricité moins chère à l'année, le consommateur doit s'effacer pendant 22 jours de pics hivernaux au signal de son fournisseur, sous peine de payer un prix très élevé. Le compteur communicant permet de sophistiquer davantage ces offres. C'est le cas d'un fournisseur auprès duquel nous avons enquêté, qui propose des campagnes ponctuelles au moment du passage des pics hivernaux. Ces campagnes visent à inciter les consommateurs, sur la base d'un signal précis que leur adresse le fournisseur, à s'effacer volontairement en échange d'une contrepartie financière (type *cashback*). La mobilisation de la base de clients étant toutefois moins directe que la prise de contrôle sur les appareils domestiques, le fournisseur doit être en mesure de réaliser des anticipations précises pour pouvoir répondre à l'appel d'offre de l'opérateur de transport. Les données de consommation détaillées sont à ce titre indispensables, aussi bien pour anticiper la puissance dégagée, que pour contrôler l'effacement et récompenser les consommateurs. Elles sont traitées par des algorithmes dont les prévisions s'améliorent par répétition, campagne après campagne, mais aussi avec l'extension de la base de consommateurs concernés. Par

[37] RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif.

conséquent, les fournisseurs les plus petits, comme ceux qui peinent à obtenir l'accord des consommateurs pour l'accès à la courbe de charge détaillée, font face à des difficultés supplémentaires, voire se retrouvent exclus du développement de ces activités où l'accès aux données détaillées de consommation joue un rôle central.

> « **Question. –** Comment tu fais pour t'engager sur un niveau d'effacement, et dire, voilà, nous, on va avoir tant de consommation en moins pour RTE ? **Réponse.** – Tu fais des études. [*rires*] (...) En fait, ce qu'on se rend compte, c'est qu'effectivement c'est un peu moins prévisible que si tu as directement la main dessus. (...) Et globalement en fait, là tu vas très vite arriver sur la loi des grands nombres. Quand tu as plein de clients en fait, qui participent, très vite tu arrives effectivement à faire des estimations, potentiellement de mieux en mieux... Nous, c'est encore des trucs sur lequel on append. Je pense que tu peux apprendre ad vitam aeternam et le nombre d'études que tu peux faire là-dessus sont passionnantes. Mais en fait, si tu as assez de gens, et que tu connais un peu bien ta base client, tu peux faire des estimations qui ne sont pas si déconnantes que ça. (...) Et en fait, quand ta base clients change, ça change... Nous par exemple, notre base client a fait fois trois cette année, forcément, il y a des choses où on va devoir apprendre, il y a des chiffres qui du coup ne sont plus forcément bons. Donc il y a des risques, clairement, qu'on prend et qu'on est prêts à prendre. Notamment, en outre, parce qu'on fait partie d'un grand groupe. (...) Mais là en fait justement, on parie sur le fait qu'énormément de valeur vient du fait d'engager tes clients. Donc si la première, deuxième année, tu te trompes un peu, tu te prends des pénalités, tu es un peu en négatif sur certaines choses, c'est OK parce qu'en fait, tu es en train de créer une valeur qui a énormément de prix sur un peu plus de long-terme. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

RTE retient actuellement trois fournisseurs sur l'appel d'offre effacement. Ces offres concerneraient 1,1 millions de clients en 2024, dont 700 000 sont encore sous le format Tempo – moins sophistiqué, et qui précédait le compteur Linky (Cour des Comptes, 2024).

Ajoutons à ce point sur les flexibilités que le compteur Linky offre une autre fonctionnalité importante pour le passage des pointes de consommation hivernales : la possibilité de limiter temporairement la puissance des compteurs des particuliers. Ce dispositif pourrait être activé par l'opérateur de réseau au passage de pointes hivernales particulièrement critiques – offrant ainsi de nouvelles marges de manœuvre au système électrique. Gérée hors du cadre marchand, cette fonctionnalité est à l'origine de gains économiques qui ne se matérialiseraient pas dans la « valeur ajoutée » de telle ou telle entreprise, mais dans la baisse des coûts de dimensionnement du parc de production et comme alternative au délestage programmé complet – avec des bénéfices pour le système électrique dans son ensemble.

3. Les services adressés aux particuliers.

Au-delà de l'intervention sur les marchés de l'énergie, via l'amélioration de la politique d'achat ou la revente de flexibilités, le traitement des données peut être valorisé directement auprès du consommateur, via le développement de différents services liés à la gestion de sa consommation. Pour qu'un marché existe, il est nécessaire que les solutions proposées génèrent pour leurs clients des économies supérieures à leur coût.

Aussi, parmi les consommateurs, les industriels représentent de loin le marché le plus solvable : ici, l'accès à des données détaillées sur les flux d'énergie permet d'optimiser les procès industriels et de réduire la consommation d'énergie, donc les coûts de production, des entreprises, avec des bénéfices économiques immédiatement sensibles. Faute de compétences en interne, les entreprises sous-traitent généralement ce versant d'activité à des entreprises spécialisées, comme la filiale d'EDF Datanumia : « *C'est un vrai métier et c'est justement pourquoi, en fait, cela a plu. Les clients [industriels] sous-traitent cette partie [à] quelqu'un qui exploite les données, qui peut prendre du temps et qui a la compétence pour le faire, pour optimiser les consos.* »[38]

Du côté des particuliers, l'existence d'un tel marché ne va pas de soi. Les applications qui permettent de visualiser sa propre courbe de charge (en l'enrichissant de fonctionnalités : traduction en indices de prix, comparaison avec des ménages similaires ...), initialement destinées à faire l'objet d'un commerce, sont désormais considérés comme un service standard dont l'accès est généralement offert au consommateur – mais qui représentent aussi un moyen pour les fournisseurs d'obtenir l'accord pour accéder aux données de consommation détaillées. Cependant les acteurs du secteur identifient un potentiel marchand à mesure de l'émergence d'une clientèle équipée de capacités de production domestiques et éventuellement d'un véhicule électrique – clientèle pour laquelle les bénéfices économiques du contrôle de la consommation, et donc la propension à acheter des solutions de gestion, sont plus évidents. Le développement d'une plateforme centralisant les données de production et de consommation électrique du foyer, les données de marché, et capable de communiquer avec les appareils connectés pourrait permettre de proposer des solutions de pilotage, permettant à un ménage de tirer le meilleur parti d'une offre de tarification dynamique. Par comparaison avec l'activité des opérateurs d'effacement, présentées dans la section précédente, ce ne sont pas les flexibilités elles-mêmes qui font ici l'objet d'un commerce, mais les solutions proposées aux particuliers – l'activité étant potentiellement complémentaire de celle des opérateurs qui cherchent, eux aussi, à développer des plateformes de pilotage des appareils domestiques.

> « Ce sont de nouveaux services (...), de nouveaux trucs à vendre. On vous vend des objets connectés, on vous vend une appli sur laquelle vous pouvez suivre toute votre consommation en temps réel, on vous vend le fait de pouvoir allumer votre chauffage trente minutes avant que vous arriviez chez vous, on vous vend le fait de pouvoir programmer le moment où votre voiture électrique va charger. » (RE_4, ex-salariée Datanumia)

> « C'est toute la notion de répartition par usage où justement, au regard de la consommation, on va être dans la capacité d'estimer quel est le poids de tel ou tel usage : le chauffage, la clim, tout ce qui est TV etc., l'électroménager... On a aujourd'hui, à date, certains partenaires sur lesquels on peut s'interfacer. Typiquement vous avez un thermostat connecté Net-atmo chez vous qui vous permet de piloter votre chaudière : on a la capacité de s'interfacer avec le thermostat permettant ainsi de visualiser notamment la température ambiante sur notre portail. Aujourd'hui, on s'arrête là. C'est-à-dire que ce n'est pas en

[38] RE_8, salariée Datanumia.

fonction des données du thermostat qu'on va potentiellement agir sur l'équipement, on ne fait pas de pilotage. » (RE_8, salariée Datanumia)

4. Une remontée en amont : l'édition de solutions pour les professionnels de la filière.

Tous les modèles de valorisation évoqués plus haut reposent sur une infrastructure technique, composée par des algorithmes, des logiciels, des applications. Leur édition suppose des coûts de développement importants mais des coûts de reproduction quasi-nuls. Une telle structure de coûts encourage la spécialisation de certains acteurs, qui internalisent les coûts de développement et les amortissent en commercialisant leur solution auprès d'autres acteurs. La complexité des marchés de l'électricité et les contraintes qui limitent l'accès aux données détaillées de consommation semblent toutefois imposer, aux concepteurs de ces solutions, de développer une activité de fourniture classique préalablement au développement des solutions techniques. Cela avantage les acteurs natifs du secteur électrique et encourage les acteurs extérieurs à acquérir une expertise dans la fourniture préalablement à la conquête de ces nouveaux marchés.

« Au UK [Royaume-Uni] quand ils ont commencé, ils se sont rendus compte que justement, toutes les plateformes SI qu'utilisaient les fournisseurs n'étaient vraiment pas optimales. Et ils ont commencé en fait plutôt là-dessus. Ils se sont dit : on va disrupter ce secteur via ce côté technologique. C'est ça qu'ils ont essayé de faire de base. Et ils s'étaient dit, tant qu'à faire, on veut aussi directement un terrain de jeu pour pouvoir tester tout ça. Donc ils ont aussi ouvert un fournisseur d'énergie. Et en fait, c'est là qu'ils ont commencé. Et maintenant, leur plateforme au UK est utilisée par plus de 50% du marché. C'est la vente du coup en marque blanche. (...) Si tu ne fais que la partie technique sans mettre les mains vraiment dans l'opérationnel, dans le métier du fournisseur énergie, je ne pense pas que tu peux faire quelque chose d'adapté. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

« On ne développe pas une application front du jour au lendemain sans avoir déjà de connaissances du milieu de l'énergie. » (RE_8, salariée Datanumia)

Certaines entreprises du secteur se spécialisent donc en amont, dans l'édition de solutions qu'elles commercialisent ensuite auprès des autres acteurs du secteur – qui sont parfois leurs propres concurrents[39]. EDF s'est ainsi dotée d'une filiale spécialisée dans le développement d'applications, Datanumia, dont un des objectifs est par exemple de produire une application standardisée de visualisation de la consommation, commercialisable auprès d'autres distributeurs. Le groupe Octopus – à l'origine, un fonds d'investissement qui a racheté des acteurs de l'électricité – apparaît également comme un acteur important sur le marché des solutions numériques, qu'il utilise en interne pour ses activités de fourniture mais revend surtout à ses concurrents : le groupe, avec une clientèle de 8 millions de compteurs dans le monde, commercialiserait sa plateforme technologique auprès de fournisseurs représentant, au

[39] Par exemple, construire une application standardisée pour la visualisation de données de consommation par les consommateurs ; construire des solutions de pilotage ; solutions de facturation, etc.

total, 50 millions de compteurs[40]. L'existence d'un tel mouvement de repositionnement vers l'amont atteste en tous cas de l'affirmation d'une « économie de la donnée » propre au secteur, recelant suffisamment de valeur pour permettre la valorisation du développement des solutions de traitement des données.

Dans les quatre modèles que nous venons de présenter, la valorisation des données s'exprime sur des marchés différents : marchés de gros, marché des flexibilités animé par le gestionnaire d'équilibre, marché des consommateurs, marché des fournisseurs d'électricité. Mais elle dépend du même ressort : la gestion de la consommation – et permet d'adresser les enjeux soulevés par la transformation des systèmes électriques : morphologie des réseaux, gestion des flexibilités, contrôle de la volatilité des prix.

Notons que sur l'ensemble de ces nouveaux marchés, la qualité des solutions proposées augmente avec la quantité des données collectées – notamment en termes de justesse des prévisions. L'accès à une base élargie de clients n'est donc pas seulement valorisable en elle-même mais aussi pour l'amélioration des services commercialisées – un trait caractéristique des modèles économiques basés sur la donnée, qui encourage des formes de concurrence centrées sur l'accès à une grande masse de consommateurs. **Dès lors, l'activité se joue dans une certaine mesure à fronts renversés : la fourniture d'électricité devient un versant de l'activité, nécessaire dans la mesure où il offre les données qui permettent de développer les solutions qui forment la véritable source de valeur pour l'entreprise.** Ceci est vrai pour les fournisseurs qui se positionnent désormais sur la revente de flexibilités, la commercialisation d'applications auprès de leur clientèle ou tirent de l'amélioration de leur politique d'achat une source de gains essentielle, comme pour les acteurs qui se positionnent en amont sur l'édition des solutions techniques, revendues à leurs concurrents.

> « Tu as énormément de personnes qui diraient qu'un fournisseur d'énergie n'aurait aucun intérêt justement à pousser ses clients à consommer moins. Nous, on s'est en fait toujours positionnés à l'inverse, dès notre début. (...) Énormément de valeur que tu peux rajouter en tant que fournisseur d'énergie vient en grande partie de la flexibilité que tu peux valoriser, et en grande partie aussi des services que tu peux apporter. » (RE_11, responsable flexibilités chez un fournisseur alternatif)

Encadré 5. La politique d'open data d'Enedis

Outre les usages marchands que nous venons de citer, les données collectées par les compteurs permettent aussi d'accompagner les transformations de la morphologie des réseaux évoquées plus haut. Elles constituent à ce titre une source de valeur additionnelle pour le système électrique. En premier lieu, bien sûr, le compteur communicant permet un comptage « bidirectionnel » de l'électricité (comptabilité unique des flux d'électricité entrants et sortants) qui n'a rien d'accessoire, puisqu'il diminue les coûts de raccordement des capacités de production renouvelables chez les particuliers, et encourage leur développement. En second lieu, les données produites par le compteur permettent d'identifier les décalages entre offre et demande à une échelle géographique très fine et pour des périodes de temps précises : elles

[40] Audition de Vincent Maillard, président d'Octopus Energy, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 15/05/2024.

permettent alors d'estimer les coûts de raccordement de nouvelles unités de production au réseau, la rentabilité potentielle des installations, et de limiter les investissements dans de nouvelles connexions ou les coûts de refoulement de l'électricité produite sur le réseau haute tension. « *Nous effectuons un énorme travail de mise à disposition d'applications digitales et de données exposées qui donnent aux collectivités locales la bonne visualisation des endroits où il reste de la place sur le réseau, avec une estimation des coûts et des délais associés. (...) Il est de notre devoir de mettre à disposition des informations techniques complètes auprès des décideurs techniques locaux afin de les aider à prioriser, mieux anticiper et donc réduire les coûts pour le système électrique et la collectivité.* »[41] Autrement dit, la disponibilité des données publiques apparaît ici essentielle pour limiter les coûts liés au développement de projets d'installation de nouvelles capacités comme à la planification de l'architecture du réseau. L'Observatoire français de la transition écologique et l'outil Explore d'Enedis open data mettent à disposition les jeux de données de l'entreprise. Près de trois collectivités sur quatre disposeraient ainsi d'un espace dans le Portail collectivité d'Enedis (Enedis, 2025).

L'objet manquant du processus de libéralisation

Historiquement, les monopoles publics formaient le mode de gestion le plus adapté à un parc de production essentiellement composé de capacités centralisées, à rotation lente et délivrant de fortes économies d'échelle : ces monopoles étaient capables de gérer les contraintes techniques du système électrique via un relatif surdimensionnement du parc. Les centrales redondantes « *ont permis à EDF d'avoir une continuité de service parmi les plus performantes du monde, les interruptions ne provenant plus que de l'impact de problèmes climatiques sur les lignes de transport (neige, orages, tempêtes)* » (Darmois, 2004, p. 115). Mais les transformations simultanées du fonctionnement du marché et de la base physique de la production ont rendu caduc ce mode de gestion des contraintes par les surcapacités. L'intermittence de la production et la hausse attendue des appels de puissance en pointe auraient dû renforcer le dimensionnement du parc, avec à la clé une augmentation des coûts, tandis que « *le fonctionnement du marché – la concurrence et la pression sur les prix – n'incite pas à la surcapacité* »[42]. Pour l'heure, aucune autre modalité efficace de gestion des contraintes ne s'était cependant substituée au mode de gestion initial – expliquant, dans une large mesure, le caractère largement dysfonctionnel du processus de libéralisation au cours des dernières années (manque d'investissements, volatilité des prix, empilement des mécanismes de marché, intervention publique allant jusqu'à la mise en place d'un coûteux bouclier tarifaire, etc.).

Les activités de gestion des flexibilités, basées sur l'exploitation des données, la digitalisation du réseau et des usages électriques, fournissent l'objet manquant de ce processus : des modalités de gestion des contraintes du système électrique prises en charge par des acteurs privés sur la base de mécanismes de marché. **De fait, la gestion des flexibilités tire précisément sa valeur de la tension sur les capacités de production – donc de l'absence de**

[41] Audition de Marianne Laigneau, présidente du directoire d'Enedis, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 14/02/2024.

[42] Audition de Pierre Gardonneix, PDG d'EDF entre 2004 et 2009 et président d'honneur de EDF, devant la Commission d'enquête parlementaire visant à établir les raisons de la perte de souveraineté et d'indépendance énergétique de la France, 08/12/2022 [compte-rendu n°16].

surcapacités. Les acteurs des flexibilités peuvent alors se substituer aux centrales marginales comme variable d'ajustement du système – et sont, de fait, de plus en plus sollicités (Percebois, 2019).

> « Ces offres d'effacement, leur intérêt, leur pertinence économique elle dépend du prix de l'électricité en fait. Parce qu'elle est totalement corrélée à l'équivalent qu'il aurait fallu mettre en œuvre en termes de production : la valeur d'un MWh qu'on économise, c'est exactement à comparer à une production supplémentaire d'un MWh. C'est la même chose. Et donc, quand le MWh n'est pas cher, c'est qu'on a des capacités de production devant nous qui, quelque part, réduisent la valeur de l'effacement. » (RE_3, administrateur Enedis)

> « Notre vision, c'est qu'il y a une hausse structurelle des coûts de l'électricité (...) [parce]qu'il va y avoir une augmentation de la consommation électrique. Même si les gens vont peut-être avoir de la sobriété, on va avoir une augmentation de la consommation au global. Avec beaucoup plus de variabilité dans la production, parce qu'on a du solaire et de l'éolien. Donc on va avoir, structurellement, des prix qui augmentent, mais surtout des variations de prix qui vont être plus fortes. Avec des pics très élevés, et des heures parfois qui seront à prix négatif, à prix nul. Et comme nous, on vient jouer sur les moments de pics de consommation, donc de pic de prix – les deux sont liés – et bien on a un business qui est assez pérenne dans ce cadre-là. » (RE_5, responsable chez Voltalis)

En répondant à ces enjeux, ces acteurs limitent l'accroissement des coûts et génèrent un bénéfice pour le système électrique dans son ensemble. Les profits de ces nouveaux acteurs trouvent leur contrepartie dans les coûts évités pour le système électrique : ils rémunèrent la conception de solutions améliorant l'efficacité économique globale du système électrique.

Conclusion

Les technologies de comptage communicant jouent un rôle important dans la transformation des complexes productifs. Mais les compteurs ne se contentent pas d'être de simples dispositifs techniques : en soutenant l'émergence de nouvelles activités, de nouveaux acteurs privés, d'une nouvelle structure des tarifs, ils approfondissent la libéralisation des secteurs avec des effets sur les travailleurs et, plus largement, sur les consommateurs. Les impacts sociaux sont alors au moins autant liés aux dimensions techniques qu'à ces transformations de nature organisationnelle.

Du côté de l'offre, le déploiement des compteurs a directement transformé le travail, en particulier en automatisant celui des professionnels de relève. Si cette évolution elle-même n'a rien d'indolore, les transformations organisationnelles en redoublent les conséquences. Avec la séparation des activités de production et de distribution, les techniciens ont perdu le rôle de vitrine de l'entreprise qu'ils jouaient au sein de l'organisation intégrée : financée par le TURPE, Enedis n'a plus d'enjeu économique à soigner son contact avec les usagers. Cette situation, qui a pu faciliter la décision d'externaliser la relève plusieurs années avant le déploiement des compteurs, peut légitimement faire naître des craintes quant à l'extension du champ de la sous-traitance à d'autres activités en contact avec la clientèle et devenues moins cruciales pour l'entreprise. La dégradation du travail arrive ainsi par la

sous-traitance, aussi bien au sein d'Enedis où elle affaiblit la communauté de travail et contribue à une perte de confiance entre catégories de personnels, qu'au niveau des salariés de ces entreprises sur lesquels sont transférés les coûts sociaux de la transformation des métiers et qui échappent au statut protecteur des Industries Électriques et Gazières. **Du reste, les salariés des entreprises positionnées sur les nouvelles activités que le compteur contribue à faire émerger (opérateurs d'effacement, fournisseurs alternatifs) échappent eux aussi au statut de la branche. Le contrôle de la trajectoire de sous-traitance et la préservation du statut malgré ces recompositions appellent ainsi une vigilance syndicale particulière.**

Du côté de la demande, ces évolutions s'accompagnent aussi de conséquences pour les consommateurs, qui tiennent là aussi aux modalités de réorganisation du secteur. Le développement d'un écosystème des flexibilités est en effet étroitement dépendant de la vitesse et de l'ampleur des transformations du système électrique, non seulement en termes d'infrastructures physiques (hausse de la part des renouvelables, baisse de la part des capacités de production pilotables), mais aussi en matière d'architecture réglementaire – et notamment de structure des tarifs. Alors que les activités de flexibilité étaient supposées être au cœur des gains économiques liées au compteur communicant, la Cour des Comptes a récemment alerté sur le fait que le panel de services actuellement proposés reste bien inférieur aux anticipations – le dispositif de comptage communicant étant en fait sous-exploité par les acteurs marchands :

> « Très peu de fournisseurs utilisent les fonctionnalités innovantes de Linky comme les 10 index disponibles pour les fournisseurs (...) ou la fonctionnalité de pointe mobile qui permet d'envoyer des signaux tarifaires beaucoup plus fins que les classiques HP/HC [heures pleines/heures creuses] et potentiellement beaucoup plus proches du temps réel » (Cour des Comptes, 2024, p. 48).

Parmi les causes de ce retard figurent encore l'importante part d'énergie pilotable disponible sur le réseau français, qui réduit la valeur de l'effacement et des flexibilités, mais aussi l'existence d'offres à prix fixes et stables, offrant sécurité et prévisibilité, très attractives pour les consommateurs[43]. Notre étude montre que les acteurs du secteur des flexibilités sont capables de développer des modèles économiques adhérents à un écosystème dominé par les tarifs réglementés. Le régulateur n'en identifie pas moins ces tarifs comme une limite à l'évolution des marchés de détail de l'électricité. Leur extinction, déjà réalisée pour les entreprises et les collectivités, est désormais envisagée pour les particuliers. Etant plus aisée à transformer à court-terme que la composition du mix électrique, elle pourrait constituer une étape importante du développement de ces nouveaux marchés – faisant reposer davantage la responsabilité de la transition sur les ménages.

> « Les tarifs réglementés de vente des clients résidentiels n'ont pas évolué dans leur forme depuis trente ans. Cette situation pouvait convenir tant que le système électrique ne changeait pas dans ses fondamentaux, ni dans sa physique, soit jusqu'en 2015. Néanmoins,

[43] « Les nouveaux services apportés aux consommateurs par les fournisseurs restent décevants, les offres commerciales innovantes se heurtant à la préférence des consommateurs pour des prix fixes ou prévisibles comme le sont les tarifs réglementés. » (Cour des Comptes 2024, p.6)

aujourd'hui que la transition énergétique est largement engagée, la situation évolue et les tarifs doivent changer. »[44]

La menace de dérégulation des tarifs représenterait le coût social le plus important de la transformation du système électrique, d'autant plus qu'on sait ces coûts inégalement répartis entre les ménages. D'un côté, ceux qui disposent de capacités de production domestiques (souvent liées à la propriété du logement et à un taux d'épargne élevé) et d'un véhicule électrique (qui pour l'instant suppose l'accès au marché du neuf) se trouveront en mesure de tirer le meilleur parti de la transition énergétique : en diminuant leur dépendance aux combustibles fossiles, en consommant en priorité une électricité autoproduite qui évite le péage des réseaux, en étant éventuellement capables de réinjecter l'électricité sur le réseau et d'en tirer un revenu. D'un autre côté, les ménages non-propriétaires de leurs logements, non équipés de véhicule électrique, dont les usages de l'électricité sont aussi les plus contraints et les moins flexibles : ceux-ci restent dépendants d'une électricité acheminée par les réseaux, dont le prix moyen s'accroît tendanciellement sous le triple effet de la transformation des capacités de production, des coûts accrus de gestion des réseaux électriques et de l'approfondissement de la libéralisation des marchés de l'électricité. L'existence de mouvements d'opposition au déploiement des compteurs communicants, à l'implantation d'éoliennes, un certain scepticisme vis-à-vis des politiques d'électrification du parc de véhicules – qui ont fini par prendre une certaine place dans le débat public – témoignent des préoccupations importantes vis-à-vis des coûts sociaux réels de la « transition verte » et de la contestation systématique de ses effets inégalitaires. **En parallèle de mesures de soutien à l'équipement et de lutte contre la précarité énergétique, protéger les ménages précaires des coûts sociaux de la transition paraît absolument essentiel – autour de la revendication de l'accès à un prix stable, clair, prévisible et égal pour tous sur le territoire à une marchandise essentielle : l'électricité.**

[44] Audition de Yannick Jacquemart, directeur nouvelles flexibilités chez RTE, devant la Commission d'enquête sénatoriale portant sur la production, la consommation et le prix de l'électricité aux horizons 2035 et 2050, 20/03/2024.

LA MISE EN DONNÉES DU PARCOURS D'ACHAT DANS LA GRANDE DISTRIBUTION

Introduction. Présentation économique du secteur

L'activité de la grande distribution peut être décrite comme *une économie de flux*. Elle repose d'abord sur un mode d'engagement particulier du capital, qui prend essentiellement la forme de stocks de marchandises et de rémunérations du personnel – autrement dit, de capital circulant. Elle s'adresse ensuite à un marché où la demande est sensible au prix : une baisse des prix entraîne généralement une augmentation des volumes vendus. Enfin, les délais de paiement des fournisseurs dépassent généralement la durée de rotation de leurs marchandises : les marchandises sont acquises puis vendues parfois plusieurs semaines avant que le fournisseur ne soit effectivement payé, générant une ressource en trésorerie gratuite et alternative au crédit bancaire. Cette ressource, d'autant plus importante que la rotation des stocks est rapide, est cruciale pour le développement des entreprises de la grande distribution (Benquet & Durand, 2016).

Lorsqu'elles sont combinées, ces trois caractéristiques donnent lieu à un mode spécifique de formation des profits. Dans la plupart des secteurs d'activité en effet, la rentabilité dépend principalement de la marge dégagée sur la vente de chaque marchandise. Mais dans la grande distribution, la principale source de rentabilité est la vitesse de rotation des marchandises : un capital investi en début d'année rapporte un profit autant de fois qu'il effectue de rotations – c'est-à-dire autant de fois qu'il achète des marchandises aussitôt revendues. Admettons que les marchandises achetées par le capital de départ soient achetées puis vendues cinq fois dans l'année avec une marge de 2% : la marge annuelle sur le capital de départ sera en fait de près de 10,5 %. Par conséquent, dans ces secteurs qui comportent peu de capital fixe et où la rotation du capital est rapide, on ne peut avoir une idée de la rentabilité du capital qu'en rapportant les profits, non pas au chiffre d'affaires annuel, mais seulement au capital effectivement immobilisé dans les opérations courantes (masse salariale, marchandises en stocks, amortissements – cf graphique ci-dessous). **Dans ce modèle, paradoxalement, les profits des distributeurs sont alors déterminés par leur capacité à proposer des *prix bas* qui garantissent le *débit rapide* des marchandises** : c'est l'origine du principe du *discompte*, qui consiste à vendre les marchandises bon marché pour les écouler plus rapidement et en plus grand volume – en rupture avec les pratiques du commerce traditionnel, « acheter bon marché, vendre cher ». Ces principes sont à l'origine du modèle économique propre à la grande distribution (Moati, 2001).

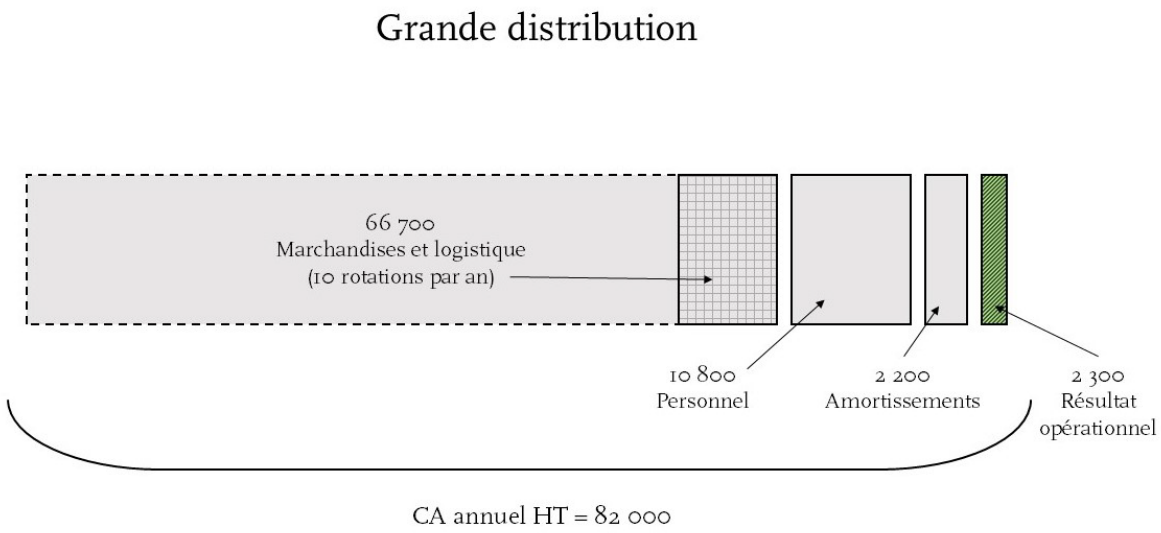


Figure 5. Structure économique indicative d'une entreprise de la grande distribution. Le résultat opérationnel (en vert) est relativement faible lorsqu'on le rapporte aux ventes réalisées dans l'année : moins de 3%. Il est en revanche supérieur à 10% si l'on considère uniquement les marchandises en stock (représentées par le rectangle quadrillé). Ce graphique a été construit sur la base des données publiées par Carrefour (2022), simplifiées et arrondies dans l'objectif est de donner une idée de la structure économique d'une entreprise de grande distribution.

Cette organisation économique a trois conséquences importantes pour aborder les enjeux de la digitalisation des entreprises de grande distribution.

1. **La principale priorité opérationnelle est l'accélération de la rotation de l'actif,** ce qui passe par la réduction des stocks, l'accélération de l'écoulement des marchandises et la diminution des prix de vente – leviers qui constituent les principales sources de profitabilité dans la grande distribution.

2. **La grande distribution est averse à l'immobilisation des ressources, même pour soutenir le développement des entreprises, car la rentabilité dépend principalement de la rotation du capital.** Les profits limités du secteur (à l'échelle du chiffre d'affaires) limitent en outre les ressources disponibles pour le réinvestissement. Au moment de la croissance initiale de la grande distribution, les avances de trésorerie de la part des fournisseurs ont permis de financer les investissements physiques, notamment la construction du parc de magasins (Moati, 2001) ; mais un tel mouvement est difficile à reproduire dans un contexte où les perspectives de croissance sont devenues limitées sur le marché national.

3. **La pression exercée sur les fournisseurs constitue un pilier central de l'économie de la grande distribution.** Elle vise simultanément à réduire les prix d'achat (pour offrir des prix de vente plus attractifs), allonger les délais de paiement (augmentant ainsi la liquidité des enseignes) et générer des "marges

> arrière", qui représentent une source de profits secondaire pour le secteur (Moati, 2001). Ces marges arrière prennent la forme de compensations financières versées par les industriels aux distributeurs, en échange de services commerciaux – parfois plus ou moins fictifs – tels que la mise en avant des produits ou la promotion des articles. Au début des années 2000, ces marges représentaient entre 25 % et 45 % du prix de vente des produits (Benoît & Besson-Moreau, 2019)[45].

Dans l'ensemble, **ces caractéristiques dressent le tableau d'un secteur qui dégage des ressources limitées pour alimenter ses investissements et dont la rentabilité dépend du renouvellement, le plus rapide possible, du flux des marchandises qui le traverse.** Quel peut-être le rôle des données dans un tel modèle économique ? C'est bien, en effet, la réponse à cette question qui détermine la valeur potentielle des données pour le secteur.

La valorisation des données, en particulier des données collectées sur les consommateurs qui font l'objet de ce travail, souffre en fait de deux grandes limites dans la grande distribution. La première a trait à l'intérêt limité de l'exploitation des données dans ce contexte commercial. Le principal cas d'usage des données collectées sur la clientèle consiste en effet à identifier le besoin précis du consommateur. Si dans le e-commerce, régi par le principe de la « longue traîne », la capacité à répondre au besoin précis du consommateur forme un levier essentiel de valorisation, il en va autrement dans la grande distribution régie par le principe du discompte, où la rentabilité augmente avec la massification des achats auprès des fournisseurs et avec une certaine standardisation de l'offre. Quelles que soient les tendances à davantage de personnalisation qui travaillent la grande distribution, l'identification précise du consommateur et la personnalisation du marketing recèlent une valeur bien plus limitée dans la grande distribution, et sont même par certains aspects contradictoires avec le modèle économique dominant du secteur. **Pour les convertir en source de gains économiques, l'exploitation des données doit reposer sur des modes de valorisation cohérents avec les caractéristiques du secteur.**

Une seconde limite tient aux coûts de l'exploitation des données. Ces coûts, en effet, ne sont jamais nuls – et jusqu'à une période récente, le coût des capacités de calcul nécessaires pour un traitement de la donnée à une granularité élevée restait prohibitif pour les entreprises de grande distribution. L'engagement de plans de digitalisation suppose en outre des investissements fixes, une capacité d'anticipation et de projection dans le temps, qui font défaut à la grande distribution où l'impératif de *rotation de l'actif* encourage une culture court-termiste et décourage les investissements fixes au sein des entreprises.

[45] Cette pression explique aussi le rôle macroéconomique, déflationniste, de la grande distribution (Moati, 2001) : en réduisant les profits des industriels et les prix pour les consommateurs, cette pression contribue à la transmission des gains de productivité formés dans l'industrie aux consommateurs – dans un contexte où la grande distribution représente ¾ des dépenses de produits alimentaires des ménages (Benoît & Besson-Moreau, 2019). Elle exerce en même temps une contrainte sur les marges des industriels et, par conséquent, sur leurs investissements futurs, qui peut être défavorable en période de croissance faible. Dans ce contexte, la régulation de la grande distribution constitue aussi un outil de politique économique pour les gouvernements.

> « La distribution en tant qu'industrie n'est pas visitée par une logique d'ingénieur. (...) La distribution a du mal à se projeter dans le temps, tout au moins au niveau de la gestion du capital. » (GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne)

> « Ce sont des gens qui sont hyper pragmatiques, souvent très court-termistes. Pour un projet qui dépasse trois mois, c'est un projet trop long. » (GD_3, ingénieur dans un centre consacré à l'innovation dans la grande distribution)

> « Souvent, quand on lance des équipements, on est mauvais sur le côté suivi ou entretien. (...) C'est en ça que ça ne fonctionne pas bien non plus. C'est que derrière, forcément, le suivi n'est pas là. (...) Mais en tous cas, oui, de se dire qu'on lance un projet mais qu'on ne va pas investir suffisamment jusqu'au bout, ça c'est une réalité. » (GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour)

Dans les modèles économiques de la grande distribution, l'exploitation des données se heurte donc à une difficulté majeure : les coûts associés restent trop élevés tandis que la valeur potentielle tirée de leur exploitation demeure insuffisante. Ce hiatus a plusieurs conséquences.

D'abord, l'accès aux données ne forme généralement pas un objectif en soi des stratégies de digitalisation dans la grande distribution : les données apparaissent essentiellement comme le sous-produit d'une digitalisation instrumentale, qui répond avant tout à des objectifs commerciaux ou opérationnels. Ce sera le cas lors de l'introduction des cartes de fidélité ou dans le développement du *drive* – deux mouvements cruciaux dans la digitalisation du parcours d'achat. Les données issues de ces formes de digitalisation du parcours client resteront relativement sous-exploitées faute de perspectives de valorisation claires, dans un contexte où les capacités de calcul nécessaires au traitement restent coûteuses.

Dans un environnement économique délicat – marqué par la saturation du marché national, la stagnation du pouvoir d'achat des ménages, la diversion des achats non-alimentaires par le e-commerce et les enseignes spécialisées – les nouvelles possibilités offertes par le numérique sont principalement mises au service de stratégies commerciales *défensives*, visant à protéger les parts de marché et le débit des marchandises. Ces stratégies conduisent souvent à proposer des services additionnels aux clients, parfois au détriment des marges des entreprises, de sorte que les entreprises peinent à transformer la numérisation du parcours d'achat en levier de gains économiques. Or, dans un contexte où d'une part, les ressources destinées aux investissements sont limitées, et où d'autre part, la digitalisation peine à améliorer la productivité de l'entreprise, les arbitrages entre digitalisation et d'autres objectifs stratégiques apparaissent comme une constante du secteur. **Pour le dire simplement : les enseignes cherchent non seulement à limiter les coûts de la digitalisation, mais plus généralement à digitaliser à coûts constants.** Cette contrainte explique aussi bien le retard accumulé par certaines enseignes dans l'appropriation de solutions numériques matures que la recherche de contreparties économiques lorsque la stratégie digitale des entreprises s'accélère. Ainsi, les coûts nécessaires au traitement et à la valorisation des données renforcent en contrepartie le besoin de réaliser des économies

sur d'autres postes : la dégradation des conditions de travail et d'emploi des salariés forment potentiellement une de ces contreparties, destinées à compenser les coûts et soutenir la poursuite de la digitalisation des enseignes.

A partir des années 2010, la démocratisation de l'accès au cloud a abaissé le prix des capacités de calcul et ouvert de nouvelles perspectives d'exploitation des données, collectées de longue date par les entreprises du secteur. Cette période ouvre la possibilité d'une exploitation opportuniste des données, permettant d'en tirer des recettes additionnelles et de compenser, au moins en partie, les coûts liés à ces stratégies. Mais le principe du discompte continue de s'opposer à une segmentation fine des acheteurs et le mode de valorisation des données le plus cohérent avec le modèle économique du secteur reste la revente de données aux industriels en contrepartie de nouvelles marges arrière.

Ce sont les lignes de force de la trajectoire de digitalisation du parcours-client dans la grande distribution qu'il s'agit d'examiner dans cette étude. Elle ne prétend en aucun cas constituer une approche exhaustive de l'intégration des instruments numériques dans les procès de travail de ce secteur. L'enquête présente en particulier deux limites importantes, qui doivent être soulignées. D'abord, elle se concentre sur les implications du numérique pour le cœur de métier de la grande distribution, c'est-à-dire la fonction commerciale – des magasins aux centrales d'achat. Nous nous sommes concentrés sur les applications directement associées à la fonction commerciale, en laissant volontairement de côté l'intégration des outils numériques au niveau des fonctions support – notamment dans les ressources humaines où des outils relativement sophistiqués peuvent être utilisés (pour la gestion des plannings, des congés, des candidatures) sans être cependant spécifiques à la grande distribution. Une seconde limite réside dans la dimension exploratoire de l'enquête : hors du e-commerce, la digitalisation du secteur de la grande distribution ne fait pas l'objet d'une littérature étendue. Dans ce contexte, notre objectif était précisément de s'appuyer sur les entretiens avec des professionnels du secteur pour identifier les points et les dispositifs importants au cœur de la trajectoire de digitalisation du secteur (cf. annexe méthodologique). L'enquête s'avère par conséquent plus largement tributaire des entretiens qu'elle ne l'a été dans le secteur électrique. Dans la mesure où la plupart de nos interlocuteurs étaient issus d'enseignes intégrées, les tendances identifiées ici sont susceptibles de s'exprimer différemment dans les groupes basés sur le modèle coopératif. Conformément à l'orientation générale de l'étude, nous avons enfin choisi de nous focaliser sur des solutions matures, déjà adoptées par les enseignes, plutôt que sur des dispositifs émergents (accompagnement du parcours d'achat par IA, « magasin automatique », etc.).

1/ La digitalisation du parcours d'achat

Dans l'histoire de la digitalisation du parcours d'achat, deux dispositifs qui remontent tous deux au début des années 2000 ont joué un rôle clé : l'introduction des cartes de fidélité et le développement des services de drive[46]. Ils ont donné aux enseignes l'accès à d'importants

[46] Le dispositif des caisses automatiques, qui a représenté une source importante et visible de transformation du travail des employés de la grande distribution, n'a pas eu d'incidence notable sur la collecte de données. Pour cette raison, le dispositif ne fait pas l'objet d'une attention particulière dans le cadre de cette étude.

volumes de données, permettant de tracer avec précision les sorties-caisses et d'identifier les préférences des consommateurs. La capture de ces données semble pourtant n'avoir constitué qu'un objectif secondaire de ces deux innovations, initialement déployées au service de stratégies commerciales : les données n'en ont formé qu'un sous-produit dont l'exploitation est restée relativement limitée.

Les cartes de fidélité.

Les années 1990 marquent un tournant dans le développement de la grande distribution. Après des décennies de croissance au détriment du commerce traditionnel, le marché national commence à saturer et la concurrence entre enseignes s'intensifie (Moati, 2001). En même temps, les contraintes réglementaires se resserrent. La loi Galland, adoptée en juillet 1996, va considérablement transformer les modalités de la concurrence dans la distribution en encadrant le « seuil de revente à perte » et en interdisant aux grandes surfaces de répercuter la totalité des marges arrières dans les prix de vente aux consommateurs.

C'est dans ce contexte qu'apparaissent, au début des années 2000, les premières cartes de fidélité. Elles se diffusent rapidement et couvrent vite un pourcentage important des transactions. Grâce à elles, il devient théoriquement possible de tracer plus de 80% des ventes en croisant le flux de produits avec des informations détaillées sur la clientèle. En pratique pourtant, la carte de fidélité n'a pas été conçue comme un instrument de collecte de données, mais comme un outil promotionnel destiné, d'une part à fidéliser le client, d'autre part à contourner la loi Galland – via le déploiement de dispositifs de fidélisation et la rétrocession d'une partie des marges arrières par un système de cagnottage. C'est plus particulièrement Leclerc qui, avec le lancement de son « Ticket Leclerc »[47], inaugure cette pratique.

> « Il y a un truc cocasse : c'est que nous, distributeurs, on pense que c'est un outil de promo, un outil de commerce, et pas un outil de data à l'origine. On n'a pas conscience, en réalité, de la valeur de la data, réellement. Et donc, que font les distributeurs ? Ils distribuent des cartes de fidélité à tour de bras. C'est-à-dire qu'on a en magasin des gens, on met des hôtesses pour que tous les clients qui rentrent aient leur carte de fidélité. Il y a des formulaires à remplir, mais en gros on leur dit : ne vous embêtez pas, c'est pas important. Donc on donne des cartes de fidélité à des gens, on est capables de tracer ce qu'il y a sur la carte de fidélité, mais on ne sait pas nécessairement qui porte la carte. On a une base de données solide, mais avec une fiabilité de la base de données au sens client absolument lamentable. A telle enseigne qu'en 2016-2017, on en est encore dans les enseignes majeures à avoir une qualification de la base de données (...) qui est de l'ordre de 30%. C'est-à-dire

[47] « *Mais bien sûr la loi ne pouvait pas grand-chose aux rapports de force, et les grandes surfaces ont donc continué à acheter moins cher que les petites. Mais elles n'avaient plus la possibilité de vendre moins cher et constituaient donc une marge plus importante. Qu'en ont-ils fait ? D'abord un peu de mauvaise graisse : lorsque je travaillais à Carrefour, le siège mondial de Carrefour, c'était vingt-sept personnes. Maintenant à Levallois, ils sont plusieurs milliers. Ensuite, ils ont inventé d'autres méthodes, conformes à la loi, pour rendre au client cette marge excessive, genre ticket Leclerc.* » (Michel Bon, ancien PDG de Carrefour, dans *Éthique de l'entreprise*, 2010, p. 164).

> qu'on trace 80-90% du chiffre, mais il n'y a que 30% de ce chiffre-là dont on est sûrs de la qualité de données. C'est-à-dire : est-ce que derrière cette carte on a un nom, une adresse, un âge, des qualifications – enfants, machin, etc. (...) *Donc en fait, on a un data lake [stock de données brutes, NDA] énorme dont on ne peut pas faire grand-chose. C'est assez consternant, mais c'est simple.* Et ça n'a quasiment pas changé. » (GD_5, consultant, ex-Auchan)

Le traitement des données fait en réalité l'objet d'une double limitation. D'abord, les données ne font pas l'objet d'une mise en qualité : les bases contiennent des informations parfois erronées, manquantes ou obsolètes. « *La carte de fidélité... L'utilisation des données, il y a vraiment eu une prise de conscience sur l'utilisation des données, en 2017-2018. Pas avant, hein ! C'est vrai qu'avant, bon la carte de fidélité, c'était un moyen de fidéliser les clients mais sans vraiment connaître ses habitudes d'achat.* »[48] La seconde limite porte sur les capacités de calcul nécessaires au traitement des données : les enseignes de grande distribution disposent de capacités de calcul insuffisantes pour traiter un volume important de données – de sorte que toute augmentation du volume de données à traiter accroît considérablement le temps de traitement et limite les possibilités d'exploitation. « *Quand on parle d'IA, typiquement, ok, on faisait aussi, on va dire, il y a 15-20 ans un peu de data mining. On extrayait des groupes de population, etc. Mais on avait une problématique de puissance du calcul et de nombre de calculs [possibles].* »[49]

Ces deux limites, la mauvaise qualité des bases de données et la puissance de calcul insuffisante, s'expliquent par le manque de moyens consacrés à la valorisation des données, dont l'exploitation n'est clairement pas identifiée comme une priorité stratégique. De fait, le contexte de la grande distribution – où l'amélioration de la rentabilité découle principalement de l'accélération de la rotation des marchandises, via des achats en grande quantité, des prix bas et des assortiments simplifiés – ne se prête guère à une trop grande personnalisation de « l'expérience d'achat ». Malgré les tendances à la diversification des rayonnages et à une segmentation plus fine de la clientèle qui traversent alors la grande distribution, l'exploitation des données personnalisées des clients s'insère mal dans les modèles économiques de la grande distribution – et par conséquent, la valeur susceptible d'en être tirée ne suffirait pas pour compenser les coûts liés à la mise en qualité des bases et à l'augmentation de la puissance de calcul. À l'époque, on s'en tient donc à un traitement limité des données, qui consiste notamment à opérer une segmentation sommaire des clients sur la base de grandes tendances d'achat et surtout, à identifier leur poids dans le chiffre d'affaires du magasin – ce qui permet d'isoler des groupes prioritaires à « activer » lors des campagnes promotionnelles.

> « On reste relativement médiocres sur la dimension client. C'est-à-dire que ces data elles sont mélangées pour identifier des groupes de clients, alors selon les enseignes ils leur mettront des couleurs, ou des étoiles, de 1 à 5 étoiles selon la dépense moyenne ou par rapport à la fréquence des visites, donc toute une série de paramètres... auxquels on va adresser des messages ou des promotions spécifiques. Mais on est toujours assez faibles dans l'identification nominative et donc dans la réelle personnalisation. (...) Donc en fait,

[48] GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour.
[49] GD_12, chef de projet chez Cora informatique.

cette data nous a servi pour les produits mais on n'a pas vraiment travaillé sur les clients. » (GD_5, consultant)

« On n'a pas monté un référentiel client unique tout de suite, ça a été beaucoup plus tard dans le temps. Mais au niveau de la gestion du portefeuille des cartes, effectivement, ça a été mis en place tout de suite, avec des indicateurs de savoir combien de débit-caisse sont faits par des porteurs de cartes – porteurs de cartes crédit, porteurs de cartes fidélité – quels sont les paniers moyens, forcément essayer de faire des promotions ou des actes d'achat ciblés, en faisant des points de fidélisation, du cagnottage d'euros, des choses comme ça, qui étaient, on va dire, des avantages supplémentaires pour des porteurs de cartes. » (GD_13, responsable de pôle à la DSI, Cora Informatique).

L'introduction des cartes de fidélité est liée à une stratégie commerciale qui ne se donne pas les moyens d'anticiper véritablement la valorisation des données : considérée comme un sous-produit, la donnée va donc faire l'objet d'une exploitation opportuniste et minimale, à coûts limités.

Le drive

C'est à la même période, au début des années 2000 qu'apparaît le drive : Auchan ouvre son premier « Chronodrive » dès 2000, Leclerc lui emboîte le pas en 2007. Cette innovation va progressivement devenir un dispositif pivot de la mise en données du parcours d'achat. Pourtant, là encore, la collecte de données ne constituait pas l'objectif initial du dispositif : comme la carte de fidélité, le drive est mis en place sur la base de stratégies commerciales défensives, qui visent à maintenir le débit des ventes et à adapter le modèle de l'hypermarché dans un nouvel environnement moins favorable.

Le drive se décline principalement en deux formats. D'une part, les drives « adossés » au magasin, où les salariés assemblent directement les commandes en rayon (« store-picking »). Le principal avantage de ce modèle est la quasi-absence d'investissements fixes – au contraire, le drive peut même permettre de revaloriser des espaces de vente dont la fréquentation a décru, par exemple en transformant une partie de l'espace non-alimentaire en point de stockage ou de récupération de commandes. Ce format est donc plébiscité par des enseignes relativement rétives à ce type d'investissements. Mais la productivité est réduite par les longues distances à parcourir (15 à 20km par jour pour chaque salarié), la présence des clients dans les rayons, et la réalisation du picking (la collecte des articles) au détriment de la mise en rayon en magasin. Le développement du drive apparaît donc relativement contre-intuitif compte-tenu de l'organisation des magasins :

« C'est un truc assez dingue quand on y pense. Parce qu'en fait il y a des salariés qui remplissent le magasin, voilà, qui bourrent dans les rayons, qui font du *facing* [mise en avant des produits, NDA]... Et puis il y a d'autres salariés du même magasin qui viennent chercher la marchandise pour aller la donner à d'autres clients ! » (GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour)

« Vous savez, le mec qui ouvre son magasin à huit heures, ils sont déjà depuis 5 heures [du matin] pour essayer de mettre ce qu'il y a dans la réserve en rayon. S'il fallait en plus que le drive vienne lui piquer ses rayons... (...) Quel serait l'intérêt du magasin d'alimenter un

magasin pour qu'il se fasse dépouiller par ses ventes de drive ? » (GD_11, préparateur de commande groupe Carrefour et coordinateur syndical CFDT)

Ces contraintes justifient l'apparition d'un second modèle de drive, les drives-entrepôts, qui sont des entités détachées des magasins, disposant de leur propre stock de marchandises. Cette organisation rationalise l'activité du drive par l'optimisation du schéma d'approvisionnement, la réduction des distances à parcourir par les salariés, voire la mécanisation de l'activité (tapis-roulants, robotisation…) ; elle améliore également la gestion du stock destiné aux commandes drive, limitant les ruptures[50]. Mais le niveau d'investissements requis, nettement plus élevé, ne se justifie qu'au-delà d'un certain niveau de chiffre d'affaires : seules les enseignes qui parient sur un déplacement d'une partie significative de leur chiffre d'affaires sur ces nouveaux canaux ont intérêt à développer des drives-entrepôts[51]. Ceux-ci tendront ainsi à se développer dans une période plus récente, avec la croissance de l'activité des drives.

Quel que soit le principe d'organisation privilégié, le service du drive, coûteux en main d'œuvre, contredit le principe du libre-service – levier fondamental de la rationalisation du commercé opérée par la grande distribution (Moati, 2001). La coexistence de ces deux modèles de commercialisation accroît en fait les coûts de fonctionnement des enseignes, puisqu'il implique que le magasin prenne à sa charge la collecte des articles auparavant réalisé par la clientèle, sans pour autant que cela ne lui permette de réaliser des économies significatives en réduisant l'espace de vente. Dans ce contexte, le nouveau canal de vente accroît les coûts, cannibalise le débit des grandes surfaces traditionnelles et abaisse globalement la rentabilité des enseignes (Vyt et al., 2017).

L'implantation du drive s'explique, une fois encore, par un objectif défensif : maintenir le débit de marchandises en offrant un service commode à la clientèle – même si ce service est coûteux pour les enseignes. Les cercles vertueux ou vicieux qui animent l'économie de la grande distribution expliquent le rôle qu'y tiennent ces stratégies défensives. De grands volumes d'achat permettent aux distributeurs de rationaliser leurs coûts et d'améliorer le rapport de forces dans la négociation vis-à-vis des fournisseurs : des volumes de vente élevés

[50] « *Automatiser la préparation de commandes est un moyen efficace – mais coûteux en termes d'investissement – d'améliorer la productivité du picking [collecte des articles, NDA] et d'atteindre de 350 à 500 articles / heure et par préparateur.* » Présentation par Olivier Dauvers : https://www.olivierdauvers.fr/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-Grande-Conso-Drive-Renta.pdf [consulté le 06/01/2025]. L'auteur du document cite également comme piste d'amélioration de la productivité du drive l'augmentation des formats des produits (king size), qui permet d'augmenter la valeur du panier moyen (variable cruciale de la rentabilité du dispositif), ouvrant la voie à des perspectives de collaboration entre industriels et distributeurs.

[51] La croissance du drive au cours des dernières années a encouragé la bascule sur ce second modèle et le développement d'une mécanisation de l'activité. Carrefour, par exemple, a déjà déployé trois plateformes de préparation de commandes robotisées et automatisées sur la base d'un système de tapis roulant, destinées au drive (un article de l'Usine digitale présente en détail le fonctionnement du site de Plessis-Pâté : https://www.usine-digitale.fr/article/plongee-au-c-ur-d-un-entrepot-carrefour-robotise-par-la-start-up-exotec.N1083194). L'automatisation augmente la rentabilité du drive en améliorant d'un côté la productivité du picking [collecte des articles], et en abaissant de l'autre des coûts spécifiques au canal de vente magasin (mise en rayon, ligne de caisse) : la croissance des volumes de commande en drive pourrait à terme, permettre de se rapprocher, en définitive et *sous condition de nouveaux investissements*, de la rentabilité du libre-service.

assurent des prix bas, accélèrent la rotation des produits, améliorent les parts de marché, et enclenchent ainsi une dynamique cumulative. Mais une rupture dans cette dynamique devient en revanche très problématique : la diminution du débit en magasin entraîne une baisse des volumes d'achat, qui augmente les prix unitaires, etc. Cet enjeu se matérialise dans le débit des ventes – qui justifie le principal objectif du drive à sa création : maintenir le débit en magasin.

> « Je pense que [le drive] est surtout nécessaire pour récupérer des parts de marché et des clients. C'est surtout pour ça en fait. Parce qu'on sait tous que les hypermarchés, c'est de plus en plus compliqué. On voit, ils ont tous une perte de débit. Parce qu'on ne parle plus en termes de chiffre d'affaires, mais en termes de débit. A mon avis, ils essaient de trouver toutes les solutions pour essayer de retrouver ce débit, ce chiffre d'affaires, pour essayer de continuer. Oui, c'est ça qui est important. » (GD_10, responsable d'un drive adossé)

Dans les années suivantes, le drive, parce qu'il fournit des informations détaillées et fiables sur les consommateurs, se révélera un dispositif pivot dans la politique de données des enseignes. Mais c'est loin d'être le cas au moment de son déploiement. D'abord parce que ce nouveau canal de vente est principalement adopté par une frange de consommateurs très typés (principalement des ménages de jeunes actifs avec enfants), ce qui empêche d'utiliser les données recueillies pour réaliser des extrapolations. « *La clientèle du drive était très spécifique. Ce qui fait que la data qu'on avait avant le covid sur le drive était intéressante, mais correspond à un ciblage-client précis, et pas à la masse de la population* »[52]. Plus fondamentalement, la valorisation des données collectées via le drive se heurte aux mêmes limites que celles collectées via les cartes de fidélités : elles ne font pas l'objet d'une mise en qualité, tandis que les limitations sur les capacités de calcul restent inchangées. Aussi, malgré des données plus fiables que celles collectées via le canal de vente physique, le drive ne fait pas l'objet d'une politique de traitement des données. « *Avant, on était plus en analyse globale : voilà, le e-commerce, ça nous a généré tant de chiffre d'affaires, tant de débit. Mais maintenant [depuis deux ans, autour de 2022], on est plus à analyser plus finement les différents types de retrait.* »[53]

Par conséquent, le déploiement du drive réinvestit les tendances observées au moment de l'introduction de la carte de fidélité : les données apparaissent comme le sous-produit d'une digitalisation qui sert d'autres objectifs, et ne font pas l'objet d'une véritable stratégie de valorisation. L'orientation défensive des stratégies qui soutiennent ce déploiement en limite, en outre, les gains économiques : « *C'est la notion de service [à la clientèle] d'un côté, puis de parts de marché par rapport à la concurrence. Après la rentabilité, effectivement, elle n'est pas là.* »[54]

2/ Les années 2010 : accélération des stratégies numériquesdes enseignes

Les cartes de fidélité et le drive ont permis à la grande distribution d'accéder à d'importants volumes de données sur ses produits et ses clients. Mais leur déploiement répondait à des

[52] GD_5, consultant, ex-Auchan.
[53] GD_13, responsable de pôle à la DSI, Cora Informatique.
[54] GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour.

stratégies commerciales sans anticiper une réelle valorisation des données – qui s'insère par ailleurs difficilement dans le modèle économique de la grande distribution. Ainsi, tout au long des années 2000, faute de capacités de calcul suffisantes et faute de mise en qualité des bases, ces données sont restées relativement sous-exploité par les enseignes. Mais la situation commence à changer à partir du milieu de la décennie 2010, qui marque une nette inflexion dans la trajectoire de digitalisation des enseignes.

Cette période est marquée par deux événements importants. D'abord, la démocratisation du cloud au cours des années 2010. Cette pratique, qui consiste à louer de la mémoire, des logiciels et des capacités de calcul sur des serveurs distants externes à l'entreprise, abaisse le coût d'accès à la puissance de calcul et étend les perspectives de valorisation de la donnée. Le déploiement du cloud est par ailleurs suivi de développements réglementaires : adopté en 2016, le règlement général de protection des données (RGPD) va contraindre les entreprises à centraliser et à fiabiliser le stockage et l'utilisation des données personnelles, mettant un coup d'accélérateur au processus de mise en qualité des bases de données (voir encadré). Ainsi, à cette période, sont levées les deux limites à l'exploitation des données héritées de la période précédente : l'amélioration de la puissance de calcul et la mise en qualité des bases de données existantes.

Les entreprises de grande distribution vont alors accélérer leur trajectoire de digitalisation et s'engager plus résolument dans l'exploitation des données. Elles vont s'appuyer pour cela sur deux leviers : d'une part, la migration vers le cloud qui renforce la puissance de calcul disponible ; d'autre part, le renforcement des stratégies omnicanales qui viennent alimenter et enrichir leurs bases de données. Sur cette base, une véritable stratégie d'exploitation des données se développe. Elle va notamment s'incarner dans l'émergence de nouvelles entités : les *data labs,* spécialisés dans le traitement des données. L'ensemble de ces développements se produit dans un même intervalle de temps – entre 2015 et 2020 – qui correspond à cette phase d'approfondissement de la digitalisation des enseignes associée à une nouvelle politique de valorisation des données.

Mais pour quels usages ? Si les moyens alloués au numérique augmentent, ils ne transforment pas pour autant le modèle économique des enseignes. Celles-ci identifient non sans raisons l'amont (rapports avec les fournisseurs, notamment) comme le principal gisement économique à activer via l'exploitation des données, mises au service du renforcement de la centralisation et de nouvelles marges arrière : la pesanteur des modèles économiques continue de structurer fortement l'appropriation de ces technologies.

L'augmentation de la puissance de calcul : la migration vers le cloud.

A partir du milieu des années 2010, les enseignes entament leur migration vers le cloud. « *Je dirais qu'on a commencé vraiment à observer ça vers 2014-2015. Donc c'est assez récent. Mais c'est quasiment inéluctable* »[55]. Le cloud permet aux entreprises de louer de la mémoire et de la puissance de calcul sur des serveurs externes, accessibles par internet, détenus par des entreprises spécialisées – les plus importantes étant les grands acteurs du

[55] GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne.

numérique, comme Amazon, Google, Microsoft. L'externalisation de la puissance de calcul permet aux entreprises d'accéder à davantage de puissance pour des coûts réduits, et lève ainsi les contraintes antérieures qui limitaient le traitement des données.

> « C'est arrivé fin des années 2010, en 2018-2019, où là, on a eu des gros besoins de moderniser des systèmes d'information et en particulier d'aller sur des environnements qu'on appelle de big data. Donc c'est d'avoir des environnements qui nous permettent de stocker plus de données, de ne plus être contraints avec des limitations qu'on pourrait avoir avec des serveurs installés sur nos infrastructures, et d'avoir plus de puissance de calcul à la demande, pour stocker plus d'information et croiser des systèmes différents. » (GD_13, responsable de pôle à la DSI, Cora Informatique)

Ces nouvelles technologies permettent d'accéder à de nouvelles technologies de traitement des données, et d'exploiter des bases beaucoup plus détaillées, de descendre en granularité, tout en traitant ce volume croissant d'informations dans un laps de temps réduit. Ces nouvelles possibilités produisent des effets sur différentes applications en magasin.

> « [Avant] on ne descendait pas au niveau de l'EAN [code-barre, NDA], on restait au niveau des rayons, des catégories, pour ne pas avoir une trop grosse volumétrie [de données]. Ce qui permettait en fait de calculer les données très rapidement et en cas de problème de le relancer très rapidement. Quand on a commencé à vouloir traiter la volumétrie avec une granularité vraiment très fine, les temps de traitement étaient beaucoup plus longs. Ce qui posait problème. (...) Alors que là on a mis en place des processus, des contraintes d'interface, de la grosse volumétrie. Et puis en fait en utilisant les outils type Stambia pour la partie ETL mais également du Snowflake etc. [instruments d'analyse de donnés, NDA], on a pu maintenant mettre à disposition les données à peu près à 2h du matin. Alors qu'avant, on y arrivait difficilement entre 9 et 10h du matin. Avec une granularité beaucoup plus fine qu'avant. (...) 10 ans plus tôt ça aurait été compliqué je pense [de mettre en œuvre des applications comme le renforcement de l'automatisation des commandes, le référentiel client unique], parce qu'il y avait aussi une vraie problématique de puissance calcul et de puissance de stockage, parce que ça nécessite quand même de la volumétrie et potentiellement de la puissance de calcul. » (GD_12, chef de projet chez Cora informatique).

Ces capacités accrues permettent notamment de développer, versant données-clients, un « référentiel client unique » qui vise à centraliser les données recueillies sur chaque client dans un référentiel unique – ce qui permet de croiser les données disponibles sur chaque client et facilite leur actualisation. Ce développement est encouragé par les développements réglementaires, comme le RGPD qui vise à encadrer l'utilisation des données par les entreprises et renforce les contraintes qui pèsent sur le stockage et l'utilisation des données personnelles.

Encadré 6. Le RGPD dans la grande distribution

Les progrès du cloud ont entraîné un développement des stratégies de valorisation des données au sein des entreprises, ce qui accroît considérablement l'importance des enjeux liés au traitement des données. Adopté en 2016 et entré en application en mai 2018, le Règlement Général de Protection des Données répond à ces nouveaux enjeux : il vise à encadrer le traitement des données et s'applique à toutes les entreprises. A l'échelle plus spécifique de la

grande distribution, l'entrée en application du texte coïncide avec l'approfondissement de la digitalisation que nous mettons en évidence dans cette étude. En imposant des principes contraignants sur la collecte, le traitement et le stockage des données, le RGPD entrave certaines pratiques qui avaient cours dans la distribution : « *Avant on pouvait faire un peu tout ce qu'on voulait [avec les données], mais on n'avait peut-être pas les moyens de le faire. Maintenant qu'on a les moyens de le faire, on nous dit : attention, vous ne pouvez pas faire tout et n'importe quoi, parce qu'il y a le respect de la vie privée.* »[56] Surtout, pour assurer la conformité du traitement des données, le RGPD encourage une modernisation des systèmes informatiques : l'amélioration de la qualité des données, la tenue d'un référentiel client unique, la centralisation des données au sein de services dédiés (qui préfigurent les *data labs*) facilitent en effet la mise en conformité avec les règles du RGPD : « *Mettre en place un référentiel client unique [ça permet de] se mettre en conformité par rapport aux règles du RGPD et des choses comme ça.* »[57] ; « *L'avantage du référentiel client unique, c'est d'avoir la dernière information et de centraliser les mouvements qui sont faits dans chaque applicatif. Et de pouvoir centraliser l'application du RGPD. C'est-à-dire si un client nous demande un droit à l'oubli, donc c'est dans le référentiel client unique qu'il doit mettre tout ça.* »[58]

L'externalisation de la capacité de calcul accroît l'efficacité et les possibilités de traitement des données. Mais elle a aussi pour corolaire le renforcement de la dépendance des entreprises du secteur aux grands prestataires issus du secteur numérique, qui renforcent leur influence dans les orientations technologiques du secteur – en particulier dans un contexte de forte asymétrie dans la maîtrise technique entre le prestataire et l'entreprise-cliente. L'adoption d'un fournisseur pour le stockage des données influence ainsi le rapprochement des systèmes informatiques dans d'autres domaines. Par exemple, chez Cora, le choix d'AWS pour les services cloud s'inscrit dans la continuité de partenariats antérieurs sur les dimensions e-commerce. Chez Carrefour, un partenariat avec Google pour le traitement de la donnée va de pair avec l'adoption de la suite bureautique et des outils Google au détriment d'Adobe pour une série d'autres applications dans l'entreprise[59]. Dans ce contexte, on peut s'interroger sur la pertinence de certains cas d'usages poussés par ces fournisseurs, qui cherchent avant tout à encourager l'utilisation de nouveaux outils nécessitant une grande puissance de calcul (IA générative, assistants vocaux...). Compte-tenu des ressources limitées pour les investissements et du pragmatisme des patrons de la distribution, on peut douter que des sommes significatives soient en jeu ; il n'en reste pas moins que cette situation, évoquée avec inquiétude par plusieurs interlocuteurs, illustre la menace d'une perte de contrôle sur la conduite du changement technologique dans le secteur – avec la diversion d'une partie des ressources, orientée vers ces cas d'usage peu convaincants.

[56] GD_12, chef de projet chez Cora informatique.
[57] GD_12, chef de projet chez Cora informatique.
[58] GD_13, responsable du pôle data, Cora Informatique.
[59] Dans les processus de fusions et de rachats entre les enseignes se jouent alors aussi les enjeux concurrentiels et des transferts de parts de marché entre les grands acteurs du numérique : l'absorption de Cora par Carrefour signifie aussi la migration de ses données vers les serveurs de Google au détriment de ceux d'AWS. Ainsi, du point de vue des grands fournisseurs de solutions numériques, capter une enseigne sur les services cloud permet de conquérir un marché sur d'autres solutions.

« Ce qui se passe aujourd'hui, comme dans beaucoup d'entreprises, mais enfin, bon, c'est plus marqué dans la distribution : c'est que souvent, le cerveau est périphérique. J'entends par là que ce sont les tiers, les fournisseurs principalement, les boîtes de conseils, etc., qui vont amener l'éclairage et soi-disant les solutions. (...) Donc finalement, on va être soumis à un flot marketing qui va venir de l'extérieur et qui va faire qu'au bout du compte, on va tous s'aligner. (...) Donc récemment, pratiquement toute la distribution a été démarchée par des grands groupes, les GAFAM, expliquant qu'il n'y avait point de salut en dehors de l'IA générative. Donc aujourd'hui, ce n'est pas un calcul mûrement réfléchi chez nous, mais une pratique qui est quasiment imposée de l'extérieur. » (GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne)

« Cette approche des IA générative, c'est, dans ce que je crois comprendre, ce qui les interpelle le plus à date. Tout simplement parce que comme dans toutes les courbes d'apprentissage, on est dans la phase d'engouement. Et finalement, il y a toujours beaucoup d'attentes qui sont là et qui seront peut-être déçues d'ici un an ou deux. Si je pouvais faire un parallèle qui sort du cadre de notre réflexion : il y a deux ans, tout le monde se gargarisait du Métavers. Il y a eu beaucoup d'enseignes qui ont voulu s'engager résolument là-dedans, qui ont mis un peu de pognon, pas trop fort heureusement pour elles, mais en tout cas elles ont multiplié les initiatives pour défricher le terrain. Le soufflé est très largement retombé et les usages se sont pas mal assagis. Je fais le pari que l'engouement qu'on connaît à l'instant t sur l'IA générative va suivre à peu près le même chemin. » (GD_3, ingénieur dans un centre consacré à l'innovation dans la grande distribution)

L'amélioration des canaux de collecte : le renforcement de « l'omnicanalité ».

À la même période, parallèlement la migration sur le cloud, les grands groupes intensifient leurs stratégies de digitalisation – notamment autour du parcours client. « *On peut considérer que depuis... 2015 pour certaines, [les enseignes] ont eu cette réflexion et ont commencé à la mettre en œuvre de manière un peu plus rapide à partir de fin 2017-2018. On peut dire que là ils ont mis l'accent, ils ont mis un coup d'accélérateur* »[60]. Cette intensification se donne notamment à voir dans des choix de gouvernance. En 2017, après des années de gouvernance erratique marquées par un recul du chiffre d'affaires, des bénéfices et du cours de l'action, le conseil d'administration du groupe Carrefour nomme un nouveau PDG : Alexandre Bompard, qui tire sa réputation de la transformation digitale du groupe FNAC. Six mois plus tard, celui-ci dévoile une nouvelle feuille de route pour le groupe, le plan stratégique Carrefour 2022, dans lequel numérisation et développement des canaux de vente digitaux occupent une place centrale. Le groupe renforce alors le déploiement du drive, sur lequel il accusait un certain retard, et en 2018, conclut un partenariat avec Google pour explorer de nouvelles applications de e-commerce et améliorer le traitement de la donnée, via la constitution d'un *data lab* commun (voir *infra*).

« Longtemps, Carrefour a été très magasins physiques, avec un canal unique qui était le canal physique client. Depuis 2018 à peu près, à l'arrivée d'Alexandre Bompard, il y a une nouvelle culture qui est apparue, avec la priorité à ce qu'on appelle l'omnicanalité [mise en cohérence des canaux de vente physiques et digitaux, NDA]. (...) Alors c'est un petit peu là-dessus que ce sont transformés un petit peu les magasins, et les options d'achats, avec

[60] GD_7, cheffe de projet digitalisation aux services achats du groupe Carrefour et négociatrice de branche.

> notamment le développement du drive et de la livraison à domicile. (...) La stratégie, c'était déjà d'*augmenter les parts de marché par tous les moyens. La digitalisation, avec l'omnicanalité, était un des moyens.* Et l'autre stratégie, c'était *d'utiliser les data dans tous les sens possibles.* Donc d'une part, pour la connaissance des clients, des habitudes d'achat, mais aussi d'utiliser les datas pour revendre la data aux gros fournisseurs. **Question.** – OK. Ça, ça n'existait pas avant ? **Réponse. –** Non, du tout. » (GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour)

De manière significative, les stratégies commerciales qui visent à conquérir ou préserver les parts de marché (*augmenter les parts de marché par tous les moyens*) se doublent désormais d'une vision de la digitalisation comme une source de données valorisables (*utiliser la data dans tous les sens possibles*). Des mouvements similaires, liés à l'accélération de la digitalisation, ont lieu au même moment dans d'autres enseignes, comme en témoigne par exemple un salarié de la DSI de Cora : « *[Autour de 2018] il y a eu un membre de la direction qui a été recruté sur un profil e-commerce. Alors, tout ce qui est référentiel client unique a été développé en parallèle, tout ce qui est parcours client, la fidélité etc.* »[61]

L'accentuation de la digitalisation passe notamment par le renforcement des stratégies « omnicanales » basées sur le développement des canaux de vente digitaux. Le renforcement du drive va jouer ici un rôle très particulier. Dans un contexte de croissance des investissements des enseignes sur ce canal de vente, la pandémie de Covid-19 (printemps 2020) va encourager l'adoption du service par une fraction bien plus large, et bien plus diversifiée, de consommateurs – avec un effet rétroactif sur la qualification des données accumulées depuis le début des années 2000.

> « A partir du 17 mars 2020, avec le port du masque et compagnie, les gens se ruent sur le digital. Notamment le circuit drive qui a explosé, qui a doublé son chiffre d'affaires. Qu'est-ce qui se passe à ce moment-là ? Quand vous êtes sur un drive ou sur du e-commerce, sur Amazon, là pour le coup la qualification de la base de données est parfaite. Du moins, pas parfaite, mais très solide. (...) Ce n'est pas seulement que les clients qui vont au drive ont une base de données qualifiée. C'est que si je suis client depuis 10 ans chez Carrefour, avec la carte de fid, et qu'ils savent tout ce que ma carte de fid achète, mais qu'ils ne savent pas qui je suis pour les raisons que j'évoquais tout à l'heure, et que j'ai mon adresse et mon email et mon téléphone, et que du jour au lendemain je vais sur le drive, c'est en fait dix ans de stock de data qui se qualifie. C'est ça qui était important. (...) *En fait, on a dix-quinze ans de data qui deviennent qualifiées.* » (GD_5, consultant)

Service auparavant relativement périphérique, le drive devient alors un dispositif essentiel dans le chiffre d'affaires des magasins. La place du drive dans le commerce des produits de grande consommation, estimée à 5% avant-Covid (Fédération du Commerce et de la Distribution, 2019), aurait pu doubler depuis cette période – comme l'explique un salarié de drive :

> « Nous, on a eu beaucoup de clients qui ont essayé le drive pendant la période du Covid qui se sont dit : on va rester au drive quoi. On ne paie pas plus cher et puis de l'autre côté,

[61] GD_12, chef de projet chez Cora informatique.

> on a un service, on n'a plus besoin de se promener dans le magasin pendant je ne sais pas combien de temps... Donc il y a vraiment beaucoup de gens qui sont restés sur le drive. (...) Moi je parle plus au nom de mon magasin, que je connais, mais on peut tourner entre 10 à 12% du chiffre d'affaires de l'alimentaire. (...) Donc c'est énorme. Ah non mais c'est énorme ! C'est énorme. (...) Il y a eu l'effet Covid où ça a vraiment tout changé la donne. Aujourd'hui, le drive est un réel besoin pour les grandes surfaces pour récupérer du chiffre d'affaires. » (GD_10, responsable d'un drive adossé)

En 2023, la FCD (Fédération du Commerce et de la Distribution) recense 6200 drives en France, pour 2300 hypers et 5875 supers (hors discounters)[62], et 25% des foyers français y effectuaient au moins un achat par mois (Carrefour, 2024). Et la stratégie omnicanale encourage une sophistication du service : désormais disponible sur les applications-clients, le drive est également complété par un service de livraison à domicile assuré par des plateformes comme *Uber Eats* ou *ShopHopHop*. Notons que ces services de livraison sont coûteux pour les enseignes qui doivent rémunérer la plateforme via un système de commissions – de sorte que ces stratégies omnicanales donnent à nouveau à voir les difficultés de la grande distribution à transformer la numérisation en source de gain économique. **La différence, désormais, est que ces mutations ne poursuivent plus uniquement des objectifs commerciaux, mais sont directement perçues comme des sources de captation de données.** Le développement de ces nouveaux canaux de vente se traduit ainsi par une amélioration de la qualité et de la fiabilité des bases de données.

Le déploiement de stratégies de valorisation des données : constitution et filialisation d'entités data

Des bases de données enrichies, centralisées, et l'accès à de nouvelles technologies de traitement encouragent les enseignes à intensifier leurs stratégies de valorisation des données, ce qui se manifeste à travers la constitution de nouvelles entités au sein des entreprises. La valorisation des données suppose en effet un travail préalable de mise en qualité des bases, ainsi qu'un travail de valorisation ou de commercialisation des données. Ces nouvelles entités ont donc vocation à regrouper l'ensemble de ces activités : nettoyage, qualification et fiabilisation, gestion de l'architecture des bases, définition de cas d'usage pertinents pour l'entreprise et commercialisation à des tiers de prestations tirées de leur exploitation.

> « Globalement, en fait, *tous les grands groupes ont une stratégie data depuis une dizaine d'années à peu près.* (...) Et la stratégie data, c'est d'être capable de remettre dans un référentiel des données assez longues pour avoir un historique, mais mises en qualité. C'est-à-dire que la donnée est toilettée, on décèle les anomalies, éventuellement s'il y a des manquants, on les recalcule, et puis surtout le flux d'alimentation est un flux complètement automatisé qui jour après jour, heure après heure, mois après mois, ça dépend de la périodicité de la donnée, va la mettre à jour dans votre référentiel. Donc ça, ça sert au KPI [construction des indicateurs de performance, NDA], pour l'IA, pour nourrir des applications autres systèmes informatiques comme SAP, etc. SAP venant lui-même nourrir

[62] https://www.fcd.fr/le-secteur/le-commerce-et-la-distribution/ [consulté le 15/10/2023]

des données. Donc voilà, on a besoin de cette infrastructure quoi qu'il arrive. » (GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne)

« Pour vendre la donnée, il faut que la donnée soit qualifiée. Typiquement, par exemple, pour la partie référentiel client unique, il faut, un, s'assurer qu'on a le droit de la revendre, donc l'histoire de opt-in/opt-out [consentement du consommateur]. Mais également, il faut savoir enrichir la donnée. (...) Mais on n'a pas encore été jusqu'au bout d'aller analyser, en fait, les habitudes d'achat des clients (...) C'est ces dernières années, avec la partie e-commerce, la partie omnicanale, parcours-client, on commence dessus. Et avec les possibilités techniques offertes par le Big Data, la datalyse, etc., on avance dessus. Mais la revente, on va dire, de ce type de données valorisées... ce n'est pas encore à l'ordre du jour. (...) Donc la donnée, on en a plein. Maintenant, la donnée exploitable, on en a. Elle nécessite d'être améliorée, nettoyée et tout ça, analysée. » (GD_12, chef de projet chez Cora Informatique)

La constitution de telles entités est relativement parallèle entre les enseignes, et souligne à nouveau la charnière historique du milieu des années 2010 : le *datalab* de Carrefour est lancé à l'été 2018, dans le cadre de son partenariat avec Google. Auchan et Casino l'ont précédé en faisant toutes deux le choix de filialiser leurs nouvelles entités lancées en 2015 : Valiuz pour les enseignes du groupe Mulliez, RelevanC pour les enseignes du groupe Casino. Dans ce cas, le choix de la filialisation s'explique par la volonté de couvrir les différentes activités d'un groupe (par exemple, différents formats d'enseignes, ou les enseignes alimentaires et non-alimentaires) voire de commercialiser des prestations de traitement des données auprès des enseignes concurrentes – en particulier, les groupements d'indépendants dont les services centraux sont allégés par rapport aux intégrés. « *Avant il y avait des départements au sein de chaque enseigne qui faisaient le même travail autour de la donnée. Et en fait là nous, on va tout centraliser chez RelevanC, pour d'une part optimiser les coûts, et d'autre part être vraiment le référent données au sein du groupe Casino* »[63]. Les groupes plus modestes comme les groupements d'indépendants se dotent eux aussi, à la même période, d'équipes data dédiées : Cora lance par exemple son pôle data en 2018, au moment du projet Renaissance ; c'est également le cas chez Intermarché.

Le fait que certaines de ces entités soient constituées comme des filiales permet d'avoir accès à des données comptables et de **quantifier les coûts nécessaires à la mise en qualité et à la valorisation des données**. La main d'œuvre employée par ces entreprises étant exclusivement consacrée au traitement des données, l'évolution de la masse salariale constitue un bon indicateur pour évaluer les moyens consacrés à cette activité et prendre la mesure de leur développement[64] . Entre 2020 et 2023, la masse salariale de RelevanC est passée de 6,52 millions d'euros à 9,22 millions ; celle de Valiuz, dont la progression est

[63] GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab.

[64] Pour l'année 2023, le chiffre d'affaires de ces structures s'élevait à 6,77 millions d'euros pour Valiuz et à 67 millions d'euros pour RelevanC. Mais cet indicateur ne donne qu'une idée très imparfaite de l'activité de ces structures. D'abord, parce qu'il est partiellement constitué par des ventes de services à l'entreprise-mère, qui font l'objet de prix internes. Ensuite parce qu'une partie des recettes n'apparaît pas dans les comptes : le partage de données avec les industriels (*data sharing*) qui représente une part importante de l'activité constitue, en fait, la contrepartie commerciale des marges arrières consenties par les industriels, directement reventilées en magasin sans être internalisées par la filiale.

encore plus spectaculaire, a plus ou moins doublé chaque année sur cette même période pour atteindre 8,85 millions d'euros en 2023[65]. D'après les informations recueillies lors des entretiens, autour de 200 salariés – experts data (data scientists, analysts, ingénieurs), services support et commerciaux – seraient employés dans chacune de ces entités. De même au sein des services informatiques de Carrefour, la politique de recrutement concerne désormais essentiellement des experts *data* :

> « On s'est plus orienté vers des profils, surtout ces dernières années, de data scientists, des choses comme ça. (...) [A partir de] 2018 à peu près. C'est vraiment là qu'il y a eu la prise de conscience de l'omnicanalité et de l'exploitation des data. (...) Vous voyez, il y a vraiment une recherche de profils qui est vraiment très particulière maintenant. La data, c'est quelque chose qui est devenu vraiment très important pour Carrefour. » (GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour)

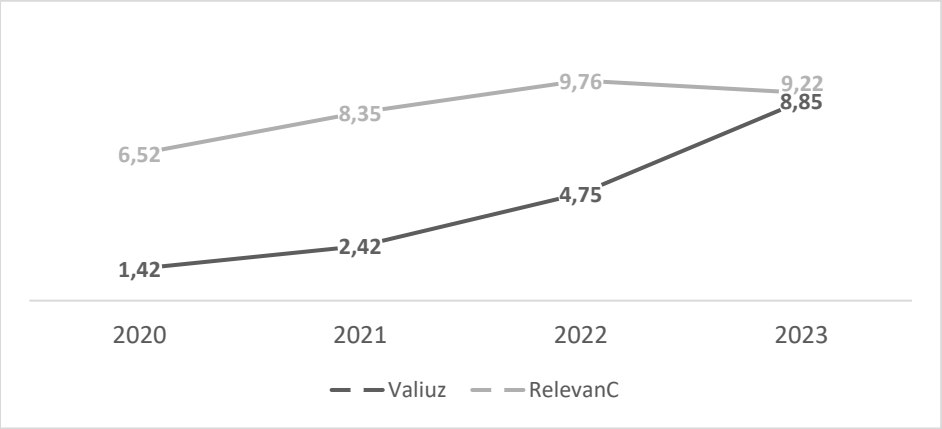


Figure 6. Évolution de la masse salariale des entités data. Source : auteur, à partir des comptes sociaux des entreprises.

La valorisation des données

Quel est l'enjeu du traitement de ces données ? Il se décline principalement en trois types d'usages : la revente de données aux fournisseurs (*data sharing*), le développement de nouvelles applications marketing (personnalisation, croisements d'informations...) et les usages internes à vocation opérationnelle.

1. La revente aux fournisseurs (*data sharing*)

Les données peuvent d'abord faire l'objet d'une revente aux industriels – qui constituerait actuellement la principale activité des entités data. La grande distribution, qui s'intercale entre l'industriel et les consommateurs, rend en effet le marché opaque pour le fournisseur – seul le distributeur disposant d'informations détaillées sur la géographie des ventes ou le profil de la clientèle :

> « L'industriel ne peut pas savoir ce qui se passe au sein du réseau. Il est impossible de modéliser l'organisation des flux, un achat via un grossiste, les destructions de

[65] Informations tirées des comptes sociaux publiés par les deux entreprises.

marchandises. Cette info est vraiment nécessaire pour l'industriel et elle lui permet d'activer un plan affiné. »[66]

En principe, le *data-sharing* vise à éclaircir ce marché en commercialisant des informations et des tendances (géographie et sociologie des achats) auprès des industriels – qui ont traditionnellement recours aux services d'entreprises spécialisées, les panélistes, pour réussir à cerner leur clientèle. Du point de vue de la grande distribution, l'opération consiste donc à se substituer aux panélistes comme fournisseurs d'informations sur les tendances de consommation – avec un avantage de taille sur ceux-ci : celui de pouvoir exercer une pression sur les fournisseurs dans le cadre des négociations commerciales pour les pousser à l'achat de leurs propres services. Ce partage de données sert le plus souvent de contrepartie aux marges arrières négociées par les services achat – autrement dit, les données ne sont pas monétisées en tant que telles, mais par l'intermédiaire de remises de prix sur les marchandises. Ce mode de valorisation a le mérite de s'inscrire avec pertinence dans le modèle économique de la grande distribution : les données soutiennent des marges arrières qui peuvent alimenter les baisses de prix, accélérant ainsi la rotation des produits.

> « Les glaces Cornetto, on va prendre un exemple simple. Les glaces Cornetto, c'est très saisonnier. On le sait, mais ça va aussi dépendre de la localisation. Donc nous en fait, on va étudier quel type de... enfin, quel segment d'une population va manger des Cornetto, on va segmenter, on va créer des segmentations, et ensuite on va voir combien de fois par mois, combien de fois par semaine, à qui les industriels devraient s'adresser pour augmenter leurs ventes. (...) Plutôt que de dépenser en veux-tu en voilà, ils vont vraiment cibler leurs efforts sur les clients qu'ils vont estimer les plus importants pour eux. Et ça, c'est grâce à la donnée qu'on va justement pouvoir faire ça. Ce qu'on ne pouvait pas faire avant aussi finement que ça. Et du coup, l'objectif de la monétisation, ça va vraiment justement être de les accompagner dans ces efforts-là. Alors à la base, cette monétisation était faite, (...) en gros, c'est ce qu'on appelle les contreparties achat. En gros, l'industriel quand il va voir l'acteur de la grande distribution, ils vont négocier une fois par an des budgets. Je ne sais pas, par exemple il va dire : je vous achète pour X euros de Cornetto, et en contrepartie le retailer va dire, vous allez pouvoir utiliser nos données à des fins marketing. Donc ça va être des budgets additionnels qui vont se mettre dans cette négociation. » (GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab)

Pourtant, ce mode de valorisation suscite des frictions – aussi bien auprès des industriels et qu'auprès du personnel de ces nouvelles entités data. Les industriels d'abord dénoncent la contrainte qui pèse sur l'achat de ces services additionnels

[66] Audition d'Alexandre Masiak directeur de la société Coopelec SCRL (centrale de service Leclerc/Europe) devant la Commission d'enquête parlementaire sur la situation et les pratiques de la grande distribution et de leurs groupements dans leurs relations commerciales avec les fournisseurs, 22/07/2019 [compte-rendu n°90] Tous les comptes-rendus de la Commission sont disponibles à l'adresse suivante : https://www2.assemblee-nationale.fr/15/autres-commissions/commissions-d-enquete-de-la-xv-eme-legislature/commission-d-enquete-sur-la-situation-et-les-pratiques-de-la-grande-distribution-et-de-ses-groupements-dans-leurs-relations-commerciales-avec-les-fournisseurs/(block)/ComptesRendusCommission

dans le cadre des négociations commerciales et en dénoncent le caractère fictif – ou plutôt, la disproportion entre la facturation et la nature des services, comme le relève le récent rapport d'une commission d'enquête parlementaire (Benoît & Besson-Moreau, 2019). On peut imaginer que, quelle que soit la qualité réelle des données partagées, les industriels préféreraient rester maîtres de leur stratégie commerciale en choisissant le prestataire auquel ils s'adressent pour obtenir des tendances de consommation. Pour le personnel des entités data, ce mode de valorisation des données n'est guère plus satisfaisant dans la mesure où il affaiblit leur position au sein des groupes, en la subordonnant à la politique des centrales d'achat et en diluant leur propre contribution au résultat de l'enseigne : la valeur du *data sharing* étant directement reventilée au niveau des magasins sous forme de marges arrière, le chiffre d'affaires officiel des entités data ne reflète qu'imparfaitement leur contribution aux gains de l'enseigne. Dans un contexte où le *data sharing* représente leur principale activité, le personnel des entités data exprime une certaine volonté de contourner cette organisation en court-circuitant les centrales d'achat et en se présentant, finalement, comme des acteurs à part entière sur ce marché :

> « Alors à la base, cette monétisation était faite, (...) en gros, c'est ce qu'on appelle les contreparties achat. (...) Maintenant, ça va être un peu moins le cas. Nous, l'objectif de [notre entité], c'est que ce soit *on top*, et que ce soit de la marge brute pure additionnelle. Et donc pour ça, nous on va s'adresser maintenant directement aux industriels, ce qu'on ne faisait pas avant. » (GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab)

2. Les usages marketing

L'exploitation des données contribue à améliorer un principe de base de l'activité commerciale : adresser le bon produit au bon client, au bon moment (Moati, 2001). Avec l'augmentation de la puissance de calcul, l'amélioration de la granularité des données permet un ciblage beaucoup plus fin de la clientèle – à la fois en termes de connaissance des préférences de chaque client et par la constitution de clusters plus homogènes, dont les réactions aux propositions des enseignes peuvent être anticipées par algorithmes. La politique promotionnelle en devient à la fois plus personnalisée et économiquement plus efficace : toute amélioration du ciblage des promotions permet en effet d'atteindre le même objectif commercial pour un coût moindre.

> « Les *retailers* avec lesquels je discute ont mobilisé des technologies de la data science et de l'intelligence artificielle essentiellement pour faire de la catégorisation des produits, de la catégorisation des consommateurs. Donc ils utilisent toute la capacité de ces technos-là à définir des clusters, à mettre les gens en petits paquets, en fonction bien souvent de caractéristiques comportementales, pour dire finalement : ce petit paquet là est assez homogène en termes de comportement, donc si j'interagis de telle manière avec lui, voilà la manière dont il devrait réagir. Donc cette logique de clusterisation, comme ça, en fonction de patterns, elle a été très largement utilisée. Et là, les technos de la data science et de l'intelligence artificielle sont mobilisées là-dessus. » (GD_3, ingénieur dans un centre consacré à l'innovation dans la grande distribution)

> « Là, grâce à l'utilisation de la donnée récente, donc la personnalisation ça a commencé aux Etats-Unis je dirais après 2015. Là ça a vraiment accéléré, il y avait de plus en plus d'acteurs sur le marché. (...) On est capables maintenant, justement, de passer d'une segmentation à une personnalisation, et donc de cibler one-to-one le comportement de chaque consommateur. Et c'est assez puissant parce que derrière, la personne va avoir beaucoup plus de chances d'utiliser cette promotion qu'auparavant. (...) Et c'est ça je dirais la plus grande avancée de ces dernières années, ça va être cette personnalisation de la donnée, contrairement à la segmentation qui avait lieu jusqu'à maintenant. » (GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab)

Ces pratiques marketing tirent parti de la complémentarité au sein des groupes, qu'il s'agisse de différents formats de magasin (proximité, super, hyper) ou de la complémentarité entre enseignes alimentaires et non-alimentaires. Les croisements entre ces bases de données permettent non seulement une connaissance plus fine des clients et une meilleure anticipation de leur comportement, mais également de faire de l'extension d'audience : permettre à telle enseigne de transmettre des promotions pertinentes via le canal de vente d'une enseigne partenaire – par exemple, permettre à une enseigne alimentaire d'adresser une promotion sur des grillades au moment de l'achat d'un barbecue dans un magasin de bricolage, et ceci en mettant à profit les différents canaux numériques pour adresser directement les promotions aux clients (newsletters, e-commerce, applications smartphone, scanettes dont le développement est concomitant...).

> « Le partage de data clients entre enseignes différentes permet d'avoir une idée d'un parcours qui est beaucoup plus riche que quand il est circonscrit à l'échelle d'une enseigne. Donc il y a à la fois, à destination des enseignes, des usages liés à la mutualisation, et des usages liés, c'est ce qu'on évoquait au tout début, qui sont des usages du retail média, pour monétiser l'audience auprès de commerçants qui ne sont pas ceux qui sont les détenteurs de la data. » (GD_3, ingénieur dans un centre consacré à l'innovation dans la grande distribution)

> « Là, c'est ce qu'on appelle de l'extension d'audience et du display en dehors des sites... c'est un peu technique, mais en-dehors du site mère. Par exemple, Carrefour va pouvoir faire de l'advertising [de la publicité, NDA] sur le site de la Redoute, sur Showroom privé. (...) Et c'est ça qui est intéressant dans le monde du retail actuel, c'est qu'il y a beaucoup de consolidation comme ça entre les différents groupes, ce qui n'était pas du tout le cas avant. Notamment entre l'alimentaire et le non-alimentaire, qui étaient vraiment très cloisonnés. » (GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab)

On l'a dit : la personnalisation du marketing reste, dans une certaine mesure, contradictoire avec les modèles économiques de la grande distribution. Aussi, ces applications ont surtout vocation à être valorisées auprès d'acteurs extérieurs : par la revente d'espaces et de services publicitaires (dits *retail media*), soit auprès d'entreprises tierces, soit auprès des fournisseurs à titre de contrepartie aux marges arrières. Dans ce cas, ces services restent sous le contrôle des centrales d'achat. Dans ce contexte, le déplacement sur le marché publicitaire proprement dit, hors

du contrôle des services achat et source de marge nette, apparaît naturellement comme un objectif des entités data : « *Toute la partie retail media, ça va être… Je sais pas, je dirais 30% de nos activités. Mais ça a vocation à évoluer.* »[67] Au sein des enseignes en revanche, la personnalisation du marketing reste marginale comme source de valorisation des données – sous la pression de la logique des services achats, au détriment de la logique plus marketing des datalabs. Le cas du déploiement du catalogue numérique illustre bien ces rapports de force et la persistance de la logique de massification des achats et de standardisation des ventes (voir encadré).

Encadré 7. Le déploiement du catalogue numérique, une illustration de la détermination des usages digitaux par les contraintes organisationnelles

La substitution du catalogue numérique (accessible via QR code ou via l'application sur smartphone) aux anciens catalogues papier pourrait représenter un jalon important dans le déploiement d'un marketing plus personnalisé et du retail media (revente d'espace et de service publicitaires auprès des clients de l'enseigne). En s'émancipant du papier, les applications permettent en effet de personnaliser les promotions adressées au consommateur. Mais l'ampleur de ces transformations reste limitée par les contraintes organisationnelles de la grande distribution, et notamment par le rôle central qu'y conservent les services achats.

Pour le comprendre, il est nécessaire de remonter aux années 1990, quand un catalogue papier national se substitue aux tracts promotionnels locaux imprimés par les magasins. Ce catalogue apparaît principalement, lui aussi, comme un instrument de contournement de la loi Galland : il constitue en effet une contrepartie tangible aux marges-arrières qui, à partir de cette période, connaissent une forte augmentation. (Les marges arrières auraient augmenté de 80% entre 1997 et 2004 – Assemblée Nationale, 2019.) A ce titre, le catalogue a constitué un puissant outil de centralisation : *géré par le service achat pour améliorer son rapport de force avec les industriels, il impose la même politique et le même agenda promotionnel à tous les magasins de France.*

En théorie, le déploiement des applications numériques devrait permettre à la politique promotionnelle de s'émanciper des contraintes physiques du catalogue papier et d'adresser des promotions personnalisées ajustées à chaque profil de consommateur – conformément aux recommandations des services data.

> « Le catalogue papier, en 25 ans, a été un levier extraordinairement puissant de la centralisation, de la massification, de la standardisation. (…) La fin du catalogue papier, encouragée par la loi maintenant, enlève le principal outil de centralisation utilisé dans la négo. Et permet aux centrales d'achats de reventiler leurs moyens sur des outils digitaux. (…) Le digital, avec le *data lake* et compagnie, permet de faire de la promotion tout de suite, pour vous, pour moi, de façon différente. Donc on s'exonère de l'espace et du temps. (…) Alors, la fin des catalogues a commencé, mais elle est loin d'être faite. » (GD_5, consultant, ex-Auchan)

Mais les anciens usages résistent. D'abord, en raison du maintien d'un catalogue papier distribué en grande surface pour les clients moins familiers des applications numériques. Mais surtout, en raison de la résistance des services achat auxquels le catalogue unique sert principalement

[67] GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab.

d'instrument de massification des achats et des promotions et simplifie donc la négociation avec les fournisseurs. Paradoxalement, alors que les applications émancipent les enseignes des contraintes d'unité de temps et de lieu propre au catalogue physique, elles restent principalement mobilisées pour diffuser au format numérique les mêmes promotions que le catalogue papier. La véritable personnalisation, elle, se limite à une ou deux pages de ce nouveau catalogue virtuel : « *On a le catalogue normal qui existe, avec tous les produits habituels de promotion et tout ça, mais dans le catalogue virtuel, il y a une ou deux pages [personnalisées] qui sont mises en avant par rapport à des produits qui soit sont pris régulièrement, soit sont susceptibles d'intéresser le client, au regard de ses habitudes d'achats.* »[68]

L'aventure des applications-clients illustre ainsi l'inertie de la distribution des pouvoirs dans la grande distribution : malgré des inflexions, le pouvoir reste localisé au niveau des services achats et se traduit par une politique de « flux poussé » des marchandises que ces services cherchent à écouler en masse. L'activité des services marketing et data reste encore largement subordonnée à cette logique et peine à se traduire par une transformation de l'organisation des achats, suivant un flux « tiré par la demande ».

3. Des usages opérationnels internes.

Le traitement des données soutient enfin des usages opérationnels internes. On se limitera ici à deux exemples qui paraissent les plus significatifs pour souligner le rôle de ces outils numériques dans l'amélioration de la productivité de la distribution : le renforcement de l'automatisation du processus de commande et la sélection des assortiments.

Pour ce qui concerne le processus de commande, les algorithmes basés sur les sorties-caisses et l'évolution des stocks étaient déjà opérationnels depuis une trentaine d'années. Ils ont joué un rôle essentiel dans l'introduction de l'organisation à flux tendu dans la distribution et ont, par conséquent, permis d'augmenter la vitesse de circulation du stock. Ces algorithmes étaient considérés comme fonctionnels sur les commandes dites « de fond de rayon » :

> « Sur la supply [chaîne logistique, NDA], ça fait très longtemps par ailleurs qu'on a des systèmes de commandes automatisés. Moi j'ai mis en place des systèmes de réappro automatisés il y a trente ans, qui fonctionnaient uniquement sur les flux. C'est-à-dire qu'un algorithme, entre l'historique des ventes, le stock du magasin, il calcule les commandes tout seul tous les jours, ça fonctionne extrêmement bien. (...) Les commandes dites de fonds de rayon – je reste sur l'alimentaire, toujours – sont assez fiables. (...) Et je serais même tenté de dire que rajouter des algos là-dedans, très très pointus, pourquoi pas, mais c'est beaucoup d'investissements pour un résultat marginal qui m'apparaît assez faible. Là où ça commence à être intéressant, c'est sur la commande promo. » (GD_5, consultant, ex-Auchan)

La sophistication des algorithmes et une meilleure connaissance de la clientèle permettent d'étendre le champ de l'automatisation aux commandes non-récurrentes (promotions, formats exclusifs, etc.), autrement dit à des commandes qui impliquaient encore le sens commercial de la part des chefs de rayons et sur lesquels les algorithmes

[68] GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour.

se révélaient jusqu'alors moins efficaces que sur les formats réguliers. Les outils gagnent aussi en précision pour la prévision sur le drive, particulièrement exposé aux ruptures dans le cas des drives adossés, comme l'explique un salarié de drive : « *Aujourd'hui, on a des outils qui sont de plus en plus précis et clairs, aussi bien en nombre de calculs de commandes que dans la marchandise, les ruptures, les heures travaillées et tout... Oui, il y a des outils qui sont beaucoup plus carrés.* »

Les cas d'usage autour de la sélection et de l'optimisation des assortiments forment un autre cas intéressant d'usage des données, dans une pratique cohérente avec les impératifs économiques de la grande distribution. La diversité des références proposées à la clientèle se trouve historiquement au cœur du modèle économique de l'hypermarché, et la concurrence accrue du e-commerce aurait encore encouragé l'augmentation des références en non-alimentaire. Or, toute augmentation du nombre de références se traduit par un ralentissement de la rotation des stocks et une hausse des coûts de distribution.

> « Il y a beaucoup plus de références qu'il n'y en avait avant, quoique Carrefour a essayé de réduire les références. J'avais en tête un directeur qui m'avait dit, quand j'étais allé en comité de groupe, que chez Carrefour il y avait 90 modèles de poubelles, quand il [n']y en avait [que] 10 qui partaient. Et moi je lui avais posé la question : mais à quoi ça sert d'avoir 96 modèles de poubelles ? Les poubelles : poubelles de table, poubelles pour mettre dehors, poubelles de salle de bain, poubelles de chambre, corbeilles... Je lui avais dit : à quoi ça sert ? Ben parce qu'il faut répondre à la demande du client. Mais ça a un coût, quand vous n'avez que 10 références qui partent et 86 qui dorment, ça a un coût ! (...) Vous prenez Lidl, ils ont beaucoup, beaucoup moins de références. Et c'est sûr que c'est moins problématique, parce que quand vous êtes en rupture de stock, vous êtes peut-être moins impacté [*économiquement*] que quand vous avez beaucoup trop de références. (...) **Question.** – Vous l'avez constatée cette augmentation des références, au niveau de la logistique ? **Réponse.** – Ah oui oui oui. Bien sûr. En 27 ans, oui ! Mais on constate aussi maintenant qu'on essaie de faire machine arrière. Mais c'est compliqué. (...) Mais en magasin, ils sont en train de déréférencer beaucoup de fournisseurs, parce qu'il y en avait trop. Ça coûte une blinde, hein, ça coûte cher ! » (GD_11, préparateur de commande groupe Carrefour et coordinateur syndical CFDT)

Depuis plusieurs années, les enseignes de la grande distribution cherchent à rationaliser leurs assortiments. La croissance des références a marqué un net ralentissement au cours des années 2010[69]. Désormais, la réduction des assortiments – clairement identifiée comme un gisement de gains économiques – forme le nouvel objectif des distributeurs. Carrefour, dans son plan de transformation de 2018, s'est fixé pour objectif de réduire de 10% ses assortiments à l'échelle mondiale. L'enjeu étant, bien sûr, de les diminuer sans affecter les parts de marché. Or, les nouveaux outils numériques pourraient soutenir cet effort. Par exemple, en combinant des données-clients affinées, des données plus granulaires sur les résultats des différents magasins d'un groupe, et de meilleures capacités de calcul, des applications permettent de

[69] +3,5% en 2014, +3,1% en 2015, +2,4% en 2016, +1,7% en 2017, +1% en 2018 (Fédération du Commerce et de la Distribution, 2019).

simuler et comparer le succès de différents assortiments, pour chaque rayon, en fonction de la zone de chalandise de chaque point de vente.

> « [Les directeurs de magasin] pourront utiliser l'IA pour mieux comprendre leurs clients et construire l'assortiment qui convient le mieux au regard de ça. Ça, c'est effectivement un champ d'application que je ne vous avais pas cité, mais que j'entends très clairement exprimer là-dessus. » (GD_3, ingénieur dans un centre consacré à l'innovation dans la grande distribution)

> « Le directeur du pricing [chargé de déterminer les prix des produits, NDA] va pouvoir cliquer sur le top cinquante des magasins qui performent le mieux en chiffre d'affaires, il va ensuite rentrer le détail des produits, enfin des rayons, donc quel rayon performe le plus. Et après, **vous allez pouvoir descendre à l'échelle des EAN [des codes-barre, NDA], donc des produits** : quel produit performe le mieux ? Et en fonction, vous allez pouvoir faire des arbitrages en fonction de votre région, en fonction de la clientèle qui vient en magasin. Ça, c'est hyper important pour la proximité » (GD_8, responsable marketing au sein d'un data lab)[70]

> L'exploitation du plein potentiel de ces outils par les magasins se heurte toutefois à des rigidités organisationnelles. Elle suppose en effet un transfert du pouvoir de définition des assortiments de la centrale d'achat aux magasins. **L'opportunité de ce transfert dépend d'un arbitrage économique : entre les gains tirés d'un assortiment plus adapté aux caractéristiques des zones de chalandise de chaque magasin, ou ceux tirés de la maximisation des marges arrières par les acheteurs, qui impliquent une certaine volumétrie des achats et des assortiments plus rigides imposés aux magasins.** Cet arbitrage n'est pas sans soulever des intérêts contradictoires de la part des niveaux concernés : dans un cas en effet, les gains apparaissent directement dans la comptabilité des magasins, tandis que dans l'autre, ils apparaissent comme un résultat de l'activité des services centraux. Malgré ces tensions organisationnelles, l'opportunité d'une redéfinition des assortiments et d'une meilleure adéquation aux zones de chalandise des magasins, en s'appuyant sur des instruments numériques, est clairement saisie au niveau des centrales d'achat :« Malheureusement vous achetez en grand volume parce qu'il faut répondre, il y a un volume de clientèle important aussi. (...) [Mais] on ne répond pas aux besoins des magasins de la manière la plus exacte qui soit. Et c'est peut-être ça aussi qui a fait que... C'est pour ça qu'on arrive aujourd'hui à mettre en place des automatisations et autres, parce qu'il faut que la centrale réponde de manière exacte aux besoins de chaque magasin. » (GD_7, cheffe de projet digitalisation aux services achats du groupe Carrefour et négociatrice de branche)

Dans l'ensemble, les usages opérationnels que nous venons de citer s'inscrivent dans la continuité des efforts de la grande distribution : augmentation du débit en magasin, limitation des ruptures, accélération de la vitesse de rotation des marchandises, réduction et amélioration du ciblage des assortiments, limitation des pertes en magasin. **Les professionnels relativisent alors largement l'idée d'une rupture technologique lié**

[70] Dans son document d'enregistrement 2023, Carrefour affirme : « *La définition de l'assortiment national PGC est automatisée à plus de 80%. Des outils d'adaptation de l'offre à la zone de chalandise du magasin et d'optimisation des catalogues promotionnels, basés sur l'intelligence artificielle, sont mis en place.* » (Carrefour, 2024, p. 29)

au traitement des données : « *Grosso modo, on ne réinvente rien, ce sont des choses qui existent [déjà]. Sauf qu'aujourd'hui les moyens de calcul sont plus puissants, ce qui permet de davantage systématiser cela.* »[71] Ou comme l'estime un syndicaliste : « *Je pense qu'il n'y a pas une grosse différence entre les systèmes qui ont été implantés dans les années 2000 et ceux qu'on a actuellement. Pour l'instant.* »[72]

Les modalités de valorisation des données illustrent la pesanteur des modèles économiques historiques de la grande distribution. **Au contraire du e-commerce, qui tire sa valeur de la personnalisation des recommandations adressées à son client, la grande distribution continue à tirer sa valeur de l'accélération de la rotation des produits, qui passent par la massification des achats, la réalisation de marges arrières, la baisse des prix en magasin, la rationalisation des investissements.** Dans l'exploitation des données, les enseignes identifient alors, non sans raisons, l'amont (les rapports avec les fournisseurs, la baisse des stocks) comme le principal gisement de gains économiques – et la centralisation comme le principal levier pour les activer. La stratégie de valorisation des données reste alors en grande partie déterminée par la logique des centrales d'achat, et sous le contrôle des services centraux.

3/ Une stratégie numérique à coûts constants ?

Dans la grande distribution, la digitalisation s'est appuyée sur des dispositifs coûteux pour les enseignes, comme le drive ou la livraison à domicile. Or les données – notamment collectées sur le versant de la clientèle – ne constituent pas une ressource fortement valorisable dans le cadre des modèles économiques du secteur, et les usages plus directement opérationnels restent encore limités. Tout cela a réduit la capacité des enseignes à en faire un levier d'efficacité économique. Dans les années 2010, l'accélération de la digitalisation des enseignes a permis de trouver de nouvelles manières de valoriser le stock de données constitué par les entreprises, mais ces politiques ont elle-même mobilisé de nouvelles ressources (mise en qualité des bases de données, achat de solutions numériques sur les marchés, recrutements pour réaliser le traitement en interne, modernisation et sécurisation des infrastructures numériques). Dans son document d'enregistrement 2023, Carrefour annonce ainsi consacrer 600 millions d'euros par an à la transformation digitale du groupe[73]. « *Une boîte comme les Mousquetaires gère plus de 400 applications ! Alors que, ce n'est pas une petite enseigne, mais c'est loin d'être la plus grosse. Voilà, c'est des coûts énormes sur l'informatique.* »[74] **La digitalisation s'est donc traduite par des coûts relativement importants tandis que les gains restent encore relativement minces.**

Or, on l'a vu, la grande distribution est un secteur rétif à l'engagement et à l'immobilisation de ses ressources. La poursuite de la digitalisation repose donc sur la capacité des enseignes à compenser ces investissements par des économies réalisées sur d'autres postes de

[71] GD_4, directeur de l'innovation dans une enseigne.
[72] GD_1, secrétaire national CFDT Commerce.
[73] Ce qui reste inférieur au montant des rachats d'actions réalisés cette année-là par le groupe, pour 800 millions d'euros.
[74] GD_2, consultant.

dépenses, qui leur permettraient de *suivre le mouvement de digitalisation à coûts constants*. Ce type d'arbitrage était déjà visible lors de la première vague de numérisation dans les années 1990, lorsque certaines enseignes ont choisi de limiter l'ampleur de leur numérisation pour pouvoir privilégier d'autres stratégies de développement. Ce phénomène s'est intensifié dans les années 2010, avec l'accélération de la digitalisation, où les ajustements se sont davantage reportés sur les conditions de travail des salariés.

Les années 1990 : première digitalisation, premiers arbitrages

A la fin des années 1980 et dans les années 1990, l'industrie numérique est marquée par l'avènement de la micro-informatique, de l'informatique en réseau et par le développement d'un marché des progiciels (Genthon, 1995) – autant d'innovations qui abaissent les coûts de l'informatique, améliorent son efficacité et renforcent sa diffusion dans le tissu économique. Dans la grande distribution, ce mouvement s'est traduit par l'adoption d'une série d'innovations qui ont directement affecté les fonctions de magasinage et permis de rationaliser la chaîne logistique (Benquet, 2013; Moati, 2001) : scanérisation des caisses, numérisation des relations avec les fournisseurs (via l'EDI puis internet), centralisation de la logistique autour d'entrepôts avec introduction progressive de la commande vocale. Ces innovations sont à l'origine d'une accélération importante de la rotation des marchandises. En parallèle, le développement des réseaux d'entreprise (intranets) et celui du marché des progiciels (ERP) transforment les services centraux et favorisent la centralisation des enseignes, en réduisant considérablement les rigidités qui pesaient auparavant sur les échanges d'informations entre magasins et services centraux :

> « Avant, la difficulté, c'était, on va dire, d'installer des logiciels dans les magasins et de récupérer l'information. Alors ça peut être des envois postaux, des envois disquettes, qui étaient centralisés. Au début des années 2000, on a pu mettre à disposition des applications qui ont permis de fluidifier le transfert d'informations entre les points de vente et ce qu'on appelle les services centraux. (...) C'est ce que je disais, au début des années 2000, on a accéléré toute la partie intranet, qui a permis d'accélérer le déploiement d'applicatifs en centralisé. » (GD_13, responsable de pôle à la DSI, Cora Informatique, 20 ans d'ancienneté).

Ces innovations s'insèrent ainsi avec pertinence dans les modèles économiques de la distribution. Pourtant, l'attribution des ressources à la numérisation se trouve déjà en concurrence avec d'autres priorités stratégiques. Car les années 1990 qui marquent cette évolution des techniques informatiques sont aussi, pour de tout autres raisons, cruciales pour le secteur de la grande distribution. Après des décennies de croissance au détriment du commerce traditionnel, les enseignes de grande distribution alimentaire saturent désormais le marché national : elles commencent à se cannibaliser et doivent envisager de nouveaux relais de croissance (Moati, 2001). Pour les grands groupes, l'objectif est désormais de compenser le ralentissement de la croissance sur un marché national saturé par une politique d'internationalisation et de fusion, toutes deux gourmandes en ressources (Durand & Wrigley, 2009). Or, l'aversion des enseignes vis-à-vis de l'immobilisation des capitaux leur impose déjà de formuler des arbitrages entre les différentes stratégies. Ces arbitrages initiaux, formulés dès les années 1990, vont durablement conditionner les

cultures numériques des entreprises et leur capacité à intégrer correctement des outils informatiques au cours des décennies suivantes, comme en témoignent les options diamétralement opposées explorées par les enseignes Carrefour et Cora à cette période charnière.

Encadré 8. Les trajectoires de digitalisation contrastées de Carrefour et Cora

A la fin des années 1990, la fusion Carrefour-Promodès occupe le premier rang des priorités stratégiques du groupe Carrefour. Qualifiée par la presse de « fusion du siècle », effective au 30 août 1999, la fusion fait de Carrefour le n°2 mondial de la grande distribution. Mais en interne, le processus s'avère plus délicat qu'escompté, et le difficile processus de réorganisation des services va absorber dans les années suivantes l'essentiel des ressources du groupe, reléguant la digitalisation à un rang secondaire dans l'ordre des priorités (Baud & Durand, 2021; Benquet & Durand, 2016). Concrètement, l'entreprise développe peu de compétences numériques en interne : elle externalise aussi bien le personnel des services informatiques que le développement des solutions logicielles, majoritairement achetées sur le marché. D'après les informations recueillies au cours des entretiens, les services informatiques seraient passés de près de 1000 salariés internes au début des années 2000, à moins de 500 internes aujourd'hui, appuyés par 1000 à 1200 prestataires. Pour le personnel de ces services, les changements de stratégie qui accompagnent les multiples changements de gouvernance entravent en outre la conduite des projets internes. « *Ça ne s'est pas fait en un jour : on a mis pratiquement une bonne dizaine d'années à essayer d'harmoniser un peu les différents services informatiques pour avoir un langage commun et des logiciels communs. Et en parallèle, on a des stratégies informatiques qui sont... comment dire, revues tous les deux-trois ans, à chaque changement de directeur. Donc on est dans un perpétuel mouvement de réorganisation, de changement de stratégie.* »[75] La digitalisation de l'entreprise est profondément affectée : des années plus tard, Carrefour est toujours décrite, par son propre personnel comme par ses concurrents, comme une entreprise technologiquement retardataire : « *On a toujours des systèmes... en fait chez Carrefour, qui sont archaïques quand même : de vieux systèmes, des vieilles machines, de vieux ordinateurs. Donc ça, ça met un frein aussi autour de tous ces projets de numérisation ou de digitalisation.* »[76] Une anecdote recueillie auprès d'un responsable syndical illustre cette situation :

> « Pour la petite histoire, pour la petite anecdote, on est en train d'intégrer des magasins ex-Casino en ce moment. On en a repris 23. Et je discutais avec les collègues des magasins Géant-Casino, notamment de [tel magasin], ou [de tel autre]. Et ils me disaient que sur les applis de traitement du drive, donc les applis internes, ils ont le sentiment, avec les outils Carrefour, de revenir 10-15 ans en arrière. (...) Les ex-Casino trouvent que ce qu'on a chez Carrefour, c'est plutôt obsolète, oui. » (GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour)

À la même période, la trajectoire du groupe Cora est diamétralement inverse. Malgré sa taille plus modeste, le groupe alloue des ressources importantes aux services informatiques et privilégie la création de postes en interne : les effectifs des services informatiques seraient passés de 65 personnes au total, au début des années 2000, à environ 180 internes appuyés par 60 externes actuellement. Un effort particulier est consacré à l'ingénierie logicielle : au contraire de Carrefour, dont l'ERP est un logiciel commercialisé par l'entreprise SAP, les ingénieurs de Cora

[75] GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour.
[76] GD_1, secrétaire national CFDT Commerce.

développent une solution interne : Messire. « *On a une culture d'entreprise historique qui était de développer ses propres solutions. Donc, à part la compta... Au début des années 2000, on développait toutes les solutions internes, avec nos compétences internes.* »[77] Ces outils développés par les services informatiques semblent être considérés comme des outils efficaces ; certaines solutions font même l'objet d'une cession pour équiper trois magasins d'une enseigne concurrente. « *Tout ce qui est gestion commerciale, notre outil interne, on n'a pas trouvé des solutions équivalentes du marché. On était prêt à mettre des solutions de plusieurs millions d'euros pour les déployer. Et nos utilisateurs nous ont dit, non non, nous notre solution interne nous convient, on n'a pas l'équivalent des fonctionnalités qu'on a sur des solutions du marché. C'est pour ça qu'on a toujours des applications qu'on continue à développer et à déployer en interne.* »[78] Pas plus que celle de Carrefour toutefois, la stratégie de Cora n'est exempte d'arbitrages. Parallèlement à l'attribution de ressources et de l'augmentation des effectifs dans les services informatiques, le groupe Cora a perdu 3000 emplois pendant la décennie 2010[79] et a limité les investissements injectés dans la rénovation des magasins. À la clé : un parc de magasins vieillissant, coûteux à entretenir et rénover compte-tenu des surfaces concernées. Les difficultés économiques de Cora ont finalement entraîné son rachat par Carrefour. Ironie de l'histoire, au moment de la fusion des services, les deux enseignes se trouvent dans des situations opposées en termes d'organisation : « *On sait en termes de moyens humains, je disais que chez nous, c'est 180 internes et 60 externes. Donc, on a un ratio de trois quarts internes et puis d'un quart externe. Eux, c'est complètement l'inverse : ils sont sur un ratio d'un quart interne et trois quarts externe.*»[80]

Les années 2010 : des contreparties sociales aux investissements numériques ?

Dans les années 2010, la digitalisation devient une priorité stratégique pour de nombreuses enseignes. Cependant, soutenir cette transformation tout en maîtrisant les coûts suppose des contreparties économiques, avec un impact accru sur les conditions de travail. Malgré leurs différences de taille, les trajectoires de Carrefour et de Cora présentent ici des points communs. Entre 2017 et 2018, les deux enseignes adoptent des plans stratégiques pour accélérer leur digitalisation : Carrefour lance le plan Carrefour 2022**,** tandis que Cora met en œuvre le projet Renaissance**.**

On l'a vu, le plan Carrefour 2022 marque la volonté du groupe de rattraper le retard accumulé dans la digitalisation, d'une part en allouant des ressources supplémentaires aux services numériques et d'autre part, en soutenant le développement des nouveaux canaux de vente, comme le drive. Mais en parallèle de l'attribution de nouveaux moyens aux services informatiques, le projet comporte également un important volet d'économies.

> « Alexandre Bompard, quand il est arrivé, il annonçait un plan stratégique avec 2,5 milliards d'économies. Donc qui s'achevait en 2022. Et son deuxième plan, qui fait 2023-2026, donc qui s'appelle le Plan 2026, lui il vise à faire plus de 4 milliards d'économies. Et donc en fait, ces économies-là, il va surtout les chercher dans les frais de personnel et dans les investissements magasins. » (GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour)

[77] GD_13, responsable du pôle data, Cora Informatique.
[78] GD_13, responsable du pôle data, Cora Informatique.
[79] https://actu.fr/normandie/evreux_27229/plan-social-cora-evreux-13-salaries-dans-tourmente_31206763.html [consulté le 19/10/2024]
[80] GD_12, chef de projet chez Cora informatique.

La mesure la plus spectaculaire est le placement en location-gérance d'une fraction importante du parc d'hypermarchés : le magasin devient formellement indépendant tout en restant lié par un cahier des charges rigoureux, le versement d'un loyer au groupe Carrefour, l'alignement sur les services centraux du groupe (achats, logistique, marketing...) – autrement dit, sans acquérir l'autonomie d'un véritable indépendant. La principale conséquence est le transfert formel de la main-d'œuvre entre le groupe et les entreprises des locataires-gérants. Depuis 2018, plus de 300 magasins sont passés en location-gérance : 23 000 salariés sont formellement sortis des effectifs et perdent les avantages statutaires acquis au sein du groupe Carrefour.

Le groupe Cora adopte également une nouvelle feuille de route en 2018 : le projet Renaissance. Celui-ci se traduit par un effort marqué en direction des services informatiques. Le groupe va en effet simultanément : recruter du personnel supplémentaire pour soutenir de nouvelles applications (par exemple, pour le développement de la mobilité en magasin), réaliser la migration sur le cloud pour améliorer ses capacités de calcul, acheter des solutions sur le marché – les besoins excédant désormais les capacités des services informatiques. Les ressources allouées apparaissent particulièrement importantes compte-tenu de la taille relativement modeste du groupe.

> « Ces dernières années, [on a eu] beaucoup plus [de moyens]. Parce qu'on a revu effectivement nos budgets à la hausse. On a pu avoir des leviers, effectivement, pour se renforcer. D'un point de vue humain aussi : comme je vous donnais l'exemple, [sur] le pôle data, j'avais des gros projets qui arrivaient, sur la data visualisation, le big data. Je suis parti : un interne, trois externes. J'ai actuellement sept internes, cinq externes. Donc là j'ai quasiment fait fois trois, l'équipe. Donc ça, ça a été des moyens supplémentaires qui ont été accordés. Après, la possibilité aussi de prendre des solutions du marché, des solutions plus innovantes, plus modernes, avec des opportunités autour de ça. » (GD_13, responsable de pôle à la DSI, Cora Informatique)

Or, en parallèle, le même plan prévoit également différentes mesures d'économies, qui affectent principalement les cols bleus des magasins – la plus significative étant peut-être le développement de la polyactivité en magasin. Au total, 1077 salariés auraient refusé de signer l'avenant à leur contrat de travail ouvrant la voie à la polyactivité, aboutissant au licenciement de 917 d'entre eux pour motif économique[81].

Cette conjonction d'efforts d'investissement accrus en faveur des services et solutions informatiques, couplée à des reculs sociaux affectant principalement les cols bleus en magasin, se retrouve également dans d'autres groupes. Un délégué syndical du groupe Carrefour souligne ainsi : *« J'échange souvent avec des collègues d'Auchan, c'est vrai qu'ils sont dans cette même logique d'essayer de réduire les coûts et d'augmenter l'omnicanalité, la digitalisation. »*

Les investissements requis pour la digitalisation ne suffisent pas à expliquer, à eux seuls, l'orientation de ces plans d'économie qui répondent également à d'autres pressions – en

[81] « Crise des hypermarchés : Cora annonce le départ de 907 salariés », *Sud-Ouest*, 22/07/2020. https://www.sudouest.fr/economie/social/crise-des-hypermarches-cora-annonce-le-depart-de-907-salaries-1890837.php [consulté le 06/01/2025]

premier lieu, l'érosion de la rentabilité des enseignes. Mais les ressources limitées pour les investissements renforcent la nécessité de réaliser des arbitrages pour poursuivre la digitalisation. En outre, face aux difficultés à capturer pleinement les bénéfices économiques de la digitalisation, ces plans supposent bel et bien des trajectoires parallèles de développement numérique et de régression sociale.

Digitalisation invisible, transformation réelle du travail

Les transformations technologiques ne sont pas toujours perceptibles du point de vue des salariés des magasins. La digitalisation de la grande distribution se limite en effet à certaines fonctions, tout en désaffectant les espaces où elle n'est pas jugée prioritaire. Dans les années 2010, l'accélération de la digitalisation est restée centrée sur le parcours-client (drive, mobilité clients, applications mobiles...), des usages axés sur l'extérieur (data sharing, retail media...) et la poursuite de la numérisation des services centraux et de la logistique – des secteurs où le déploiement des solutions génère des économies *à l'échelle du groupe*. À l'inverse, la numérisation du procès de travail en magasin s'est appuyée sur une amélioration graduelle de technologies déjà déployées depuis les années 1990 (automatisation du processus de commandes, des ressources humaines, amélioration des caisses automatiques) sans faire intervenir de véritable rupture technologique[82]. L'accélération de la digitalisation dans certains secteurs coïncide même parfois avec une régression sur ces procès de travail considérés comme moins stratégiques, qui accusent des signes d'obsolescence.

> « Carrefour parle de digitalisation, veut se moderniser, etc. Il y avait, pour les hôtesses de caisse, des douchettes sans fil. Et parce que, justement, ça deviendrait trop cher, mais parce qu'on les a mal entretenues, parce qu'on n'a pas fait appel aux prestataires, etc., et bien on repasse aux douchettes à fil. Ce qui est juste une aberration, alors là pour le coup c'était l'année dernière, donc une aberration en 2023. (...) C'est ça qu'on peut dire : c'est que la partie informatique ou digitalisation extérieure, pour les clients, est bien plus efficace que la partie intérieure, interne, pour les salariés. Puisque ça, c'est fait de toute façon à grands coups de publicité, de promotions, d'incitations, avec des offres particulières. » (GD_9, délégué syndical national CFDT, groupe Carrefour)

> « On a encore des solutions qui sont bancales aujourd'hui, hein ! On n'a même pas du wifi par exemple dans tous les magasins encore. Et c'est comme ça parce qu'à un moment donné, il y a des décisions d'investissement qui n'ont pas été prises. **Question.** – Et la Fibre, par contre, vous l'avez ? **Réponse** – Ah la Fibre c'est pareil, elle n'existe pas partout. » (GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour)

> « Vous pouvez prendre n'importe quelle thématique et vous allez voir qu'on fonctionne encore au crayon et à la feuille ! » (GD_7, cheffe de projet digitalisation aux services achats du groupe Carrefour et négociatrice de branche)

[82] Ce n'est pas faute d'innovation technique, puisque des technologies innovantes se développent dans la grande distribution non-alimentaire, comme la reconnaissance automatique des produits en caisse (une martingale de la distribution, mise en place chez Décathlon) ou le « magasin du futur » dont plusieurs démonstrateurs ont déjà été développés. Mais les investissements requis dans la distribution alimentaire, où les achats se composent d'articles nombreux et peu coûteux (des caddies plutôt que des paniers), et où les surfaces sont étendues, découragent l'adoption à large échelle de ces technologies.

L'inertie technologique apparente rend, dans une certaine mesure, la digitalisation de la distribution relativement invisible aux yeux de ses propres salariés. Elle n'est donc pas nécessairement perçue comme un enjeu social. Or, pour être relativement invisible, la digitalisation n'en a pas moins des conséquences importantes pour les salariés – notamment via ses effets indirects sur la mobilité interne et sur la recomposition des effectifs en magasin.

La trajectoire de numérisation de la grande distribution a historiquement accompagné une paralysie de la mobilité interne des salariés. Dès les années 1990, les innovations numériques adoptées par la grande distribution tendent à renforcer le mouvement de centralisation des enseignes. L'automatisation du réassort d'une part, le renforcement de la centralisation des enseignes facilitée par les intranets et les ERP d'autre part, ont entraîné dès cette période un déplacement du travail des magasins vers les centrales. Ainsi, les fonctions de commande, d'achat, de logistique, ont progressivement échappé au contrôle des magasins. Les effets se font principalement sentir sur les strates d'encadrement intermédiaire (chefs de rayons, gestionnaires de stocks, services supports), autrefois alimentées par la promotion interne, paralysant ainsi la mobilité professionnelle et sociale des salariés des magasins. Inversement, les prérogatives des services centraux – en particulier des centrales d'achat – se renforcent sur des dimensions qui restaient jusqu'alors du ressort des magasins : détermination des assortiments, de la volumétrie, du pricing des magasins. D'après Benquet (2013), les effectifs du siège d'une des principales enseignes françaises seraient passées de 200 à 2000 personnes entre 1991 et 1995. L'accélération de la digitalisation au cours de la dernière décennie tend à renforcer ce mouvement.

> « Finalement, moi j'ai démarré je vous dis il y a trente ans, dans des magasins où on avait finalement peu de data réelles mais où on prenait les décisions sur place par rapport à ce qu'on voyait. Et petit à petit, on s'est rendu compte de la supériorité de la donnée agrégée à un niveau supérieur : direction régionale, direction nationale, etc., avec une capacité de négociation, et donc on génère plus de valeur ajoutée. Et donc on a délégué notre pouvoir du magasin vers la centralité. Les sièges sociaux se sont hypertrophiés. Et on a réduit les cerveaux en magasin : moins de chefs de rayons en magasin, mais des centrales d'achat qui ont considérablement grossi. Et donc les décisions se prennent en centrale, sur des moyennes, avec des bases statistiques, pour l'ensemble d'un parc de magasins. » (GD_5, consultant, ex-Auchan)

> « Aujourd'hui, Carrefour va vraiment à l'essentiel : c'est-à-dire il faut des gens pour s'occuper des rayons, il faut des caissières et après, dans les magasins, y compris la fonction RH tend à disparaître, vous voyez... » (GD_6, ingénieur à la DSI du groupe Carrefour)

Un tel mouvement a des conséquences sociales importantes, dans la mesure où les postes d'encadrement en magasin conditionnaient les perspectives d'évolution interne et de promotion sociale des salariés de la grande distribution – tandis que les personnels du siège se recrutent désormais essentiellement dans un environnement de diplômés (Benquet, 2013). Ces mutations ont donc des implications importantes sur les trajectoires sociales et professionnelles des salariés du secteur, comme sur les équilibres sociaux à l'échelle de certains bassins d'emploi où les enseignes de grande distribution peuvent jouer un rôle important. Elles expliquent aussi, d'ailleurs, les raisons objectives de la résistance au

changement que les professionnels de la numérisation estiment rencontrer au niveau des directeurs de magasins, dont la position est affaiblie par ces mutations – le passage récent en location-gérance ne restituant aucune autonomie réelle à ces fonctions.

> « Il y a beaucoup de personnes de la vieille école, notamment dans le retail au niveau des supermarchés ou des hypermarchés, des directeurs d'hyper et de super, pour en avoir cotoyé pas mal par le passé, ils sont très réfractaires au changement. Ils disent que tout fonctionne, ils ont leurs habitudes, blabla, blabla… » (GD_8, responsable marketing au sein d'un datalab)

Outre ces effets sur la mobilité sociale des salariés, la numérisation du parcours d'achat se traduit actuellement par une recomposition inédite de la main d'œuvre en magasin. À ce titre, le drive est probablement un des dispositifs émergents liés à la numérisation qui provoque la plus forte transformation du travail en magasin. Son apparition entraîne en effet l'émergence d'un nouveau métier : celui de préparateur de commandes adressées aux clients. Or le développement de ces nouveaux métiers accompagne une autre transformation majeure : la régression des postes de caissières liée à l'automatisation des caisses. Ainsi, **on assiste à un véritable déplacement du travail entre ces postes, l'augmentation du personnel dédié au drive accompagnant la diminution des effectifs employés en caisse.** Ce déplacement est certes discret, d'abord en raison de la croissance très progressive du drive au cours de ses deux premières décennies d'existence, ensuite du fait de la réduction elle-même progressive des effectifs en caisse – qui s'est principalement appuyée sur le non-remplacement de départs en retraite. A moyen-terme, le déplacement n'en est pas moins significatif : entre 2009 et 2020, les effectifs de caissiers auraient baissé de 18%, tandis que les effectifs logistiques en magasin auraient nettement augmenté[83].

> « Nous, quand ça a été créé au tout début, c'était une toute petite équipe. Parce qu'ils étaient 5-6 personnes quand c'est arrivé, vous voyez, c'était vraiment pas énorme… Aujourd'hui, pour vous donner une idée, (…) on tourne à trente personnes. Donc vous voyez ça a vraiment progressé. Et on a tourné à quasiment plus d'une quarantaine de personnes pendant le covid. » (GD_10, responsable d'un drive adossé)

Or, le travail est loin de concerner le même type de personnel ni d'offrir les mêmes perspectives professionnelles. Alors que les équipes des caisses étaient principalement composées par un personnel féminin, dont le noyau bénéficiait de carrières relativement stables, les équipes du drive sollicitent du personnel plus jeune, capable d'absorber les contraintes physiques redoublées du travail (15 à 20km à parcourir chaque jour incluant le transport manuel ou semi-manuel d'articles pondéreux), qui sont sujettes à un turnover important.

> « Généralement, ouais, j'ai un très gros turnover. (…) Là, grosso modo, sur mes 30 personnes que j'ai, on va dire que… Déjà, il faut enlever au moins 8 étudiants, qui sont des

[83] Entre 2009 et 2020, ils sont passés de 37 à 43% des effectifs des hypers, et de 42 à 55% des supermarchés. Cécile Prudhomme, « Le chamboule-tout des métiers de la grande distribution, percutés par l'IA, la location-gérance et l'essor des caisses automatiques », *Le Monde*, 11/04/2024. https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/04/11/grande-distribution-le-big-bang-dans-l-emploi_6227113_3234.html [consulté le 06/01/2025]

> petits contrats à huit heures, et après dans tout ça, ça fait 22 [personnes]... Je vais avoir quoi, 12 personnes en CDI, tout le reste c'est des apprentis. Ce qu'on appelle nous les contrats d'apprentissage. (...) Et puis c'est des gens, en fait, qui n'ont pas forcément envie de rester non plus. Ils font leur apprentissage, quand ils ont fini, on leur propose un CDI, ils ne le veulent pas parce qu'ils ne veulent pas rester. Vous voyez, c'est un peu... l'entre-deux, vous voyez ce que je veux dire. Ils sont là, ils essaient, ils voient, et puis après, ils ne restent pas quoi. » (GD_10, responsable d'un drive adossé)

Ces mutations affectent donc les équilibres sociaux au sein des magasins. D'autant plus que malgré des mutations désormais bien installées dans le paysage du secteur, les métiers du drive peinent à acquérir une reconnaissance dans les grilles de qualification du secteur.

> « Mes préparateurs sont assistants de vente, sont au même niveau d'une hôtesse de caisse, par exemple. Alors que ce n'est pas du tout le même métier. Aujourd'hui, on n'a aucune classification... Aujourd'hui, on ne peut pas demander une fiche de poste, par exemple, à Carrefour sur le métier du drive, ils ne l'auront pas. Parce que ça n'existe pas. » (GD_10, responsable d'un drive adossé)

Conclusion

La digitalisation de la grande distribution et la valorisation des données qui en découlent montrent que l'accumulation massive de données ne génère pas, à elle seule, des opportunités rentables. Car si la grande distribution s'est mise précocement, dès le début des années 2000, à collecter des données relatives à sa clientèle, leur exploitation poussée n'a été possible qu'à partir des années 2010 – avec l'émergence du cloud et la réduction des coûts de calcul. Aujourd'hui encore, cette exploitation reste limitée, la revente de ces données aux industriels étant leur principale forme de valorisation – une activité cohérente avec les modèles économiques de la distribution, puisqu'elle permet de générer de nouvelles marges arrières. Inversement, la personnalisation du marketing est souvent perçue comme moins rentable, voire contradictoire avec les stratégies de massification et de standardisation des achats. Ainsi, l'utilisation des données prolonge la centralisation et la pression sur les fournisseurs, sans entraîner pour l'instant de rupture significative ni de déplacement des modèles économiques de la grande distribution.

Au cœur de l'action syndicale se trouve l'enjeu de visibiliser les conséquences sociales de cette digitalisation, dans un contexte où ce lien n'a rien de transparent. Ici, les effets de la digitalisation sont en grande partie indirects : ils touchent non seulement les salariés dont le travail se digitalise, mais aussi – peut-être encore plus durement – ceux dont les postes de travail restent visiblement éloignés de ces innovations. Les directions, en communicant a minima sur leurs orientations techniques, contribuent elles-mêmes à entretenir cette opacité.

La digitalisation agit en fait de deux manières sur les équilibres sociaux du secteur. D'abord de manière directe, en renforçant des choix organisationnels qui limitent la progression des carrières, transforment les métiers et modifient la composition de la main d'œuvre – comme dans le cas du renforcement de la centralisation ou du développement du drive. Mais aussi de manière indirecte, par les arbitrages économiques qui accompagnent le financement des nouvelles technologies et qui supposent éventuellement des concessions

salariales destinées à compenser le coût de la digitalisation. Sous cet angle, des choix organisationnels comme le passage en location-gérance ou le développement de la polyactivité n'apparaissent pas dénués de liens avec le développement des instruments digitaux. **Révéler ces liens permet d'identifier les innovations numériques, non pas comme de simples instruments techniques, mais comme un enjeu social susceptible d'affecter les carrières de toutes les catégories de salariés.** Ils ne peuvent bien sûr être soulignés sans davantage de transparence sur les choix techniques et les orientations financières des directions – les impacts indirects transitant précisément par ces arbitrages financiers.

De manière générale, les applications « opérationnelles » destinées à améliorer l'efficacité du travail (efficacité et fluidité de la chaîne logistique, réduction de la démarque inconnue, réactivité des commandes, mécanisation du drive) ouvrent des marges de manœuvre syndicales en améliorant les résultats de l'entreprise et en réduisant la pénibilité au travail. Inversement, les applications « marketing » (livraison à domicile, retail media, personnalisation du parcours d'achat, etc.) s'inscrivent dans une logique de conquête de parts de marchés déjà existants, sans créer de nouveaux marchés ni améliorer l'organisation du travail existante. Leur déploiement, au détriment des investissements dans l'amélioration des conditions de travail et dans le parc de magasins, a un effet défavorable sur les salariés (Greenan & Napolitano, 2023). Or, jusqu'à présent, l'approfondissement de la digitalisation des enseignes – sur le versant de la captation des données comme de leur exploitation – semble davantage privilégier ce type d'usages, au prix d'une relative désaffection du numérique « opérationnel » – voire une « dé-numérisation » des magasins et de certains postes de travail où les salariés se retrouvent confrontés à des matériels obsolètes qui renforcent la pénibilité. **Cet effet est renforcé par l'influence croissante des fournisseurs de solutions numériques qui, à mesure que la perte d'expertise interne diminue, déterminent les orientations techniques des entreprises du secteur en fonction de leurs propres priorités, en vue de valoriser les solutions déjà développées.**

La faible disponibilité des ressources dans la grande distribution appelle une approche pragmatique et critique des innovations adoptées. Dans la mesure où les données ne jouent pas un rôle central dans les modèles économiques du secteur, l'opportunité de déployer de nouvelles applications doit être évaluée sur la base de ses qualités propres – et non pour le rôle qu'elle pourrait jouer dans la capture de nouvelles données. **De manière générale, les applications opérationnelles qui contribuent réellement à améliorer l'efficacité du travail et ouvrent des marges de négociation sur la répartition des gains de productivité devraient être systématiquement privilégiées sur le traitement marketing des données.** En outre, si le recours au marché et aux prestataires apparaît inéluctable au vu de la croissance des besoins informatiques et du niveau de technicité des solutions, **il est important d'intégrer le risque de perte d'expertise dans la réflexion sur l'externalisation des activités informatiques afin de préserver en interne des ressources nécessaires pour aborder de manière critique les innovations proposées par l'extérieur.**

Loin de se jouer uniquement dans les instances centrales et en amont du déploiement, l'accompagnement syndical de la numérisation concerne évidemment les magasins, où

s'expriment ses effets. Le drive représente à ce titre un enjeu majeur. Alors qu'il renforce son importance dans l'économie des magasins, son organisation technique n'est guère stabilisée et les métiers n'y sont pas encore pleinement reconnus. **Il est crucial de réduire l'important turnover de ces activités, qui déstabilise les équipes et entrave la constitution de noyaux syndicaux durables.** D'autant plus que son potentiel est important : le drive étant géré par des équipes réduites et spécialisées, représentant une part croissante du chiffre d'affaires des magasins, immédiatement visible par la clientèle, sa syndicalisation pourrait présenter un potentiel important pour renforcer la position syndicale – et devrait sans doute être considérée comme un objectif clé par les équipes syndicales en magasin.

CONCLUSION

Technologie labile et de portée générale, le numérique met en mouvement une nouvelle distribution des activités et, par conséquent, de la valeur ajoutée. En effet, à mesure que la productivité progresse, une part croissante de la valeur dégagée par ces innovations échappe aux entreprises utilisatrices pour venir financer les producteurs des technologies. Des semi-conducteurs aux algorithmes de traitement, les anticipations de gains sont colossales dans le cœur de cette « économie de la donnée », dominée par les géants du cloud et du traitement des données (les fameux GAFAM) aux côtés des fabricants de puces sophistiquées.

Pourtant « l'économie de la donnée » ne se limite pas à ce cercle restreint : **pour que les anticipations des investisseurs se convertissent en profits réels, encore faut-il que les innovations se traduisent par des gains de productivité tangibles.** Or leur intégration dans le tissu productif repose sur l'activité d'une chaîne d'acteurs parfois bien plus modestes, qui adaptent les solutions et les infrastructures généralistes aux usages spécifiques de chaque branche d'industrie. Là où le numérique est amené à jouer un rôle productif – et donc économique – important, des entreprises issues des secteurs concernés cherchent à s'insérer dans ces maillons intermédiaires où se déplace une part croissante de la valeur.

Quelle que soit la place prise par cet « amont numérique », l'économie de la donnée repose en définitive sur des transformations concrètes dans le monde de la production. **Ici, chaque innovation entraîne à la fois une transformation technique et une reconfiguration organisationnelle du travail – avec des effets ambivalents pour les salariés. Car si les gains de productivité obtenus sur le plan technique dégagent des marges de manœuvre pour l'action syndicale, les changements dans l'organisation des secteurs, des entreprises et des métiers tendent à saper ses bases : c'est le même progrès technique qui fournit les bases d'une amélioration des conditions de travail et de rémunération et qui les retire en percutant les qualifications, les formes d'organisation et de défense des salariés, limitant la possibilité de convertir l'innovation en acquis social.**

Ces effets organisationnels doivent être pris en compte au même titre que les dispositifs techniques eux-mêmes. Dans le secteur électrique, on l'a vu, le compteur communicant soutient la libéralisation de la filière – nouvelles activités, nouveaux acteurs privés, nouvelle structure des tarifs – avec des effets sur les travailleurs du secteur comme sur l'ensemble des consommateurs. Dans la grande distribution, les conditions de travail et d'emploi forment une variable d'ajustement pour le financement d'une digitalisation qui produit encore peu de gains d'efficacité. Ce sont ces transformations qui, en fragilisant voire en fracturant les collectifs de travail, sapent les bases qui permettent d'orienter le progrès technique dans un sens favorable aux travailleurs.

Les données ne jouent pas un rôle uniforme dans l'économie. En comparant les trajectoires de deux secteurs d'activité très différents, cette étude a surtout mis en lumière la diversité des dynamiques technologiques et des modes de valorisation des données au sein du tissu économique – y compris parmi les grandes entreprises. Elle souligne ainsi la nécessité

d'appréhender ces transformations à l'échelle sectorielle, afin de mieux comprendre comment les entreprises s'approprient les innovations, d'en évaluer le potentiel économique concret, d'identifier les changements organisationnels qu'elles impliquent et leurs effets possibles sur les collectifs de travail – indispensables éléments pour orienter l'action syndicale.

BIBLIOGRAPHIE

Atif, J., Burgess, J. P., & Ryl, I. (2022). *Géopolitique de l'IA : Les relations internationales à l'ère de la mise en données du monde*. le Cavalier bleu éditions.

Bacache-Beauvallet, M., & Bourreau, M. (2022). Concurrence sur les marchés de plateforme. In *Économie des plateformes.* (p. 53-71). La Découverte.

Baud, C., & Durand, C. (2021). *Making profits by leading retailers in the digital transition : A comparative analysis of Carrefour, Amazon and Wal-Mart (1996-2019).*

Beeker, É. (2023). Le numérique, une solution sous-utilisée pour répondre aux défis de la gestion des systèmes électriques: *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, *N° 110*(2), 46-51. https://doi.org/10.3917/re1.110.0046

Benedetto-Meyer, M., & Boboc, A. (2021). *Sociologie du numérique au travail*. Armand Colin.

Benhamou, S. (2022). *Les transformations du travail et de l'emploi à l'ère de l'Intelligence artificielle : Évaluation, illustrations et interrogations* [Document de projets]. Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes.

Benoît, T., & Besson-Moreau, G. (2019). *Rapport sur la situation et les pratiques de la grande distribution et de ses groupements dans leurs relations commerciales avec leurs fournisseurs. Tome 1* (Rapport d'enquête 2268; p. 169). Assemblée Nationale.

Benquet, M. (2013). *Encaisser !!! : Enquête en immersion dans la grande distribution*. La Découverte.

Benquet, M., & Durand, C. (2016). La financiarisation de la grande distribution : Restructuration de l'actionnariat et déclin économique du groupe Carrefour (1999-2013). *Revue Française de Socio-Économie*, *n° 16*(1), 37-59. https://doi.org/10.3917/rfse.016.0037

Bernier, A. (2023). *L'énergie hors de prix*. Les éditions de l'Atelir.

Bômont, C., & Cattaruzza, A. (2020). Le cloud computing : De l'objet technique à l'enjeu géopolitique. Le cas de la France: *Hérodote*, *N° 177-178*(2), 149-163. https://doi.org/10.3917/her.177.0149

Carrefour. (2024). *Document d'enregistrement universel 2023* (p. 480).

Cattaruzza, A. (2019). *Géopolitique des données numériques : Pouvoir et conflits à l'heure du big data*. le Cavalier bleu éditions.

Commission de régulation de l'énergie. (2019). *Le fonctionnement des marchés de gros de l'électricité et du gaz naturel en 2018*. Commission de régulation de l'énergie.

Commission de régulation de l'énergie. (2024). *Analyse de la CRE sur le phénomène de prix de l'électricité négatifs et recommandations relatives aux dispositifs de soutien aux énergies renouvelables* (p. 10).

Cour des Comptes. (2024). *Contrôle de suite sur le déploiement et l'utilisation des compteurs Linky*. Cour des Comptes.

Danieli, A. (2018). *La «mise en société» du compteur communicant Innovations, controverses et usages dans les mondes sociaux du compteur d'électricité Linky en France*. Paris Est.

Darmois, G. (2004). *Pourquoi privatiser? EDF et l'enjeu de l'énergie*. Belin.

Delort, P. (2018). *Le big data* (2e éd. mise à jour). PUF.

Deneux, M., Nègre, L., & Sittler, E. (2013). *Sur la transition énergétique allemande «Energiewende»* (Rapport d'informaton 249). Sénat.

Derdevet, M. (2018). La coopération énergétique avec la Chine, entre yin et yang. *Revue de l'Energie*, *641*.

Durand, C., & Wrigley, N. (2009). Institutional and Economic Determinants of Transnational Retailer Expansion and Performance: A Comparative Analysis of Wal-Mart and Carrefour. *Environment and Planning A: Economy and Space*, *41*(7), 1534-1555. https://doi.org/10.1068/a4137

Eising, R., & Jabko, N. (2001). Moving Targets: National Interests and Electricity Liberalization in the European Union. *Comparative Political Studies*, *34*(7), 742-767. https://doi.org/10.1177/0010414001034007002

Enedis. (2025). *Rapport de mission 2024*.

Éthique de l'entreprise: Réalité ou illusion?: (2010). L'Harmattan. https://doi.org/10.3917/har.coll.2010.01

Etude prospective des emplois de la filière électrique. (2020). https://ufe-electricite.fr/wp-content/uploads/2020/10/edec_filiere_electrique_-_rapport_vf.pdf

Eyl-Mazzega, M.-A., & Mathieu, C. (2019). *La dimension stratégique de la transition énergétique. Défis et réponses pour la France, l'Allemagne et l'Union européenne*. IFRI.

Fédération du Commerce et de la Distribution. (2019). *Evolutions du commerce et de la distribution : Faits et chiffres 2019* (p. 58). Fédération du Commerce et de la Distribution.

Frénot, S., & Grumbach, S. (2014). Les données sociales, objets de toutes les convoitises: *Hérodote, n° 152-153*(1), 43-66. https://doi.org/10.3917/her.152.0043

Genthon, C. (1995). *Croissance et crise de l'industrie informatique mondiale*. Syros.

Genthon, C. (2006). *De quelques problèmes d'économie industrielle appliqués à l'industrie du logiciel.* [Mémoire en vue de l'obtention d'une Habilitation à Diriger les Recherches]. LEPII, Université Pierre Mendès-France.

Greenan, N., & Napolitano, S. (2023). Investir dans la capacité d'apprentissage de l'organisation pour la double transition digitale et écologique. In *Que sait-on du travail ?* (p. 208-223). Presses de Sciences Po. https://doi.org/10.3917/scpo.colle.2023.01.0208

Guellec, D. (2017). *Économie de l'innovation* (3e éd). la Découverte.

Haskel, J. E., Westlake, S., & Bury, L. (2019). *Le capitalisme sans capital : L'essor de l'économie immatérielle*. PUF.

Industrie du Futur (p. 64). (2015). https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/industrie-du-futur_dp.pdf

Janco, M., & Furjot, D. (1972). *Informatique et capitalisme*. François Maspero.

Jumel, S., & Mallet, P. (2023). Les enjeux de la numérisation pour les gestionnaires du réseau de distribution: *Annales des Mines - Responsabilité et environnement, N° 109*(1), 77-81. https://doi.org/10.3917/re1.109.0077

Lamb, T. (2020). *Linky : Un compteur pour les gouverner tous. Introduction controversée d'un instrument de « la » transition énergétique*. Panthéon-Assas.

Lara, M. D. (2013). 5. Les défis de la gestion optimisée des smart-grids. In R. Mosseri & C. Jeandel (Éds.), *L'énergie à découvert* (p. 284-285). CNRS Éditions. https://doi.org/10.4000/books.editionscnrs.11186

Macela-Gouin, H. (2023). De la deuxième vague d'électrification: *Annales des Mines - Responsabilité et environnement, N° 109*(1), 62-67. https://doi.org/10.3917/re1.109.0062

Mazzuchi, N. (2018). *La Chine et les réseaux électriques européens : Stratégie et enjeux géoéconomiques* (Note de la Fondation pour la Recherche Stratégique 16). Fondation pourla Recherche Stratégique.

Moati, P. (2001). *L'avenir de la grande distribution*. Odile Jacob.

Nathan, A., Grimberg, J., & Rhodes, A. (2024). *Gen AI: too much spend, too little benefit?* (Issue n°129). Goldman Sachs.

Naville, P., & Cours-Salies, P. (2016). *Vers l'automatisme social ? Machines, informatique, autonomie et liberté*. Éditions Syllepse.

Negri, A., & Vercellone, C. (2008). Le rapport capital / travail dans le capitalisme cognitif. *Multitudes*, *32*(1), 39. https://doi.org/10.3917/mult.032.0039

Percebois, J. (2019). *Les défis de la transformation du secteur électrique européen. Concurrence, numérique et réseaux*. IFRI.

Rikap, C. (2022). Becoming an intellectual monopoly by relying on the national innovation system : The State Grid Corporation of China's experience. *Research Policy*, *51*(4), 104472. https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104472

Solier, B. (2023). La nécessité de faire évoluer le modèle du marché européen de l'électricité: *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, *N° 109*(1), 23-28. https://doi.org/10.3917/re1.109.0023

Vercellone, C. (2008). La thèse du capitalisme cognitif : Une mise en perspective historique et théorique. In *Les nouveaux horizons du capitalisme. Pouvoir, valeur, temps.* (p. 71-95). Economica.

Vyt, D., Jara, M., Mevel, O., Morvan, T., & Morvan, N. (2017). Des distributeurs toujours plus proches du consommateur ? Le cas du drive alimentaire: *Management & Avenir*, *N° 93*(3), 141-160. https://doi.org/10.3917/mav.093.0141

Zouhri, M., & Rehali, B. (2016). Cloud Computing ou informatique à la demande : Enjeux et perspectives. *Revue Marocaine de Gestion et d'Economie*, *3*(17).