

Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique

Gilles Debizet, Stéphane La Branche

▶ **To cite this version:**

Gilles Debizet, Stéphane La Branche. Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique. Baggioni Vinvent; Burger Cécile; Cacciari Joseph; Mangold Marie. Repenser la transition énergétique Un défi pour les sciences humaines et sociales, Presse Universitaire de Rennes, 2019, 978-2-7535-7808-1. hal-01962581

HAL Id: hal-01962581
https://hal.science/hal-01962581

Submitted on 26 Apr 2022

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.

Gilles Debizet, Stéphane La Branche. Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique. Baggioni, Burger, Cacciari et Mangold (sous la dir.), *Repenser la transition énergétique Un défi pour les sciences humaines et sociales*, Presse Universitaire de Rennes, 2019

Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique

Gilles Debizet et Stéphane La Branche
Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Science Po Grenoble, PACTE, 38000 Grenoble, France

Mots- clés : modèle économique, prospective technologique, assemblage socio-énergétique, acteur-pivot

Introduction

La transition énergétique renvoie à un objectif normatif : la sortie de notre civilisation des énergies fossiles afin de limiter le changement climatique. Pour définir et spécifier l'ampleur des changements à opérer – entre souhaitable et plausible - et la trajectoire, des scénarios prospectifs quantitatifs ont été élaborés et repris par une pléthore d'acteurs publics, associatifs et privés. Reposant essentiellement sur les sciences économiques et technologiques, ils servent à évaluer et surtout, à donner une direction en amont des politiques publiques, que ce soient les mécanismes de régulations économiques tels que la taxe carbone ou le développement de technologies telles que le nucléaire et les renouvelables. Relayés et légitimés par de nombreux acteurs, ces scénarios construisent des visions du futur « objectivées » plus ou moins partagées ; ils alimentent les débats sur la transition énergétique en particulier sur le poids relatif des énergies renouvelables, fossiles et fissiles qui fut un des principaux points de clivage des élections présidentielles françaises de 2012.

Certains scénarios, tels ceux proposés par l'Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie (ANCRE)[1] se fondent sur le levier prix, chers aux économistes : les producteurs ou les consommateurs d'énergie sont considérés comme des agents dont les comportements sont essentiellement si ce n'est exclusivement, influencés par la variable prix sensée mettre en correspondance l'offre et la demande. Des filières énergétiques sont recensées ; elles joignent des usages à des ressources, les uns et les autres étant peu spatialisés. D'autres scénarios, tel le scénario Négawatt[2], reposent sur les potentialités de déploiement de technologies et renouvellent la catégorisation des filières. Dans les deux cas, il s'agit de réduire la consommation par le biais de l'efficacité technique et la sobriété comportementale et de substituer dans le bouquet énergétique, tout ou partie des énergies fossiles et fissiles par des énergies renouvelables. Les « nouvelles technologies » et, pour une part, les incitations économiques sont les deux principaux moteurs de ces familles de scénarios.

Puisque les représentations du réel sur lesquelles elles sont fondées réduisent les mécanismes de la transition énergétique à des dimensions économiques ou techniques, ce sont des facteurs tels que la pénétration de nouvelles technologies ou les niveaux de prix insérés dans les exercices et les calculs des scénarios qui se retrouvent au cœur des débats sur la transition énergétique. Ainsi, la part du nucléaire dans le mixte électrique a accaparé les discussions, alors que le vecteur « électrique » représente à peine 20% de la consommation d'énergie en France.

[1] http://www.allianceenergie.fr/page000100dc.asp?card=985
[2] https://negawatt.org/scenario/

Il ne s'agit pas d'avancer que l'exercice de scénarisation est vain. Aykut et Dahan (2015) en montrent, par exemple, l'apport aux options du "tournant énergétique" allemand. Ils montrent aussi que les arènes de discussion et d'expertise préparant la décision politique hybridaient systématiquement des mondes sociaux différents de ce pays : cela a contribué à la force et à la pérennité du consensus politique outre-rhin. A contrario, en France, les scénarios ont été construits dans des mondes sociaux spécifiques. D'un côté, le scénario ANCRE - porté par les institutions publiques de la recherche en énergie - propose des variantes prenant en compte des sensibilités différentes de ces acteurs et apparaît comme un outil d'aide à la décision du gouvernement en matière de futurs énergétiques décarbonnés (Alazard et al. 2014). D'un autre côté, le scénario NégaWatt émane d'associations militant pour un futur neutre en carbone et déchets radioactifs et s'avère servir de référence dans de nombreux Plans Climat et dans les nouveaux TEPOS que portent les territoires.

Les scénarios aident à donner une direction à de nombreuses politiques publiques pour atteindre l'objectif commun d'une société post carbone mais ils résonnent différemment selon les acteurs : l'Etat versus les territoires, les grandes opérateurs versus une diversité d'organisations ancrées dans des réseaux professionnels et citoyens. Quels qu'ils soient, ces scénarios tendent à extraire les technologies de leur tissu social comme si elles en étaient indépendantes autant lors de leur installation qu'au cours de leurs usages – usages moyennés à l'ensemble d'une population. Quant aux acteurs produisent ou consomment de l'énergie, ils sont considérés comme des agents animés par la rationalité économique et l'objectif de sobriété (NégaWatt), et coordonnés entre eux par les prix (ANCRE). La question qui se pose alors est la suivante : quels seraient des scénarios prospectifs qui intégreraient à la fois les questions de technologies, les jeux d'acteurs et leurs espaces dont la logique économique ne serait qu'un facteur parmi les autres ? Cela nous conduit à soulever trois questions qui structurent ce chapitre.

La première porte sur la structuration des scénarios technico-économiques utilisés en France : prend-elle en compte la variété des formes d'arrangements entre production et consommation ? La deuxième porte sur l'élaboration de scénarios centrés sur les acteurs : quels sont les concepts disciplinaires, les mises à l'épreuve mobilisés ? La troisième est celle de l'effet potentiel de scénarios alternatifs : une prospective énergétique scénarisée fondée sur l'acteur conçu par les Sciences Humaines et Sociales pourrait-elle déplacer le contenu des débats associés aux scénarios prospectifs sur la transition énergétique ?

Ayant contribué à la construction des scénarios de transition énergétique en ville prenant en compte les acteurs, les technologies et les régulations (Debizet, 2016), notre ambition est de souligner l'apport des sciences humaines et sociales non seulement pour critiquer des constructions prospectives mais aussi pour en proposer de nouvelles et alimenter les débats de société, tant techniques que politiques sur les trajectoires de la transition énergétique. Dans la première partie de l'article, nous présentons quelques critiques des scénarios technico-économiques au prisme des dynamiques entre acteurs, pour ensuite présenter des scénarios alternatifs, mettant l'acteur au cœur de la prospective, afin de formuler des réflexions critiques sur la transition énergétique.

1.1 Les scénarios technico-économiques au prisme des dynamiques relationnelles des acteurs

L'objectif de réduction des émissions des gaz à effet de serre pour lequel une transition énergétique est requise est décliné en plusieurs volets :

- Associée à la consommation d'énergie, **la sobriété** concerne les pratiques des utilisateurs finaux de l'énergie. Ceci concerne non seulement ce qui relève de l'habitat et des lieux d'activité (chauffage, climatisation, eau-chaude sanitaire, éclairage, informatique et audiovisuels, poste de travail, voire d'équipement) mais aussi de la mobilité (report modaux vers des modes doux) et de leur consommation alimentaire et de biens (choix de produits nécessitant moins d'énergie grise

et/ou dont la production et le transport émettent moins de gaz à effet de serre …). Ici, l'acteur clé est le consommateur final.

- Associée à la production d'énergie, **les énergies renouvelables** sont promues en substitution des énergies fossiles émettrices de gaz à effets de serre. Cette substitution est déclinée par filière énergétique, et l'on parle ainsi de basculement de la composition du mix électrique : éolien, photovoltaïque, hydraulique, hydrolienne… se substituent aux centrales thermiques de production d'électricité utilisant des énergies fossiles et/ou fissiles. Le biogaz et le bio-carburant - c'est à dire récupérant directement le méthane et l'alcool liés à la décomposition « naturelle » et rapide des matières végétales - sont appelées à remplacer le gaz et le pétrole d'origine fossile. Pour le moment, la tendance en France est plutôt à l'injection des énergies renouvelables dans les réseaux nationaux et déjà existants de transport et de distribution (respectivement électrique, gaz et pétrole). Cependant, un nombre croissant de voix et d'expérimentations visent la mobilisation directe de ces énergies renouvelables par les entités consommatrices (bâtiments notamment) et les territoires. Ceci se traduirait par une réduction des flux transportés et distribués par les grands réseaux. Nous n'insisterons pas ici sur la controverse relative aux énergies fissiles – utilisées dans les centrales nucléaires - qui distingue les scénarios mentionnés plus haut. Mais il apparait que le déploiement des EnR pourraient contribuer à la montée en puissance de nouveaux acteurs de l'énergie : par exemple, l'individu citoyen qui peut ou non installer des panneaux photovoltaïques ou refuser des projets d'éolien ; les collectivités territoriales qui peuvent favoriser ou mettre en œuvre directement une économie circulaire de l'énergie, les coopératives énergétiques…
- Intermédiaire entre ces deux volets, **l'efficacité énergétique** est associée à des aspects purement techniques de l'énergie ; par exemple, des appareils électroménagers plus efficaces, des réseaux de distribution avec moins de pertes en ligne ou bien encore des bâtiments techniquement plus performants. L'efficacité couvre aussi la gestion de l'énergie qu'elle soit positionnée du côté de la consommation (par exemple, la programmation du chauffage à certaines heures ou dans certaines pièces d'une maison en fonction de son occupation), du côté de la production (par exemple accroissement du stockage pour mobiliser davantage des énergies solaires et éoliennes qui sont intermittentes) voire des deux côtés (par exemple, pour rapprocher consommation et production d'énergie d'un bâtiment). A cet égard, le stockage et les smartgrids qui se diffuseront dans les années à venir, sont les éléments-clés de la stabilité des réseaux et de l'optimisation conjointe de la production et de la consommation. Dans ces cas, l'acteur central étatique peut émettre des normes et des législations ; les collectivités et les acteurs industriels peuvent planifier et ces derniers exploiter des infrastructures…

Au-delà de la délicate distinction entre la catégorie efficacité et les deux premières catégories[3], nous entrevoyons des difficultés à distinguer la production d'énergie renouvelable et la consommation. Par exemple, la mobilisation d'énergies renouvelables in situ par les bâtiments l'illustre : les apports énergétiques directement reçus par un bâtiment réduisent le soutirage d'énergie sur le(s) réseau(x). La question qui se pose alors : contribuent-ils dans les scénarios technico-économiques à la sobriété (réduction de la consommation) ou à la production renouvelable ? Cette distinction dépend de l'acteur et de l'échelle considérés. Imaginons un usager final occupant une partie d'un bâtiment alimenté en énergie par des panneaux solaires et par un réseau public : l'apport solaire au bâtiment ne réduit pas la consommation relevée sur le compteur de l'usager final ; en revanche, il réduit le soutirage sur le réseau – et la consommation facturée - de l'ensemble du bâtiment. Autrement dit, l'installation de ces panneaux serait à classer dans le déploiement des énergies renouvelables si l'on considère l'ensemble strict des usagers finaux, et à classer dans les efforts de sobriété ou d'efficacité si l'on considère l'ensemble du bâtiment connecté au réseau d'énergie. Avec le développement de la mutualisation entre

[3] Les recoupements entre efficacité et les catégories production et consommation sont illustrés par la figure de la page 12 du Dossier des synthèse Scénario Négawatt 2017-2050, https://negawatt.org/IMG/pdf/synthese_scenario-negawatt_2017-2050.pdf consulté le 9 mars 2017.

plusieurs bâtiments d'équipements de capture des énergies renouvelables in situ, cette ambiguïté s'étend au-delà du bâtiment : à l'échelle du quartier, du village (il y a de plus en plus de « centrales solaires villageoises ») voire d'un territoire plus vaste.

En résumé, les volets des scénarios technico-économiques de la transition énergétique ne prennent en compte que les échanges entre des acteurs transitant par des réseaux publics ou assurées par des entreprises patentées du secteur de l'énergie : ainsi une partie des circularités croissantes permises par la capture in-situ ou locale des énergies renouvelables n'est pas prise en compte. On peut donc s'interroger sur la capacité des scénarios à évaluer les effets de potentielles régulations (règles ou incitations) modifiant les relations entre les acteurs de l'énergie, de l'aménagement et de la construction.

Nous insistons donc sur le fait que la transition suppose des changements substantiels qui ne relèvent pas que du progrès des technologies et des seuls ajustements de prix : les relations entre les acteurs sont déterminantes dans la conduite de la transition tout autant que leur propre logique interne. Il peut exister des problèmes d'adéquation entre des efforts environnementaux et des systèmes de gouvernance (« *institutional misfits* ») selon Young (2003). Cet auteur note trois types d'inadéquation institutionnelle : la fragmentation juridictionnelle[4], la domination de perspectives managériales limitées et la vision étriquée associée à ces restrictions[5], l'obsolescence des arrangements institutionnels face aux changements technologiques[6]. Ceci renvoie alors aux questions de la gouvernance et de « capacité institutionnelle » : les efforts de gouvernances climatique et énergétique peuvent être niés par *la structure même des institutions impliquées*, en raison des lourdeurs, habitudes et cultures institutionnelles et ce, quelles que soient les intentions énergétiques de l'organisation. Young met en avant que l'inertie (“*stickiness”*) naturelle des institutions peut nécessiter un changement de fonctionnement et *d'identité*[7] pour qu'elles puissent contribuer à la lutte contre le changement climatique ou le gaspillage énergétique, par exemple (Young 2002). Ainsi, on peut très bien envisager qu'un acteur ayant de tels problèmes soit associé à un autre ou à plusieurs sur un même projet et que cela ait des effets négatifs sur leurs interactions et au final, sur le projet en soi.

Il ne s'agit pas ici de nier la valeur des scénarios existants mais d'en souligner les limites qui, si elles sont souvent reconnues par leurs concepteurs, tendent à être ignorées ou sous-évaluées par leurs utilisateurs, acteurs de la TE, comme s'ils offraient une panoplie de réponses suffisantes pour répondre à ses défis. Sans rejeter ces exercices de prospectives, les approches technico-économiques permettent de mesurer la rentabilité d'une technologie ou d'une EnR « toutes choses étant égales par ailleurs ». Or justement : i) les autres choses ne sont pas égales car le déploiement d'une technologie au détriment d'une autre change les organisations puis les règles de coordination, et ii) que la généralisation modifie les prix de l'énergie comme le tournant énergétique allemand l'a déjà montré et enfin que iii) les coopérations et les conflits entre les différents acteurs de l'énergie augmentent en nombre, en diversité et en complexité d'interactions – notamment si les politiques de diversification et d'imbrication des énergies commencent à réussir - et, par conséquent, fragilisent les trajectoires planifiées à une macro-échelle.

Les controverses et les conflits entre les acteurs sont à comprendre aussi par les différences de représentations, d'identités et de règles professionnelles qui ont été construites sur de longues périodes (la fameuse dépendance au sentier institutionnel de Pierson, 2000). Un ensemble cohérent et stable d'infrastructures, de règles et de organisations constitue précisément le régime sociotechnique, celui qui

[4] par exemple, la santé des systèmes marins qui est affectée par quatre zones différentes, que sont les **Z**ones **E**conomiques **E**xclusives (ZEE), les hautes mers, les mers territoriales et les zones costales. La multiplicité de ces zones fait que l'harmonisation est très difficile YOUNG O., 2003, p 379

[5] c'est le cas, par exemple, de pratiques managériales qui se concentrent seulement sur les ressources vivantes qui présentent un intérêt commercial marchand, Id, p 380

[6] par exemple, les régimes existants qui règlementent la pêche sont aujourd'hui obsolètes car ils ont été créés avant l'apparition de gros chalutiers de pêche. Ces derniers peuvent décimer très rapidement des populations marines Ainsi, d'après Young, il faudrait revoir la règlementation dans son ensemble, Id, p 381

[7] Young, 2002b, p.23-24.

forme un sentier de dépendance à court et moyen terme mais dont la transformation signifie l'aboutissement de la transition (Geels & Schot 2007). .

A ce stade de notre argument, l'on comprend bien que les scénarios technico-économiques peuvent aider à décider des efforts de R&D ou des incitations sur des technologies qui apparaitraient plus prometteuse en terme de réduction de gaz à effet de serre que celles actuellement prédominantes. En revanche, ils sont impuissants à repérer quelles entités - bénéficiaires des efforts et des incitations - seraient les plus à mêmes d'amorcer et d'accélérer la transition énergétique. Ils ne sont pas non plus en mesure d'évaluer les effets sociaux, politiques et territoriaux des efforts à déployer. Pour traiter ces questionnements, il faudrait :

1- adopter une vision systémique et multi-scalaire de l'énergie plutôt que cloisonnée en production, distribution, consommation etc. ;
2- adopter une approche par acteur plutôt que par technologie ;
3- prendre en compte les régimes sociotechniques de l'énergie plutôt que considérer la réduction du prix relatif d'une technologie comme le moyen le plus « efficace » de la déployer.

Nous proposons donc de dépasser la vision dominante distinguant les lieux de consommations et les lieux de production en considérant l'ensemble des systèmes énergétiques comme le résultat d'un assemblage d'actions portées par une diversité d'acteurs en interaction.

Nous reconnaissons qu'il est peu probable que l'on puisse à court et moyen terme caractériser de façon quantitative des facteurs qualifiant les relations entre ces acteurs. D'une part, comme nous l'avons évoqué précédemment, les statistiques manquent pour mesurer une part non négligeable de la mobilisation d'énergies in situ notamment celles qui sont échangées sans passer par un réseau public ; d'autre part, l'accroissement du nombre de facteurs pris en compte dans un modèle démultiplient considérablement le paramétrage et la pondération des causalités, et ce faisant, réduit drastiquement la fiabilité du modèle. Enfin, l'hypothèse de changement de régime place le jeu d'acteurs dans des situations jamais observées et donc susceptibles de modifier de façon peu prévisibles les paramètres calés sur des observations passées. Une approche systémique, multi-scalaire, prenant en compte des rationalités non-strictement économiques des acteurs ne peut donc être que qualitative.

Considérer les systèmes énergétiques comme un assemblage à la fois de système énergétique et d'acteurs était l'hypothèse constitutive de la recherche « Ecoquartier Nexus Energie » consacrée aux systèmes énergétiques dans les projets urbains novateurs. Le parti pris était d'en rester à une modélisation qualitative. Pour bien mettre en évidence les possibilités induites par le rapprochement entre consommation et production et des interactions entre acteurs, nous avons choisi de focaliser nos analyses sur les espaces urbanisés, là où les consommations sont les plus importantes et où les réseaux sont remis en cause (Coutard et Rutherford 2013).

Plus précisément, dans cette recherche, les systèmes énergétiques urbains sont constitués par un assemblage de nœuds socioénergétiques (NSE), c'est-à-dire un ensemble d'éléments assurant la transformation, le transport ou le stockage d'énergie supervisé par un même acteur décisionnel en interaction avec des actants, humains et non-humains (Debizet 2016, p169)[8]. La finalité opérationnelle de cette recherche consistait à produire des scénarios de transition énergétique en ville à l'horizon 2040, sans les contraintes des régimes politiques et sociotechniques[9] en vigueur actuellement.

[8] La définition du NSE a été légèrement modifiée suite au commentaire d'un relecteur, que nous remercions.

[9] Nous entendons par régime sociotechnique un ensemble stabilisé d'infrastructures matérielles, d'organisations et de règles liant les deux premières entre elles (Geels 2004).

1.2 L'élaboration de scénarios prospectifs selon le type d'acteur-pivot

Dans le cadre de la recherche Ecoquartier Nexus Energie , des chercheurs en géographie et urbanisme, en gestion, en technologie, en sciences politiques et économiques ont croisé leurs regards sur des objets communs : les systèmes énergétiques urbains. Ils ont analysé les interactions et les représentations des acteurs de l'énergie, ainsi que des acteurs de l'urbanisme et de la construction qui jouent un rôle décisionnel en termes de programmation et de conception des systèmes énergétiques. Ils ont ensuite élaboré quatre scénarios prospectifs centrés sur un type d'acteur-pivot (Brullot 2009, Michell et al. 1997).

« *Est pivot l'acteur capable de mobiliser d'autres acteurs en fonction de son intérêt, de sa légitimité et du pouvoir de coercition qu'il peut exercer sur eux. La coercition renvoie à la capacité d'un acteur à forcer, contraindre, voire punir, d'autres acteurs à obéir une règle (...). La légitimité renvoie plutôt à la capacité d'un acteur à convaincre d'autres acteurs que ses actions, ses idées, ses objectifs sont valables, vrais ou méritant en soi d'être respectés. Selon les circonstances, un acteur ne disposant que d'une ou deux des trois qualités peut s'allier avec un autre pour jouer ensemble un rôle pivot s'ils sont portés par la même volonté d'action* » (Buclet et al. 2016, p14).

Un corpus commun composé d'une part de publications relatives à une cinquantaine d'écoquartiers européens (Blanchard et Debizet 2015), puis et d'autre part, d'une enquête approfondie menée auprès de 40 professionnels et d'élus dans quatre écoquartiers français a fait l'objet d'analyses mono-disciplinaires puis de confrontations interdisciplinaires pour construire des connaissances ajustées et étayées mais pas nécessairement partagées par l'ensemble de l'équipe de chercheurs. Ces connaissance ne reflètent pas nécessairement la vision d'un acteur interrogé. Elles résultent bien d'une construction analytique dont les récits des acteurs interrogés sont la source. .

Elles ont fait apparaître un consensus à propos du rôle essentiel - mais variable selon les quartiers - joué par un nombre limité d'acteurs dans le choix des systèmes techniques et leur échelle. Les regards disciplinaires se focalisent sur des logiques et des modalités d'actions : les modèles d'affaire (Gauthier et Gilomen 2015), la gouvernance de l'innovation urbaine (La Branche 2015), la dimension technico-économique (Menanteau et Blanchard 2014) ou les régimes sociotechniques (Debizet et al. 2016a, Debizet et al. 2016b). Caractérisés par des logiques et des champs d'actions bien spécifiques, trois grands types d'acteurs ont été clairement identifiés pour leur rôle essentiel dans les projets urbains et la mutualisation énergétique de proximité : les grandes entreprises pourvoyeuses de systèmes énergétiques urbains, les collectivités locales pilotes de la fabrique du territoire et les acteurs coopératifs collectifs de consommateurs reprenant en main l'énergie. A ces 3 types d'acteurs, l'équipe de chercheur a ajouté l'Etat, non qu'il interagit dans le jeu d'acteurs d'un projet urbain mais parce qu'il définit des réglementations et des régulations qui cadrent le jeux d'acteurs.

L'équipe de chercheurs a ensuite mené une analyse morphologique selon les méthodes usuelles de prospective développées par la revue *Futuribles* : une poignée de variables ont été identifiées puis déclinées spécifiquement pour chaque scénario (Debizet 2016, p179). Un atelier rassemblant une quinzaine de témoins des secteurs de l'énergie, de la construction et de l'aménagement a permis de recueillir les peurs et les attraits vis-à-vis de changements et de les hiérarchiser selon la méthode PAT-Miroir (Le Cardinal et al. 2001). Ainsi, ont été repérées et précisées les logiques d'actions les plus structurantes et les plus pérennes selon l'acteur-pivot.

Intégrant la variété des points de vue des chercheurs et des acteurs, ces scénarios ne privilégient ni une approche participative ou bottom up de la transition énergétique, ni une approche top-down, l'une et l'autre excluant généralement des futurs possibles et tendant à gommer les conflits et les inégalités de pouvoir (La Branche, 2009)[10]. En conférant plus de pouvoir à un type d'acteurs plutôt qu'à un autre, ces scénarios incarnent des évolutions possibles des régimes sociotechniques : ils montrent ainsi en quoi

[10] Nous ne présumons pas d'emblée que la participation soit nécessairement le principe organisateur de la transition énergétique : voir aussi les travaux du réseau Approche Critique du Développement Durable cf. http://www.reseaucritiquesdeveloppementdurable.fr/.

des changements de règles influencent le déploiement des technologies énergétiques et leur échelle spatiale. Pour faciliter l'explication et souligner la cohérence interne, nous présentons les scénarios de manière indépendante les uns des autres ci-dessous, alors que certains pourraient cohabiter dans la réalité future dans le même pays voire dans la même ville.

1.3 Les quatre scénarios de transition énergétique en ville

- Scénario *Grandes Entreprises*

Capables de mobiliser des capitaux importants dans des équipements de production d'énergie renouvelable et de gestion en temps réel, de grandes entreprises déploient des systèmes multi-énergies pilotés à l'échelle de grands morceaux de ville. Une entreprise ensemblière -ou un consortium - vend aux consommateurs finaux des services intégrés définis par un contrat de performance négocié avec la collectivité locale (fiabilité minimale et tarif de base, exprimés sous forme d'énergie ou de température garantie). En outre, l'entreprise propose aux abonnés une gamme de services énergétiques supplémentaires (tarification dynamique, confort supplémentaire, pilotage de l'énergie à distance...). L'entreprise capte une partie de l'énergie sur place (solaire, géothermique...) et recourt, selon les moments, au marché via le réseau européen d'électricité dans des proportions maximisant le bénéfice. Elle déploie également dans l'espace urbain des équipements convertissant des flux électriques en chaleur - voire en gaz - afin de stocker les excédents d'électricité éolienne et solaire locaux ou européens (achetés à bas prix sur le marché) en anticipation de la consommation. Elle privilégie des solutions complexes et de haut niveau technologique de type smart grid lui permettant de limiter la concurrence de nouveaux entrants.



Insérer Debizet-Labranche-Acteshs-GE_001.tiff

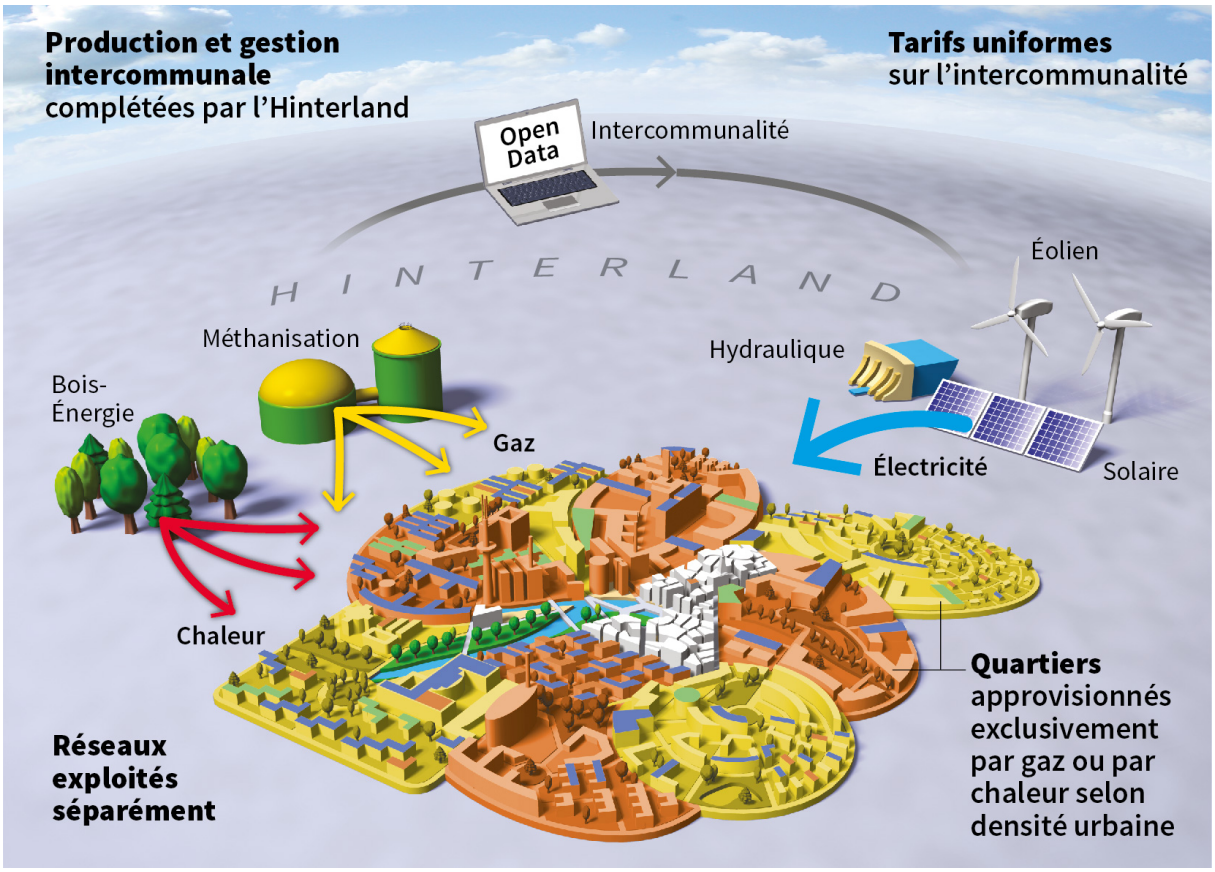
Figure 1 : Scénario *Grandes entreprises* Echelle ville (nexus-energy.fr)

Soucieuses de maintenir la concurrence et de garder une marge d'influence, les autorités publiques ne concèdent à ces entreprises multi-énergies que des morceaux de l'espace urbain en particulier dans les grandes métropoles. Les zones du territoire métropolitain dont la demande d'énergie est faible - du fait d'une faible densité (périurbain, zones pavillonnaires ...), de l'autoconsommation (idem) ou de la faiblesse des revenus des ménages - sont a priori peu concernées. Le modèle d'affaires peut entrainer des inégalités d'accès à l'énergie entre les quartiers ainsi qu'entre les ménages d'un même quartier du fait d'offres de service différenciées. La question d'une taxe redistributive finançant le réseau local et national ou bien d'une péréquation économique intra-métropolitaine entre les zones gérées par une entreprise multi-énergie et les autres zones se posera.

Des signes précurseurs de ce scénario peuvent déjà être observés dans les propositions commerciales ou prospectives formulées par des grands groupes, notamment ceux disposant de filiales dans les domaines de l'aménagement, de l'immobilier et des services énergétiques. D'autres grandes entreprises initialement issues d'un métier - les télécommunications, le matériel électrique ou le service informatique - tentent elles aussi de prendre position sur l'activité de gestionnaire énergétique de parcs de bâtiments, une activité qui combine consommation, production et stockage.

- Scénario *Collectivités Locales*

Motivée par la réduction de la facture énergétique et l'équité d'accès à l'énergie pour les ménages, l'intercommunalité (ou la métropole) planifie la distribution, la production, le stockage et supervise la gestion des réseaux d'énergie. Elle encourage la sobriété et le recours aux ressources de proximité (solaire, éolien, hydraulique, bois, etc.) et aux moyens de stockage locaux (réservoirs thermiques, hydroélectriques, méthane). La collectivité locale -dont le territoire s'étend au bassin métropolitain- vise une forte autonomie énergétique pensée avec son arrière–pays et complétée par des échanges avec d'autres territoires via les réseaux -électrique et gaz - nationaux ou européens dans le cadre de contrats de coopération à long terme ou du marché à court terme.



Insérer Debizet-Labranche-Acteshs_CL_002.tiff

Figure 2 : Scénario *Collectivités locales* Echelle ville (nexus-energy.fr)

L'intercommunalité incite à une forte mixité fonctionnelle dans les quartiers afin d'augmenter le ratio des recettes relatives au flux rapportées au coût du réseau[11]. Assuré par une taxe sur les flux, le financement des réseaux de transport de gaz et d'électricité décline en même temps que leur capacité technique. La production et le stockage localisés – ainsi que la rénovation thermique des bâtiments - dans les aires urbaines (y compris hinterland) réduisent en effet à la fois les volumes d'énergie et les sollicitations de pointe de ces réseaux. Des différences économiques (tarification, fiscalité, etc.) et de qualité de service (fiabilité de la distribution) entre les territoires s'accentuent. Une taxe nationale sur l'énergie ou des transferts entre métropoles est nécessaire pour une péréquation territoriale.

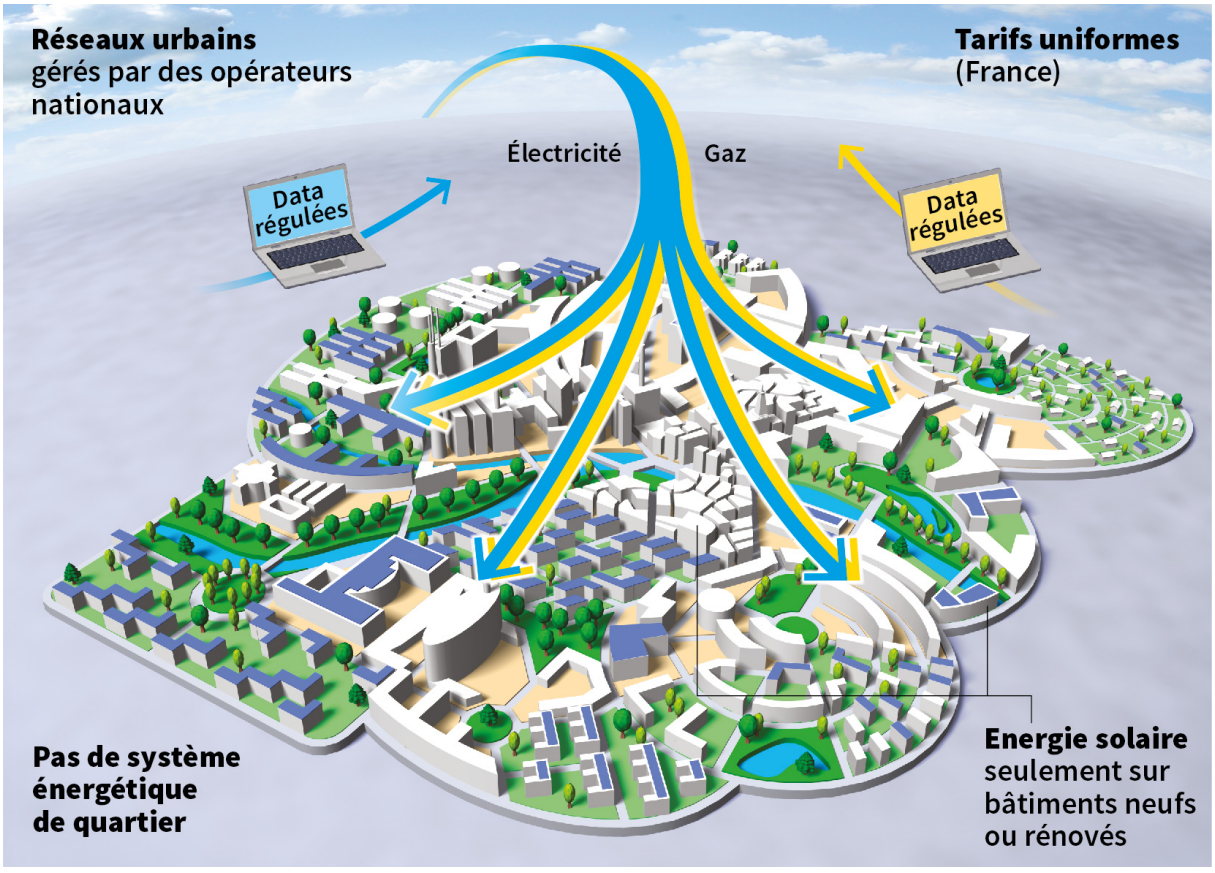
Des signes précurseurs de ce scénario peuvent déjà être observés dans les écoquartiers et les territoires à énergie positive (TEPOS ou TEPCV)[12] initiés par des intercommunalités tant rurales qu'urbaines, avec les encouragements de l'Etat. La théorisation de ces démarches - notamment le concept d'économie circulaire - peut effectivement conduire à la mise en place de dispositifs économiques locaux visant à encourager la production renouvelable et le stockage d'énergie au plus près de la consommation.

[11] La mixité fonctionnelle lisse la courbe de demande d'énergie. Pour une même puissance nominale des tronçons de réseau desservant le bâtiment ou le quartier, elle augmente substantiellement le volume d'énergie transitant pendant une période donnée.

[12] Les TEPOS relèvent d'une démarche encouragée par quelques Régions tandis que les TEPCV ont fait l'objet de labellisation et de soutien financier par l'Etat central.

- Scénario *Etat prescripteur*

Motivé par l'efficacité carbone, l'indépendance énergétique du pays et l'égalité entre citoyens, l'Etat impose des solutions et des performances précises et strictes en mobilisant tous les instruments à sa disposition : planification, règlementation, fiscalité, subvention, tarification, etc. La conception des réseaux et des infrastructures nécessaires à l'efficacité et la fiabilité est assurée par l'Etat et les entreprises publiques nationales. L'exploitation des ressources renouvelables est optimisée à l'échelle nationale : ces acteurs privilégient les grands projets associés à des moyens massifs de stockage en fonction des ressources : parcs éoliens dans les corridors, solaires au sud, hydrolienne en mer du nord, centrale hydraulique en montagne, centrale thermique au bois dans les régions forestières et au méthane dans les régions agricoles. Le réseau étant fortement sollicité par cette spécialisation régionale et l'éloignement entre les lieux de production et de consommation, ces acteurs encadrent rigoureusement les *smartgrids* de façon à limiter la charge sur le réseau de transport lors des pointes de consommation et à lisser les pointes à l'échelle nationale.



Insérer Debizet-Labranche-Acteshs_EP_003.tiff

Figure 3 : Scénario *Etat prescripteur* Echelle ville (nexus-energy.fr)

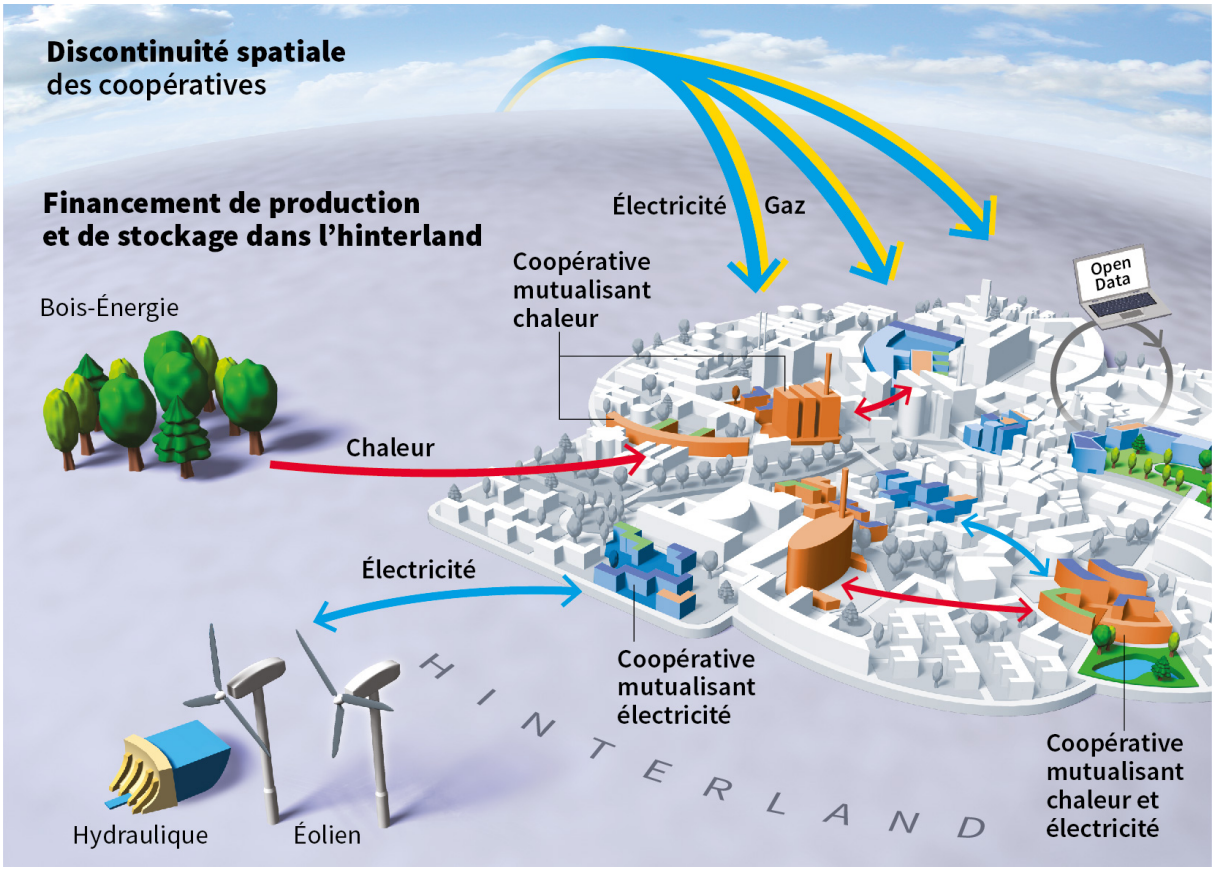
Afin de réduire la demande de pointe, le stockage pourrait être imposé dans les nouvelles constructions et dans les bâtiments anciens bénéficiant d'aides nationales mais il favorise des modèles d'affaires *smart grids* portés par de nouveaux fournisseurs. L'Etat garantit l'accès à l'énergie à un prix uniforme sur le territoire national, prix qui ne peut être élevé par égard aux ménages modestes et le tpn?. Ce prix peine à couvrir le développement du réseau nécessaire aux flux inter-régionaux et les capacités de production nécessaires aux pointes de consommation, alors même que les fluctuations à la baisse des prix européens de l'électricité réduisent les recettes de la production thermique (d'origine nucléaire ou gaz) de

l'opérateur électrique national. Dans ce scénario, la fragilité économique des opérateurs nationaux - indispensables à l'Etat- pourrait conduire l'Etat à s'affranchir des obligations européennes de mise en concurrence. Faute de marge de manœuvre et d'intérêt politico-économique, les collectivités locales et les collectifs d'habitants ne prennent pas d'initiative pour développer et gérer les énergies renouvelables et laissent les habitants s'opposer aux projets susceptibles de dégrader leur cadre de vie.

Ce scénario est proche du rôle historique de l'Etat aménageur avant que la décentralisation et la libéralisation économique ne l'aient conduit à laisser, respectivement, les collectivités locales et les entreprises de l'énergie à prendre davantage l'initiative. La viabilité du scénario suppose une capacité à contenir l'autoconsommation et une régulation nationale du gaz et de l'électricité qui ne fragilise pas les entreprises nationales ; deux conditions peu compatibles avec la logique libérale européenne. Des signes récents montrent l'intention et la capacité de l'Etat à jouer à nouveau le rôle central en esquivant les collectivités locales : les appels d'offres de parcs éoliens et de centrales biomasse de très grande taille, la future réglementation "Bâtiment à énergie positive", la contribution nationale au service public de l'électricité (CSPE), le "crédit d'impôt transition énergétique".

- Scénario *Acteurs Coopératifs*

Les initiatives citoyennes et privées sont à l'initiative de nombreux projets coopératifs, c'est à dire gérés collectivement selon des objectifs communs, généralement environnementaux et/ou de cohésion sociale. L'autonomie énergétique à l'échelle du bâtiment est visée mais difficile et coûteuse à atteindre (équipements de production et de stockage). Aussi, des coopératives regroupent plusieurs bâtiments afin de mutualiser des équipements (stockage chaleur, chaufferie bois, etc.) et échanger des flux et, éventuellement, de co-investir dans des unités de production renouvelable (collecte bois-énergie, éolien, voire méthanisation rurale, etc.) et de petits stockages. Une culture de l'autogestion conduit à privilégier des technologies robustes et faciles d'entretien ainsi que des systèmes de gestion suffisamment simples pour que les règles puissent être débattues collectivement.



Insérer Debizet-Labranche-Acteshs_AC_004.tiff

Figure 4 : Scénario *Acteurs coopératifs* Echelle ville (nexus-energy.fr)

Le prix d'accès à l'énergie est défini solidairement par la coopérative, cela engendre des disparités entre coopératives ainsi qu'avec le reste de la ville. Le succès économique et "démocratique" de ces coopératives en favorise le déploiement, notamment par intégration de copropriétés et de petites entreprises. Les pouvoirs publics soutiennent ces initiatives tout en les encadrant pour garantir une réversibilité des ressources et la stabilité des réseaux, prévenir un repli autarcique et fiabiliser le financement des infrastructures. Ainsi, sans créer des zones continues, des réseaux de co-engagement se forment au sein de l'espace métropolitain en liaison avec des lieux de ressources de l'hinterland. Ce modèle coopératif doit donc cohabiter dans le territoire avec un ou plusieurs des trois autres scénarios.

Des signes précurseurs de ce scénario peuvent être observés dans des initiatives militantes locales voire nationales : centrale solaire villageoise, mutualisation d'équipements à l'échelle d'un îlot de bâtiments, coopérative de consommateurs.

1.4 Discussion et conclusion

Ces scénarios mettent en exergue la dimension politique de la transition énergétique, en particulier en ville où collabore une variété d'acteurs : l'influence d'un acteur sur les autres découle de rapports de force et de régulations publiques ; elle a des effets sur technologies déployées, leur localisation et les modalités de leur exploitation. En ce sens, la comparaison des scénarios montre bien que les technologies et les variables économiques ne sont pas les seuls facteurs à prendre en compte dans les scénarios énergétiques futurs. L'entrée par l'acteur rompt avec un déterminisme technologique et souligne l'importance des régulations politiques, qui dépassent le strict cadre de la politique énergétique et de ces incitations économiques.

La comparaison des scénarios – qui ne sont pas nécessairement exclusifs les uns des autres - fait ressortir un enjeu non-traité par les scénarios technico-économiques : celui des inégalités d'accès à l'énergie. Inégalités entre les populations habitant dans des bâtiments performants du fait des services auxquels elles pourraient souscrire (scénario *Grandes entreprises*) ou bien construire (*Coopératives*) ou au contraire, dans des 'passoires' énergétiques ; inégalités de tarif selon les ressources énergétiques spécifiques au territoire (*Collectivités locales*) ; inégalités entre les grandes agglomérations capables de peser sur leurs délégataires et les plus petites peu puissantes face aux grandes entreprises (*Grandes entreprises* et *Collectivités locales*). Quant au scénario *Etat Prescripteur* qui met les grands réseaux dans une situation de fragilité économique, l'accès des ménages au gaz, voire à l'électricité est menacé par le rétrécissement du réseau. Pour autant, les inégalités ne sont pas l'apanage des seuls scénarios prospectifs : il ne faut pas oublier que la situation actuelle est aussi inégalitaire : à peine la moitié des ménages a accès au gaz et à son tarif très avantageux par rapport à celui de l'électricité, moins de 5% des ménages sont raccordables à un réseau de chaleur.

Qui plus est, avec le développement de l'autonomie énergétique d'entités intermédiaires entre les consommateurs finaux et les grands réseaux - autonomie étant entendue comme la capacité d'un groupe ou un territoire à maîtriser son destin énergétique – les inégalités épousent des spatialités fort différentes. En effet, la nature et les échelles de l'autonomie énergétique diffèrent selon les scénarios. Dans le scénario *Etat prescripteur* ; l'autonomie du bâtiment et du pays est privilégiée. Tandis que le scénario *Collectivités locales* tend à autonomiser l'ensemble ville et son hinterland, le scénario *Grandes entreprises* articule une gestion énergétique d'un morceau de ville (plusieurs quartiers) avec un marché national et européen du gaz et de l'électricité. Le scénario *Coopératives* présuppose des règles communes et des solidarités au sein d'une grappe de bâtiments dont les propriétaires se sont choisis par affinités.

De ce fait, l'autonomie dissocie les modalités d'accès à l'énergie des intermédiaires (bâtiment, grappe discontinue de bâtiments, morceau de ville, ville ...) aux grands réseaux nationaux de celles des utilisateurs finaux (ménages, petites entreprises …). Dans le scénario *Grandes entreprises*, la relation entre "morceau de ville" et réseau national et européen reposerait exclusivement sur des mécanismes de

marché tandis que la relation entre « morceau de ville » et les ménages serait encadrée par l'autorité publique mais complété (en offrant une plus grande liberté à l'usager final) par des options marchandes. En revanche, dans le scénario *Collectivités locales*, les intercommunalités pourraient passer des accords de garantie d'acheminement avec les gestionnaires de grands réseaux et de fourniture avec d'autres territoires européens ; de l'autre côté, elles garantiraient un service minimal aux consommateurs finaux. Les incertitudes sont très fortes dans le scénario *Etat prescripteur* puisque nous voyons mal comment il pourrait tout à la fois maintenir un tarif et un service uniforme sur tout le territoire national, contrôler le mix électrique avec une part croissante de renouvelable et laisser se déployer les mécanismes de marché qui lui sont actuellement imposés par l'Union européenne.

Si l'impératif d'équilibre à tout instant entre l'offre et la demande d'électricité dans tout tronçon du réseau électrique exige une forte cohésion des acteurs qui en gèrent les différentes mailles, des possibilités de résilience du réseau pourrait être très substantiellement accrues par l'interopérabilité avec des réseaux d'énergie sensiblement plus flexibles (réseaux de gaz et de chaleur, combustible bois...). Ce faisant, l'interopérabilité entre les vecteurs qui est déjà mise en œuvre par l'utilisateur final d'énergie[13] pourrait être étendue aux échelles intermédiaires. Le numérique et l'intelligence décentralisée qu'il apporte ouvrent de nombreuses possibilités en matière de fiabilisation du service énergétique, étant entendu la complémentarité et la combinaison de la fiabilité du réseau et de la résilience de l'entité autonome. On perçoit bien ici les enjeux autour du contrôle et de l'utilisation des bases de données. Les intermédiaires disposeront des -ou auront accès aux - bases de données … ou ne seront pas.

On le voit, ces quatre scénarios fondés non pas sur les prix ou un développement technologique présumé comme probable ont une toute autre forme que les scénarios technico-économiques : centrés sur des acteurs pivots plutôt que sur les filières, multi-scalaire plutôt que à la seule échelle du pays, qualitatifs plutôt que quantitatifs. Il s'agit ni plus ni moins, au final, de scénarios d'organisation politique de notre société. La lutte contre le changement climatique est certes un enjeu partagé mais c'est aussi l'objet de compétition et de coopération entre des entités visant davantage d'autonomie les unes vis-à-vis des autres. Il ressort de l'ensemble de ces points un très vaste champ des possibles techniques, spatiaux et organisationnels. Cependant, ces possibles sont contraints par des mécanismes d'interdépendance entre les dimensions technologiques, socio-économiques et politiques comme le souligne les cohérences internes à chaque scénario. Nous avons montré l'existence de sentiers de dépendance liés aux régimes sociotechniques mais aussi les possibilités d'évolution de ces régimes si l'on considère un temps long. Ainsi, ces scénarios montrent ce que les scénarios technico-économiques ne peuvent éclairer : les lieux de déploiement technologique, les échelles de délibération politique et les enjeux d'inégalités d'accès à l'énergie et de solidarité sont étroitement imbriqués. L'imbrication dépendra de la nature des acteurs intermédiaires qui déploieront les énergies renouvelables dans les espaces habités (c'est-à-dire là où l'énergie est consommée).

En amont de l'élaboration des scénarios, la mobilisation de la notion d'assemblage de nœuds socioénergétiques nous a permis de discerner les rationalités des acteurs et les règles de leur jeu à partir d'un nombre restreint de terrains d'études. En aval, la comparaison de scénarios que nous avons élaborée de façon interdisciplinaire a limité les écueils du déterminisme disciplinaire (par la remise en cause des causalités associées à un unique concept ou unique corpus) et permet de révéler les questions spatiales et politiques essentielles liées au déploiement des énergies renouvelables et à l'autonomie énergétique d'entités intermédiaires : la gouvernance et les conflits mais aussi des inégalités variables selon le type d'acteurs-pivots, et, par conséquent, la nécessité de redéfinir des solidarités. Tout ceci appelle des délibérations politiques à plusieurs échelles. Finalement, le concept d'assemblage socioénergétique ainsi que la scénarisation par acteur peuvent contribuer à une approche critique de la transition énergétique.

[13] Par exemple en allumant un poêle à bois et des lumières basse consommation alimentés par des batteries domestiques en cas de coupure électrique

Gilles Debizet, Stéphane La Branche. Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique. Baggioni, Burger, Cacciari et Mangold (sous la dir.), *Repenser la transition énergétique Un défi pour les sciences humaines et sociales*, Presse Universitaire de Rennes, 2019

---

*La recherche *Ecoquartier Nexus Energie* a été financé par l'ADEME dans le cadre du programme "*Mettre l'innovation au service du Facteur 4*" et menée par le laboratoire PACTE (CNRS & Université Grenoble Alpes), Edden, la structure fédérative de recherche Innovacs (Université Grenoble Alpes), Grenoble École de Management et le laboratoire LITEN-INES (CEA). Des résultats intermédiaires et les publications scientifiques sont accessibles via le site www.nexus-energy.fr.

REFERENCES

Aykut S., Dahan A., 2015, *Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales*, Paris, Presses de Sciences Po, coll. « Développement durable », 2015, 750 p., ISBN : 978-2-7246-1680-4.

Alazard-Toux N., Criqui P., Devezeaux de Lavergne J-G, Hache E., Le Net E., et al.. *Les scénarios de transition énergétique de l'ANCRE*. Revue de l'Energie, 2014, pp.189-210.

Blanchard, Odile, et Gilles Debizet. 2015. *Écoquartier, systèmes énergétiques et gouvernance : une base de données bibliographique* . Innovatio, n 2. Consulté le janvier 17. http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=127.º

Buclet N., Debizet G., Gauthier C., Forest F., La Branche S., Menanteau P., Schneuwly P., Tabourdeau A., 2016, *Quatre scénarios de coordination de l'énergie en milieu urbain à l'horizon 2040*, in *Scénarios de transition énergétique en ville, Acteurs Régulations Technologies*, (sous la dir. de Debizet G.), La Documentation Française, pp13-71.

Brullot S. 2009, *Elaboration d'une méthodologique sur la démarche à suivre pour lancer un projet d'écologie industrielle*, thèse de doctorat , université de technologie de Troyes, 4 février 2009.

Coutard O. et Rutherford J., 2013, *Vers l'essor de villes «post-réseaux»: infrastructures, innovation sociotechnique et transition urbaine en Europe*, in Forest, J. et Hamdouch, A. (eds.), *L'innovation face aux défis environnementaux de la ville contemporaine*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes

Debizet G., 2016, *Scénarios de transition énergétique en ville, Acteurs Régulations Technologies*, (sous.la dir.), La Documentation Française décembre 2016, 208p

Debizet G., La Branche S., Tabourdeau A., 2016a, *Transition énergétique dans les espaces urbanisés. Composer avec -ou recomposer- les régimes de l'énergie*, In *Scénarios de transition énergétique en ville, Acteurs Régulations Technologies* (sous la dir. de Debizet G.), 73-107. La Documentation Française

Debizet G., Tabourdeau A., Gauthier C., Menanteau P., 2016b. 'Spatial Processes in Urban Energy Transitions: Considering an Assemblage of Socio-Energetic Nodes'. Journal of Cleaner Production, Volume 134, Part A (October): 330–41.

Gauthier C. & Gilomen B., 2015, *Business models for sustainability: Energy efficiency in urban districts*, Organization & Environment 29(1), 124–44.

Geels F.W., 2002. *Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes: A Multi-Level Perspective and a Case-Study*. Research Policy, NELSON + WINTER + 20, 31 (8–9): 1257–74.

Geels F.W. & Schot J., 2007, *Typology of sociotechnical transition pathways*, Research Policy, vol. 36, n° 3, p. 399-417.

Kim E., Barles S., 2012, *The energy consumption of Paris and its supply areas from the eighteenth century to the present*, Regional Environmental Change, June 2012, Volume 12, Issue 2, pp 295–310

La Branche S., 2009, *L'insoutenable légèreté environnementale de la participation: une problématisation*. VertigO, vol.9, no.1.

Gilles Debizet, Stéphane La Branche. Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique. Baggioni, Burger, Cacciari et Mangold (sous la dir.), *Repenser la transition énergétique Un défi pour les sciences humaines et sociales*, Presse Universitaire de Rennes, 2019

La Branche S., 2015, *Innovations dans les écoquartiers : quelques leçons pour la gouvernance de la transition énergétique*, VertigO, vol. 14, n° 3., http://vertigo.revues.org/15683

Le Cardinal, G., J.F. Guyonnet, B. Pouzoullic, et J. Rigby. 2001. « Theory and methodology. Intervention methodology for complex problems: The FAcT-Mirror method. » *European Journal of Operational Research*, nº 132: 694‑702.

Menanteau P. et Blanchard O., 2014, *Quels systèmes énergétiques pour les éco-quartiers ? Une première comparaison France-Europe*, Revue de l'Energie, n° 622, novembre-décembre.

Mitchell R.K., Agle B.r. & Wood D.J., 1997, *Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts*, The Academic of Management Review, vol. 22, n° 4, p. 853-886.

Pierson P., 2000. *Increasing Returns, Path Dependency, and the Study of Politics* , The American Political Science Review, Vol. 94.

Young O.R., 2002.*The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, and Scale*, Cambridge and Massachusetts: MIT Press.

Young O., 2003, *Environmental governance: the role of institutions in causing and confronting environmental problems*, in *International Environmental Agreements: Politics Law and Economics*, p 377