



# Réindustrialisation: l'impact essentiel de la 5G

Concilier souveraineté numérique  
et croissance économique

# Table des matières

<b>À propos de l’Institut Sapiens, auteur de cette note</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>5G, une technologie de rupture et un outil indispensable d’un monde global interconnecté</b>	<b>6</b>
1.1 Performance des réseaux 5G et usage industriel	6
1.2 Technologie indispensable de la souveraineté numérique	9
1.3 Ecosystème et infrastructures des réseaux 5G	10
<b>II. Déploiement de la 5G : panorama international et européen</b>	<b>15</b>
2.1 Benchmark, le déploiement de la 5G industrielle au niveau mondial	16
<b>III. Application industrielle – un moteur de la réindustrialisation en France</b>	<b>18</b>
3.1 Positionnement de la France dans une course à la 5G	18
3.2 L’écosystème et la mise en œuvre de la 5G industrielle en France	21
<b>IV. Réalité économique</b>	<b>25</b>
4.1 Rationalité économique et préoccupations sécuritaires	25
4.2 Un montage et une gestion hybride – concilier souveraineté numérique et croissance économique	27
<b>Conclusion</b>	<b>31</b>

# À propos de l'Institut Sapiens, auteur de cette note

L'Institut Sapiens est un *think tank* (laboratoire d'idées) indépendant et non partisan réfléchissant aux nouvelles conditions d'une prospérité partagée à l'ère numérique. L'humanisme est sa valeur fondamentale. Son objectif est d'éclairer le débat économique et social français et européen.

Il fédère un large réseau d'experts issus de tous horizons, universitaires, avocats, chefs d'entreprise, entrepreneurs, hauts fonctionnaires, autour d'adhérents intéressés par les grands débats actuels. Sapiens s'attache à relayer les recherches académiques les plus en pointe.

Les travaux de Sapiens sont structurés autour de **onze observatoires thématiques** : développement durable ; agriculture ; IA et éthique ; science et société ; santé et innovation ; travail, formation et compétences ; politiques, territoire et cohésion sociale ; innovation économique et sociale ; droit social ; immobilier ; échanges internationaux.

Pour en savoir plus, visitez notre site internet : [institutsapiens.fr](http://institutsapiens.fr)





## Introduction

L'« industrie est un pilier essentiel de notre économie pour assurer l'indépendance et la souveraineté de la France »<sup>1</sup>, rappelait Emmanuel Macron, Président de la République, en 2023, lors d'un discours aux acteurs de l'industrie française.

Depuis plus de deux décennies, les gouvernements successifs font de la réindustrialisation un axe majeur de leur politique économique, sans jamais réussir vraiment à relancer une dynamique industrielle forte.

Les progrès technologiques récents, notamment l'avènement de la 5G et de l'IA, pourraient cependant rebattre les cartes des défis industriels et représenter une opportunité unique de relance de la compétitivité. L'une des pierres angulaires de ce processus est l'innovation et l'accélération technologique permettant de révolutionner « les méthodes de production, voire les produits industriels eux-mêmes »<sup>2</sup>, tout en travaillant à baisser les coûts de production.

---

1 Elysée, *Accélérer notre réindustrialisation : le Président présente sa stratégie.*, Elysée, 11 mai 2023.  
2 Elysée, *op. cit.*

S'inscrivant dans cette dynamique, l'État français a lancé en 2021 le plan d'investissement « France 2030 ». Ce plan dont l'objectif est de « financer la réindustrialisation »<sup>3</sup> favorise le développement et l'expérimentation de l'usage industriel des technologies de pointe.

Conformément aux volontés du plan « France 2030 », la réindustrialisation de la France doit impliquer une généralisation de la robotisation et de l'automatisation dans les processus de production. Les technologies concernées, dont le déploiement doit être facilité par un cadre réglementaire propice à leur utilisation, sont celles indispensables pour le fonctionnement de l'industrie connectée/intelligente.<sup>4</sup>

Le principal facteur d'accélération et d'orchestration de ces nouvelles technologies est le réseau 5G. Ce réseau est le socle des interconnexions entre les différentes innovations déjà existantes, telles que l'Internet des objets (IoT), le cloud, l'intelligence artificielle et la robotique. Compte tenu de ses caractéristiques, il représente un catalyseur d'innovation et donc un changement de paradigme majeur en termes de transformation des processus industriels.

Ce pouvoir transformationnel fait de la 5G, et sa généralisation, un pré-requis à une souveraineté industrielle française et européenne retrouvée, ainsi qu'un outil indispensable à la compétitivité de l'appareil productif du futur. Concrètement, il ne peut y avoir de véritable plan de réindustrialisation sans une ambition forte en matière d'infrastructures numériques 5G industrielles.

Toutefois, au cours de ces dernières années, certains pays européens ont eu tendance à « neutraliser » cette capacité et ce potentiel d'innovation des acteurs technologiques et industriels, au travers d'une législation nationale parfois peu adaptée en invoquant des risques liés à la sécurité. L'Union européenne fournit bien à ses membres une boîte à outils pour la sécurité 5G, la 5G Toolbox, visant à garantir un haut niveau de sécurité des infrastructures télécoms, mais elle ne propose que des lignes directrices et chaque pays est ensuite libre de définir un cadre législatif et réglementaire local.

Parmi les nations d'Europe où le secteur industriel pèse le plus lourd dans la performance économique, l'Allemagne a choisi une approche « hybride », à deux niveaux, qui met en avant la sécurité du cœur du réseau et les systèmes de gestion critique tout en autorisant les équipements de tous les fournisseurs dans les réseaux d'accès et de transport. Cette stratégie présente un triple avantage : elle est

---

<sup>3</sup> Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique (MEFSIN), *Où s'informer sur le plan de réindustrialisation de la France ?*, MEFSIN

<sup>4</sup> Bpifrance, *Intelligence artificielle et robotique : les clés de la réindustrialisation en France*, Bpifrance, BigMédia, 29 août 2024.

pragmatique sur le plan économique, car elle apporte des garanties aux opérateurs, technologique, car elle permet de bénéficier des meilleures technologies et sécuritaire, en garantissant la résilience des réseaux.

La France, quant à elle, a adopté des règles strictes qui obligent les opérateurs à faire, avant chaque nouveau déploiement d'un site 5G, une demande d'autorisation à durée limitée. Une contrainte importante pour les opérateurs, dont les investissements massifs dans la nouvelle génération de réseaux mobiles doivent s'inscrire dans une vision à long terme pour être rentabilisés. D'autre part, la législation française empêche opérateurs et industriels de choisir librement les équipements les plus performants en matière de 5G. Pire encore : certains des matériels les plus efficaces sont démontés pour être remplacés par des solutions moins performantes.

Le cadre réglementaire actuel va à l'encontre de l'objectif de réindustrialisation, avec deux conséquences majeures :

- Le retard accumulé dans le déploiement d'infrastructures 5G industrielles sera difficile à rattraper — un retour en arrière nécessiterait des investissements lourds et beaucoup de temps.
- En parallèle, d'autres pays, qui ont su distinguer ce qui relève de la souveraineté absolue et ce qui appartient à la libre concurrence, prennent une avance significative.

Non seulement nos infrastructures vont à contresens de l'effort de réindustrialisation, mais nous risquons également de creuser notre retard face à des concurrents qui, eux, accélèrent.

Dès lors, il peut être intéressant d'étudier plus en détail les spécificités du modèle allemand et ses bénéfices, notamment dans le cadre des efforts de réindustrialisation entamés par les pays de l'Union.



# 5G, une technologie de rupture et un outil indispensable d'un monde global interconnecté

## 1.1 Performance des réseaux 5G et usage industriel

Les réseaux 5G constituent une avancée technologique majeure, tant par leurs champs d'utilisation que par leur performance, et sont devenus une nécessité vitale pour une industrie productive et compétitive. Les principaux atouts en matière de performance de cette nouvelle génération de réseaux de télécommunication sont :

1. les débits de données (ex. vitesse de téléchargement) – 10 fois plus rapide que celui de la 4G passant de 1 à 20 Gigabits par seconde (Gbps)<sup>5</sup> ;

2. une faible latence – le délai d’attente, qui se mesure en millisecondes, est dix fois moins long qu’avec le 4G<sup>6</sup>, qui permet une réponse quasiment en temps réel<sup>7</sup> ;
3. la grande densité des terminaux/appareils connectables<sup>8</sup> – 10 000 fois plus qu’avec la 4G<sup>9</sup> passant à 2,5 millions d’appareils par km<sup>2</sup> par rapport à 250 appareils avec le 4G<sup>10</sup> ;
4. la précision de positionnement<sup>11</sup> – facilitant la connexion ininterrompue des objets connectés (ex. comme des robots) ;
5. une utilisation des données « à la demande », grâce aux antennes intelligentes, aux faisceaux orientables, contrairement à l’exposition provenant des réseaux avec la 4G.<sup>12</sup>
6. la sécurité – la 5G utilise des méthodes de chiffrement plus avancées que les générations précédentes. D’autre part, le contenu des messages transmis est non seulement chiffré, mais leur intégrité est assurée.

**« Plus qu’une simple nouvelle génération de télécoms, la 5G doit être vue comme une formidable boîte à outils dont tous les secteurs et tous les clusters d’innovation doivent se saisir. »** – Guillaume Pepy, extrait du livre *L’avenir c’est la 5G !*, Débats Publics (2023)<sup>13</sup>

En raison de ces caractéristiques, la 5G n’est pas uniquement un facilitateur de la communication grand public mais aussi, et surtout, un outil essentiel qui permet de numériser, automatiser et robotiser la production industrielle, en assurant une interconnexion en temps réel. Ainsi, la 5G sert comme un méta-réseau, intégré à l’appareil productif connecté.

De ce fait, la 5G rend possible le déploiement d’autres technologies ou fonctionnalités (intelligence artificielle, réalité virtuelle ou augmentée, cloud), et le développement de nouvelles activités qui visent à rendre plus agiles et optimiser les projets industriels. L’efficacité renforcée de la production contribue également à l’optimisation de la consommation énergétique des usines.<sup>14</sup> Cette transformation prend forme dans les usines, les matériaux / objets

---

6 *Ibid.*

7 Agence Nationale des Réseaux Fréquences, (ANRF), *Tout comprendre du déploiement de la 5G en France*, ANRF

8 Vie Publique, *Téléphonie mobile : l’impact carbone de la 5G*, Vie Publique, 31 décembre 2020.

9 ANRF, *op. cit.*

10 Ericsson, *op. cit.*

11 Bouygues, *La 5G Advanced : que va-t-elle changer ?*, Bouygues, 2 septembre 2024 ; Ericsson, *op. cit.*

12 ANRF, *op. cit.*

13 Guillaume Pepy, « Préface », in Stéphane Richard et al., *L’avenir c’est la 5G !*, Débats Publics, 2023, p. 18.

14 MEFSIN, *Réseaux privés 4G/5G à usages industriels : réduction des redevances*, MEFSIN, 11 janvier 2023.

et les travailleurs connectés.<sup>15</sup> Néanmoins, en fonction du secteur industriel et du type de site de déploiement les cas d'usage de la 5G varient.<sup>16</sup> À titre d'exemple, certaines fonctionnalités répandues et couramment citées par les acteurs professionnels sont<sup>17</sup> :

1. l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) pour des fins de maintenance prédictive – grâce à la collecte et l'analyse de données en temps réel<sup>18</sup> ;
2. la mise en œuvre de maintenances assistées avec l'aide de travailleurs connectés ;
3. le déploiement des jumeaux numériques (par le biais des capteurs et objets connectés) afin de contrôler les étapes de la production et de les optimiser<sup>19</sup> en temps réel ;
4. la communication « machine-to-machine » (M2M), sans-fils ; ou
5. le pilotage et la surveillance à distance des outils industriels et leur géolocalisation.

Cependant, la connectivité généralisée que permet la 5G nécessite la sécurisation des flux de données, qui sont produits en volume et à haute fréquence. Dans le cadre de l'utilisation industrielle de la 5G, la sécurité est assurée notamment par le déploiement des réseaux privés et fermés avec des bandes de fréquences dédiées<sup>20</sup>, délimités dans l'espace. Ce dispositif permet aux entreprises de piloter et superviser la production connectée, tout en maîtrisant le flux des données. *In fine*, cette architecture renforce la sécurité des données, sans l'intervention d'un acteur tiers.<sup>21</sup>

**« Une fois pleinement déployée, la technologie 5G pourra fournir un réseau extrêmement fiable, bénéficiant de performances plus élevées en termes de bande passante et plus homogènes à travers le territoire ; une connexion plus stable, même en mobilité grâce à des vitesses de l'ordre de 500 km/h ; et une efficacité énergétique bien supérieure à celle d'aujourd'hui, avec des batteries jusqu'à 100 fois moins énergivores qu'actuellement. »** – Stéphane Richard, extrait du livre *L'avenir c'est la 5G !*, Débats Publics (2023)<sup>22</sup>

**« Le potentiel immense de la 5G est celui d'une technologie habilitante, d'une brique horizontale qui permettra l'éclosion d'innovations de rupture dans tous les domaines. »** – Guillaume Pepy, *op. cit.*<sup>23</sup>

15 Philippe Herbert et Lucas Gravit, *5G industrielle. Rapport de la mission*, Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance (MEFR), 7 mars 2022, p. 12.

16 *Ibid.*

17 *Ibid.* ; Vertical M2M, *op. cit.*

18 European Commission (EC), *Bâtir l'avenir numérique de l'Europe*. 5G, EC, 7 juin 2022.

19 Orange, *La 5G booste les performances du secteur industriel*, Orange

20 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 22.

21 Ernest and Young (EY), *5G Observatory Biannual Report of June 2024 (Situation as of 31 March 2024)*, EY, juin 2024, p. 24.

22 Stéphane Richard, « La 5G, un réseau télécom pas comme les autres », in Stéphane Richard et al., *L'avenir c'est la 5G !*, Débats Publics, 2023, p. 27.

23 Guillaume Pepy, « Préface », in Stéphane Richard et al., *op. cit.*, p. 17.

## 1.2 Technologie indispensable de la souveraineté numérique

La rapidité de la 5G rend l'utilisation de cette technologie particulièrement novatrice dans les secteurs où l'échange d'informations et de données en temps réel est crucial pour éviter les accidents pouvant mettre en danger la sécurité et la santé des utilisateurs.<sup>24</sup> Deux exemples édifiants sont :

1. la mobilité intelligente avec, par exemple, le déploiement des véhicules autonomes<sup>25</sup> ;
2. la santé connectée, sous la forme d'opérations à distance à l'aide de robotique (ex. par le biais des bras robotisés) et de transmission des résultats médicaux en temps réel.<sup>26</sup>

Les avancées technologiques dans ces deux secteurs permettraient aux Français vulnérables et isolés de recourir à l'aide médicale, même en cas de manque de professionnels de santé dans leur espace géographique proche, et de regagner leur mobilité. Ainsi, ces évolutions pourraient considérablement contribuer à l'amélioration de la qualité de vie et du quotidien des Français. En outre, la qualité de vie des usagers pourrait connaître une amélioration supplémentaire par le déploiement généralisé de la 5G en faveur des villes intelligentes. Cela implique que l'infrastructure urbaine intègre les réseaux de 5<sup>e</sup> génération afin d'offrir des services connectés aux résidents, allant du contrôle et de l'optimisation du trafic à l'utilisation de l'énergie et de l'eau.<sup>27</sup>

Ces domaines, qui sont des systèmes nerveux de l'économie du futur, sont hautement stratégiques en termes de flux des données liées à l'approvisionnement, la sécurité et la santé des Français. Ainsi l'application de la 5G dans les services publics et dans la production industrielle constitue la colonne vertébrale de la souveraineté numérique des États. De ce fait, il est essentiel d'assurer que les infrastructures 5G sont résilientes aussi bien aux catastrophes naturelles qu'à d'autres risques, qu'ils soient physiques ou cybernétiques.<sup>28</sup> Par conséquent, l'architecture des réseaux de 5e génération doit être conçue, de bout en bout, en intégrant ces enjeux. Cette approche nécessite de connaître les

---

24 Tristan Gaudiaut, *op. cit.*

25 Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep), LA 5G, Arcep, 2 avril 2024 ; Orange, Véhicules connectés : comment la 5G transforme les mobilités du futur ? Découvrez le résumé du webinar., Orange

26 Simon Souris, *Opérer un patient à distance, c'est désormais possible grâce à la 5G*, L'Echo, 30 novembre 2017.

27 Arcep, *op. cit.*

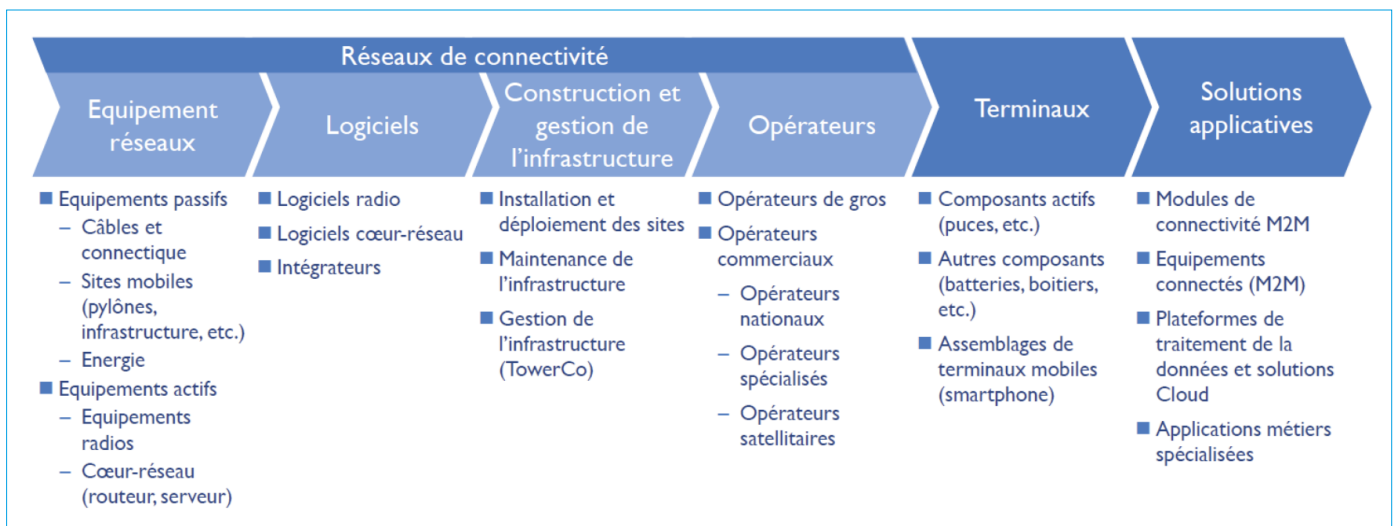
28 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 15.

éléments de la chaîne de valeur 5G, et d'identifier les vulnérabilités inhérentes à l'infrastructure du réseau, de son noyau (cœur du réseau) à sa « périphérie » (réseaux d'accès ou de transport) et sa gestion logicielle.<sup>29</sup>

## 1.3 Ecosystème et infrastructures des réseaux 5G

L'écosystème sophistiqué de la 5G repose principalement sur trois chaînes de valeurs distinctes et interdépendantes : la connectivité réseau (ex. englobant les phases de la fabrication d'équipements, le déploiement de logiciels de gestion, l'installation, l'opérationnalisation et la maintenance des infrastructures), les terminaux (ex. puces, batteries, *smartphones*) et les solutions applicatives (cas d'usages – ex. équipements connectés, plateforme de traitement de données).<sup>30</sup> Les réseaux de connectivité mobile sont l'épine dorsale de ce système, qui nécessite l'installation et la gestion des infrastructures physique couplées aux logiciels.

Graphique 1 – L'écosystème 5G structuré autour de trois chaînes de valeur (en France) – principaux éléments<sup>31</sup>



Le système des réseaux 5G s'appuie sur des stations de base et d'antennes mobiles utilisant les bandes de fréquences spécifiques, auxquels peuvent se connecter des appareils d'utilisateurs individuels ou professionnels.<sup>32</sup> Son infrastructure se compose :

<sup>29</sup> Thales, Thales CPL 5G Security Solutions from the Edge to the Core, septembre 2023 ; Thales, *Qu'est-ce que la 5G ?*, Thales

<sup>30</sup> MEFR, *L'Observatoire...op. cit.*, p. 13.

<sup>31</sup> *Id.*

<sup>32</sup> Orange, FAQ : *Architecture 5G*, Orange. 8. *Quel est le rôle des antennes 5G dans la couverture réseau ?* ; Orange, *Le déploiement de la 5G*, Orange

## 1. d'un cœur de réseau

- ✓ qui est le point d'authentification et d'accès du réseau, le centre de coordination des communications entre appareils intelligents, et le noyau du contrôle et de la gestion des données qui circulent<sup>33</sup> ; de plus
- ✓ il est à l'origine de la division du réseau 5G en tranches (*slicing*) afin de créer de multiples réseaux virtuels personnalisés pour divers cas d'usages.<sup>34</sup>

## 2. d'un réseau d'accès, auxquels appartiennent des antennes et des équipement radios.<sup>35</sup>

La particularité du déploiement de la 5G, comparé à la 4G, réside dans l'utilisation des fréquences plus élevées qui supportent d'importants débits même dans les zones très denses<sup>36</sup> et des antennes intelligentes-directives. De plus, contrairement à la 4G, l'émission des ondes pour le réseau 5G n'est pas permanente, elle s'adapte aux besoins et aux temporalités d'usages ce qui rend la 5G moins énergivore que sa « prédécesseure ».

Figure 1 – Emission ciblée de la 5G comparé à la 4G<sup>37</sup>



En France, les opérateurs nationaux de télécommunication utilisent, en priorité, les fréquences dans la bande 3,49-3,8 GHz.<sup>38</sup> Cette fréquence est dédié uniquement au réseau 5G.<sup>39</sup> De plus, les expérimentations sont en cours dans les bandes 2,6 GHz TDD, la bande 26 GHz, ainsi que dans la bande 3,8-4,0 GHz.<sup>40</sup> S'agissant de cette dernière bande, un guichet d'expérimentation a été ouvert en 2022, pour une durée de trois ans, dédié aux cas d'usage industriels

33 Orange, FAQ : Architecture 5G. 5. Quel est le rôle du « core » 5G dans le réseau ?, Orange

34 Ibid. ; MEFR, *L'Observatoire...op. cit.*, p. 6.

35 MEFR, *L'Observatoire...op. cit.* p. 10 ; Frédéric Vergnaud, *Le cœur de réseau évolue vers la 5G*, Ericsson, 2 septembre 2021.

36 Orange, *FAQ...op. cit.* ; Ministère de l'économie des finances et de l'industrie (MEFI), *5G : fonctionnement et déploiement*, MEFI

37 Ariase, *Tout savoir...op. cit.*

38 MEFR, *L'Observatoire...op. cit.*, p. 6.

39 ANFR, 5G, ANFR ; Arcep, *Attribution des fréquences en métropole*, Arcep, 12 septembre 2024.

40 Arcep, *Demande des fréquences pour expérimenter un pilote 5G*, Arcep, 11 octobre 2022.

ou d'autres cas d'usages professionnels de la 5G.<sup>41</sup> Chaque utilisateur industriel qui sollicite l'utilisation de la bande en question peut se voir attribuer un maximum de 100 MHz de spectre, sous forme d'autorisation locale à des fins d'expérimentation.<sup>42</sup>

Les opérateurs, qui sont à la manœuvre du lancement et de la généralisation des services 5G sur le territoire, sont responsables de la mise en place et de la gestion des infrastructures nécessaires, en exploitant les équipements adéquats. En France, l'exploitation de certains équipements radioélectriques doit être étudiée par l'Agence nationale de sécurité des systèmes (ANSSI) et être autorisée par le Premier ministre.<sup>43</sup> Les opérateurs doivent demander l'autorisation d'exploitation des appareils concernés auprès de ces autorités responsables.

***Régime d'autorisation préalable de l'exploitation des équipements de réseaux radioélectriques, par des opérateurs, comme indique la loi du 1er août 2019<sup>44</sup>***

« Est soumise à une autorisation du Premier ministre, dans le but de préserver les intérêts de la défense et de la sécurité nationale, l'exploitation sur le territoire national des appareils, à savoir tous dispositifs matériels ou logiciels, permettant de connecter les terminaux des utilisateurs finaux au réseau radioélectrique mobile [...] »

« L'autorisation mentionnée [...] n'est requise que pour l'exploitation, directe ou par l'intermédiaire de tiers fournisseurs, d'appareils par les opérateurs mentionnés à l'article L. 1332-1 du code de la défense<sup>45</sup>[...].

« L'autorisation d'exploitation d'un appareil peut être octroyée après examen d'un dossier de demande d'autorisation remis par l'opérateur. Le dossier précise les modèles et les versions des appareils pour lesquels l'autorisation est sollicitée. »

« L'autorisation est octroyée, le cas échéant sous conditions, pour une durée maximale de huit ans. Le renouvellement de l'autorisation fait l'objet d'un dossier de demande de renouvellement, qui est remis au moins deux mois avant l'expiration de l'autorisation en vigueur [...] ». <sup>46</sup>

---

41 MEFI, *Deux nouvelles mesures pour favoriser l'accès à la 5G industrielle*, MEFI, 16 mars 2022.

42 Arcep, *Plateformes d'expérimentation 5G dans la bande 3,8 - 4,0 GHz pour les entreprises et industriels*, Arcep, 20 décembre 2022.

43 Vie Publique, *Téléphonie mobile 5G : sept questions sur son déploiement*, Vie Publique, 28 septembre 2021.

44 Légifrance, *Loi n° 2019-810 du 1er août 2019 visant à préserver les intérêts de la défense et de la sécurité nationale de la France dans le cadre de l'exploitation des réseaux radioélectriques mobiles*, Légifrance

45 « Les opérateurs publics ou privés exploitant des établissements ou utilisant des installations et ouvrages, dont l'indisponibilité risquerait de diminuer d'une façon importante le potentiel de guerre ou économique, la sécurité ou la capacité de survie de la nation [...] » in Légifrance, *Code de la défense. Article L1332-1*, Légifrance

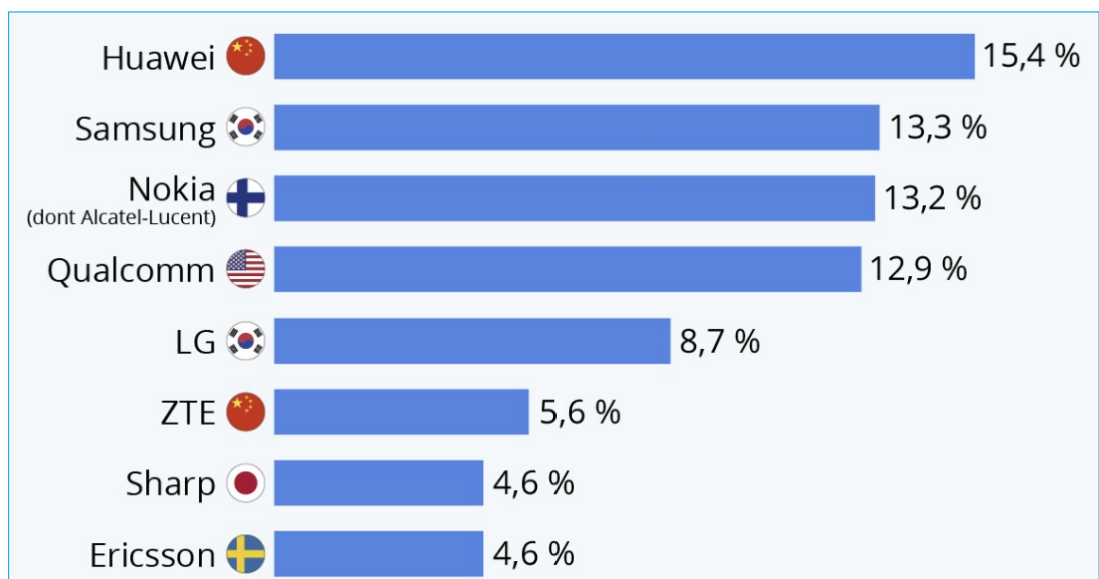
46 Légifrance, *Loi n° 2019-810, op. cit.*

À l'heure actuelle, le choix de fournisseur d'équipement reste assez restreint, en tenant compte du nombre limité d'équipementiers majeurs : il y en a moins de cinq à l'échelle mondiale, dont seulement deux européens (Nokia et Ericsson).

En France, l'offre est encore plus restreinte. Un exemple : les autorisations accordées aux opérateurs. Elles peuvent être de 3, 5 ou 8 ans. Nokia et Ericsson jouissent d'une relative liberté, alors que Huawei est le seul fournisseur à voir son autorisation d'exercer dans notre pays, limitée à 3 ans, alors même qu'il reste et demeure le leader incontesté en matière d'innovation 5G. Du point de vue économique, certains opérateurs utilisant Huawei sont ainsi obligés depuis 2023 de remplacer les équipements du géant asiatique, ce qui coûte cher. C'est une réelle contrainte pour les opérateurs concernés, mais également pour les consommateurs et les entreprises qui subissent les conséquences liées au ralentissement du déploiement de la 5G.

En Allemagne, ces contraintes n'existent pas et tous les fournisseurs sont sur un pied d'égalité. Il n'est pas besoin de remplacer le matériel à certaines échéances car des périmètres de protection clairs ont été établis. Le gouvernement allemand a, en effet, choisi d'imposer l'utilisation de composants critiques européens dans les cœurs de réseaux 5G d'ici fin 2026 mais d'autoriser les opérateurs à choisir les équipements de leur choix dans les réseaux d'accès radio 5G (RAN) et les réseaux de transport, à condition d'utiliser leurs propres systèmes de gestion et non ceux de leurs fournisseurs. Ainsi, l'Allemagne peut construire ses réseaux avec les meilleurs équipements du marché, quels qu'ils soient, sans pour autant sacrifier l'intégrité de ses infrastructures critiques, ni sa souveraineté.

**Graphique 2 – Les entreprises détenant le plus grand nombre de brevets sur la technologie 5G, en février 2021 (en %)<sup>47</sup>**



<sup>47</sup> Tristan Gaudiaut, *Télécoms : les entreprises qui mènent la course à la 5G*, Statista, 26 février 2021.

Huawei a investi plus de 1,249 trillion de yuans dans la recherche et le développement au cours des dix dernières années et détient plus de 150 000 brevets valides autorisés dans le monde entier. À la fin de l'année 2024, Huawei comptait plus de 113 000 employés en recherche et développement, soit 54,1 % du nombre total d'employés. L'investissement à long terme dans la recherche et le développement a fait de Huawei l'un des plus grands détenteurs de brevets au monde, y compris dans la 5G, une technologie stratégique pour l'entreprise qui investit dans son développement depuis 2009.

Cet engagement s'est par exemple traduit en 2019, par l'introduction par Huawei sur le marché d'une solution novatrice : l'antenne BladeAAU. Cette antenne active multi-bandes, fruit du travail des laboratoires de R&D de Huawei, combine au sein d'un même équipement les éléments actifs de la 5G avec les éléments passifs de la 2G, 3G et 4G. Et ce, sans perte de couverture. D'autres équipementiers télécoms ont ensuite proposé des solutions similaires. Aujourd'hui en France et dans le monde, 20 à 30 % des sites 5G, tous opérateurs confondus, sont équipés de ce type d'antennes. Et récemment, Huawei a mis sur le marché une nouvelle génération de ses antennes BladeAAU, qui optimise encore davantage la fusion entre parties active et passive.

**Tableau 1 – Les 3 premiers équipementiers en termes de nombre de brevets 5G, en 2025<sup>48</sup>**

1. Huawei
2. Qualcomm
3. Ericsson

---

48 *Ibid.*



## II. Déploiement de la 5G : panorama international et européen

Tableau 2 – Comparaison du déploiement de la 5G sur les marchés internationaux (la Chine, le Corée du Sud, le Japon, les États-Unis et l’Union européenne)<sup>49</sup>

	China 	South Korea 	Japan 	USA 	EU 
Approximate number of 5G base stations*	3,500,000	307,000	146,000	175,000	460,000
Total country population	1,425,700,000	51,800,000	123,300,000	340,000,000	448,400,000
5G base stations per 100,000 inhabitants	245	593	118	51	103
Indicative 5G subscribers*	851,000,000	30,000,000	26,000,000	317,000,000	223,000,000
Indicative 5G subscribers per 100,000 inhabitants	59,690	57,915	21,087	54,750	29,893

<sup>49</sup> *Ibid.*, p. 13.

Le déploiement de la 5G est une réalité tant au niveau de l'Union européenne qu'en France, même si ni l'UE, ni la France ne figurent parmi les acteurs qui arrivent à mettre en place et opérationnaliser cette technologie très rapidement sur l'ensemble de leur territoire.

La montée du protectionnisme à l'échelle mondiale façon un paysage international en mutation, et incite l'Union européenne à accélérer le déploiement de la 5G dans tous les États Membres, afin de renforcer son indépendance technologique à travers une stratégie coordonnée. Cette stratégie facilite non seulement l'établissement des infrastructures nécessaires, mais qui garantit également que les normes appliquées dans les 27 pays concernés sont compatibles,<sup>50</sup> en accord avec les ambitions de mise en œuvre d'un marché unique numérique, une étape principale de l'intégration européenne dans une période de course à la compétitivité technologique et industrielle.<sup>51</sup>

De ce fait, l'Union européenne s'engage dans une transformation industrielle numérique, qui, à ce stade, est encore inachevée. Toutefois, étant donné que le déploiement de la 5G industrielle nécessite des dispositifs et maîtrises technologiques spécifiques, comparé à la 5G « grand public », des infrastructures et procédures additionnelles doivent être mises en place. Ces adaptations sont nécessaires pour l'opérationnalisation des réseaux privés ou hybrides conçus sur mesure pour satisfaire divers cas d'usages industriels.

## 2.1 Benchmark, le déploiement de la 5G industrielle au niveau mondial

La France s'est engagée dans la course technologique pour créer des conditions favorables, en termes d'infrastructure et de dispositifs, à l'utilisation de la 5G industrielle. Comme cela est constaté par Philippe Herbert, chargé par le gouvernement français de conduire une mission sur la 5G industrielle, le pays est en phase avec le déploiement de cette technologie au niveau mondial, en particulier en ce qui concerne le degré de maturité du réseau et ses perspectives d'évolutions.<sup>52</sup> Cependant, des améliorations doivent être apportées concernant le nombre de réseaux privés déployés et le rythme de lancement des projets expérimentaux.

---

50 EC, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Un plan d'action pour la 5G en Europe, EC, 16 septembre 2016,

51 Barbara Martinello, *L'omniprésence du marché unique numérique*, Parlement européen, mai 2024.

52 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 28.

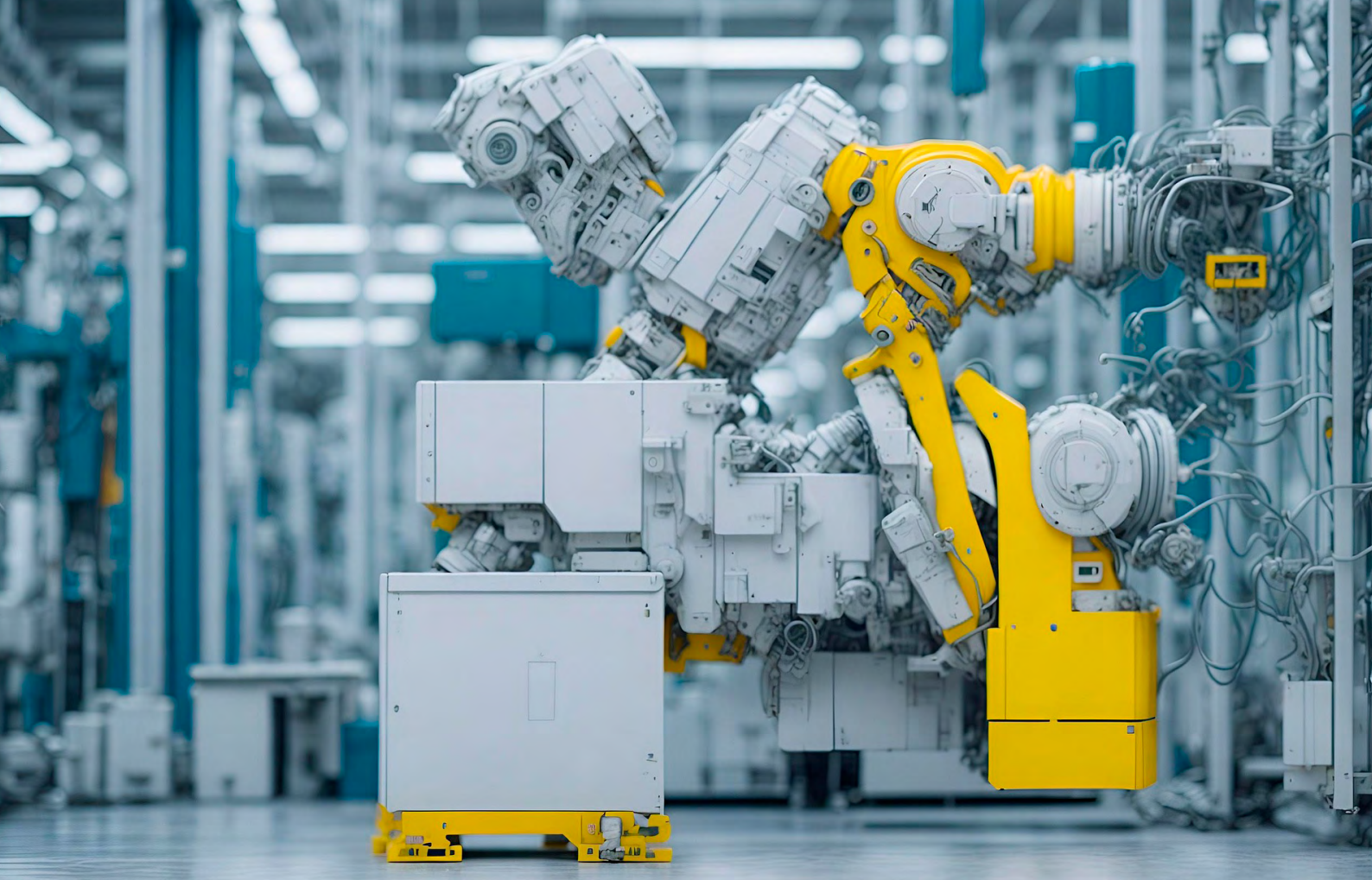
Les expérimentations, qui sont un préalable au déploiement de la 5G industrielle à l'échelle nationale, sont en cours dans plusieurs États. Parmi les pays qui visent à étendre l'usage de la 5G industrielle sur leur territoire national, l'Allemagne se démarque par le dynamisme des expérimentations et le partage des solutions (ex. au sein de la 5G *Industry Campus Europe* (5GICE), proposant des ateliers et des tests d'usages ; à l'usine de Volkswagen dans son usine de Wolfsburg, etc.). Dans ce pays, l'approche dynamique et proactive des acteurs concernés se conjugue à un accès facilité aux bandes de fréquences pour les réseaux privés 5G à usage industriel, grâce à des procédures simplifiées. Jusqu'au début de l'année 2022, plus de 170 autorisations ont été délivrées par le régulateur, qui permettent l'utilisation locale de fréquences dédiées, pour déployer un réseau 5G privé au sein d'une usine. Des dispositifs similaires ont été également introduits au Japon et aux États-Unis, afin de faciliter l'utilisation locale et ciblée de cette technologie pour des fins industrielles, à travers des fréquences dédiées.<sup>53</sup> Comme Philippe Herbert l'évoque, « ces écosystèmes ont accès à des largeurs de bande souvent plus élevées qu'en France ».<sup>54</sup>

Malgré un rythme de déploiement et d'expérimentations industriels limités, la France reconnaît l'importance stratégique et le rôle de catalyseur de cette nouvelle technologie pour la transformation industrielle et la réindustrialisation du pays. Dès lors, l'État français favorise le déploiement de la 5G industrielle à l'échelle nationale par le biais de plans stratégiques et des financements associés.

---

53 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 27.

54 *Ibid.*, p. 28.



## III. Application industrielle – un moteur de la réindustrialisation en France

### 3.1 Positionnement de la France dans une course à la 5G

La 5G est un prérequis de la transformation numérique de la production ce qui, est elle-même, indispensable pour une industrie compétitive à l'échelle mondiale à l'ère d'une révolution technologique accélérée. Cette logique et réalité économique implique également qu'une réindustrialisation viable à long terme doit passer par des usines connectées, équipées des réseaux 5G.<sup>55</sup> Dans cette optique, un investisseur 5G et infrastructures numériques de la Banque des Territoires affirme qu'« [i]l est difficile d'envisager une industrie 4.0 forte, relocalisée dans nos régions et compétitive sur l'échiquier mondial, sans une connectivité de très haut niveau ».<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Banque des Territoires, *Financement de la 5G et des infrastructures numériques : la Banque des Territoires au service de la réindustrialisation*, Banque des Territoires, 31 mars 2023.

<sup>56</sup> *Ibid.*

De ce fait, la réindustrialisation en France « s'inscrit en corolaire de la transition numérique de l'industrie et du passage vers l'industrie du futur ».<sup>57</sup> Cette transformation a pour but d'engendrer la numérisation et l'automatisation des processus industriels qui ont le potentiel de devenir des incitations à la relocalisation des industries stratégiques et de devenir des vecteurs de croissance de l'économie française. Reconnaisant son potentiel, l'État français considère la télécommunication 5G comme un secteur stratégique. Ainsi, en 2021, le gouvernement a lancé une stratégie nationale d'accélération de la 5G et déployé des instruments financiers correspondants. Ces dispositifs, comme France Relance et France 2030, soutiennent les projets favorisant le développement et l'expérimentation de l'usage industriel de la 5G.<sup>58</sup> Ces projets permettent de tester l'intégration de la 5G dans divers secteurs industriels à travers des cas d'usages spécifiques et « personnalisés ». Les expérimentations visent à évaluer la faisabilité, l'utilité et l'effet catalyseur de la 5G lors des différentes phases de la production et les véritables gains de productivité qu'elle engendre.<sup>59</sup>

A moyen terme, ces expérimentations permettent à la France de proposer aux industriels non seulement l'infrastructure 5G, mais aussi un savoir savoir-faire national et des solutions agiles.<sup>60</sup> La convergence des infrastructures matérielles et des compétences techniques crée des conditions propices à la relocalisation d'industries stratégiques en quête de rentabilité. En outre, un dispositif ciblé, lancé en 2020, soutenait spécifiquement des projets de relocalisation dans certains secteurs stratégiques, dont la 5G.<sup>61</sup> 72 projets ont été retenus, bénéficiant d'une aide financière de 97 millions d'euros au total.<sup>62</sup>

S'agissant de la stratégie nationale, sur la base de ce dispositif spécifique, elle prévoit de mobiliser 735 millions d'euros sous forme de financements publics à l'horizon 2025, ce qui pourrait entraîner environ 1,7 milliard d'euros d'investissements pour un marché de 15 milliards d'euros à cette même échéance.<sup>63</sup> Ce plan d'investissement, déployé à l'échelle nationale, finance 9 plateformes dédiées à la 5G industrielle dans différentes régions du pays : 5G Calais 4.0, 5G Steel, Dev 5G Industrie, PCN 5G, Living Lab 5G, PI5G, 5G Innov Lab, CRIIoT, 5G mMTC.<sup>64</sup> Ces plateformes

---

57 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 13.

58 Bpifrance, *Appel à projets « Plan de relance pour l'industrie » – Secteurs stratégiques (volet national)*, Bpifrance, 2021.

59 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 30.

60 *Ibid.*, p. 13.

61 Cour des comptes, *Le dispositif de relocalisations sectorielles du plan de relance*, Cours des comptes, 2023, p. 5.

62 *Ibid.*, p. 51.

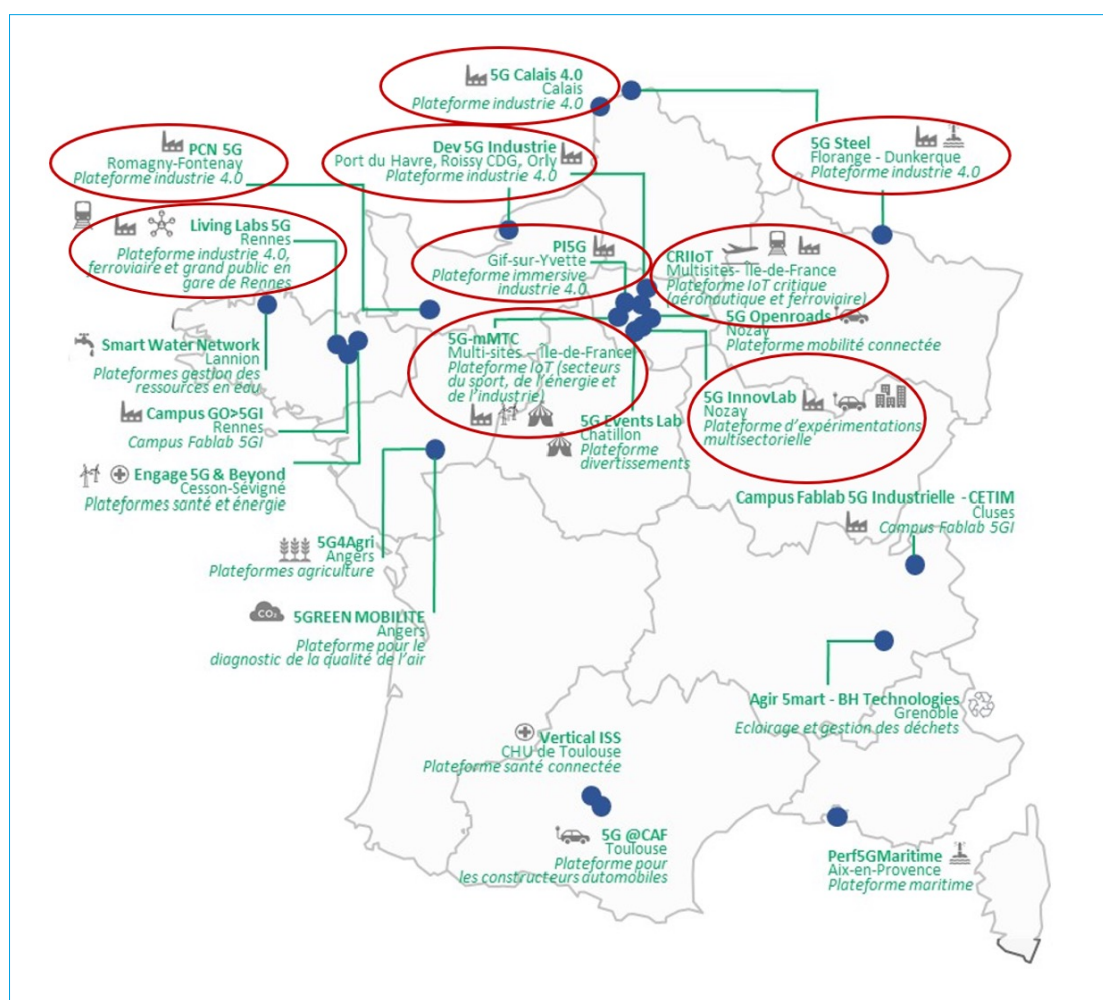
63 MEFI, *Stratégie d'accélération 5G et réseaux du futur*, MEFI

64 Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 17.

servent l'expérimentation des cas d'usages divers, afin de tester l'efficacité de la 5G lors de différentes étapes de la production, par exemple :

- l'utilisation de la réalité virtuelle pour l'industrie connectée à l'aide de la 5G (projet Plateforme Immersive 5G – PI5G, du CEA-LIST) afin de tester par exemple la télé-robotique ou la simulation immersive<sup>65</sup> ;
- la maintenance prédictive (projet « PCN 5G » d'ACOME et Alsatis)<sup>66</sup> ;
- la conduite autonome et la maintenance augmentée des trains industriels (projet 5G Steel d'Arcelor Mittal)<sup>67</sup>

Carte 1 – Les 9 plateformes retenues en 2021 pour expérimenter les usages de la 5G industrielle<sup>68</sup>



65 Infrastructures Numériques (IN), *Soutien du CSF à 15 projets innovants liés au développement de la 5G*, IN ; Philippe Herbert , op. cit., p. 18.

66 Ouest France, *À Mortain, l'entreprise Acome teste un réseau mobile 5G*, Ouest France, 18 février 2022 ; Philippe Herbert , op. cit., p. 18.

67 Id. ; Arcelor Mittal, *Lancement de 5G Steel*, Arcelor Mittal

68 Philippe Herbert , op. cit., p. 30.

Dans un objectif de faciliter et accélérer la transition numérique des industries en France et ainsi, la généralisation de l'utilisation de la 5G pour la production, il est essentiel de favoriser le partage des cas d'usages avec tous les acteurs professionnels concernés et de former les professionnels à la maîtrise de cette technologie de rupture.<sup>69</sup>

## 3.2 L'écosystème et la mise en œuvre de la 5G industrielle en France

Afin de faciliter la mise en œuvre généralisée de la 5G industrielle en France jusqu'à 2030<sup>70</sup>, un écosystème adapté – avec les principaux acteurs, les infrastructures, les processus et les cas d'usages variés – doit être développé et ancré dans la culture de production industrielle française. Cette démarche nécessite non seulement des expérimentations sous forme de projets industriels distincts, mis en œuvre en silos, mais aussi la création d'un espace de partage d'expérience, d'accompagnement et de cocréation pour tous les acteurs concernés.

Pour cette raison, la « Stratégie d'accélération 5G et réseaux du futur » encourage et facilite (par le biais de financement France 2030) la création des « Campus Fablab 5G industrielle ».<sup>71</sup> Deux projets ont été retenus : le Campus Fablab Excelcar à Rennes et le Cetim à Cluses.<sup>72</sup> Ces espaces collectifs d'expérimentation ont pour vocation de fédérer, au niveau local, les acteurs potentiels de la 5G d'un bassin industriel, en leur permettant de tester son utilisation et d'affiner son usage dans la production manufacturière.<sup>73</sup> Les Campus Fablab mettent à la disposition de leurs membres un parc d'équipements industriel et diverses formations participatives qui permettent de se familiariser avec la technologie, d'acquérir des connaissances et des compétences quant à son usage, et de la tester dans les conditions similaires à celle des sites réels de production.<sup>74</sup> Par son rôle « d'accompagnateur » et « d'incubateur » des projets expérimentaux, les Fablab visent à jouer le rôle de catalyseur pour les solutions et innovation françaises et à faire émerger de nouveaux acteurs nationaux.

---

69 Philippe Herbert , *op. cit.*, p. 30.

70 2030 a été fixé par l'Etat comme délais pour le déploiement de la 5G sur le territoire national. In ANFR, *Tout comprendre sur le déploiement de la 5G en France*, ANFR

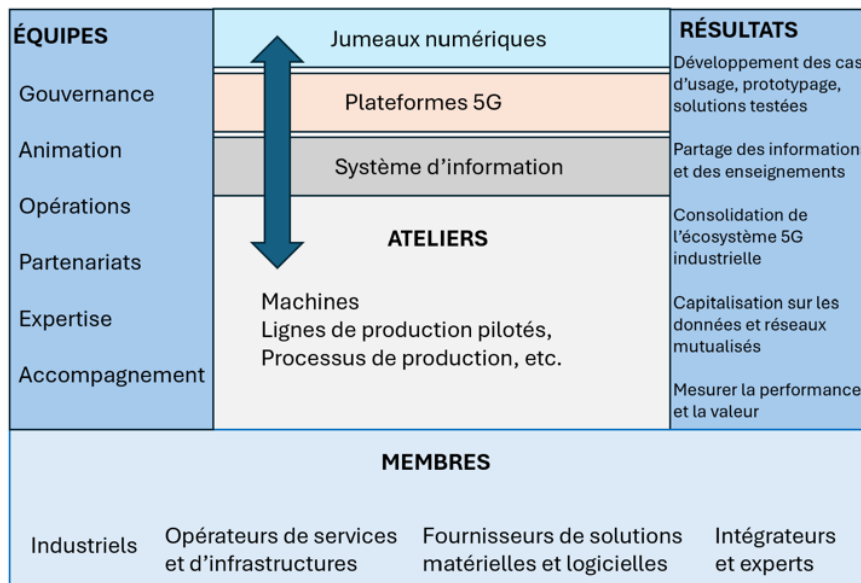
71 MEFI, *Stratégie...op. cit.*

72 *Ibid.*

73 Philippe Herbert , *op. cit.*, p. 30.

74 Amandine Ibled, « 5G industrielle : un nouveau Fablab en Haute-Savoie pour aider les entreprises à se familiariser avec cette technologie », *in La Tribune*, 9 février 2024.

Figure 2 – Exemple de structuration d'un campus fablab 5G industrielle<sup>75</sup>



Comme les Fablab s'adressent à tous les acteurs concernés par l'installation, le déploiement et l'opérationnalisation de la 5G industrielle, ils ont la capacité d'encourager l'émergence des écosystèmes locaux. Les principales catégories d'acteurs qui doivent faire partie de ces écosystèmes locaux sont notamment : les industriels, les opérateurs qui rendent possible le déploiement et l'opérationnalisation de la 5G par leurs infrastructures et services, les équipementiers-fournisseurs, les intégrateurs et les ingénieurs-experts.

Les industriels sont au cœur de cet écosystème, comme étant les principaux clients de la technologie 5G et ainsi les moteurs de son déploiement en France. Néanmoins, pour que cette technologie puisse augmenter l'efficacité et la productivité de ses acteurs à moyen et long terme, les industriels doivent surmonter deux catégories de défis :

1. le recrutement des professionnels qualifiés et formés à la maîtrise du réseau 5G et de ceux qui les sous-tendent<sup>76</sup> ;
2. l'intégration de la 5G privé, élaborée sur mesure pour leurs besoins, dans la production quotidienne et maîtriser son exploitation.

S'agissant du premier défi, dans le cadre de leurs périmètres de travail respectif, il est essentiel que tant les employés que les ingénieurs acquièrent des compétences spécifiques, à l'intersection

<sup>75</sup> Figure réalisée sur la base de celle présenté dans Philippe Herbert , *op. cit.*, p., 31.

<sup>76</sup> Philippe Herbert , *op. cit.*, p. 34.

des télécommunications, de l'informatique et de la mécanique.<sup>77</sup> Cela nécessite la mise en place de formations spécialisées et pluridisciplinaires dans le fonctionnement et les applications de cette technologie.<sup>78</sup>

En ce qui concerne le deuxième défi, il est fortement dépendant des autres acteurs de l'écosystème que sont les opérateurs, les équipementiers et les intégrateurs. En France, quatre opérateurs principaux déploient et commercialisent les services 5G : Bouygues Telecom, Free, Orange et SFR.<sup>79</sup> Ce déploiement nécessite deux types d'autorisation préalables majeures :

- l'attribution des bandes de fréquences à chaque opérateur par l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep),
- l'autorisation liées à l'exploitation des équipements (ex. antennes), délivrée par Matignon et de l'Agence nationale de sécurité des systèmes d'information (Anssi), selon la loi du 1<sup>er</sup> août 2019, pour une durée limitée (3-8 ans).<sup>80</sup> La loi justifie ce système d'autorisation préalables par l'importance stratégique de la technologie 5G pour la sécurité nationale.<sup>81</sup>

Sur la base de ces autorisations, les opérateurs font appel aux équipementiers d'infrastructures de réseaux de télécommunications. De nos jours, le marché de ces derniers est dominé par trois acteurs majeurs, aussi bien à l'échelle mondiale qu'à l'échelle européenne : Ericsson (environ 29% du part du marché européen, en 2020), Huawei (31%) et Nokia (23%), disposant des plus larges gammes de produits et le support de service le plus avancé.<sup>82</sup> Ainsi, pour déployer son réseau 5G : Orange travaille avec les équipementiers Nokia et Ericsson, Free avec Nokia, SFR avec Nokia et Huawei (pour une durée déterminée) et Bouygues avec Ericsson et Huawei (également pour une durée déterminé sur la base d'autorisation).<sup>83</sup> Toutefois, à la fin du délai d'autorisation évoqué, l'exploitation des équipements d'origine non-européen cesserait et deviendrait exclu du marché français de l'infrastructure 5G.

---

77 *Ibid.*

78 *Id.*

79 Arcep, *Attribution des fréquences en métropole*, Arcep, 12 septembre 2024.

80 Conseil d'Etat, *5G : le Conseil d'Etat valide le régime d'autorisation préalable pour l'exploitation des équipements des antennes relais des opérateurs 5G*, Conseil d'Etat ; Pierre Manière, « 5G : les opérateurs ont reçu des autorisations d'équipements, y compris pour Huawei », in *La Tribune*, 17 juillet 2020.

81 Légifrance, *Loi n° 2019-810*, *op. cit.*

82 Oxford Economics, *The Economic Impact of Restricting Competition in 5G Network Equipment*, *Oxford Economics*, 30 juin 2020, p. 2, p. 11.

83 Ariase, *op. cit.* ; Pierre Manière, « La France joue les prolongations avec les antennes 5G de Huawei », in *La Tribune*, 23 Octobre 2023.

Une fois l'infrastructure, qui est le socle du réseau 5G, mise en place par les équipementiers et les opérateurs, le réseau devient opérationnel à l'échelle des sites industriels par le biais de son intégration – via les tranches de réseaux privés, indépendants et adaptables (*slicing*)<sup>84</sup> – dans les processus de production.<sup>85</sup> Cette étape, qui permet la conception et la configuration du réseau selon les besoins des clients est assuré par un intégrateur auxquels les industriels peuvent faire appel.<sup>86</sup> Les intégrateurs ajoutent les usages spécifiques au réseau privé et assurent son exploitation fluide.<sup>87</sup>

Toutefois, même si la technologie, avec les professionnels formés devient accessible aux industriels, le déploiement du réseau 5G privé reste fortement conditionné notamment par ses coûts initiaux de lancement. En effet, l'aspect financier peut constituer un frein considérable à la transformation numérique du secteur, et ralentir le passage des expérimentations des cas d'usages 5G à un déploiement massif au sein du secteur industriel français.

---

84 Bouygues Telecom, *Network slicing*, Bouygues Telecom

85 Vidéo du Global Institute, *Les opérateurs et les intégrateurs de la 5G industrielle*, Global Institute, 3 avril 2024. ; Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 13.

86 Vertical M2M, *op. cit.*

87 Vidéo de l'Orange 5G Lab, *5G et IoT : quelles opportunités pour l'Industrie ?*, Orange 5G Lab, 30 septembre 2024.



## IV. Réalité économique

### 4.1 Rationalité économique et préoccupations sécuritaires

L'accessibilité de la technologie, la volonté politique de soutenir la transformation numérique de l'industrie par la 5G, et la demande des industriels sont des facteurs essentiels pour faciliter la généralisation des réseaux de 5<sup>e</sup> génération. Néanmoins, afin d'atteindre cet objectif, il faut également assurer que le déploiement de ces réseaux privés soit économiquement viable pour les acteurs privés. Or, la mise en place généralisée et économiquement viable de ces réseaux industriels privés<sup>88</sup> – avec ses coûts d'installation, de gestion et de maintenance – dépend de nombreux facteurs :

1. l'acteur industriel doit avoir une taille suffisante pour amortir ces coûts ; et
2. l'accès aux fréquences par les industriels « à des coûts compatibles avec leur modèle économique ».<sup>89</sup>

---

<sup>88</sup> Pierre Manière, « 5G industrielle : le gouvernement acte la réduction des redevances », in *La Tribune*, 12 janvier 2023.

<sup>89</sup> Philippe Herbert, *op. cit.*, p. 29.

Ce dernier point a été fortement critiqué par Philippe Herbert dans son rapport publié en 2022 sur la 5G industrielle. Il a expliqué que, comparé à l'Allemagne où « un accès semblable à la bande 3,7 – 3,8 GHz [...] coûterait 3 000 euros pour 4 km<sup>2</sup>, c'est-à-dire une taille plus proche de la moyenne pour un site industriel », en France « l'accès à la bande 2,6 GHz TDD coûte environ 70 000 euros pour un minimum de 100 km<sup>2</sup> ». <sup>90</sup> De plus, M. Herbet a également évoqué que : « le premier palier de redevances comprend les surfaces de 0 à 100 km<sup>2</sup> pour un prix de 70 000 euros par an. La surface de 100 km<sup>2</sup> est largement supérieure à la très grande majorité des installations industrielles ». <sup>91</sup>

Depuis ce rapport, et inspiré par ce dernier, le Ministère de l'Économie a significativement rationalisé les paliers et diminué le montant des redevances à payer pour les fréquences en bande 2,6 GHz, à travers une nouvelle grille tarifaire. <sup>92</sup> Cette diminution peut aller au-delà d'un facteur de 100. A titre exemple, un industriel « souhaitant déployer un réseau privé sur une zone de 300 m<sup>2</sup> devait jusqu'ici s'acquitter d'une redevance annuelle à hauteur de 70 992 € pour disposer d'une bande de 20 MHz, celle-ci sera désormais réduite à 592 € ». <sup>93</sup> Comme l'évoquait à l'époque Jean-Noël Barrot, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications : « Ainsi, l'État rend économiquement viable la mise en place de réseaux privés et encourage les industriels à se saisir de cette innovation pour, notamment, améliorer la gestion de leurs outils de production ou optimiser la consommation énergétiques des usines. Cette démarche est une étape supplémentaire pour continuer à faire de la France une nation numérique compétitive et souveraine. ». <sup>94</sup>

## Un patchwork législatif

Les pays de l'UE peuvent mesurer individuellement le poids et l'importance accordée aux préoccupations sécuritaires par rapport aux dynamiques économiques. Ainsi, certains pays ont déjà légiféré sur ce sujet, en mettant un accent marqué sur la prévention des risques sécuritaires et le renforcement de leur souveraineté numérique. Dans ces cas, l'intérêt sécuritaire des États Membres prône sur l'intérêt économique, dans un contexte géopolitique particulièrement tendu.

---

90 *Ibid.*, p. 28.

91 *Ibid.*, p. 25.

92 MEFSIN, *Réseaux privés...op. cit.* ; Lucas Boncourt, *Face au manque d'engouement pour la 5G industrielle, le gouvernement revêt les redevances à la baisse*, Banque des Territoires, 17 octobre 2022.

93 MEFSIN, *Réseaux privés 4G/5G...op. cit.*

94 *Ibid.*

Cette approche majoritairement sécuritaire se manifeste principalement dans les décisions législatives nationales prises au Danemark, en Estonie, en Lituanie, en Lettonie, en Suède ou encore en France. Dans les cinq premiers pays cités, certains équipements non-européen ont été banni de l'infrastructure des réseaux 5G (e.g., Huawei).<sup>95</sup> En France, les opérateurs sont incités à ne plus utiliser certains équipements Huawei, notamment par le biais de la loi qui soumet l'utilisation de ces équipements à une autorisation préalable dont le délai expire au plus tard en 2031.<sup>96</sup> En Italie, les législateurs n'ont pas directement banni les opérateurs non-européen de leur marché, mais le gouvernement a entravé un accord en 2020 entre l'opérateur *Fastweb* et Huawei, sur l'installation des équipements de ce dernier dans le cœur du réseau de l'opérateur. Contrairement à ces législations et décision, à ce jour la majorité des pays de l'UE n'ont pas choisi la voie législative.

Néanmoins, dans le cadre de ce patchwork législatif, l'approche allemande, déjà évoquée, propose une approche nuancée et graduelle qui assure la protection de l'infrastructure numérique tout en prenant en compte des réalités économiques. À terme, cette troisième voie pourrait devenir celle d'une souveraineté numérique pragmatique.

## 4.2 Un montage et une gestion hybride – concilier souveraineté numérique et croissance économique

La souveraineté numérique, économique et sécuritaire, liée au déploiement de la 5G, repose principalement sur le réseau central (cœur du réseau) de la 5G (ex. avec les centres de données) et moins sur les réseaux annexes (ex. les réseaux d'accès radio ou les réseaux de transport, comme les antennes, les lignes de transmission et les tours de communication).<sup>97</sup> Ces derniers ne sont pas les composants stratégiques de l'infrastructure 5G.<sup>98</sup> Par conséquent, une solution en matière de viabilité économique et de prévention des risques sécuritaires peut reposer sur :

---

95 Lucas Mediavilla, « 5G : Bruxelles pourrait bannir totalement Huawei d'Europe », in *Le Figaro*, 7 juin 2023.

96 Pierre Manière, « La France joue les prolongations avec les antennes 5G de Huawei », in *La Tribune*, 23 octobre 2023.

97 Jonathan Packroff, *Huawei en grande partie exclu du réseau 5G de l'Allemagne d'ici 2029*, in *Euractive*, 11 juillet 2024.

98 Aude Le Gentil, « Pourquoi la 5G inquiète (3/3). Espionnage : menace-t-elle notre souveraineté? », in *Le Journal du Dimanche*, 15 août 2020.

1. l'identification des composants du réseau central, qui ont un haut niveau de vulnérabilité en raison de leur importance stratégique, et les composants annexes (ex. des commodités des réseaux d'accès) des sites réseaux plus larges<sup>99</sup> ;
2. la diversification des fournisseurs, afin de mélanger les équipements, tout en assurant leur conformité<sup>100</sup> ;
3. l'architecture désagrégée des réseaux d'accès, en séparant les parties matériels et logiciels de ces derniers, provenant et gérés par des acteurs différents ; **dans la pratique cela implique que le fournisseur du logiciel de gestion du réseau d'accès doit être distinct de celui des équipements physiques de ce même réseau.**

Cette approche peut permettre l'élaboration d'une infrastructure hybride, qui, par son montage « mixte », assurerait la sécurité et préviendrait toutes formes de dépendances à un fournisseur unique. En effet, la conception et la gestion d'une infrastructure « mixte » et segmentée, dont les éléments sont interdépendants, pourraient constituer un système de « freins et de contrepoids » en matière de sécurité. En ce sens, la séparation claire de l'acteur en charge de la gestion logicielle du réseau de celui qui fournit les équipements matériels, sert de « pare-feu » contre les menaces sécuritaires. L'élaboration d'une telle infrastructure, avec une différenciation clé entre les équipements stratégiques et annexes et entre les équipementiers et les gestionnaires des logiciels, peut être opportune. De ce fait, la conception de nouveaux réseaux et la transformation des infrastructures existantes pourraient se faire graduellement, tout en laissant le temps et la place pour la concurrence, aussi bien en termes de qualité qu'en termes de prix.

Sur la base de ces considérations, l'Allemagne semble adopter une stratégie qui vise à trouver le juste équilibre entre le mixte d'équipements, de gestion des logiciels nécessaires et des gains sécuritaires et économiques. En effet, le pays a pris la décision à l'été 2024 de sécuriser l'épine dorsale de leur réseau tout en laissant plus de flexibilité au sujet des composants des réseaux annexes. Cette différenciation effective repose néanmoins sur un prérequis : les équipements de Huawei pourraient rester dans les réseaux d'accès radio (RAN) des opérateurs, à condition qu'un autre acteur européen – fournisse le logiciel de gestion du réseau.<sup>101</sup>

---

99 Pablo Valerio, "Balancing Supply, Security & Cost in EU 5G Networks", in *EPS News*, 22 juillet 2024.

100 Aude Le Gentil, *op. cit.*

101 Iain Morris, *Huawei expected to take open RAN step to stay in Germany*, Light Reading, 15 juillet 2024.

Ainsi, l'approche allemande pourrait être décrite comme une différenciation stratégique et pragmatique en termes de conception des infrastructures du premier et du second rang s'agissant de leur niveau de vulnérabilité. Comme l'a déclaré Volker Bissing, ministre en charge du Numérique, le gouvernement allemand avait « pris au sérieux les préoccupations en matière de sécurité tout en gardant à l'esprit les réalités économiques [...] [a]vec les périodes de transition convenues, nous donnons aux opérateurs de réseau le temps nécessaire pour un changement ordonné ».<sup>102</sup> Ce modèle allemand s'applique notamment à l'infrastructure du réseau public de la 5G.<sup>103</sup>

Néanmoins, la mise en œuvre effective pourrait révéler certains défis concernant l'interface propriétaire entre les composants matériels du réseau et son logiciel de gestion, qui sont traditionnellement fournis ensemble.<sup>104</sup> La séparation de l'équipementier du RAN – qui deviendrait uniquement le fournisseur des composants matériels du réseau – et l'acteur en charge de la gestion logiciel de ce réseau d'accès pourrait engendrer des difficultés en termes d'interopérabilité. Ce dernier reposerait sur l'ouverture de l'interface du RAN afin de le laisser contrôler par un acteur ayant son propre logiciel de gestion, ainsi permettant le flux d'information. Cette logique est similaire à celle de l'Open RAN (*Open Radio Access Network*) qui repose sur la séparation du réseau d'accès en composants matériels et logiciels distincts mais interopérables, grâce à des interfaces ouvertes.<sup>105</sup>

De ce fait, l'approche allemande pourrait décloisonner l'opérationnalisation des réseaux d'accès 5G, en les rendant plus ouverts et adaptables pour que les opérateurs puissent associer les équipements et logiciels de différents fournisseurs au sein de leur infrastructure de télécommunication.<sup>106</sup> Cette approche qui permettra l'implication d'un plus grand nombre de fournisseurs dans le déploiement de la 5G – et non pas exclusivement ceux des équipementiers majeurs qui, jusqu'à présent, assuraient de façon indissociable et intégrée la fourniture des équipements physiques et des logiciels associés – pourrait avoir des bénéfices économiques et sécuritaires considérables. En ce sens, l'augmentation du nombre de fournisseurs capables d'assurer la gestion logicielle favoriserait la concurrence et réduirait les coûts de déploiement de cette nouvelle technologie, tout en servant de pare-feu sécuritaire. De plus, si les

---

102 Hans von der Burchard, Mathieu Pollet and Jürgen Klöckner, Germany goes soft on China, dragging out Huawei ban until 2029, 10 juillet 2024.

103 Audition d'un expert (fournisseur) mars 2025.

104 Ian Morris, *op. cit.* ; Mathilde Velliet, *Les réseaux télécoms "ouverts" (Open RAN). Vers une reconfiguration de la compétition internationale dans la 5G ?*, Institut français des relations internationales, octobre 2022, p. 4.

105 Ian Morris, *German plan for tackling Huawei in 5G dubbed 'nonsense'*, Light Reading, 23 mai 2024 ; Mathilde Velliet, *op. cit.*, p. 4.

106 Guillaume Renouard, « La 5G « ouverte » : la nouvelle arme des Etats-Unis pour contrer Huawei », *La Tribune*, 21 juillet 2021.

opérateurs parviennent à faire appel à des fournisseurs de logiciels distincts de ceux des équipements matériels, ils ne devraient pas avoir à démonter les installations existantes ayant des composants physiques non-européens. Cela permettrait non seulement de diminuer les coûts liés aux changements d'équipements, mais aussi d'assurer une transition sans perturbation et une continuité des services. Ce montage hybride assurerait ainsi de concilier les avantages de concurrence avec les préoccupations en matière de sécurité.

Toutefois, pour que l'approche « multifournisseur » puisse fonctionner non seulement en théorie mais également en pratique, et porter ses fruits, les fournisseurs d'équipements matériels et ceux des logiciels doivent coopérer étroitement.<sup>107</sup> Cette coopération opérationnelle, qui repose sur l'interopérabilité des parties matérielles et de la gestion du réseau, nécessite l'ouverture des interfaces entre ces deux composants et la transmission de certaines informations au sujet des équipements RAN ou fournisseurs des logiciels. Aussi bien l'ouverture que la transmission d'informations requièrent l'établissement des normes et procédures généralisés<sup>108</sup>, qui permettraient d'assurer la transition, la sécurité du réseau et la continuité des services. Ces normes et procédures sont à établir et à adapter aux contextes nationaux. Afin de surmonter ce défi, le gouvernement fédéral allemand a prévu de mettre en place un forum réunissant tous les acteurs concernés (ex. équipementiers, fournisseurs de logiciels, opérateurs etc.) dans le but de développer une feuille de route pour la mise en œuvre opérationnel de cette transition.<sup>109</sup>

En complément de cette stratégie, et dans le but de faciliter la prise de décision éclairée des opérateurs et des pouvoirs publics en termes de choix d'équipementiers, il paraît également essentiel de renforcer la clarté et la visibilité de la chaîne de valeur de la 5G et de l'écosystème des acteurs présents sur le marché européen.

---

107 Iain Morris, *German plan...op. cit.*

108 *Ibid.*

109 Federal Ministry of Interior and Community, *Greater security and technological sovereignty for the German 5G mobile network: The Federal Government concludes contracts with telecommunications companies*, Federal Ministry of Interior and Community, 11 juillet 2024.



## Conclusion

Disposer d'un appareil productif compétitif et d'une souveraineté numérique renforcée nécessite, de la part des États, de créer des conditions favorables à l'innovation et à l'implémentation des technologies de pointes interconnectées, indispensables pour des usines « intelligentes ». Cette innovation ne peut pas être envisagée sans le déploiement et la généralisation de la 5G industrielle, qui assure l'interconnexion entre les technologies utilisées.

Dans ce contexte, les gouvernements nationaux cherchent à trouver, avec plus ou moins de succès, un équilibre, entre leurs impératifs sécuritaires et les intérêts économiques des acteurs concernés. Etudiant le patchwork législatif au sein de l'Union européenne concernant le déploiement de la 5G, un constat est établi : soit les considérations sécuritaires prévalent sur une logique de compétitivité, soit l'inverse.

Une solution potentielle à ce défi pourrait résider dans une législation élaborée en concertation avec les acteurs privés concernés (ex. compagnies de télécommunication, équipementiers), permettant ainsi de trouver l'équilibre tant recherché entre les préoccupations

sécuritaires et les intérêts économiques. Dans cet objectif, Il nous semble qu'une approche pragmatique et équilibrée, actuellement expérimentée dans l'un des États Membres de l'UE, pourrait servir de modèle pour la mise en œuvre dans d'autres pays : il s'agit du cas de l'Allemagne.

L'approche allemande vise à assurer la protection de l'infrastructure numérique tout en prenant en compte les réalités économiques du marché. La solution proposée repose sur un montage et une gestion hybride de l'infrastructure des réseaux 5G. Concrètement, la loi allemande prévoit que le réseau annexe peut inclure des composants matériels de n'importe quel équipementier, à condition que son logiciel de gestion soit géré par un autre fournisseur. Cette séparation claire et stricte entre les fournisseurs des logiciels et des matériaux physiques permet de diversifier les partenaires économiques impliqués, tout en encourageant la compétition des équipementiers sur le marché et contribuant à la baisse des coûts nécessaire pour absorber les frais d'installation de la 5G industrielle pour les entreprises. De ce fait, la législation allemande propose un modèle pragmatique et créatif aux acteurs concernés.

Cette approche originale, basée sur une souveraineté numérique rationnelle, peut inspirer d'autres États Membres de l'UE, engagés dans un processus de réindustrialisation. L'Allemagne ne mène pas une politique de souveraineté moins ambitieuse que celle de la France. En revanche, sa politique de réindustrialisation se distingue par un pragmatisme bien plus affirmé : une fois les infrastructures stratégiques, relevant pleinement de la souveraineté, identifiées et sécurisées, elle laisse aux opérateurs industriels la liberté de choisir les équipements les plus performants pour bâtir leurs infrastructures.

Plutôt que de s'obstiner dans une réglementation devenue obsolète, il serait pertinent de réconcilier la volonté de réindustrialisation avec celle de développer une infrastructure 5G industrielle à haute performance. Il est également essentiel de s'aligner sur les standards de nos concurrents européens pour ne pas creuser davantage notre retard.

Cette réflexion semble d'autant plus nécessaire et indispensable, que la 5G industrielle, mise en place et généralisée d'une manière rationnelle et pragmatique, est devenue l'un des piliers de la réindustrialisation et, par conséquent, un prérequis pour la prospérité économique des pays dont la France.

