HAUT CONSEIL
pour le CLIMAT

MAITRISER L'IMPACT CARBONE DE LA 5G

UN RAPPORT DU
HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT

DÉCEMBRE 2020

SOMMAIRE

AVANT-**PROPOS** 04

LETTRE DE SAISINE 05

RÉSUMÉ **EXÉCUTIF** 06

RECOMMANDATIONS 08

1. LA 5G : UN STANDARD INTERNATIONAL **QUI POSE DE NOUVEAUX ENJEUX** 10

1.1 LA 5G : UN STANDARD INTERNATIONAL DONT LE DÉPLOIEMENT **EST CONDITIONNÉ À L'UTILISATION DE FRÉQUENCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES** 10

1.2 LES ENJEUX POSÉS **PAR LE DÉPLOIEMENT DE LA 5G EN FRANCE** 12

2. LA 5G : UN STANDARD INTERNATIONAL **QUI POSE DE NOUVEAUX ENJEUX** 14

2.2 PROSPECTIVE DU DÉPLOIEMENT **ET INCERTITUDES** 14

2.2 DES SCÉNARIOS CONTRASTÉS **DE DÉPLOIEMENT ET DE NON DÉPLOIEMENT** 15

2.3 QUELS IMPACTS DE LA 5G SUR LES ÉMISSIONS TERRITORIALES **ET SUR L'EMPREINTE CARBONE ?** 17

2.3.1 DES EFFETS SIGNIFICATIFS **SUR L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE** 17

2.3.2 UN IMPACT CARBONE DOMINÉ PAR LES ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION DES TERMINAUX **ET DES ÉQUIPEMENTS DE RÉSEAU** 17

3. RÉPONDRE AUX ENJEUX **DE LA MAÎTRISE DE L'IMPACT CARBONE DE LA 5G** 20

3.1 POTENTIEL ET LIMITES DES INSTRUMENTS EXISTANT **POUR MAÎTRISER L'IMPACT CARBONE DE LA 5G** 20

3.1.1 RÉGULER **LA DEMANDE ÉLECTRIQUE SUPPLÉMENTAIRE** 20

3.1.2 ENCADRER **L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE** 21

3.2 INTÉGRER LA QUESTION CLIMATIQUE DANS **LE DÉPLOIEMENT DES RÉSEAUX MOBILES** 21

3.3 SE DONNER LES MOYENS D'ARBITRER **ENTRE DIFFÉRENTES PRATIQUES ÉMISSIVES AU SEIN D'UN BUDGET CARBONE** 22

3.3.1 UN DEPLOIEMENT INITIAL DE LA 5G **SANS OBJECTIFS CLIMATIQUES** 22

3.3.2 ÉLARGIR LE PILOTAGE ENVIRONNEMENTAL ET CLIMATIQUE DE LA 5G **À L'ENSEMBLE DU NUMERIQUE** 23

3.3.3 LA NÉCESSITÉ D'UN PILOTAGE CLIMATIQUE DE LA 5G **ET DU NUMÉRIQUE POUR GARANTIR LA COHÉRENCE AVEC LA SNBC** 23

LISTE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX 25

NOTES ET RÉFÉRENCES 26

QU'EST-CE QUE LE HCC ? 27

REMERCIEMENTS 28

LES MEMBRES DU HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT 29

AVANT-PROPOS

Ce rapport du Haut conseil pour le climat représente une nouveauté à double titre :

- Il est le premier à porter sur l'impact d'une nouvelle technologie sur les émissions de gaz à effet de serre. Les données disponibles et les enseignements tirés de processus antérieurs ont permis de produire des scénarios et des hypothèses contrefactuelles, mais il va de soi que le débat ouvert est beaucoup plus large. La valorisation d'une technologie par les entreprises, son utilisation par l'État, l'offre créée par ses opérateurs et les usages développés par les utilisateurs finaux dépendent d'une multitude de facteurs évolutifs. Ceux-ci débordent trop largement du périmètre du Haut conseil pour le climat pour avoir été épuisés dans ce rapport. La problématique de fond reste la même : nos budgets carbones sont limités et diminuent; toute émission supplémentaire devra être gagée sur une diminution supplémentaire.

- Il est aussi le premier à répondre à une saisine d'une des chambres du Parlement, en l'occurrence le Sénat. Les services du Sénat avaient sollicité dès l'hiver dernier un avis sur l'impact carbone de la 5G, afin de l'intégrer à leur rapport « Pour une transition écologique numérique » publié en juin 2020. Au vu des demandes déjà formulées auprès du HCC, il avait été indiqué qu'une réponse ne pourrait être produite avant la fin de l'année. Nos travaux n'ont pas pu être menés à temps pour que les conclusions de ce rapport soient intégrées à celui publié par le Sénat, et surtout rendues avant l'attribution des fréquences 5G, mais ils peuvent informer sa mise en œuvre. Le HCC se réjouit néanmoins de l'intérêt du Parlement pour intégrer la dimension climatique à l'ensemble des sujets. Cela reste la voie privilégiée pour engager structurellement la France sur le chemin de la neutralité carbone.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

SÉNAT

LE PRÉSIDENT

Madame Corinne LE QUÉRÉ
Présidente du Haut Conseil pour le climat
France Stratégie
20, avenue de Ségur
75007 PARIS

Paris, le 10 MARS 2020

Réf. : GL/JdV/ob/DP-2020-919

Madame la Présidente,

Alors que les premiers déploiements de la 5G sont prévus en France en juin prochain, aucune étude de l'impact environnemental de ce déploiement n'a été menée.

Il paraît utile, dans le droit fil des recommandations du premier rapport annuel de juin 2019 du Haut Conseil pour le climat, d'évaluer les impacts de ce déploiement sur les émissions de gaz à effet de serre, afin que puissent être menées de concert les transitions écologique et numérique.

L'expertise scientifique indépendante du Haut Conseil permettrait d'enrichir les travaux menés par la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique, créée au sein de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable, qui a pour objectif plus large d'objectiver l'impact environnemental du numérique et qui devrait rendre ses travaux dans les prochains mois.

C'est pourquoi, en application de l'article L. 132-5 du code de l'environnement, je souhaite saisir le Haut Conseil pour le climat d'une demande d'avis portant sur l'évaluation prospective de l'impact carbone de la 5G. Cette saisine s'inscrit dans l'objectif global d'évaluation des politiques publiques au regard des enjeux liés au réchauffement climatique et au respect des objectifs de l'accord de Paris.

Je vous prie d'agréer, Madame la Présidente, l'expression de ma considération distinguée.

Gérard LARCHER

RÉSUMÉ **EXÉCUTIF**

Le déploiement de la 5G en France correspond à l'adoption d'un nouveau standard de téléphonie mobile par les opérateurs français. Les avantages techniques de la 5G (débits augmentés, latence réduite, et augmentation de la densité de terminaux connectables) ne se matérialisant pas dans les bandes de fréquences déjà utilisées pour la 4G (autour de 700 MHz), l'État a mis aux enchères en octobre 2020 de nouvelles fréquences (autour de 3,5 GHz), qui ont vocation à être complétées ultérieurement par une troisième gamme de fréquences (autour de 26 GHz).

La mise à disposition de ces nouvelles fréquences n'a pas fait l'objet d'une évaluation environnementale préalable, et seules les logiques de valorisation économique des fréquences pour l'État, de compétitivité potentielle des entreprises françaises, d'égalité et cohésion des territoires et sanitaires ont été considérées. La demande du président du Sénat au Haut conseil pour le climat d'évaluer l'impact carbone du déploiement de la 5G comble une partie de ce manque, mais ne saurait se substituer à une évaluation complète de l'ensemble des impacts environnementaux (incluant l'empreinte matière), sanitaires, économiques, financiers et sociaux, qui aurait dû avoir lieu au préalable. En l'absence de moratoire sur la 5G, la première application d'une telle évaluation préalable devra être l'attribution des prochaines bandes de fréquence 5G (26 GHz).

L'incertitude est grande quant aux potentiels effets du déploiement de la 5G. Les modalités de déploiement effectif par les opérateurs ne sont pas connues, de même que la fourniture de terminaux et de services numériques qui en découlera, et leur adoption par les entreprises et les particuliers. Quelques usages sont anticipés aujourd'hui, dont certains pourraient même réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). L'expérience du déploiement des technologies numériques montre que les usages finaux sont rarement ceux anticipés, mais que les possibilités techniques offerte ont toujours utilisées. Dans ce contexte de forte incertitude, l'impact carbone du déploiement de la 5G pourrait s'élever à entre 2,7 Mt éqCO_2 et 6,7 Mt éqCO_2 en 2030. C'est une augmentation significative en comparaison de l'empreinte carbone du numérique (environ 15 Mt éqCO_2 en 2020).

Ces émissions de GES supplémentaires seraient principalement dues à la fabrication des terminaux dont le renouvellement ou l'adoption pourraient se voir accélérés (smartphones mais aussi casques de réalité virtuelle, objets connectés, etc.) et celles des équipements de réseau et de centres de données. Ces émissions majoritairement situées à l'étranger pourraient faire augmenter les émissions importées par la France de 1,8 Mt éqCO_2 à 4,6 Mt éqCO_2 en 2030, à mettre alors en regard des 239 Mt éqCO_2 des émissions importées cohérentes avec une trajectoire de neutralité carbone mondiale. La première étape d'une maîtrise de ces émissions est donc la publication d'une stratégie quantifiée de réduction des émissions importées du numérique, intégrée à la feuille de route « numérique et environnement » en préparation. Pour maîtriser en pratique ces émissions, les dispositions de la loi Agec (notamment concernant l'affichage de la réparabilité et la durabilité des équipements électroniques) ainsi que les travaux en cours autour de la feuille de route vont dans le bon sens, mais n'apportent pas pour le moment de garantie que la somme de ces mesures se traduise par moins d'émissions, et suffisamment moins d'émissions pour réduire les émissions importées. Une façon d'apporter cette garantie pourrait être de limiter par la régulation l'empreinte carbone en analyse de cycle de vie des équipements électriques et électroniques mis sur le marché dans l'Union européenne, à l'image de ce qui existe déjà pour le débit d'absorption spécifique (DAS).

Le déploiement de la 5G risque également d'augmenter les émissions liées à la production d'électricité en France de 0,8 Mt éqCO_2 à 2,1 Mt éqCO_2 en 2030, sur un budget carbone pour la production d'énergie de 30 Mt éqCO_2 la même année. Ces émissions sont déjà couvertes par le système d'échanges de quotas d'émission (SEQE) européen. Ce mécanisme de marché garantit en théorie que le déploiement de la 5G s'insèrera dans les quotas négociés, mais ne garantit pas l'atteinte des objectifs de la France, et encore moins des budgets carbones sectoriels. Les effets éventuels à la hausse sur le prix de l'électricité devront être accompagnés. Enfin, le déploiement de la 5G risque d'avoir un effet important sur la consommation d'électricité en France, entre 16 TWh et 40 TWh en 2030, soit entre 5 % et 13 % de la consommation finale d'électricité du résidentiel et du tertiaire en 2019. La cohérence de la Programmation pluriannuelle de l'énergie avec ces ordres de grandeur doit être vérifiée.

En conséquence, ces émissions et cette demande d'électricité supplémentaires pour le numérique impliqueront de réduire d'autant plus les émissions et la demande d'électricité des autres

secteurs de l'économie. Au sein du numérique, il est nécessaire de responsabiliser les utilisateurs, entreprises et particuliers, aux impacts de leurs usages. Cela implique de commencer par rendre visible ce qui est fait pour limiter les impacts climatiques au niveau des technologies et des services qui leurs sont offerts. Ensuite, il convient de diffuser les bonnes pratiques pour éviter le gaspillage ou l'utilisation disproportionnée d'energie. À terme, la priorisation ou l'interdiction de certains usages des entreprises et des particuliers est une piste souvent évoquée. La priorisation entre usages, qui ne peut être celle des contenus, selon le principe de neutralité du net, devrait alors faire l'objet d'un débat public sur son principe et ses modalités.

Enfin, l'accroissement de la demande d'électricité à l'origine de ces émissions sur le territoire français peut aussi être maîtrisée au travers de deux mécanismes. D'une part, comme pour l'empreinte carbone des terminaux, des normes de consommation énergétique en phase d'utilisation pour les terminaux et les équipements de l'infrastructure de réseau peuvent être mises en place au niveau du marché européen. D'autre part, au niveau français, l'Arcep peut être mandatée par le gouvernement pour fixer des objectifs contractuels pour les opérateurs. Ces objectifs reposeraient sur des indicateurs couvrant l'ensemble des dimensions de l'empreinte carbone de la 5G (infrastructures et modalités de mise à disposition des terminaux fournis à leurs clients). Ces conditions devraient être posées préalablement au cahier des charges des fréquences restant à attribuer, mais pourraient aussi faire l'objet d'une renégociation des modalités d'utilisation des fréquences déjà attribuées, à l'image du « New deal mobile » pour la 4G.

Source : ????

RECOMMANDATIONS

1. ÉCLAIRCIR LES ENJEUX CLIMATIQUES EN AMONT DU DÉPLOIEMENT DE TECHNOLOGIES TELLES QUE LA 5G

- Évaluer les nouvelles technologies au regard du climat avant de décider des mesures accompagnant leur déploiement, au même titre que les impacts économiques, financiers, sociaux, sanitaires et environnementaux (dont l'empreinte matière) des nouvelles technologies avant de décider des mesures accompagnant leur déploiement. Une telle évaluation aurait dû avoir lieu pour la 5G avant de décider d'attribuer les fréquences nécessaires.
- En l'absence de moratoire sur la 5G permettant de réévaluer la décision concernant les fréquences déjà distribuées, la première application d'une telle évaluation devra être l'attribution des prochaines bandes de fréquences pour la 5G.
- Promouvoir au niveau de l'Union européenne une adaptation du Code européen des télécommunications, pour rendre explicite la possibilité de limiter leur déploiement pour des raisons environnementales.
- Maintenir une position ambitieuse et ferme au sein de l'Union européenne et à l'Union internationale des télécommunications pour que les conditions techniques du déploiement de la 5G dans la bande 26 GHz n'interfèrent pas avec les satellites d'exploration de la Terre et les analyses météorologiques.
- Le cas échéant, mettre en place un système de surveillance du déploiement de la 5G sur la bande 26 GHz afin de garantir l'effectivité des mesures de prévention des interférences.

2. IMPOSER LA MAITRISE DE L'EMPREINTE CARBONE AUX OPÉRATEURS DISPOSANT DE FRÉQUENCES 5G

- Définir un ensemble d'indicateurs couvrant les différentes dimensions de l'empreinte carbone de la 5G sur lesquelles les opérateurs peuvent agir.
- Mandater l'Arcep pour proposer des engagements volontaires dans le cahier des charges d'utilisation des fréquences 5G. Ces engagements seront présents en amont de l'attribution des prochaines bandes de fréquences 5G. Pour les bandes de fréquences déjà attribuées, une renégociation des modalités d'utilisation des fréquences pourra être menée afin d'introduire des engagements de maitrise de l'empreinte carbone.
- Suivre les évolutions du bilan environnemental de la 5G et du numérique en centralisant les données via l'observatoire du numérique. En cas de non-respect ou d'insuffisance des engagements volontaires des opérateurs, rendre ces engagements obligatoires.
- Au niveau européen, promouvoir la prise en compte explicite de l'efficacité énergétique comme condition pouvant être assortie aux autorisations de déploiement des équipements radioélectriques.

3. TENIR COMPTE DES EFFETS SUR LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ ET DE SES IMPLICATIONS POUR LE SYSTÈME EUROPÉEN D'ÉCHANGE DE QUOTAS D'ÉMISSIONS

- Vérifier que le déploiement de la 5G ne modifie pas substantiellement la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) du fait d'une augmentation importante de la demande d'électricité. Si c'était le cas, l'ensemble des scénarios de transition devraient être modifiés en conséquence.
- Veiller aux inégalités qui pourraient naître du mouvement des prix de l'électricité sur le marché européen du carbone.

4. AGIR SUR LES ÉMISSIONS IMPORTÉES LIÉES AU NUMÉRIQUE PAR L'OFFRE D'ÉQUIPEMENTS

- Mettre en œuvre l'ensemble des axes développés par le Conseil national du numérique dans la feuille de route sur l'impact environnemental du numérique.
- Intégrer à la feuille de route en cours de préparation par l'administration une stratégie de réduction des émissions importées liées au numérique assortie d'objectifs quantifiés.
- Faire adopter au sein de l'Union européenne des normes de réduction des émissions importées liées aux équipements électriques et électroniques, pour les émissions en analyse en cycle de vie, pour la réparabilité et la durabilité, à l'image de ce qui existe déjà concernant le débit d'absorption spécifique (DAS).
- Renforcer l'information du consommateur de la loi Agec (durabilité et réparabilité) par un affichage environnemental sur les produits électroniques mis en vente.

5. INFORMER, SENSIBILISER ET RESPONSABILISER LES USAGERS, PARTICULIERS ET ENTREPRISE AUX BONNES PRATIQUES QUI ÉVITENT LE GASPILLAGE OU L'UTILISATION DISPROPORTIONNÉE D'ÉNERGIE ASSOCIÉE AUX SERVICES NUMÉRIQUES

- Montrer aux utilisateurs (entreprises et particuliers) qu'ils ne sont pas les seuls à agir en rendant visibles les efforts pour prendre en compte des impacts climatiques au niveau de l'offre de technologies et de services numériques.
- Informer, sensibiliser et éduquer les utilisateurs sur les impacts de leurs usages de la 5G (affichage environnemental sur les terminaux, guides de bonnes pratiques adaptés aux différents publics et usages).
- Si besoin, porter la question de la priorisation des développements technologiques et de leurs usages dans le débat public.

1. LA 5G : UN STANDARD INTERNATIONAL **QUI POSE DE NOUVEAUX ENJEUX**

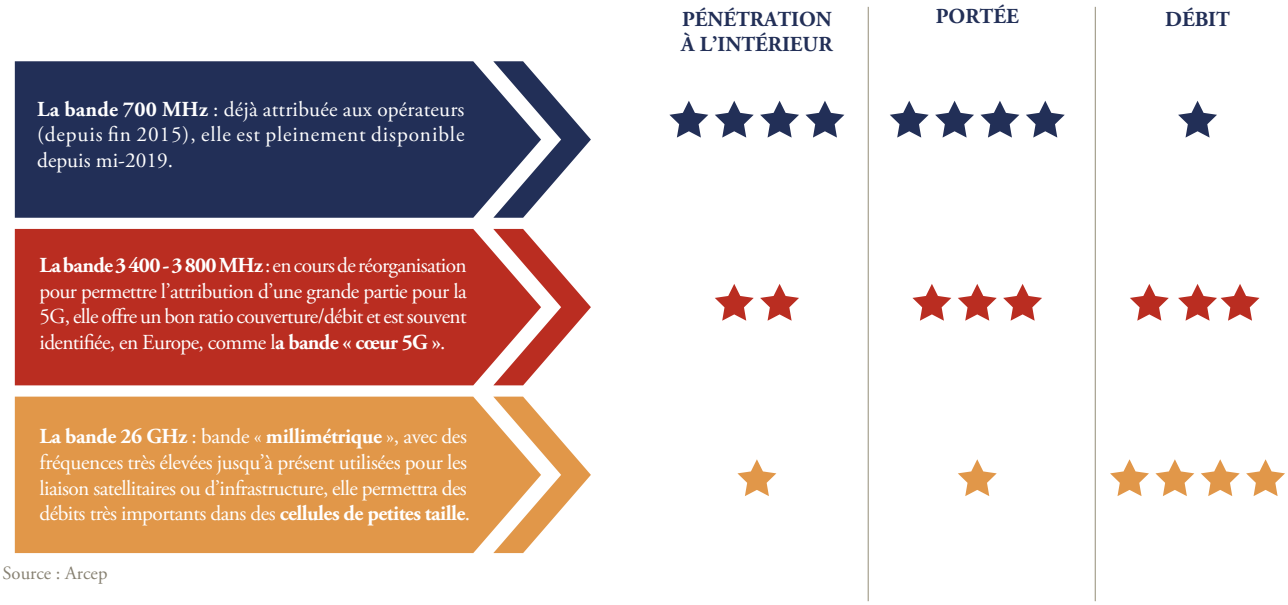
1.1 LA 5G : UN STANDARD INTERNATIONAL DONT LE DÉPLOIEMENT **EST CONDITIONNÉ À L'UTILISATION DE FRÉQUENCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES**

La cinquième génération des standards de téléphonie mobile, la 5G, est en train d'être déployée en France. Concrètement, elle consiste en l'adoption par les opérateurs français de téléphonie mobile d'un standard international, élaboré par le 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Pour être utilisée, la 5G nécessite d'utiliser certaines bandes de fréquence électromagnétiques appartenant à l'État.

Les fréquences utilisées pour la 5G peuvent être regroupées en trois ensembles : autour de 700 MHz – fréquences déjà utilisées pour la 4G et déjà attribuées aux opérateurs ; autour de 3,5 GHz – fréquences ayant été attribuées aux opérateurs en octobre 2020 ; et enfin autour de 26 GHz – non encore attribuées, sans date précise de mise aux enchères. Ainsi, il est possible de déployer la 5G sans attribuer de nouvelles fréquences, en utilisant uniquement les bandes de fréquences de la 4G, mais les principales promesses de ce nouveau standard – augmentations des débits[1], réduction de la latence[2] et augmentation de la densité possible de terminaux connectés – reposent sur l'utilisation des bandes de fréquences plus élevées. C'est pourquoi l'utilisation des bandes de fréquences à 3,5 GHz et 26 GHz est souvent appellée « vraie 5G ».

En France, la question de la 5G est au croisement de nombreux acteurs (cf. encadré 1). L'État, sur proposition de l'Autorité de régulation des communications et des postes (Arcep), confie à l'Agence nationale des fréquences (ANFR) la mise aux enchères des bandes de fréquences pour les opérateurs. Les pouvoirs publics français ont commencé à élaborer la feuille de route nationale du développement de la 5G dès 2016, conformément au plan d'action européen[3] qui prévoyait une mise en place des usages commerciaux et donc l'attribution des fréquences par les États membres fin 2020. L'introduction de la technologie 5G est soumise au régime de neutralité technologique prévu par le code européen des communications[4] qui institue une « autorisation générale »

Figure 1 – Les différentes bandes de fréquences **liées à la 5G et leurs caractéristiques**



Source : Arcep

de fournir des réseaux et des services de communication électroniques. Ce principe vise à renforcer la concurrence et le marché intérieur tout en s'adaptant au phénomène de convergence technologique[5]. Dans la mesure du possible, les États membres s'interdisent d'imposer ou de favoriser un type particulier de technologie par laquelle un service est fourni. Le régulateur public n'a pas à se prononcer sur le « pourquoi la 5G » mais seulement sur le « comment » de son déploiement.Le principe de neutralité technologique n'est déjà pas absolu, car le code européen des télécommunications, qui fixe les raisons légitimes pour y déroger, prévoit des exceptions d'ordre sanitaires et techniques (interconnexion, obligation de diffuser, santé publique, intégrité des réseaux, sécurité des réseaux, conditions d'utilisation du spectre radioélectrique) mais pas explicitement d'ordre environnemental ou climatique, sans non plus l'exclure. Les États-membres peuvent assortir les autorisations de mise en service d'équipements radioélectriques de conditions d'utilisation « efficace et optimisée[6] » qui pourraient ouvrir la porte à des conditions d'efficacité énergétique. **Ce principe de neutralité technologique devrait donc être adapté explicitement dans ce sens**.

La France n'est ni le premier ni le dernier pays à déployer la 5G, d'après l'observatoire de la 5G de la Commission européenne[7]. Des offres commerciales 5G existent depuis 2018 aux États-Unis ou en Corée du Sud et depuis 2019 au Royaume-Uni et en Autriche. Néanmoins, avec la mise aux enchères en octobre 2020 des bandes de fréquences autour de 3,5 GHz, la France se place au-dessus de la moyenne européenne, qui correspond à une attribution d'environ la moitié des fréquences identifiées. L'attribution des fréquences à 26 GHz n'a quasiment pas commencé en Europe.

Encadré 1

Les principaux acteurs du déploiement de la 5G en France et leurs relations

Les opérateurs : les opérateurs de téléphonie mobile décident de mettre en place une technologie de communication mobile, enchérissent auprès de l'État pour se voir attribuer des bandes de fréquences, investissent dans les infrastructures nécessaires et commercialisent l'utilisation de cette technologie auprès des entreprises ou des particuliers. Ils peuvent aussi jouer un rôle d'intermédiaire entre ces clients et les constructeurs de terminaux.

L'État et ses agences : l'État, sur proposition de l'Autorité de régulation des communications et des postes (Arcep), confie à l'Agence nationale des fréquences (ANFR) la mise aux enchères des bandes de fréquence pour les opérateurs. L'objectif poursuivi par l'État concernant la mise aux enchères en octobre 2020 de la bande de fréquences 3,5 GHz est de « favoriser l'aménagement du territoire, l'innovation et notamment l'accès à la 5G pour les « verticaux[a] », le maintien de l'animation concurrentielle du marché et valoriser le patrimoine des Français au juste prix »[b].

Les collectivités locales : Les collectivités autorisent formellement l'implantation sur leur territoire des infrastructures de réseau, de fait sans beaucoup de marges de manœuvre. Elle doivent notamment mettre à disposition des opérateurs leurs infrastructures physiques (poteaux d'éclairage, panneaux de signalisation, etc.), notamment pour les « small cells[c] ».

Les fabricants de terminaux et les fournisseurs de contenus numériques : Les fabricants de terminaux proposent des équipements permettant d'utiliser les réseaux 5G (téléphones compatibles 5G, objets connectés, etc.) et de recevoir les contenus numériques disponibles.

Les entreprises et les particuliers : Les entreprises et les particuliers utilisent des terminaux pour accéder à des services numériques (mis à disposition par des fournisseurs de contenus) au travers de l'infrastructure de réseau pour laquelle ils payent un abonnement aux opérateurs de téléphonie mobile.

a Un marché vertical identifie une industrie ou un groupe d'entreprises qui ont les mêmes besoins. Exemples : industrie manufacturière, santé connectée, villes intelligentes.

b Ministère de l'économie, des finances et de la relance. (2019). « Le gouvernement lance la procédure d'attribution des fréquences 5G ». Communiqué de presse n°1915 du 17 décembre 2019. **https://www.economie.gouv.fr/lancement-procedure-attribution-frequences-5g, consulté le 23/11/2020**.

c Les *small cells* sont des points d'accès aux réseaux mobiles plus petits et plus économes en énergie que les traditionnelles antennes cellulaires.

1.2 LES ENJEUX POSÉS PAR LE DÉPLOIEMENT DE LA 5G EN FRANCE

Les trois promesses principales de la technologie 5G (débit, latence et densité), favorisent ou rendent possible certains usages, (cf. encadré 2). Les usages les plus anticipés sont à destination des entreprises (B2B – business to business) – visant une hausse de la compétitivité de l'industrie, de l'agriculture et des territoires – plutôt que des consommateurs (B2C – business to consumers), bien que ce déploiement réponde aussi à un besoin ciblé dans certaines zones les plus denses où les réseaux 4G arrivent à saturation.

Un grand nombre des usages potentiels de la 5G, indépendamment de la désirabilité de leurs effets (cf. section 3), ne nécessite pas un déploiement sur l'ensemble du territoire, mais uniquement dans certains lieux stratégiques (par les entreprises pour leurs besoin internes, par des collectivités locales sur des sites particuliers). Le déploiement généralisé à l'ensemble du territoire répondrait plus aux usages des particuliers qu'à ceux des entreprises, à l'exception notable de la robotisation de l'agriculture[8]. Pour cette raison le cahier des charges de l'Arcep fait une différence dans ses critères selon la densité des zones considérées, posant un enjeu de cohésion des territoires et de couverture des zones blanches. De manière générale, l'ensemble des usages de la 5G sont conditionnés à la conception d'équipements et de services associés à destination des entreprises, des collectivités ou des particuliers. Ainsi, **le déploiement de la 5G n'entraînera de changements dans les usages que dans la limite de l'offre de terminaux et de services offerts par ailleurs**.

Certains acteurs du numérique auditionnés par le HCC reconnaissent que les enjeux environnementaux et climat de la 5G n'ont été que récemment pris en compte, contrairement aux aspects sanitaires. Il a également été avancé que la 5G ne posait pas de problèmes spécifiques différents du reste du domaine du numérique.

Encadré 2

Quelques exemples d'usages de la 5G

Le déploiement de la 5G pourrait favoriser certains usages existants, ou en rendre d'autres possibles. Il est difficile de savoir à l'heure actuelle quels usages apparaîtront, et chacun d'entre eux nécessiterait une analyse coûts-bénéfices complète y compris en regard du climat.

Usages pour les entreprises : les acteurs interrogés ont principalement pointé des usages envisagés à destination des entreprises. Dans le secteur industriel, la disponibilité d'un réseau 5G pourrait favoriser le pilotage des lignes de production sans fil et en temps réel grâce à des objets connectés. Un déploiement national de la 5G ne serait pas nécessaire, les entreprises pouvant déployer une infrastructure locale en 5G ou s'appuyer sur d'autres types de réseaux locaux permettant déjà ce type d'usage (WiFi ou LoRa par exemple). Dans le domaine des transports, la 5G pourrait favoriser le pilotage des plateformes logistiques et serait indispensable pour envisager la production de véhicules autonomes intégrant des liaisons de voiture à voiture. Dans le domaine de l'agriculture, les débits de la 5G pourraient permettre d'automatiser certaines étapes de la production nécessitant de la reconnaissance d'image.

Usages pour les particuliers : concernant les particuliers, les principaux usages concernent l'augmentation de la qualité des vidéos visionnées sur un mobile ou le *cloud gaming* sur mobile ou tablette[a]. Les applications de réalité virtuelle ou de réalité augmentées pourraient être favorisées.

Usages pour les collectivités territoriales : À l'échelle de la ville, la 5G pourrait favoriser le développement de la télésurveillance ou d'autres objets connectés permettant le pilotage à distance, même si toutes ces applications sont aussi possibles avec un réseau filaire ou des réseaux locaux alternatifs.

a Le *cloud gaming* sur mobile correspond au fait de jouer à un jeu vidéo sur son mobile alors que le programme du jeu tourne sur une machine distante dans un centre de données.

Le déploiement de la 5G peut induire des émissions directes (construction et déploiement des infrastructures) ou indirectes par effet rebond (mise à disposition de nouvelles infrastructures, terminaux et services pour les usages de la 5G, qui génèrent des émissions de GES pour leur fabrication et leur utilisation). Concernant les terminaux, l'intégralité des émissions associées aux équipements numériques mobiles (smartphones, casques de réalité virtuelle, lunette de réalité augmentée, montres et bracelets connectés), mais aussi les modules de connexion IoT installés dans les équipements non-numériques[9] sont à considérer. Les émissions potentiellement évitées par le déploiement, très mal documentés à ce jour, sont évoqués dans l'encadré 3. De nombreux acteurs du numérique interrogés ont pointé les innovations permises par le numérique et les gains en efficacité énergétique promis par des usages de la 5G, sans toutefois être en mesure de fournir des éléments permettant d'intégrer quantitativement ces émissions évitées dans l'évaluation. Enfin, les éventuels effets sur les stockages et déstockages de carbone dûs à l'artificialisation des sols et leur changements d'usage (par exemple pour l'installation des sites 5G ou l'extraction des matières premières nécessaires à la production des équipements) restent aussi à évaluer.

Le déploiement de la 5G fait peser des risques sur la qualité des prévisions météorologiques, en raison des interactions possibles entre la bande de fréquence autour de 26 GHz et les fréquences utilisées par les satellites d'observation de la Terre[10,11]. L'Agence nationale des fréquences (ANFR), qui gère l'ensemble des fréquences radioélectriques en France, a bien identifié ce danger[12]. Les conclusions de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR -19) n'ont pas permis d'aboutir à une position commune au niveau mondial permettant de prévenir de manière satisfaisante le risque de brouillage des prévisions météorologiques dans les futurs déploiements de la 5G[13]. Compte tenu de l'importance de disposer de prévisions météorologiques de bonne qualité, il est essentiel que les prochains déploiements de la 5G se fassent avec la plus grande précaution quant aux risques d'interférences. Il est donc important que la France poursuive ses efforts en faveur d'une position européenne et mondiale la plus ambitieuse possible sur ce sujet.

Comme l'a déploré le Sénat dans son rapport, aucune évaluation environnementale préalable n'a été menée avant le lancement des enchères 5G. C'est d'ailleurs à cette fin que la Convention citoyenne pour le climat (CCC) demande le moratoire sur la 5G dans ses 149 propositions. Outre une évaluation au regard du climat indispensable[14], les autres enjeux éventuels sanitaires et environnementaux (empreinte matière, ressources minérales et eau des nouveaux terminaux, effets des activités minières sur la biodiversité et les écosystèmes) ou non (risques de brouillage des fréquences météo par exemple) devraient compléter les connaissances sur les conséquences économiques, sanitaires, géopolitiques ou encore socio-politiques du déploiement.

Encadré 3

La 5G peut-elle permettre d'éviter certaines émissions ?

De manière directe, les équipements de réseau 5G sont plus efficaces énergétiquement que leurs équivalents 4G pour un trafic donné. Si les augmentations d'efficacité énergétique des équipements 5G des prochaines années s'avéraient plus rapides que le développement du trafic, le bilan du déploiement sur les émissions territoriales liées aux réseaux pourrait être positif.

Indirectement, certains usages pourraient avoir pour effet de réduire les émissions du numérique ou les émissions d'autres secteurs de l'économie[a]. Par exemple, dans l'hypothèse où la 5G favoriserait les terminaux mobiles (smartphones ou tablettes) au détriment des terminaux fixes comme les ordinateurs ou les consoles (à la faveur du *cloud gaming* par exemple), la meilleure efficacité énergétique de ces équipements pourrait faire diminuer la consommation électrique de l'ensemble du numérique, et donc les émissions de gaz à effet de serre associées. De la même manière, dans le cas où la 5G favoriserait le télétravail, elle pourrait contribuer à réduire les émissions des transports, sous réserve d'effet rebond[b].

Les connaissances actuelles ne permettent pas de rendre compte de façon quantifiée des effets sur les émissions de GES de ces usages.

a Bieser, J., Salieri, B., Hischier, R. et Hilty, L.M. (2020). « Next generation mobile networks: Problem or opportunity for climate protection? » University of Zurich and Empa, October 2020. **https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/191299/**

b Haut conseil pour le climat. (2020). « Redresser le cap, relancer la transition ». Rapport annuel neutralité carbone, p.51. **https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2020/**

2. EVALUER L'IMPACT CARBONE DE LA 5G **PAR LA PROSPECTIVE**

2.1 PROSPECTIVE DU DÉPLOIEMENT **ET INCERTITUDES**

Pour évaluer l'impact carbone de la 5G, le Haut conseil pour le climat a choisi de s'appuyer sur une étude quantitative, réalisée à sa demande par le cabinet Citizing[15]. Cette étude s'est attachée à proposer une évaluation de l'impact du déploiement de la 5G, comparativement à une situation contrefactuelle où la 5G n'aurait pas été déployée, tout en tenant compte au maximum des incertitudes qui concernent :

- Les modalités de déploiement de la 5G sur le territoire : elles sont encadrées par un cahier des charges de l'Arcep[16], qui concerne uniquement les bandes de fréquence autour de 3,5 GHz. Ce cahier des charges représente un minimun à satisfaire par les opérateurs et fixe notamment un nombre de sites à atteindre (10 500 sites en 2025) dont un minimum de déploiement en dehors des zones urbaines, un débit minimum à mettre à disposition par site, ou encore une couverture des axes routiers. Les modalités retenues par les opérateurs sont inconnues à ce jour.
- L'évolution du parc des terminaux : le rythme de renouvellement des équipements par les entreprises et les ménages (smartphones, tablettes numériques), mais aussi l'adoption de terminaux moins répandus, comme les montres et bracelets connectés, les casques à réalité virtuelle (« casques VR »), les lunettes à réalité augmentée (« lunettes AR ») ou les modules de connexion pour objets par les particuliers (« IoT ») et les entreprises (« IIoT »). L'effet de la disponibilité de la 5G sur les volumes d'achats de nouveaux terminaux tout comme la disponibilité de contenus spécifiques ajoutent à l'incertitude.
- Les usages : ceux présentés comme propres à la 5G demeurent en réalité largement inconnus alors que le déploiement ne fait que débuter à l'échelle mondiale (cf. section 1). Ces usages seront de plus dépendants des services et infrastructures développées pour proposer ces services. **L'expérience du déploiement des technologies numériques montre d'une part que les usages finaux sont rarement ceux qui avaient été prévus ; et d'autre part que les possibilités techniques offertes sont toujours utilisées à leur maximum.** Les débits mis à disposition par la 5G, qui dépendront des décisions de maillage territorial des opérateurs, seront donc atteints à terme.

Enfin, envisager une situation contrefactuelle où la 5G ne serait pas déployée est aussi incertain. En effet, le déploiement de la 4G est encadré par le *New deal mobile*[17] révisant les obligations des opérateurs à l'issue de leur négociation avec l'Arcep, avant même la fin de leur concession sur les fréquences concernées. Un non-déploiement de la 5G pourrait résulter en l'utilisation de technologies alternatives comme le Wi-Fi, pour compenser la saturation des réseaux 4G en zones denses.

Pour tenir compte de l'ensemble de ces incertitudes, le choix a donc été fait d'adopter une démarche prospective, et de considérer plusieurs scénarios de déploiement et de non-déploiement, donnant une fourchette d'impacts carbone possibles.

Encadré 4

Les incertitudes méthodologiques sur l'empreinte carbone de la 5G et du numérique

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées au numérique, et donc à la 5G, est soumise à des incertitudes méthodologiques. Ainsi du débat sur les émissions de GES moyennes associées à certains usages comme le visionnage de vidéo en streaming, évalués par différents acteurs entre 0,018 kg CO_2 et 0,197 kg CO_2 pour 30 minutes de visionnage au niveau mondial[a,b]. La principale différence entre ces évaluations repose sur l'intensité d'émissions et la différence entre les spécifications techniques des centres de données et leur consommation réelle.

Des hypothèses ont été faites[c] sur des évolutions futures, concernant l'efficacité énergétique des centres de données, et la part entre centres de données classiques, calculs décentralisés en *edge computing*, et hyperdatacenters. De la même façon, les hypothèses retenues pour le rythme de renouvellement des terminaux (durée moyenne d'utilisation qui passe de 2,6 années en 2020 à entre 2,4 et 2,9 ans en 2030 selon les scénarios) sont aussi incertaines. Enfin, la non-prise en compte quantitative des éventuelles émissions évitées par le 5G (cf. encadré 3) imposée par l'absence de données sur le sujet peut aussi se voir débattue si des éléments nouveaux sont produits.

En tout état de cause, les principales conclusions retenues pour guider les recommandations du Haut conseil pour le climat ne s'appuient pas uniquement sur cette évaluation en particulier, et restent valides quand bien même l'évaluation commandée aurait certaines hypothèses remises en cause. D'une part, la part importante liée à la fabrication des terminaux dans l'empreinte carbone du numérique est bien documentée (dans un rapport d'information du Sénat[d], un rapport du CGE[e], ou encore des études de think-tanks[f,g]). D'autre part, les impacts sur les émissions de GES sur le territoire français au travers de la consommation d'électricité sont, quel que soit leur ordre de grandeur, régis par le système d'échange de quotas d'émissions (SEQE).

a Kamiya, G. (2020). « Factcheck: What is the carbon footprint of streaming video on Netflix? » **https://www.carbonbrief.org/factcheck-what-is-the-carbon-footprint-of-streaming-video-on-netflix, consulté le 07/12/2020**.

b The Shift Project. (2020). « Did the shift project really overestimate the carbon footprint of online videos ? Our analysis of the IEA and Carbon Brief articles » **https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2020/06/2020-06_Did-TSP-overestimate-the-carbon-footprint-of-online-video_EN.p**

c Citizing (2020). « Déploiement de la 5G en France : quel impact sur la consommation d'énergie et l'empreinte carbone ? » Contribution au rapport du Haut conseil pour le climat.

d République Française. (2020). Rapport d'information fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable (1) par la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique (2). **http://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555_mono.ht**

e Conseil général de l'économie. (2019). « Réduire la consommation énergétique du numérique ». Décembre 2019. **https://www.economie.gouv.fr/cge/consommation-energique-numerique**

f GreenIT. (2019). « Empreinte environnementale du numérique mondial » **https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/**

g The Shift Project. (2018). Lean ICT – pour une sobriété numérique. Rapport du groupe de travail dirigé par Hugues Ferreboeuf pour le think tank The Shift Project. Octobre 2018. **https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf**

2.2 DES SCÉNARIOS CONTRASTÉS **DE DÉPLOIEMENT ET DE NON DÉPLOIEMENT**

Trois scénarios ont été élaborés en collaboration entre le Haut conseil pour le climat et le cabinet en charge de l'étude, d'après une revue de la littérature existante et d'entretiens ou de réponses écrites avec des acteurs du secteur, et sont présentés dans le tableau 1.

Le scénario « La 5G du cahier des charges » correspond au cahier des charges de l'Arcep et donc plutôt à une borne basse du déploiement de la 5G en l'état actuel de la réglementation. À ce déploiement minimal est associé un renouvellement modéré des terminaux existants et une adoption modérée de nouveaux terminaux, l'ensemble se traduisant par une augmentation modérée du trafic mobile.

À l'inverse, « La vraie 5G pour tous » correspond plutôt à une borne haute des effets possibles du déploiement de la 5G. Ce scénario considère notamment une couverture généralisée en fréquence 3,5 GHz du territoire, allant au-delà du cahier des charges de l'Arcep, un renouvellement et une adoption accélérés des terminaux et une croissance supérieure des trafics.

Enfin, un troisième scénario, « La 5G sélective » n'a pas vocation à être réaliste, puisqu'il ne respecte pas le cahier des charges de l'Arcep, mais permet de donner un ordre de grandeur de ce qu'aurait pu être l'impact carbone d'un déploiement de la 5G moins ambitieux, mais exacerbant les inégalités entre territoires.

Tableau 1 – Prospective **du déploiement et incertitudes**

	MAILLAGE	TERMINAUX	USAGES	TRAFIC DE DONNÉES
LA VRAIE 5G POUR TOUS (VARIANTE HAUTE)	4G+ : déploiement pour couvrir 100% du territoire en 2030 ; 700 MHz : non déployée ; 3,5 GHz : déploiement pour couvrir 100 % du territoire en 2030 ; 26 GHz : déploiement à partir de 2024 pour couvrir 100 % des zones denses (urbaines et périurbaines) en 2030.	Mise sur le marché réussie de nombreux nouveaux terminaux 5G, menant à une explosion des ventes (adoption massive de la technologie, renouvellement anticipé des équipements).	L'ensemble des usages identifiés sont adoptés partout sur le territoire. Certains usages ne seront toutefois pas possibles avant la 5G « standalone ».	Borne haute de la croissance de trafic mobile (environ 55 %), sans lien direct avec la vente de terminaux. Contrôle de cohérence avec volume de données par utilisateur.
LA 5G DU CAHIER DES CHARGES (VARIANTE CENTRALE)	4G+ : déploiement pour couvrir 100 % du territoire en 2030 ; 700 MHz : déploiement pour couvrir 100% des zones peu denses en 2030 ; 3,5 GHz : déploiement pour couvrir 100 % des zones denses et une partie des zones peu denses en 2030 ; 26 GHz : déploiement pour couvrir 100 % des zones denses (urbaines et périurbaines) en 2030 ;	L'offre de nouveaux terminaux est limitée, tout comme l'accès au réseau, menant à un accroissement du renouvellement des terminaux.	L'ensemble des usages sont adoptés (e.g. voiture autonome), mais les usages non existants à ce jour émergent relativement tard et sont réservés aux zones couvertes par de la « vraie » 5G. Les véhicules autonomes sont réservés aux transports publics ou de marchandise.	Borne intermédiaire de la croissance de trafic mobile (environ 45 %), sans lien direct avec la vente de terminaux. Contrôle de cohérence avec volume de données par utilisateur.
LA 5G SÉLECTIVE (VARIANTE BASSE)	4G+ : déploiement pour couvrir 100 % du territoire en 2030 ; 700 MHz : non déployée ; 3,5 GHz : déploiement pour couvrir 100 % des zones denses en 2030 ; 26 GHz : non déployée.	L'offre de nouveaux terminaux se développe peu et l' accès aux réseaux 5G est limité, menant à aucun impact significatif sur le renouvellement des terminaux, et peu sur l'adoption.	Seuls les usages déjà émergents (par exemple vidéo) sont pris en considération. La 5G est utilisée pour désengorger les réseaux des zones denses au profit des citadins et des secteurs connectés.	Borne basse de la croissance de trafic mobile (environ 35 %), sans lien direct avec la vente de terminaux. Contrôle de cohérence avec volume de données par utilisateur.

L'alternative au déploiement de la 5G est proposée autour de deux scénarios, « haut » et « bas » décrits dans le tableau 2, qui font varier le déploiement du WiFi, l'adoption de terminaux dont l'utilisation peut se faire en utilisant la 4G ou le Wi-Fi (par exemple les casques de réalité virtuelle, objets connectés, etc.), et les usages, se matérialisant par des trafics de données contrastés.

Tableau 2 – Deux scénarios **de non-déploiement de la 5G**

	MAILLAGE	TERMINAUX	USAGES	TRAFIC DE DONNÉES
VARIANTE HAUTE	4G+ : déploiement pour une couverture totale à horizon 2025 Wifi : couverture des zones denses (urbaines et périurbaines)	Adoption des nouveaux terminaux Pas de renouvellement précoce Pas d'adoption des nouveaux terminaux Pas de renouvellement précoce	Les usages qui requièrent la 5G n'apparaissent pas. Seuls les usages existants poursuivent leur développement jusqu'à saturation des réseaux.	+ 35 % puis + 25 %
VARIANTE BASSE	4G+ : déploiement pour une couverture totale à horizon 2030 Wifi : pas de déploiement		Les usages qui requièrent la 5G n'apparaissent pas. Seuls les usages existants poursuivent leur développement jusqu'à saturation des réseaux.	+ 30 % puis + 15 %

2.3 QUELS IMPACTS DE LA 5G SUR LES ÉMISSIONS TERRITORIALES ET SUR L'EMPREINTE CARBONE ?

L'ensemble de ces scénarios de déploiement et de non-déploiement se placent dans le contexte plus large de l'empreinte carbone du numérique, pour laquelle est considérée un ordre de grandeur fixe partagé par tous les scénarios, cohérent avec l'évaluation précédemment réalisée par le Sénat[18].

Les résultats présentés concernent les émissions associées à la production et à l'utilisation des infrastructures de réseau, des terminaux et des centres de données. Les émissions évitées ainsi que les effets sur la séquestration du carbone n'ont pas été considérés faute d'élements quantitatifs disponibles.

2.3.1 DES EFFETS SIGNIFICATIFS SUR L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE

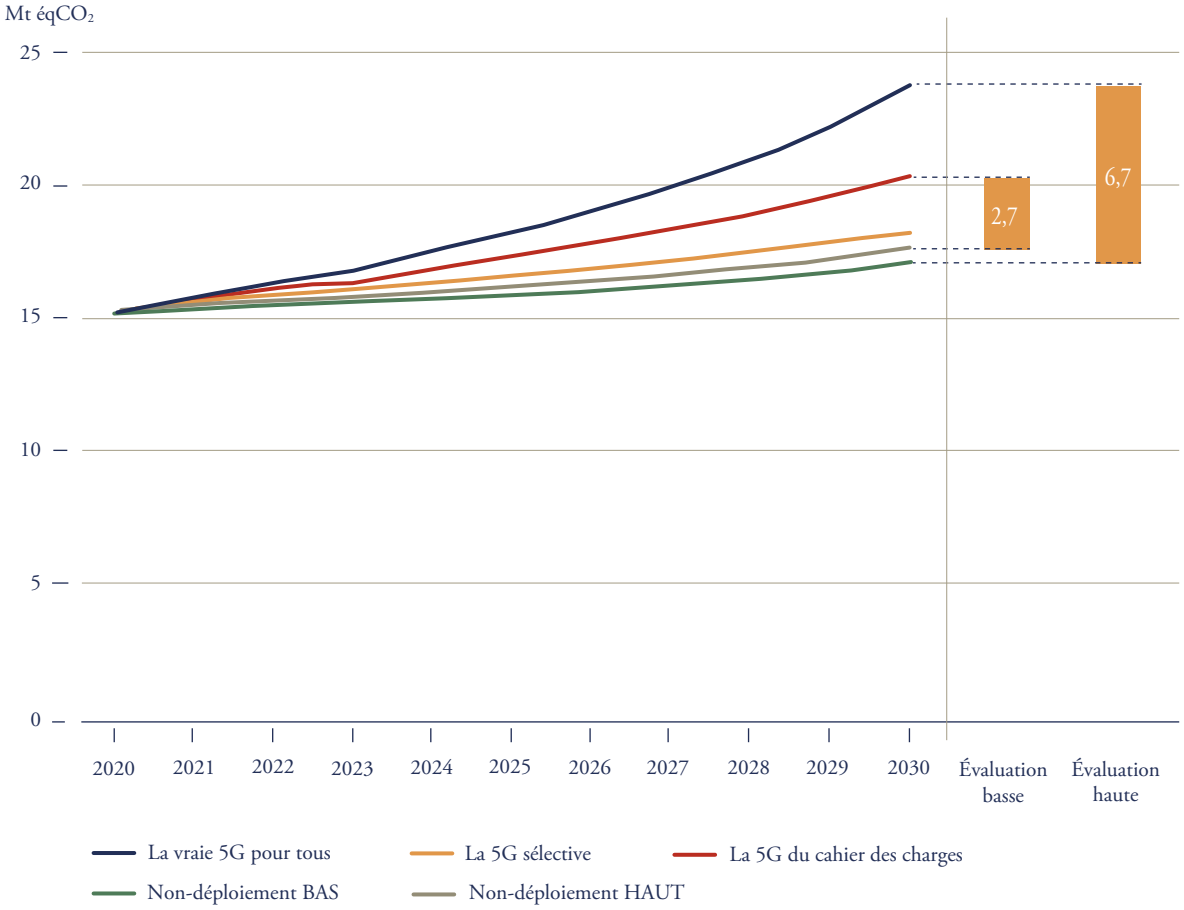
Les résultats de l'étude donnent un ordre de grandeur des effets attendus d'un déploiement de la 5G sur l'empreinte carbone du numérique. Comme illustré dans la figure 2, en l'état actuel du cahier des charges de l'Arcep, **cette empreinte carbone du numérique pourrait se voir accrue en 2030 toutes choses égales par ailleurs de 2,7 Mt éqCO_2 dans l'évaluation basse (différence entre le scénario « la 5G du cahier des charges » et le « non-déploiement haut ») à 6,7 Mt éqCO_2 dans l'évaluation haute** (différence entre le scénario « la vraie 5G pour tous » et le « non-déploiement bas ») à l'horizon 2030. Si le déploiement de la 5G se réalisait bien en deçà du cahier des charges de l'Arcep, l'impact carbone de la 5G pourrait se situer entre 0,6 et 1,1 Mt éqCO_2. L'ordre de grandeur agrégé des émissions occasionnées est significatif comparativement à l'empreinte carbone du numérique, qui s'élève à environ 15,1 Mt éqCO_2 en 2020.

Ces émissions sont réparties entre celles ayant lieu sur le territoire national et les émissions importées. Sur le territoire national, dans le cas d'absence d'émissions évitées significatives – dont la matérialité reste encore à démontrer –, le déploiement de la 5G ne contribuerait donc pas au respect des budgets carbone (300 Mt éqCO_2 en 2030, dont 30 Mt éqCO_2 pour la production d'énergie) en augmentant les émissions liées à la production d'électricité entre 0,8 Mt éqCO_2 et 2,1 Mt éqCO_2 et pose des enjeux de répartition de ce budget carbone entre secteurs et entre pays européens (cf. section 3) dans un contexte où le déficit enregistré sur le premier budget carbone 2015-2018 était déjà d'environ 15 Mt éqCO_2 par an. À l'étranger, le déploiement de la 5G augmenterait les émissions de GES d'entre 1,8 Mt éqCO_2 et 4,6 Mt éqCO_2, rendant plus difficile la réduction des émissions importées de la France (425 Mt éqCO_2 en 2018, et devraient être réduites à 239 Mt éqCO_2 en 2030 si les recommandations du HCC les concernant étaient suivies[19]). Elle pose de même une question d'arbitrage entre émissions importées (cf. section 3.1) et de capacité des pays producteurs d'équipements numériques à suivre une trajectoire vers la neutralité carbone.

2.3.2 UN IMPACT CARBONE DOMINÉ PAR LES ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION DES TERMINAUX ET DES ÉQUIPEMENTS DE RÉSEAU

Les émissions peuvent être décomposées entre la production des équipements et leur utilisation, principalement par l'usage de l'électricité, ainsi qu'entre les différentes composantes considérées (infrastructures de réseau, centres de données et terminaux). Cette décomposition est donnée en figure 3 dans le cas de l'impact le plus important considéré (différence entre « la vraie 5G pour tous » et « non-déploiement bas »), mais est très proche quels que soient les scénarios considérés. **Environ la moitié de l'impact carbone de la 5G serait due à la production de terminaux, part qui monte aux trois-quart si l'on ajoute la phase de production des terminaux, réseaux et centres de données. Seulement un quart de l'impact carbone de la 5G serait donc lié à l'utilisation des terminaux et des réseaux**, qui repose très largement sur une électricité française décarbonée, et des centres de données, reposant sur une électricité en partie française.

Figure 2 – L'empreinte carbone du numérique
selon plusieurs variantes de déploiement et non-déploiement de la 5G

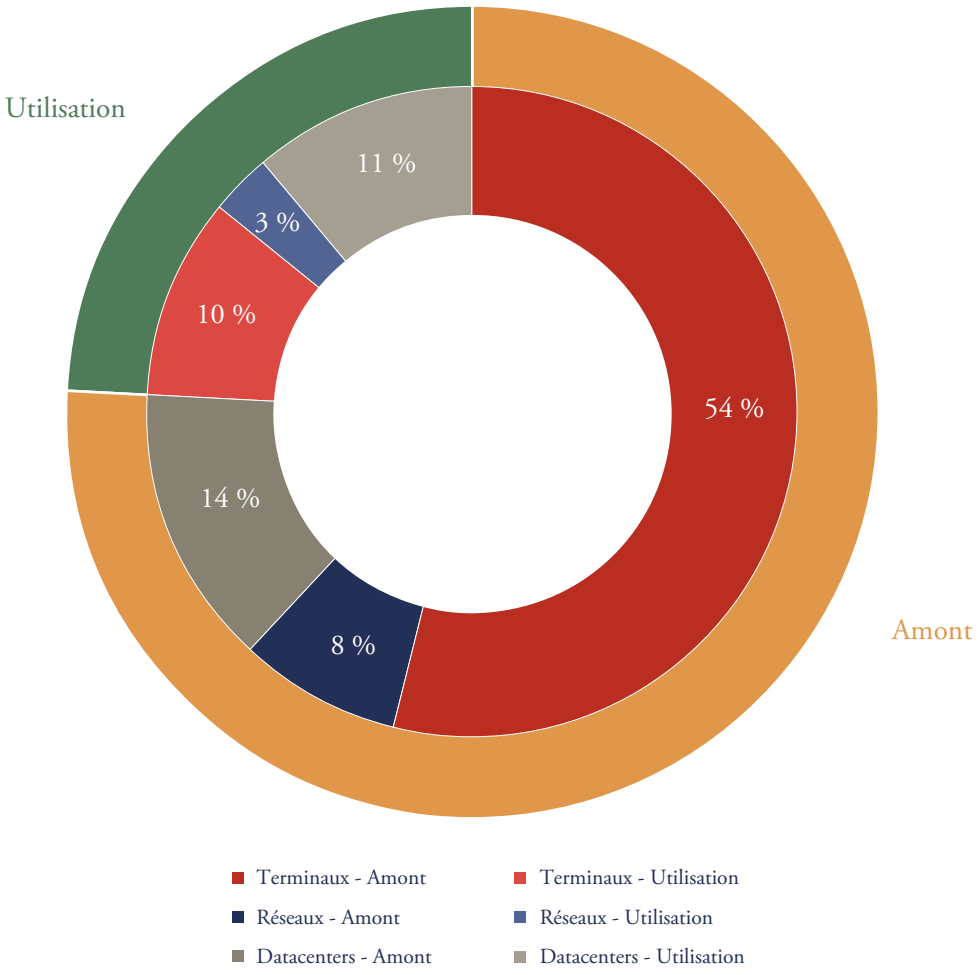


Note : L'évaluation basse correspond à la différence entre le scénario « La 5G du cahier des charges » et le « Non-déploiement HAUT », tandis que l'évaluation haute correspond à la différence entre « La vraie 5G pour tous » et le « Non-déploiement Bas ».

Source : Traitements HCC 2020 d'après Citizing (2020).

Les effets sur les émissions de GES liées à la production d'électricité en France sont faibles car le mix électrique est plutôt décarboné. Cependant, **l'introduction de la 5G devrait conduire à une augmentation de la consommation d'électricité**. Cette consommation a lieu lors de la phase d'usage des équipements, de l'infrastructure, et également des centres de données quand ils sont situés sur le territoire. En fonction des hypothèses faites sur le déploiement de la 5G, cette consommation d'électricité additionnelle est estimée entre 16 TWh et 40 TWh à l'horizon 2030, soit entre 6 % et 13% de la consommation finale d'électricité du résidentiel et du tertiaire en 2019 (301 TWh en 2019[20]), à laquelle cette consommation s'ajouterait. Cette augmentation est reliée à la consommation électrique des terminaux, mais aussi aux flux de données supplémentaires que pourrait occasionner la 5G : entre 219 et 475 exabytes (EB) supplémentaires pourraient être échangés sur les réseaux mobiles en 2030, comparés à un échange de données fixes et mobile de 76 EB en 2020.Au final, l'impact carbone de la 5G est donc majoritairement une question d'émissions importées et de répartition des émissions territoriales entre celles liées à la production électrique en France et les autres. C'est aussi plus généralement le cas pour le numérique, du fait du cadre des politiques climatiques dans l'Union européenne (cf. section 3.1) mais aussi des caractéristiques de l'empreinte carbone de la France : les équipements informatiques, électroniques et optiques font partie, avec le textile, des biens pour lesquels la quasi-totalité des émissions liées à leur consommation a lieu à l'étranger (99 % en 2018)[21].

Figure 3 – Répartition de l'impact carbone de la 5G
par postes d'émissions en 2030 dans l'évaluation haute



Note : La répartition correspond à la différence entre le scénario « La vraie 5G pour tous » et le scénario « bas » de non-déploiement, mais la répartition est proche lorsque les autres scénarios sont considérés.

Source : Traitements HCC 2020 d'après Citizing (2020)

3. RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA MAÎTRISE DE L'IMPACT CARBONE DE LA 5G

3.1 POTENTIEL ET LIMITES DES INSTRUMENTS EXISTANTS POUR MAÎTRISER L'IMPACT CARBONE DE LA 5G

Les instruments actuels de maîtrise des émissions sont censés éviter que la 5G accroisse les émissions territoriales au niveau européen, mais pas au niveau national ni les émissions importées. En outre, ils posent une question de justice sociale. Une attention particulière doit être portée aux risques posées par la 5G sur le système électrique français, et ses conséquences en matière d'émissions de gaz à effet de serre.

3.1.1 RÉGULER LA DEMANDE ÉLECTRIQUE SUPPLÉMENTAIRE

L'introduction de la 5G devrait conduire à une augmentation de la consommation d'électricité liée au numérique sur le territoire français. En France comme dans le reste de l'Union européenne, les émissions liées à la production d'électricité sont aujourd'hui encadrées par le marché du carbone européen (SEQE). Par ailleurs, au niveau national, la production d'électricité s'inscrit dans le budget carbone de la production d'énergie.

Le SEQE est un moyen permettant d'assurer une maitrise des émissions des secteurs qui y sont soumis[22]. En introduisant un prix du carbone qui s'ajuste à un plafond global d'émissions autorisées[23], il incite à la fois à la maitrise de la demande (en électricité ici) et à la décarbonation de la production. Toutefois, il ne garantit pas le respect des budgets carbone nationaux, et a fortiori le respect du budget sectoriel de la production d'énergie. De plus, pour être efficace, il nécessite des instruments de politique publique complémentaires. Dans le cas de la production d'électricité, il s'agit notamment pour la puissance publique de garantir un cadre réglementaire et financier rendant possible les investissements en moyens de production décarbonés et en maitrise de la demande.

En outre, la logique de marché du SEQE pose d'importantes problématiques en matière de transition juste. En renchérissant le prix de l'électricité, le SEQE pèse davantage sur les ménages vulnérables, car il s'agit d'une régulation avant tout économique qui ne tient pas compte de la capacité des individus, et notamment les plus vulnérables à s'adapter à une hausse de prix. L'introduction de la 5G augmente les usages soumis à ce marché, et en conséquence étend son emprise, ce qui rend d'autant plus saillants les enjeux de justice sociale. Ainsi, le choix existant de réguler les émissions territoriales par le marché implique donc de rehausser en parallèle les politiques de lutte contre les inégalités et les vulnérabilités. En étendant le champ du marché du carbone, l'introduction de la 5G renforce cette nécessité.

Concernant la production et la consommation d'électricité au niveau national, les projections réalisées invitent à considérer avec attention les risques que font peser la 5G sur la capacité du système électrique français à produire une électricité décarbonée répondant à la demande dans la décennie à venir. Cette inquiétude fait écho à un rapport récent du Conseil général de l'économie, qui s'inquiète également de la manière dont l'évolution de la consommation d'électricité du numérique est prise en compte dans les projections nationales françaises[24]. Afin de répondre à cet enjeu, une analyse plus approfondie de l'évolution de la demande d'électricité liée à la 5G, et plus généralement au numérique, pourrait être réalisée dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie ainsi que dans les projections réalisées par RTE sur l'avenir du système électrique français. En effet, une hausse insuffisamment anticipée de la consommation d'électricité serait susceptible de mettre en péril le respect de la trajectoire d'émissions du secteur de la transformation d'énergie prévue dans la SNBC.

3.1.2 ENCADRER L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE

Les enjeux d'émissions de GES liés au déploiement de la 5G en France sont concentrés dans les émissions importées, car les principaux impacts sont à attendre lors des phases de production des terminaux, des infrastructures de réseau et des centres de données, ayant principalement lieu à l'étranger. **Contrairement aux émissions territoriales, les émissions importées ne disposent à l'heure actuelle d'aucune stratégie ou mécanisme de réduction.** Une telle stratégie est cependant attendue avant 2022 pour préparer l'établissement de plafonds d'émissions indicatifs sur l'empreinte carbone comme le requiert la loi énergie-climat[25]. Ces émissions importées doivent diminuer, et cette diminution doit être de l'ordre de 65 % à l'horizon 2050, et 27 % en 2030[26]. Par conséquent, pour garantir que la France ne contribue pas à un réchauffement climatique supérieur aux seuils définis dans l'accord de Paris, déployer la 5G et plus généralement continuer le développement du numérique en France va nécessiter des mesures supplémentaires pour réduire les émissions importées (en jouant sur l'offre, la demande, les politiques commerciales de l'UE et la coopération internationale), ainsi que des arbitrages entre émissions importées liées au numérique et émissions importées liées à d'autres biens et services.

Compte tenu de l'ordre de grandeur relativement faible de l'impact carbone de la 5G au regard des émissions importées, une stratégie spécifique de réduction des émissions importées dues à la 5G ne semble pas pertinente. En revanche, **une stratégie spécifique aux émissions importées du numérique, dans la lignée des recommandations du Haut conseil pour le climat concernant l'empreinte carbone, permettrait à la fois de maîtriser les émissions importées dues au déploiement de la 5G et de toute autre nouvelle technologie numérique à venir**. Une telle stratégie devra être assortie d'objectifs quantifiés de réduction d'émissions mais aussi d'autres indicateurs accessibles plus rapidement que l'empreinte carbone. Les émissions importées liées au numérique se distinguent cependant des autres secteurs car les produits électroniques ne sont pas ou peu transformés en France ou en Union européenne ; bien que les entreprises françaises ne maîtrisent pas directement la chaîne de production, des leviers existent. Dans ce contexte, l'engagement des entreprises françaises dans cette stratégie de réduction pourrait être insuffisante, et des mesures complémentaires pourraient être nécessaire. Parmi les mesures à mettre en œuvre pour limiter les émissions importées dues aux équipements électroniques, on note notamment la possibilité d'imposer des **normes quant aux émissions en cycle de vie des équipements électroniques mis sur le marché**, à l'image de ce qui existe déjà sur les téléphones mobiles concernant le débit d'absorption spécifique (DAS). De plus, il est nécessaire d'encadrer les stratégies d'obsolescence technique par les fabricants de terminaux. À cette fin, les dispositions de la loi Agec[27], qui introduisent une obligation pour les vendeurs d'équipements électrique et électroniques d'afficher un indice de réparabilité (en 2021) et un indice de durabilité (en 2024) posent un premier jalon qui doit être complété par par un affichage environnemental inlcuant notamment les émissions de GES. Cependant, il n'est pour le moment pas démontré que de tels dispositifs informationnels puissent réduire suffisamment les émissions liées aux équipements électroniques. Pour réduire efficacement ces émissions, l'introduction d'indices de réparabilité et de durabilité minimum pour une mise sur le marché serait nécessaire. L'échelon pertinent pour ce type de mesures normatives est l'Union européenne, car il s'agit d'un marché assez important pour faire levier sur les producteurs. Le gouvernement doit donc agir pour l'adoption de telles normes d'émission et de fabrication au sein de l'Union européenne.

3.2 INTÉGRER LA QUESTION CLIMATIQUE DANS LE DÉPLOIEMENT DES RÉSEAUX MOBILES

L'attribution des fréquences 5G tient compte de contraintes de couverture du territoire qui obéissent à un objectif d'égalité et de cohésion des territoires. En l'absence de contraintes réglementaires, les sociétés détentrices des droits sur les fréquences vont déployer leurs infrastructures uniquement sur les territoires où elles espèrent obtenir des bénéfices économiques suffisants en vendant leurs services de télécommunication. La rentabilité du déploiement de la 5G sur un territoire dépend de ses caractéristiques : densité de population, revenus des ménages, entreprises présentes sur place, etc. En

conséquence, les territoires peu denses sont susceptibles d'être délaissés par les opérateurs, le coût de déploiement des infrastructures n'étant pas compensé par les revenus tirés de la vente de services de télécommunication. Cette situation se heurte au principe d'égalité et de cohésion des territoires. L'accès aux services numériques est en effet un enjeu essentiel d'intégration économique, mais aussi sociale, civique ou encore culturelle pour les citoyens. Concernant la 5G spécifiquement, et ses applications potentielles dans les secteurs agricoles et industriels, un non-déploiement sur un territoire peut susciter des craintes de décrochage en matière de compétitivité et d'attractivité. Pour toutes ces raisons, le cahier des charges de l'Arcep impose aux sociétés détentrices de fréquences 5G des obligations de couvertures en sites 5G dans les zones peu denses et celles des territoires d'industrie, hors des principales agglomérations[28].

Jusqu'à présent, les enjeux environnementaux autour de la 5G n'étaient pas inclus dans le cahier des charges de l'Arcep, à la différence des préoccupations concernant la compétitivité économique de la France ainsi que l'égalité et la cohésion des territoires. Les opérateurs disposant de leviers efficaces pour maitriser l'empreinte carbone de la 5G, il parait pertinent d'inclure aussi dans le cahier des charges de l'Arcep, aux côtés des engagements liés à la couverture du territoire et à la compétitivité de l'économie, des **engagements environnementaux contractuels, et en particulier relatifs au climat. Ces engagements contractuels doivent concerner en premier lieu l'infrastructure** de réseau, sur laquelle les opérateurs ont le plus grand contrôle.

Ils pourraient comporter des obligations plafonnant l'empreinte carbone et matérielle de l'infrastructure 5G (fabrication, mise en place et utilisation des antennes, des câbles, et des différents composants électroniques) et la consommation énergétique des dispositifs. Par ailleurs, la loi Agec[29] qui prévoit que les fournisseurs d'accès internet (dont les opérateurs de téléphonie mobile) intègrent dès 2022 l'information des clients sur les émissions de GES liées à leur télécomunications va dans la bonne direction et pourra être évaluée une fois connus les référentiels actuellement en cours d'élaboration à l'Ademe. Les opérateurs ayant également une influence sur l'équipement des ménages et des entreprises en terminaux, des engagements spécifiques peuvent être aussi pris sur ces aspects par les opérateurs allant au-delà des mesures d'application générale mentionnées à la section 3.1 : affichage environnemental supplémentaire et volontaire sur les terminaux promus, incitations à réduire la fréquence de renouvellement des terminaux, etc.

Afin de suivre et contrôler le respect des engagements pris par les opérateurs disposant de fréquences 5G, il est nécessaire de s'appuyer sur un ensemble d'indicateurs couvrant les différentes dimensions de l'empreinte carbone de la 5G sur lesquelles les opérateurs peuvent agir.

3.3 SE DONNER LES MOYENS D'ARBITRER ENTRE DIFFÉRENTES PRATIQUES ÉMISSIVES AU SEIN D'UN BUDGET CARBONE

3.3.1 UN DEPLOIEMENT INITIAL DE LA 5G SANS OBJECTIFS CLIMATIQUES

Une fois le déploiement de la 5G acquis en France, d'autres objectifs de politiques publiques que le développement technologique ou économique sont pris en compte. Ils apparaissent dans l'élaboration la feuille de route nationale pour la 5G[30] et dans la rédaction par l'État, en concertation avec l'Arcep, des cahiers des charges pour l'attribution des fréquences aux opérateurs. Les questions de sécurité (confidentialité des communication) font l'objet d'une attention particulière[31] ainsi que les questions sanitaires (information du public sur l'exposition aux champs électromagnétiques, mise en place d'un comité de dialogue auprès de l'agence des fréquences, réalisation d'expérimentations, saisine de l'ANSES pour les effets de la 5G sur la santé). Le cahier des charges de l'Arcep prévoit, quant à lui, des obligations en termes de couverture du territoire en vertu des principes d'égalité et de cohésion des territoires. Le déploiement de cette technologie a répondu à des objectifs de développement économique, de compétitivité,d'indépendance, de souveraineté ainsi que de renflouement du budget de l'État *via* la vente des fréquences. Deux conditions ont été posées : le respect de la santé humaine et une couverture minimale du territoire. En revanche, **les objectifs environnementaux, dont les objectifs climatiques, demeurent absents des critères des cahiers des charges**.

3.3.2 ÉLARGIR LE PILOTAGE ENVIRONNEMENTAL ET CLIMATIQUE DE LA 5G À L'ENSEMBLE DU NUMERIQUE

Une feuille de route globale « numérique et environnement » est en cours d'élaboration par le Ministère de l'économie, des finances et de la relance (MEFR) et le Ministère de la transition écologique (MTE), sur la base des travaux du Conseil national du numérique (CNNum) en partenariat avec le Haut conseil pour le climat[32] ; ainsi que de différents types d'action portées par les pouvoirs publics. Des travaux de recherche pour le bilan environnemental du numérique en général sont en cours avec l'Ademe et Arcep. C'est un des premiers enjeux de pilotage, relevé par les travaux du Shift Project dès 2018[33]. **La connaissance des impacts est une condition sine qua non de leur réduction**. Différentes initiatives visent les terminaux : leur production (développement d'une offre française éco-responsable), le rythme de leur renouvellement (développement d'une filière de réparation avec la mise à disposition de pièces détachées, reconditionnement, réemploi) leur fin de vie (recyclage, collecte et élimination).

L'offre de services numériques est également envisagée *via* les normes d'écoconception, les politiques de RSE, la mise en place d'une fiscalité avantageuse ou de l'accès à la commande publique sous conditions énergétiques et environnementales.

Les pouvoirs publics attendent également beaucoup des dispositifs informationnels jouant sur la rencontre entre l'offre et la demande : renforcement de l'écolabel européen, indices de réparabilité (2021) et de durabilité (2024) ou affichage environnemental afin d'informer et de responsabiliser le consommateur.

Enfin, les pouvoirs publics cherchent à favoriser l'émergence et le développement d'usages de la 5G utiles à la transition climatique. Il s'agit principalement de valoriser les données au service de l'environnement (logistique, transport, efficacité énergétique des procédés industriels, etc.). Toutefois, peu d'études quantitatives permettent à l'heure actuelle d'évaluer ce qu'il est raisonnablement permis d'espérer en la matière.

3.3.3 LA NÉCESSITÉ D'UN PILOTAGE CLIMATIQUE DE LA 5G ET DU NUMÉRIQUE POUR GARANTIR LA COHÉRENCE AVEC LA SNBC

Le respect des engagements climatiques n'ayant pas ou peu contraint jusqu'à présent le déploiement des infrastructures, des équipements et des services numériques en amont, c'est bien, par un effet de cascade, sur les usages en aval que pèse désormais l'exigence de sobriété énergétique. Cette stratégie de « gouvernement par les conduites »[34] est à la fois un aveu d'impuissance ou d'absence de volonté de réguler l'offre et une manière indirecte de le faire. Certes, les dispositifs informationnels envisagés actuellement par les pouvoirs publics peuvent avoir un véritable intérêt, non seulement pour guider le consommateur, mais surtout pour améliorer l'offre. Les labels permettent de faire saillir des segments particulièrement vertueux pour des consommateurs responsables. L'affichage environnemental obligatoire – qui peut inclure un score carbone – représente une forte incitation pour tous les producteurs à améliorer leur offre. Des travaux sont déjà en cours au sein de l'Ademe pour définir des référentiels permettant de standardiser le calcul des émissions en analyse en cycle de vie des équipements électroniques. Ce type de dispositif permet d'accroître l'efficacité énergétique à usages constants mais ne permet pas de limiter la croissance des usages eux-mêmes.

Les usages dépendent avant tout des possibilités offertes par les technologies et les services numériques sur le marché. Les principaux leviers de régulation résident en amont des usages, même si les actions d'information, de sensibilisation et d'éducation des utilisateurs restent pertinentes. À cet égard, il faut éviter l'écueil d'une sur-responsabilisation des utilisateurs par rapport à ce qui pourrait être perçu comme une déresponsabilisation concomitante de l'offre. Il s'agit donc, pour commencer, de rendre visible, aux yeux des utilisateurs, les efforts réalisés pour la prise en compte des enjeux climatiques par l'offre de technologies et des services numériques qui leurs sont offerts. Les guides de

bonnes pratiques seront d'autant plus efficaces que le cadre de l'offre sera cohérent par rapport aux conseils et injonctions formulées pour des usages plus responsables.

Ensuite, et pour renforcer la connaissance des impacts climatiques et environnementaux de la 5G (et au-delà du numérique dans son ensemble), il est nécessaire de développer des opérations et des outils d'information, de sensibilisation et d'éducation adaptés à différents types d'utilisateurs et à différents types d'usages. **De l'affichage environnemental sur les terminaux à l'élaboration et à la diffusion de guides de bonnes pratiques à destination des entreprises et du grand public, ces dispositifs de responsabilisation contribuent également à l'émergence d'une culture climatique au sein du numérique favorable à l'évolution des usages et à l'adhésion aux mesures de régulation de l'offre.**

Il n'existe aucune garantie que la somme des initiatives en cours suffise à ce que l'introduction de la 5G se traduise par moins d'émissions, et suffisamment moins d'émissions pour le respect de la SNBC. La question des limites globales à ne pas dépasser se pose toujours au sein du numérique ou entre les différents secteurs d'activité. Dans ce cas, il peut être nécessaire de porter, dans le débat public, la question de la priorisation des usages. Si les émissions du numérique ne baissent pas suffisamment, il faudra définir quels autres secteurs sont susceptibles de réduire encore plus les leurs ou quels sont les usages au sein du numérique à privilégier.

Au sein du numérique, la priorisation ou l'interdiction de certains usages est une piste que les pouvoirs publics évitent de travailler pour le moment. Pourtant, c'est justement une possibilité technique favorisée par la 5G. En effet, le « network slicing » rendu possible par la 5G correspond à un découpage virtuel d'un réseau de télécommunications qui permet de fournir des performances différentes aux « tranches ». Un tel découpage pose cependant des problèmes de respect du principe de neutralité du net. Consacrée comme principe en droit européen et français, la neutralité du net interdit notamment aux fournisseurs d'accès à internet de discriminer l'accès au réseau en fonction des services (par exemple en offrant un internet plus lent à certains clients et plus rapide à d'autres pour accéder à un service identique à partir d'une même offre). Un travail à ce sujet a notamment été engagé par l'Arcep[35] et informera utilement tout débat sur la question de la priorisation des usages dans une logique climatique et non seulement économique. Reste qu'établir une hiérarchie des usages n'est pas une nouveauté dans la société, quand bien même elle le serait pour le numérique. Elle nécessite en tout état de cause de porter la question dans le débat public pour en définir, le cas échéant, les critères et la régulation.

LISTE DES GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1. Les différentes bandes de fréquences **liées à la 5G et leurs caractéristiques**

Figure 2. L'empreinte carbone du numérique **selon plusieurs variantes de déploiement et non-déploiement de la 5G**

Figure 3. Répartition de l'impact carbone de la 5G **par postes d'émissions en 2030 dans l'évaluation haute**

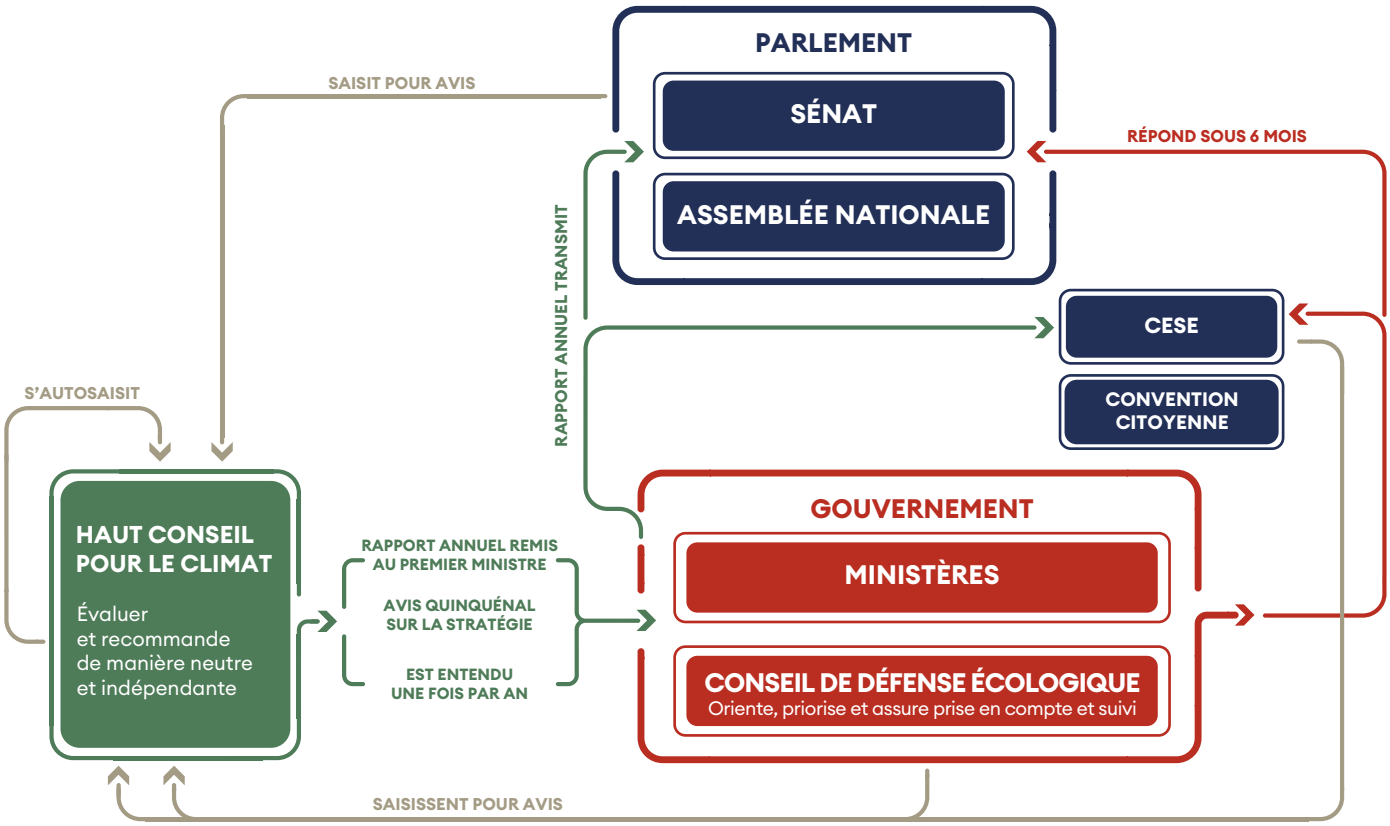
Tableau 1. Trois scénarios **de déploiement de la 5G**

Tableau 2. Deux scénarios **de non-déploiement de la 5G**

NOTES ET RÉFÉRENCES

1. Le débit définit la quantité de données transmises par un canal de communication dans un intervalle de temps donné.
2. La latence d'un réseau est le temps nécessaire pour que les paquets de données soient transmis de l'émetteur au destinataire.
3. Union européenne. Communication COM (2016) 588 from the Commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. « 5G for Europe: An Action Plan »
https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=17131
4. Union européenne. Directive (UE) 2018/1972 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 établissant le code des communications électroniques européen (refonte)Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE., Pub. L. No. 32018L1972, 321 321 (2018).
http://data.europa.eu/eli/dir/2018/1972/oj/fra
5. Dehousse Franklin, Zgajewski Tania, Skaskevitch Youri, « Le cadre réglementaire européen des communications électroniquesde 2003 », Courrier hebdomadaire du CRISP, 2004/32 (n° 1857), p. 5-44. DOI : 10.3917/cris.1857.0005. URL :
https://www.cairn-int.info/revue-courrier-hebdomadaire-du-crisp-2004-32-page-5.htm
6. Union européenne. (2014). DIRECTIVE 2014/53/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 avril 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'équipements radioélectriques et abrogeant la directive 1999/5/CE
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0053
7. 5G Observatory (https://5gobservatory.eu), 5G scoreboard, septembre 2020.
8. La 5G n'est pas nécessaire à la robotisation elle-même, car d'autres réseaux permettent déjà de nombreuses applications (LoRa, 4G), mais permettrait en particulier de réaliser de l'analyse d'images à distance par de l'intelligence artificielle. En effet, les surface à couvrir sont trop importantes pour des réseaux locaux, et les débits de la 4G ne permettraient pas le transfert de telles images.
9. Par exemple, dans les émissions associées à la production d'un réfrigérateur connecté, seules celles associées à la production du module IoT seront considérées, mais pas celles associées à la production du reste de l'objet.
10. Benish, S. E., Reid, G.H., Deshpande, A., Ravan, S. et Lamb, R. (2020). « The Impact of Emerging 5G Technology on US Weather Prediction. » Journal of Science Policy & Governance 17(2). October 2020.
https://geog.umd.edu/sites/geog.umd.edu/files/pubs/Benish%20et%20al.%202020.pdf
11. Yousefvand, M., Wu, C., Wang, R., Brodie, J. et Mandayam, N. (2020). « Modeling the Impact of 5G Leakage on Weather Prediction. » *2020 IEEE 3rd 5G World Forum (5GWF)*. IEEE, 2020. **http://www.winlab.rutgers.edu/~narayan/PAPERS/5GWF_Conf_Paper_Final.pdf**
12. ANFR (2019) La 5G va-t-elle réellement affecter les prévisions météorologiques ?
https://www.anfr.fr/fr/toutes-les-actualites/actualites/la-5g-va-t-elle-reellement-affecter-les-previsions-meteorologiques/
13. ANFR (2020) 26GHz : brouillages 5G sur les prévisions météorologiques, l'Union européenne actualise sa position
https://www.anfr.fr/toutes-les-actualites/actualites/26-ghz-brouillages-5g-sur-les-previsions-meteorologiques-lunion-europeenne-actualise-sa-position/
14. Haut conseil pour le climat. (2019). « Evaluer les lois en cohérence avec les ambitions ».
https://www.hautconseilclimat.fr/publications/evaluer-les-lois-en-coherence-avec-les-ambitions/
15. Citizing. (2020). « Evaluation de l'impact carbone de la 5G ». Contribution au rapport du Haut conseil pour le climat.
16. Arcep. (2019). « Décision n°2019-1386 de l'Autorité de régulation des communications électroniques,des postes et de la distribution de la presse en date du 21 novembre 2019 proposant au ministre chargé des communications électroniques les modalités et les conditions d'attribution d'autorisations d'utilisation de fréquences dans la bande 3,4-3,8GHz en France métropolitaine pour établir et exploiter un réseau radioélectrique mobile ouvert au public ».
17. Arcep. (2018). « Décision n°2018-0684 de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes en date du 3 juillet 2018 proposant au ministre chargé des communications électroniques les modalités et les conditions d'attribution d'autorisations d'utilisation de fréquences dans les bandes 900MHz, 1800MHz et 2,1GHz en France métropolitaine pour établir et exploiter un réseau radioélectrique mobile ouvert au public »
18. République Française. (2020). Rapport d'information fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable (1) par la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique (2). **http://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555_mono.html**
19. Haut conseil pour le climat. (2020). « Maîtriser l'empreinte carbone de la France ».
https://www.hautconseilclimat.fr/publications/maitriser-lempreinte-carbone-de-la-france/
20. Ministère de la transition écologique. (2020). « Chiffres clés de l'énergie Edition 2020 » Datalab, septembre 2020.
https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-de-lenergie-edition-2020-0
21. Haut conseil pour le climat. (2020). *Ibid*.
22. Sont actuellement soumis au marché du carbone européen les secteurs de la production d'électricité et de chaleur, de l'industrie à forte intensité énergétique, et de l'aviation commerciale. Source : Commission européenne. Système d'échange de quotas d'émission de l'UE (SEQE-UE).
https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_fr (consulté le 14/12/2020).
23. Le marché du carbone garantit ainsi que les plafonds d'émissions ne seront pas dépassés, mais permet difficilement de réduire les émissions en deçà du plafond.
24. Conseil général de l'économie (2020). Flexibilité du système électrique : contribution du pilotage de la demande des bâtiments et des véhicules électriques.
https://www.economie.gouv.fr/cge/flexibilite-systeme-electrique
25. République française. (2019). Loi n°2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat.
https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2019/11/8/TREX1911204L/jo/texte
26. Haut conseil pour le climat. (2020). « Maitriser l'empreinte carbone de la France ».
https://www.hautconseilclimat.fr/publications/maitriser-lempreinte-carbone-de-la-france/
27. République française. (2020). LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire.
https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2020/2/10/2020-105/jo/texte
28. Arcep – décembre 2019 - Bande 3,4 - 3,8 GHz : l'Arcep se tient prête à conduire la procédure d'attribution des fréquences
https://www.arcep.fr/actualites/les-communiques-de-presse/detail/n/5g-8.html
29. République française. (2020). *Ibid*.
30. Arcep. (2018). « 5G : une feuille de route ambitieuse pour la France ». 16 juillet 2018.
https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1538472894/reprise/dossiers/programme-5G/Feuille_de_route_5G-DEF.pdf
31. République française. (2019). 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 ; **https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038864094**
32. Conseil national du numérique. (2020). Feuille de route sur l'environnement et le numérique. 50 mesures pour un agenda national et européen sur un numérique responsable c'est-à-dire sobre et au service de la transition écologique et solidaire et des objectifs de développement durable ».
https://cnnumerique.fr/files/uploads/2020/CNNum%20-%20Feuille%20de%20route%20environnement%20%26%20numerique.pdf
33. The Shift Project. (2018). Lean ICT – pour une sobriété numérique. Rapport du groupe de travail dirigé par Hugues Ferreboeuf pour le think tank The Shift Project. Octobre 2018. **https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf**
34. Dubuisson-Quellier Sophie, Gouverner les conduites. Presses de Sciences Po, « Académique », 2016, 480 pages. ISBN : 9782724619003. URL :
https://www.cairn.info/gouverner-les-conduites--9782724619003.htm
35. Arcep. (2020). 5G et neutralité du net. **https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-internet-et-numerique/la-neutralite-de-linternet/5g-et-neutralite-du-net.html, consulté le 04/12/2020**.

QU'EST-CE QUE LE HCC ?



Le Haut conseil pour le climat est un organisme indépendant chargé d'émettre des avis et recommandations sur la mise en œuvre des politiques et mesures publiques pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de la France. Il a vocation à apporter un éclairage indépendant sur la politique du gouvernement en matière de climat. Le Haut conseil pour le climat a été créé par le décret du 14 mai 2019, après avoir été installé le 27 novembre 2018 par le Président de la République. Son existence a été inscrite dans la loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat. Ses membres sont choisis pour leur expertise dans les domaines de la science du climat, de l'économie, de l'agronomie et de la transition énergétique.

Aux termes du décret portant sa création, le Haut conseil pour le climat a deux missions principales :

- Il rend chaque année un rapport consultatif sur le respect de la trajectoire de baisse des émissions de gaz à effet de serre et la bonne mise en œuvre et l'efficacité des politiques et mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et développer les puits de carbone, réduire l'empreinte carbone et développer l'adaptation au changement climatique.
- Il rend un avis tous les 5 ans sur les projets de stratégie nationale bas-carbone et de budgets carbone et sur la trajectoire de baisse des émissions de gaz à effet de serre sur laquelle s'engage la France. Il évalue la cohérence de la stratégie bas-carbone vis-à-vis des politiques nationales et des engagements européens et internationaux de la France, en particulier de l'accord de Paris et de l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.

Pour ces deux missions, le Haut conseil pour le climat prend en compte les impacts socio-économiques de la transition pour les ménages et les entreprises, les enjeux de souveraineté et les impacts environnementaux.

Ses rapports, fondés sur des analyses, évaluent les politiques et mesures en place et prévues et formulent des recommandations et propositions pour aider la France à atteindre ses objectifs. Il donne un éclairage indépendant, factuel et rigoureux sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de la France et sur ses politiques publiques. Il offre une perspective à long-terme. Tous les avis et rapports du Haut conseil pour le climat sont rendus publics.

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été préparé par Jean **FOURÉ** (Responsable des études), Solange **MARTIN** et Paul-Hervé **TAMOKOUÉ KAMGA**, avec la participation de l'équipe du Haut conseil pour le climat : **Olivier FONTAN** (Directeur exécutif), Audrey **BERRY**, Julien **BUEB**, Elisa **SGAMBATI** étant chargée de la communication.

Le Haut conseil pour le climat souhaite remercier les différents membres des organisations ayant apporté des éclairages et des connaissances utiles à la réalisation de ce rapport, trop nombreux pour être tous nommés individuellement (par ordre alphabétique) :

- **Ademe**
- **ANFR**
- **Arcep**
- **Avicca**
- **Bouygues Telecom**
- **CNNum**
- **DGE**
- **Ericsson**
- **Fing**
- **France Stratégie**
- **Nokia**
- **Renaissance numérique**
- **SFR**
- **Tactis**

Le **Haut conseil pour le climat** remercie les cabinets **Citizing** et **Virtus management**, auteurs de la contribution suivante réalisée à sa demande :

> Citizing. (2020). « Déploiement de la 5G en France : quel impact sur la consommation d'énergie et l'empreinte carbone ? »

Le **Haut conseil pour le climat** remercie l'agence COM&O (www.agence-comeo.com) pour la réalisation graphique.

LES MEMBRES
DU HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT

Corinne Le Quéré est une climatologue franco-canadienne, professeure en science du changement climatique à l'Université d'East Anglia. Elle a initié le « global carbon budget », elle a dirigé le centre Tyndall sur les Changements climatiques et a été auteure du Groupe Intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Elle est membre de l'Académie des Sciences du Royaume-Uni et siège au sein du « Committee on Climate Change ».

Corinne LE QUÉRÉ - présidente

Michel Colombier est ingénieur et économiste. Il est directeur scientifique de IDDRI, directeur du Club d'Ingénierie Prospective et professeur associé à Sciences Po Paris. Il a été directeur général de l'ICE (International Consulting on Energy), conseiller auprès du cabinet du ministre de l'Energie, chef du département « stratégie et évaluation » de l'Ademe. Il a été président du Comité d'Experts pour la Transition Energétique en France.

Michel COLOMBIER

Sophie Dubuisson-Quellier est docteur en sociologie de l'École des Mines de Paris, directrice de recherche au CNRS et directrice adjointe du Centre de Sociologie des organisations (CSO), unité mixte de recherche de Sciences Po et du CNRS. Elle conduit un programme de recherche en sociologie économique sur la fabrique sociale des comportements de consommation.

Sophie DUBUISSON-QUELLIER

Alain Grandjean est diplômé de l'École polytechnique, de l'Ensae et docteur en économie de l'environnement. Il est le co-fondateur et associé de Carbone 4, cabinet de conseil en stratégie climat. Il est membre du comité scientifique de la Fondation Nicolas Hulot. En 2016, il a remis avec Gérard Mestrallet et Pascal Canfin à la présidente de la COP21 un rapport sur le prix du carbone.

Alain GRANDJEAN

Marion Guillou est présidente du conseil d'AGREENIUM (l'institut agronomique, vétérinaire et forestier de France), et membre de conseils d'administration nationaux (IFRI) et internationaux (Bioversity, CIAT). Auparavant chercheuse, elle a été présidente directrice générale de l'INRA et présidente du conseil d'administration de l'École polytechnique.

Marion GUILLOU

Céline Guivarch est directrice de recherches à l'École des Ponts, économiste au CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement). Elle travaille à la fois sur les impacts économiques du changement climatique et sur les trajectoires de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Elle fait partie de l'équipe des auteurs du 6ème rapport d'évaluation du GIEC.

Céline GUIVARCH

Jean-Marc Jancovici est diplômé de l'École polytechnique et de Télécom ParisTech. Il est associé fondateur de Carbone 4, cabinet de conseil en stratégie climat, président fondateur de l'association The Shift Project. Il est professeur à Mines ParisTech depuis 2008. Ses spécialités sont la lecture physique de l'économie, la comptabilité carbone (il est l'auteur principal du Bilan Carbone), et l'approvisionnement énergétique.

Jean-Marc JANCOVICI

Benoît Leguet est ingénieur de l'Ecole polytechnique et de l'ENSTA ParisTech. Il est le directeur général d'I4CE – Institute for Climate Economics, le think tank sur l'économie de la transition énergétique fondé par la Caisse des dépôts et l'Agence française de développement. Il est également membre du Conseil économique pour le développement durable et du Comité scientifique de la Fondation Goodplanet.

Benoît LEGUET

Valérie Masson-Delmotte est chercheuse en sciences du climat (directrice de recherches au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA) au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement de l'Institut Pierre Simon Laplace. Elle est co-présidente du groupe de travail sur les bases physiques du changement climatique du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) depuis 2015.

Valérie MASSON-DELMOTTE

Magali Reghezza-Zitt est une ancienne élève de l'Ecole normale supérieure (ENS), agrégée de géographie, docteur en géographie et aménagement. Elle est maître de conférences habilitée à diriger des recherches à l'ENS, où elle dirige le centre de formation sur l'environnement et la société (CERES). Membre du laboratoire de géographie physique de Meudon, ses recherches portent sur la géographie politique et sociale de l'environnement.

Magali REGHEZZA-ZITT

Katheline Schubert est professeur d'économie à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et chaire associée à l'École d'économie de Paris. Ses travaux portent sur l'économie des ressources naturelles et de l'environnement et sur la croissance.

Katheline SCHUBERT

Jean-François Soussana est ingénieur agronome et docteur en physiologie végétale de formation. Il est directeur de recherche et vice-président de l'INRA en charge de la politique internationale, après avoir été directeur scientifique environnement. Membre du GIEC en tant qu'auteur principal depuis 1998, il a partagé avec les auteurs du GIEC le prix Nobel de la Paix en 2007 et a reçu plusieurs prix nationaux et internationaux.

Jean-Francois SOUSSANA

Laurence Tubiana est présidente de la Fondation européenne pour le climat (ECF). Elle est également présidente du conseil d'administration de l'Agence française de développement (AFD) et professeur à Sciences Po Paris. Elle a été ambassadrice chargée des négociations sur le changement climatique et représentante spéciale pour la COP 21, et de ce fait, elle a été nommée championne de haut niveau pour le climat.

Laurence TUBIANA

HAUT CONSEIL
pour le CLIMAT

MAITRISER L'IMPACT
CARBONE DE LA 5G

www.hautconseilclimat.fr
@hc_climat