

À BOUT DE FLUX

FANNY LOPEZ

éditions divergences

Le numérique a un double : l'infrastructure électrique. Le rapport immédiat aux objets connectés (smartphone, ordinateur) invisibilise le continuum infernal d'infrastructures qui se cachent derrière : data centers, câbles sous-marins, réseaux de transmission et de distribution d'électricité. Alors que le numérique accompagne une électrification massive des usages, le système électrique dépend lui-même de plus en plus du numérique pour fonctionner. Pour comprendre ce grand système électrique et imaginer comment le transformer, il nous faut aller au bout des flux, là où se révèle la matérialité des machines et des câbles. L'enjeu est immense : réinventer des liens techniques compatibles avec le vivant ; repenser les structures et la gouvernabilité des réseaux pour bâtir d'autres communs techniques.

p.5	BIOGRAPHIE
p.7	INTRODUCTION
p.15	CHAPITRE 1 L'effet <i>magnet</i>
p.23	CHAPITRE 2 Dans les ruines des télécoms, le fantôme du service public
p.33	CHAPITRE 3 L'illusion de l'infrastructure commune
p.39	CHAPITRE 4 Dans le grand parc des machines
p.49	CHAPITRE 5 L'autonomisation des réseaux
p.55	CHAPITRE 6 La fin des régleur·ses de machines ou l'impossible cyborg
p.61	CHAPITRE 7 Le continuum électrico-numérique
p.71	CHAPITRE 8 La structure du productivisme électrique en question
p.81	CHAPITRE 9 Enquêter sur la spatialité des régimes socio-techniques
p.93	CHAPITRE 10 « Il n'y a pas de problème » de production d'électricité en France
p.99	CHAPITRE 11 D'autres infrastructures pour d'autres réseaux : bâtir des communs électriques
p.123	NOTES
p.141	REMERCIEMENTS

À BOUT
DE FLUX

FANNY LOPEZ

621.382
LOP

BIBLIOTHEQUE
ANDRE MALRAUX

À BOUT DE FLUX

BIOGRAPHIE

FANNY LOPEZ est historienne de l'architecture et des techniques, maîtresse de conférences HDR à l'École d'architecture de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée et chercheuse au Laboratoire infrastructure architecture territoire (LIAT) à l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais. Elle a publié *Le Rêve d'une déconnexion. De la maison autonome à la cité auto-énergétique* aux éditions de La Villette en 2014 et *L'ordre électrique. Infrastructures énergétiques et territoires*, chez Métis Presses en 2019.

INTRODUCTION

Double en extérieur d'une sécurité infrarouge, le mur d'enceinte de six mètres est auréolé de barbelés et d'une ribambelle de caméras de très haute précision. Au sol, sous le bitume, tout autour du bâtiment, une technologie israélienne de fibre optique détecte les mouvements. À l'intérieur, la circulation est sans cesse interrompue par des sas, caméras thermiques, vitres blindées, double, triple codages, surveillant·es de couloirs. 25 000 points de sûreté, presque autant que dans une centrale nucléaire. Les centres de données (ou *data center*¹) sont aujourd'hui les infrastructures les mieux surveillées et les plus efficaces de France, avec des moyens capitalistiques inégalés pour des objets d'une incomparable technicité. Un métier d'expert, une réglementation ICPE² parmi les plus rigoureuses d'Europe. Des murs antibruit garantissant 45 décibels en façade, des parois coupe-feu, des systèmes de ventilation, de refroidissement et de maîtrise de l'humidité pour maximiser le confort et donc la puissance des microprocesseurs très sensibles aux variations hygrométriques, des revêtements absorbant la poussière. Rien n'est trop cher pour protéger et optimiser le lieu d'échange de la valeur. Car ce n'est ni au moment de sa création, ni durant son traitement, ni pendant son stockage que la donnée

prend de la valeur. Ce qui crée de la valeur c'est sa circulation. Pierre d'angle du système technique numérique, le centre de données urbain, via les multiples interconnexions réseaux qu'il propose, est le nœud de cet échange. Cocon technologique, il est l'infrastructure privée de l'interconnexion des flux. Sur le site internet de l'un des plus grands opérateurs, on peut lire: « Interxion est le *hub*³ d'interconnexions des entreprises du numérique au niveau mondial. Depuis 20 ans, nous aidons nos clients à accroître leurs parts de marché, à améliorer la qualité de leurs services et à conquérir de nouveaux marchés. » Dans le hall immaculé du bâtiment flotte un fanion: 100 % d'énergie renouvelable, un PUE⁴ irréprochable. Un grand patron sympathique, souriant et fier de rappeler le succès capitalistique de son groupe qui, en 2020, gère 295 centres de données à travers le monde, une dizaine en région parisienne. Transparence sur les chiffres de la *success story*: un chiffre d'affaires de 47 milliards, soit 2 fois celui d'Orange, 10 fois Atos, 30 fois Air France-KLM. Interxion, premier groupe européen, a fusionné en 2021 avec Digital Realty, devenant ainsi le premier opérateur mondial de centre de données. En 2021, il y a plus de 8 200 bâtiments dédiés dans le monde – le classement mondial est dominé par l'Amérique; suivent: l'Allemagne, le Royaume-Uni et la Chine. La France est classée en huitième position avec quelque 250 centres de données recensés. À l'échelle de la région Île-de-France, on compte 130 sites pour 155 bâtiments⁵, soit l'équivalent en consommation des deux réacteurs à eau pressurisée de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine⁶. En 2020, le rapport Knight Frank sur le développement des centres de données a annoncé que le quatuor de tête des villes européennes accueillant cette industrie

(Londres, Dublin, Francfort, Amsterdam et Paris) devrait dédier une puissance de 1 000 Mégawatt⁷ (1 gigawatt) d'électricité aux centres de données avant 2023⁸. Ce chiffre est aujourd'hui dépassé.

Livré en 2011 en bordure de l'A86, le centre de données décrit plus haut fait face aux pavillons de la rue Rateau⁹, il consomme 20 Mégawatt (MW) en usage constant sur 32 MW électriques contractés à l'opérateur électrique de distribution Enedis, soit l'équivalent en consommation électrique d'une ville de 50 000 habitant-es¹⁰. D'une superficie de 4 500 m², le bâtiment se découpe pour moitié en espace technique dédié au fonctionnement et à la sécurité électrique (salle de batteries, d'onduleurs, d'automates, de refroidisseurs, de groupes électrogènes). Dans l'autre moitié, on trouve les salles informatiques où les plus grands groupes sont en colocation : Amazon, Microsoft, Google, des sociétés d'assurances, des entreprises du CAC 40 comme Total (qui, avec 1,3 milliard d'euro, représente le plus important budget informatique de France). Ici, c'est un accès direct à Microsoft Azure, Amazon Web Services et Google Cloud, aux points d'échange Internet France-IX, SFINX et PARIX et à plus de 89 opérateurs fixes et mobiles, FSI¹¹ et CDN¹².

En face, de l'autre côté de l'autoroute, des grues s'agitent pour édifier un nouveau bâtiment quatre fois plus grand¹³ sur les sept hectares de l'entreprise aéronautique Eurocopter¹⁴ qui était l'une des dernières vastes emprises foncières de l'établissement public territorial de Plaine commune. Ce site deviendra le plus grand campus numérique de France avec 40 000 m² de salle et 130 MW de puissance électrique. En 10 ans, la France est devenue l'un des plus importants hubs européens sur le marché de la donnée avec le duopole Paris-Marseille. Le

phénomène d'accroissement exponentiel de la *data* se poursuit à un rythme de 130 à 160 % par an¹⁵. Soit une multiplication par dix tous les six ans. D'ici 2024, l'ensemble des deux mille plus grandes sociétés par actions mondiales (Forbes Global 2000)¹⁶ aura accumulé assez de données pour qu'il soit besoin d'accéder à un calcul quantique afin de les gérer efficacement¹⁷. Les industriels du numérique réservent foncier et MW en prévision.

L'accélération et l'expansion numérique¹⁸ ont un coût et un impact, pour traiter des données de plus en plus massive et complexe, les infrastructures numériques nécessitent des emprises spatiales de plus en plus vastes et, bien sûr, toujours plus d'électricité et de ressources¹⁹. Comme nous l'avions montré en 2019 avec Cécile Diguët et Laurent Lefebvre dans la recherche Ademe et le rapport publié²⁰, les chiffres ne cessent d'augmenter en dépit de leur caractère délirant : Anders Andrae et Tomas Edler du centre de R&D Huawei à Stockholm annonçaient en 2015²¹ un maximum de 13 % de l'électricité mondiale consommée par les centres de données en 2030, et 51 % pour le secteur informatique dans sa totalité (terminaux utilisateurs, infrastructures réseaux, data center). Le think tank The Shift Project a revu en 2019 ce scénario catastrophe à la baisse mais estime néanmoins que le secteur numérique pourrait représenter 25 % de l'électricité mondiale en 2025. La consommation avoisinerait toutefois aujourd'hui 0 % de la production électrique mondiale.

Une nouvelle infrastructure se déploie. « Au XIX^e siècle, on construisait des gares, au XX^e des autoroutes, au XXI^e siècle des centres de données », répètent à l'envi les grands dirigeants du numérique qui, dans un tour de passe-passe sémantique,

endossent le rôle de grands bâtisseurs d'infrastructures publiques dans l'intérêt général. Mais que reste-t-il de « public²² » dans ces infrastructures ?

Le secteur public (collectivités, opérateur de fibre, d'électricité) est KO face aux géants du numérique. Aucune création d'infrastructure n'a rapporté autant d'argent aux actionnaires de ce secteur privé et si peu aux collectivités. Pour ce qui est des services rendus à la société civile, ils doivent aussi se mesurer à l'aune de la remise en cause de l'ultraconnexion généralisée comme mode de vie, de l'excès d'écran et de la collecte des données personnelles. Comme s'il y avait une impérieuse nécessité à être connecté 24 heures sur 24 à du très très haut débit sur plusieurs écrans en simultané. Ce numérique-là est morbide²³, il n'est en rien une nécessité vitale, il n'est pas non plus un service public comparable à celui que fut un temps celui de la santé, de l'assainissement ou de l'électricité. Toute raison gardée, un dixième de la connexion déployée aujourd'hui, peut-être même bien moins, suffirait. Pour l'évaluer, il faudrait d'abord se mettre collectivement d'accord sur le projet technique et numérique de nos sociétés, à quelles fins et selon quels modes de gouvernementalité penser cet outil de communication, par ailleurs remarquable sous bien des aspects. Et à partir de cette finalité sociétale pourrait se poser la question des moyens techniques et infrastructureux à déployer, dans la mesure de la finitude des ressources qui menace chaque jour nos existences.

À l'heure où ce qui est en jeu est l'habitabilité de la planète, l'hégémonie néolibérale nous presse encore à croire que le dépassement de la crise organique du capitalisme viendrait par le salut de ses

forces techniques internes que sont l'innovation, la transition orientée croissance verte et le tout numérique. Le système numérique apparaît comme le parangon dystopique de la modernité (surconsommation électrique, traçage, fusion, contrôle en temps réel). La fuite en avant des GAFAM²⁴ et des grands industriels de centres de données s'illustre comme l'un des plus cuisants symptômes de cette dramatique fantasmagorie. Ils déploient dans une vertigineuse débauche de flux ce qui est le nœud même de la logique du capitalisme : l'expansion infinie. L'accumulation et l'ivresse technologique du secteur numérique apparaissent en contradiction totale avec la décroissance énergétique et le tournant technique dans lesquels il faudrait radicalement s'engager.

L'hypothèse de ce texte est que l'infrastructure numérique a un double : l'infrastructure électrique. Le continuum électrico-numérique compose une complexe infrastructure dont on peine à distinguer les rouages, trop grands, trop complexes. Pour démêler la rouerie infernale de la mégamachine, il faut revenir à la base : l'infrastructure et ses câbles. Alors que le numérique accompagne une électrification massive des usages (objets connectés en tout genre et numérisation des services), le système électrique, lui, dépend de plus en plus du numérique pour fonctionner (flexibilité, pilotage en temps réel). Le tout nécessite toujours davantage de centres de données pour interconnecter et traiter les données mais aussi d'infrastructures de production et de distribution électrique pour les faire fonctionner. L'analyse des connexions infra-territoriales du numérique révèle une infrastructure électrique à bout de flux. Saisir le numérique par sa matrice électrique, c'est recomposer une intelligibilité

matérielle. Éclairer la matérialité du grand système technique électrique peut préfigurer de profondes restructurations, d'inévitables démantèlements. L'enjeu : débrancher des segments, réinventer des liens techniques sans forcer ni arraisonner le vivant ; repenser les structures et la gouvernamentalité des réseaux pour bâtir d'autres communs techniques.

CHAPITRE 1 L'EFFET MAGNET

--	--

Un centre de données, ça fonctionne à la croissance. La création de la donnée vient essentiellement des entreprises, 80 % des flux réalisés se font de machine à machine. L'échange de données d'individu à machine (via le *smartphone*, les mails, etc.) ne représente qu'un nombre réduit d'échanges, soit 20 % des flux dans le monde. Avec l'arrivée de la 5G et l'accroissement des objets connectés, la part des entreprises en général, et des plus grandes en particulier, est en train d'exploser. Raccourcir la distance, c'est accélérer le flux et augmenter les bénéfices. Le projet infrastructurel des acteurs du secteur accompagne l'explosion des échanges d'entreprises. L'étude *Data Gravity*²⁵ menée par l'Université de Berkeley a interrogé les 2 000 plus grandes entreprises mondiales du Forbes 2000 sur la façon dont elles échangeaient les données. Un des résultats de l'étude est l'accumulation de données autour de cinquante villes dans le monde : c'est l'effet *magnet*. La *data* va où est la *data*, comme des aimants qui s'attirent. Il y a une dynamique exponentielle et il n'y a pas de ruissellement ni d'irrigations des territoires nationaux ou régionaux. Il y a, au contraire, un phénomène de concentration et d'agglomération

centripète de la donnée. Ce phénomène ne signifie pas qu'il n'y a pas de centres de données en région, il y en a, de plus en plus, mais ce ne sont pas les mêmes données, il s'agit surtout de la distribution et de la collecte. Différemment, les centres de données des grandes métropoles sont des nœuds d'interconnexion.

La poursuite de la dynamique de croissance du numérique s'explique par l'évolution des technologies déployées (optronique, longueur d'onde, etc.), mais aussi par la création en 2022 de nouveaux câblages sous-marins de fibre optique: les câbles Peace, 2africa, Ellalink, Maréa, Dunan, Amitié. Le câble Peace²⁶ chinois reliant le Pakistan aux plages du Prado à Marseille dans le sud de la France représente, avec ces 320 téraoctets²⁷ par seconde, à lui tout seul, le double des 15 câbles sous-marins connectés dans les grands centres de données marseillais. C'est également le câble 2africa déployé par Facebook qui va révolutionner la connectivité africaine et l'interconnexion avec le Moyen-Orient et l'Europe. Avec plus de 45 000 km de longueur, il devient le plus long du monde, reliant trois continents, quasiment l'équivalent de la circonférence de la Terre. Ce câble 2africa, de 160 téraoctet (*upgradable* à 320 téraoctet), ouvrira les canaux de la 4G et de la 5G. Il fait littéralement le tour du continent africain et de tous les pays limitrophes jusqu'à l'Arabie saoudite, revenant s'interconnecter à Marseille, qui confirme sa place de *gateway* mondiale. Parmi les autres annonces qui survolent le monde numérique: le câble Ellalink. C'est le premier câble sous-marin de l'histoire à interconnecter l'Amérique du Sud à l'Europe sans passer par les États-Unis. Il part du Brésil, de São Paulo, passe par Rio, Fortaleza, Lisbonne

et va s'interconnecter à Madrid puis à Marseille²⁸. La connectivité se trouve encore renforcée avec la réalisation de trois autres câbles majeurs cette même année 2022 : les câbles Maréa²⁹ (Facebook), Dunan³⁰ (Google) et Amitié³¹ (Facebook). De 160 térabits chacun, ils ramènent le flux transatlantique américain directement sur la face occidentale de l'Europe, côté Bilbao et golfe de Gascogne sur la France et non plus par le nord, comme c'était traditionnellement le cas depuis que le télégraphe existe.

En 20 ans, le coût du câble a été divisé par 10 et sa capacité multipliée par 50. La baisse de coût d'une liaison télécom est de l'ordre d'un facteur 500. Et ce ne sont pas seulement les câbles qui se multiplient avec une fibre qui va plus vite, c'est désormais la longueur d'onde qui est au bout du câble qui va toujours plus loin. Le passage d'une fibre optique marine à une fibre optique terrestre ouvre un éventail de liaisons télécoms appelées longueurs d'onde : c'est ce qui permet d'accéder à la communauté de clients (opérateur, CDN³², acteur du *Cloud*, etc.). Jusqu'à présent, il y avait une contrainte physique de 50 km entre le point d'atterrissage et le point où l'on mettait les équipements qui créent les longueurs d'onde pour des liaisons d'1, 10 ou 400 gigabits. Ce sont ces équipements autrement appelés *Submarine Lighting Terminating Equipment* (SLTE), fabriqués par Nokia, Huawei, Alcatel et d'autres, qui créent la véritable longueur du câble. Or le câble n'est qu'un médium. C'est la longueur d'onde au bout du câble qui a de la valeur, c'est là que réside l'espace du flux. Entre le point d'atterrissage et la localisation du SLTE, l'impératif de faire cheminer la fibre autour des bâtiments réduisait la contrainte de 50 km de fibre à 25 km en zone urbaine comme Paris ou Marseille. Ces

et va s'interconnecter à Madrid puis à Marseille²⁸. La connectivité se trouve encore renforcée avec la réalisation de trois autres câbles majeurs cette même année 2022: les câbles Maréa²⁹ (Facebook), Dunan³⁰ (Google) et Amitié³¹ (Facebook). De 160 térabits chacun, ils ramènent le flux transatlantique américain directement sur la face occidentale de l'Europe, côté Bilbao et golfe de Gascogne sur la France et non plus par le nord, comme c'était traditionnellement le cas depuis que le télégraphe existe.

En 20 ans, le coût du câble a été divisé par 10 et sa capacité multipliée par 50. La baisse de coût d'une liaison télécom est de l'ordre d'un facteur 500. Et ce ne sont pas seulement les câbles qui se multiplient avec une fibre qui va plus vite, c'est désormais la longueur d'onde qui est au bout du câble qui va toujours plus loin. Le passage d'une fibre optique marine à une fibre optique terrestre ouvre un éventail de liaisons télécoms appelées longueurs d'onde: c'est ce qui permet d'accéder à la communauté de clients (opérateur, CDN³², acteur du *Cloud*, etc.). Jusqu'à présent, il y avait une contrainte physique de 50 km entre le point d'atterrissage et le point où l'on mettait les équipements qui créent les longueurs d'onde pour des liaisons d'1, 10 ou 400 gigabits. Ce sont ces équipements autrement appelés *Submarine Lighting Terminating Equipment* (SLTE), fabriqués par Nokia, Huawei, Alcatel et d'autres, qui créent la véritable longueur du câble. Or le câble n'est qu'un médium. C'est la longueur d'onde au bout du câble qui a de la valeur, c'est là que réside l'espace du flux. Entre le point d'atterrissage et la localisation du SLTE, l'impératif de faire cheminer la fibre autour des bâtiments réduisait la contrainte de 50 km de fibre à 25 km en zone urbaine comme Paris ou Marseille. Ces

dernières années, un bond majeur a été accompli par les concepteurs de fibre optique, augmentant à 500-600 km (au lieu de 50 km) la distance possible entre le point d'atterrissage et les équipements SLTE. Alors que l'enjeu pour un opérateur de flux est de faire atterrir le câble là où est consommé le flux télécom – c'est-à-dire dans les *hubs* –, l'augmentation de cette distance permet aux câbles d'aller directement dans les centres de données pour trouver leur marché par concentration de clientèle et vice versa. Ces avancées technologiques ont favorisé le phénomène de surconcentration de flux dans les *hubs* mondiaux. Le centre de données, contrairement aux autres entreprises, ne peut pas délocaliser sa matière première : le flux de données, dont la rapidité de mobilisation et d'interconnexion compose la valeur.

Une des entités spatiales témoin de cette accumulation est Ashburn, en Virginie à 48 km au nord-ouest de la capitale fédérale, Washington. C'est la plus grande concentration mondiale de centres de données : une sorte de grande banlieue où quelque 270 centres de données consomment 2 000 MW, soit l'équivalent de deux centrales nucléaires. Il y a les acteurs comme Amazon, Microsoft, Google et Facebook qui ont leurs propres centres de données, mais aussi les grands opérateurs de colocation³³ comme Equinix, Interxion Digital Realty et bien d'autres. Pour les industriels du numérique, Ashburn préfigure une tendance mondiale : l'hyper concentration³⁴. Avec un effet rebond, car l'accroissement et l'accélération des flux et l'interconnexion dans les *hubs* urbains favorisent dans un même mouvement l'accroissement de centres de données de stockage et de redondance³⁵ en rase campagne, comme nous l'avons montré en 2018

avec Cécile Diguët dans l'article de la *Revue du crieur* « Derrière la façade, le coût réel des données virtuelles » et dans le rapport Ademe précédemment cité³⁶. Le monde du business s'implante dans les *hubs* de certaines villes et dans certains centres de données de colocation dominant le marché mondial comme Interxion-Digital Realty ou Equinix. Les GAFAM ont besoin de ces prestataires qui les accompagnent de Tokyo à Los Angeles en passant par Paris et Francfort. En une seule commande, un des *Big Tech* a réservé 10 000 m² dans le nouveau centre de données d'Interxion à la Courneuve. Aujourd'hui la plaque numérique de Plaine Commune arrive à saturation en termes de foncier et d'électricité. Les réseaux de distribution et les postes sources qui amènent l'électricité nécessaire au fonctionnement des « armoires numériques » sont exsangues. La création d'une nouvelle poche de 1GW est en discussion à l'échelle de la métropole, soit la moitié Ashburn. Toutes les grandes métropoles numériques auront demain des zones numériques monofonctionnelle, soit quelque 200 hectares et a minima 1GW dédié. Dans une moindre mesure, ce phénomène de spécialisation existe déjà. En Île-de-France, le territoire de Plaine Commune rassemble depuis la fin des années 1990 les centres de données. C'est le résultat d'un effet d'échelle qui simplifie certains investissements. Le centre de données dépend d'infrastructures électriques et du réseau télécom. Le réseau télécom terrestre représente, pour irriguer un bâtiment, un coût moyen de 3000-4000€ au mètre linéaire. Pour qu'un *business case* fonctionne, il faut amortir. La contiguïté et la proximité des centres de données ne sont pas un frein au développement du *business*, au contraire. C'est un accélérateur. Beaucoup de

grandes métropoles réfléchissent à dédier de vastes zones au numérique. C'est le cas de Singapour, des Pays-Bas ou de l'Irlande. La grande concentration de la population hollandaise dans la Randstad Holland (conurbation réunissant les villes d'Utrecht, Amsterdam, La Haye et Rotterdam) a obligé le gouvernement hollandais à imposer un moratoire en 2019 interdisant l'installation des *data centers*³⁷ le temps de planifier une zone. Le résultat est la sanctuarisation d'une zone de 150 hectares au sud de l'aéroport Schiphol d'Amsterdam exclusivement dédiée aux centres de données avec une consommation électrique d'un gigawatt. Ce phénomène de concentration n'empêche pas des investissements fonciers sur des zones plus excentrées : c'est le pari de certains opérateurs. C'est toute la question du *time to market* : pour occuper un marché, il faut prendre au maximum les espaces disponibles, puis, quand les accords commerciaux se sont consolidés, la structure et le fonctionnement se rationalisent. C'est une des caractéristiques du fonctionnement des grands systèmes techniques dictée par une raison économique dont l'orthodoxie opérationnelle est l'économie d'échelle. Le marché se resserre, les bâtiments grandissent. Fin 2019, Microsoft avait 115 partenaires de centre de données de colocation à travers le monde et Amazon 125. En 2020, à 15 jours d'intervalle, les deux ont annoncé qu'ils n'auraient, à la fin 2022, plus que 20 partenaires au niveau mondial, et l'on devine sans peine que, en 2025, ce ne sera plus que 5. C'est la bonne vieille *loi du marché* : les rangs s'éclaircissent. Ce qui signifie que l'obsolescence de certains bâtiments n'est déjà plus un tabou. Nous voilà déjà dans les ruines du futur. Qui rappellent d'autres infrastructures télécoms, par exemple les centraux téléphoniques qui

peuplaient avec une concentration comparable les territoires avant que les centres de données numériques ne les remplacent. Ces grandes infrastructures publiques, fantômes du téléphone analogique, questionnent le statut même de l'infrastructure, c'est-à-dire le service public qui disparaît avec la transition technique alors même que la notion de « service universel » a été créée avec le téléphone.

CHAPITRE 2

DANS LES RUINES DES TÉLÉCOMS, LE FANTÔME DU SERVICE PUBLIC

--	--

La plupart des réseaux doivent leur existence à l'initiative privée. Au début de l'histoire des télécommunications, la concurrence entre opérateurs de téléphone prévalait, jusqu'à la constitution des premiers monopoles et la naissance de la notion de « service universel ». La notion de « service universel » a été inventée en 1907 par l'Américain Theodore Vail, le président de l'American Telephone and Telegraph Company (AT&T). Dans le cas spécifique du téléphone, l'existence de réseaux territoriaux concurrents représentait une perte pour les utilisateurs qui devaient contracter plusieurs abonnements afin de pouvoir communiquer aux quatre coins du pays. Émerge alors progressivement la notion de « monopole naturel », reposant sur l'idée qu'une grande entreprise peut produire à moindres coûts. Pour Theodore Vail, « la duplication des infrastructures constitue une perte pour l'investisseur et la duplication des coûts est une perte pour l'utilisateur³⁸ ». Il montre qu'il est économiquement plus avantageux pour les abonnés d'avoir un réseau unique, détenu par une seule entreprise, plutôt que plusieurs réseaux détenus par des sociétés concurrentes. Avec cette démonstration de la baisse des coûts et de la stabilité des tarifs, l'AT&T obtient un quasi-monopole grâce à l'accord de l'État. Lequel

reconnaît la politique de l'entreprise comme utile à l'intérêt général³⁹. Si le pouvoir public a encouragé ce monopole, il a en échange exigé d'exercer un contrôle réglementaire. L'extension des procédures d'intervention et d'encadrement est la contrepartie des libertés accordées aux entreprises. Dans les années 1920, l'interventionnisme des États s'est multiplié dans de nombreux pays ; et au-delà de la téléphonie, il va se répandre dans tous les secteurs considérés comme essentiels pour la population (assainissement et adduction à l'eau potable, distribution du gaz et de l'électricité⁴⁰).

L'histoire des grandes infrastructures publiques et le rôle de l'État dans leur édification ont fait l'objet de nombreuses publications. Elles s'attachent généralement à retracer les trajectoires entrepreneuriales et les structurations monopolistiques privées et publiques. Les nationalisations et régularisations du début du xx^e siècle, très centralisées, ont dessiné un modèle interventionniste qui a marqué profondément l'organisation des services supports de la vie moderne⁴¹. Avec l'essor du libéralisme, les protections économiques et sociales des populations sont devenues préoccupantes pour les pouvoirs publics qui vont jouer, un temps, la carte de l'État social. Au début du xx^e siècle, pour compenser la loi du marché et les abus des grands groupes industriels, se développe un interventionnisme étatique fort qui va valoriser l'« intérêt général » par le monopole public. La nationalisation toucha les bassins miniers, les banques, les assurances, l'électricité au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Les services des télécoms ou du réseau ferré ont longtemps représenté l'exemplarité réticulaire d'un commun au service de tous les territoires. Les infrastructures publiques s'édifiaient dans une forme de résistance

au capitalisme privé (même si le monopole étatique dans sa version très centralisatrice n'a jamais fait l'objet d'un consensus⁴²). Ce compromis est une parenthèse, celle d'un état social qui a négocié des « aménagements » dans le capitalisme – une parenthèse très rapidement refermée⁴³.

Plusieurs pays vont accompagner les monopoli-sations par l'intermédiaire de commissions indépen-dantes réglémentant le coût des services et offrant des mesures permettant l'extension des réseaux dans des zones non rentables. Les cadres juridiques et les réglemmentations varient d'un pays à l'autre selon la force respective des pouvoirs locaux, régionaux et centraux. Il y a de très importantes disparités en fonction des réseaux. C'est en 1878 que l'État français crée le ministère des Postes et Télégraphes. 10 ans plus tard, les services du téléphone seront à leur tour nationalisés pour devenir en 1923 le ministère des PTT. En 1941, une Direction générale des Télécommunications est créée au sein de ce ministère avec pour mission de développer l'in-dustrie des télécommunications : des centraux télé-phoniques sont édifiés sur tout le territoire.

D'abord manuels, les équipements de trans-mission et de commutation sont progressivement devenus automatiques dans les années 1910, puis électroniques et informatiques. Le personnel, au fil du temps, a laissé de plus en plus la place aux machines et à la technique, au pilotage à la main-tenance. Cela a influencé la typologie des centraux téléphoniques qui ont progressivement nécessité moins d'espaces de bureaux. Dans les années 1930, la taille moyenne des salles était de 300 m² pour les installations de commutation avec souvent la possibilité de créer une seconde salle en suréléva-tion (ce qui correspond à 10 000 abonné-es, ou le

double après surélévation). En 1965, il est décidé d'agrandir les centraux. Leur surface minimum passe à 1 200 m², ce qui correspondait à 40 000 lignes d'abonné·es⁴⁴. Dans les années 1970, la superficie des salles atteint 3 500 m² pour 100 000 abonné·es. L'accroissement des demandes de raccordement et la constante augmentation du trafic ont épuisé la capacité des centraux existants⁴⁵. L'investissement financier pour l'édification de nouveaux centraux aux intérieurs plus standardisés se fait au cours des cinquième et sixième plans du ministère des PTT, à partir de 1965. À la grandeur caractéristique des bâtiments du début du siècle, comme Littré, Bergère à Paris, le 32th avenue of the Americas ou le 111 Eight Avenue à New York, succèdent des édifices plus banals pour un programme désormais commun. L'accroissement des télécommunications ainsi que le développement de leurs infrastructures publiques sont corrélatifs au mouvement de croissance urbaine et de concentration financière des entreprises, avec la constitution de groupes importants dans les années 1960-1980 et le développement d'emplois tertiaires difficilement délocalisables. Déjà le développement des réseaux semble favoriser un accroissement de toutes les formes de centralisation. Le gigantisme et la concentration des centraux téléphoniques au centre de Paris est témoin matériel de cette centralisation, que l'on pourrait comparer aujourd'hui avec le numérique des centres de données des *Big Tech*⁴⁶.

Dans les années 1970, la centralisation est encore renforcée par le grand chantier national pour le redressement de la qualité du service public des télécommunications (le Delta LP), et les acquisitions de terrains s'intensifient. En 1974, une cinquantaine de chantiers sont ouverts à Paris

ainsi qu'en proche banlieue⁴⁷. Construire dans Paris est une tâche ardue car le foncier pour acquérir un terrain libre ou déjà bâti est aussi cher que rare. Au regard de l'impossibilité d'envisager la construction de bâtiments en surface dans un grand nombre de secteurs, la réalisation de centraux souterrains s'est parfois révélée une solution avantageuse. La construction de grands centraux urbains sur des terrains du domaine public de la ville de Paris et d'autres collectivités est décidée en 1970. Ce sont les projets : Tuilerie, Murat, Cévennes, Beaujon, Montsouris, Joffre⁴⁸.

À l'extrémité sud des allées plantées du jardin des Tuileries, côté musée du Louvre, un accès souterrain mène à ce qui fut le plus grand central téléphonique d'Europe⁴⁹. La fresque écaillée du couloir rythme la descente aux tréfonds d'un complexe infrastructurel de quelque 18 000 m². Ce dédale de salles techniques et de circulation est aujourd'hui presque totalement vide. Dans la grande salle de connexion cuivre, seules quelques sections cliquent encore. Ruine infrastructurelle d'un âge d'or des télécommunications, le central Tuilerie est, par l'histoire de son chantier, sa localisation et sa taille, le plus emblématique d'une série de grands centraux construits par le ministère des Poste Télégraphe Téléphone (PTT) au mitan des années 1970. Fantôme du téléphone analogique, ce commutateur immense rassemblait des équipements permettant la connexion entre les lignes du réseau et la mise en relation des abonnés. Cette forêt d'invisibles réseaux a creusé dans l'espace urbain d'immenses trous noirs. Pour combler les demandes de téléphonie et soulager les problèmes de saturation des lignes, les centraux ont été édifiés partout en France – comme ailleurs – dans tous les quartiers,

parfois en sous-sol comme aux Tuileries, dans des bâtiments dédiés ou transformés comme l'ancien bunker antiaérien du boulevard Kellermann. Ce sont aussi des bâtiments neufs, comme l'emblématique central Murat porte d'Auteuil. Les centraux peuvent avoir des allures d'immeubles de bureaux, de logements, de villas de lotissement, certaines façades sont cachées, d'autres classées. Tous les styles architecturaux sont représentés et il existe une grande variété de systèmes constructifs, reflets des différentes périodes d'édification de la fin du XIX^e siècle à aujourd'hui. Il y a plus de 40 centraux dans Paris intramuros et plus de 200 en Île-de-France⁵⁰. Sur l'ensemble des sites, seuls 20 % sont encore en fonctionnement, les 80 % restant ont été vidés et vendus ou sont en attente d'une deuxième vie. Les transactions immobilières se font dans la plus grande discrétion. Hauts lieux de connexion, ces bâtiments-infrastructures du centre de Paris et de toutes les grandes villes restent des lieux stratégiques prisés pour leur foncier et leurs dimensions techniques et spatiales hors norme. Leur histoire est pourtant méconnue. Le central Tuileries autrement appelé « l'hyper central » est construit à partir de 1971 sous le jardin des Tuileries à l'intersection des axes de liaison téléphonique nord-sud et est-ouest. Il est le premier des grands centraux souterrains construits pour le délestage téléphonique. Sa capacité représente près du quart des abonnés du Paris de l'époque. La réalisation de l'opération est confiée à Marc Saltet, architecte en chef des Bâtiments civils et palais nationaux, conservateur du domaine du Louvre et des Tuileries. Très vite, la rumeur relative au chantier inquiète : « On va défoncer les Tuileries⁵¹ ! » Cette nouvelle a suscité un tollé général : « [...] les jardins allaient être

bouleversés, les arbres déracinés, les allées défoncées. C'était une atteinte grave à l'intégrité des squares parisiens, une remise en cause des espaces verts. » Mais l'architecte en chef se veut rassurant : pas un seul arbre ne sera enlevé ! Le jardin de Le Nôtre⁵² sera identique après l'installation. Dès la fin des travaux, les touristes et promeneurs « pourront à nouveau flâner sous leurs ombrages favoris, sans se douter à un seul moment qu'ils ont sous les pieds le plus grand central téléphonique d'Europe⁵³ ». En effet, seules deux discrètes entrées dans le parc et les bouches d'aération intégrées à la balustrade de pierre pourraient éveiller les soupçons d'un œil averti. Pourtant, l'infrastructure se déploie jusqu'à une profondeur de 17 mètres sous le niveau de la terrasse. Tenu dans une double enveloppe en béton armé (une paroi épaisse et étanche, et une enveloppe plus classique), le bâtiment principal couvre une superficie de 81 mètres par 74,50. La surface totale de 17 900 m² se divise en sous-sols de deux niveaux de 7 000 m² chacun⁵⁴, et est entièrement vide aujourd'hui.

Si le déploiement territorial du système technique télécom est simultané à l'apparition des grandes infrastructures du xx^e comme celles du transport ou de l'énergie, il est plus complexe à mesurer car moins visible dans sa matérialité technique et architecturale. L'invisibilité de ses infrastructures rend leur existence aussi difficile à saisir que leur mutation. Comme l'écrivait le philosophe et sociologue spécialiste des télécommunications Yves Stourdzé en 1978 dans *Les Ruines du futur* : « Les cartes manquent de ce territoire qui s'enfuit et nul repère, nulle référence ne se laisse appréhender, les polarités se sont dissoutes. [...] ce sont des chaussetrapes, [...] des trous qui dans l'économie sont

masqués: de telle sorte que sous la houlette de la norme industrielle puisse se rejouer indéfiniment la procession des cailloux et des miettes, des usages et des valeurs⁵⁵. »

Dans les premiers centraux, il n'y avait que des équipements réseaux puis, petit à petit, des équipements informatiques se sont incrustés⁵⁶. Au tournant des années 1980-1990, avec l'expansion de l'informatique émergent de nouveaux services: télécopie, télétex, vidéotex, puis le tout numérique va encore bouleverser les systèmes techniques de la téléphonie traditionnelle et participer à une miniaturisation des composants et à une reconfiguration des bâtiments. Les plateaux techniques deviennent hybrides avec l'arrivée des serveurs, par ailleurs de plus en plus consommateurs d'énergie.

À la fin des années 1990, des bâtiments neufs dédiés au calcul et au stockage de données se sont multipliés rendant progressivement obsolètes ces centraux. La notion « d'hôtel télécom » émerge avant que celle de *data center* ne la remplace. Le géographe Bruno Moriset a montré le rôle d'un marché immobilier très spécifique dans la rénovation et la revitalisation d'un certain nombre de quartiers urbains, via la reconversion de sites industriels, d'entrepôts alimentaires ou logistiques dans des grandes villes comme Chicago, New York ou Londres⁵⁷.

Dans les années 2000, la privatisation du secteur ainsi que l'arrivée des nouveaux opérateurs du numérique et de la fibre (avec en 2008 la convergence mobile/internet: SFR, Orange, Bouygues puis Free) modifient le marché et reconfigurent radicalement les métiers, ainsi que le patrimoine immobilier de l'opérateur historique⁵⁸. Progressivement, l'obsolescence des centraux téléphoniques souterrains, vidés de leurs effectifs et de leurs équipements,

marque la lente décomposition d'un patrimoine public national qui est aussi celui du capitalisme d'État, patrimoine passé en une décennie aux mains de groupes privés supranationaux.

CHAPITRE 3

L'ILLUSION DE L'INFRASTRUCTURE COMMUNE

--	--

L'architecture des infrastructures du ^{xx}e siècle, sans être réduite à la commande publique, a été fortement associée à des investissements publics massifs. De célèbres ouvrages d'art et de technique composent ce patrimoine commun⁵⁹, patrimoine du capitalisme et de ses réseaux. La dynamique numérique en accélération depuis 10 ans dans un contexte libéral n'a rien de comparable à ce que pourrait être un service public, au sens historique du terme, ou plus novateur, dans le sens de la pensée des communs et de la réactualisation dont elle fait l'objet⁶⁰. C'est-à-dire un objet socio-technique dont l'usage partagé est réglementé dans une perspective d'accessibilité et de respect de l'environnement. C'est probablement avec le secteur des télécoms que la trajectoire de libéralisation et de privatisation libérale a été la plus manifeste. En France, les télécoms ont été le premier secteur de service industriel nationalisé dans le cadre d'un grand ministère. Ce fut également le premier touché par le mouvement de libéralisation⁶¹ à la fin des années 1980. C'est en 1989, sous la présidence française du Conseil de l'Union européenne, que la décision d'une ouverture progressive à la concurrence

du marché français a été prise⁶². Dans les années 2000, la privatisation du secteur et l'arrivée des nouveaux opérateurs du numérique et de la fibre (avec en 2008 la convergence mobile/internet: SFR, Orange, Bouygues puis Free) modifient le marché et reconfigurent radicalement les métiers ainsi que le patrimoine immobilier de l'opérateur historique. À partir de 1997, l'État actionnaire a peu à peu ouvert le capital de France Télécom à des actionnaires privés. En 2000, l'opérateur français rachète la marque britannique Orange. L'État continue de se désengager du capital et passe en 2004 en dessous de la barre des 50 %, faisant de France Télécom une entreprise privée. Le plan NEXt (Nouvelle Expérience des Télécommunications) est lancé en 2006 avec un triple objectif: réduire drastiquement les coûts salariaux (suppression de 22 000 emplois), faire converger les produits et services, et enfin regrouper toutes les enseignes du groupe sous une marque unique. La violence des méthodes de management, poussant de nombreux·ses fonctionnaires à la démission, d'autres au suicide, a fait l'objet d'un procès⁶³. Certains dirigeants et cadres ont été jugés et très symboliquement condamnés pour harcèlement moral. Les reconfigurations sociales et spatiales de l'entreprise sont rapides, radicales et meurtrières. En 2013, l'opérateur historique abandonne son ancien nom et devient Orange.

En 2018, l'annonce de la fin des téléphones fixes traditionnels d'ici 2030 est faite. Le « réseau téléphonique commuté » (RTC), va être progressivement coupé à partir de 2023. Tou·tes les utilisateurs·rices du téléphone fixe devront opter pour un accès à un internet via une *box*. Depuis une dizaine d'années, Orange, qui conserve une petite obligation de service public (tout en faisant appel

du marché français a été prise⁶². Dans les années 2000, la privatisation du secteur et l'arrivée des nouveaux opérateurs du numérique et de la fibre (avec en 2008 la convergence mobile/internet : SFR, Orange, Bouygues puis Free) modifient le marché et reconfigurent radicalement les métiers ainsi que le patrimoine immobilier de l'opérateur historique. À partir de 1997, l'État actionnaire a peu à peu ouvert le capital de France Télécom à des actionnaires privés. En 2000, l'opérateur français rachète la marque britannique Orange. L'État continue de se désengager du capital et passe en 2004 en dessous de la barre des 50 %, faisant de France Télécom une entreprise privée. Le plan NExT (Nouvelle Expérience des Télécommunications) est lancé en 2006 avec un triple objectif : réduire drastiquement les coûts salariaux (suppression de 22 000 emplois), faire converger les produits et services, et enfin regrouper toutes les enseignes du groupe sous une marque unique. La violence des méthodes de management, poussant de nombreux·ses fonctionnaires à la démission, d'autres au suicide, a fait l'objet d'un procès⁶³. Certains dirigeants et cadres ont été jugés et très symboliquement condamnés pour harcèlement moral. Les reconfigurations sociales et spatiales de l'entreprise sont rapides, radicales et meurtrières. En 2013, l'opérateur historique abandonne son ancien nom et devient Orange.

En 2018, l'annonce de la fin des téléphones fixes traditionnels d'ici 2030 est faite. Le « réseau téléphonique commuté » (RTC), va être progressivement coupé à partir de 2023. Toutes les utilisatrices du téléphone fixe devront opter pour un accès à un internet via une *box*. Depuis une dizaine d'années, Orange, qui conserve une petite obligation de service public (tout en faisant appel

à des prestataires privés pour la réaliser), compresse ses volumes techniques dans des espaces réduits sur ses sites les plus stratégiques avec un accès réservé à l'entreprise. Le reste est vendu à des investisseurs pour de juteuses opérations immobilières, notamment Nexity. Faut-il rappeler que Stéphane Richard, l'actuel président-directeur général d'Orange, a été le cofondateur du grand groupe de promotion immobilière Nexity⁶⁴ ? Si le numérique s'est progressivement détaché de son secteur public d'origine, il garde avec le secteur public électrique des liens extrêmement forts et structurants. La relation entre l'industrie numérique (majoritairement privée) et électrique (encore dans une structuration de service public) n'en est pas moins complexe et révèle des batailles de modèle et de gouvernance. Les infrastructures électriques qui permettent au numérique de fonctionner ont été bâties pendant des décennies grâce aux finances publiques des villes et des États. Sans ce socle infrastructurel public, ni Google ni Amazon n'auraient pu exister. Les entreprises privées du numérique utilisent l'électricité des réseaux publics à des fins essentiellement capitalistiques et dont l'intérêt général n'a jamais été débattu, alors même que beaucoup d'acteurs, notamment à la CNIL, réclament un service public du numérique, non seulement pour protéger la vie privée des citoyen·nes, mais aussi pour penser plus largement la société numérique du XXI^e siècle et le déploiement de ses réseaux et infrastructures.

À l'heure où les grands systèmes techniques industriels connaissent une crise de modèle (politique, technique, environnementale⁶⁵), l'édification macro-systémique du numérique ne fait que confirmer la fuite en avant d'un secteur câblé sur ses propres intérêts. Les changements de statut

masqués : de telle sorte que sous la houlette de la norme industrielle puisse se rejouer indéfiniment la procession des cailloux et des miettes, des usages et des valeurs⁵⁵. »

Dans les premiers centraux, il n'y avait que des équipements réseaux puis, petit à petit, des équipements informatiques se sont incrustés⁵⁶. Au tournant des années 1980-1990, avec l'expansion de l'informatique émergent de nouveaux services : télécopie, télétex, vidéotex, puis le tout numérique va encore bouleverser les systèmes techniques de la téléphonie traditionnelle et participer à une miniaturisation des composants et à une reconfiguration des bâtiments. Les plateaux techniques deviennent hybrides avec l'arrivée des serveurs, par ailleurs de plus en plus consommateurs d'énergie.

À la fin des années 1990, des bâtiments neufs dédiés au calcul et au stockage de données se sont multipliés rendant progressivement obsolètes ces centraux. La notion « d'hôtel télécom » émerge avant que celle de *data center* ne la remplace. Le géographe Bruno Moriset a montré le rôle d'un marché immobilier très spécifique dans la rénovation et la revitalisation d'un certain nombre de quartiers urbains, via la reconversion de sites industriels, d'entrepôts alimentaires ou logistiques dans des grandes villes comme Chicago, New York ou Londres⁵⁷.

Dans les années 2000, la privatisation du secteur ainsi que l'arrivée des nouveaux opérateurs du numérique et de la fibre (avec en 2008 la convergence mobile/internet : SFR, Orange, Bouygues puis Free) modifient le marché et reconfigurent radicalement les métiers, ainsi que le patrimoine immobilier de l'opérateur historique⁵⁸. Progressivement, l'obsolescence des centraux téléphoniques souterrains, vidés de leurs effectifs et de leurs équipements,

marque la lente décomposition d'un patrimoine public national qui est aussi celui du capitalisme d'État, patrimoine passé en une décennie aux mains de groupes privés supranationaux.

CHAPITRE 3

L'ILLUSION DE L'INFRASTRUCTURE COMMUNE

--	--

L'architecture des infrastructures du xx^e siècle, sans être réduite à la commande publique, a été fortement associée à des investissements publics massifs. De célèbres ouvrages d'art et de technique composent ce patrimoine commun⁵⁹, patrimoine du capitalisme et de ses réseaux. La dynamique numérique en accélération depuis 10 ans dans un contexte libéral n'a rien de comparable à ce que pourrait être un service public, au sens historique du terme, ou plus novateur, dans le sens de la pensée des communs et de la réactualisation dont elle fait l'objet⁶⁰. C'est-à-dire un objet socio-technique dont l'usage partagé est réglementé dans une perspective d'accessibilité et de respect de l'environnement. C'est probablement avec le secteur des télécoms que la trajectoire de libéralisation et de privatisation libérale a été la plus manifeste. En France, les télécoms ont été le premier secteur de service industriel nationalisé dans le cadre d'un grand ministère. Ce fut également le premier touché par le mouvement de libéralisation⁶¹ à la fin des années 1980. C'est en 1989, sous la présidence française du Conseil de l'Union européenne, que la décision d'une ouverture progressive à la concurrence

du marché français a été prise⁶². Dans les années 2000, la privatisation du secteur et l'arrivée des nouveaux opérateurs du numérique et de la fibre (avec en 2008 la convergence mobile/internet : SFR, Orange, Bouygues puis Free) modifient le marché et reconfigurent radicalement les métiers ainsi que le patrimoine immobilier de l'opérateur historique. À partir de 1997, l'État actionnaire a peu à peu ouvert le capital de France Télécom à des actionnaires privés. En 2000, l'opérateur français rachète la marque britannique Orange. L'État continue de se désengager du capital et passe en 2004 en dessous de la barre des 50 %, faisant de France Télécom une entreprise privée. Le plan NExT (Nouvelle Expérience des Télécommunications) est lancé en 2006 avec un triple objectif : réduire drastiquement les coûts salariaux (suppression de 22 000 emplois), faire converger les produits et services, et enfin regrouper toutes les enseignes du groupe sous une marque unique. La violence des méthodes de management, poussant de nombreux·ses fonctionnaires à la démission, d'autres au suicide, a fait l'objet d'un procès⁶³. Certains dirigeants et cadres ont été jugés et très symboliquement condamnés pour harcèlement moral. Les reconfigurations sociales et spatiales de l'entreprise sont rapides, radicales et meurtrières. En 2013, l'opérateur historique abandonne son ancien nom et devient Orange.

En 2018, l'annonce de la fin des téléphones fixes traditionnels d'ici 2030 est faite. Le « réseau téléphonique commuté » (RTC), va être progressivement coupé à partir de 2023. Toutes les utilisatrices·rices du téléphone fixe devront opter pour un accès à un internet via une *box*. Depuis une dizaine d'années, Orange, qui conserve une petite obligation de service public (tout en faisant appel

à des prestataires privés pour la réaliser), compresse ses volumes techniques dans des espaces réduits sur ses sites les plus stratégiques avec un accès réservé à l'entreprise. Le reste est vendu à des investisseurs pour de juteuses opérations immobilières, notamment Nexity. Faut-il rappeler que Stéphane Richard, l'actuel président-directeur général d'Orange, a été le cofondateur du grand groupe de promotion immobilière Nexity⁶⁴ ? Si le numérique s'est progressivement détaché de son secteur public d'origine, il garde avec le secteur public électrique des liens extrêmement forts et structurants. La relation entre l'industrie numérique (majoritairement privée) et électrique (encore dans une structuration de service public) n'en est pas moins complexe et révèle des batailles de modèle et de gouvernance. Les infrastructures électriques qui permettent au numérique de fonctionner ont été bâties pendant des décennies grâce aux finances publiques des villes et des États. Sans ce socle infrastructurel public, ni Google ni Amazon n'auraient pu exister. Les entreprises privées du numérique utilisent l'électricité des réseaux publics à des fins essentiellement capitalistiques et dont l'intérêt général n'a jamais été débattu, alors même que beaucoup d'acteurs, notamment à la CNIL, réclament un service public du numérique, non seulement pour protéger la vie privée des citoyen·nes, mais aussi pour penser plus largement la société numérique du XXI^e siècle et le déploiement de ses réseaux et infrastructures.

À l'heure où les grands systèmes techniques industriels connaissent une crise de modèle (politique, technique, environnementale⁶⁵), l'édification macro-systémique du numérique ne fait que confirmer la fuite en avant d'un secteur câblé sur ses propres intérêts. Les changements de statut

des grandes infrastructures publiques sous la pression des capitaux privés de l'économie libérale ont engagé un grand mouvement de « décollectivisation⁶⁶ ». Dans le secteur numérique, le privé a pris le relais dans des proportions qui interpellent. Comme le relevait récemment Gabriel Dupuy, le système de solidarité s'effondre progressivement : « Le système de péréquation, qui s'est construit contre la discrimination tarifaire, s'effrite peu à peu pour laisser place à une multiplication d'offres variées de services sur un même réseau⁶⁷. » Et au-delà de l'offre de service, les géants du numérique construisent une infrastructure rugissante et rutilante, une des plus efficaces jamais réalisées avec la complicité d'un champ politique impuissant à imposer un quelconque outil de régulation. Cas typique de « *secessionary network space* », ou « espaces-réseaux de première classe », ce phénomène renforce la fragmentation socio-spatiale identifiée par Graham et Marvin dans leur célèbre *Splintering Urbanism*⁶⁸ publié en 2001. Les grands opérateurs de centres de données participent à construire une société d'infrastructures à deux vitesses, modèle infrastructurel du libéralisme. Ils se substituent aux opérateurs nationaux de fibre et aux opérateurs de distribution électrique qui ne vont plus assez vite, pas assez loin, avec trop peu de puissance quand il s'agit de construire un poste source ou un réseau de fibre. Le secteur public (opérateur de fibre, d'électricité comme les collectivités) semble inopérant. Aucune autre création d'infrastructure n'a rapporté autant d'argent à ses actionnaires, et si peu aux collectivités. Amazon, Microsoft et Facebook sont en train de créer leurs propres réseaux de fibre nationaux dans des proportions qui affolent (discrètement) les pouvoirs publics. Les GAFAM dupliquent

le réseau d'Orange, mais de manière beaucoup plus imposante. Ils possèdent la quasi-totalité des câbles sous-marins et la puissance électrique installée par leurs soins donne le tournis à tous les opérateurs historiques de transmission et de distribution. Les États se retrouve complètement dépassés, dans une position de servage que Cédric Durand, auteur de *Techno-féodalisme*, a si bien décrite⁶⁹. Les réseaux du numérique se développent dans un âge post-service public. La dissociation entre les infrastructures historiques d'État et celles du grand capital ne cesse de se creuser. Entre l'État et les multinationales, le capitalisme privé ne cesse de gagner du terrain. On relève ici ou là quelques gestes, des « retombées sur les territoires », la perspective de quelques emplois pour des collectivités exsangues, mais cela ne représente rien en termes d'investissement pour ces géants. Dans la liste des cadeaux des généreux donateurs : Interxion paye un parc à la Courneuve et Facebook des tablettes tactiles aux enfants de l'école ou un champ solaire à Prineville, et parfois une tournée de pizza⁷⁰ – des miettes.

CHAPITRE 4

DANS LE GRAND PARC DES MACHINES

En 1960, la dystopie de connexion hante ladite philosophie de l'exagération du philosophe des techniques Günther Anders. Un demi-siècle plus tard, la digitalisation et la poursuite de la quête de l'efficacité mécanique de l'urbain s'inscrivent dans ce cycle macro-systémique des machines qui trouve son origine à la fin du XIX^e siècle avec l'électrification.

La notion de macrosystème technique renvoie à l'approche *Large Technical Systems* (LTS) fondée par l'historien des techniques Thomas Hughes⁷¹, mouvance à laquelle sont affiliés d'autres historien·nes, philosophes, sociologues et anthropologues des techniques comme Wiebe E. Bijker, Trevor Pinch, Renate Mayntz⁷² ou Rosalind Williams⁷³, et qui conserve aujourd'hui un grand dynamisme. De la mégamachine de Lewis Mumford⁷⁴ au LTS de Thomas Hughes, en passant par le système technique de Jacques Ellul, ou par le macrosystème technique⁷⁵ d'Alain Gras, s'est dessinée la reconnaissance d'un modèle technique historique. La question de l'évolution autonome de la technique et de la neutralité de ses systèmes de production et de distribution a été largement discutée. L'ensemble de ces auteur·es s'oppose à l'idée d'une évolution autonome des techniques qui s'imposerait à l'humanité ; il n'existe pas de véritable déterminisme

historique du progrès technique mais plutôt une conjonction de facteurs qui ont orienté et orientent encore les choix structurels. Si la fatalité technique est un mythe fabriqué, la « non-neutralité » de certains systèmes semble, elle, bien réelle. La technique n'est pas un simple instrument que l'on pourrait mettre au service de fins différentes. Cette idée fait consensus chez les penseur·ses des LTS, qui se sont appliqué·es à en caractériser les spécificités. Si en fonction de l'ensemble technique observé (chemin de fer, électricité, téléphone, pétrole), il y a des variables, les LTS ont des caractéristiques communes : la grande échelle ; un mécanisme spécifique de développement favorisant leur accroissement ; la consommation d'importantes quantités d'énergies fossiles ou fissiles ; la production de fortes émissions de CO₂ ou de déchets ultimes ; la complexité d'ensembles et de sous-ensembles fonctionnant en réseaux, souvent opaques et gérés de façon centralisée par des experts ; un contrôle et une régulation des flux en temps réel. Publié en 1983, l'ouvrage de Thomas Hughes *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* est particulièrement intéressant pour l'histoire urbaine car il ouvre sur les liens entre LTS et territoire. Dans cette étude historique magistrale, il se consacre à l'histoire de l'électrification de la société occidentale à travers la mise en place du réseau électrique dans trois grandes villes : Chicago, Berlin et Londres. En revenant sur les mécanismes de la décision, conflits, médiations et contrats de concession passés avec les municipalités, Hughes décortique ces différentes histoires, démontrant à chaque fois la façon dont les réseaux énergétiques se sont constitués en instruments économiques et politiques. Hughes a étudié en quoi les systèmes

britannique, allemand et américain étaient différents. Une grande richesse de l'approche de Hughes est la dimension transdisciplinaire. En effet, pour comprendre un dispositif technique électrique, il faut croiser des considérations économique, politique, institutionnelle, spatiale. Sa démarche consiste à suivre à la trace des « constructeurs de systèmes » : ingénieur, politiste, inventeur. Une autre caractéristique de l'approche de Hughes est sa façon de mettre en avant la relation entre les facteurs sociaux et les facteurs économiques et techniques, en disant qu'il y a une relation dynamique et dialectique entre la construction sociale et le déterminisme technique, ainsi que sa réflexion sur l'ouverture et la fermeture des systèmes. Corrélés à la croissance de la société thermo-industrielle, les LTS assurent la permanence technique et culturelle d'entités infrastructurales qui sont le socle de l'expansion des grandes puissances économiques mondiales et d'un urbanisme spécifique que j'appelle l'urbanisme LTS. L'histoire de cet urbanisme LTS est celle d'une généalogie croisée entre organisation spatiale, système technique et capitalisme. L'énergie et les systèmes techniques modèlent l'espace et le temps, l'économie et la politique. Du capitalisme carbonifère⁷⁶ de Lewis Mumford à *Petrocratia*⁷⁷ de Timothy Mitchell, cette interdépendance a été démontrée et s'est radicalisée ces dernières années, révélant dès le XIX^e siècle les liens entre la suprématie d'un capitalisme fossile, l'émergence de la démocratie de masse, l'impérialisme et l'organisation réticulaire du territoire⁷⁸, avec des contributions issues du champ de la géographie critique dont David Harvey, où plus récemment Andreas Malm⁷⁹ ou Erik Swyngedouw⁸⁰, sont représentatifs.

Les réseaux imposent des ordres de territorialité, une organisation spécifique du territoire. Avec l'électricité, grand liant énergétique de la technique moderne et du premier âge de la télécommunication (téléphone, satellite⁸¹), ce pluriel « *les machines* » a atteint le premier stade d'unicité : « *la grande machine* ». L'ordre électrique de la modernité a produit dans une hiérarchie de systèmes une chaîne d'interconnexions. Elle va de la machine productive primaire comme la centrale (thermique, hydroélectrique, nucléaire, solaire ou éolienne) aux machines secondaires, comme « les boutures », le réfrigérateur, l'ordinateur portable ou tous les objets connectés⁸². L'électricité marque l'avènement de la mobilité de toutes les machines. De leur moteur d'abord, puisque le courant électrique est le flux continu qui permet le fonctionnement des machines secondaires, c'est le *ON* de leur « marche » et d'autre part la possibilité de leur circulation entre deux recharges (le téléphone, la glacière ou la perceuse électrique sans fil). Mais c'est l'informatique, dont la puissance de calcul est aussi assurée par l'électricité, qui va permettre de relier et de contrôler à distance l'ensemble des machines (notification sur l'iPhone : « 70 % de batterie pour la glacière électrique » ; « borne de recharge pour la voiture électrique à 18 kilomètres »). C'est avec l'informatique que la fusion des machines a lieu, c'est l'information en temps réel qui permet d'opérer à des échelles très différentes le réglage⁸³ du grand parc des machines pour la grande synergie productive⁸⁴ des *smart cities*. Cinquante ans après les premières promesses de la cybernétique⁸⁵, la *smart city* a connu de nombreux revers. Arquées sur le solutionnisme technologique et le réductionnisme urbain⁸⁶, les stratégies algorithmiques des entreprises IT (technologie

de l'information) ont buté sur l'incommensurabilité et la complexité du fonctionnement des villes⁸⁷. Mais un paradoxe persiste : la fin de l'idéalisation de l'urbanité de la *smart city* n'a pas ralenti le déploiement d'infrastructures numériques corrélatif à l'accélération de la numérisation du monde et de la vie en ligne. Alors que la dynamique anti-géographique d'un repli virtuel derrière les ordinateurs a encore augmenté avec la crise sanitaire du Covid, les territoires continuent de s'équiper d'une couche infrastructurelle inédite. Nous habitons le grand parc des machines, le paysage s'est technologisé, « hardwardisé », les zones dites « blanches » s'ameuisent. La technique a modifié le rapport au réel et transformé sa matérialité. C'est tout l'apport de la démonstration de Martin Heidegger, qui a déplacé la question instrumentale de la technique vers une perspective plus métaphysique, la considérant comme un outil de dévoilement et d'arrondissement du monde⁸⁸. La puissance du rationnel de la science moderne, par son projet de « calculabilité intégrale » (ou projet mathématique de la nature), a mis le monde en demeure d'apparaître comme un fonds ou un stock disponible. Depuis, l'autonomisation de la technique et la critique radicale du comportement adaptatif du paradigme cybernétique ont été au centre de « la question technique », et se sont encore radicalisés au lendemain de la Seconde Guerre mondiale.

Dans le contexte de la guerre froide, aussi bien hantée par Auschwitz que par Hiroshima, c'est notamment l'œuvre de Günther Anders qui a critiqué avec le plus d'intransigeance et d'emphase le « retournement tayloriste » de nos sociétés capitalistes et le devenir des humains dans un monde peuplé d'artéfacts. La transformation du monde par

les techniques est devenue l'une des plus grandes menaces des démocraties : « Nos besoins ne sont désormais plus que l'empreinte ou la reproduction des besoins des marchandises elles-mêmes⁸⁹. » Dans les deux recueils magistraux de *L'Obsolescence de l'homme*, Anders identifie la technique comme étant le nouveau sujet de l'Histoire, et fait de la question de « l'adaptation » un des enjeux du siècle. Pour ce grand penseur de l'interconnexion des machines, la technique a aussi transcendé son statut originel d'instrument, l'être humain n'étant plus l'agent autonome de ses outils : « Le sujet de la liberté et celui de la soumission sont intervertis ; les choses sont libres, c'est l'homme qui ne l'est pas. Alors que, récemment encore, l'instrument était à juste titre considéré comme un "prolongement" de l'homme, ce dernier n'est désormais plus qu'un prolongement de l'instrument, une pièce de celui-ci⁹⁰. » Tel est le principe majeur de la nouvelle « ontologie des appareils ». L'autonomisation de la technique est le principe instrumental de l'interconnexion des machines, faisant de l'humain le spectateur asservi d'une complexité macrostructurante, globalisante. Il soutient qu'il y a un autoritarisme de la technique et que « le totalitarisme politique, aussi effrayant soit-il, n'est qu'une conséquence et une variante de ce phénomène initial⁹¹ ». La thèse de l'autonomie des techniques et de l'autoritarisme ou totalitarisme d'Anders reste opérante. Certains régimes, comme la Chine, ont fait du numérique l'un des plus importants outils de contrôle social (fichage, tri, etc. via le *data mining*, captation des données et collecte des adresses de connexions). L'Europe, les États-Unis, le Canada et bien d'autres pays ne sont pas en reste, si l'on se fie au déploiement des applications logicielles permettant de manier des informations

du la rep...
es-mêmes
'Obsoles...
ique com...
it de la...
siècle...
des mach...
statut...
plus l'...
la libe...
; les ch...
Alors...
juste...
l'hom...
'olone...
'90...
gie de...
ue es...
7 des...
verti...
tte...
ue...
tt...
e

nominatives permettant de consigner les opinions et comportements des personnes physiques. La montée en puissance de ce qui est devenu la problématique « Loi informatique et libertés individuelles » est un sujet sociétal majeur à l'heure où la surveillance devient globale et peut être considérée comme une activité industrielle de masse⁹². Avec un renforcement de l'anticipation et du temps réel, c'est aussi l'ensemble de nos milieux de vie impactés par le basculement climatique qui se trouve en instance de régulation, à laquelle précède la mise en calculabilité intégrale de la nature (ressources, météo, risques, etc.). Il faut pour l'instant s'adapter à l'environnement et au climat à défaut de stopper le cycle qui en produit le basculement.

L'urbanité numérique apparaît autoritaire sous bien des aspects si l'on se fie aux outils de contrôle employés : elle relève la plaque d'immatriculation des automobilistes dépassant les limitations de vitesse, elle bloque aux bornes TGV de la gare si le bagage n'a pas été déclaré en supplément sur le billet. Elle consigne nos consommations, nos trajets, nos opinions politiques. Et en fonction de la route empruntée, le GPS embarqué nous indique la station-service, le parking ou le restaurant le plus proche ; dans certaines boutiques, il suffit de se servir et de sortir du magasin avec une puce active pour voir son compte débité sans plus passer par la caisse. En fonction de nos conversations, les publicités sur-mesure abondent. Nous ne sommes plus si loin du « Paris-LVMH » du roman de science-fiction *Les Furtifs* d'Alain Damasio, où les trottoirs intelligents relèvent l'état d'usure de nos chaussures pour nous cibler une promotion sur des tongs en lien avec l'anticipation météorologique du mois à venir : toujours pas de pluie.

L'intelligence artificielle des machines semble avoir renforcé leur part d'autonomie, confortant la thèse de la disparition de l'individualité technique des objets, communiquant désormais entre eux. Dans le contexte de la guerre froide et de la prolifération du nucléaire militaire puis civil, le phénomène de l'électrification massive, qui inonde le marché d'objets de consommation électriques, se trouve déjà au cœur des préoccupations de la pensée d'Anders. Ce dernier s'attache à démontrer comment la technique fait système ; il fait de l'entité « mégamachine » le nœud de la question technique, approche qui a connu ces dernières années dans le champ des sciences humaines un véritable regain d'intérêt fortement stimulé par la dynamique effondriste⁹³. La grande machine décrite par Günter Anders serait donc advenue :

« Tout à coup, il s'avéra, ou plutôt (car bien sûr on le savait déjà), il devint terriblement clair à tous qu'il n'y avait plus un seul appareil qui soit un appareil individuel, plus une seule machine qui demeure une machine individuelle. [...] les réfrigérateurs n'étaient plus des réfrigérateurs, les métros des métros, les ampoules des ampoules. Plus aucune chose n'était elle-même parce que chaque élément était devenu si exclusivement une bouture de la plante centrale qu'il ne pouvait que perdre son sens si l'instance centrale tombait en panne. Ou, et cette formule n'est pas moins légitime – parce que chaque « bouture », du fait que non seulement elle dépend de tous les autres mais que tous les autres dépendent d'elle –, était devenue l'instance centrale du réseau. Peu importe, soudain il fut clair pour chacun que le rêve utopique des machines de fusionner un jour en une unique machine totale ne peut pas seulement nous remplir d'espoir, il doit

aussi nous remplir d'effroi⁹⁴. » Le sens politique de cette grande fusion technique n'a pas été débattu en dépit de l'illusion de cohérence martelée par les industriels qui en construisent les marchés.

CHAPITRE 5

L'AUTONOMISATION DES RÉSEAUX

L'autonomisation croissante de *la* technique, dont les implications politiques seraient destructrices pour les démocraties, a été, si ce n'est relativisée, du moins déplacée par une autre tradition de pensée qui s'est appliquée à déconstruire la réification de l'objet technique. C'est notamment Gilbert Simondon⁹⁵ qui viendra réduire ce clivage qu'il estime artificiel entre culture et technique en essayant de penser *les* techniques dans leur diversité, avec ce qu'il nomme des « lignées phylogénétiques » et en faisant remonter la question sociale au premier plan. Le progrès technique n'est pas l'automatisation : l'« automate parfait » de la cybernétique qui attire toutes les foudres technophobes ne serait qu'un mythe révélant une difficulté à penser la technique. Simondon appelle à revenir aux modes d'existence des objets techniques pour « découvrir un monde social et économique dans lequel l'utilisateur de l'objet technique soit non seulement le propriétaire de cette machine mais aussi l'homme qui l'a choisie et l'entretient⁹⁶ ». Les acteurs ou actants techniques sont un collectif imbriqué et cette approche influencera la théorie de

l'acteur-réseau⁹⁷ (*Actor-Network Theory* ou ANT) dont Bruno Latour⁹⁸ reste la figure tutélaire. Dans une forme de continuité avec la pensée simondonienne, il prolonge l'approche par les modes d'existences⁹⁹. La pensée non anthropologique de Latour, héritée de Simondon, et que reprendront dans une certaine mesure quelques figures de la pensée LTS comme Thomas Parkes Hughes¹⁰⁰, relève d'une forme de complexification : il est difficile de démêler la part sociale et la part non sociale de la technique de l'innovation. Ces jeux d'influence mutuelle entre technique et social relativiseraient l'autoritarisme de la technique, laquelle réduirait l'humain à néant, cette séparation ontologique devenant elle-même caduque puisque les distinctions a priori se floutent entre des entités plus hybrides. C'est ainsi que Latour ouvre la « boîte noire » (notion initialement conceptualisée par Norbert Wiener en 1948) des sciences et des technologies et propose de les démystifier en les montrant en action, c'est-à-dire dans le déploiement de leur pratique, leur isotopie. C'est le social qui fait fonctionner la technique, entendons : il n'y a pas d'autonomie de la technique, ni de *deus ex machina*. La science et l'innovation sont avant tout des perspectives et des stratégies d'actants, « celles d'hommes de science et d'ingénieurs qui construisent des boîtes noires – faits scientifiques ou machines – donnant l'illusion d'exister comme réalités autonomes, d'avoir une stabilité et de se répandre par elles-mêmes en vertu d'une sorte d'énergie interne¹⁰¹ ». Latour popularise cette approche scientifique dans son ouvrage *Aramis ou l'amour des techniques* écrit en 1992¹⁰². À travers l'histoire avortée de ce métro automatique, il remet en question l'idée qu'il y aurait une voie royale pour l'innovation. Le déplacement préconisé

par le renouveau des *Science Studies* vers la pluralité des acteurs, leur modalité d'alliance, l'abandon de la notion de vérité et la prise de conscience du caractère socialement construit de la plupart des performances que l'on attribue aux artefacts techniques a modifié les perspectives traditionnelles de l'histoire des sciences et des techniques¹⁰³, en dépolitisant toutefois par ses torsions l'anthropologie de la modernité. Dans une sorte de rebours épistémologique, Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin appellent à enquêter sur une *Dark ANT*, c'est-à-dire la fin des hybrides solaires, et « à repenser les infrastructures comme des objets à détricoter, un monde à défaire, plutôt qu'un monde en "action" et continuellement en train de surgir¹⁰⁴ ». Cette *Dark ANT*, loin de se focaliser « sur des objets pleins de vie et de grâce, jaillissants, novateurs », se propose de prendre au sérieux les effritements du monde et ces noirceurs. L'objet chevelu latourien est devenu « chevelure incommensurable et emmêlée. Ce sont des infrastructures, des activités, des organisations obsolètes sur le plan économique, qui ne peuvent d'ailleurs vraiment être écologisés mais qui tiennent nos modes de subsistance¹⁰⁵. » Le caractère incommensurable du système technique numérique, dominé dans sa structuration matérielle par la vision de croissance des GAFAM, pourrait rentrer dans cette catégorie.

Mais revenons à l'ANT des années 1990-2000. Chez Latour, la machine a disparu comme entité autoritaire ; il y a toutefois dans sa théorie des réseaux une théorie du pouvoir, dans la mesure où construire et consolider les liens d'un réseau, dans un souci de prévisibilité et de prédictibilité, revient à construire un rapport de force et de contrainte. Ce sont les actants du réseau qui sont

programmés pour avoir toujours et en tout lieu les comportements standardisés qu'on attend d'eux, à savoir qu'ils se contrôlent mutuellement de façon à exclure d'eux-mêmes du système qu'ils forment tout élément imprévisible¹⁰⁶. Le réseau est la figure du pouvoir. L'interdépendance des éléments de contrôle constitutifs du réseau fabrique une autorité, indépendamment des machines « accrochées ». C'est un détour, mais *in fine* c'est le rapport de force et de contrainte du réseau qui produit un autoritarisme réifiant la machine. Ainsi « le problème » de l'autonomisation des techniques ne serait pas la machine mais le réseau qui structure le système technique comme une totalité. Chez Simondon, dans *Du mode d'existence des objets techniques*, la pensée de la technique se focalise davantage sur les objets que sur le réseau. Il écrit toutefois que « les structures réticulaires des techniques intégrées ne sont plus seulement des moyens disponibles pour une action et transportables abstraitement n'importe où, utilisables à n'importe quel moment ; on change d'outils et d'instruments, on peut réparer soi-même un outil, mais on ne change pas de réseau, on ne construit pas soi-même un réseau : on ne peut que se raccorder au réseau, s'adapter à lui, participer à lui ; le réseau domine et enserme l'action de l'être individuel, domine même chaque ensemble technique¹⁰⁷ ». On voit ici que le social fait fonctionner la technique jusqu'à un certain point. Il y a des rapports d'échelle et de pouvoir de réseau qui échappent à la plus grande partie du social. Il y a des systèmes techniques qui excèdent la possibilité même de saisir les interdépendances. La notion d'autonomie n'a pas ici un sens métaphysique de *deus ex machina*, mais technologique. Et dans cette perspective « une ampoule n'est plus juste une

ampoule ou un métro un métro », ce sont des objets connectés à d'autres objets et le processus de réticularisation, de mise en réseau, les a transformés.

Par ailleurs, si le point de vue théorique et méthodologique de la théorie de l'acteur-réseau reste opérant pour certains objets techniques « opérables », d'autres ne se laissent pas opérer et c'est toute la limite de cette pensée des systèmes. Quand les opérations de liaison et d'assemblage, de constitution, d'affaiblissement et d'optimisation de réseaux ne sont plus saisissables et qu'il n'y a plus de lien social, il ne reste plus que des boîtes noires, il n'y a plus de marge d'indétermination. C'est le « L » de la pensée *LTS* qui précise ce « large » comme entrée catégorielle. « Aramis » est opérable : c'est une section de métro certes inscrite dans un réseau social d'actants, mais il est hors du réseau technique métropolitain. Sans le réduire à ses wagonnettes, ce ne sont que quelques voitures sur une petite ligne d'une portion du territoire d'Île-de-France, et Latour dans *Aramis* n'avait pas la prétention d'éclairer le système de transport métropolitain. On peut certes saisir le système d'électricité par une centrale nucléaire ou le système technique numérique par un centre de données, mais la question technique est désormais davantage une affaire de réseaux, d'autonomisation de réseau et d'interconnexion que d'objets isolés (le moteur à essence ou l'horloge de Simondon). Et c'est bien la part réticularisable des objets – le frigo ou la voiture connectés (et surtout les données qu'ils émettent et qu'ils engrangent) – qui font système. L'apport considérable de Simondon, porteur d'une utopie réconciliatrice, se fonde sur une approche par les usages qui peut aussi avoir pour effet de marginaliser la critique des effets de domination reconduits par certains systèmes techniques inappropriables¹⁰⁸.

6.
LA FIN DES RÉGLEUR·SES DE MACHINES
OU L'IMPOSSIBLE CYBORG

--	--

Au-delà de la question de l'autoritarisme et de la part instrumentale de la technique, la spécificité de la réticularité numérique est le processus d'extraction de données et de calculabilité permanente: chaque phénomène produit sur le réseau est consigné et gonfle le stock de données hébergées dans les centres de données qui doivent être mobilisables dans un temps de latence toujours plus court. Le projet de la calculabilité a atteint des sommets. « Le régleur » de Simondon, cet individu qui comprend et modifie les machines¹⁰⁹, n'a plus aucune prise, il appartient à un autre âge des techniques. Désormais, l'IA de la machine se règle en partie seule (mise à jour, maintenance) ou plutôt à l'aide d'autres machines. Certains dispositifs techniques sont inflexibles et les utilisateurs sont dans l'incapacité d'intervenir dans la construction des sous-ensembles. À moins de faire muter la figure du régleur de Simondon en *cyborg* ou en *hacker*. Cet hybride radicalise la figure politique du régleur en faisant disjoncter le réseau, en insérant une rupture d'imprévisibilité qui ouvre une marge d'indétermination, un suspens. À l'opposé conceptuel

par le renouveau des *Science Studies* vers la pluralité des acteurs, leur modalité d'alliance, l'abandon de la notion de vérité et la prise de conscience du caractère socialement construit de la plupart des performances que l'on attribue aux artefacts techniques a modifié les perspectives traditionnelles de l'histoire des sciences et des techniques¹⁰³, en dépolitisant toutefois par ses torsions l'anthropologie de la modernité. Dans une sorte de rebours épistémologique, Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin appellent à enquêter sur une *Dark ANT*, c'est-à-dire la fin des hybrides solaires, et « à repenser les infrastructures comme des objets à détricoter, un monde à défaire, plutôt qu'un monde en "action" et continuellement en train de surgir¹⁰⁴ ». Cette *Dark ANT*, loin de se focaliser « sur des objets pleins de vie et de grâce, jaillissants, novateurs », se propose de prendre au sérieux les effritements du monde et ces noirceurs. L'objet chevelu latourien est devenu « chevelure incommensurable et emmêlée. Ce sont des infrastructures, des activités, des organisations obsolètes sur le plan économique, qui ne peuvent d'ailleurs vraiment être écologisés mais qui tiennent nos modes de subsistance¹⁰⁵. » Le caractère incommensurable du système technique numérique, dominé dans sa structuration matérielle par la vision de croissance des GAFAM, pourrait rentrer dans cette catégorie.

Mais revenons à l'ANT des années 1990-2000. Chez Latour, la machine a disparu comme entité autoritaire ; il y a toutefois dans sa théorie des réseaux une théorie du pouvoir, dans la mesure où construire et consolider les liens d'un réseau, dans un souci de prévisibilité et de prédictibilité, revient à construire un rapport de force et de contrainte. Ce sont les actants du réseau qui sont

programmés pour avoir toujours et en tout lieu les comportements standardisés qu'on attend d'eux, à savoir qu'ils se contrôlent mutuellement de façon à exclure d'eux-mêmes du système qu'ils forment tout élément imprévisible¹⁰⁶. Le réseau est la figure du pouvoir. L'interdépendance des éléments de contrôle constitutifs du réseau fabrique une autorité, indépendamment des machines « accrochées ». C'est un détour, mais *in fine* c'est le rapport de force et de contrainte du réseau qui produit un autoritarisme réifiant la machine. Ainsi « le problème » de l'autonomisation des techniques ne serait pas la machine mais le réseau qui structure le système technique comme une totalité. Chez Simondon, dans *Du mode d'existence des objets techniques*, la pensée de la technique se focalise davantage sur les objets que sur le réseau. Il écrit toutefois que « les structures réticulaires des techniques intégrées ne sont plus seulement des moyens disponibles pour une action et transportables abstraitement n'importe où, utilisables à n'importe quel moment ; on change d'outils et d'instruments, on peut réparer soi-même un outil, mais on ne change pas de réseau, on ne construit pas soi-même un réseau : on ne peut que se raccorder au réseau, s'adapter à lui, participer à lui ; le réseau domine et enserme l'action de l'être individuel, domine même chaque ensemble technique¹⁰⁷ ». On voit ici que le social fait fonctionner la technique jusqu'à un certain point. Il y a des rapports d'échelle et de pouvoir de réseau qui échappent à la plus grande partie du social. Il y a des systèmes techniques qui excèdent la possibilité même de saisir les interdépendances. La notion d'autonomie n'a pas ici un sens métaphysique de *deus ex machina*, mais technologique. Et dans cette perspective « une ampoule n'est plus juste une

ampoule ou un métro un métro », ce sont des objets connectés à d'autres objets et le processus de réticularisation, de mise en réseau, les a transformés.

Par ailleurs, si le point de vue théorique et méthodologique de la théorie de l'acteur-réseau reste opérant pour certains objets techniques « opérables », d'autres ne se laissent pas opérer et c'est toute la limite de cette pensée des systèmes. Quand les opérations de liaison et d'assemblage, de constitution, d'affaiblissement et d'optimisation de réseaux ne sont plus saisissables et qu'il n'y a plus de lien social, il ne reste plus que des boîtes noires, il n'y a plus de marge d'indétermination. C'est le « L » de la pensée *LTS* qui précise ce « large » comme entrée catégorielle. « Aramis » est opérable : c'est une section de métro certes inscrite dans un réseau social d'actants, mais il est hors du réseau technique métropolitain. Sans le réduire à ses wagonnettes, ce ne sont que quelques voitures sur une petite ligne d'une portion du territoire d'Île-de-France, et Latour dans *Aramis* n'avait pas la prétention d'éclairer le système de transport métropolitain. On peut certes saisir le système d'électricité par une centrale nucléaire ou le système technique numérique par un centre de données, mais la question technique est désormais davantage une affaire de réseaux, d'autonomisation de réseau et d'interconnexion que d'objets isolés (le moteur à essence ou l'horloge de Simondon). Et c'est bien la part réticularisable des objets – le frigo ou la voiture connectés (et surtout les données qu'ils émettent et qu'ils engrangent) – qui font système. L'apport considérable de Simondon, porteur d'une utopie réconciliatrice, se fonde sur une approche par les usages qui peut aussi avoir pour effet de marginaliser la critique des effets de domination reconduits par certains systèmes techniques inappropriables¹⁰⁸.

6.
LA FIN DES RÉGLEUR·SES DE MACHINES
OU L'IMPOSSIBLE CYBORG

Au-delà de la question de l'autoritarisme et de la part instrumentale de la technique, la spécificité de la réticularité numérique est le processus d'extraction de données et de calculabilité permanent: chaque phénomène produit sur le réseau est consigné et gonfle le stock de données hébergées dans les centres de données qui doivent être mobilisables dans un temps de latence toujours plus court. Le projet de la calculabilité a atteint des sommets. « Le régleur » de Simondon, cet individu qui comprend et modifie les machines¹⁰⁹, n'a plus aucune prise, il appartient à un autre âge des techniques. Désormais, l'IA de la machine se règle en partie seule (mise à jour, maintenance) ou plutôt à l'aide d'autres machines. Certains dispositifs techniques sont inflexibles et les utilisateurs sont dans l'incapacité d'intervenir dans la construction des sous-ensembles. À moins de faire muter la figure du régleur de Simondon en *cyborg* ou en *hacker*. Cet hybride radicalise la figure politique du régleur en faisant disjoncter le réseau, en insérant une rupture d'imprévisibilité qui ouvre une marge d'indétermination, un suspens. À l'opposé conceptuel

du transhumaniste augmenté, le cyborg hacke le « grand parc des machines » d'Anders, il diffracte « l'informatique de la domination¹¹⁰ » de Donna Haraway. Le cyborg est l'héroïque figure d'une certaine science-fiction. C'est Neo et Trinity, invincibles guerrier·ères de Lana et Lilly Wachowski dans *Matrix*, ou encore l'hybride Orca dans le roman *Superluminal* de Vonda McIntyre. En 1985, dans son *Manifeste Cyborg*, à l'aube des bouleversements de l'informatique, Donna Haraway l'avait présenté : « Le cyborg saute l'étape de l'unité originelle, celui de l'identification avec la nature au sens occidental du terme [...]. Parce qu'il n'est plus structuré par la polarité du public et du privé, le cyborg définit une cité technologique en partie basée sur une révolution des relations sociales au sein de l'*oikos*, du foyer. Nature et culture sont refaçonnées ; l'une ne peut plus être la ressource que l'autre s'approprie et assimile¹¹¹. » Le cyborg est une mythologie, il est la figure par excellence qui permet de fusionner et de communiquer avec les machines et donc de modifier le réseau de l'intérieur. En dépassant les séparations ontologiques entre humain, animal et machine, le cyborg porte la promesse de coalitions politiques et féministes diffuses autour de l'affinité plutôt que des identités et révolutionne ainsi la conception de la technique et de la rationalité moderne. Le contraste entre l'objet technique et le vivant s'est brouillé. Quelle serait la ville du cyborg et quelles en seraient les infrastructures ? Une certaine science-fiction s'est appliquée à la décrire¹¹², mais pour ce qui est d'ici-bas, sa projection reste incertaine.

Dans *La Ville territoire des cyborgs*, paru en 1998, l'historien des techniques Antoine Picon en dessine les contours et souligne le brouillage des

registres entre le naturel et de l'artificiel qui rend caduques les frontières scientifiques et techniques de l'urbanité traditionnelles¹¹³. « Les objets techniques traditionnels font quant à eux figure d'espèce en voie d'extinction [...]. Les techniques voient leur signification s'altérer en même temps que se déconstruit l'individualité de leurs objets les plus voyants¹¹⁴. » Il souligne dans ce texte non pas le triomphe de l'immatérialité mais l'imbrication du matériel et du virtuel, auquel le cyborg, hybride paradigmatique, sert de guide dans une territorialité en plein bouleversement. Pour Antoine Picon, « l'avènement du cyborg correspond en définitive à la mort de la technique, non pas parce qu'elle serait sur le point de refluer, mais bien à cause de la technicisation de la société à tous les niveaux¹¹⁵ ». Au tournant des années 1990, cette nouvelle couche de technicisation de la société rend caduque l'appréhension des devenirs urbains. Le paysage se technologise dans une perspective informationnelle et communicationnelle encore incertaine. L'épithète « hydride » ou « fractal » domine les perceptions territoriales et les imaginaires, tout comme l'image de la « nappe » qui revient souvent pour qualifier ce continuum qui aurait perdu tout référent spatial classique. Dans le chapitre sur « La mort de la technique », Picon évoque les renversements des lignes traditionnelles de partage entre : « centre et périphérie », « infrastructure et superstructure », « soft et hard ». Il questionne : « S'achemine-t-on vers une sorte d'environnement virtuel à l'échelle de la planète, sorte de jeu électronique géant qui ne laisserait subsister que fugitivement la conscience d'une réalité matérielle extérieure¹¹⁶ ? » C'est un texte fort audacieux car il était impossible de répondre avec certitude à cette question à la fin des

années 1990. Les grands monopoles du web étaient encore inexistantes, l'emprise territoriale de ses infrastructures imprévisibles et la décentralisation des données étaient une perspective possiblement aussi crédible que son ultracentralisation. Créée en 1994, la société Amazon a été introduite en bourse en mai 1997 (et sa filiale française ouvre en 2000). Google est créé en 2000, Facebook en 2004.

Cette territorialité hybride et fractale était déjà une composante de l'imaginaire de la mégastructure, cet « hybride colossal, image par excellence de l'utopie urbaine du milieu du siècle et crise ultime de l'architecture moderne¹¹⁷ », dont l'histoire a été magistralement retracée dans l'ouvrage de Dominique Rouillard *Superarchitecture. Le futur de l'architecture, 1950-1970*. Les spécificités de la nouvelle ère communicationnelle ont aussi été au centre des projections dystopiques des architectes radicaux italiens ou anglais. « Sur ce territoire magique, écrit Dominique Rouillard, seuls subsisteront à la fin de la décennie 1960 les réseaux technologiques qu'il s'est agi, pour nombre d'architectes, au premier rang desquels Archigram, d'intégrer et de dissimuler dans une nature retrouvée, réinventée ou reflétée¹¹⁸. » Mais chez Superstudio ou Archizoom, on ne voit jamais une centrale de production électrique ni un centre de données. L'illusion de la déconnexion est parfaite. N'est-ce pas en partie sur l'illusion (ou l'espoir) de cette légèreté et de cette invisibilité infrastructurelle que l'imaginaire technique numérique s'est développé ? Hybride, souple et léger... Fini la lourdeur techno-structurelle du siècle passé. Jusqu'où ira-t-elle la déflagration de l'hybride, du virtuel ? Allait-il emporter dans un même mouvement toutes les infrastructures supports ? Les systèmes

de mobilité, d'énergie, d'interconnexion des flux deviendraient-ils aussi mobiles que les terminaux utilisateurs ou les segments d'une console de jeu ?

Et ce n'est peut-être pas un hasard si Gabriel Dupuy en appelle dès 1991 – l'année où le web s'ouvre à tous – à un *urbanisme des réseaux* pour mieux revenir à l'infrastructure, penser et spatialiser les infrastructures supports (transport, énergie, télécom) comme pour mieux se préparer à la révolution numérique qui arrive. Quelque 40 ans plus tard, il semblerait que la forme et les conséquences spatiales du réseau des réseaux aient achevées de se révéler. Pour le philosophe Alain Supiot, ce nouvel imaginaire réticulaire s'exprime notamment par la substitution de la notion d'urbanité à celle d'urbanisme, par le passage du modèle de l'horloge (cher à Simondon !) à celui de l'ordinateur : « L'organisation du territoire n'est plus un jeu de point, de force et d'engrenage mais un système programmable faisant communiquer, échanger entre elles des unités, en temps réel en fonction de signaux¹¹⁹. » La spatialité structurée, intégrée et hiérarchisée de type fordiste serait remplacée par un réseau d'unités de création de valeur plus hétérogène. La ville informationnelle et communicationnelle, la *smart city* a fait l'objet de travaux ayant permis de saisir ces spécificités : condition servicielle renouvelée par les objets connectés, spatialités augmentées (*smart grid* d'énergie ou de transport), usages et pratiques de la ville modifiée par les individus connectés sur leur écran, laissant au deuxième plan l'infrastructure elle-même. La virtualisation s'appuie sur un processus de numérisation qui s'accompagne d'une croissance infrastructurelle. Le parc des machines s'agrandit.

CHAPITRE 7 LE CONTINUUM ÉLECTRICO-NUMÉRIQUE

Avec la digitalisation, les infrastructures numériques et électriques tendent à se confondre dans un continuum électrico-numérique¹²⁰, alors même que 1) les opérateurs publics du réseau électrique¹²¹ n'ont aucune capacité d'agir sur les demandes et modes de consommation du secteur numérique ; 2) la dimension publique des acteurs électriques historiques est en train de se réduire drastiquement et limite donc leur ambition de pourvoyeur public ; 3) l'infrastructure électrique nécessite un débat sur son modèle même (très grand échelle, verticalité, ultracentralisation, etc.), qui est décrié.

Les rapports entre électrique et numérique s'envisagent selon deux principes. La redondance infrastructurelle d'abord : les centres de données produisent de l'électricité sur site pour leur secours propre (avec des générateurs de secours). C'est ensuite la hausse des consommations, puisque le développement des centres de données produit une hausse des demandes qui déstabilise les territoires.

Les centres de données ont, en interne, une production électrique de secours et un microréseau autonome en cas de souci sur le réseau, tout en bénéficiant d'une double connexion sur le réseau électrique traditionnel qui leur assure leur consommation quotidienne. Cette consommation électrique importante déstabilise les territoires en termes d'approvisionnement et ces technologies (IOT, gestion en temps réel, pilotage à distance, etc.) influencent fortement aussi le secteur de l'énergie dans sa globalité qui se retrouve à son tour numérisé. Le réseau électrique a du mal à répondre aux pics de consommation, et aux demandes de connexion, il faut pour cela non seulement une augmentation de la production d'électricité mais aussi des renforcements structurels majeurs des lignes. Regarder la problématique des centres de données à partir des opérateurs réseaux permet d'affirmer la prééminence de l'ordre électrique industriel productiviste¹²². La matrice électrique centralisée est le lit du numérique des *Big Tech*. C'est la structure technique réticulaire de référence (gros tuyaux, centralisation et flux). Cette interdépendance permet d'affirmer que, sans repenser en profondeur le système électrique, il n'y aura pas d'alternative numérique.

Partout dans le monde, le secteur électrique est perturbé par le numérique. Les GAFAM exercent une pression sur la production énergétique des compagnies électriques historiques s'engageant par endroit dans des cofinancements massifs d'infrastructures de production d'électricité renouvelable. C'est notamment le cas dans certains États américains où le foncier est peu cher mais le mix énergétique très fossile (avec les centrales à charbon dont le lobby industriel reste puissant). Dans le Wyoming

Microsoft a fait acheter à la compagnie historique locale plus de 230 MW d'électricité éolienne. En Virginie, Microsoft avait négocié un accord avec Dominion Virginia Power et le gouvernement de l'État pour réclamer la production d'une centrale solaire de 20 MW. L'entreprise fait de même en Europe où elle a signé un contrat pour réserver la totalité de la production électrique d'un parc éolien de General Electric, tout juste mis en service dans le comté de Kerry au sud-ouest de l'Irlande. Cet achat vise à verdir le mix énergétique de son grand *data center* à l'ouest de Dublin dédié aux services *cloud* pour toute sa clientèle d'entreprises européennes. Dans l'Oregon, Apple a racheté le barrage hydroélectrique 45-Mile pour alimenter son centre de données de Prineville. Certains GAFAM envisagent également de plus en plus de développer leur autonomie énergétique et leurs propres infrastructures de production sur site ou à proximité. Avec Cécile Diguët, nous avons développé ces exemples dans le rapport Ademe précédemment cité.

Non seulement l'infrastructure numérique influe sur la production électrique mais elle en perturbe tout autant la transmission et la distribution car l'infrastructure numérique s'approvisionne en se branchant sur les réseaux historiques de l'électricité. En France, plus largement en Europe comme aux USA, les opérateurs de centres de données font des demandes de raccordement au réseau électrique. Les centres de données réservent d'immenses quantités de MW que ces opérateurs de service public sont dans l'obligation de délivrer, qu'importe la réalité de la consommation, qu'importent les conflits d'usage pour les derniers MW disponibles sur un poste source qui peuvent survenir entre un centre de données et un

hôpital, par exemple, ou un réseau de bus public électrique. La réglementation du service public assure à chaque demandeur une égalité de traitement sur le principe de la file d'attente avec une obligation de délivrance des MW demandés. Mais il y a aujourd'hui un problème, avec la croissance de l'industrie: les demandes de raccordement s'envolent et bloquent par ailleurs la circulation de l'énergie sur le territoire. Alors même que la production d'électricité devrait figurer comme un flux à réduire, que la structure même du réseau devrait être questionnée dans une perspective de décroissance, de sobriété et de transformation radicale des modes de vie, les consommations du numérique ne cessent de s'accroître, renforçant encore la dynamique productiviste. En caricaturant un peu, on pourrait dire que ces entreprises privées siphonnent l'électricité des réseaux publics à des fins essentiellement capitalistiques et dont l'intérêt général n'a jamais été débattu.

En France, le réseau électrique se découpe en trois entités: la production, la transmission et la distribution. Anciennement rassemblé dans le groupe EDF (créé en 1946 dans le cadre de la nationalisation du secteur électrique), la libéralisation a marqué la séparation en branches des entités distribution (Enedis¹²³), transport (RTE), et production (EDF¹²⁴). En dépit de quelques divergences et des perspectives de libéralisation à venir, l'interdépendance de ces trois branches reste très forte et le transport et la distribution travaillent main dans la main pour optimiser le grand maillage à l'échelle nationale et les interconnexions européennes. Ces opérateurs conservent une partie de leurs prérogatives et une vision très macro-structurelle héritée de leur conception historique.

Communément appelé « les autoroutes de l'électricité », le réseau de transport d'électricité (RTE) rassemble les lignes à haute tension (63 000 et 90 000 volts) et à très haute tension (225 000 volts et 400 000 volts). Le réseau de distribution Enedis est plus local, il permet de transporter l'énergie électrique des centres de distribution vers le client final (entreprises, particuliers, etc.). Grâce à des postes de transformation, la haute tension est abaissée en moyenne tension (20 000 volts) ou basse tension (400 ou 230 volts). La maille du réseau de distribution est beaucoup plus fine, elle est au cœur de tous les territoires habités : c'est elle qui relie tous les consommateurs.

Le réseau de distribution de moyenne tension Enedis peut fournir jusqu'à 40 MW de puissance électrique. Soit le client (ici un centre de données) se branche sur un poste source existant, soit Enedis construit un poste source pour mettre à disposition l'électricité demandée. Si un centre de données fait une demande de raccordement supérieure à 40 MW, il se branche directement sur le réseau de transport de haute tension de RTE. Pour les centres de données de colocation, les demandes sont généralement autour de : 5, 10, 15 ou 20 MW. À 40 MW, le client a le choix d'aller chez Enedis ou chez RTE. Une connexion chez Enedis est souvent plus rapide et plus facile car elle ne nécessite pas d'autorisation particulière, les travaux sont plus courts, entre 2 et 3 ans, parfois 4. Chez RTE, le délai peut aller jusqu'à 5 ou 7 ans. Pour le primo-raccordement d'un client, le taux de réfaction (une sorte de rabais) appliqué chez Enedis est de 40 %, il n'est que de 30 % côté RTE. Il y a donc une tendance par ce biais à faciliter les raccordements aux réseaux de distribution. Historiquement et c'est encore le

cas aujourd'hui, Enedis a eu plus de demandes de raccordement que RTE. Dans la durée, le coût d'accès au réseau est moins élevé chez RTE que chez Enedis. Le coût de l'énergie à long terme est plus avantageux sur le réseau de haute tension, car c'est « du gros », mais l'opérateur de centre de données doit acquérir des compétences pour pouvoir exploiter un poste source et il doit aussi le financer en partie. Depuis quelques années, la tendance majoritaire de raccordement chez Enedis se modifie. Les centres de données de grande échelle se multiplient et un nombre toujours plus élevé de demandes de très forte puissance (parfois au-delà de 100 MW) se font désormais directement sur le réseau de transport RTE. Les spécificités techniques du réseau de transport et de celui de distribution ne sont pas les mêmes. Les capacités des réseaux de transport RTE permettent d'avoir plus de marge et il y a généralement plus de capacité disponible. C'est beaucoup plus difficile pour Enedis qui a des réseaux plus complexes avec un foisonnement plus fin. Toutefois, même sur un réseau de transport très maillé comme celui de l'Île-de-France, la multiplication de ces fortes capacités crée des difficultés car il faut réaliser des ajustements et des renforcements.

Des débats, voire des tensions agitent les opérateurs dans une période d'évolution historique des réseaux (fermetures de centrales nucléaires, intégration d'énergies renouvelables, électrification des usages et augmentation de la demande électrique). Il semble qu'il y ait quelques divergences de points de vue entre les branches transmission (RTE) et distribution (Enedis). RTE a une vision réseau plus macro. Il s'agit de larges câbles et d'un voltage élevé. C'est la grande matrice de transmission, très en lien avec la politique de l'offre et le productivisme

EPR (le réacteur pressurisé européen ou EPR est un type de réacteur nucléaire de troisième génération) fortement soutenu par ces dirigeants¹²⁵. Les grandes infrastructures de RTE sont plus éloignées des zones urbanisées. Il y a une dimension plus hors-sol de par l'échelle des réseaux de haute tension. La maille du réseau de distribution est beaucoup plus fine. Au cœur de tous les territoires habités, c'est elle qui relie tous les consommateurs. Le réseau de distribution est plus vivant que le réseau de transport, il est tout le temps en ébullition avec l'arrivée de nouveaux clients. Ainsi, Enedis semble davantage déstabilisé que RTE par la croissance de demande électrique des centres de données, car directement en lien avec les acteurs-consommateurs des territoires qui en subissent les inconvénients. Enedis fait face à des problématiques plus locales et situées que RTE. L'opérateur de distribution est en première ligne des échanges avec les collectivités sur les pénuries de foncier, les conflits d'usages liés à la surréservation, mais aussi sur l'impact spatial et paysager des postes sources. La structure même du réseau de la branche transmission fait que la surréservation n'est pas un problème. RTE préfère même contractualiser une hypothèse de consommation plus élevée, et cela même si le centre de données a une consommation largement en deçà pendant plusieurs années. En termes d'économie de projet et de coût d'infrastructure, il est plus rentable pour RTE de prévoir une hypothèse de consommation maximale que de modifier une ligne à moyen terme. Contrairement à Enedis, RTE a plus de marges dans ses réseaux, il y a de la capacité en réserve et les travaux de renforcement sont plus rares à cette échelle. Les marges d'Enedis sont beaucoup plus limitées car le foisonnement est plus fin. C'est pour

cela qu'Enedis cherche à limiter la surréservation : les coûts d'infrastructure peuvent être récurrents et ils s'avèrent très élevés. C'est aussi une question d'économie et de politique publique car, lorsqu'un opérateur privé de centre de données demande 40 MW, s'il n'y a pas la disponibilité sur le réseau, Enedis, via le Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE) fait partiellement financer par la collectivité le coût de l'infrastructure¹²⁶. Si le centre de données ne consomme que 10 MW, il y a eu la socialisation d'un coût d'infrastructure (en partie payé par la collectivité, via les factures des consommateurs) qui est « gaspillé » car non utilisé. Le rapport public/privé pose question. En extrapolant, on pourrait dire que ce secteur très privé du numérique use et abuse d'une infrastructure publique que les opérateurs n'ont pas les moyens réglementaires de réguler pour le bien de la communauté. Dans ce contexte, les opérateurs électriques de distribution remettent en question les principes fondateurs historiques et la réglementation associée. Alors que la raréfaction des ressources oblige à penser la sobriété, il n'est plus tabou pour les opérateurs de distribution d'évoquer des évolutions réglementaires, afin de limiter la surréservation qui bloque des disponibilités électriques. Une discussion a notamment eu lieu en février au parlement néerlandais : un amendement a été déposé pour que la connexion sur le principe « premier arrivé, premier servi » et « sans condition » soit réaffirmé comme un principe interchangeable. L'amendement n'a pas été voté. En France, des réflexions sont en cours. Enedis réfléchit à une *flexible demand policy* comme en Irlande. Cette disposition réglementaire permet de limiter la différence entre la puissance de raccordement demandée et la puissance finalement

souscrite, afin d'éviter les surinvestissements sur les réseaux pour des demandes de puissance irréelles. Une date limite est ainsi fixée pour atteindre la consommation demandée. Aujourd'hui, un des enjeux du développement des centres de données est de bien coordonner une planification spatiale et énergétique. Pour faire face à la crise climatique, à la hausse des consommations ainsi qu'au vieillissement du patrimoine historique, le réseau électrique, toutes branches confondues (production, distribution, transport), nécessite de profonds renforcements et de nouvelles sources d'électricité.

CHAPITRE 8

LA STRUCTURE DU PRODUCTIVISME ÉLECTRIQUE EN QUESTION

Loin de la performativité tout flux tout flamme d'un futur réticulaire fait de renforcement, d'interconnexion, d'électrons EPR nouvelle génération et de parcs éoliens flottant super productifs, la photographie du présent renvoie à l'image d'un parc infrastructurel en crise, nécessitant pour la production d'importer de l'électricité des centrales à charbon allemandes¹²⁷ et d'urgentes interventions de renforcement des réseaux de transmission et de distribution.

Le 25 octobre 2021 à Paris, a lieu la grande conférence de presse d'RTE où sont annoncés les résultats de l'exercice de prospective sur les « Futurs énergétiques 2050 ». Dès les premières minutes, le directeur exécutif et le président du directoire confirment la nécessité de restructuration des réseaux et l'augmentation de la production d'électricité¹²⁸ : « Il faudra produire plus d'électricité car nous allons en consommer plus. » RTE prévoit pour 2050 une multiplication par trois de la consommation des centres de données. Cette augmentation s'inscrit dans un phénomène de croissance globale de l'électrification, anticipée par les opérateurs réseaux depuis déjà plusieurs années. L'électrification des usages étant l'un des grands défis des politiques énergétiques, une adaptation des capacités de production

et un renforcement du système électrique s'imposent. La croissance concerne de nombreux autres secteurs. En effet, l'électrification des usages signifie un transfert vers l'électricité d'usage qui dépendaient auparavant du pétrole et du gaz. C'est par exemple la conversion des hauts fourneaux en fours électriques ou la bascule du parc de véhicules thermiques en véhicules électriques. L'électricité va devenir la principale source d'énergie du pays en substitution du pétrole avec en compensation un développement du nucléaire nouvelle génération et/ou un fort développement des énergies renouvelables (notamment les grands parcs éoliens et solaires) – qui sont devenues compétitives et rassurent les dirigeants. Pour le régulateur, il y a deux grands défis. D'abord produire plus d'électricité, ensuite adapter le réseau, car la part d'énergies renouvelables (ENR) va fortement augmenter quel que soit le scénario de mix énergétique retenu. Dans ces « Futurs énergétiques 2050 », il n'y a pas de scénario de décroissance, mais une illusion de baisse et de maîtrise énergétique est tenue tout au long de la conférence, introduite par une étrange phrase qui agit comme un écran de fumée : « La consommation d'énergie va baisser tout comme les émissions de CO₂, mais celle de l'électricité va augmenter¹²⁹. » Or augmenter l'électrification du système énergétique pour baisser l'empreinte carbone ne garantit en rien des modifications comme le garantirait un changement radical des modes de vie, une drastique baisse des consommations et de la production, seules à même d'inverser la tendance vers un effondrement du système Terre¹³⁰. Aucune redirection structurelle n'est annoncée et, *in fine*, c'est une augmentation de la production qui a lieu. C'est le même ressort rhétorique consistant à annoncer que

la consommation des centres de données sera compensée par l'amélioration de l'efficacité énergétique dans d'autres usages, alors même que le scénario de référence annonce une augmentation par trois de cette industrie en 2050¹³¹. Si de nombreuses perspectives de mutualisation sont évoquées (réseaux de chaleur, partage des installations de secours, etc.), la mise en œuvre reste souvent très complexe, comme nous l'avons montré dans le rapport Ademe précédemment cité. Les centres de données sont avant tout une industrie d'interconnexion et de stockage et les délais de mise en œuvre comme les investissements et les blocages techniques sont souvent des freins¹³². Les pistes de mutualisation restent insuffisantes et des contraintes structurelles demeurent : limites de la production d'énergie (en termes de ressources), temporalité et délais de renforcement des réseaux, mais aussi réglementation. La France, comme beaucoup d'autres pays, a des difficultés à faire évoluer les procédures et à changer les réglementations historiques. Depuis 10 ans, l'absence de portage politique et de réglementation associée ont permis un développement non coordonné et libéral de l'infrastructure numérique. Alors que les politiques urbaines et les politiques publiques ont fait de la ville connectée, autrement appelé *smart city*, un objet de prospective urbaine, la réalisation de l'infrastructure reste aux mains d'une industrie privée poussée par la fièvre connectique et les parts de marché associées au grand projet de l'interconnexion des machines dont le nombre, la consommation électrique et le poids environnemental ne pourront se perpétuer, alors même que le cercle de la logique technologique du capitalisme tardif rend la technique de plus en plus étrangère aux besoins fondamentaux.

L'hégémonie technicienne repose sur la croissance et le renforcement du grand système technique électricité comme unique perspective. Comment sortir du cycle infernal des machines de cette condition technologique et du paradigme cybernétique qui domine depuis l'après-guerre sans condamner toute technique et technologie ?

La perspective de l'écologie politique a permis d'entrevoir à mille endroits des sorties, des déconstructions techniques et symboliques, et des redirections technologiques. L'effondrement de pans du vivant (pollution, extinction) et le contexte du basculement climatique permettent d'articuler la critique à partir de la question des consommations et d'arquer la question des usages de la technique sur une lecture énergétique. Nous postulons que sortir de ce cycle infernal, c'est assumer une discussion sur la transformation de toute la structure du réseau, depuis la production jusqu'à la distribution.

La relocalisation de l'approvisionnement énergétique et la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique est fortement discutée à l'échelle internationale, nationale, régionale ou encore municipale pour engager une « transition » énergétique. Par exemple, dans la récente stratégie régionale énergie-climat de l'Île-de-France, l'autonomie énergétique représente un défi majeur. L'approvisionnement énergétique de la région francilienne est fortement dépendant de l'extérieur car elle importe actuellement près de 90 % de son énergie. Au-delà des questions de résilience territoriale et sans faire l'objet d'une définition stricte, l'autonomie énergétique s'illustre par un rapprochement quasi « sur-mesure » des lieux de production et de consommation, qui déstabilise les logiques issues des grandes infrastructures

énergétiques centralisées et historiques. Ce changement d'échelle interpelle quant à la production urbaine, aux choix technologiques, aux modes de gestion traditionnels des systèmes énergétiques ou encore quant à l'implication des usagers dans la maîtrise de l'énergie. Les microréseaux sont souvent présentés comme une solution pour amener de l'autonomie. On compte de nombreux microréseaux, souvent interconnectés aux réseaux électriques traditionnels, aux États-Unis (à New York en particulier) ou au Royaume-Uni (à Londres)¹³³. En France, ils ont en revanche été très fortement contraints en 2017 dans le cadre de la loi sur l'autoconsommation individuelle et collective après le contentieux qui a opposé en justice Enedis avec la société Valsophia pour un microréseau réalisé dans le parc d'activités Sophia Antipolis¹³⁴. En 2022, il n'y a aucun réseau électrique privé résidentiel, même si, sur ce sujet, la réglementation européenne pourrait évoluer dans les prochaines années. Les grands opérateurs historiques de distribution tentent de garder la main sur cette compétence en développant des *smart grids* dont le principe est d'envisager les microproductions locales comme une réserve pour l'équilibre du grand réseau. Si la production d'énergie est un enjeu de réappropriation, la distribution (petite et moyenne tension) le devient tout autant.

Pour aborder ce sujet de la relocalisation énergétique, un certain nombre de chercheur·ses se sont penché·es sur les collectifs citoyens et les « communautés énergétiques » entendues comme un ensemble d'acteurs mobilisés pour la réappropriation de l'énergie qu'ils consomment à travers la relocalisation de la production. Certain·es chercheur·ses ont mobilisé la notion d'assemblage, terme introduit dans la version anglaise de *Mille plateaux*¹³⁵,

notion également mobilisée par Bruno Latour¹³⁶ et plus spécifiquement dans l'urbanisme par les chercheurs Ignacio Fariás et Thomas Bender¹³⁷, qui ont montré l'intérêt d'importer dans les études urbaines un ensemble de théories, de concepts et de perspectives développés dans le domaine des études sur la science et la technologie (STS) et, plus particulièrement, de la théorie de l'acteur-réseau (ANT) qui incorpore de multiples acteurs comme des chaînes de causalité hybrides. Cette notion d'assemblage est également au cœur des travaux d'Antoine Tabourdeau et de Gilles Debizet¹³⁸.

Dans les corpus de projets de mutualisation, il y a ceux qui relèvent d'initiatives citoyennes comme le Menée (Bretagne, France), Saerbeck (Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Allemagne) ou les Colibres (Provence-Alpes-Côte d'Azur) remarquablement bien analysés par Laure Dobigny et Flora Aubert dans leurs thèses de doctorat¹³⁹, et d'autres portés par des structures complètement privées (Valsophia, Tradate) ou des collaborations public-privé mais impulsées par le privé (Marmagne), délaissant la confrontation pour s'insérer dans les zones grises de la réglementation électrique et tenter de créer de nouveaux *business models*. On remarque toutefois que l'impact de ces assemblages socio-énergétiques de production (plus ou moins alternatifs en termes de gouvernance) ont finalement relativement peu d'impact sur la structuration spatiale de la ville et du territoire et sur la structure même des réseaux au sein desquels il faut créer toujours plus d'interconnexion. Si la question de la production électrique, de sa décentralisation et de sa relocalisation est fortement entrée dans le débat public, notamment par l'intermédiaire de collectifs citoyens comme Enercoop ou d'autres expériences comme

celles citées ci-dessus, le sujet de la transformation des réseaux de transmission et de distribution n'est pas discuté, alors même que son impact sur l'aménagement du territoire est considérable. Puisque les réseaux sont historiquement au centre des processus d'urbanisation¹⁴⁰, toute modification structurelle de l'arborescence réseau pourrait avoir des impacts majeurs sur les trames urbaines et territoriales mais aussi sur l'économie des flux et les modes de vie. Dans l'historiographie récente, on remarque que, en dehors des travaux sur la production électrique, souvent focalisés sur les mix énergétiques – l'intégration des énergies renouvelables –, les recherches liées à la transmission et à l'évolution de l'architecture des réseaux de distribution sont restées très rares, voire inexistantes. C'est dans le champ de l'économie de l'énergie que la transmission et la distribution sont souvent abordées. Et c'est même une sorte de préalable, car à l'aune des résultats de l'« économie d'échelle du modèle LTS imbattable », à quoi bon discuter d'autres modèles réticulaires ?

En France, ce sont les projets d'« autoconsommation collective¹⁴¹ » et les « communautés énergétiques¹⁴² » promus selon ces termes dans une forme très contrainte par Enedis qui sont devenus la forme la plus classique d'intégration des ENR dans le grand réseau, grâce à l'outil numérique. L'introduction de « l'autoconsommation collective », en ouvrant un processus controversé de valuation de l'électricité produite et consommée localement, a questionné la cohérence économique et la cohérence politique et l'évolution du Tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE)¹⁴³ et de ses principes fondateurs. Avec l'autoconsommation collective, la question de la gouvernance au niveau local a été posée et l'hypothèse d'une différenciation plus forte des

tarifs ou d'une plus forte territorialisation a été introduite sans jamais vraiment avoir été discutée, une telle décision ne relevant pas du régulateur. Ainsi, la mise en œuvre de l'autoconsommation collective a soulevé la question de la prise en compte d'effets économiques territorialisés dans un agencement basé sur un principe d'universalité sur le territoire. Un retour à des tarifs territorialisés nécessiterait néanmoins une transformation profonde du système socio-technique associé au calcul du TURPE et une étude de systèmes de compensation pour continuer de garantir la solidarité territoriale et la péréquation tarifaire¹⁴⁴. En tant qu'acteur indépendant des fournisseurs d'électricité, Enedis fait bénéficier tous ses clients d'une formule tarifaire d'acheminement de l'électricité identique dans toute la France. Ce système garantit une forme de solidarité entre les territoires. Cette valeur de service public pourrait toutefois s'envisager avec d'autres modèles de distribution et de transmission qui seraient à débattre. On remarque toutefois que l'utilisation de l'autoconsommation collective comme outil de politique énergétique locale s'est trouvée entravée par une réglementation basée principalement sur un principe technique d'optimisation du réseau et de ses coûts. Un article récemment paru dans la revue *Flux*¹⁴⁵ a montré que l'autoconsommation collective n'a pas abouti à une évolution en profondeur de l'agencement tarifaire du réseau, même si ce dispositif a renouvelé une discussion ancienne sur les principes fondateurs de cet agencement. Le volet économique est souvent un argument massue clôturant tout projet de modification structurelle, alors même que les coûts du renforcement du réseau sont aujourd'hui extrêmement importants.

Au-delà de la production énergétique, questionner la distribution et la transmission de l'électricité peut préfigurer de profondes restructurations technologiques, énergétiques, urbanistiques, économiques et politiques. Suivre les lignes de haute tension de la centrale jusqu'au réseau de transport et de transmission RTE, puis celles du réseau de distribution Enedis, comprendre l'organisation de la répartition via les postes de dispatching¹⁴⁶, les différents postes électriques, les postes sources¹⁴⁷, c'est comprendre la spatialisation, l'esthétique architecturale et paysagère d'un complexe infrastructurel qui conditionne des modes de vie. Éclairer la matérialité du grand système électrique, c'est tenter de recomposer une intelligibilité technique. S'intéresser à la transmission et à la distribution, c'est revenir sur la forme et l'échelle des mailles du réseau et donc questionner les fondamentaux de l'urbanisme des flux : rapport centre-périphérie, production-consommation, densité-étalement, phénomène de métropolisations et de *hubs*. L'aménagement du territoire est au centre des préoccupations des opérateurs réseaux depuis la fin du XIX^e siècle¹⁴⁸. Enquêter sur la spatialité des régimes sociotechniques, c'est mesurer la puissance de l'imaginaire aménagiste : le productivisme des flux.

CHAPITRE 9

ENQUÊTER SUR LA SPATIALITÉ DES RÉGIMES SOCIOTECHNIQUES

--	--

RTE porte une vision réseau très macro : cette grande matrice de transmission est en lien direct avec la politique de l'offre et le productivisme nucléaire qui a la priorité sur les réseaux. Le réseau de transport d'électricité a été conçu en lien étroit avec le projet productif d'après-guerre. Les installations de production d'électricité renouvelable sont souvent arrêtées en période de pointe de production, afin de laisser un accès prioritaire sur les réseaux à l'électricité produite par les réacteurs nucléaires très difficiles à arrêter. Déjà en 2011, le rapport de Greenpeace *Battle of the Grids* (La bataille des réseaux électriques) avait montré qu'une intégration à large échelle de l'électricité renouvelable dans le réseau européen (68 % pour 2030 et 99,5 % pour 2050) était faisable tant sur le plan technique qu'économique. Le scénario garantissait un niveau élevé de sécurité d'approvisionnement, même dans les conditions climatiques les plus extrêmes (avec peu de vent et un faible rayonnement solaire). Une des conclusions pointait que, pour une meilleure gestion de la flexibilité des énergies renouvelables, dans ce scénario ENR pour 2050, il serait plus avantageux d'avoir progressivement supprimé d'ici 2030 les centrales au charbon

et nucléaires dans la mesure où elles sont trop peu flexibles pour s'adapter aux variations de la production éolienne ou solaire et qu'elles limitent *in fine* leur intégration¹⁴⁹.

Plus foisonnant que le réseau de transport, le réseau de distribution, à l'origine, n'a pas été conçu pour accueillir des unités de production mais pour répartir et acheminer, de manière unidirectionnelle, jusqu'aux consommateurs moyenne et basse tension, l'électricité qui provient du réseau de transport. Sans une modification d'architecture des réseaux de distribution, l'utilisation de systèmes dits intelligents ou « *smart grid* » ne suffira pas à enrayer les problèmes auxquels le réseau de distribution sera confronté en cas de pénétration importante de productions décentralisées¹⁵⁰.

Différemment du réseau de transport, le réseau de distribution est tout le temps en ébullition, avec l'arrivée de nouveaux clients qu'il faut raccorder, de nouveaux postes sources à construire. Dans sa gestion, les marges d'Enedis sont beaucoup plus limitées car le foisonnement est plus fin. Enedis fait face à des problématiques plus territorialisées et locales que RTE. Enedis est en première ligne des échanges avec les collectivités : ensemble, ils doivent anticiper et coordonner l'impact spatial, environnemental et paysager des installations de postes sources mais aussi des disponibilités électriques. Par exemple, dans le cadre du développement urbain, la construction d'un nouveau quartier ou d'un centre de données nécessite d'identifier la capacité électrique disponible au poste source, et le cas échéant d'engager la construction d'un nouveau poste source. Ce qui prend en moyenne 7 à 8 ans. La densification urbaine pose la question des disponibilités électriques mais aussi foncières pour les édifier.

Les opérateurs réseaux restent réticents à aller plus loin sur le sujet de l'autoconsommation, des communautés énergétiques et de la réorganisation de la structure-réseau. Il y a de grandes fragilités, tensions, crises, vagues-hésitations, voire oppositions et tabous, qui se jouent au cœur même de ces grandes entreprises publiques. Déstabilisées par les évolutions politico-économiques et la gouvernance, fragilisées par les impératifs de transition énergétique (sortie des énergies fossiles, recherche de flexibilité) couplés à une hausse des consommations résultant de la grande électrification des usages, elles traversent un moment historique de restructuration. De grands questionnements persistent :

1. D'abord sur les modalités de connexion traditionnelle de ce service public : le principe de la file d'attente (premier arrivé/premier servi), l'obligation de raccordement et de fourniture de la puissance demandée quelle qu'elle soit, le traitement égalitaire des clients qu'ils soient privés ou publics ;

2. Ensuite sur le paradigme du mode d'interconnexion historique : la vision macrosystème, la hiérarchie pyramidale production-transmission-distribution, la restriction ou l'interdiction des micro-réseaux et politique de l'offre.

Si ces questionnements ouvrent des perspectives sur la transformation du réseau dans son organisation structurelle, ils restent largement évités par les gestionnaires de réseaux, dans la mesure où ces choix techniques relèvent de décisions politiques. Dans une perspective d'orientation des politiques publiques, RTE a présenté pour 2050 trois grands scénarios (« Augmentation de la consommation », « Plus de sobriété », « Réindustrialisation ») sur

l'évolution du système électrique avec des niveaux de consommation différents¹⁵¹. Dans le premier scénario, qui est le scénario central de référence, soit « le plus probable », d'après Thomas Veyrenc, directeur exécutif, et Xavier Piechaczyk, président du directoire, la trajectoire reprend le cadrage de la stratégie bas carbone actualisée, soit 645 TWh de consommation électrique¹⁵². Par rapport à la consommation d'aujourd'hui, il y a une augmentation de 35 % qui résulte de l'électrification des usages en substitution au pétrole. La hausse est contenue à 35 % grâce à la progression de l'efficacité énergétique. Il n'y a pas de changement de mode de vie. Dans le second scénario plus sobre, la consommation varie de 100 kW et tombe à 555 TWh. Les gisements d'économie d'énergie au-delà de l'efficacité énergétique sont issus d'un changement des comportements, de la consommation et de l'appareil productif. Le troisième scénario est celui de la réindustrialisation profonde de 755 TWh. Il pousse la part de l'industrie manufacturière à 12 ou 13 % au lieu des 10 % dans le PIB (relocalisation de la production). Le scénario choisi pour la prospective sur les mix énergétiques est le premier scénario, appelé « scénario central de référence ». Pour ce scénario, six mix ou sous-scénarii de production sont présentés. Il y a trois scénarii dit « M » qui arrivent tous, à des rythmes différents, à 100 % d'énergie renouvelable en 2050-2060 sans nouveau réacteur nucléaire. Les modalités de répartition d'énergies renouvelables varient entre du diffus ou du très concentré autour de grands parcs. Il y a 3 scénarii dits « N » avec un déploiement de nouveaux réacteurs nucléaires. La distinction entre ces trois N provient du rythme de construction des nouveaux réacteurs : en fonction du scénario, il y a

entre 25 % et 50 % de nucléaire en 2050¹⁵³. Dans les scénarios N, parallèlement au nucléaire, il y a un fort déploiement de renouvelable car, comme le répète le président de RTE : « Arrêtons d'opposer les énergies renouvelables et le nucléaire quand on peut avoir les deux¹⁵⁴. » Ce qui corrobore la thèse de l'accumulation en lieu et place de la transition, comme l'a souligné l'historien Jean-Baptiste Fressoz, qui a déconstruit cette illusion transformatrice¹⁵⁵. Cette illusion s'exemplifie aussi avec l'énergie thermique : les centrales thermiques fonctionneront demain à l'hydrogène, un renouveau qui reposerait sur la construction de 40 à 60 nouvelles centrales thermiques à hydrogène, ce qui revient à doubler ou tripler le nombre de centrales à gaz. En effet, le scénario sans nucléaire propose des remplacements (à l'échelle de l'augmentation de l'électrification) avec de nouvelles centrales à gaz, mais aussi dans la construction massive d'énergies renouvelables, notamment des parcs commerciaux d'éolien flottant, au-delà de l'éolien ancré dans les fonds marins¹⁵⁶.

Chaque sous-scénario suppose une croissance des infrastructures électriques. Il y a certes des fermetures (notamment de centrales thermiques et de certaines tranches nucléaires), mais c'est un nouvel âge de l'équipement électrique qui s'ouvre, mobilisant le monde de l'ingénierie et de l'architecture. Dans tous les scénarii, il faut construire des infrastructures. « Le système électrique va devenir beaucoup plus volumineux et donc plus visible », annonce le directeur exécutif de RTE. À l'intensification de la production d'énergies renouvelables s'ajoutent de nouvelles lignes de transport pour la haute tension et de nouveaux pylônes, mais aussi de nouvelles lignes de distribution avec leurs postes sources. Ce qui pose la question de l'artificialisation

des sols et des pressions foncières. Au-delà de cette phase constructive d'agrandissement du réseau électrique s'ajoute une complexification en termes de gestion qui nécessite de « nouvelles flexibilités ». Cet impératif de flexibilité repose sur la numérisation qui permet de piloter les systèmes et de garantir la sécurité d'approvisionnement (l'interconnexion, le stockage, les batteries). Alors que le système électrique devient de plus en plus complexe avec l'agrégation de moyens de production plus dispersés et dépendants des conditions météorologiques, occasionnant de nouveaux risques (cybersécurité, maîtrise des données), le numérique est l'outil performatif rendant possible le processus de commande, de modélisation et de régulation des échanges à partir d'informations et de données en temps réel. Ce besoin supplémentaire de flexibilité numérique est estimé à 30 GW et 60 GW à l'horizon 2050 en fonction des scénarios. Plus il y a de renouvelable, plus le besoin de flexibilité est important sur la structure-réseau en place, plus les centres de données seront nombreux. Le PDG de RTE annonce que les mix à très forte pénétration ENR, et a fortiori celui à 100 %, supposent les moyens les plus importants. Plus les territoires comportent des ENR, plus les besoins de réseaux de transmission et de distribution deviennent importants, ce qui joue sur les coûts. Il en fait un point d'avertissement : les réseaux ne doivent pas être un facteur de ralentissement de la transition. En résumé, l'évaluation économique des coûts de production, des flexibilités et des besoins réseaux conduit à rendre les scénarios avec du nucléaire moins coûteux¹⁵⁷ (à échéance 2050-2060). « Construire de nouveaux réacteurs est pertinent du point de vue économique, en particulier quand cela permet de conserver une

part de nucléaire d'une quarantaine de GW en 2050 (nucléaire existant ou nouveau nucléaire). » La question économique est présentée comme le paramètre dominant, alors même que d'autres paramètres comme la question de l'empreinte environnementale, des déchets¹⁵⁸, des incertitudes économiques et techniques sur les EPR ou des choix technologiques n'apparaissent pas. L'argumentaire autour de l'avantage à réaliser une base nucléaire minimale est retrouvé dans la quasi-totalité des scénarios et dans les *stress test*. Cette ligne a été confirmée par le président Emmanuel Macron qui a annoncé la relance de la construction de nouveaux réacteurs pour accélérer la transition énergétique. Dans tous les scénarios, les réseaux électriques doivent être redimensionnés pour rendre possible la grande électrification des usages présentée comme le nœud de la transition électrique dans la stratégie bas carbone. Dans les prévisions de RTE, le coût¹⁵⁹ du système augmente par rapport à aujourd'hui. En effet, aujourd'hui, le coût complet du système électrique est d'environ 45 milliards d'euros par an pour 475 TéraWatt-heure (TWh¹⁶⁰) de consommation. Demain, le système électrique sera plus gros, plus complexe à piloter, donc plus coûteux. Dans le scénario de référence, il est estimé pour 645 TWh dans une fourchette allant de 59 milliards (scénario N3) à 80 milliards (scénario N1) d'euros. La projection de RTE démontre non seulement la continuité macro-systémique *LTS* mais aussi son renforcement par le choix technologique d'intégrer tous les types d'énergie – dont les renouvelables – sans aucune modification structurelle.

L'interdépendance sera plus forte entre les parties du territoire en France mais également à l'échelle

européenne : loin de "décentraliser" le système, la croissance des énergies renouvelables conduit à une mutualisation plus poussée. Enfin, rendre le système plus flexible nécessite de construire des infrastructures – à la fois de réseau et de stockage, allant de petites batteries distribuées à de nouvelles centrales à gaz assises sur des stocks de gaz décarbonnés¹⁶¹.

La présentation des différents mix crée l'illusion d'un choix : « Plus ou moins de nucléaire ou de renouvelable » et donc plus ou moins de flexibilité et de restructuration. Mais est-ce que l'une des plus grandes interventions que le réseau ait connues ne nécessite pas en amont un débat sur sa structure même ? La diversification des sources d'énergie suppose des technologies, des temporalités et des coûts trop différents pour que le modèle technique hérité fonctionne avec ces nouveaux entrants sans investissement massif. La structure réticulaire des réseaux de transport et de distribution et le principe de l'interconnexion rendent complexe le pari de la transition. Des interventions significatives sont attendues sur les réseaux de transport et de distribution pour satisfaire la hausse de la consommation et connecter les nouvelles installations de production. « Pour la première fois, la description des scénarios de mix électrique comprend une évaluation des besoins d'investissement dans le réseau de distribution¹⁶². » L'investissement est ainsi estimé à 61 milliards d'euros sur la période 2021-2035 pour intégrer la production variable et non pilotable, accueillir une demande d'électricité croissante et l'électrification des usages et accompagner de nouvelles formes de consommation, tout en maintenant son niveau de fiabilité. Entre 2 et 4 milliards par an en moyenne

sur l'ensemble de la période 2020-2050, soit un niveau supérieur au rythme des années passées. Les besoins d'investissement dans le réseau de distribution seront ainsi plus importants dans les scénarii avec une part importante d'énergies renouvelables, et d'autant plus dans les scénarios avec des installations diffuses raccordées au réseau basse et moyenne tension (petites installations solaires notamment). Pour le scénario médian, « de nouveaux axes traversant nord-sud mais également est-ouest, renforcement des interconnexions, raccordement de grands parcs ENR, notamment éolien en mer (posés ou flottants) seront construits ». C'est aussi le renouvellement d'infrastructures construites pour certaines aux lendemains de la Seconde Guerre mondiale qui est en haut de l'agenda¹⁶³.

Le débat public sur le secteur électrique porte généralement sur les sources de production, plus rarement, voire jamais, sur le système lui-même. La réalité opérationnelle est la structuration d'un réseau où l'ensemble des sites de production et de consommation sont fusionnés selon le principe de l'interconnexion maximale. *Quid* d'autres modes d'interconnexion ? Si l'infrastructure électrique est un objet technique reconfigurable, n'y a-t-il pas un paradoxe dans l'effort de justification d'un investissement aussi massif pour renforcer un modèle d'interconnexion sans jamais débattre de la pertinence même de ce modèle et de la déstabilisation du service public associée à ses évolutions ?

Le scénario négaWatt¹⁶⁴ varie mais ne questionne pas non plus la structure du réseau. Il milite toutefois pour une ambitieuse approche décroissante basée sur la sobriété, l'efficacité et les matériaux et énergies provenant de sources renouvelables et non importées. Pour négaWatt, la nécessité de

redimensionner les chaînes d'approvisionnement passe par une réduction du ratio ressources/usage en améliorant les performances à toutes les étapes de transformation. Les valeurs humanistes revendiquées sont la paix, la solidarité, la justice sociale, la démocratie et le développement humain. Pour négaWatt, le progrès social repose avant tout sur l'impératif de limiter le spectre des inégalités de consommation énergétique et de délimiter les situations de vulnérabilité avec deux propositions phares. D'abord, satisfaire les besoins minimums pour tou·tes comme un prérequis de la transition et fixer une limite de plafond sur des niveaux de consommation individuelle qui ne sont pas compatibles avec une généralisation à l'ensemble des populations¹⁶⁵. La question d'une société plus écologiste et plus équitable fait écho à une donnée qui n'est pas encore prise en compte dans les politiques publiques : alors que les plus fortunés émettent bien plus de CO₂ que les ménages les plus modestes, les politiques climatiques s'adressent à tou·tes sans distinction, pesant même parfois davantage sur les plus pauvres. Les 1 % les plus riches émettent 70 fois plus de CO₂ que les 50 % les plus pauvres, révèle l'infographie sur les inégalités climatiques¹⁶⁶. Parmi les propositions fortes de négaWatt, on trouve celle qui propose, concernant la rénovation du parc bâti résidentiel, de réorienter l'ensemble des financements dédiés à la rénovation vers le niveau Bâtiment Basse Consommation¹⁶⁷ (BBC) ou équivalent. Le rythme actuel des rénovations et la rénovation par « petits gestes » semblent insuffisants, négaWatt propose de passer de 30 000 rénovations BBC par an à 800 000.

Une autre particularité de négaWatt est d'avoir été en France parmi les premiers à défendre une

sortie réfléchiée et quantifiée du nucléaire, rejoint ensuite par l'Ademe, puis RTE qui – sans la défendre fortement – prend toutefois en compte cette option dans ces scénarios de 2021.

Une recommandation remarquable de la présentation négaWatt est l'appel à assumer l'échec de l'EPR de Flamanville, rappelant qu'il y a des précédents historiques d'abandon, notamment en Allemagne et en Autriche qui ont construit des réacteurs finalement jamais mis en fonctionnement eu égard à la sortie du nucléaire votée à la fin des années 1970. Parmi les arguments, celui des coûts : les ENR sont aujourd'hui moins chères que le nouveau nucléaire, dont la totalité des coûts pourrait être redirigée vers la filière démantèlement, qui ne brille pas pour l'instant par ses avancées, comme en témoigne notamment la situation du chantier pilote de Brennilis en Centre-Bretagne, qui est en quasi-abandon¹⁶⁸. Les 57 réacteurs vont être à court et moyen terme concernés par le démantèlement. À l'hiver 2022, 17 réacteurs du parc sont déjà à l'arrêt.

En poussant un peu plus loin sur cette piste prospective, si deux tiers de notre électricité est nucléaire, et s'il faut demain démanteler le parc, pourquoi ne pas ouvrir et engager, en parallèle de cet immense chantier industriel sur les sources d'approvisionnement, une réflexion sur les réseaux de transmission et de distribution qui se sont structurés dans leur configuration actuelle avec et pour la production nucléaire. Les choix de voltage et autres dépendent de la spécificité de la puissance des réacteurs. Puisqu'une sortie du nucléaire est envisagée et qu'elle est désormais mise sur la table par de grandes institutions et entreprises énergétiques comme l'Ademe, négaWatt, et désormais RTE, ne faut-il pas réfléchir en même temps à une

sortie des réseaux du nucléaire et à penser restructuration plus que renforcement ? Du moment où un décrochage de deux tiers de l'appareil de production est envisagé, ne serait-il pas pertinent de questionner l'architecture du réseau ?

CHAPITRE 10
« IL N'Y A PAS DE PROBLÈME »
DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ
EN FRANCE

Comme le rappelle RTE, l'état des réseaux électriques nécessite d'urgentes interventions. S'ouvre une période de transformation, de construction et d'investissement colossaux. C'est un chantier énergétique inédit dans l'histoire des réseaux qui va mobiliser fortement nos disciplines de l'aménagement. Pourtant, aujourd'hui, RTE refuse un débat qui n'est pas porté politiquement. Xavier Piechaczyk, président du directoire RTE, met en garde :

Un système électrique est un système. Aucun moyen de production n'existe s'il n'est pas raccordé, s'il n'est pas appuyé sur un réseau et s'il n'est pas appuyé sur des flexibilités. Nous, nous refusons le débat du coût comparé entre les technologies, scientifiquement cela n'a pas de sens. C'est pour cela que nous comparons les coûts complets du système électrique. On peut imaginer que de l'énergie offshore coûte très cher mais il va y avoir des contreparties sur du réseau terrestre avec la mise en place de flexibilité. Ce qui est important, c'est le coût complet du système électrique selon que nous

mettons de l'éolien offshore, du nucléaire ou du renouvelable terrestre. Ce qui est important, c'est de simuler le système électrique, de voir à quelle heure de chaque jour de chaque année, pendant 30 ans, les moyens de production sont appelés, et quel coût complet du système électrique cela génère. Tout débat sur le système électrique n'a de sens que si on parle du coût complet du système électrique et pas celui des technologies une par une qui n'ont pas les mêmes courbes de charge et qui ne servent pas à la même chose et qui ne marchent pas toutes en même temps¹⁶⁹.

Un système électrique peut présenter des modes d'interconnexion très différents. *Quid* du coût complet d'un système électrique partiellement autre ? L'absence totale de remise en cause du modèle n'invalide-t-il pas l'exercice même de la prospective énergétique qui rejoue en permanence les probables sans aucune considération pour d'autres possibles ? Et avec tout le sérieux de la machinerie (« un niveau de concertation inédit », 4 ans de travail, un rapport de 1 000 pages, etc.), l'enseignement attendu : il n'y a qu'un modèle technique possible, celui créé au début du siècle qu'il faudrait renforcer encore. *Quid* de scénarios qui seraient basés non sur les mix de production électrique mais sur la transformation de la structure même du réseau ?

L'immensité et la complexité de la structure agissent non seulement comme un vecteur d'intouchabilité matérielle (trop complexe, trop de puissance) mais aussi symbolique, qui interdit de penser une restructuration profonde au sens le plus radical du terme. Dans la mesure où c'est une autorité faite système, « il n'y a pas d'alternative ». Évoquer une fermeture ou une déconstruction apparaît souvent

comme une posture anti-progressiste, technophobe, réactionnaire et arriériste. Et la logique économique s'impose pour soutenir le modèle, les constructions langagières agissent : « Plus c'est grand, plus c'est coûteux, plus c'est dur à fermer, à déconstruire, plus il faut faire durer, maintenir, réparer, prolonger. » « Il y a eu des investissements, c'est fait, il faut rentabiliser les coûts. » « Il faut augmenter, performer, optimiser cette matrice, se concentrer sur la régulation et la maintenance avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). » Comme si cette logique structurelle était la seule condition d'existence possible.

La catastrophe environnementale et climatique et les inégalités sociales et économiques ne devraient-elles pas pousser à considérer l'option d'une déconstruction profonde de la technostructure électrique ? On relève au contraire la production d'apories, apories qui deviennent constitutives de ce qu'elles rendent probable, dans un écho à Jacques Derrida. Révéler les apories propres aux systèmes, c'est engager la mise en doute du « probable », du « scénario probable » par la traversée d'un certain impossible, c'est travailler à la faveur d'un retour aux conditions de possibilités. La mégamachine s'étend, telle une infrastructure infernale dont les verrous se multiplient et se déplacent. L'efficacité incapacitante de cette complexité délégitime toute volonté de déconstruction et de transformation structurelle. Il y a des déclarations répétées à l'envi par les opérateurs : « Il n'y a pas de problème de production d'électricité en France¹⁷⁰ » en est une (entendue de très nombreuses fois). Pourtant il est possible, a contrario, d'affirmer qu'il y a des problèmes de production d'électricité en France, puisque 1) les réacteurs vieillissent et qu'il

comme une posture anti-progressiste, technophobe, réactionnaire et arriériste. Et la logique économique s'impose pour soutenir le modèle, les constructions langagières agissent : « Plus c'est grand, plus c'est coûteux, plus c'est dur à fermer, à déconstruire, plus il faut faire durer, maintenir, réparer, prolonger. » « Il y a eu des investissements, c'est fait, il faut rentabiliser les coûts. » « Il faut augmenter, performer, optimiser cette matrice, se concentrer sur la régulation et la maintenance avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). » Comme si cette logique structurelle était la seule condition d'existence possible.

La catastrophe environnementale et climatique et les inégalités sociales et économiques ne devraient-elles pas pousser à considérer l'option d'une déconstruction profonde de la technostructure électrique ? On relève au contraire la production d'apories, apories qui deviennent constitutives de ce qu'elles rendent probable, dans un écho à Jacques Derrida. Révéler les apories propres aux systèmes, c'est engager la mise en doute du « probable », du « scénario probable » par la traversée d'un certain impossible, c'est travailler à la faveur d'un retour aux conditions de possibilités. La mégamachine s'étend, telle une infrastructure infernale dont les verrous se multiplient et se déplacent. L'efficacité incapacitante de cette complexité délégitime toute volonté de déconstruction et de transformation structurelle. Il y a des déclarations répétées à l'envi par les opérateurs : « Il n'y a pas de problème de production d'électricité en France¹⁷⁰ » en est une (entendue de très nombreuses fois). Pourtant il est possible, a contrario, d'affirmer qu'il y a des problèmes de production d'électricité en France, puisque 1) les réacteurs vieillissent et qu'il

faut trouver de nouvelles sources ; 2) que l'EPR de Flamanville, en dépit des affolantes rallonges budgétaires, ne fonctionne toujours pas, et 3) que manifestement, dans tous les scénarios de RTE présentés, il faut produire plus d'électricité. « Aucun moyen de production n'existe s'il n'est pas raccordé, s'il n'est pas appuyé sur un réseau et s'il n'est pas appuyé sur des flexibilités. Ce qui compte c'est le coût du système électrique. » Rappelons-nous, « il n'y a pas d'alternative ». La possibilité même du débat semble injustifiée et irraisonnable au sens de la rationalité électrique moderne représentée par RTE. L'ordre électrique a ses gardiens éclairés et la complexité ingénieriale et managériale de la mégamachine ridiculisent par l'hégémonie de son aura techno-scientifique toute velléité de débat sur la pertinence du modèle. Les discours sont automatiques, la politique se dissout dans la technicisation. L'ensemble de ces affirmations incapacitantes renvoie aux travaux que mène l'écrivaine Sandra Lucbert sur la langue du néolibéralisme, sur la façon dont les formations discursives structurant les logiques hégémoniques sont incapacitantes. Dans une tradition toute gramscienne, avec ses outils littéraires et psychanalytiques, elle revient sur les formations signifiantes communes récurrentes¹⁷¹, elle démontre comment « l'hégémonie des énoncés de la langue néolibérale barre la route à la pensée ». Le résultat est implacable et explosif, elle rétablit la figurabilité des effets structurels du néolibéralisme avec notamment l'analyse de « l'impossible » procès France Télécom ou de la rengaine « la dette publique, c'est mal¹⁷² ». Les discours sur « l'impossible transformation de la macro-structure électricité » résultent d'un même dispositif. Alors même qu'agir sur la matrice du capitalisme, c'est dévoiler

et modifier les structures, transformer l'infrastructure, il n'y a aucun débat possible sur un scénario de rupture. Pourtant, transformer l'infrastructure ne revient pas à changer simplement de source d'énergie (du solaire ou de l'éolien à la place/ou en plus du nucléaire), ni à changer la gestion et la directionnalité des flux, ni à augmenter la maintenance ou les réparations : c'est repenser le réseau dans sa large organisation structurelle pour de nouveaux lendemains techniques.

CHAPITRE 11 D'AUTRES INFRASTRUCTURES POUR D'AUTRES RÉSEAUX: BÂTIR DES COMMUNS ÉLECTRIQUES

Cornelius Castoriadis disait « changer de société, c'est changer d'infrastructure¹⁷³ ». Quelles seraient la forme et la structure du réseau idéal ? Avec quels principes d'interconnexion pourrait-il fonctionner ? Pourrait-on réorienter quelques portions de la matrice infrastructurelle, recycler quelques segments et câbles de l'existant ? Il y aurait inévitablement un présupposé en termes de production et de ressources associées, mais aussi de consommation, de mode de vie (notamment le rapport au travail), et de gouvernance, mais, côté transmission et distribution, quelle serait l'architecture du réseau ?

Pour penser ces reconfigurations, quelques présupposés pourraient être nécessaires : 1) reconfigurer les machines, investiguer l'utopie redirectionniste ; 2) sortir de l'imaginaire autonomiste ultra-localiste comme seule alternative possible ; 3) alléger les réseaux : augmenter l'autonomie et organiser l'intermittence ; 4) inverser la hiérarchie historique du système électrique ; 5) projeter la diversité infrastructurelle, tenir la technique proche.

RECONFIGURER LES MACHINES : INVESTIGUER L'UTOPIE REDIRECTIONNISTE

Cela reviendrait à reprendre les commandes de la mégamachine électrique pour une autre direction, plus sobre et décroissance. Les penseurs de la planétarité¹⁷⁴, comme le sociologue et théoricien de l'architecture américain Benjamin Bratton, défendent la possibilité de profonds changements en utilisant les superstructures notamment via l'outil informatique. Il souligne l'importance de la computation opérée à très grande échelle pour penser l'échelle planétaire¹⁷⁵. Il utilise la notion de *Stack*¹⁷⁶ pour désigner la métaphore et la matérialité d'un type d'architecture informatique, dont la perception complexe de globalité serait à même de porter des solutions à l'échelle des menaces planétaires intercorrélées. L'historien et philosophe des techniques Lukáš Likavčan, poursuit sur la nécessité d'action à cette même très grande échelle : « L'architecture du *Stack* est intérieurement ambiguë, et elle nous invite en fait à nous engager activement dans sa flexion et sa modulation vers un avenir différent. De plus, l'existence même de cet appareil computationnel – étant donné son omniprésence actuelle – est irréversible, et elle peut se terminer soit par une reconfiguration interne, soit par sa propre catastrophe ultime. Mais même un scénario catastrophique nous présente un avenir où nous devons nous occuper du cadavre de cet appareil, et donc, plutôt que d'ignorer complètement son existence, nous pourrions spéculer sur les ressources d'interventions créatives dans l'après-vie du *Stack* que possède cette infrastructure. Ainsi, avant de sauter à une conclusion techno-pessimiste,

il vous la preuve de « l'absence et de l'instabilité d'un, dans la mesure où nous sommes maintenant accablés dans cet appareil, il pourrait être approprié pour une version différente de la gouvernance technologique, une version qui ne repose pas sur un régime néolibéral de colonialisme, d'extractivisme et de violence raciale¹⁷⁷. »

Cette question renvoie au débat sur la non-neutralité des techniques qui est un sujet majeur. C'est l'un des ressorts théoriques centraux de la pensée des grands systèmes qui, de la *mégamachine* au macro-système technique, a mis en doute, voire en échec, l'approche par les usages, qui insiste sur la flexibilité des dispositifs et sur la capacité d'utilisateurs ou du politique à intervenir dans la modulation des objets techniques. En effet, dans une certaine mesure, cette approche par les usages a eu pour effet de marginaliser la critique des effets de domination reconduits par ces grands systèmes techniques industriels¹⁷⁸ alors même qu'elle pointait une forme d'immaniabilité et de rigidité des structures. Pour Lukáš Likavčan ou Benjamin Bratton, le numérique est l'outil qui permettrait un maniement plus subversif des appareils. L'hypothèse est séduisante et mériterait d'être explorée. Or le système numérique renvoie généralement à la régulation, c'est-à-dire à la modification des protocoles, règles et standards et non pas aux bases matérielles. Cette approche renvoie à la dissociation entre base matérielle, régulation et imaginaires que fait Antoine Picon dans son article « Infrastructure et imaginaires : une lecture alternative du changement technique¹⁷⁹ ». Il affirme que « la principale contribution des imaginaires au changement technique pourrait bien résider dans l'émergence de notions imaginaires-pratiques comme celle de réseau qui a coïncidé avec une réorganisation

profonde des pratiques de régulation associées aux infrastructures territoriales et urbaines. Certes, on pourrait s'interroger sur ce qui vient en premier, la réorientation des imaginaires ou la transformation des pratiques. »

Une hypothèse redirectionniste nécessiterait probablement de changer les bases matérielles, la régulation et les imaginaires ou encore la triade « hardware, software et ontologies ». Cette posture reviendrait à ne pas exclure l'existant et à le faire fonctionner dans d'autres buts. Assumer que les appareils n'ont pas de nature ou d'essence vaut pour de nombreuses institutions (la police, l'école, des institutions internationales, etc.), et en partie pour les techniques. Si l'on considère le grand appareil électrique français, il a une nature nucléaire qui est par essence ambiguë (incertitudes sur la gestion des déchets, les protocoles de démantèlement, etc.). L'hypothèse d'un décrochage et de la fermeture de toutes les centrales nucléaires impose de repenser des alternatives productives mais aussi des alternatives de transmission et de distribution, qui pourrait se faire avec des tensions plus basses. Comment tenir ensemble la transformation des pièces de la machine, c'est-à-dire ses bases matérielles, mais aussi la régulation (usage et gouvernance) et les imaginaires (récit et projet social) ?

SORTIR DE LA PERSPECTIVE AUTONOMISTE ULTRA-LOCALISTE COMME SEULE ALTERNATIVE

Très peu de projections et de rares imaginaires techniques offrent de quoi penser ces redirections. Les imaginaires techniques sont pris en étau entre,

d'un côté l'hégémonie culturelle libérale LTS (avec la régulation NTIC : *smart city*, *smart grid*), d'un autre côté les imaginaires transhumanistes, ceux qu'Alexandre Monnin et Phil Torres¹⁸⁰ appellent les *long-termistes*, dont Elon Musk est l'un des plus célèbres représentants. Dans leur vision, l'évolution technique permettra d'aller peupler d'autres territoires quand la fin, ou la comète, approchera de la terre (pour faire écho au film *Don't Look Up* qui a accompagné les soirées Covid de la fin 2021). Et d'un autre côté encore, il y a l'imaginaire effondriste, avec un discours sur la technique très ambigu, dans la mesure où les termes de « résilience », « recyclage » et « artisanat » sont omniprésents sans plus de prise en considération des macrostructures héritées qui deviennent souvent des ruines dans l'arrière-fond techno-paysager effondré. Le scénario *Biorégion 2050. L'Île-de-France après l'effondrement* de l'Institut Momentum s'inscrit dans ce registre : les auteur·es insistent sur le risque d'interruption des chaînes d'approvisionnement extrarégionales en cas de rupture radicale¹⁸¹. Ces biorégions¹⁸² résultent de la « simplification accélérée des systèmes alimentaires industriels dans un avenir proche, en raison de l'interruption des chaînes d'approvisionnement et des effets du changement climatique », assume le texte de présentation. L'efficacité et le fonctionnement des grands réseaux électriques seraient profondément déstabilisés, voire suspendus. La pénurie électrique impacterait tout autant les systèmes numériques sur lesquels reposent les *smart grids* et le pilotage énergétique à distance. En cas de rupture forte, c'est l'intermittence des sources renouvelables qui régulerait l'offre électrique. Ainsi la demande devrait s'adapter à la pénurie. Le scénario assume comme (inacceptable ?) préalable

qu'une moitié de la population a été décimée. On remarque que la mortalité est souvent la condition d'émergence de régimes de subsistance pseudo-primitivistes. Dans ce champ de l'écologie politique, la ligne défensive de technologies dites alternatives et appropriables qui n'arraisonneraient pas le vivant véhicule aussi des approches technophobes des plus réactionnaires. Revendicatrice d'un local de repli, certaines postures « anti-civilisation » des anarcho-primitivistes reposent sur l'appel à de supposées « traditions » perdues, à un « devenir autochtone » et à un fantasme de fusion avec « la nature » qui interroge. Dans cette perspective, l'État est voué à sa disparition. La société s'envisage comme une expérience immédiate. Dans une représentation simplifiée et abstraite sublimant le mode de vie de collectifs non modernes, des phénomènes sociaux apparaissent comme le résultat d'agrégations d'actions individuelles. Selon une approche qui pourrait relever d'un individualisme méthodologique, le rapport d'incidence s'articule à partir de l'individu vers le petit collectif. Si l'autodétermination est revendiquée chez plusieurs groupuscules de cette mouvance, la mise en place d'un processus décisionnaire plus large n'est que peu abordée. Il n'y a que deux échelles décisionnelles : domestique et communautaire, la dernière au sens du regroupement de la multitude libertaire affinitaire mais *quid* de l'organisation d'une société à 70 millions d'habitants et de l'héritage culturel et matériel des acquisitions des sociétés humaines ? S'il ne faut pas sous-estimer cette branche, l'éventail idéologique rattaché à la mouvance écologique s'intéressant à la technique est extrêmement vaste et contrasté, bien au-delà du romantisme réactionnaire ou du conservatisme traditionaliste auquel les courants

hégémoniques de la gauche l'ont souvent limitée, caricaturée et marginalisée comme le démontre le philosophe Serge Audier dans *La Société écologique et ces ennemis*¹⁸³. Depuis le début des années 2000, avec l'institutionnalisation et la montée en puissance dans la société civile des questions environnementales à l'échelle internationale, et de « l'évènement anthropocène¹⁸⁴ », les sciences humaines ont été marquées par le retour de l'hypothèse Gaia¹⁸⁵, et plus largement la pensée du terrestre et du vivant, en témoigne le dynamisme éditorial autour des relations entre humain et non humain. Comme le résume Bruno Latour dans *Où Atterrir*¹⁸⁶, un déplacement s'est produit, de la lutte des classes à une lutte des cosmologies, entre « Terrestres et Hors-Sol ». Il faut se réjouir de voir les questions écologiques devenir si centrales dans la pensée contemporaine. Mais au-delà du vivant, il faut aussi penser la technique : cet ensemble de réseau et d'infrastructures qui ont si profondément transformé nos environnements¹⁸⁷. Mieux encore, il faudrait penser vivant et technique ensemble. Mais depuis une vingtaine d'années, la difficulté à penser la technique relève en partie de la polarisation d'un débat axé sur deux lignes. D'un côté, la question technique semble avoir été dominée par la question du vivant et de l'écologie qui paraît si ce n'est l'exclure, du moins la réduire à la question des oppositions qu'elle suscite (des luttes « contre » ses nuisances), de son intégration et de sa bonne coexistence avec le vivant mais aussi des expériences dont la petite échelle, les petits gestes et les réappropriations citoyennes semblent le seul salut. D'un autre côté, la question technique est marquée par ses évolutions propres, entendons le débat sur l'innovation dont les nouvelles technologies de

l'information et de la communication (NTIC) sont apparues comme un nouvel ensemble performatif, une nouvelle couche servant souvent à la maintenance et à la réparation de nos vieilles *utilities*.

Avec « l'évènement anthropocène », la notion de technosphère définie dans les années 1940 par Vladimir Vernadsky, le fondateur russe de la géochimie moderne, a toutefois connu un renouveau d'intérêt. Ces trente dernières années, la montée en puissance de la question infrastructurelle dans les *Science and Technology Studies* (STS) tient aussi à un changement de paradigme : l'idéal social de la grande infrastructure comme édifice de service public qui allie économie d'échelle, fiabilité technique et service de qualité pour le plus grand nombre a été déstabilisé depuis les années 1990 par les capitaux privés de l'économie libérale. L'objet technique centralisé est en proie à de nouveaux assemblages et à des déplacements de ce qui faisait sa valeur. Le statut de l'infrastructure en tant que bien public a été reconfiguré. La refondation du service public à partir des communs, des mouvements de remunicipalisation ou déprivatisation à des échelles municipale ou régionale se cherche tout en coexistant avec des approches beaucoup plus individualistes d'autonomie énergétique. Dans un monde où la technique est un système complexe, travailler sa transformation systémique est une perspective aussi inévitable que passionnante. Cet appel à ouvrir les imaginaires est au cœur de l'ouvrage de la philosophe Alice Carabédian *Utopie radicale*¹⁸⁸. En allant chercher dans une « utopique utopie »¹⁸⁹ science-fictionnelle (loin de la SF *mainstream* colonisatrice, conquérante et écocidaire), elle montre qu'il existe nombre d'utopies radicales

où la technique en usage est aussi éblouissante que respectueuse de ses environnements, émancipatrice tout en étant non extractiviste et non polluante, porteuse d'altérité et d'un commun égalitaire hautement qualitatif. Au-delà de la science-fiction qui est une boussole, il a existé et il existe dans l'histoire des assemblages techniques réels ou imaginés reposant sur une éthique émancipatrice de la technique. Ce sont les agents de libération marcusien ou mumfordien, des assemblages techniquement complexes et éthiques où l'émancipation du plus grand nombre et le respect de toutes les formes de vivant donnent cadre à la technique, à son déploiement et à ses objectifs. Sortir la technique du champ accusatoire permettrait d'en renouveler les utopies, notamment celle de la réappropriation et de la redirection des grands appareils, et de travailler ses flexions et ses modulations vers des avenir différents.

ALLÉGER LES RÉSEAUX: AUGMENTER L'AUTONOMIE ET ORGANISER L'INTERMITTENCE

Nous héritons d'un système électrique complexe. Changer sa structure passe par une prospective sur d'autres modes de connexion et d'interconnexion, mais aussi sur des allègements, clef d'une approche décroissante. Pour alléger les réseaux, chaque unité ou groupement bâti devrait réduire sa consommation tout en maximisant ses capacités productives et en optimisant sa gestion, afin d'augmenter son autonomie de fonctionnement et redistribuer l'excédent dans la maille énergétique locale, régionale, voire nationale. Dans cette hypothèse ce n'est pas juste l'infrastructure qui change, il y a le présumé que de nombreux changements de mode de

vie (plus décroissance et économe en ressource) impacteraient fortement le système électrique.

Parmi les outils, il y a les dispositifs *low tech* (autrement dit les systèmes basse technologie, comme le solaire passif¹⁹⁰) qui restent un angle mort des politiques publiques. L'architecte et historien Paul Bouet a montré dans ses travaux¹⁹¹ comment historiquement le modèle énergétique industriel, en particulier chez EDF, le CEA et GDF a systématiquement soutenus les techniques solaires actives et leurs commercialisations¹⁹² au détriment des systèmes passifs. Le soutien de l'État et des grandes entreprises au solaire actif contredit en tout point les aspirations des partisans de l'architecture solaire passive et bioclimatique et ses implications philosophique et politique associées. N'est-ce pas l'architecte Frank Lloyd Wright¹⁹³ qui défendait la « connexion *a minima* » ? Eu égard à la qualité constructive et à l'inertie thermique du bâti, les besoins du champ de la construction pourraient être considérablement réduits. Moins de connexion, moins de puissance, n'est-ce pas déjà un autre régime socio-technique qui se dessine ?

Pour penser d'autres systèmes d'interconnexion, la définition du réseau formulée par Olivier Coutard et Jean-Pierre Levy garde toute sa pertinence, elle reste un guide : « Un réseau, c'est un ensemble d'équipement interconnecté, planifié et géré de manière centralisée à grande ou petite échelle et offrant un service plus ou moins homogène sur un territoire donné qu'il contribue à solidariser¹⁹⁴. » On pourrait imaginer un dispositif dont certains segments ne fonctionneraient que quand il y a une disponibilité productive, avec des micro-réseaux déconnectés totalement dans certaines

zones bien dotées en ressources locales (où pourraient être situées les industries les plus consommatrices). Si l'on adopte, pour certains usages et services très consommateurs jugés secondaires, le principe *Follow the Wind, Follow the Sun*¹⁹⁵, il devient acceptable d'organiser par endroits des situations d'intermittence. Les appels de puissance des lieux jugés sensibles et primordiaux comme le secteur de la santé (hôpitaux, etc.), une partie du secteur industriel, agricole, ou encore celui des transports, pourraient bénéficier d'une haute sécurité d'approvisionnement continu. Et lors de saturation sur le réseau ou de pénurie électrique, les secteurs jugés secondaires (certains complexes industriels non prioritaires, infrastructures de loisir, de luxe et certains centres de données) pourraient se « décrocher » pour ne fonctionner que quand les ressources renouvelables sont disponibles. À bien y réfléchir, ce type de réorganisation ne paraît pas plus improbable que de construire des centrales nucléaires sur la Lune comme s'y est engagée la Nasa sous 10 ans¹⁹⁶.

INVERSER LA HIÉRARCHIE HISTORIQUE DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Je fais depuis quelques années l'hypothèse qu'une rupture technologique et conceptuelle pourrait passer par l'inversion de la hiérarchie historique du système électrique. Cette proposition de redirection, qui est une modification structurelle profonde, a peut-être le mérite de travailler à conserver une partie de la maille électrique, notamment les infrastructures les plus durables qui y sont rattachées (comme certains barrages hydroélectriques par exemple). Quelles seraient alors les grandes

infrastructures à garder, et sous quelle forme de propriété – dans la mesure où les infrastructures débordent par nature les territoires ?

Dans cette perspective, le grand réseau électrique, tout en restant fortement structurant, pourrait devenir secondaire pour l'approvisionnement de certains secteurs où les productions locales seraient abondantes. Le grand réseau deviendrait essentiellement un filet de sûreté pour les besoins essentiels (nécessités vitales, production industrielle, agricole, santé, culture, enseignement, recherche) et une réserve de solidarité pour les territoires en fonction des besoins.

J'ai montré dans le chapitre VI de *L'Ordre électrique*¹⁹⁷ que, si la figure du microréseau semble à contre-courant de l'ordre électrique, il n'en est rien. Le croire serait nier l'immense capacité du modèle historique des LTS à absorber et/ou contrôler ces initiatives par une réglementation qui lui reste encore très favorable (base matérielle, régulation et imaginaires LTS), notamment en Europe et aux États-Unis. Deux grandes catégories de microréseaux se dégagent. La première catégorie renvoie à ceux qui s'inscrivent dans la perspective classique macrosystème ou *large technical system* (LTS)¹⁹⁸ sans modification structurelle du système global. Dans cette conception LTS, qui est celle du principe *smart grid*, la relocalisation des productions électriques, le « micro », s'envisage comme un appoint, toujours un réseau secondaire, un complément du « macro », qui reste le réseau primaire. Les grands opérateurs historiques de distribution tentent de garder la main sur le modèle historique en développant les *smart grids* dont le principe est d'envisager les microproductions locales comme une réserve d'import-export dans le marché de

l'énergie au profit de l'équilibre du grand réseau de distribution, notamment en Europe, différemment des États-Unis.

La seconde catégorie rassemble des expériences qui relèveraient plus d'un changement de paradigme énergétique et d'une transition infrastructurelle. L'autonomisation de certaines sections réticulaires apparaît comme un levier pour la reconfiguration des systèmes sociotechniques. Ainsi, prospectivement, les microréseaux pourraient devenir le système primaire, et le grand réseau le système secondaire, une sorte de réserve de solidarité où s'interconnectent les microréseaux lorsque les productions locales sont insuffisantes. La hiérarchie historique de l'interconnexion du système électrique dans sa version LTS s'en trouverait ainsi profondément modifiée. C'est un réseau beaucoup plus en phase avec les singularités productives et de consommation des territoires qui se dessine.

La question de l'héritage et du démantèlement d'une partie des infrastructures réseaux du xx^e siècle est centrale. Que garder, réparer et que transformer ou fermer et selon quel protocole de projet ? Il y a une forme d'urgence à répondre à cette question.

En effet, nous ne faisons pas face aux ruines sublimes et pittoresques qui sont chères à la tradition architecturale classique mais bien à des « ruines ruinées et ruineuses » qu'Alexandre Monnin appelle aussi des « communs négatifs¹⁹⁹ » et au sujet desquels il faut penser un art de la fermeture et du démantèlement, de la transformation et de la réaffectation. Dans l'ouvrage *Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement*, les auteurs postulent qu'au-delà du champ de recherche sur la maintenance et la réparation, la fermeture est un projet à part entière avec des protocoles, des savoir-faire et une

économie associés. Des *Repair studies* aux *Closing studies*²⁰⁰ s'articulent un ensemble de savoirs visant à opérer de profondes restructurations.

Comme le rappelle Alexandre Monnin, « les logiques de réaffectation et de redirection d'entités de l'appareil productif nécessitent de projeter la fermeture à moyen terme des ensembles technologiques dont nous dépendons à court terme²⁰¹ ». C'est toute la matrice problématique des *Closing studies*: « Le paradoxe de la surprésence d'infrastructures que nous n'aurons bientôt plus les moyens (environnementaux et/ou économiques) ou même la possibilité de faire fonctionner²⁰². » L'histoire de la notion des communs négatifs s'inscrit étroitement dans celle des communs²⁰³ qui impliquent à la fois des obligations et des droits qui doivent être attachés à un groupe social reconnu. Avec les communs négatifs, « la tragédie des communs » aurait encore frappé, mais ce n'est plus seulement celle de la surexploitation de la ressource au sens où Garrett Hardin l'envisageait²⁰⁴, mais une tragédie environnementale au sens des pollutions profondes. Pour Alexandre Monnin, les communs négatifs renvoient à la reconnaissance et à la prise en considération « d'une altération d'ensembles dont nous devons collectivement interroger la gouvernance (au sens du *commoning*) ». Il semblerait que ce soient les sociologues et militantes écoféministes Maria Mies et Veronika Bennholdt-Thomsen qui aient mobilisé pour la première fois cette notion de « communs négatifs » dans un article daté de 2001 intitulé: « *Defending, Reclaiming and Reinventing the Commons*²⁰⁵ ». Les chercheuses associent cette notion aux effets de la pollution et de la production de déchets dans une perspective

géographique axée sur les systèmes de domination Nord-Sud. Alexandre Moulin et le juriste Lionel Maurel ont développé cette notion de communs négatifs en poursuivant l'élargissement de la théorie classique des communs, issue de l'approche « positive » des *Commons Pool Resources* proposée par Elinor Ostrom. Aux images traditionnelles de communs bucoliques que sont « la rivière poissonneuse » et la verte forêt dense ont succédé des images de coupes rases, de rivières et de sols contaminés par les rejets de l'industrie et de l'agriculture, des ensembles infrastructuraux pollués. Les communs négatifs désignent ces ressources altérées. Elles sont autrement appelées « technologie zombie » par José Halloy, physicien à l'Université de Paris Diderot, qui utilise cette métaphore pour qualifier les technologies qui fonctionnent sur des stocks non renouvelables et dont la durée de vie est improporcionnellement plus courte « en production » qu'à l'état de déchet. À l'exemple du nucléaire : le maximum de la durée de vie d'exploitation d'une centrale est de 60 ans alors que la filière de gestion des déchets doit résoudre l'impossible perspective du traitement des déchets, de la déconstruction et des résidus de traitement du combustible nucléaire qui demeurent actifs pendant plus de 300 ans, voire des milliers d'années pour les plus radioactifs. Le traitement des communs négatifs questionne les stratégies de projet au sens de design, de mise en forme pour l'anthropocène. Au-delà du traitement et de la gestion esthétiques, spatiaux et paysagers des communs négatifs, la question de la maintenance et la durabilité ou l'édification de nouveaux « communs positifs » se pose.

L'UTOPIE DE LA DIVERSITÉ INFRASTRUCTURELLE. TENIR LA TECHNIQUE PROCHE

Mon hypothèse est que l'utopie redirectionniste ébauchée ci-dessus n'exclut pas une utopie cosmo-technique et territorialiste, tout comme le démantèlement et la fermeture, n'excluent pas l'édification de nouveaux objets et d'autres modes d'interconnexion technique et de gouvernance. À ce titre, les ébauches de réflexion sur l'inversion de la hiérarchie historique du système électrique s'appuient sur une territorialité réticulaire partant du local tout en pensant la pluralisation des mondes, c'est-à-dire en considérant des réflexivités environnementales globales²⁰⁶. Comment penser le global sans retomber dans le solutionnisme hégémonique, unidimensionnelle, hors sol et sans monde ?

L'échelle des grands systèmes techniques ou LTS²⁰⁷ a favorisé la perte de contrôle et la dépendance à une technique de plus en plus macro-systémique. Dans un processus d'unification technologique, le réseau s'est progressivement construit comme un ensemble homogène et homogénéisant. Dans cette homogénéisation à outrance des mondes techniques, la question de la diversité infrastructurelle est une question centrale. L'objet réseau catalyse une puissance imaginaire quasi infinie au sens le plus lévinassien du terme. Et il y a, dans l'ambivalence originale du terme – un réseau est un lien et peut être un lien de solidarité, de dépendance et de contrôle –, une question d'équilibre entre ces pôles positifs et négatifs. Comme si les mouvements de libéralisation avaient emporté dans la crise de « l'idéal infrastructurel moderne », discuté par Gabriel Dupuy²⁰⁸ et Olivier Coutard²⁰⁹, les

possibles émancipateurs des réseaux. Il ne resterait que la négativité technique, lourde à maintenir et à transformer, les factures d'électricité de plus en plus chères à payer, les pollutions du complexe thermo-industriel, le désastre nucléaire.

La question serait de savoir comment augmenter le pôle positif du réseau : celui de la circulation qui fait lien, qui relie sans homogénéiser. Ce que Picon a appelé la « réticularisation des différences²¹⁰ ». Ainsi tout réseau n'est pas réseau de pouvoir, certains sont des liens entre des puissances d'agir, des matières avec lesquelles il est possible de composer, de s'allier, d'entrer en relation. Face à l'imaginaire LTS dominant, révéler d'autres systèmes réticulaires, d'autres mondes techniques permettant de renouer avec l'enthousiasme technologique émancipateur devient un projet à part entière. Le progrès n'est pas qu'une question technique. Fermer les centrales, éteindre le feu thermonucléaire, redécouper le réseau, relancer mille chantiers énergétiques, avec l'idée qu'une approche par les formes de rationalité de la technique permet de mettre au jour le caractère contingent, et par là même transformable, des systèmes et infrastructures qu'elle produit²¹¹.

Les mouvements de remunicipalisation ou de déprivatisation à des échelles municipale ou régionale²¹² font écho à certains débats historiques. La tentation du repli municipaliste ou de la réappropriation anarchiste sont insuffisantes. Dans une ligne coopérative et mutualiste, l'historien Pérez Zapico a montré les enjeux liés à la réappropriation des centrales électriques en 1934 en Espagne, durant les communes de Gijón²¹³ ou de Barcelone. La possibilité de cette réappropriation repose sur la mobilisation des syndicats d'électriciens fortement

structurés mais aussi par la forme et l'échelle du réseau qui ont permis une intervention sur l'outil de production. À l'époque, le réseau électrique était composé de petites mailles interconnectées et Zapico raconte notamment comment des câbles ont été tirés en quelques heures pour détourner la production. Rien de comparable ne serait techniquement possible aujourd'hui car la structuration de la très grande échelle a rendu les décrochages très complexes. Et au-delà de l'infrastructure, il faut penser le réseau. Les articulations d'échelles entre le local et le national ont été au cœur de l'histoire de l'électrification. L'historien François-Mathieu Poupeau a montré dans son ouvrage *L'Électricité et les pouvoirs locaux en France (1880-1980)*²¹⁴ le rôle prééminent des pouvoirs locaux dans la construction des réseaux électriques. Le domaine de la concession a été renouvelé par la loi du 15 juin 1906 ; la fourniture d'énergie électrique reste un service public local à l'instar de l'eau ou des transports en commun, mais d'importants changements sont à l'œuvre. Tout en donnant aux communes la responsabilité d'être autorités concédantes des réseaux publics d'électricité, cette loi élargit le champ et les moyens d'intervention de l'État, qui a désormais le droit (avec ou sans l'autorisation des municipalités) d'organiser la mise en réseau et le transport de l'énergie électrique, « qu'il y ait ou non des concessions antérieures et quelle que soit la catégorie des voies à emprunter²¹⁵ » .

À rebours d'une histoire classique du service public qui partirait de l'État central avec l'influence des élites administratives et des grands corps d'état (Mines et Ponts et Chaussées), François-Mathieu Poupeau revient sur l'histoire d'un service public plus territorial pensé à partir des communes. Il

éclairer les oppositions entre logique décentralisatrice et déconcentration régionale²¹⁶. C'est notamment dans le cadre de la contestation d'élus locaux à cette loi que le syndicat des communes de la banlieue parisienne pour l'électricité (SCBPE) est créé en 1924. Il deviendra le Syndicat des communes de la banlieue de Paris pour l'électricité, puis le SIPPAREC en 1997²¹⁷. Cette logique décentralisatrice était aussi portée par la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) dans les années 1947-1950 au moment même de la création-structuration d'EDF. En 1936, la FNCCR propose avec le projet Fully²¹⁸ un système de transports qui se substitue aux sociétés privées pour financer, construire et exploiter un réseau de lignes de transport à longue distance dans une vision partenariale État-commune (avec des syndicats départementaux). Cette vision était structurée autour de la création d'établissements publics de distribution (EPD) comme un contre-pouvoir aux mains des collectivités. Mais les services des grands corps sont hostiles à ce que les communes aient des missions de contrôle des concessions : il ne faut pas ralentir le développement industriel (c'est tout le sens de l'article 9 de la loi de 1905 qui limite les transferts financiers des sociétés électriques vers les communes). Dans l'histoire de la marginalisation résident des conditions de possibilités matérielles utiles pour la redirection des régimes sociotechniques de l'électricité.

En Europe et en France, les politiques publiques (notamment les collectivités et les municipalités) auraient un rôle central à jouer en termes de régulation et de gouvernance. Dans une hypothèse redirectionniste, il faudrait toujours pouvoir anticiper à l'échelle des territoires des modalités de solidarité

entre collectifs bien pourvus de ressources locales et ceux qui le sont moins afin de ne pas créer des ghettos énergétiques ou des territorialités premium. La nécessité de penser deux échelles (locale et nationale) de réseaux de distribution et de transmission garde tout son intérêt, tout en investiguant sur des modes d'interconnexion et de gouvernance partagées. Il semble qu'un grand réseau piloté par le public soit l'infrastructure privilégiée pour garantir des formes de solidarité à l'échelle nationale entre les territoires. Cette échelle technique n'empêche pas de donner un rôle central aux pouvoirs locaux (échelle communale ou intercommunale) pour que la fourniture d'énergie électrique redevienne un service public local à l'exemple de l'eau ou des transports en commun. Dans le cadre d'une reconfiguration nationale des systèmes techniques énergétiques à partir du local, la construction d'une vision partenariale État-commune pourrait passer par la création d'établissements publics de distribution (EPD) qui seraient gérés par les collectivités.

Tel un mécano énergétique de solidarité territoriale, le système électrique reposerait sur la diversité infrastructurelle et un processus architectural actif d'infrastructuration. Pour cela, la figure de l'archipel fortement mobilisée dans le champ de l'architecture, notamment par Rem Koolhaas, a une efficacité. Le transfert quasi mot à mot de cette figure koolhassienne qualifiant la diversité de l'architecture du manhattanisme²¹⁹ est extrêmement féconde. La solidarité territoriale électrique reposerait sur l'interconnexion des diversités comme les îles d'un archipel. Si l'essence de la culture énergétique est le changement – un monde dans un état d'animation perpétuelle, la trame du réseau, ou tout autre système de subdivision d'une mise en

ressource, fixe les limites maximales des îles énergétiques, et définit un archipel de réseaux dans le réseau. Plus chaque réseau exalte ses valeurs spécifiques et plus l'unité de l'archipel comme système s'en trouve renforcée. Le fait que le changement soit circonscrit aux îles constitutives garantit l'immutabilité du système. Au sein de l'archipel énergétique, chaque réseau, en l'absence d'injonction de consommation, élabore son propre « folklore énergétique²²⁰ » instantané.

En poursuivant la métaphore, il y aurait des îles avec un haut rendement productif, d'autres où seul le réseau amènerait de l'énergie. Sur une autre île, une vieille centrale aurait été éteinte, la machine serait en démantèlement. Sur une autre, elle serait un monument, patrimoine improductif d'un autre âge industriel. Le philosophe Pierre Caye, dans *Critique de la destruction créatrice*²²¹ propose d'envisager la technique non plus comme accélération et intensification de la production, mais comme mesure et limitation. Il fait notamment appel à l'architecture et au processus de patrimonialisation comme vecteur possible de durabilité et de ralentissement. Quelques grandes infrastructures pourraient ainsi fermer et enclencher leur processus de deuxième vie profondément transformé ou dans « l'improduction ». Les ruines seraient repeuplées pour d'autres fins, ou seulement pour la mémoire : d'anciens modèles thermo-industriels enfin éteints. Sur d'autres îles, il y aurait de nouvelles constructions, de nouveau monument énergétique à l'exemple de l'utopie solaire et auto-énergétique des architectes Georges et Jeanne-Marie Alexandroff dans les années 1970. Pour bousculer les imaginaires techniques, ils déploient avec des monuments énergétiques multifonctions et autres

dispositifs autonomes de grandes échelles, tout en procédant à une relecture historique de la manière dont les habitats vernaculaires se sont adaptés aux différents climats dominants à travers le monde.

Parvenir à re-utopiser la grande échelle infrastructurelle tout en tenant la technique *proche* serait un défi de l'hypothèse redirectionniste. Souvent citée, l'image archétypale des petits moulins hydrauliques renvoie à une infrastructure désirable, un monde de forces habitables. Tous les ingrédients de l'imaginaire localiste sont là : la petite échelle, l'intégration à l'environnement, la localité des matériaux servant à l'édification, la possibilité d'habiter l'infrastructure. Pourtant la petite échelle ne suffit pas à garantir un idéal émancipateur et progressiste. C'est peut-être la notion de l'habitabilité, au sens de développement de conditions favorables de coexistence, qui pourrait être une valeur éthique. L'infrastructure peut être requalifiée en fonction du type de prise qu'elle offre à ses acteurs et il y a une quête d'habitabilité ou de proximité dans toute l'histoire des infrastructures.

On retrouve l'ambivalence proche / lointain. La question de la coexistence avec la technique a toujours été centrale. Comme André Guillaume²²² l'a rappelé, étymologiquement, le terme de réseau vient du latin *retis*, qui signifie le « filet ». Cette tension sémantique persiste jusque dans ses définitions les plus contemporaines. Un réseau permet simultanément la circulation et le contrôle, il signifie à la fois l'abondance et la dépendance, le lien et la surveillance. C'est souvent par le biais des réseaux que les ressources ont été capturées, les territoires conquis, que ce soit par le chemin de fer ou les réseaux électriques, ils sont les outils par excellence de mise en ressource du monde, de circulation des fluides et des flux du capitalisme naissant.

Une centrale hydroélectrique ou nucléaire est inhabitable mais aménager et embellir leur abord a été au cœur des politiques d'aménagement énergétique²²³. N'est-ce pas l'architecte Pierre Dufau qui se souvenait de l'implantation d'une mare aux canards devant l'entrée de la centrale nucléaire de Paluel: « La bonne santé des canards devait être le garant de la bonne santé de tous ceux qui travaillaient à la centrale. » Ajoutons « de tous ceux qui vivaient à côté²²⁴ ». Tenir proche, rendre possible, plus qu'une proximité, une habitabilité au sens d'une compatibilité environnementale (pas de pollution ni de risque) serait peut-être la boussole d'un renouvellement profond des rapports entre humain, non-humain et technique. Cette habitabilité irait de pair avec la possibilité de penser et dessiner des utopies énergétiques, de grande ou de petite échelle, d'ouvrir des sciences-fictions de la transformation peuplées d'entités technomorphiques bienveillantes, protectrices et pourvoyeuses d'altérité.

La forme et la réorganisation des flux comme réponse à la crise des réseaux électriques posent d'immenses défis d'aménagement. Depuis la fin du XIX^e, grand siècle de l'ingénierie, l'historiographie classique reconnaît la place centrale des réseaux électriques dans les processus d'urbanisation. Une hypothèse de ce texte est que le chantier qui se présente aujourd'hui est de la même envergure. La modification des structures matérielles, des outils de régulation et de gouvernance, et des imaginaires dessinent de nouvelles territorialités réticulaires. La modification des structures matérielles, des outils de régulation et de gouvernance, et des imaginaires dessinent de nouvelles territorialités réticulaires. Ces préfigurations techniques nécessitent un indispensable travail spéculatif pour qu'advienne à l'échelle de « la réticularisation des différences ».

NOTES

1 Pour les définitions et une approche globale du phénomène, voir le rapport Ademe publié en 2019: Cécile Diguët et Fanny Lopez, avec la participation de Laurent Lefebvre, *L'Impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires*, Rapport Ademe, février 2019.

2 Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE). Sont classés ICPE des usines, ateliers, dépôts, chantiers et toute installation pouvant présenter des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité ou la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

3 En anglais, le mot *hub* désigne le centre d'une roue. C'est un point de concentration des réseaux, une zone d'interface qui assure par sa position géographique et/ou infrastructurale la concentration d'un maximum d'interconnexion.

4 C'est le Power Usage Effectiveness (PUE) qui fixe l'efficacité énergétique du secteur. Sans être un indicateur suffisant, il est universellement reconnu. C'est le rapport entre l'électricité consommée par les serveurs et celle qui entre dans le bâtiment. La moyenne française se situe autour de 2,5 PUE, ce qui signifie que, pour 1 Watt consommé par l'informatique, il faut 2,5 Watt à l'entrée du centre de données.

5 Ce chiffre résulte d'un travail de comptage mené en 2020 avec l'Institut Paris Région dans le cadre du groupe de travail *data centers* en Ile-de-France.

6 L'ensemble des informations et chiffres de cet ouvrage viennent de visites de site en Europe et aux États-Unis et d'entretiens menés depuis 2018 avec plus de 200 personnes (industries numériques, opérateurs de réseaux électriques et collectivités).

7 L'unité de puissance MW ou GW est utilisé pour désigner la puissance. La consommation ou la production s'exprime en MWh ou GWh.

8 www.dcbyte.com/knight-frank-data-centres-report/Q2-2020

9 La journaliste Jade Lindgaard est l'une des premières à alerter et à enquêter sur la croissance de ce phénomène en Île-de-France. Voir notamment: Jade Lindgaard « L'envers des data centers (1/3): Ordiland en Seine-Saint-Denis », Mediapart, 5 août 2014. Voir également le chapitre de thèse de Clément Marquet sur la lutte d'opposition à Plaine Commune: Clément Marquet, *Binaire béton. Quand les infrastructures numériques*

aménagent la ville, sous la direction de Jérôme Denis, thèse soutenue le 30 octobre 2019 à l'Université Paris-Saclay (ComUE), dans le cadre de École doctorale Sciences de l'Homme et de la Société en partenariat avec Télécom Paris (Palaiseau, établissement de préparation de la thèse) et de l'Institut interdisciplinaire de l'innovation (Paris, laboratoire).

10 Région Île-de-France, 2012, Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie de l'Île-de-France, www.srcae-idf.fr/IMG/pdf/SRCAE_-_Île-de-France_version_decembre_2012_vdefinitive_avec_couverture_-_v20-12-2012_cle0b1cdf.pdf [consulté en ligne le 6 mars 2019].

11 Fournisseur de service internet.

12 Réseau de diffusion de contenu.

13 Soit 4 bâtiments : PR 8, 9, 10, 11.

14 EADS.

15 Pour Paris, c'est 143 % pour Marseille 350 %. Voir notamment : www.interxion.azureedge.net/cdn/ff/bLb4Q3q1xky-Cvplqf01L2CR81jfGbQbyow2FyTkb-0/1607585444/public/2020-12/DataGravityIndex_1.5_Final_0.pdf [consulté en ligne le 17 octobre 2021].

16 Le Forbes Global 2000 est un classement annuel des deux mille plus grandes sociétés par actions mondiales, publié par le magazine américain *Forbes*.

17 Elles auront besoin d'une puissance de calcul de 8,96 exaflops supplémentaires et de 15 635 exaoctets de stockage privé de données par an pour gérer efficacement leurs données d'entreprise. Cf. Digital Realty, *Data Gravity Index DGx: Report measuring the intensity of Data Gravity and its effect on the Global 2000 Enterprises*, Digital Realty, 2020. www.interxion.azureedge.net/cdn/ffKbLb4Q3q1xkyCvplqf01L2CR81jfGbQbyow2FyTkb-0/1607585444/public/2020-12/DataGravityIndex_1.5_Final_0.pdf [consulté en ligne le 17 octobre 2021].

18 Guillaume Pitron, *L'Enfer numérique. Voyage au bout d'un Like*, Paris, Les liens qui libèrent, 2021.

19 Fabrice Flipo, *La Face cachée du numérique*, Paris, L'Échappée, 2013; Fabrice Flipo, *Le Numérique, une catastrophe écologique*, Paris, L'Échappée, 2021.

20 Rapport Ademe 2019, *op. cit.*

21 Andrae Anders S. G. et Edler Tomas, « On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030 », *Challenges* 6, 2015, p. 117-157. Dans cette étude, la consommation électrique en 2013 est estimée à 21 000 TWh (7 % représentent 1 470 TWh) et les projections pour 2030 atteignent 61 000 TWh. On compte une production annuelle de 7 TWh pour un réacteur nucléaire.

22 John Dewey, *Le Public et ses problèmes* [1927], Paris, Gallimard, « Folio essais », 2010.

23 Marie-Pierre Fourquet-Courbet et Didier Courbet, « Anxiété, dépression et addiction liées à la communication numérique », *Revue française des sciences de l'information et de la communication* [en ligne], 11 | 2017, mis en ligne le 1^{er} août 2017. www.journals.openedition.org/rfsic/2910 [consulté en ligne le 5 janvier 2022].

24 Les géants du web ou *big tech*: Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft, sont désormais connus sous l'acronyme GAFAM.

25 *Data Gravity Index DGx, op. cit.*

26 Peace pour Pakistan and East Africa Connecting Europe.

27 Un téraoctet est une unité de mesure ou de stockage dans le langage informatique. Le téraoctet équivaut à mille milliards de bits, soit mille gigaoctets, ou encore un million de mégaoctets.

28 C'est déjà sans compter que les flux américains qui traditionnellement passaient par Terre-Neuve, l'Irlande, l'Angleterre pour redescendre ensuite vers l'Europe.

29 Le câble Marea, construit par Facebook et Microsoft, part de Virginie et atterrit à Bilbao puis continue enterré jusqu'à Madrid et Marseille.

30 Le câble Dunan, qui est le 14^e câble sous-marin de Google, relie Virginia Beach, aux États-Unis, à Saint-Hilaire-de-Riez, en Vendée. Ces équipements de création de ligne télécom ne sont pas en Vendée, mais dans les centres de données d'Interxion à Paris. La géographie de la donnée resserre les distances: Paris est en Vendée ou la Vendée est à Aubervilliers.

31 Le câble Amitié initié par Facebook qui part de l'État du Massachusetts (aux États-Unis) arrive au large du Porge, sur la côte aquitaine en France et continue vers Bude (en Angleterre). En France, ce câble se connecte aux centres de données d'équipements de transit d'Equinix à Bordeaux avant de rediriger les flux en Y: vers Paris d'un côté et Marseille de l'autre.

32 Réseau de diffusion de contenu (RDC) ou en anglais Content Delivery Network (CDN).

33 Les centres de données peuvent être regroupés en deux grands types: ceux d'entreprise et ceux de colocation. Les centres de données d'entreprises ou d'administrations hébergent et gèrent leurs données propres sur leurs serveurs dans un bâtiment qui leur appartient. Les centres de données de colocation ont des usages plus variés: l'hébergement des équipements numériques d'entreprises clientes (l'opérateur fournit l'espace et l'électricité); la mise à disposition de serveurs et équipements informatiques de l'hébergeur pour ses clients (les clients peuvent réaliser des réservations temporaires physiques de serveur, de baies de disques, d'équipements réseau afin de bénéficier d'un usage garanti et non partagé des infrastructures); les réservations en mode *cloud* (les

clients peuvent réserver des machines virtuelles sur les serveurs des centres de données).

34 Entretien avec Fabrice Coquio, Directeur général d'Interxion France, septembre 2021; entretien avec Régis Castagné, Directeur général d'Equinix France, octobre 2020.

35 La redondance signifie ici la duplication des données. Les données de certaines entreprises sont dupliquées dans plusieurs centres de données pour assurer (en cas de panne ou d'accident) une ou des copies de sauvegarde.

36 Rapport Ademe 2019, *op. cit.*; voir également Cécile Diguët et Fanny Lopez, « Derrière la façade, le cout réel des données virtuelle », *Revue du crieur*, 2018/2 (n° 10), p. 90-115.

37 Maximilian Gawlick et Fanny Lopez, *Data Centers: Anticipations and Planning Digital Storage*, Note rapide, Institut Paris Région, mai 2021.

38 AT&T, *Annual Report 1907*, Boston (MA), Press of Alfred Mudge & Son, 1908, p. 18, cité par Maxime Tourbe, « Service public versus service universel: une controverse infondée? », *Critique internationale*, n° 24, juillet 2004.

39 Kenneth Lipartito, *The Bell System and Regional Business. The Telephone in the South, 1877-1920*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press, 1989.

40 Cette histoire a été en partie restituée dans mon premier ouvrage: Fanny Lopez, *Le Rêve d'une déconnexion. De la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Paris, Éditions de la Villette, 2014.

41 Sous la direction scientifique de Pascal Griset (dir.), *Les Ingénieurs des Télécommunications dans la France contemporaine. Réseaux, innovation et territoires (XIX^e-XX^e siècles)*, Acte du colloque des 21 et 22 octobre 2010, Comité pour l'histoire économique et financière de la France / IGPDE, 2013.

42 Claire Andrieu, Lucette Le Van, Antoine Prost (dir.), *Les Nationalisations de la Libération. De l'utopie au compromis*, Presses de la fondation nationale des sciences politiques, 1987.

43 François-Mathieu Poupeau, *L'Électricité et les Pouvoirs locaux en France (1880-1980). Une autre histoire du service public*, Bruxelles, Peter Lang, 2017.

44 Louis Gueylard et Hubert Fritz, « Où loger le téléphone parisien », *Revue française des télécommunications*, n° 14, janvier 1975, p. 16. Archive BHTP, cote TC543. Consulté le 10 avril 2019.

45 Fanny Lopez, « Les fantômes des télécoms: l'obsolescence des grands centraux publics » dans Dominique Rouillard (dir.), *Public. Infrastructure, architecture, territoire*, Paris, Beaux-Arts de Paris éditions, 2021.

46 Rapport Ademe 2019, *op. cit.*

47 Louis Gueylard et Hubert Fritz, « Où loger le téléphone parisien », art. cit., p. 19.

- 48 Pour plus de détail sur ce sujet des centrales : Lopez, « Les fantômes des télécoms : l'obsolescence des centres centraux publics », art. cit.
- 49 SN, « Le plus grand central d'Europe », *Paris et télécommunications. Mensuel d'information de l'industrie des télécommunications*, n° 186, 1974, p. 11-12. Archive BICCI Cote PC363. Consulté le 26 avril 2019.
- 50 Enquêtes et entretiens réalisés par l'auteur de l'article en 2018 et 2019.
- 51 SN, « Le plus grand central d'Europe », art. cit.
- 52 André Le Nôtre fut jardinier du roi Louis XIV, il réalisa le Jardin des Tuileries mais aussi de Versailles, Sevres, Vaux le Vicomte, Saint-Cloud, Chantilly et Meudon.
- 53 SN, « Le plus grand central d'Europe », art. cit.
- 54 « Où en est le centre Tuileries ? », *Télécom de Paris. Bulletin d'information et de coordination des télécommunications de Paris*, n° 10, novembre-décembre 1971; archive BICCI cote TC503. Consulté le 2 mai 2019.
- 55 Yves Stourdzé, *Les Ruines du futur* [Fontenay-aux-Bois Cahiers d'Utopie, 1979], Paris, Seuil et Tanka, 1998, p. 17.
- 56 Au départ les parties DC servaient uniquement pour faire la gestion du personnel, la comptabilité, puis sont arrivés les fichiers techniques des abonnés, la gestion de toutes les infrastructures, etc. Ensuite, les DC ont été utilisés comme plateformes de services comme la messagerie, puis le service du service réseau. Aujourd'hui, dans les DC d'Orange, il y a à la fois ce qu'il faut pour gérer le personnel, la comptabilité et tout cela, à côté des plateformes de services pour gérer les services des clients et puis, à côté, les équipements Orange.
- 57 Moriset Bruno, « Les forteresses de l'économie numérique : Des immeubles intelligents aux hôtels de télécommunications », *Géocarrefour*, Vol. 78/4, 2003, mis en ligne le 21 août 2007.
- 58 Sur l'impact architecturale et spatial de Free, voir les travaux de Soline Nivet, en particulier: *Architecture et numérique. Infrastructures, Interfaces & Institutions d'un « écosystème » parisien*, HDR, Université Paris-Est Sup, mardi 15 décembre 2020.
- 59 Éric Lengereau, *L'État et l'Architecture, 1958-1981. Une politique publique ?*, Paris, Éditions Picard, 2001.
- 60 Benjamin Coriat, Nicole Alix, Jean-Louis Bancel, Frédéric Sultan (dir.), *Vers une république des biens communs*, Paris, Les liens qui libèrent, 2018; Benjamin Coriat, *Le Retour des communs. La crise de l'idéologie propriétaire*, Paris, Les liens qui libèrent, 2015. Sur la dimension patrimoniale des communs, voir la contribution de Pierre Caye dans *Durer. Éléments pour la transformation du système productif*, Les Belles Lettres, 2020, p. 89-187.

61 Une libéralisation n'est pas dans le principe identique à une privatisation de l'entreprise publique d'origine. De nombreux exemples européens montrent que la libéralisation est effectivement souvent suivie par la privatisation de l'entreprise détenant le monopole historique.

62 En 1993, la Commission européenne décide que les marchés européens des télécommunications devraient être totalement ouverts à la concurrence le 1er janvier 1998. La directive 90/388/CEE – amendée par les directives 94/46/CE, 95/51/CE, 96/2/CE, 96/19/CE et 1999/64/CE – fixe les principes de la libéralisation du secteur des télécommunications [consulté le 12 décembre 2021].

63 Sur cet « impossible » procès, voir Sandra Lucbert, *Personne ne sort les fusils*, Paris, Seuil, 2020.

64 Sur les 41 centraux téléphoniques recensés dans Paris intra-muros, 21 sont vides, vendus ou en cours de vente. Les centraux de Brune et de Marcadet ont été transformés en immeubles de logement, ceux d'Invalides et de Ségur en hôtels de luxe, Élysées et Passy ont été revendus à de grandes sociétés privées. Les bâtiments des services publics des télécommunications deviennent ou redeviennent des bâtiments privés, des hôtels ou de grandes demeures bourgeoises. Une quinzaine d'entretiens nous a permis de mieux comprendre la destinée immobilière de quelques sites historiques. Voir Fanny Lopez, « Les fantômes des télécoms », art. cit.

65 Fanny Lopez, *L'Ordre électrique. Infrastructures énergétiques et territoires*, Genève, Éditions MétisPresses, 2019.

66 Olivier Coutard et Jonathan Rutherford, « Vers l'essor de villes post-réseaux : infrastructures, changement sociotechnique et transition urbaine en Europe », in Joëlle Forest et Abdelillah Hamdouch (dir.), *Quand l'innovation fait la ville durable*, Lausanne, Presses polytechniques universitaires romandes, 2015, p. 97-118.

67 Gabriel Dupuy, « Entretien », in Jean Danielou et François Ménard, *L'Art d'augmenter les villes. (Pour) une enquête sur la ville intelligente*, La Défense, PUCA, p. 76.

68 Stephen Graham et Simon Marvin, *Splintering Urbanism*, Londres, Routledge, 2001.

69 Cédric Durand, *Technoféodalisme. Critique de l'économie numérique*, Paris, La Découverte, coll. « Zone », 2020.

70 Entretien avec Betty Rope, maire de Prineville, 2018.

71 Thomas P. Hughes, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press, 1983.

72 Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor Pinch (dir.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge

- 102 Bruno Latour, *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992.
- 103 Antoine Picon, « Construction sociale et histoire des techniques contemporaines », in *Annales histoire, sciences sociales*, n° 3, mai-juin 1995, p. 551-535.
- 104 Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin, *Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement*, Paris, Éditions Divergences, 2020, p. 111.
- 105 *Idem*, p. 112.
- 106 Louis Quéré, « Les boîtes noires de Bruno Latour... », art. cit.
- 107 Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, *op. cit.*, p. 301-302.
- 108 Julie Denouël, Fabien Granjon (dir.), *Communiquer à l'ère numérique. Regards croisés sur la sociologie des usages*, Paris, Éditions Transvalor/Presses des Mines, coll. « Sciences sociales », 2011.
- 109 Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, *op. cit.*
- 110 Donna Haraway, « Manifesto for cyborgs: Science, technology and socialist feminism in the 1980s », *Socialist Review*, vol. 15, n° 2, 1985, p. 65-107. Trad : « Manifeste cyborg : Science, technologie et féminisme socialiste à la fin du xx^e siècle » [1991] in *Manifeste cyborg et autres essais. Sciences-fictions-féminismes*, Paris, Exils, 2007, p. 29-92.
- 111 *Ibid.*
- 112 Alice Carabédian, *Utopie Radicale. Par-delà l'imaginaire des cabanes et des ruines*, Paris, Seuil, 2022.
- 113 Antoine Picon, *La Ville territoire des cyborgs*, Paris, Les éditions de l'imprimeur, 1998, p. 61. Voir notamment le chapitre « La mort de la technique ».
- 114 *Ibid.*, p. 62.
- 115 *Ibid.*, p. 63.
- 116 *Ibid.*, p. 68.
- 117 Dominique Rouillard, *Superarchitecture. Le futur de l'architecture, 1950-1970*, Paris, Éditions de La Villette, 2004.
- 118 Dominique Rouillard, « Territoire magique », in *Superarchitecture*, *op. cit.*, p. 377-414. Fanny Lopez, « L'illusion de la déconnexion », dans *Le Rêve d'une déconnexion*, *op. cit.* p. 120.
- 119 Alain Supiot, *La Gouvernance par les nombres*, Paris, Fayard, 2015, p. 50.
- 120 La numérisation assure la possibilité des « smart grid », des IA électriques qui assurent une gestion en temps réel sur tout le réseau.
- 121 Il est question ici du secteur transport et distribution.
- 122 Fanny Lopez, *L'Ordre électrique*, *op.cit.*

- 123 Enedis est chargée de la gestion et de l'aménagement de 95 % du réseau de distribution d'électricité en France.
- 124 EDF est détenue à plus de 80 % par l'État. RTE par EDF : 50,1 % ; Caisse des dépôts et consignations : 29,9 % ; CNP Assurances : 20 %. Enedis : filiale à 100 % d'EDF.
- 125 « Avec les EPR nous n'aurons pas de problème de production donc de transport », a annoncé le président de RTE lors de la présentation du scénario RTE 2050 en octobre 2020, alors même que de nombreux scientifiques et personnalités politiques appellent à fermer Flamanville et à sortir du nucléaire. Thomas Veyrenc, directeur exécutif de RTE et Xavier Piechaczyk, président du directoire RTE. Conférence de presse RTE « Futurs énergétiques 2050 », 25 octobre 2021 à Paris. www.youtube.com/watch?v=Upz2x0IV4ns
- 126 Le TURPE est réglé par les consommateurs finaux. Il est payé directement sur la facture d'électricité pour les consommateurs professionnels et particuliers. Il peut aussi être payé par le biais de contrats d'acheminement sur le réseau de distribution / de transport pour les industries et collectivités avec une consommation importante.
- 127 Environ un quart des réacteurs nucléaires français sont à l'arrêt. Le pays doit donc aller chercher son énergie à l'étranger. www.courrierinternational.com/article/energie-la-france-doit-acheter-de-lelectricite-en-allemande-et-cest-la-suisse-qui-tremble
- 128 Thomas Veyrenc et Xavier Piechaczyk, « Futurs énergétiques 2050 », conférence de presse citée.
- 129 *Ibidem.*
- 130 Voir les scénarios du Giec 2021
- 131 www.assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/BP2050_rapport-complet_chapitre3_consommation_0.pdf
- 132 Rapport ADEME 2019, *op. cit.*
- 133 *L'Ordre électrique, op.cit.*
- 134 Flora Aubert, *Communautés énergétiques et fabrique urbaine ordinaire. Analyses croisées Allemagne, France, Royaume-Uni*, Thèse sous la direction Taoufic Souami et Xavier Bonnaud, Université Paris-Est, soutenue en avril 2020.
- 135 Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Mille plateaux. Capitalisme et schizophrénie 2*, Paris, Minuit, 1980.
- 136 Bruno Latour, *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford University Press, 2005.
- 137 Ignacio Fariás et Thomas Bender (dir.), *Urban Assemblages: how Actor-Network Theory Changes Urban Studies*, Londres, Routledge, 2010.
- 138 Gilles Debizet (dir.), *Scénarios de transition énergétique en ville*, Paris, La Documentation française, 2016; Antoine Tabourdeau et Gilles Debizet « Concilier ressources in situ et

grands réseaux : une lecture des proximités par la notion de nœud socioénergétique » in *Flux*, 2017/3-4, n° 109-110, p. 87-101 ; Gilles Debizet, *Assemblage socioénergétique et transitions bas carbone urbaines*, Habilitation à diriger des recherches, Université Grenoble Alpes (UGA). UMR PACTE, 2018.

139 Voir notamment les travaux de Laure Dobigny qui s'est focalisée sur les initiatives citoyennes et les communautés énergétiques en rupture ou en combat avec les grands systèmes techniques (LTS) : *Le Choix des énergies renouvelables. Socioanthropologie de l'autonomie énergétique locale en Allemagne, Autriche et France*, thèse sous la direction d'Alain Gras, Université Paris-1, 2017 ; « Produire et échanger localement son énergie : Dynamiques et solidarités à l'œuvre dans les communes rurales », in François Papy, Nicole Mathieu, Christian Ferault, Jean-Claude Flamant (dir.), *Nouveaux rapports à la nature dans les campagnes*, Versailles, Quae, p. 139-152, 2012 ; « Changement énergétique et rapport au monde », in Marie-Jo Menozzi, Fabrice Flipo et Dominique Pécaud (dir.), *Énergie & Société. Sciences, gouvernances et usages*, Aix-en-Provence, Edisud, 2009, p. 215-224 ; « L'autonomie énergétique : acteurs, processus et usages. De l'individuel au local en Allemagne, Autriche, France », in Michelle Dobre et Salvador Juan (dir.), *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, Paris, L'Harmattan, 2009, p. 245-252.

140 Gabriel Dupuy, *L'Urbanisme des réseaux. Théories et méthodes*, Paris, Armand Colin, 1991. Voir également Fanny Lopez, *L'Ordre électrique, op.cit.*

141 Le décret n° 2017-676 du 28 avril 2017 détaille le principe. L'autoconsommation permet d'organiser le partage de production d'électricité entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs, dont les points d'injection et de soutirage sont situés en aval d'un même poste de transformation d'électricité (art. L 315-2 du code de l'énergie).

142 En vigueur depuis 2021 (ordonnance n° 2021-236 du 3 mars 2021, art. 5), une communauté énergétique peut prendre part à la production, y compris à partir de sources renouvelables, à la fourniture, à la consommation, à l'agrégation, au stockage et à la vente d'électricité.

143 www.enedis.fr/le-tarif-dacheminement-de-lelectricite-turpe

144 La péréquation tarifaire désigne le principe d'unification des tarifs d'un service jugé de première nécessité au niveau national. L'électricité est facturée au même coût dans les zones rurales comme dans les zones urbaines, bien que les coûts sous-jacents soient différents, comme pour le timbre-poste.

145 Thibaut Fonteneau, « Autoconsommation collective ou solidarité nationale ? L'adaptation controversée de la tarification du réseau d'électricité pour les autoconsommateurs », in

grands réseaux : une lecture des proximités par la notion de nœud socioénergétique » in *Flux*, 2017/3-4, n° 109-110, p. 87-101; Gilles Debizet, *Assemblage socioénergétique et transitions bas carbone urbaines*, Habilitation à diriger des recherches, Université Grenoble Alpes (UGA). UMR PACTE, 2018.

139 Voir notamment les travaux de Laure Dobigny qui s'est focalisée sur les initiatives citoyennes et les communautés énergétiques en rupture ou en combat avec les grands systèmes techniques (LTS) : *Le Choix des énergies renouvelables. Socioanthropologie de l'autonomie énergétique locale en Allemagne, Autriche et France*, thèse sous la direction d'Alain Gras, Université Paris-1, 2017; « Produire et échanger localement son énergie : Dynamiques et solidarités à l'œuvre dans les communes rurales », in François Papy, Nicole Mathieu, Christian Ferault, Jean-Claude Flamant (dir.), *Nouveaux rapports à la nature dans les campagnes*, Versailles, Quae, p. 139-152, 2012; « Changement énergétique et rapport au monde », in Marie-Jo Menozzi, Fabrice Flipo et Dominique Pécaud (dir.), *Énergie & Société. Sciences, gouvernances et usages*, Aix-en-Provence, Edisud, 2009, p. 215-224; « L'autonomie énergétique : acteurs, processus et usages. De l'individuel au local en Allemagne, Autriche, France », in Michelle Dobre et Salvador Juan (dir.), *Consommer autrement. La réforme écologique des modes de vie*, Paris, L'Harmattan, 2009, p. 245-252.

140 Gabriel Dupuy, *L'Urbanisme des réseaux. Théories et méthodes*, Paris, Armand Colin, 1991. Voir également Fanny Lopez, *L'Ordre électrique, op.cit.*

141 Le décret n° 2017-676 du 28 avril 2017 détaille le principe. L'autoconsommation permet d'organiser le partage de production d'électricité entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs, dont les points d'injection et de soutirage sont situés en aval d'un même poste de transformation d'électricité (art. L 315-2 du code de l'énergie).

142 En vigueur depuis 2021 (ordonnance n° 2021-236 du 3 mars 2021, art. 5), une communauté énergétique peut prendre part à la production, y compris à partir de sources renouvelables, à la fourniture, à la consommation, à l'agrégation, au stockage et à la vente d'électricité.

143 www.enedis.fr/le-tarif-dacheminement-de-lelectricite-turpe

144 La péréquation tarifaire désigne le principe d'unification des tarifs d'un service jugé de première nécessité au niveau national. L'électricité est facturée au même coût dans les zones rurales comme dans les zones urbaines, bien que les coûts sous-jacents soient différents, comme pour le timbre-poste.

145 Thibaut Fonteneau, « Autoconsommation collective ou solidarité nationale? L'adaptation controversée de la tarification du réseau d'électricité pour les autoconsommateurs », in

- 61 Une libéralisation n'est pas dans le principe identique à une privatisation de l'entreprise publique d'origine. De nombreux exemples européens montrent que la libéralisation est effectivement souvent suivie par la privatisation de l'entreprise détenant le monopole historique.
- 62 En 1993, la Commission européenne décide que les marchés européens des télécommunications devraient être totalement ouverts à la concurrence le 1er janvier 1998. La directive 90/388/CEE – amendée par les directives 94/46/CE, 95/51/CE, 96/2/CE, 96/19/CE et 1999/64/CE – fixe les principes de la libéralisation du secteur des télécommunications [consulté le 12 décembre 2021].
- 63 Sur cet « impossible » procès, voir Sandra Luchert, *Personne ne sort les fusils*, Paris, Seuil, 2020.
- 64 Sur les 41 centraux téléphoniques recensés dans Paris intra-muros, 21 sont vides, vendus ou en cours de vente. Les centraux de Brune et de Marcadet ont été transformés en immeubles de logement, ceux d'Invalides et de Ségur en hôtels de luxe, Élysées et Passy ont été revendus à de grandes sociétés privées. Les bâtiments des services publics des télécommunications deviennent ou redeviennent des bâtiments privés, des hôtels ou de grandes demeures bourgeoises. Une quinzaine d'entretiens nous a permis de mieux comprendre la destinée immobilière de quelques sites historiques. Voir Fanny Lopez, « Les fantômes des télécoms », art. cit.
- 65 Fanny Lopez, *L'Ordre électrique. Infrastructures énergétiques et territoires*, Genève, Éditions MétisPresses, 2019.
- 66 Olivier Coutard et Jonathan Rutherford, « Vers l'essor de villes post-réseaux : infrastructures, changement sociotechnique et transition urbaine en Europe », in Joëlle Forest et Abdelillah Hamdouch (dir.), *Quand l'innovation fait la ville durable*, Lausanne, Presses polytechniques universitaires romandes, 2015, p. 97-118.
- 67 Gabriel Dupuy, « Entretien », in Jean Danielou et François Ménard, *L'Art d'augmenter les villes. (Pour) une enquête sur la ville intelligente*, La Défense, PUCA, p. 76.
- 68 Stephen Graham et Simon Marvin, *Splintering Urbanism*, Londres, Routledge, 2001.
- 69 Cédric Durand, *Technoféodalisme. Critique de l'économie numérique*, Paris, La Découverte, coll. « Zone », 2020.
- 70 Entretien avec Betty Rope, maire de Prineville, 2018.
- 71 Thomas P. Hughes, *Networks of Power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, Baltimore (MD), Johns Hopkins University Press, 1983.
- 72 Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor Pinch (dir.), *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge

(MA), MIT Press, 1984 ; Thomas P. Hughes, Renate Mayntz, *The Development of Large Technical Systems*, Francfort, Campus Verlag, 1988.

73 Rosalind Williams, « Cultural Origins and Environmental Implications of Large Technological Systems », *Science and Context*, n° 6 (2), p. 377-403, 1994.

74 Mumford, *Technique et civilisation* [1934], Marseille, Parenthèses, 2016 ; Alain Gras, « Les réseaux, les machines et la mégamachine : sur l'origine des systèmes techniques contemporains », in Pierre Musso (dir.), *Réseaux et société*, Paris, PUF, 2003, p. 141-152. Alain Gras, *Le Choix du feu. Aux origines de la crise climatique*, Paris, Fayard, 2007. Alain Gras, *Les Macro-systèmes techniques*, Paris, PUF, « Que sais-je », 1997.

75 Alain Gras, « Les réseaux, les machines et la mégamachine... », art. cit., p. 149.

76 Lewis Mumford, *La Cité à travers l'histoire* [1961], Marseille, Agone, 2011, p. 603.

77 Timothy Mitchell, *Petrocratie. La démocratie à l'âge du carbone*, Londres, Verso, 2011.

78 Fanny Lopez, *L'Ordre électrique*, op. cit.

79 Andreas Malm, *L'Anthropocène contre l'histoire. Le réchauffement climatique à l'ère du capital*, Paris, La Fabrique, 2017 ; *Comment saboter un pipeline*, Paris, La Fabrique, juin 2020.

80 Erik Swyngedouw, *Social Power and the Urbanization of Water: Flows of Power*, Oxford University Press, 2004. Erik Swyngedouw, *Liquid Power: Contested Hydro-Modernities in Twentieth-Century Spain*, Cambridge, MIT Press, 2015.

81 Thomas P. Hughes, *Networks of Power*, op. cit.

82 Par l'intermédiaire de réseaux et de centres de transmission et de distribution.

83 Le réglage à l'échelle nationale (centrale de pointe, centre de données), les réglages plus régionaux, jusqu'au réglage domestique (l'iPhone, la voiture, la glacière).

84 Dominique Lorrain, « Introduction. Les institutions de la fabrique urbaine » in *Métropoles XXL en pays émergents* Paris, Presses de Sciences Po, 2011), p. 13-52.

85 Collectif, « L'Hypothèse Cybernétique », dans *TIQQUN*, 2001, p.40-83

86 Evgeny Morozov, *To Save Everything, Click Here: The Folly of Technological Solutionism*, New York, PublicAffairs, 2013 ; Ola Söderström, Till Paasche & Francisco Klauser, *Smart Cities as Corporate Storytelling City*, 18(3), p. 307-320, 2014 ; Rob Kitchin, « The real-time city? Big data and smart urbanism » in *GeoJournal*, n° 79, p. 1-14 ; « The promise and Perils of Smart Cities », dans *The Journal of the Society for Computers and Law*, 26 (2). www.scl.org/site.aspx?i=ed42789 [consulté en ligne le 26 novembre 2020].

- 87 Antoine Courmont, « Où est passée la *smart city* ? Firmes de l'économie numérique et gouvernement urbain », in *Cities are Back in Town, Working Paper*, n° 2, Sciences Po, 2018.
- 88 Heidegger considère que la technique est ce qui permet à l'humain de se tenir dans le monde, c'est la condition du dévoilement du monde. « La question de la technique » est le titre du premier texte du recueil *Essais et conférences* paru en 1954. Voir : Martin Heidegger, « La question de la technique », dans *Essais et conférences*, Paris, Gallimard, 1993.
- 89 Günther Anders, *L'Obsolescence de l'homme*, tome I, *Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle* [1954] (Trad. C. David), Paris, L'Encyclopédie des nuisances/Ivrea, 2002, p. 50.
- 90 *Idem*, p. 50-55.
- 91 *Idem*, p. 439.
- 92 Dominique Carré et Jacques Vétois, « Contrôle social et techniques numériques », *Terminal* [Online], 118 | 2016, URL: www.journals.openedition.org/terminal/1411; DOI: www.doi.org/10.4000/terminal.1411 [consulté en ligne le 20 janvier 2022]
- 93 Fabian Scheidler, *La Fin de la mégamachine. Sur les traces d'une civilisation en voie d'effondrement*, Paris, Seuil, 2020. Voir également notamment Serge Latouche, *La Mégamachine. Raison techno-scientifique, raison économique et mythe du progrès*, Paris, La Découverte/MAUSS, 1995.
- 94 Günther Anders, « L'obsolescence des machines », in *L'Obsolescence de l'homme*, tome II. *Sur la destruction de la vie à l'époque de la troisième révolution industrielle* [1960] (Trad. C. David), Paris, Fario, 2011, p. 123.
- 95 Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques* (1989), Paris, Aubier, 2012.
- 96 *Ibid.*, p. 252.
- 97 Ce terme établi dans les années 1980 par Michel Callon renvoie à une approche sociologique développée par Madeleine Akrich, Michel Callon, Bruno Latour, et d'autres chercheurs du Centre de sociologie de l'innovation de Mines ParisTech. Au-delà des humains, cette théorie sociologique prend en compte dans son analyse, les objets (« non humains ») et les discours, considérés à part entière comme des « acteurs » ou des « actants ».
- 98 Bruno Latour, « Prendre le pli des techniques », in *Réseaux*, n° 163, 2010, p. 11-31.
- 99 Bruno Latour, *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des modernes*, Paris, La Découverte, 2012.
- 100 Thomas P. Hughes, *Networks of Power*, *op. cit.*
- 101 Louis Quéré, « Les boîtes noires de Bruno Latour ou le lien social dans la machine », in *Réseaux*, volume 7, n° 36, 1989, p. 95-117.

- 102 Bruno Latour, *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992.
- 103 Antoine Picon, « Construction sociale et histoire des techniques contemporaines », in *Annales histoire, sciences sociales*, n° 3, mai-juin 1995, p. 551-535.
- 104 Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin, *Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement*, Paris, Éditions Divergences, 2020, p. 111.
- 105 *Idem*, p. 112.
- 106 Louis Quéré, « Les boîtes noires de Bruno Latour... », art. cit.
- 107 Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, *op. cit.*, p. 301-302.
- 108 Julie Denouël, Fabien Granjon (dir.), *Communiquer à l'ère numérique. Regards croisés sur la sociologie des usages*, Paris, Éditions Transvalor/Presses des Mines, coll. « Sciences sociales », 2011.
- 109 Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, *op. cit.*
- 110 Donna Haraway, « Manifesto for cyborgs: Science, technology and socialist feminism in the 1980s », *Socialist Review*, vol. 15, n° 2, 1985, p. 65-107. Trad : « Manifeste cyborg : Science, technologie et féminisme socialiste à la fin du xx^e siècle » [1991] in *Manifeste cyborg et autres essais. Sciences-fictions-féminismes*, Paris, Exils, 2007, p. 29-92.
- 111 *Ibid.*
- 112 Alice Carabédian, *Utopie Radicale. Par-delà l'imaginaire des cabanes et des ruines*, Paris, Seuil, 2022.
- 113 Antoine Picon, *La Ville territoire des cyborgs*, Paris, Les éditions de l'imprimeur, 1998, p. 61. Voir notamment le chapitre « La mort de la technique ».
- 114 *Ibid.*, p. 62.
- 115 *Ibid.*, p. 63.
- 116 *Ibid.*, p. 68.
- 117 Dominique Rouillard, *Superarchitecture. Le futur de l'architecture, 1950-1970*, Paris, Éditions de La Villette, 2004.
- 118 Dominique Rouillard, « Territoire magique », in *Superarchitecture*, *op. cit.*, p. 377-414. Fanny Lopez, « L'illusion de la déconnexion », dans *Le Rêve d'une déconnexion*, *op. cit.* p. 120.
- 119 Alain Supiot, *La Gouvernance par les nombres*, Paris, Fayard, 2015, p. 50.
- 120 La numérisation assure la possibilité des « smart grid », des IA électriques qui assurent une gestion en temps réel sur tout le réseau.
- 121 Il est question ici du secteur transport et distribution.
 122 Fanny Lopez, *L'Ordre électrique*, *op.cit.*

- 123 Enedis est chargée de la gestion et de l'aménagement de 95 % du réseau de distribution d'électricité en France.
- 124 EDF est détenue à plus de 80 % par l'État. RTE par EDF: 50,1 % ; Caisse des dépôts et consignations: 29,9 % ; CNP Assurances: 20 %. Enedis: filiale à 100 % d'EDF.
- 125 « Avec les EPR nous n'aurons pas de problème de production donc de transport », a annoncé le président de RTE lors de la présentation du scénario RTE 2050 en octobre 2020, alors même que de nombreux scientifiques et personnalités politiques appellent à fermer Flamanville et à sortir du nucléaire. Thomas Veyrenc, directeur exécutif de RTE et Xavier Piechaczyk, président du directoire RTE. Conférence de presse RTE « Futurs énergétiques 2050 », 25 octobre 2021 à Paris. www.youtube.com/watch?v=Upz2x0IV4ns
- 126 Le TURPE est réglé par les consommateurs finaux. Il est payé directement sur la facture d'électricité pour les consommateurs professionnels et particuliers. Il peut aussi être payé par le biais de contrats d'acheminement sur le réseau de distribution / de transport pour les industries et collectivités avec une consommation importante.
- 127 Environ un quart des réacteurs nucléaires français sont à l'arrêt. Le pays doit donc aller chercher son énergie à l'étranger, www.courrierinternational.com/article/energie-la-france-doit-acheter-de-lelectricite-en-allemande-et-cest-la-suisse-qui-tremble
- 128 Thomas Veyrenc et Xavier Piechaczyk, « Futurs énergétiques 2050 », conférence de presse citée.
- 129 *Ibidem.*
- 130 Voir les scénarios du Giec 2021
- 131 www.assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/BP2050_rapport-complet_chapitre3_consommation_0.pdf
- 132 Rapport ADEME 2019, *op. cit.*
- 133 *L'Ordre électrique, op.cit.*
- 134 Flora Aubert, *Communautés énergétiques et fabrique urbaine ordinaire. Analyses croisées Allemagne, France, Royaume-Uni*, Thèse sous la direction Taoufic Souami et Xavier Bonnaud, Université Paris-Est, soutenue en avril 2020.
- 135 Gilles Deleuze et Félix Guattari, *Mille plateaux. Capitalisme et schizophrénie 2*, Paris, Minuit, 1980.
- 136 Bruno Latour, *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford University Press, 2005.
- 137 Ignacio Fariás et Thomas Bender (dir.), *Urban Assemblages: how Actor-Network Theory Changes Urban Studies*, Londres, Routledge, 2010.
- 138 Gilles Debizet (dir.), *Scénarios de transition énergétique en ville*, Paris, La Documentation française, 2016; Antoine Tabourdeau et Gilles Debizet « Concilier ressources in situ et

Communautés énergétiques locales, coopératives citoyennes et autoconsommation collective: formes et trajectoires en France, Flux 2021/4, n° 126, p. 52-70.

146 En France, un dispatching national gère le réseau d'interconnexion à 400 000 volts et les échanges avec l'étranger et sept dispatchings régionaux se chargent de la conduite des réseaux en régions.

147 Le poste source est l'un des derniers éléments entre le client et le réseau électrique. Le terme « poste source » est surtout utilisé en France par Enedis. Ailleurs, on utilisera plutôt le terme poste de transformation HTB/HTA. À la jonction des lignes électriques de haute et moyenne tensions, les postes sources acheminent l'énergie électrique sur tout le territoire français.

148 Fanny Lopez, *Le Rêve d'une déconnexion*, op. cit.

149 Eckehard Tröster, Rena Kurwahata, Thomas Ackermann, *Battle of the Grid*, rapport Greenpeace, 2011. www.greenpeace.org/static/planet4-belgium-stateless/2018/12/190a5a4a-190a5a4a-publ_battle_of_grids.pdf

150 Voir notamment la thèse de Marie-Cécile Alvarez-Hérault, *Architectures des réseaux de distribution du futur en présence de production décentralisée*, sous la direction de Noureddine Hadjsaid, Sciences de l'ingénieur, Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), 2009.

151 Thomas Veyrenc et Xavier Piechaczyk, « Futurs énergétiques 2050 », conférence de presse citée.

152 *Ibid.*

153 Dans N1, il y a six nouveaux réacteurs entre 2035 et 2045 puis une paire tous les 5 ans. La part de nucléaire dans le mix énergétique représente 26 % en 2050 puis elle diminue en 2060. Dans N2, il y a une accélération du rythme de construction: 14 nouveaux réacteurs construits en 2050, dont 36 % en 2040. Dans N3, on combine la conservation des réacteurs existants, et la prolongation de certains d'entre eux au-delà de 60 ans. Ce qui fait un total de 14 EPR 2, puis des petits réacteurs SMR pour 4 GW, soit 50 GW de nucléaire.

154 Thomas Veyrenc et Xavier Piechaczyk, « Futurs énergétiques 2050 », conférence de presse citée.

155 *Ibid.*

156 Une éolienne en mer peut être installée soit sur une fondation « posée », autrement dit reposant sur les fonds marins, soit sur une fondation « flottante » reliée aux fonds marins par des lignes d'ancrage.

157 Avec un écart de l'ordre de 10 milliards par an entre M23 et N2.

158 Quinze pages du rapport sont consacrées au coût du démantèlement et du traitement des déchets nucléaires.

- 159 Le coût est celui du système électrique et non pas celui du prix de l'électricité, qui dépend du fonctionnement des marchés et qui est influencé par le prix des énergies fossiles et les taxes.
- 160 Une centrale nucléaire de 1000 MW c'est 6 ou 7 TWH.
- 161 www.assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/Futurs-Energetiques-2050-principaux-resultats_0.pdf
- 162 www.assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/Futurs-Energetiques-2050-principaux-resultats_0.pdf, p. 39.
- 163 RTE a publié en 2019 son Schéma décennal de développement du réseau (SDDR), depuis validé par la ministre et par la CRE. Avec un investissement de 33 milliards d'euros sur 15 ans.
- 164 Les scénarios de transition énergétique de négaWatt sont publiés tous les cinq ans. Le dernier remonte à 2017.
- 165 www.youtube.com/watch?v=_d7mT2l4E_w
- 166 Voir notamment les graphiques de www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/les-1-les-plus-riches-emettent-plus-de-co2-que-les-50-les-plus-pauvres-l-infographie-qui-revele-les-inegalites-climatiques-150432.html
- 167 Ce label « de haute performance énergétique » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie primaire (Cep) inférieure ou égale à 80 kWhEP/m²/an modulée par les coefficients géographique et d'altitude.
- 168 www.francetvinfo.fr/monde/europe/tchernobyl/centrale-nucleaire-de-brennilis-un-cadavre-encombrant_1422147.html
- 169 Thomas Veyrenc et Xavier Piechaczyk, « Futurs énergétiques 2050 », conférence de presse citée.
- 170 Phrase répétée par les opérateurs de réseaux dans la presse et dans nos différents entretiens.
- 171 Sandra Lucbert, « La littérature contre l'ordre hégémonique : Attaquer sa langue », LVSL, 20 octobre 2020. www.lvsl.fr/la-litterature-contre-lordre-hegemonique-attaquer-sa-langue-entretien-avec-sandra-lucbert
- 172 Sandra Lucbert, *Personne ne sort les fusils*, op. cit. ; Sandra Lucbert, *Le Ministère des comptes publics*, Verdier, 2021.
- 173 Cornelius Castoriadis, *Devant la guerre*, tome I, *Les réalités*, Paris, Fayard, 1981.
- 174 Christophe Bonneuil, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », in Frank Adloff et Sighard Neckel (dir.). *Gesellschaftstheorie im Anthropozän*, Frankfurt, Campus, 2020, p. 55-92. Pour la version française : « L'historien et la planète. Penser les régimes de planéarité à la croisée des écologies-monde, des réflexivités environnementales et des géopouvoirs », www.hal.archives-ouvertes.fr/hal-03107193/file/Bonneuil_2020_R%C3%A9gimes%20de%20plan%C3%A9tarit%C3%A9_fr_Gesellschaftstheorie%20im%20

Anthropoz%C3%A4n.pdf Voir également, le numéro 85 de la revue *Multitudes*, « Planétarités en débats » sous la direction d'Ariel Kyrou et d'Yves Citton, Hiver 2021. En particulier l'article d'Alexandre Monnin, « Les communs négatifs planétaires », p. 117-127.

175 Benjamin H. Bratton, *The Stack: on Software and Sovereignty*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2015, p. 96. Traduction française *Le Stack. Plateformes, logiciels et souveraineté*, Grenoble, UGA Editions, 2019.

176 La matérialité du *Stack* se caractérise par un empilement de six couches qui interagissent entre elles – *Terre, Cloud, Ville, Adresse, Interface et Utilisateur*.

177 Lukáš Likavčan, *Introduction to Comparative Planetology*, Moscou, Strelka Press, 2019, p. 52. Cité par Alexandre Monnin, « Les communs négatifs planétaires », art. cit.

178 Julie Denouël, Fabien Granjon (dir.), *Communiquer à l'ère numérique. Regards croisés sur la sociologie des usages*, Paris, Transvalor/Presses des Mines, 2011.

179 Antoine Picon « Infrastructure et imaginaires. Une lecture alternative du changement technique », in Konstantinos Chatzis, Gilles Jeannot, Valérie November, Pascal Ughetto (dir.), *Les Métamorphoses des infrastructures. Entre béton et numérique*, Bruxelles, Peter Lang, 2017, p. 51-66.

180 Phil Torres, « The dangerous ideas of “longtermism” and “existential risk” », in *Current Affairs*, 28 juillet 2021, www.currentaffairs.org/2021/07/the-dangerous-ideas-of-longtermism-and-existential-risk

181 Agnès Sinai, Yves Cochet, Benoît Thévard (dir.), *Biorégion 2050. L'Île-de-France après l'effondrement*, Institut Momentum, 2019.

<https://www.institutmomentum.org/wp-content/uploads/2019/11/LIDF-APRÈS-LEFFONDREMENT-WEB.pdf>

182 La notion de biorégion renvoie à toute une tradition de pensée. Voir notamment: Mathias Rollot, Marin Schaffner, *Qu'est-ce qu'une biorégion ?* Wildproject, 2021.

183 Serges Audier, *La Société écologique et ces ennemis. Une histoire alternative de l'émancipation*, Paris, La Découverte, 2017.

184 Christophe Bonneuil, Jean-Baptiste Fressoz, *L'Événement Anthropocène. La Terre, l'histoire et nous*, Paris, Seuil, 2013.

185 James Lovelock, *La Terre est un être vivant. L'hypothèse Gaïa*, Paris, Flammarion, 1999.

186 Bruno Latour, *Où Atterrir. Comment s'orienter en politique*, Paris, La Découverte, 2017.

187 Jan Zalasiewicz *et al.*, « Scale and diversity of the physical technosphere: A geo-logical perspective », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, 2016, p. 1-14.

188 Alice Carabédian, *Utopie radicale. Par-delà l'imaginaire des ruines et des cabanes*, Paris, Seuil, 2022.

- 202 *Ibidem.*
- 203 La pensée classique des communs, c'est-à-dire l'approche issue de l'approche d'Elinor Ostrom distingue: 1) une ressource partagée; 2) une communauté qui la gère; 3) des règles de gouvernance pour faire durer la ressource. Voir également Lionel Maurel, «La gestion solidaire des communs négatifs», ces déchets non-recyclables» dans *Socialter*, juin 2018; « La notion de Communs, une redécouverte inachevée », in *Horizons publics*, n° 12, « Les Communs, une piste pour transformer l'action publique ? », novembre 2019.
- 204 Garrett Hardin, «The Tragedy of the Commons», in *Science*, vol. 162, n° 3859, 13 décembre 1968, p. 1243-1248.
- 205 Maria Mies et Veronika Bennholdt-Thomsen, «Defending, Reclaiming and Reinventing the Commons», in *Canadian Journal of Development Studies*, 22(4), 997-1023, janvier 2001.
- 206 Voir à ce propos la discussion sur la notion de planéarité: Christophe Bonneuil, «Der Historiker und der Planet», art. cit.
- 207 En anglais: *Large Technical System*, ou LTS, abréviation qui nous utiliserons.
- 208 Gabriel Dupuy, «Les réseaux techniques sont-ils des réseaux? » in *Espace géographique*, tome 16, n° 3, 1987. p. 175-184. Gabriel Dupuy, «Fracture et dépendance: l'enfer des réseaux? » in *Flux* 2011/1 (n° 83), p. 6 à 23, 2011.
- 209 Olivier Coutard, «Services urbains: la fin des grands réseaux? » in Olivier Coutard et Jean-Pierre Lévy (dir.), *Écologies urbaines*, op. cit., p. 102-129.
- 210 Antoine Picon, *La Ville des réseaux. Un imaginaire politique*, Paris, Manucius, 2014, p. 42.
- 211 Ce que Yuk Hui appelle des cosmotechniques. Voir Yuk Hui, *La Question de la technique en Chine. Essai de cosmotechnique*, trad. Alex Taillard, Paris, Divergences, 2021.
- 212 À l'exemple des travaux de Flora Aubert, précédemment cités.
- 213 Daniel Pérez Zapico, «L'électricité à Gijón: Contrôle stratégique, conflit social et rhétoriques de la violence (1880-1934) », dans *Écologie & politique*, 2014/2 (n° 49), p. 43-53.
- 214 *Op. cit.*
- 215 www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGISCTA000006100016
- 216 François Mathieu Poupeau, *L'Électricité et les Pouvoirs locaux en France (1880-1980)*, op. cit.
- 217 CHS (UMR 8058). (2014, 5 septembre). *Lumière sur la banlieue*. [Vidéo]. Canal-U. www.canal-u.tv/94199 [consultée le 5 février 2019].
- 218 Archive de la FNCCR (2^e bulletin de la fédération). Cité

par François Mathieu Poupeau, *L'Électricité et les Pouvoirs locaux en France (1880-1980)*, op. cit., p. 124.

219 Rem Koolhaas, *New York Délire* (1978), Marseille, Éditions Parenthèses, 2002, p. 296.

220 *Ibid.*

221 Pierre Caye, *Critique de la destruction créatrice. Humanisme et production*, Paris, Belles Lettres, 2015.

222 André Guillaume, « L'émergence du concept de réseau, 1820-1830 » dans Gabriel Dupuy, *Réseaux territoriaux*, Caen, Paradigme, 1988, p. 33-50.

223 Fanny Lopez, « Les touristes du nucléaire: l'enjeu de l'accessibilité des sites de production EDF, 1974-1991 » in Alain Beltran (dir.), *Annales historiques de l'électricité*, n° 12, « Ménager et aménager la France électrique », Victoires éditions, janvier 2015.

224 Pierre Dufau, « Centrale nucléaire de Paluel » in *Techniques et architecture*, n° 336, 1981, p. 82.