



HAL
open science

Vers la ville sobre des réseaux ? L'urbanisme des réseaux face aux transitions

Daniel Florentin

► **To cite this version:**

Daniel Florentin. Vers la ville sobre des réseaux ? L'urbanisme des réseaux face aux transitions. L'Information géographique, 2019, 83 (2), pp.58-71. 10.3917/lig.902.0058 . hal-02189578

HAL Id: hal-02189578

<https://hal.science/hal-02189578>

Submitted on 19 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vers la ville sobre des réseaux ? L'urbanisme des réseaux face aux transitions

Daniel FLORENTIN, maître-assistant à Mines Paris Tech, ISIGE (Institut Supérieur d'Ingénierie et de Gestion de l'Environnement, PSL University)

Résumé :

La ville des grands réseaux est-elle soluble dans la transition énergétique et dans la transition numérique ? Les villes occidentales et une large part des villes des Suds ont longtemps été approvisionnés par des grands réseaux techniques urbains (eau et énergie) centralisés, qui ont contribué à l'émergence de certaines formes urbaines. Depuis une vingtaine d'années, cette ville des réseaux est soumise à des tiraillements contradictoires : d'un côté, on observe une baisse de consommations aussi bien dans l'eau que dans l'énergie, qui remet en cause les modèles techniques, économiques et territoriaux des grands réseaux (shrinking networks) ; d'un autre, des réseaux plus décentralisés foisonnent, autour des transitions énergétiques, pour aller vers des territoires énergétiques plus locaux ; d'un autre enfin, les transitions numériques font émerger des figures comme celles des réseaux intelligents, dont l'empreinte matérielle (capteurs, data center en expansion) transforme la ville et est parfois en contradiction avec les enjeux écologiques de notre temps. Cet article se propose de revenir sur ces tiraillements concomitants, qui déstabilisent la ville des réseaux traditionnels, pour voir ce que les transitions font à la ville.

Mots clés : urbanisme des réseaux ; transition écologique ; transition numérique ; transition énergétique ; maintenance ; empreinte matérielle

Abstract :

To what extent are urban Large Technical Systems compatible with energy and digital transitions ? Cities of the global North and a large part of the cities of the global South have long been supplied through large and centralised urban technical networks (water and energy) that contributed to the emergence of the networked city. Over the last couple of decades, one such model has been torn between conflicting and contradicting processes. On the one hand, declining demand levels in both water and energy networks are destabilising the technical, business and territorial model of these urban services (constituting “shrinking networks”); on the other hand, decentralised networks are blossoming around energy transitions to constitute more local energy territories; on another one, digital transitions are contributing to the emergence of new objects such as smart networks, whose material footprint (sensors, data centers) is transforming cities up to the contradiction with ecological issues of our times. This article details these concomitant processes that are destabilising the networked city and provides an understanding of what these transitions do to the city.

Keywords: networked city; ecological transition; digital transition; energy transition; maintenance; material footprint

La ville des réseaux est-elle un modèle toujours pertinent pour comprendre les évolutions urbaines ? Les travaux de recherche sur les services essentiels en ville (eau, énergie, déchets, transports) ont mis au jour il y a 30 ans l'avènement de ce qui a été qualifié « d'urbanisme des réseaux » (Tarr et Dupuy, 1988 ; Dupuy, 1991), où les formes et organisations urbaines ont été fortement cadrées par la mise en place de grands réseaux techniques d'eau et d'énergie. La qualification de cet urbanisme offre une manière efficace et synthétique de comprendre et de concevoir l'évolution de la production urbaine à l'ère industrielle, principalement dans les villes des Nords et selon un schéma qu'un certain nombre de décideurs ont essayé de reproduire dans les villes des Suds (Jaglin, 2012).

Face à l'avènement de nouveaux supports (notamment les outils numériques), et devant l'émergence de nouvelles métriques (liées par exemple aux empreintes carbone et matérielle des tuyaux, câbles et canalisations), ce modèle est-il toujours pertinent ? Un faisceau d'indices convergents, sur lesquels cet article revient, semble indiquer qu'émergent de nouveaux arrangements à la fois sociopolitiques et techniques qui changent la géographie et la matérialité des réseaux techniques urbains. Rutherford et Coutard y voient un moment d'émergence de ce qu'ils appellent de « nouvelles écologies infrastructurelles » (Rutherford et Coutard, 2016), à savoir des éléments de transformation radicale d'organisation urbaine qui font penser que la ville des réseaux connaîtrait une forme de bifurcation infrastructurelle (Florentin, 2018).

Les réseaux techniques urbains ont historiquement été construits et développés autour de six caractéristiques :

- Une forte centralisation de leur organisation (Guérin-Schneider, 2011) ;
- Une importante empreinte matérielle, reposant sur la logique du tout-tuyau (Barles, et Thébaut, 2018) ;
- Une grande capacité à solidariser les territoires (Naumann et Bernt, 2009) ;
- Une faible souplesse à se transformer (*obduracy* dit l'anglais, Hommels, 2005) ;
- Une grande linéarité de la gestion des flux qu'ils transportent (eau, déchets, énergie) (Coutard, 2010) ;
- Une logique de fonctionnement reposant sur la croissance continue de la demande (Offner, 1996).

Ces caractéristiques ont contribué à fonder le modèle propre à l'ère industrielle de « l'urbanisme des réseaux ». Ce modèle s'est vu bousculé au cours des deux ou trois dernières décennies par plusieurs grandes transformations, qui concernent aussi bien la nature et les volumes des flux des réseaux que l'organisation matérielle des réseaux qui les transportent et des institutions qui les supportent.

Trois grandes transitions ont ainsi contribué à le remettre en cause, liées à des changements dans les modes de consommation des différents flux (eau et énergie), au foisonnement de solutions plus décentralisées d'approvisionnement et au développement toujours plus important d'outils numériques dans la gestion de ces réseaux urbains. Ces transitions ne suivent pas nécessairement des directions convergentes, et placent les différents décideurs urbains face à des choix importants et parfois contradictoires. L'enjeu n'est pas moindre

puisque'il s'agit de dessiner, pour compléter, se substituer ou transformer l'urbanisme des réseaux de l'ère industrielle, les réseaux de la ville sobre. Reposant sur des recherches sur les réseaux d'eau et d'énergie dans des contextes européens menées en prise directe avec les opérateurs et autorités organisatrices¹, cet article entend d'un côté détailler les mécanismes qui contribuent à transformer l'urbanisme des réseaux à l'âge de l'anthropocène et des transitions environnementales qui l'accompagnent. Il revient ensuite sur ce que ces transitions font à la ville et aux réseaux, pour montrer qu'elles font émerger des questions opérationnelles et de recherche, autour notamment de la maintenance et de la sobriété urbaine, qui trouvent à cette occasion une nouvelle actualité.

La triple déstabilisation de l'urbanisme des réseaux

Au cours des trente dernières années, les territoires urbains des réseaux se sont vus modifiés fortement, bousculés par trois tiraillements parallèles : la décroissance des réseaux ; l'approfondissement de logiques plus décentralisées d'approvisionnement en eau et énergie ; le développement continu d'outils numériques pour aller vers des *smart grids*. Les uns et les autres ont contribué à la fois à la remise en cause du modèle du grand réseau - et par ce biais, aux interrogations sur un « urbanisme post-réseau », d'après (Coutard et Rutherford, 2016) –, et à de nouveaux arrangements entre les acteurs de ces réseaux.

Réseau et décroissance

De façon contre-intuitive, dans la plupart des villes européennes et japonaises, dans certaines villes nord-américaines et, plus ponctuellement, dans certains contextes des Suds, la consommation des services urbains connaît un tournant majeur, celui d'une baisse des consommations. Le principe économique qui avait longtemps prévalu selon lequel l'augmentation du niveau de vie serait directement corrélé à une augmentation de la consommation d'eau et d'énergie (Jackson, 2005 ; Villarin et Camarillo, 2012) a fortement perdu en pertinence. Longtemps, les grands réseaux urbains ont été non seulement des accompagnateurs de croissance, mais également des accélérateurs de croissance. Cette dynamique de croissance a été notamment portée à la fois par des pratiques de planification ancrées dans un imaginaire de croissance (Moss, 2008) et par l'absence de contraintes énergétiques qui a prévalu pendant plusieurs décennies (Owens, 1986), limitant de fait les considérations sur les questions d'efficacité des systèmes existants d'eau ou d'énergie.

Le phénomène commence à être connu dans l'eau, il l'est moins dans l'énergie. Depuis le début des années 1990, on observe ainsi, pour l'eau, une baisse des consommations (en volumes totaux ainsi que rapporté à la consommation des ménages), plus ou moins sensible selon les contextes. Contrairement à ce que pensait Dupuy (2011), cette logique de

¹ Soit dans le cadre de longues immersions de plusieurs mois au sein des services d'opérateurs, en Allemagne et en Espagne, soit dans le cadre de formats plus classiques d'enquêtes reposant sur le recueil de données et des entretiens semi-directifs avec les différents acteurs contribuant au fonctionnement de ces réseaux.

décroissance des réseaux n'est pas propre aux seules villes connaissant des processus de crise urbaine et de déclin urbain. Le phénomène est bien plus large, même si la crise y est plus aiguë dans les territoires où se surimposent à ce changement les caractéristiques du déclin urbain. A titre d'exemple, une ville comme Paris a pu connaître une baisse de sa consommation de plus de 20% depuis les années 1990 (Barraqué et al., 2011). Une ville en croissance comme Séville a, de son côté, été le lieu d'une baisse de près de 40% de la consommation entre 1992 et 2015 (Florentin, 2015). Les baisses peuvent être encore plus prononcées dans certains territoires, comme dans l'Est de l'Allemagne et les territoires de l'Est de l'Europe ; elles disent toutes une transformation fondamentale des volumes et pratiques de consommation. Ces baisses sont liées à une conjonction de facteurs, dont l'importance varie selon le contexte, mais où les premiers rôles sont tenus par l'amélioration de l'équipement électro-ménager et sanitaire, moins consommateur en eau, ainsi que par les effets de la désindustrialisation.

Dans le domaine de l'énergie, l'image est plus complexe. Les réseaux de chauffage urbain ont été marqués par des phénomènes similaires, montrant un système arrivé à un état de maturité et opérant sa mue, notamment dans les pays scandinaves (Magnusson, 2012). Les réseaux électriques sont entrés quant à eux plus récemment dans une phase de décroissance. RTE (Réseau de Transport d'Électricité) a ainsi, dès le début des années 2010, établi une programmation tablant sur une baisse de la consommation. Christophe Defeuilley a pu montrer récemment que ces baisses de consommations étaient sensibles au niveau européen global, et ce malgré l'augmentation des sollicitations énergétiques liées au développement d'outils numériques (Defeuilley, 2018). A l'échelle européenne, les données issues du réseau des gestionnaires européens de réseaux (ENTSO-E)² montrent, pour les 24 pays européens membres du réseau et sur la période 2005-2015, une augmentation classique de la consommation jusqu'en 2010, moment à partir duquel on passe d'une consommation totale d'environ 2 600 TWh, à une baisse continue jusqu'à environ 2 500 TWh en 2015. A une échelle plus locale, on retrouve ces baisses, comme ce qu'a pu analyser Julie Pollard à Genève, où la consommation électrique baisse d'environ 1 à 2% par an depuis le début des années 2010 (Pollard, 2018).

Dans l'eau comme dans l'énergie, ces baisses viennent mettre à mal le modèle technique et le modèle économique des réseaux techniques urbains. Ces réseaux sont d'un côté financés uniquement par les usagers par le biais d'une facture, indexée sur le volume consommé (en m³ ou kWh). De l'autre, les coûts fixes, autrement dit incompressibles, permettant à ces services de fonctionner sont extrêmement élevés et s'échelonnent entre 60 et 90% selon les réseaux. Les baisses de consommation entraînent par ailleurs des surcoûts d'entretien, par exemple par des traitements additionnels ponctuels de l'eau dans les tuyaux afin d'éviter le développement de bactéries lié à sa stagnation. Emerge donc une figure nouvelle, celle du *shrinking network*, dont le fonctionnement technique est altéré par la baisse des consommations (surdimensionnement) et dont l'équation économique se résume à une baisse de recettes potentielles et à une stagnation ou augmentation des coûts de gestion,

² Données consultables sur <https://www.entsoe.eu/publications/statistics-and-data/#statistical-yearbooks>

dans un contexte où toute hausse tarifaire du prix du m³ ou du kWh est politiquement chargée et délicate à porter.

Ces baisses de consommation ne sont en outre pas qu'un constat, mais également un objectif de politiques publiques, dans le cadre des différentes politiques dites de transition énergétique, où sont explicitement recherchées des baisses pour limiter la pression sur les ressources. La décroissance des réseaux fait ainsi entrer l'urbanisme des réseaux dans une forme d'instabilité en raison de l'émergence de ce nouveau régime de consommation. Par ce processus, l'urbanisme des réseaux entre dans un nouveau « régime infrastructurel urbain » (Monstadt, 2009), renforcé par le foisonnement de nouvelles formes de réseaux, plus décentralisées.

Foisonnement des réseaux décentralisés, systèmes énergétiques locaux, de nouveaux enjeux de solidarité

Le modèle classique de la ville des réseaux est donc non seulement bousculé par les changements concernant le volume des flux qui les traversent, mais également par les modalités d'approvisionnement de ces flux. Cela est particulièrement sensible dans le domaine de l'énergie, avec le développement de systèmes locaux liés notamment aux énergies renouvelables, mais, dans une moindre mesure, également dans le domaine de l'eau. Dominique Lorrain a pu tracer le fil directeur de ces nouvelles configurations, marquées par quatre principes principaux : des échanges courts, des relations plus circulaires, une tendance à la miniaturisation et une logique de décentralisation (Lorrain, 2018). Là où l'urbanisme des réseaux de l'ère industrielle reposait sur un système très centralisé, celui du grand réseau, les évolutions récentes montrent l'émergence de systèmes plus locaux et plus décentralisés. Un « urbanisme post-réseau » tels que l'envisagent Coutard et Rutherford (2016) n'est ainsi pas marqué par une absence de réseau, mais bien au contraire par la concomitance de systèmes de grands réseaux, de réseaux décentralisés et d'autres formes d'approvisionnement quasi-autonomes (Lopez, 2014).

Pour certains, le développement de petites unités décentralisées et de petits réseaux électriques ou d'eau constitue un « renouveau environnemental » dans les relations entre consommateurs et opérateurs (Van Vliet et al., 2005). Il permet de contourner partiellement le caractère peu flexible du grand réseau, en le développant à une échelle plus micro. L'échelle plus réduite et les processus de libéralisation des marchés de l'énergie, dans leur optique, auraient permis l'émergence de choix plus larges pour les consommateurs, principalement dans les villes occidentales. Cette multiplication des solutions décentralisées réactive d'anciens débats déjà entamés dans les années 1970 sur les mérites respectifs des solutions plus ou moins centralisées pour les réseaux techniques urbains. On trouve, en particulier dans la littérature allemande, un renouveau de ce tropisme pour les solutions décentralisées, présentées fréquemment comme a priori « meilleures » que les systèmes plus centralisés (Kluge et Scheele., 2008 ; Monstadt et Wilts, 2014), alors que certains économistes sont plus circonspects sur les avantages et inconvénients des systèmes

décentralisés (Estache, 1995, ou van Vliet et al., 2005 pour une discussion détaillée sur le sujet).

Derrière ces débats se (re)jouent en fait des questions de solidarité territoriale et de gouvernance de ces réseaux. Les grands réseaux, généralement alimentés par des sources uniques ou limitées d'eau ou d'énergie, ont une capacité de solidarisation d'un territoire et proposent un service unifié sur un territoire large, quelles que soient les variations de coûts de production sur le territoire. La logique de services décentralisés conduit à repenser ces questions à une échelle plus fine, et peut conduire à des formes renouvelées d'inégalités territoriales, dans les zones qui resteraient connectées à un réseau centralisé dégradé (Moss, 2008). Les réseaux, en unifiant des lieux et des gens, permettent une « intensification des chaînes d'interdépendance humaines » (De Swaan, 1988), et leur caractère plus ou moins centralisé implique ainsi des formes variées de territorialisation et d'équilibres territoriaux.

En pouvant intégrer des productions plus locales d'énergie, plus diversifiées, cette logique décentralisée permet non seulement de repenser les questions de proximité entre territoires de production et territoires de consommation de ces services urbains mais aussi de faire émerger des systèmes énergétiques locaux. L'enjeu derrière cette transformation concerne ce que Tabourdeau et Debizet appellent des nœuds socio-énergétiques (Tabourdeau et Debizet, 2017), à savoir les nouveaux assemblages entre des flux diversifiés et des modes de gouvernance, dont les contours sont toujours en construction dans le cadre des transitions énergétiques (Debizet, 2016). Comme le montre la thèse de Guilhem Blanchard (2018), cela crée de nouvelles exigences opérationnelles à l'échelle de projets urbains, comme celui de Bordeaux Euratlantique qu'il étudie : l'approvisionnement en eau et en énergie est davantage choisi, intégré dans la conception urbaine et nécessite de nouvelles formes de coordination entre mondes de l'aménagement classique et mondes des réseaux (Blanchard, 2018). Ces choix d'approvisionnement, notamment autour de possibles solutions décentralisées, ne sont plus ceux d'un support annexe, mais des éléments structurants de la fabrique urbaine.

Ce foisonnement de solutions décentralisées vient ainsi bousculer l'ordre établi du grand réseau et de sa place dans la chaîne classique de l'aménagement. Il est accompagné d'incertitudes relatives aux choix politiques à construire autour de ces systèmes énergétiques locaux et à leur capacité soit à créer des services de qualité différenciée et à produire de l'inégalité territoriale (Moss, 2008), soit à produire de nouvelles formes de solidarité, autour de ressources plus locales (Debizet, 2016 ; Defeuilley, 2018).

Réseaux et transitions numériques : les changements du *smart grid*

Un troisième processus vient apporter des tiraillements à l'urbanisme des réseaux de l'ère industrielle, celui lié aux déclinaisons dans le monde des réseaux techniques des mécanismes de transitions numériques. Ces transitions consistent principalement à « fonder la création de la valeur davantage sur la production et sur l'analyse des données que sur la production de biens et de services » (Monnoyer-Smith, 2017).

Cela se traduit notamment par l'idée que le réseau physique est doublé par un réseau d'informations sur ce réseau physique. Grâce à des capteurs et des compteurs divers et variés et des modèles calculatoires de plus en plus fins, on peut développer une connaissance en temps réel ou quasi-réel des flux d'entrées et de sorties en tout point du réseau. La mise en relation des informations de ces capteurs, leur traitement et leur envoi à travers un réseau de communication fait passer d'un réseau physique « muet » (dont on vient relever l'information de temps en temps, de façon discontinue) à un réseau « communicant » (de façon continue ou quasi-continue) (Lesgards, 2011). Ces dispositifs dits de « smart grid » (Tabourdeau et Debizet, 2017) viennent de ce fait modifier en profondeur les modalités de fonctionnement et de gestion de ces réseaux et la géographie de ces réseaux, qui s'en trouve épaissie de nouvelles infrastructures et de nouvelles circulations.

Ils permettent en théorie d'identifier plus rapidement les dysfonctionnements (fuites, coupures) et d'ajuster plus finement les flux en fonction de la demande observée. En cela, ils constituent pour les opérateurs des outils d'optimisation de la rentabilité de leur modèle économique, en jouant sur des tarifications dynamiques dont le caractère socialement juste peut être contesté (Schick et Gad, 2015). D'une approche classique où l'infrastructure primait, tirée par l'offre, on passe à un processus plus dynamique où l'information prend les premiers rôles, dans une logique tirée davantage par la demande. Cela s'accompagne de la création d'une nouvelle infrastructure, aussi bien physique (capteurs, compteurs, serveurs) que virtuelle (informations).

Cette transformation vient bousculer les temporalités de l'urbanisme des réseaux classique. Dans ce domaine comme dans d'autres, l'heure est à la grande accélération. Celle-ci repose ainsi sur le passage à une logique de la demande, à l'opposé de ce qui a fondé « l'idéal infrastructurel moderne » (Graham et Marvin, 2001), à savoir le développement de nouvelles infrastructures selon une logique de l'offre.

Ce que ces transitions font à la ville et aux réseaux

Ces trois transitions sont comme autant de crises ou d'épreuves pour le modèle historique de l'urbanisme des réseaux. Elles suivent des trajectoires peu convergentes en termes d'évolution, qui rendent difficile la caractérisation d'un modèle émergent. Ces épreuves se traduisent par une remise en question des six caractéristiques de cet urbanisme, et produisent en fait des déplacements dans l'agenda aussi bien opérationnel qu'académique des réseaux en ville. Nous revenons ici sur deux des évolutions les plus marquantes, qui témoignent des débats traversant la place des réseaux en ville à l'âge de l'anthropocène et de la recherche d'une forme de sobriété urbaine : la place renouvelée de la maintenance et les enjeux de l'empreinte matérielle et environnementale des réseaux.

Le renouveau de la question de la maintenance

Ces transitions montrent à la fois l'érosion d'un modèle de fonctionnement traditionnel des réseaux techniques urbains, mais aussi une possible inversion dans les régimes de priorité d'action publique. L'urbanisme des réseaux est celui d'un régime de l'équipement et de l'extension. Les réseaux de la ville sobre s'inscrivent dans un nouveau régime dominant encore balbutiant, celui de la maintenance et de la gestion de l'existant. Certains acteurs majeurs de la production urbaine comme la Caisse des Dépôts sont d'ailleurs en train d'opérer la mue de leur doctrine d'action pour davantage faire la place à ces enjeux de maintenance (Florentin et Denis, 2018).

Des associations professionnelles, comme la UKWIR (2010) pour l'eau en Angleterre, soulignent l'importance et la nécessité de ce changement, tout en reconnaissant que, en dépit des baisses de consommation, les cultures et pratiques professionnelles ont encore trop faiblement suivi ce nouveau mouvement.

Le surdimensionnement associé aux baisses de consommation entraîne pourtant une usure accélérée des réseaux concernés, et constitue à la fois un éloignement de leur optimum technique et une source de vulnérabilité accrue pour leur bon fonctionnement. La construction de systèmes énergétiques locaux fait apparaître, dans un autre registre, la nécessité, pour les collectivités, de se construire des infrastructures ad hoc et, par ce biais, de nouveaux actifs et ressources territoriaux. Ces deux transitions montrent ainsi, de manière différente mais convergente, l'importance grandissante des questions de gestion patrimoniale, dont la maintenance est une des figures. Ce n'est de ce point de vue pas un hasard si ces questions de patrimoine ont animé une large partie des discussions qui ont eu lieu lors de la première phase des assises de l'eau en France au printemps 2018 (Florentin et Denis, 2018).

La transition numérique, en s'incarnant à travers le développement d'une couche informationnelle offre par ailleurs une opportunité pour la mise en place d'outils de maintenance plus fins, notamment de maintenance prédictive. Par ce biais, les opérateurs et les autorités organisatrices des différents réseaux ont à leur disposition des outils de « maîtrise de la maîtrise » des réseaux, pour reprendre l'expression de Michel Serres (1990).

Les trois transitions participent ainsi à faire émerger la question de la maintenance comme un aspect stratégique de la compréhension des réseaux urbains contemporains. L'un des enjeux, aussi bien dans l'agenda opérationnel que dans l'agenda scientifique, est sans doute d'arriver à passer d'une maintenance-réparation, centrée principalement autour des questions d'ajustement ponctuel, à une maintenance-transformation (Henke, 2007), qui propose une transformation plus fondamentale du service technique et implique des effets urbains plus marqués. Derrière cette transformation reste un enjeu aussi fondamental que non résolu, celui du financement de ces activités de maintenance : la plupart des réseaux urbains ont pu être historiquement financés, dans les contextes occidentaux, par les pouvoirs publics et un système de subventionnement plus ou moins direct. Les cadres budgétaires actuels et les obligations réglementaires font que les coûts de gestion sont

actuellement portés par les seuls usagers à travers leurs factures. La réouverture de la question de la maintenance et de la gestion patrimoniale ouvre avec elle un champ incertain autour d'une question fondamentale, celle du financement de cette gestion dans un contexte de contrainte budgétaire accrue.

La question de l'empreinte matérielle et l'enjeu de la ville sobre des réseaux

En remettant les questions patrimoniales au centre des enjeux des réseaux, ces transformations de l'urbanisme des réseaux rejoignent aussi un second champ émergent, objet de nombreuses controverses, celui de l'empreinte matérielle et environnementale des réseaux.

Les trois transitions mises en avant dans ce texte racontent ainsi un dilemme non résolu, qui tient à la tension entre transition numérique et transition énergétique, qui est au cœur des transformations des réseaux urbains. La première est censée accompagner la seconde, mais leur concomitance est loin d'être sans conflits. Les réseaux de la ville sobre sont ainsi confrontés à certaines interrogations, voire contradictions.

Pour certains auteurs, l'enjeu est de passer à un découplage de plus en plus grand entre croissance économique urbaine et consommation des ressources, le tout permis notamment, mais pas uniquement, par le développement d'outils numériques (Lorrain, 2018). C'est ce que Dominique Lorrain appelle la ville « smart et sobre », vers laquelle nos sociétés seraient progressivement en train de se diriger, pour l'instant à une échelle encore exploratoire. Pour autant, cette idée peut être largement contestée, car elle néglige l'empreinte matérielle considérable associée à la transition numérique.

Si l'émergence de *shrinking networks* tend à limiter la pression sur certaines ressources, si l'avènement de systèmes énergétiques locaux et de systèmes plus décentralisés tend à diminuer la teneur carbonée de notre énergie, la transition numérique propose un tout autre visage. Les impacts environnementaux directs et indirects liés à la démultiplication des usages numériques sont en fait largement sous-estimés (The Shift Project, 2018)

Comme le rappelle Monnoyer-Smith (2017), la transition numérique a connu une traduction matérielle extrêmement puissante et préoccupante pour produire les outils informatiques, batteries, écrans et autres composants nécessaires aux systèmes de captation et de gestion de l'information qui constituent des *smart grids*. A ce titre, certains métaux ont vu leur production doubler comme l'aluminium depuis les années 2000 en raison principalement de ces transformations liées au numérique. Dans un contexte où le recyclage de ces matériaux est faible et les réserves affaiblies, la transition numérique ouvre la voie à de fortes conflictualités autour des ressources, et à une augmentation des prix des plus recherchées, comme l'indium, le gallium ou le sélénium. Ces trois composants sont essentiels dans la mise en place des systèmes d'énergies renouvelables (éolien ou solaire) et donc au fonctionnement des réseaux décentralisés.

La transition numérique et ses traductions matérielles vient ainsi percuter la transition énergétique de façon assez orthogonale, et vient apporter de l'incertitude sur le fonctionnement à venir des réseaux techniques urbains. En France, la consommation électrique liée au numérique représente en 2008 déjà 14% de la consommation totale ; pire, elle a crû à un rythme d'environ 10% par an entre 1990 et 2005, soit une augmentation de 635kWh par ménage et par an ; l'ensemble représente peu ou prou l'équivalent des gains énergétiques recensés pour les équipements domestiques du type réfrigérateur ou machines à laver (Flipo, 2017). Les émissions de CO² dues au numérique ont crû de 450 millions de tonnes dans les pays de l'OCDE depuis 2013, alors que, dans le même temps, les émissions globales dans ces pays diminuaient de 250 millions de tonnes en équivalent CO² (The Shift Project, 2018) C'est ce qui conduit plusieurs chercheurs et ONG à considérer que les *smart grids* sont encore loin d'incarner des réseaux sobres et permettant une gestion écologiquement responsable des ressources (Créach, 2017 ; Flipo, 2017 ; The Shift Project, 2018). L'économiste Eloi Laurent le résume d'une formule cinglante : « La transition numérique a un rapport essentiel avec la transition écologique : en numérisant un monde que nous détruisons, elle devient la mémoire de notre échec » (Laurent, 2018). L'idée que ces tensions pourraient être résolues par le passage à une gestion des ressources (notamment minérales) comme biens communs (Monnoyer-Smith, 2017) semble davantage relever du vœu pieux que du projet politique construit et en cours de mise en œuvre.

Conclusions

L'urbanisme des réseaux de la ville industrielle a vécu. Ses modalités de fonctionnement et ses caractéristiques sont largement transformées par plusieurs transitions, concernant aussi bien les flux que les infrastructures. Cela n'est pas sans conséquence non plus sur les pratiques d'aménagement, puisque les projets urbains doivent davantage intégrer des choix techniques pour l'eau et l'énergie qui deviennent des marqueurs des projets. La logique du grand réseau et du tout-tuyau ne sont plus les outils inconditionnels et essentiels de l'approvisionnement en eau et en énergie des espaces urbains dans les villes occidentales, étayant l'idée d'une bifurcation infrastructurelle en cours sans que sa trajectoire soit pleinement stabilisée.

Un urbanisme post-réseau est-il en train d'émerger ? Les transitions qui rendent l'urbanisme des réseaux de la ville industrielle partiellement caduc sont marquées par des tensions non encore résolues et rendent difficile la qualification de ce qui se construit. D'un côté, la transition énergétique vise une ville sobre, sortant du grand réseau voire du tout-tuyau et réactivant des logiques de proximité. De l'autre, la transition numérique implique de nouvelles infrastructures : la forte empreinte matérielle du grand réseau classique se voit ainsi remplacée par une nouvelle empreinte matérielle non moins négligeable liée au déploiement du smart grid. Ces tensions ouvrent de nouveaux champs de recherche, notamment autour des conflictualités qu'elles peuvent générer, et des nouveaux modèles sociopolitiques et techniques que ces conflictualités sont amenées à produire. L'urbanisme de la ville sobre des réseaux en est encore à ses premières lignes, marquées par quelques ratures ; ses prochains chapitres sont encore à construire.

Bibliographie

- Barles S., Thébaut E. (2018), « Des réseaux aux écosystèmes : mutation contemporaine des infrastructures urbaines de l'eau en France », *Revue Tracés*, n°35, p. 117-136
- Barraqué B., Isnard L., Montginoul M., Rinaudo J.-D., Souriau J. (2011), « Baisse des consommations d'eau potable et développement durable », *Responsabilité et Environnement*, vol.63, p.102-108.
- Blanchard G. (2018), *Comment la maîtrise d'ouvrage urbaine conçoit-elle les choix d'aménagement ? Élaboration et assemblage des choix énergétiques à Bordeaux Euratlantique*, thèse de doctorat, Marne-la-Vallée, Université Paris Est, 550p.
- Coutard O. (2010), « Services urbains : la fin des grands réseaux ? », in Coutard, O. et J.-P. Lévy (éds.), *Ecologies urbaines*, Anthropos, Paris, p.102-129.
- Coutard O., Rutherford J. (2016), « Beyond the networked city : an introduction ». In O. Coutard, J. Rutherford (dir.), *Beyond the networked city : infrastructure reconfigurations and urban change in the North and South*, Routledge, Londres, p.7-24.
- Créach M. (2017), « Le point de vue d'une ONG environnementale », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, vol. 87, no. 3, p. 94-97.
- Debizet G. (dir.) (2016), *Scénarios de transition énergétique en ville. Acteurs, régulations, technologies*, Paris, La Documentation française, 200p.
- Defeuilley C. (2018), « Chapitre 3. Transition énergétique. Les trajectoires du changement ». In : D. Lorrain (dir.), *Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources*. Paris, Presses de Sciences Po, p. 93-110.
- Dupuy G. (1991), *L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes*, Paris, Armand Colin, 198p.
- Dupuy G. (2011), « Fracture et dépendance : L'enfer des réseaux », *Flux*, n°83, p.6-23
- Estache A. (dir.) (1995), *Decentralizing Infrastructure : Advantages and Limitations*, Discussion Paper 290, Banque Mondiale, 119p.
- Flipo F. (2017), « Peut-on croire aux TIC « vertes » ? », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, vol. 87, no. 3, p. 105-107.
- Florentin D. (2015), « La vulnérabilité des objets lents : les réseaux d'eau. Les enjeux des diminutions de consommation d'eau vus à travers un exemple allemand », *Annales de la recherche urbaine*, n°110, p.153-163.
- Florentin D. (2018) « La bifurcation infrastructurelle. Comment compléter les théories urbaines sur les réseaux techniques urbains ? », *Revue européenne des sciences sociales*, vol. 56-1, no. 1, p. 241-262.
- Florentin D., Denis J. (2018), « A hole in the pipe: material, urban and socio-political challenges of renewing water networks. Insights from French configurations », *American Association of Geographers' Annual Meeting*, Apr 2018, New-Orleans, United States.

Graham S., Marvin S. (2001), *Splintering Urbanism. Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition*, Routledge, Londres, 512p.

Guérin-Schneider L. (2011), « Histoires des services publics d'eau potable et d'assainissement : entre stabilité et reconfiguration ». In G. Bouleau, L. Guérin-Schneider (dir.), *Des tuyaux et des hommes*, Editions Quæ, « Indisciplines », Versailles, p.23-48.

Henke C. (2007), "Situation normal? Repairing a risky ecology", *Social Studies of Science*, n°37, p.135-142.

Hommels A. (2005), « Studying obduracy in the city : toward a productive fusion between technology studies and urban studies », *Science, Technology and Human Values*, n°30, p.323-351.

Jackson T. (2005), *Motivating Sustainable Consumption. A Review of evidence on consumer behaviour and behavioural change*, rapport pour le Sustainable Development Research Network, University of Surrey, Guildford, 170p.

Jaglin S. (2012), « Services en réseaux et villes africaines : l'universalité par d'autres voies ? », *L'Espace Géographique*, vol.41, no. 1, p. 51-67.

Kluge T., Scheele U. (2008), „Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft“. In T. Moss, M. Naumann, M. Wissen (dir.). *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*, Oekom Verlag, Munich, p.143-172.

Laurent E. (2018), « Et si nous nous trompions de transition », tribune parue dans *Libération* https://www.liberation.fr/debats/2018/11/17/et-si-nous-nous-trompions-de-transition_1692567

Lesgards V. (2011), « Grappes d'innovations sur les réseaux électriques et les concessions des collectivités locales (eau, déchets). Une lecture schumpeterienne du smart grid », *Innovations*, n°34, p. 57-76.

Lopez F. (2014), *Le rêve d'une déconnexion. De la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Editions de la Villette, Paris, 320p.

Lorrain D. (2018), « Introduction ». In D. Lorrain (dir.), *Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources*, Presses de Sciences Po, Paris, p. 9-28.

Magnusson D. (2012), « Swedish district heating sector - A system in stagnation : Current and future trends in the district heating sector », *Energy Policy*, vol.48, p.449-459.

Monnoyer-Smith L. (2017), « Transition numérique et transition écologique », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, vol. 87, no. 3, p. 5-7.

Monstadt J. (2009), « Conceptualizing the political ecology of urban infrastructures : insights from technology and urban studies », *Environment and Planning A*, vol.41 (8), p.1924-1942.

- Monstadt J., Wilts H. (2014), « Greening the German rustbelt ? Energy and waste management in the Ruhr district », papier présenté à la conférence 'Interlinking urban infrastructure systems : from sectoral to integrated approach', Tützing, 22p.
- Moss T. (2008), « “Cold spots” of urban infrastructure: shrinking processes in Eastern Germany and the Modern Infrastructural Ideal », *IJURR*, p.436-451.
- Naumann M., Bernt M. (2009), « When the Tap stays dry : Water Networks in Eastern Germany », *Local Environment*, vol.14, n°5, p.461-471.
- Offner J.-M. (1996), « Réseaux et Large Technical System : concepts complémentaires ou concurrents », *Flux*, p.17-30.
- Pollard J. (2018), « Chapitre 1. La sobriété énergétique à Genève ». In : D. Lorrain (dir.), *Villes sobres. Nouveaux modèles de gestion des ressources*, Presses de Sciences Po, Paris, p. 53-71
- Rutherford J., Coutard O. (2016), « Coda ». In O. Coutard, J. Rutherford (dir.), *Beyond the networked city: infrastructure reconfigurations and urban change in the North and South*, Routledge, Londres, p.278-281.
- Schik L., Gad C. (2015). « Flexible and inflexible energy engagements—A study of the Danish Smart Grid Strategy », *Energy Research & Social Science*, vol. 9, p.51–59.
- Serres M. (1990), *Le contrat naturel*, François Bourrin, Paris, 192p.
- Shift Project (The) (2018), *Lean ICT. Pour une sobriété numérique*, <https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-final-v8-WEB.pdf>
- (de) Swaan A. (1988), *Sous l'aile protectrice de l'Etat*, PUF, Paris, 384p.
- Tabourdeau A., Debizet G. (2017). « Concilier ressources *in situ* et grands réseaux : une lecture des proximités par la notion de nœud socio-énergétique », *Flux*, vol. 109-110, no. 3, p. 87-101.
- Tarr J., Dupuy G. (1988), *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and North America*, Temple University Press, Philadelphie, 360p.
- UKWIR (United Kingdom Water Industry Research) (2010), *21st Century Distribution Networks*, UKWIR, Londres, 140p.
- Villarín Clavería M. C., Camarillo Naranjo J.-M. (2012) « Factores que intervienen en el consumo doméstico de agua en las viviendas unifamiliares del municipio de Sevilla. Estudio a microescala », communication à la conférence ibérique de Lisbonne, 11p.
- (van) Vliet B., Chappells H., Shove E. (2005), *Infrastructures of consumption. Environmental Innovation in the Utility Industries*, Earthscan, Routledge, Londres, 130p.