THE SHIFT PROJECT

LE THINK TANK DE
LA TRANSITION
BAS CARBONE

ÉNERGIE & CLIMAT

DES RÉSEAUX *SOBRES* POUR DES USAGES CONNECTÉS *RÉSILIENTS*

Des infrastructures numériques adaptées à la double contrainte carbone

SYNTHÈSE - MARS 2024

LE NUMÉRIQUE À LA FOIS OUTIL ET DÉFI

POUR LA DÉCARBONATION DE L'ÉCONOMIE

Les technologies numériques ne sont pas des outils virtuels mais des supports physiques.

Échanger des données n'est possible que grâce aux terminaux (smartphones, ordinateurs, tablettes etc.), infrastructures réseaux (câbles terrestres et sous-marins, antennes de réseaux mobiles, fibres optiques, etc.), serveurs et centres de données.

L'empreinte carbone du numérique, qui augmente de 6% par an en moyenne, représente déjà 3 à 4% des émissions mondiales aujourd'hui (The Shift Project, 2021).

À l'échelle française, il représente **au moins 2,5% de l'empreinte nationale** (ADEME & Arcep, 2023).

Au même titre que les autres secteurs de l'économie, il doit atteindre son objectif de décarbonation : moins 45% à 2030 par rapport à 2020 au niveau mondial (SBTi et al., 2020), que **le Shift Project propose de traduire en un objectif de moins 30% d'ici 2030 pour le cas français.**

Dans un contexte d'électrification intense des usages (mobilités, bâtiments, industries, etc.), le numérique est au cœur des enjeux de planification et d'approvisionnement.

Bilan carbone

+6%

PAR AN

EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE

-30%

PAR RAPPORT À 2020

OBJECTIF DÉCARBONATION POUR 2030 POUR LA FRANCE

POURQUOI
TRAVAILLER SUR LES
RÉSEAUX MOBILES ?

LES RÉSEAUX MOBILES REPRÉSENTENT ENTRE

12 & 25-35%

DE L'EMPREINTE CARBONE DU NUMÉRIQUE DANS LE MONDE [1]

EN FRANCE

5,5%

selon l'étude Ademe-Arcerp [2]

Sur le territoire français, la consommation électrique des 4 principaux opérateurs affiche un taux de croissance moyen de +6%/an entre 2017 et 2021, pour atteindre presque 4 TWh en 2021, dont 60% pour le seul réseau d'accès mobile[3] **soit la consommation de 3 millions de foyers environ.**

Ces dynamiques propres aux réseaux s'intègrent dans **une logique systémique** : les choix de déploiements faits au niveau des réseaux impactent l'ensemble du système numérique, tout en étant le résultat de la trajectoire générale donnée au système et à ses usages.

LE MODÈLE
RÉSEAUX MOBILES

The Shift Project s'appuie sur le développement d'un nouveau modèle Énergie~Carbone pour les réseaux mobiles.

Les simulations quantitatives sont effectuées sur le périmètre français (métropole), mais **le modèle est paramétrable** et a vocation à éclairer les réflexions des acteurs publics et privés en la matière, en France et en Europe. Ce modèle permet de **quantifier les conséquences énergie-climat** des choix de déploiement : adéquation technologique (débit, latence, fréquences et bandes, performance énergétique, etc.), couverture en population et en superficie, contrainte réglementaire (couverture des routes, débit minimal etc.), besoins en capacité.

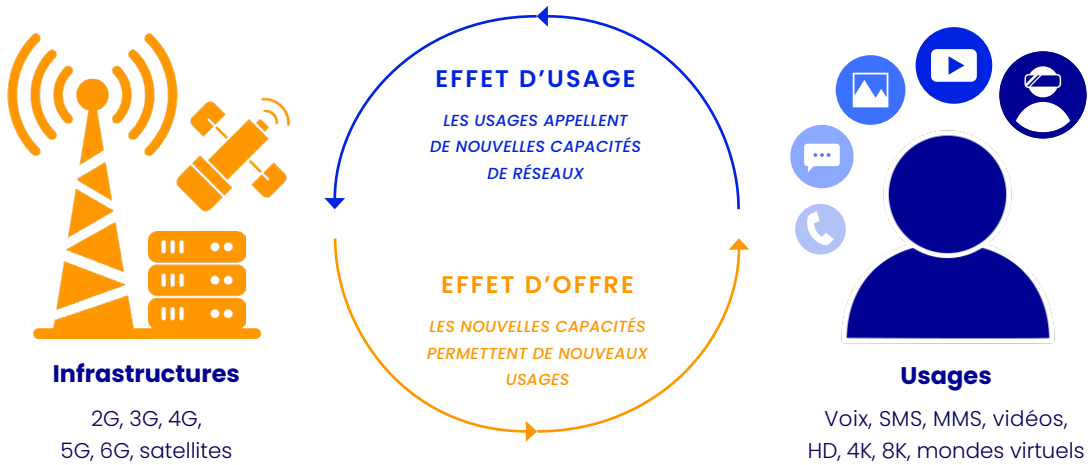
(1) *Freitag C. et al., 2021; Malmodin J. et al., 2023; The Shift Project, 2021*
(2) *ADEME & Arcep, 2023*
(3) *Arcep, 2023*

LES IMPACTS
SUR L'ENVIRONNEMENT

La dynamique actuelle est *cyclique*

Les choix de déploiement visent à **adapter les infrastructures à l'évolution prévue** des usages numériques (effet d'usage). Une fois les infrastructures déployées, **les usages se développent selon de nouvelles dynamiques** (effet d'offre) jusqu'à atteindre de prochains paliers, appelant alors de nouvelles capacités et de nouveaux besoins.

NOS USAGES & NOS RÉSEAUX
sont les deux faces d'une même dynamique



Source : The Shift Project, 2024

Nous héritons de nos choix de déploiement passés et de leurs impacts. Les trajectoires de déploiement entérinées en 2020 (cahier des charges et régulation 5G, déploiements de la nouvelle génération, investissements dans de nouvelles applications, etc.) ont acté la montée en puissance de l'infrastructure : déploiement de nouveaux sites 5G, couvertures des autoroutes et routes, généralisation des performances augmentées (240 Mb/s). Les besoins capacitaires viennent, dans un deuxième temps, amplifier la dynamique créée.

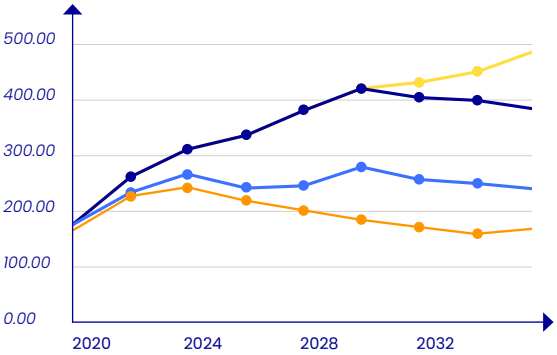
RÉSEAUX SOBRES
VERS UN NUMÉRIQUE
DÉCARBONÉ & RÉSILIENT

Pour un pays comme la France, le déploiement indifférencié et l'adoption généralisée d'usages très intenses (mondes virtuels, IoT, IIoT, IA etc.) pourraient engendrer **un surcoût carbone de 20 %** de l'impact total du réseau mobile par rapport au scénario de référence et une **augmentation de sa consommation électrique de + de 4 TWH.**

EMPREINTE CARBONE TOTALE ANNUELLE

des réseaux mobiles entre 2020 et 2035 en France métropolitaine

(exprimé en ktCO²e/an)



- *selon le scénario «Usages exponentiels»*
- *selon le scénario «Cahier des charges»*
- *selon le scénario «Éco-conception»*
- *selon le scénario «Éco-conception & sobriété»*

Source : The Shift Project, dans le cadre de ce rapport

+4 TWH

HAUSSE DE LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE

SOIT

ENTRE 2020 ET 2035

× 2,5

LES RÉSEAUX MOBILES PEUVENT DEVENIR LE POINT DE PIVOT D'UN NUMÉRIQUE SOBRE ET RÉSILIENT, en stabilisant leur empreinte et en indexant leurs stratégies de déploiements futurs *(4G, 5G, 6G)* sur des scénarios d'évolution des usages compatibles avec la trajectoire de décarbonation du numérique.

Pour ce faire, les acteurs doivent activer conjointement les leviers d'éco-conception et de sobriété (allongement des durées de vie, gains d'efficacité énergétique, modification des contraintes réglementaires, mutualisation, conception d'une 6G différente au service de la décarbonation, maîtrise de la croissance des usages).

Sans stratégie d'endiguement de la croissance du trafic de données, il est impossible de profiter des effets bénéfiques des efforts d'éco-conception.

LES **RÉSEAUX** SATELLITAIRES

Malgré un **nombre d'usagers limité** (71 millions), les réseaux satellitaires répondent à **des enjeux grandissants** de couverture avec, pour certains, des niveaux de services (très haut débit, faible latence) comparables à certains réseaux terrestres.

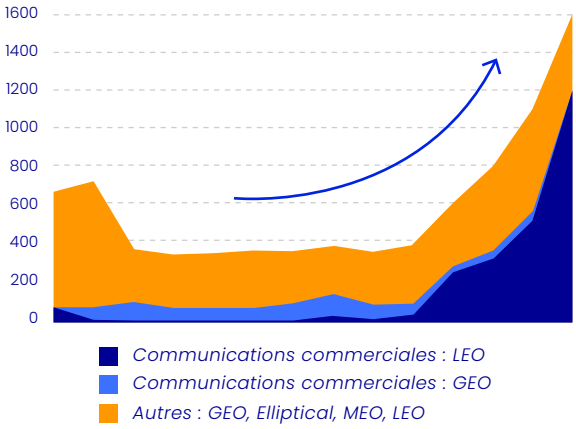
En zones blanches, les satellites géostationnaires permettent un accès à internet très haut débit ; les constellations en orbites basses permettent d'y accéder avec des latences faibles. Mais les mécanismes à l'origine des impacts carbone-énergie du déploiement des réseaux satellitaires sont absolument différents de ceux du reste du secteur numérique. Lors des lancements et des réentrées de satellites, des particules sont émises avec des effets alarmants et trop peu connus sur le forçage radiatif et sur l'ozone, ce sont les effets «hors-CO2».

Les services de connectivités «couverture intégrale × très haut débit × faible latence» placent le secteur spatial sur une dynamique insoutenable :

ÉVOLUTION DE LA MASSE DE CHARGE UTILE

placée en orbite entre 2010-2022

(exprimée en tonnes par an)



Source : Aéro Décarbo - The Shift Project dans le cadre de ce rapport à partir de UCS (UCS, 2023) et Discos (ESA, 2024a)

- En 2022, la masse de charge utile dédiée à ces services (communications commerciales LEO) devient aussi importante que la masse de charge utile de l'ensemble du reste des activités spatiales (schéma ci-contre).
- D'ici 2050, ces services s'apprêtent encore à décupler cette masse injectée en orbite, rendant impossible la maîtrise de l'empreinte environnementale du secteur spatial.
- L'empreinte carbone annuelle d'une constellation telle que Starlink s'élèverait à plus de 1600 ktCO^2e/an en première estimation, soit près de 2 fois les réseaux fixes et mobiles français en 2020 (ADEME & Arcep, 2023) pour 2 millions d'utilisateurs à date. Cette empreinte n'est pas appelée à décroître puisque l'infrastructure est à remplacer tous les 5 ans.
- L'étude comparée de plusieurs solutions d'accès à internet met en évidence que le coût environnemental est dû à la fois au choix d'un service rendu à latence faible et très haut débit et à la fois à un déploiement capacitaire.

Comment faire
DES RÉSEAUX SATELLITAIRES
UNE BRIQUE PERTINENTE

D'UN SYSTÈME NUMÉRIQUE SOBRE ET RÉSILIENT ?

1

Conditionner le déploiement de constellations aux études d'impact

en parallèle de travaux sur la réduction des incertitudes des effets « hors CO2 ».

2

Une réflexion sur les trajectoires de décarbonation possibles

Et sur la place du secteur dans l'atteinte des objectifs de neutralité carbone fixés par la France à l'horizon 2050 menant à un examen approfondi de la gamme des missions de télécommunications menée.

3

Reconsidérer la stratégie de connectivité

Pour le triptyque «couverture intégrale × très haut débit × faible latence», puisque la réplication d'une solution comme Starlink pour assurer un accès à internet véritablement mondial serait une impasse environnementale.

RECOMMANDATIONS

POUR DES INFRASTRUCTURES ADAPTÉES À LA DOUBLE CONTRAINTE CARBONE

1 Mesure et transparence

Disposer d'un cadre de référence quantitatif (trajectoire, indicateurs, suivi) pour le pilotage du secteur numérique afin de réorienter les stratégies numériques vers la compatibilité avec la double-contrainte carbone c'est-à-dire vers un objectif de - 45 % à 2030 par rapport à 2020 au niveau mondial et - 30 % à 2030 pour le cas français.

2 Optimisation

Optimiser les stratégies de déploiements et les stratégies technologiques pour réduire la consommation électrique en phase d'opération tout en limitant l'empreinte carbone embarquée (durées de vie, efficacité énergétique, adéquation technologique etc.).

3 Réorganisation collective vers la sobriété

Endiguer l'inflation des usages très consommateurs en données afin d'assurer une croissance maîtrisée des volumes de données (déploiement ciblé de la 5G, conception des services poussant la sobriété, conception d'une 6G au service de la décarbonation etc.).

4 Formation et compétences

Former toutes les parties prenantes afin d'atteindre le niveau de compréhension des enjeux et d'expertise technique nécessaire à la mise en place d'infrastructures sobres et résilientes.

CONCLUSION

Les enjeux-clés des stratégies de déploiement des réseaux mobiles et satellites, face à la double contrainte carbone, sont à **réintégrer dans une vision systémique** : à l'échelle des infrastructures réseaux dans leur ensemble, du numérique dans son ensemble ainsi qu'au sein des systèmes d'usages desquels il est intégralement interdépendant.

La pérennité de nos usages essentiels ne sera garantie que par **l'adaptation du système numérique à la double contrainte carbone**, qui passe à la fois par la maîtrise de nos volumes d'équipements et de celle de nos volumes de données.

Orienter nos choix technologiques vers la sobriété numérique n'est pas seulement la réponse aux contraintes physiques, mais l'occasion d'une nouvelle direction autour de laquelle structurer **un véritable écosystème numérique européen** du XXIème siècle.

The Shift Project est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone.
Nous sommes une association loi 1901 d'intérêt général, guidée par l'exigence de la rigueur scientifique. Notre mission consiste à éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique.

www.theshiftproject.com

Contacts

Hugues Ferreboeuf
Chef de projet Numérique
hugues.ferreboeuf@theshiftproject.org

Maxime Efoui-Hess
Coordinateur du programme Numérique
maxime.efoui@theshiftproject.org

Marlène de Bank
Ingénieure recherche – Technologies numériques
marlene.debank@theshiftproject.org

Graphisme

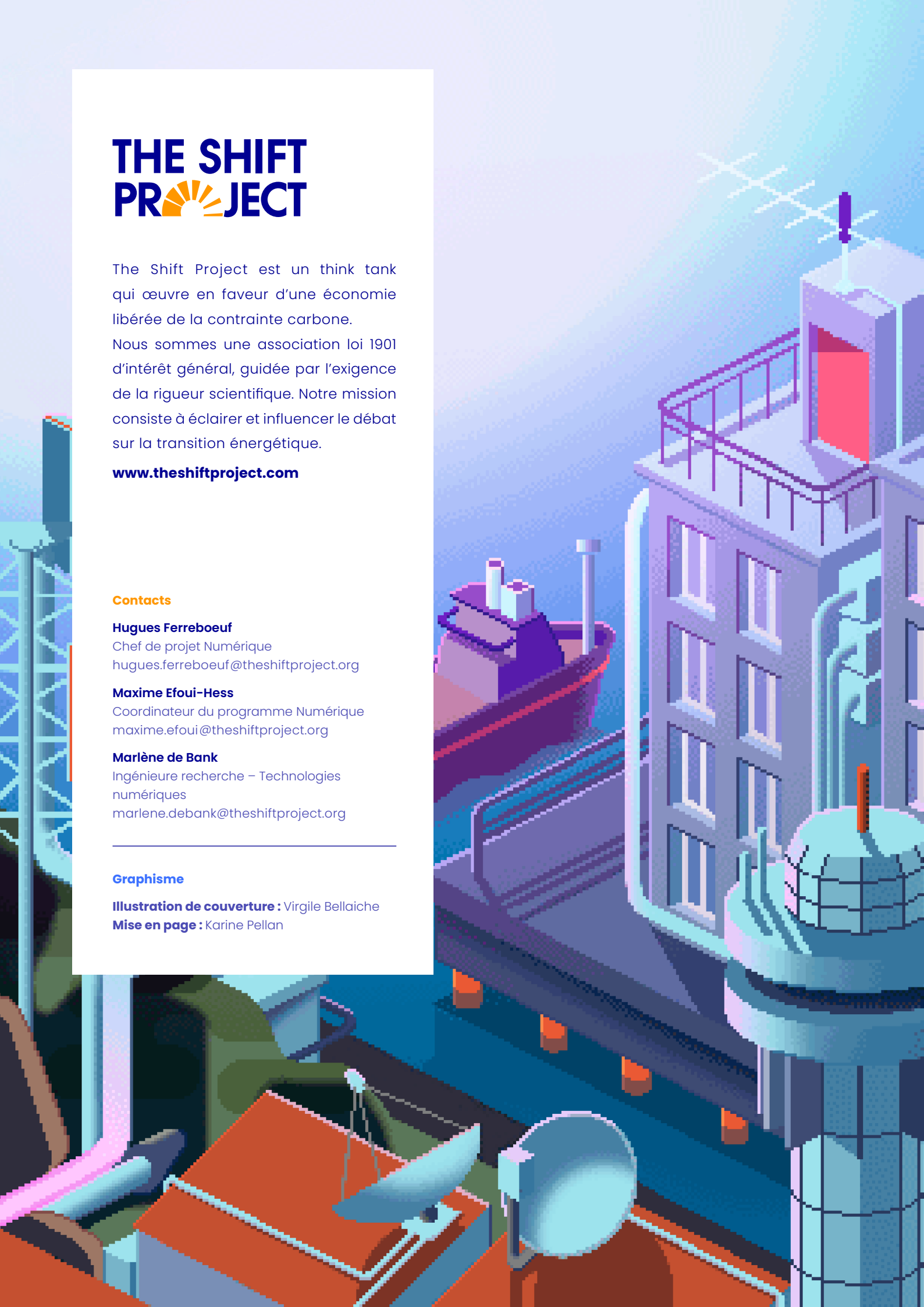



Illustration de couverture : Virgile Bellaiche
Mise en page : Karine Pellan