



HAL
open science

Quatre scénarios de coordination de l'énergie en milieu urbain à l'horizon 2040

Nicolas Buclet, Gilles Debizet, Caroline Gauthier, Fabrice Forest, Stéphane La Branche, Philippe Menanteau, Patrice Schneuwly, Antoine Tabourdeau

► To cite this version:

Nicolas Buclet, Gilles Debizet, Caroline Gauthier, Fabrice Forest, Stéphane La Branche, et al.. Quatre scénarios de coordination de l'énergie en milieu urbain à l'horizon 2040. Gilles Debizet. Scénarios de transition énergétique en ville : Acteurs, régulations, technologies, La Documentation Française, pp.13-72, 2016, 978-2-11-010025-2. halshs-01261333

HAL Id: halshs-01261333

<https://shs.hal.science/halshs-01261333>

Submitted on 13 Apr 2023

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.



SCÉNARIOS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EN VILLE

Acteurs, régulations, technologies



Sous la direction de **Gilles Debizet**
Préface de **Gabriel Dupuy**





Chapitre 1

Quatre scénarios de coordination de l'énergie en milieu urbain à l'horizon 2040

Nicolas Buclet, Gilles Debizet, Caroline Gauthier, Fabrice Forest,
Stéphane La Branche, Philippe Menanteau, Patrice Schneuwly, Antoine Tabourdeau

Résumé

Dans ce chapitre nous avons pris comme parti le fait que le futur énergétique des villes dépend des acteurs qui prennent en main ce futur. Les quatre scénarios présentés représentent une évolution plausible de la façon de considérer l'énergie, les technologies nécessaires, les modes de coordination et l'échelle privilégiés, dès lors que l'un des acteurs suivants joue un rôle moteur : de grandes entreprises pourvoyeuses de solutions énergétiques ; les collectivités locales ; les pouvoirs publics centraux ; des coopératives. Dans chaque scénario, l'acteur pivot imprime à la ville une configuration en phase avec ses intérêts et sa vision politique du monde. Nous mettons en évidence combien l'articulation entre les divers acteurs, les relations de pouvoir qui s'instaurent, ont une influence déterminante sur le type de dispositif technique qui va se diffuser au sein d'une société, et singulièrement à l'échelle d'un ensemble urbain. Chaque catégorie d'acteurs se cale plus naturellement à une certaine échelle géographique de la question énergétique et cette échelle géographique a une influence certaine sur le type d'investissement nécessaire, la taille des équipements qu'il est possible de mettre en œuvre, et partant sur les technologies qui s'y adaptent. Aussi, ces scénarios mettent en évidence ce vers quoi pousserait une vision particulière dominante, avec ses caractéristiques mais aussi les excès auxquels elle pourrait mener.



Le projet de recherche Nexus a pour finalité d'alimenter la réflexion sur la façon dont pourrait s'organiser la ville à l'horizon 2040 sur le plan de la fonction énergétique (électricité et chaleur). Ce travail prospectif appelle de façon classique l'élaboration de scénarios qui puissent être proposés soit pour leur plausibilité, soit en tant que porteurs de tendances contrastées, notamment d'un point de vue sociotechnique. À partir du travail accompli au cours des premières phases du projet Nexus, de l'expertise engendrée par l'équipe de recherche, le choix des scénarios s'est effectué sur une base différente. Nous avons en effet pris comme parti le fait que le futur énergétique des villes dépend des acteurs qui prennent en main ce futur. Certes, le progrès technologique a une influence certaine sur l'univers des possibles, mais à condition que les technologies soient portées par des acteurs qui y voient une opportunité. De même, pensons-nous, le type de technologies développées dépend des configurations motrices d'acteurs, qu'il s'agisse du type de vecteur énergétique privilégié ou de l'échelle des équipements. En ce sens, nous avons émis l'hypothèse que le futur énergétique peut dépendre des catégories d'acteurs en position de force au sein d'une ville. Nous allons présenter quatre scénarios : le scénario modelé par les pouvoirs publics centraux (Scénario C), celui insistant sur la prévalence des collectivités locales (Scénario B), celui des grandes entreprises pourvoyeuses de systèmes énergétiques urbains (dont nous verrons qu'elles sont issues de secteurs aussi divers que le secteur du bâtiment, ou encore du secteur du numérique) (Scénario A) et enfin celui inspiré par l'émergence de mouvements collectifs de reprise en main de l'habitat par ses occupants (Scénario D).

Quatre scénarios ont été rédigés, mettant en scène une organisation énergétique de la ville sous l'influence d'un acteur pivot ou, tout du moins, d'un acteur ayant un poids déterminant dans le système d'acteurs en jeu.

L'acteur pivot est ici défini à l'instar de Sabrina Brullot (2009), qui s'est elle-même inspirée des travaux de Ronald K. Mitchell *et al.* (1997). Est pivot l'acteur capable de mobiliser d'autres acteurs en fonction de son intérêt pour les enjeux, de sa légitimité et de son pouvoir de coercition. La notion de pouvoir mérite d'être précisée en ce qu'elle renvoie à de nombreux débats et de nombreuses conceptions. Pour les besoins de notre discussion, nous distinguons deux volets du pouvoir : la légitimité et la coercition. Cette dernière renvoie à la capacité d'un acteur à forcer, contraindre, voire punir, d'autres acteurs à obéir à la règle : une collectivité locale en fonction de ses prérogatives, l'État bien entendu, mais également une entreprise dès lors qu'elle se trouve dans une situation de pouvoir fort (par exemple sa capacité de financer ou non un projet). Cette définition de pouvoir coercitif n'inclut pas la capacité d'influence d'un acteur (par exemple



de lobbying), qui correspond davantage à un pouvoir issu à la fois de l'intérêt d'un acteur et de sa légitimité. 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.

Nous voyons dans le schéma ci-dessous que des acteurs ne disposant pas des trois attributs peuvent néanmoins jouer un rôle déterminant, qu'il s'agisse de l'acteur moteur (intérêt et pouvoir coercitif), de l'acteur dominant (pouvoir coercitif et légitimité), ou de l'acteur dépendant (intérêt et légitimité). On peut d'ailleurs supposer des scénarios au sein desquels aucun acteur ne parvient à disposer d'un rôle pivot à lui seul et que des alliances entre acteurs sont nécessaires afin qu'émerge une ligne directrice cohérente avec les intérêts des uns et des autres, bénéficiant à la fois de suffisamment de légitimité et de pouvoir de coercition pour prendre forme. En d'autres termes, le rôle pivot peut être joué par une coalition d'acteurs portés par une même volonté d'action

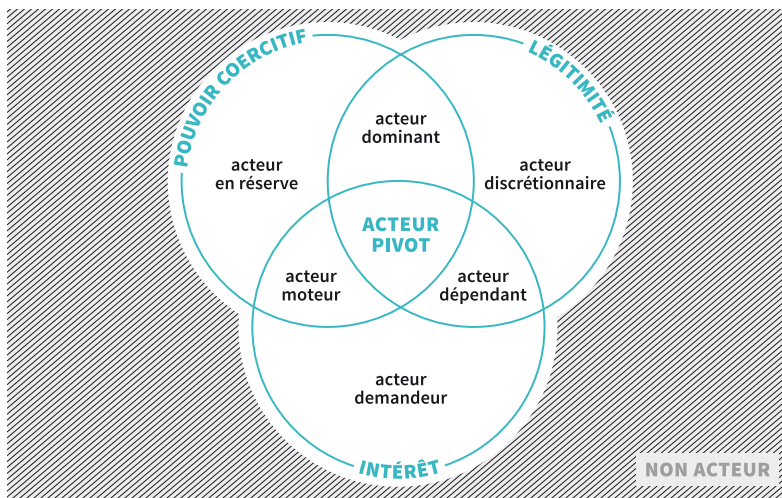


Schéma 1 - La notion d'acteur pivot

Des variables ont également été identifiées en tant qu'éléments discriminants entre les différents scénarios. Ces scénarios et ces variables ont ensuite été présentés à un panel d'experts (représentant les quatre catégories d'acteurs nous intéressant) réuni les 2 et 3 juin 2014 à Valence. Pour ce travail collectif, nous avons eu recours à la méthode PAT-Miroir, méthode explicitée en annexe, qui permet de faire ressortir des préconisations pour répondre à une question précise dans le cadre d'un projet. Il en ressort un corpus d'avis d'experts qualitativement important bien que statistiquement non significatif. Les experts se



sont réunis et leur avis a été recueilli quant à la question précise : « *Comment coordonner production, distribution et consommation d'énergie, aux différentes échelles de la ville (logement... métropole), en particulier la question de l'intermittence ?* », question qui a été reformulée par le groupe d'experts sollicités en : « *Comment coordonner production, distribution et consommation d'énergie, aux différentes échelles de la ville (du bâtiment [logement, bureau] à la métropole), en prenant en compte les différentes techniques, pour gérer la question de l'intermittence (saisonnaire comme infra-horaire), dans un contexte d'évolution des usages et de sobriété ?* ».

Enfin, en mai 2015 le travail de scénarisation a été présenté au cours d'une demi-journée à Grenoble aux acteurs experts présents à Valence et disponibles pour cette nouvelle rencontre, ainsi qu'à d'autres experts mobilisés pour l'occasion. Cette dernière étape nous a permis d'obtenir des réactions précises de la part des uns et des autres sur le texte rédigé, sur son degré de crédibilité, de solidité, ou d'excessive abstraction.

Ces prolégomènes sont nécessaires afin d'établir le point suivant : les scénarios présentés ici correspondent avant tout à un travail d'expertise effectué à deux niveaux : un premier niveau représenté par les chercheurs du projet Nexus, chercheurs provenant d'horizons disciplinaires variés (très majoritairement en sciences sociales néanmoins) et, pour la plupart d'entre eux, reconnus pour leur connaissance des questions énergétiques (Debizet *et al.*, 2014). L'expertise est également issue du travail de terrain visant à identifier des tendances techniques, politiques et organisationnelles observables en Europe et plus précisément sur certains projets achevés ou en cours d'éco-quartiers français ; un deuxième niveau représenté par les invités à l'exercice PAT-Miroir organisé en juin 2014. La quinzaine d'experts a été choisie afin de « parler » au nom des entreprises, des collectivités locales, de l'administration centrale ou des habitants. L'avis de ces experts est subjectif et partiel pour deux raisons : l'exercice prospectif basé sur les peurs, attraites et tentations pour un horizon lointain (2040) mobilise bien davantage les représentations que des savoir-faire d'objectivation ; le fait que les personnes présentes ne pouvaient représenter la grande variété des acteurs concernés, dans les faits, par la question de l'énergie en ville. Cette subjectivité n'exclut pas une intersubjectivité puisque l'écoute mutuelle pendant les ateliers de ces deux journées développe une intercompréhension des mécanismes et des interactions entre les différentes dimensions de la question. La méthode ne permet cependant pas de différencier l'une et l'autre dans les affirmations recueillies.



Ces précautions prises, il nous paraît également important de rappeler ici les hypothèses d'évolutions exogènes, c'est-à-dire communes aux quatre scénarios :

- Le prix des énergies fossiles augmente plus que le coût des énergies renouvelables. Le tarif de rachat d'électricité renouvelable n'a cessé de baisser à partir de 2010. À tel point que la parité est atteinte en 2025 pour le tarif réglementé. Par conséquent, des contrats privés plus ou moins encadrés par des régulations publiques, régissent une part importante des transferts d'électricité entre le distributeur (ou fournisseur) électrique agréé et une entité quelconque (ménages, entreprises, administrations...) produisant et/ou consommant de l'électricité ;
- tout en établissant des objectifs ambitieux en matière d'énergies renouvelables et de lutte contre le changement climatique, l'Union européenne ne cesse de presser les États de libéraliser le marché de l'énergie ;
- la part des énergies renouvelables intermittentes dans le mix électrique augmente sensiblement (et ce indépendamment de leur localisation, variable endogène aux scénarios). On observe dans tous les cas une ample variation temporelle du prix de marché à court terme de l'électricité, tandis qu'une partie importante de la valeur produite se reverse vers les capacités de stockage ;
- la demande de chauffage des bâtiments baisse sous le double effet de la rénovation thermique et du changement climatique¹. Cette baisse hivernale est compensée par une augmentation estivale du besoin de rafraîchissement du fait du réchauffement climatique (surtout dans le tertiaire et le parc résidentiel non rénové) ;
- le potentiel d'autoproduction et d'autoconsommation (plus de bouclage des flux à l'échelle d'un bâtiment, d'un îlot ou d'un morceau de ville) augmente très substantiellement, *a fortiori* pour les bâtiments construits après 2020 ;
- la production d'électricité reposant sur un échange marchand est économiquement fragilisée du fait de longues périodes de très faible prix de l'énergie électrique (« excédent » de production d'énergie d'origine solaire et éolienne au coût marginal très faible).

L'ensemble de ces variables exogènes étant établies, il nous est possible de présenter le travail accompli en termes de scénarisation. Nous allons présenter puis analyser chaque scénario à la suite. Rappelons que ces scénarios sont structurés chacun en partant d'un acteur pivot ou, tout du moins, d'un acteur ayant un rôle moteur, dominant ou dépendant.

1 Dans nos scénarios, le coup d'arrêt annoncé du Gulf Stream ne s'est pas encore produit.



Scénario A – Grandes entreprises

Les progrès technologiques portés par de grands groupes de taille mondiale supposent de très lourds investissements que ne peuvent assurer les acteurs publics. Afin d'aboutir à des performances énergétiques en phase avec les enjeux globaux, les collectivités locales ont recours aux Partenariats Publics Privés et autres formes de délégation. Face à des entreprises source de solutions globales pour la ville, les collectivités locales délèguent la production de fonctions territoriales (à l'instar de l'énergie) aux grandes entreprises qui sont en mesure de coordonner et réaliser les investissements nécessaires, évitant ainsi la multiplicité des parties prenantes considérée comme un frein à l'innovation (Soshinskaya *et al.*, 2014). Parfois c'est la ville entière qui est gérée par les grandes entreprises, plus souvent il s'agit de contrats portant sur des quartiers, des morceaux de ville, ceci afin de continuer à faire jouer la concurrence et de donner à la ville l'assurance (le sentiment) de rester maîtresse chez elle.

Ces entreprises, et plus souvent ces consortiums d'entreprises, ne vendent pas des produits mais des solutions, des performances (Buclet et Bourg, 2005), dessinées en fonction de la demande exprimée. Certaines entreprises sont spécialisées dans la conception générale du système énergétique à l'échelle d'un quartier, de morceaux de villes, rarement d'une ville dans son ensemble (mais nous ne pouvons l'exclure) ; d'autres produisent les équipements matériels nécessaires, tandis que d'autres encore ont pour métier de traiter les données recueillies pour gérer le système. Le travail entre entreprises est important dès la conception du service, afin de mettre au point une compréhension systémique de la solution mise en œuvre et ainsi d'optimiser la récolte des données nécessaires au pilotage énergétique du ou des quartiers. Elles s'engagent à produire un certain résultat (par exemple un certain niveau de confort thermique) et décident, sans intervention des pouvoirs publics, des moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. Elles mettent en place des modèles d'affaires qui leur assurent un certain niveau de rentabilité et cherchent de ce fait à développer des solutions reproductibles dans le cadre de contrats d'approvisionnement de long terme. Les consortiums d'entreprises mettent donc au point collectivement les briques technologiques qui leur permettent de produire les résultats vendus. C'est la généralisation de l'économie de fonctionnalité appliquée à l'échelle de la ville, même si les opérations ne sont qu'exceptionnellement gérées à l'échelle de l'ensemble d'une aire urbaine (ou alors de petites aires urbaines). De lourds investissements sont menés afin d'optimiser l'isolation de l'enveloppe des bâtiments, ce qui permet de réduire substantiellement la consommation d'énergie thermique. Différentes formes de



propriété coexistent (propriétaires particuliers, logements sociaux, parc locatif appartenant éventuellement aux grands groupes eux-mêmes) mais dans tous les cas, le besoin d'intervention sur le bâtiment est décidé (ou du moins piloté) par l'entreprise pourvoyeuse de services urbains, notamment énergétiques. Ainsi, si une copropriété négocie un contrat de fourniture de confort thermique, le contrat indique le type d'intervention nécessaire sur le bâti, intervention que mènera l'entreprise qui assure le service. De nombreux équipements sont mis en place, mais également un dispositif de capteurs poursuivant les finalités suivantes :

- garantir la performance du dispositif : des capteurs identifient les défaillances (fuite thermique par exemple) au sein du système afin d'intervenir et d'éviter un surplus de consommation énergétique ;
- moduler le service énergétique fourni en fonction de l'occupation des bâtiments, à l'aide de capteurs de présence humaine (réduction de la température dans les bâtiments inoccupés selon une logique d'optimisation de la consommation de l'ensemble du bâtiment) ;
- analyser et comprendre les éventuels comportements des occupants en décalage avec la norme établie, décalage aboutissant à un surcroît de consommation énergétique. Afin de réduire, voire d'éviter les retombées négatives de ces déviations par rapport à la norme, divers types de conditions contractuelles sont envisageables : soit des pénalités financières prévues dans le contrat, soit des opérations de sensibilisation, soit cas plus extrême et envisageable seulement dans un contexte politico-institutionnel particulier, la possibilité pour l'entreprise d'investir afin de cadrer les usages des occupants (par exemple sceller certaines fenêtres ouvertes négligemment et mettre en place un système de ventilation double flux, ou encore investir dans un système de détection des comportements considérés comme non performants). Une alternative à une démarche coercitive peut consister plus simplement à facturer *en sus* du contrat de performance garantie, la surconsommation induite par un comportement s'éloignant des normes établies, notamment l'effet rebond (Sorrel, 2007) et le non-respect des consignes d'utilisation attendue des offres technologiques et tarifaires par les grands groupes en matière de *smart grids* (La Branche, 2014²). Les contrats sont idéalement proposés au niveau des copropriétés mais sont, le cas échéant, proposés par logement.

Les solutions technologiques apportées par les grands groupes ne sont pas homogènes, alors même que les entreprises visent à imposer leurs standards sur le marché. Les briques technologiques de base mises au point sont combinées afin

2 S. La Branche, « Éléments de sciences sociales de l'énergie », *Encyclopédie de l'énergie*, <<http://encyclopedie-energie.org>>.



de proposer un service en accord avec le cahier des charges établi par l'aménageur (émanant de la collectivité locale ou d'une société privée pilotée par la grande entreprise ayant remporté le marché) ou un consortium de maîtres d'ouvrage ou propriétaires immobiliers, mais aussi en fonction du prix du service. Il est important de préciser ici que le cahier des charges ne concerne que la performance souhaitée, et aucunement les moyens pour y parvenir. Elles dépendent également du type de bâtiments concernés. L'ergonomie des solutions proposées aux occupants dépend du prix, les solutions invasives étant réduites pour les clients les plus fortunés (pour la gamme la plus élevée il sera plus compliqué d'exiger de poser des fenêtres scellées, si tant est que ce type de solution soit rendue possible par la législation en vigueur). Dans les logements sociaux pour lesquels les investissements publics seront moins élevés (cela dépend soit d'une orientation politique, soit d'une incapacité financière des pouvoirs publics) ou chez les particuliers moins fortunés, le confort thermique sera moins finement régulé, et pourrait se limiter pour le chauffage à des plages horaires théoriques plutôt qu'à la détection d'une présence dans le bâtiment. L'efficacité énergétique des bâtiments des quartiers anciens patrimonialisés sera certes améliorée, mais le coût du service restera plus élevé, à égalité de performance (et non à égalité de confort ou de température de service), faute de pouvoir effectuer des travaux systématiques sur l'enveloppe du bâti (*figure 1*)

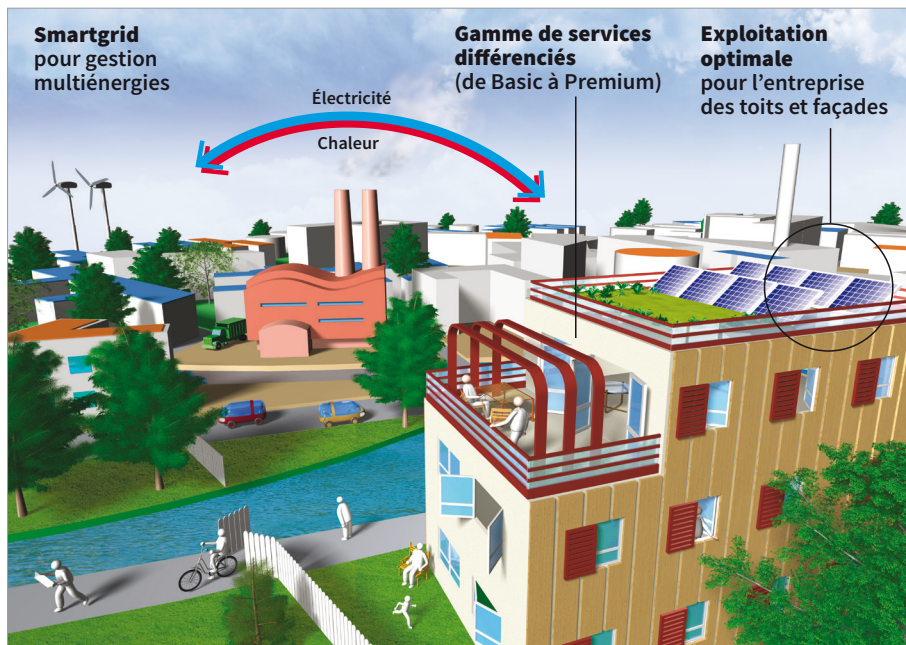


Figure 1 - Scénario Grandes entreprises - Échelle Bâtiment <nexus-energy.fr>





Dans les quartiers où cela est envisageable (quartiers moins concernés par la protection du patrimoine notamment), les grandes entreprises investissent également dans des infrastructures de production et de stockage d'énergie, sous forme de chaleur et d'électricité. Dans les négociations avec les collectivités locales, la taille des concessions (du ou des quartiers concernés) est souvent discutée en fonction des contraintes d'optimisation des installations de production et de stockage nécessaires, en particulier dans le domaine thermique. En ce qui concerne la fourniture du service en électricité, si l'intérêt des entreprises consiste à réduire les consommations induites par les usages, notamment par un recours pointu aux *smart grids avec l'objectif d'optimiser l'autoconsommation*, elles ne visent pas pour autant à maximiser l'autonomie locale. Le degré d'autonomie est davantage déterminé en fonction d'un savant arbitrage entre le prix actuel et prévisible de l'électricité sur le marché européen (voire avec les régions limitrophes de l'Europe), comprenant l'entretien de réseaux à grande distance, et le coût de production locale de l'électricité. Au-delà d'un objectif de réduction des consommations d'électricité, il y a donc également un objectif d'optimisation de la consommation en fonction des prix de l'énergie et de la disponibilité d'électricité renouvelable plutôt que fossile, un objectif de « consommer mieux » au-delà du « consommer moins ». Les investissements en faveur de l'autonomie électrique dépendent à la fois des prévisions sur les prix du marché électrique (tenant éventuellement compte des taxes environnementales et/ou du prix du carbone) et de la pente de la courbe correspondant aux coûts marginaux de nouveaux investissements visant à accroître la production locale en électricité (car les premiers investissements accomplis seront bien entendu les investissements les moins onéreux). Compte tenu de l'asymétrie des compétences technico-économiques, seules les grandes métropoles sont en mesure d'imposer, dans le cahier des charges de concessions, des modalités garantissant une part d'autonomie énergétique du territoire. Dans ce cas, le degré d'autonomie dépend également du prix que les acteurs locaux sont prêts à assumer afin d'accroître l'autonomie énergétique de leur territoire.

Ce sont les entreprises qui installent, gèrent et contrôlent les *smart grids* avec des offres variées de packages tarifaires et techniques. Les offres à bas coûts n'offrent pas la possibilité de déroger aux effacements tandis que ceux à coûts élevés le permettent. Les offres ont un impact sur les formes et les degrés de contrôle par l'utilisateur des technologies et des effacements : plus le service est de haut de gamme et plus il est précis, avantageux et permet de refuser un effacement ou encore de choisir le type de source énergétique achetée. Par exemple, une offre de base ne permet qu'un nombre limité de dérogations aux effacements tandis qu'il n'y a pas de limites pour une offre plus chère. Si les

smart grids se diffusent leur utilisation et rentabilité diffèrent selon la qualité des bâtiments, mais aussi de l'hétérogénéité entre ceux-ci. En effet dans le cas d'un ensemble urbain fait de bâtiments neufs de même usage et conçus selon des critères identiques et dotés des mêmes équipements de production d'énergie, les *smart grids* ne serviraient pas à grand-chose (chaque bâtiment produirait de l'énergie au même moment et il y aurait peu de possibilités d'équilibrages entre eux). Les *smart grids* servent davantage à équilibrer le réseau et à agir comme accompagnateur de la sobriété. Ces dispositifs canalisent alors l'énergie produite dans les bâtiments et quartiers à énergie positive vers les anciens bâtiments ou îlots, plus consommateurs et contribuent à la gestion des intermittences de consommation et de production. Parce qu'elles ont la maîtrise des moyens de stockage internes aux bâtiments et/ou au niveau des îlots, les entreprises tirent un bénéfice financier du fait qu'elles parviennent à minimiser le coût de mise en œuvre des solutions énergétiques offertes à leurs clients.



Figure 2 - Scénario Grandes entreprises Échelle Ville <nexus-energy.fr>

Les grandes entreprises installées sur le territoire et les clients les plus fortunés font pression sur les pouvoirs publics locaux afin d'obtenir la concession multi-énergie de quartiers entièrement gérés par un même opérateur de service, ce qui aboutit à accroître l'emprise des *gated communities*. Cette tendance est d'autant plus forte lorsque la collectivité locale dispose de peu de moyens (soit que



politiquement elle ne parvienne pas à prélever une masse d'impôt conséquente dans un contexte libéral, soit que son territoire dispose de revenus faibles) lui permettant d'investir dans les infrastructures urbaines. Faute d'alternative, la ville est parcellisée avec des quartiers hautement performants et échappant *de facto* en grande partie à la juridiction communale (ou métropolitaine) et des quartiers demeurant sous souveraineté publique mais bénéficiant d'un moindre confort énergétique (du fait de la moindre solvabilité financière de la population de ces quartiers moins fortunés). La ville est socialement sectorisée et cela se ressent sur la qualité du service rendu, tant dans le domaine énergétique que dans d'autres domaines (mobilité interne, espaces verts...) (*figure 2*).

Il y a donc une tension politique liée à cette inégalité de fait, tension proportionnelle au degré d'inégalité propre à chaque ville ou métropole, mais également proportionnelle au degré d'interventionnisme municipal. Les grandes entreprises et les clients fortunés arguent de la nécessité d'accroître l'attractivité internationale de la ville, notamment en termes d'investissements, afin de contrer la pression en faveur d'une redistribution fiscale. Conscients néanmoins de l'impact négatif de la pauvreté visible sur l'attractivité internationale, des opérations sont menées conjointement par la municipalité et les grandes entreprises afin que les inégalités ne ressortissent de façon trop visible et ne se traduisent pas par une insécurité dommageable pour les zones urbaines conçues pour être attractives. La redistribution fiscale est donc assez faible dans ce scénario, ce qui induit des inégalités en termes de confort énergétique (comme de nombreuses autres fonctions urbaines).

Jeux d'acteurs

■ Une concurrence forte entre grands groupes

Le scénario ici présenté semble poursuivre la tendance actuelle qui fait reposer nombre de grands investissements urbains sur la capacité financière de grandes entreprises, mais aussi sur la capacité de ces acteurs, en tant que grandes entreprises de services, à maîtriser des combinaisons complexes favorisant innovation technologique et organisationnelle. Il s'agit d'acteurs qui, aujourd'hui dans le monde du bâtiment, ne sont pas tous en position de force. L'on voit cependant pointer une tendance de multiples grands groupes à s'intéresser sérieusement à une évolution de leur métier en lien avec le développement de la fonction énergétique dans le bâtiment. Si des entreprises comme Schneider, Siemens ou ABB sont déjà assez classiquement positionnées, des groupes dans le secteur de l'énergie comme EDF ou GDF-Suez, ou encore dans le secteur du bâtiment



comme Bouygues, Vinci ou Eiffage investissent actuellement le champ de l'expertise en systèmes énergétiques.

Enfin, il ne faut pas oublier l'émergence d'un groupe comme Google qui souhaite profiter de sa position dominante en matière de captation, stockage et gestion de données confidentielles pour investir de nouveaux secteurs d'activité. Les grands groupes industriels prêts à soutenir ce scénario sont nombreux et les années à venir devraient se caractériser par un accroissement de l'offre de services énergétiques projetés à l'échelle d'un quartier, voire d'une ville, fondée sur l'agencement de modules technologiques et organisationnels combinés en fonction des demandes exprimées soit par les villes, soit par des particuliers (ou groupements de particuliers). En d'autres termes, les grandes entreprises qui proposent des systèmes énergétiques visent à s'emparer du marché de la conception et réalisation du volet énergétique de l'urbain et, pour cela, doivent maîtriser les principaux nœuds socio-énergétiques (Debizet et Blanchard, 2015) du système, qui correspondent aux nœuds stratégiques de la maîtrise du système. En d'autres termes encore, ce scénario voit émerger un système expert (Giddens, 1990) constitué de nœuds socio-énergétiques maîtrisés par de grandes entreprises spécialisées en vente de solutions énergétiques systémiques. Contrairement à ce que nous verrons dans les autres scénarios, les entreprises font des données sur les consommations énergétiques un actif spécifique qu'elles conservent en interne et ne communiquent surtout pas. Leurs modèles d'affaires se constituent autour de la valeur marchande potentielle de ces données.

Bien que les scénarios proposés aient pour objet principal la question énergétique, nous ne devons pas exclure le fait que l'énergie pourrait ne représenter pour ces grandes entreprises qu'une partie d'un bouquet plus global de ce que l'on considère aujourd'hui comme la « ville intelligente ». En d'autres termes, ce jeu d'acteur que nous décrivons pourrait tout à fait se situer à une échelle encore plus large, englobant une multitude de « services intelligents » proposés aux agglomérations, qu'il s'agisse de transport, de sécurité (avec notamment la gestion d'un réseau de télésurveillance) et de toute offre de gestion optimisée de réseaux urbains. L'énergie pourrait n'être qu'une des facettes d'une proposition de performance plus globale de la part de grandes entreprises ou, plus vraisemblablement, de consortiums d'entreprises, chacune maîtrisant une partie de ce qui constituerait la « ville intelligente ».

Si l'on revient plus précisément à la partie énergétique de ce que serait le bouquet « ville intelligente », en termes d'innovations technologiques, le besoin de maîtrise du système expert se traduit en une nécessité forte : élaborer des technologies permettant d'établir d'importantes barrières à l'entrée, qu'il s'agisse de lourds



investissements financiers ou de connaissance non partagée portant soit sur certaines briques technologiques clef (permettant de maîtriser des nœuds socio-énergétiques stratégiques), soit sur l'agencement entre les différentes briques. Le développement des technologies doit par conséquent soit s'orienter vers des technologies hautement capitalistiques, soit hautement complexes, tandis que les grandes entreprises tendent à racheter les technologies clefs développées par des petites et moyennes entreprises innovantes.

Il ne faut cependant pas considérer toutes ces grandes entreprises sur un même pied d'égalité. Si elles se caractérisent toutes par une capacité de financement importante, leur métier de base les incite à maîtriser certains nœuds socio-énergétiques plutôt que d'autres ; à l'échelle du bâtiment pour les groupes issus du secteur de la construction, du réseau électrique ou de gaz pour d'autres groupes, du matériel télématique encore pour d'autres, de la maîtrise de l'information enfin. L'enjeu pour ces entreprises consiste notamment à rendre indispensable, aux yeux des décideurs publics locaux, des systèmes énergétiques centrés et, plus globalement, des systèmes urbains durables autour des nœuds socio-énergétiques qu'elles maîtrisent. Parmi autres caractéristiques, la maîtrise de ces nœuds socio-énergétiques doit permettre aux entreprises de s'assurer des contrats de moyen à long terme.

De ce point de vue, une solution de type *Power-to-Gas* est particulièrement intéressante : la forte intégration complète des chaînes énergétiques électrique et gaz (E&E consultant *et al.*, 2014) apporte non seulement un avantage économique pour capturer la valeur liée à la fluctuation du prix de l'électricité, mais requiert aussi une haute technicité, du fait du risque industriel, réservant son exploitation à quelques groupes multi-énergie français, voire européens. La cogénération à partir de gaz ou de biomasse a été un temps prisée par ces groupes car elle articule trois vecteurs énergétiques. Cependant l'existence d'équipements performants et simples d'utilisation à l'échelle de bâtiment et de logement a favorisé les PME d'installation et de service et, de ce fait, réduit le potentiel de verrouillage par les grands groupes.

C'est à partir de la solidité de la maîtrise de nœuds socio-énergétiques déterminants que les entreprises peuvent espérer coopérer avec d'autres entreprises porteuses de savoir-faire technologiques et organisationnels complémentaires. Ces coopérations peuvent être relativement d'égal à égal si chacune des entreprises concernées maîtrise un nœud socio-énergétique clef, ou aboutir à des relations de dominante à dominée, et dès lors de donneur d'ordre à sous-traitant, lorsque seules les premières disposent de cet avantage stratégique.



■ La place des autres acteurs

Parmi les craintes exprimées par certains participants à l'exercice PAT-Miroir, il faut retenir celle qui verrait, au contraire, le renforcement des leviers locaux (par opposition au niveau national) en faveur des entreprises locales au détriment des grandes entreprises nationales. Cette crainte semble néanmoins moins prégnante dans ce scénario que dans le scénario B (qui considère les collectivités locales en tant qu'acteur pivot). La question demeure néanmoins pertinente : qu'en est-il, dans ce premier scénario, de la place des entreprises locales et, plus globalement, des autres acteurs concernés ? Il est probable que les entreprises locales se cantonnent à un rôle de sous-traitant, y compris dans un sens élargi. En effet, la tendance des grands groupes, poussés par leur actionnariat, est de se séparer des métiers hautement capitalistiques et de moindre rentabilité, pour se concentrer soit sur des services amont (programmation, conseils...), soit sur des services aval (ingénierie, maîtrise d'œuvre, exploitation, concession). Dès lors, une place devrait subsister pour des entreprises locales de plus petite taille capables de produire une partie des supports physiques (bâtiment, équipement...) nécessaires à la réalisation matérielle des projets conceptualisés par les grands groupes. Ces entreprises pourront difficilement supplanter ces grands groupes sur les marchés locaux, en raison de la difficulté, pour des petites structures, à maîtriser des nœuds socio-énergétiques requérant des technologies hautement complexes. On peut néanmoins considérer que ces entreprises de moindre taille maintiendront des parts de marché sur les territoires n'intéressant pas les grands groupes (zones rurales, villes de faible taille) et devant se « contenter » de services moins sophistiqués et moins coûteux ou encore qui occupent des niches technologiques spécifiques. Dans cet autre contexte, hors métropoles et principaux centres urbains, d'autres scénarios que le scénario A paraissent davantage plausibles.

Face à ces grandes entreprises, il est également important de resituer le rôle des pouvoirs publics à l'échelle nationale, voire européenne. Rappelons que l'ensemble du projet Nexus part du présupposé d'objectifs exigeants en termes de réduction des dépenses d'énergie avec des normes et des dispositifs correspondants. Néanmoins, leur adoption n'est pas neutre. Elle est même généralement l'objet de conflits entre acteurs ne portant pas la même vision sur le dossier et ne défendant pas les mêmes intérêts. Dans ce scénario A, la réglementation nationale et européenne doit donc logiquement s'asseoir sur les positions proches des intérêts des acteurs pivots (ou plutôt des acteurs moteurs si l'on suit le schéma de S. Brullot [2009]), à savoir les grandes entreprises conceptrices et capables de maîtriser des systèmes urbains complexes. Les objectifs sont ambitieux en termes de réduction des consommations d'énergie, tandis que les moyens d'y



arriver font appel à des technologies sophistiquées qui, pour certaines d'entre elles, s'imposent en tant que normes techniques et verrouillent le jeu concurrentiel auprès des porteurs des technologies adéquates. Les normes négociées concernent également un aspect extrêmement sensible, à savoir les obligations d'échanges de données concernant les comportements des clients.

Enfin, à un niveau local, les collectivités locales assurent un certain rôle de coordination au travers de leur fonction d'autorité concédante. Si la coordination est nécessaire entre des systèmes énergétiques locaux situés sur des quartiers proches, par exemple, elle sera mise en œuvre naturellement par l'entreprise : en interne si les deux quartiers sont gérés par la même entreprise, par l'intermédiaire de relations contractuelles si deux entreprises ou plus sont concernées. Toute intervention de la collectivité au nom d'un intérêt supérieur est *a priori* considérée comme non nécessaire, voire contraignante ou contre-productive par ces entreprises. Le rôle de la collectivité locale est donc limité à un rôle de décision quant au périmètre à concéder (un quartier, une commune, voire plus) et au choix des entreprises (ou consortium d'entreprises). Il paraît peu probable qu'une agglomération de grande taille puisse être confiée à un unique concessionnaire, ceci afin que soient respectées les règles visant à éviter les positions excessivement dominantes dans un secteur censé être concurrentiel.

■ Questions de coordination entre acteurs et tarification

En revanche, la question de la prise en charge des coûts d'entretien des réseaux, et notamment du réseau électrique, va se poser. *A priori* les entreprises ne souhaitent pas contribuer à l'entretien et au fonctionnement du réseau électrique régional et national. Leur préférence va évidemment dans le sens d'une prise en charge collective des coûts d'utilisation des réseaux qu'elles utilisent pour échanger/consommer de l'énergie à l'échelle locale. Cette question se traduit ainsi : alors des modalités de maintien des fonctions de secours et d'échange assurées par le réseau : qui prend en charge financièrement cet entretien ? Sur quelles bases ? Des ajustements de ce type dépendent à notre sens des contextes locaux particuliers et des rapports de force entre entreprises et collectivités locales. Il n'est pas exclu d'imaginer une contribution de l'auto-consommation au sein du secteur concédé à l'entretien du réseau plus global en contrepartie d'obligation de secours en cas de défaillance locale.

Un conflit peut aisément émerger entre entreprises. Dans le cas où une ou des grandes entreprises se retrouvent en situation de devoir gérer les réseaux d'approvisionnement électrique à une large échelle, leurs intérêts seront opposés



à celui des grands groupes concepteurs de systèmes locaux énergétiques. Ces derniers pourront, en fonction du contexte local, souhaiter favoriser l'autoconsommation tout du moins à l'échelle d'un quartier, et dès lors moins contribuer à l'entretien du réseau plus global. En revanche, dans les cas où ces deux activités seraient menées par une même entreprise, celle-ci aura tendance à moins privilégier l'autoconsommation locale afin d'amortir les coûts d'entretien d'un réseau global (figure 3).

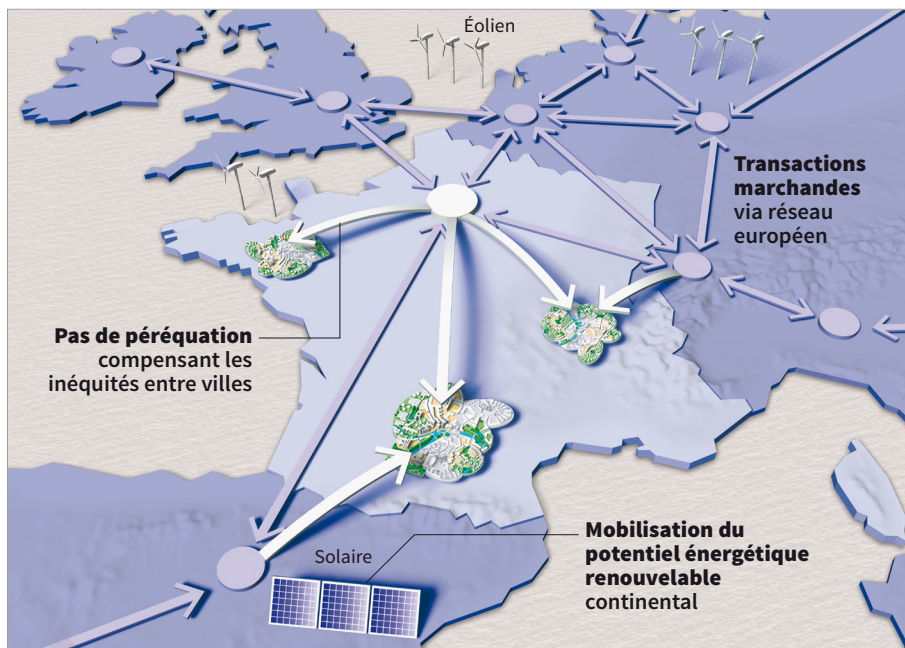


Figure 3 – Scénario Grandes entreprises - Échelle Pays <nexus-energy.fr>

Dans les conditions économiques de 2015, les options de production décentralisée d'énergie sont, sauf exceptions, non rentables. L'évolution des performances et des coûts permet toutefois d'envisager la parité réseau³ dans un délai assez proche (c'est déjà le cas en Allemagne pour la production d'électricité photovoltaïque en raison d'un prix de l'électricité au consommateur domestique bien plus élevé qu'en France), à la condition de pouvoir s'appuyer sur le réseau en cas de surplus ou de déficit de production. À terme, et en supposant un renchérissement de l'électricité en France, les cas de rentabilité de la production décentralisée d'énergie devraient s'étendre. Une éventuelle remise en cause de la péréquation

3. Parité réseau = équilibre entre coût de production et prix de vente de l'électricité au consommateur final.



tarifaire (qui masque une forte disparité des coûts d'approvisionnement) pourrait révéler des zones de développement économiquement favorables aux options décentralisées mais cette hypothèse n'est pas soulevée par les entreprises qui restent dans un dispositif national fortement encadré. La tendance posée par ce scénario devrait cependant favoriser sa remise en cause, sauf si les acteurs en venant à dominer le marché de la vente de systèmes énergétiques intégrés sont également les principaux producteurs centralisés d'électricité.

Les régulations

Le scénario « grandes entreprises » s'appuie sur des changements importants en termes de régulation de l'énergie et de la construction par rapport à la situation actuelle :

- **pour l'électricité : pas de (ou faible) taxe de financement du réseau** pour les flux internes aux périmètres concédés en multi-énergie et, pour faciliter l'extension des zones concédées, exemption de la part *transport haute tension* pour les flux internes au réseau local de distribution ;
- **instauration d'un statut de concession multi-énergie fondé sur la performance** : par exemple en élargissant à l'électricité et au gaz les dispositions actuelles de Délégation de service public et selon un modèle économique de type performance énergétique (vente d'une solution garantissant un résultat), le prix du service pour les bâtiments existants étant affectés d'un coefficient de pondération basé sur leur étiquette énergétique ;
- **pour les constructions neuves, obligation de céder l'usufruit de la toiture au concessionnaire multi-énergie** afin qu'il puisse y poser des panneaux solaires, le concessionnaire étant libre d'utiliser ou pas cette toiture ;
- **les infrastructures de production, de réseau et de stockage dans les zones concédées peuvent être considérées d'intérêt public** et être imposées, à la demande du concessionnaire par les documents d'urbanisme.

Ces nouvelles modalités sont conditionnées par l'État ou l'Europe à une proportion d'énergie renouvelable, qu'elle soit issue du périmètre de la concession ou achetée sur le marché de l'électricité. Pour encourager les collectivités à développer la concession multi-énergie, l'État les autorise à prélever une taxe de « redistribution locale » assise sur le chiffre d'affaires de la concession. Cette taxe est dédiée à la rénovation énergétique des bâtiments et aux projets de production et stockage d'énergie portés par des sociétés privées ou par la collectivité en dehors du périmètre de la concession multi-énergie. Les collectivités fixent le taux de cette taxe selon leurs orientations en termes de redistribution fiscale mais aussi l'éventuel dumping fiscal exercé par les collectivités voisines.



Scénario B – Collectivités locales

Dans ce second scénario, la collectivité locale pilote la planification de la production, du stockage et/ou de la distribution de l'énergie nécessaire à la ville. On entend ici par collectivité une commune ou une intercommunalité qui disposerait au minimum des compétences énergie et urbanisme (dévolues aux communes avant 2014 et transférées en 2015 aux Métropoles pour les quinze plus grandes agglomérations françaises). Les collectivités sont motivées par la maîtrise énergétique : elles privilégient la création de revenus et d'emplois sur leur territoire et la cohésion (équité sociale et intra-territoriale) (Mauroux *et al.*, 2011), ces deux objectifs pouvant entrer en contradiction. Compte tenu du poids de l'énergie dans les dépenses (et le revenu) des ménages et des entreprises, les collectivités mobilisent les différents leviers pour piloter une politique énergétique locale : supervision des réseaux de distribution d'énergie, fiscalité de l'énergie et de la construction, financement de l'habitat, règles d'urbanisme, protection/gestion des nappes phréatiques, production, gestion et efficacité... (Vandevyvere et Stremke, 2012). Il va de soi que ces collectivités ont également de nombreuses autres compétences hors du champ énergétique (gestion de l'eau, agriculture, mobilité...), mais il ne nous semblait pas pertinent, notamment pour la clarté de l'exposé, de tenir compte de l'ensemble des politiques urbaines menées.

Ce scénario reposant sur le leadership des collectivités locales, il suppose une certaine latitude de leur part en termes de tarification de l'énergie aux consommateurs finaux et par conséquent une différenciation du tarif réglementé selon les territoires, mais en revanche une tarification potentiellement identique pour l'ensemble des bénéficiaires du service énergétique proposé. Seules ou s'associant à d'autres, de nombreuses collectivités opèrent, *via* une société publique, sur le marché à court terme du gaz et de l'électricité. En ce sens les collectivités territoriales s'associent en fédérations (une ou plusieurs) afin de peser dans leurs relations avec les producteurs d'énergie, voire avec les pouvoirs publics centraux. Ces fédérations jouent également le rôle de diffusion des bonnes pratiques, des résultats d'expériences menées sur un territoire ou un autre (*figure 4*).

En termes de distribution, les vecteurs énergétiques privilégiés sont l'électricité, pour sa connectivité élevée et ses facilités de gestion (*smart grid*) et la chaleur dans un objectif de contrôle des intrants énergétiques sur le territoire. Le réseau de gaz intéresse relativement moins les collectivités car le gaz est majoritairement produit en dehors du territoire (importation de gaz fossiles des

pays étrangers ou méthanisation située davantage en zones rurales) exception faite de la méthanisation des déchets ménagers qui, lorsqu'elle existe, alimente généralement le réseau de chauffage urbain. Ce moindre intérêt pourrait cependant être compensé par un regain d'intérêt pour un fluide susceptible de servir pour le stockage d'énergie (notamment avec le *power-to-gas*) et plus aisément mobilisable de ce fait en complément de la production d'énergies renouvelables fréquemment intermittentes. Le gaz pourrait donc avoir une utilité, non pas en tant que source d'énergie qu'en tant que vecteur de stockage. En ce qui concerne l'électricité, la production est planifiée à l'échelle d'accords avec les territoires de proximité pouvant accueillir des installations de production d'énergies renouvelables (hydroélectricité, champs d'éoliennes, champs de panneaux photovoltaïques...) au-delà de ce qui est produit en zone urbaine (photovoltaïque, solaire et éolien partout où c'est possible – parcs, friches, toits de grande surface). Le type de production d'électricité, en ville ou dans les territoires adjacents, est fortement dépendant du contexte local. Si ce territoire urbain élargi vise à l'autonomie, il est néanmoins relié à un réseau à une échelle plus large, avec des échanges d'énergie permettant d'équilibrer l'offre et la demande entre régions. Le développement des *smart grids* pour gérer le réseau électrique entre pôles urbains est indispensable à ces échanges.

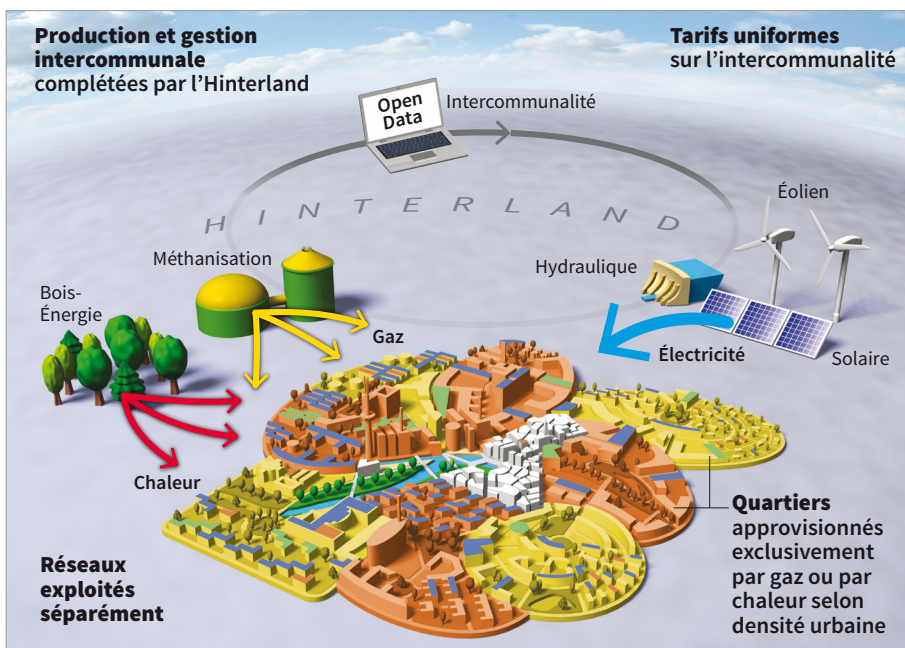


Figure 4 - Scénario Collectivités locales - Échelle Ville <nexus-energy.fr>



La collectivité planifie la production de chaleur : les infrastructures sont conçues à l'échelle de la ville (réseau de chaleur alimenté par des chaufferies au bois, valorisation énergétique des déchets, eaux usées, panneaux solaires thermiques...) et/ou à l'échelle d'un quartier (stockage d'eau chaude produite par des panneaux solaires thermiques par exemple). La fluctuation des besoins est prise en compte à l'échelle du réseau par du stockage thermique (réservoir d'eau et matériau à changement de phase) intégré ou connecté au réseau ainsi que par du stockage de combustible (biomasse et gaz) placé à proximité des chaufferies ou à distance dans le cadre de partenariats avec les filières forestières et agricoles de l'arrière-pays. Dans les secteurs peu denses (tissu pavillonnaire par exemple), des solutions individuelles de conversion de chaleur persistent du fait de la non-rentabilité d'un réseau de chauffage.

Les besoins en chauffage sont cependant réduits par les investissements effectués dans les bâtiments gérés par la collectivité locale, notamment *via* les offices de logements sociaux, en plus des investissements concernant tout bâtiment construit après 2012. Le parc de bâtiments géré directement ou sous la responsabilité indirecte de la collectivité est important, ce qui permet à la sphère publique de programmer les investissements nécessaires afin de réduire les besoins en énergie. Ces investissements suivent le rythme des possibilités financières de la collectivité locale, dépendant à la fois de la richesse du territoire et de la fiscalité adoptée. Des mécanismes de compensation financière sont mis en place pour les locataires ne bénéficiant pas encore des bâtiments remis à neuf par rapport aux locataires installés dans ces bâtiments peu énergivores, ceci dans un souci d'équité face au coût de l'énergie (*figure 5*).

Les propriétaires privés de bâtiments ou de logements sont également tenus de procéder à des investissements lourds visant à réduire les besoins en dépenses énergétiques. Des aides leur sont attribuées en fonction de leurs revenus (et selon la capacité de la collectivité à exercer une pression fiscale lui permettant de dégager ces besoins). Lorsque nécessaire (bâtiments moins bien conçus ou plus difficiles à isoler de façon satisfaisante, notamment dans le bâti ayant une valeur patrimoniale), le mode de chauffage leur est imposé par la collectivité locale, selon une logique où l'ensemble des bâtiments doit être relié à un système localement centralisé de chauffage, ceci afin d'en optimiser l'usage.

En ce qui concerne l'électricité, la production et le stockage est aussi planifié à l'échelle de la collectivité. Ils s'appuient sur des technologies éprouvées et rentables. Le solaire photovoltaïque est notamment très présent sur les espaces délaissés (bordures des routes, friches, bâtiments industriels et commerciaux...).

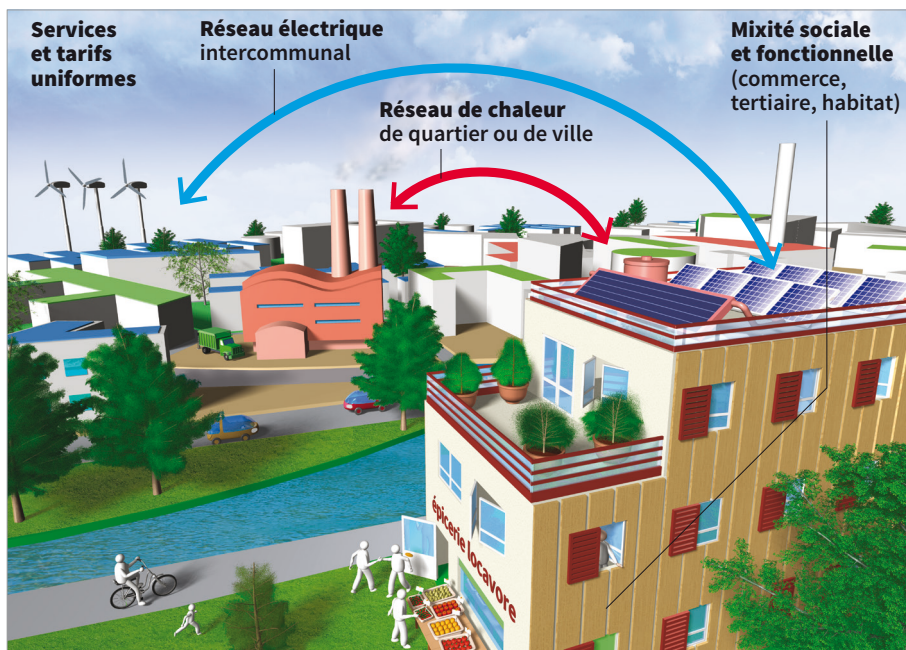


Figure 5 - Collectivités locales - Échelle Bâtiment <nexus-energy.fr>

Sur les toitures et façades de bâtiments construits après 2020 et les bâtiments plus anciens, il est concurrencé par le solaire thermique ; les parts respectives de ces deux vecteurs varient selon les configurations urbaines et notamment la présence de réseaux de chaleur. Cet aspect est cependant potentiellement contré par l'important besoin de climatisation des bâtiments. Privilégier la production d'énergie sur les toitures ou la végétalisation de ces mêmes toitures est l'enjeu d'arbitrages qu'il n'est pas aisé de démêler ici.

Les territoires de proximité – l'hinterland – accueillent des champs de panneaux photovoltaïques et, dans le sud de la France, des centrales solaires à concentration car elles ont l'avantage de produire de l'électricité la nuit (Schneuwly et Debizet, 2015). Ensuite, viennent d'autres sources de production d'électricité. Les éoliennes sont installées sur les immeubles les plus hauts en milieu urbain et sur des crêtes, promontoires et couloirs ventés en périphérie de la ville. La cogénération à partir de biomasse ou de gaz est aussi pratiquée à l'échelle du quartier lorsqu'il y a un réseau urbain et à celle du bâtiment, voire du logement, ailleurs ; elle est encouragée pour accroître l'autonomie même en période hivernale. Préoccupation essentielle car il s'agit de conserver de la valeur économique sur le territoire, voire de capter celle découlant des fluctuations du prix de l'électricité, le stockage connecté au réseau électrique est développé et



encouragé. D'une part, les pointes horaires de consommation pour le chauffage électrique (essentiellement les pompes à chaleur) et l'eau chaude sanitaire sont lissées grâce à l'obligation de stockage thermique dans les bâtiments neufs et les bâtiments rénovés financés par des fonds publics. D'autre part, la variation temporelle du prix d'achat photovoltaïque a conduit les producteurs à développer des moyens de stockage. En périphérie de la ville et lorsque la topographie s'y prête, des réservoirs d'eau avec transfert d'énergie par pompage sont réalisés pour stocker l'excédent de la production d'électricité renouvelable et, éventuellement, pour capter la différence de prix de marché à court terme de l'électricité. Toujours en périphérie et lorsque la géologie s'y prête des cavités souterraines sont utilisées pour le stockage d'énergie sous forme d'air comprimé. Le type de production d'électricité, en ville ou dans les territoires adjacents, est fortement dépendant du contexte local. Si ce territoire urbain élargi vise à l'autonomie, il est néanmoins relié à un réseau à une échelle plus large, avec des échanges de puissance permettant d'équilibrer l'offre et la demande. Le développement des *smart grids* est général pour gérer le réseau électrique tant de façon interne à la collectivité qu'avec son hinterland et les pôles urbains partenaires.

Jeux d'acteurs

Dans ce scénario, les collectivités locales disposent d'un pouvoir bien supérieur à ce que l'on peut observer aujourd'hui, notamment dans le cas français (Dobiny, 2009). Dans d'autres pays, notamment au Danemark ou en Suisse, les collectivités locales sont depuis longtemps en capacité d'imposer aux autres acteurs implantés localement des décisions politiques se traduisant par des obligations opérationnelles. Ainsi, les municipalités danoises sont en mesure d'indiquer à des entreprises où (à quelles infrastructures) adresser leurs déchets. Autre exemple, lorsque dans les années 1970 la municipalité de Kalundborg a mis en place un réseau de chaleur alimenté par de la chaleur fatale issue d'une activité industrielle, elle a imposé le raccordement des bâtiments à ce réseau afin de le rendre financièrement viable.

■ Collectivités et entreprises

En France, le renforcement du mouvement métropolitain et, plus globalement, le mouvement de regroupement entre communes et le transfert vers les agglomérations de la responsabilité énergie depuis 2015, confère davantage de pouvoir aux ensembles politiques locaux ainsi constitués. Il n'y a là rien d'inéluctable, mais le scénario B s'appuie sur un renforcement de cette logique. Ainsi, outre la légitimité et l'intérêt, les collectivités deviennent acteur pivot en



disposant également d'une portion importante de pouvoir coercitif. À partir de cette position dominante, plusieurs attitudes sont envisageables de la part des édiles, en fonction des orientations politiques. Une orientation politique peut consister à préférer des solutions offertes par le marché et par les entreprises. Dans ce cas, on se retrouve dans une variante du scénario A, avec une présence forte des entreprises mais avec une délégation des moyens et des objectifs définis de la part des Collectivités territoriales (CT).

L'orientation politique en phase avec le scénario B est donc une orientation de type volontariste, de prise en main des questions énergétiques soit pour accroître l'autonomie territoriale (et les revenus locaux), soit pour favoriser l'équité sociale, soit pour les deux raisons à la fois. Dans ce scénario, le présupposé a été fait de collectivités sensibilisées par ces deux questions. De fait, les solutions énergétiques adoptées sont finement adaptées aux particularités des territoires. Leur cahier des charges comporte des clauses strictes en termes d'équité énergétique (éviter la précarité énergétique), de sécurité et de solutions technologiques. Elles favorisent les solutions locales d'accès à l'énergie et peuvent favoriser les *smart grids*, pour peu que cela ne les lie pas de façon trop étroite à de grandes entreprises. Certaines d'entre elles se fixent comme objectif un territoire à énergie positive. Ne souhaitant pas (sinon nous aurions un basculement vers le scénario A) se retrouver liées à des grands groupes qui proposent des systèmes énergétiques complexes, elles tendent à vouloir favoriser des solutions qu'elles sont en mesure de maîtriser. La question des nœuds socio-énergétiques est pour les collectivités territoriales également essentielle, puisqu'il s'agit de la capacité des collectivités locales à maîtriser ces nœuds afin de ne pas être capturées par des entreprises. Par maîtrise nous entendons tout d'abord la capacité à comprendre d'un point de vue cognitif l'articulation des différents éléments composant un nœud, mais aussi la maîtrise des opérations de coordination entre les différents acteurs impliqués par un nœud. Cela peut supposer une préférence pour des technologies de maîtrise relativement aisée (moins hautement technologiques), sauf à ce que ces technologies de pointe soient adaptables à un assemblage plus large (de nœuds socio-énergétiques) globalement maîtrisé par la collectivité territoriale. Cela suppose de toutes les façons que les technologies employées soient assez souples pour être adaptées à un système énergétique pensé en fonction d'un contexte local.

Les entreprises ont donc un rôle économique et technologique non négligeable dans ce scénario, mais pas un rôle pivot, du fait de l'attention accrue des collectivités locales qui veillent à ne pas être « capturées » soit pour des raisons financières, soit pour des raisons technologiques, par des entreprises. En particulier, il est



peu probable que les collectivités locales gèrent directement les *smart grids* nécessaires en tant qu'outils de gestion de la diversification énergétique de lutte contre la précarité énergétique, et d'équilibrage énergétique au niveau urbain, notamment entre les îlots à énergie positive et les îlots anciens. Dans ce sens, la délégation de la gestion du *smart grid* à une entreprise privée peut être considérée comme un échange ou une compensation faite à l'entreprise en échange de gains énergétiques moins intéressants pour l'entreprise mais davantage pour la collectivité territoriale – par exemple, la lutte contre la précarité (Bafoil et Fodor, 2014). Dans ce cadre, et pour imposer leurs objectifs politiques, sociaux et énergétiques, les Collectivités territoriales encadreront les acteurs privés au niveau réglementaire, ajouteront des conditionnalités de service et d'équité énergétique...

■ Le rôle politique moteur des collectivités territoriales

Certaines collectivités territoriales s'impliquent fortement dans la lutte contre la précarité : conseil énergétique, rénovation, mixité sociale et énergétique, réseaux énergétiques entre quartiers à énergie positive et quartiers anciens, notamment considérés à valeur patrimoniale. Les collectivités territoriales ont des compétences internes sur les énergies renouvelables en milieu urbain, la gestion des réseaux et la précarité énergétique. Elles augmentent leur autonomie territoriale. Certaines collectivités territoriales montent des campagnes de sensibilisation sur l'énerg'éthique : l'accès des autres à l'énergie, pour développer l'entraide par le biais de dons d'énergie dans un cadre d'éthique énergétique collective.

Les corps centralisés et décentralisés de l'État et les associations locales telles que l'Agence locale énergie et climat (ALEC) et les Espaces Info Énergie (EIE) s'associent étroitement et deviennent plus influents en tant que conseillers des décideurs locaux, tout en intégrant des compétences en matière de précarité énergétique.

La commune (l'intercommunalité) a le souci d'assurer une certaine cohérence dans le développement des réseaux énergétiques pour éviter la concurrence entre sources d'énergie ou assurer la synergie (entre la chaleur et l'électricité par exemple) et contribuer à la stabilité des réseaux. Ce scénario est particulièrement favorable aux stratégies de développement de ressources énergétiques locales qui nécessitent une certaine coordination entre acteurs ; typiquement, seront favorisés l'exploitation de ressources forestières réparties sur un grand nombre de propriétaires, ou encore le développement d'une boucle de chaleur récupérant des énergies fatales distribuées entre plusieurs acteurs industriels.



Soulignons à partir de l'exercice prospectif PAT-Miroir que si les collectivités locales sont plébiscitées pour leur proximité avec le « terrain » tant en termes de connaissances que de capacité d'initiative (expérimentation) et d'animation (notamment pour la rénovation énergétique), des craintes ont été exprimées par les représentants de l'État comme des grandes entreprises quant à un transfert du pouvoir prescriptif et des financements environnementaux et de l'innovation vers les collectivités. La crainte est liée tant au risque de clientélisme qu'à celui de la temporalité courte des mandats municipaux qui font craindre une instabilité des orientations et le dévoiement de la mise en concurrence.

■ Coordination entre territoires

Toute la difficulté, dans ce scénario, réside dans les interactions entre territoires et, plus précisément, entre collectivités territoriales. En effet, la volonté de développer une autonomie accrue en termes d'approvisionnement énergétique va de pair avec le fait de privilégier des sources d'énergie relativement proches. Il paraît cependant peu réaliste d'imaginer que toute collectivité territoriale soit en mesure de produire l'énergie consommée exclusivement sur son propre territoire. Ce discours vaut bien entendu surtout pour les agglomérations densément peuplées, ne disposant pas toujours de ressources locales en quantités suffisantes. Dans la description du scénario, nous avons indiqué que les principales agglomérations urbaines devront compter sur leur « hinterland » et sur leurs ressources (hydroélectricité, champs de panneaux photovoltaïques, éoliennes, biomasse, géothermie...). Dès lors deux types de conflits peuvent émerger. Le premier entre l'agglomération urbaine et son hinterland, quant à la destination des sols, dans une logique de concurrence entre usages (production d'énergie vs production alimentaire vs cadre de vie...) et avec le sentiment des populations périphériques d'être au service du bien-être des populations urbaines, et ce à leur détriment. Le second entre territoires urbains entrant en compétition afin d'accéder aux ressources des zones rurales (*figure 6*).

L'enjeu de la coordination entre territoires urbains et entre ceux-ci et les zones rurales disposant d'un potentiel énergétique mobilisable est donc un enjeu crucial dans ce scénario. Les fédérations entre villes jouent un rôle clef, les jeux d'alliances entre territoires peuvent être complexes. Une intervention des pouvoirs publics nationaux, voire européens, peut s'avérer indispensable afin d'éviter que ne se multiplient des situations conflictuelles. Il faut également souligner le besoin de trouver des accords concernant les fonctions de secours ou de répartition des flux assurées par les réseaux et de la répartition de l'effort entre les territoires. Parmi d'autres questions : qui paie pour l'installation de capacités

de production destinées aux périodes de pointe ? Qui accepte que son territoire soit traversé par les lignes de grand transport ? L'intérêt général qu'entendait incarner l'État facilitait ce type de prise de décision, du moins avant la crise de la démocratie représentative. Son opérationnalisation devient potentiellement plus complexe et conflictuelle dans un contexte de territoires plus autonomes sur le plan énergétique. Néanmoins le scénario peut évoluer vers une mutualisation des ressources entre collectivités locales aux problématiques similaires. Pourraient alors se développer des formes de solidarité entre territoires et la mise en commun de moyens pour rentabiliser les stockages d'énergie, qu'ils soient électrique ou thermique. On peut même considérer qu'il est de l'intérêt des territoires de trouver des arrangements, faute de quoi l'État regagnerait en légitimité et pourrait reprendre la main sur des collectivités territoriales, manifestement incapables d'assurer l'accès à l'énergie pour tous.

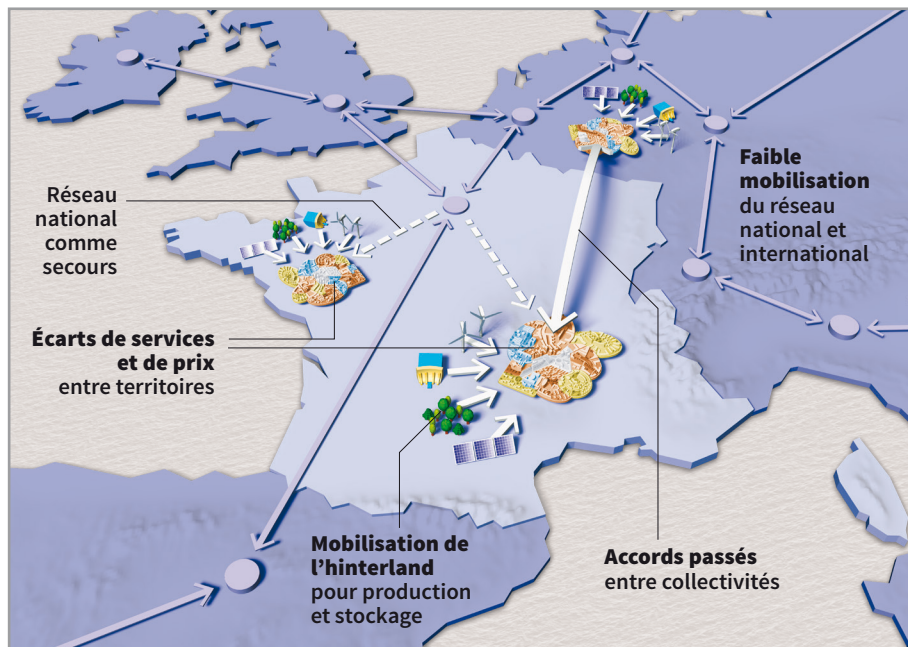


Figure 6 - Scénario Collectivités locales - Échelle Pays <nexus-energy.fr>

De ce point de vue, l'exercice prospectif PAT-Miroir nous indique que les collectivités locales voient d'un bon œil l'émergence des grands opérateurs de réseaux internet qui bousculent les schémas classiques et qui pourraient devenir des facilitateurs sur les échanges entre pôles urbains. Bien entendu, ce regard bienveillant pourrait se transformer en crainte si ces opérateurs parvenaient à une situation monopolistique.



Les régulations

La *compétence d'autorité concédante de la distribution d'électricité* est systématiquement transférée des communes à leur intercommunalité. Ainsi, les compétences expertes nécessaires au pilotage par le « local » des réseaux de distribution sont accrues parce que mutualisées. Les intercommunalités sont aussi tenues d'élaborer une planification énergétique articulée avec la planification spatiale en concertation avec les intercommunalités voisines dans le cadre de Schéma de cohérence territoriale (SCoT) ou d'inter-SCoT afin de pouvoir exploiter et coordonner davantage les énergies territoriales. La diversité et la stabilité des couleurs politiques du conseil communautaire réduisent le risque de changement brutal de cap et les effets du clientélisme. Comme dans les Métropoles instaurées au milieu des années 2010, l'intercommunalité assure systématiquement la compétence *Urbanisme* et notamment l'élaboration du Plan local d'urbanisation (PLU) que l'on ne dénomme plus « Intercommunal » (car ce n'est plus un élément de distinction) et la délivrance des autorisations de construire.

Le législateur national a autorisé les intercommunalités à :

- **prescrire la performance énergétique en complément de la réglementation thermique nationale** : dans le cadre du PLU et de l'autorisation de construire de bâtiments neufs ou d'extension, elles peuvent d'une part moduler les niveaux de consommation conventionnelle des bâtiments et, d'autre part, fixer des objectifs de mobilisation des ressources énergétiques locales pour la production d'énergie renouvelable située et pour le stockage (thermique, géothermique, hydroélectrique...).
- **imposer le raccordement des bâtiments** à un réseau : la mise en œuvre d'une planification spatiale locale dans des conditions économiques pour les réseaux (*a fortiori* dans une période de réduction des consommations) suppose de ne pas multiplier des infrastructures parallèles et de mieux utiliser les infrastructures existantes (y compris celles liées à des activités industrielles). Cela peut prendre des formes différentes : interdiction de développement d'un réseau parallèle (par exemple gaz ou chaleur, mais pas les deux), obligation de raccordement lors de la construction ou de grosse rénovation avec un prix uniforme d'abonnement sur le territoire ou, au contraire, prix négociable pour que le réseau soit plus compétitif s'il n'y a pas d'obligation de raccordement... formes que ne manquent pas de contester les habitants, les opérateurs d'énergie et les opérateurs de construction. L'obligation de raccordement à un réseau est conditionnée à une transparence des coûts de la distribution pour les citoyens.



- **accéder aux données énergétiques de consommation et de production sur leur territoire** : préalable quasi-incontournable à la planification énergétique intercommunale, les concessionnaires de la distribution d'énergie ont l'obligation de remettre en temps réel les données de production et de consommation à l'intercommunalité. Sa qualité dépendra de la complétude des vecteurs et du niveau d'agrégation spatiale et temporelle des données (par exemple bâtiment par bâtiment ou par îlot dans le cas de maisons individuelles), notamment dans une finalité de gestion des intermittences. La question de l'accès des données à des tiers se pose aussi : les citoyens dans une perspective de débat politique et de participation, les entreprises (numériques, énergétiques...) pour offrir de nouveaux services ou assurer plus efficacement leur prestation auprès des décideurs (maîtres d'ouvrage, collectivités, gestionnaires...).
- **différencier les modalités de la concession et le concessionnaire selon les zones du territoire** : en complément des mesures ci-dessus, l'intercommunalité peut confier la concession de la distribution (électricité, gaz et/ou chaleur) à des concessionnaires différents selon les zones de son territoire. Le cahier des charges de concession peut ainsi différer : uniques ou multiples vecteurs énergétiques, durée de la concession selon les projets d'infrastructures et d'équipement énergétiques sur la zone, modalités de rémunération... Ainsi, les intercommunalités peuvent déroger au principe de dissociation des fonctions de distribution et de fourniture, un principe fondateur du marché européen de l'électricité et du gaz depuis la fin du xx^e siècle.

L'ensemble de ces dispositions se traduit par une importante différenciation territoriale, pas seulement selon le potentiel de ressources énergétiques localisées ou à la typologie des formes urbaines (densité notamment), mais aussi selon les orientations et la volonté politique notamment la capacité de l'Intercommunalité à imposer des choix urbains et énergétiques aux communes et aux concessionnaires d'énergie. Pour réduire les inégalités territoriales (dont la définition a sensiblement évolué au cours du processus continu de décentralisation politique de l'énergie), des mécanismes nationaux de péréquation interterritoriale ont été renforcés (taxe à la consommation finançant le réseau national de transport d'électricité et de gaz et compensant les disparités de distribution dues à la densité ou au pouvoir d'achat des habitants...) ou mis en place (encadrement des prix d'abonnement au réseau et de consommation unitaire, minimum de puissance garantie – sauf *black out* complet – selon la taille du logement...). En revanche, les disparités d'accès aux ressources énergétiques ne font pas l'objet de péréquations interterritoriales puisqu'il s'agit d'encourager chaque territoire à mobiliser l'activation de ses ressources spécifiques.

Scénario C – État prescripteur

Face aux phénomènes climatiques toujours plus visibles et à l'urgence de mener une politique énergétique rigoureuse, les États reprennent la main sur la prise de décision locale et imposent leur niveau de conception des réseaux et infrastructures nécessaires (grands parcs éoliens *off-shore*, grandes centrales solaires ou hydrauliques, nucléaire...), ainsi que les objectifs d'efficacité à atteindre à différentes échelles. Faisant de la transition énergétique une priorité autant écologique qu'industrielle, l'État mise sur la production énergétique à partir de plateformes éoliennes ou solaires installées sur le territoire et irriguant le réseau national. Plus loin, le territoire national est lui-même alimenté par la production d'énergie électrique à partir de champs éoliens et solaires éloignés (par exemple à partir de vastes étendues de panneaux photovoltaïques ou de grandes centrales solaires à concentration au Sahara) (figure 7).

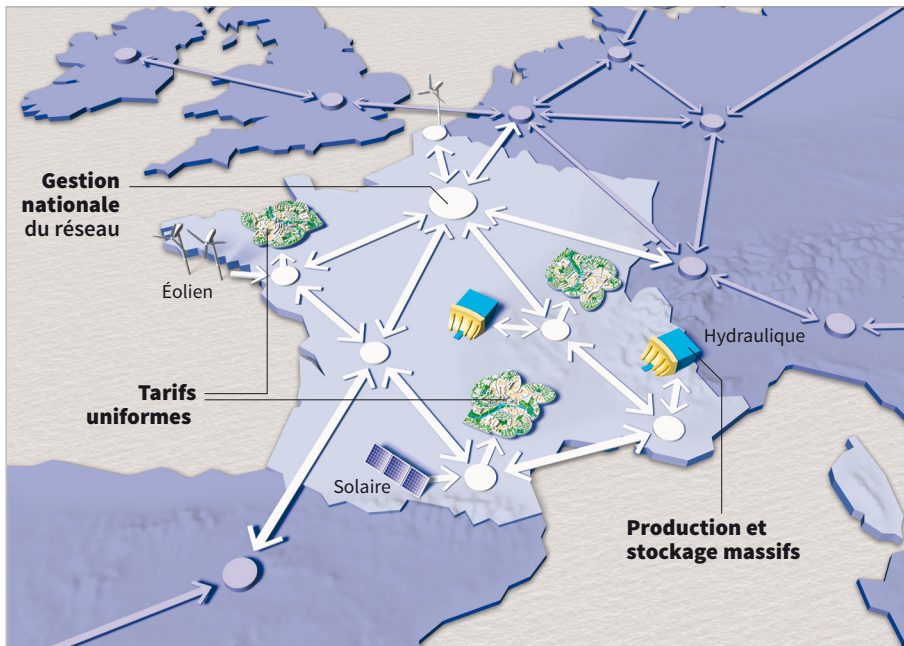


Figure 7 – Scénario État prescripteur - Échelle Pays <nexus-energy.fr>

En ce qui concerne l'énergie thermique, des normes ambitieuses sont établies au niveau national et européen mais doivent être mises en œuvre par les acteurs publics ou privés à l'échelle locale. Pour parvenir aux objectifs établis, les services de l'État font reposer la mise en œuvre des politiques publiques sur des



prescriptions techniques cadrées donnant lieu à des aides financières conditionnées. Ces prescriptions s'appliquent tant à la réhabilitation des bâtiments qu'à leur édification, mais aussi aux systèmes de production de confort thermique, selon des standards techniques établis. L'État édicte également des dispositifs réglementaires incitatifs (type bonus-malus énergétique : au-delà d'une certaine quantité consommée de kwh/personne/an dans un foyer, le tarif augmente rapidement). Cette démarche prescriptive tient relativement peu compte des diversités territoriales (normes plutôt homogènes qu'il s'agisse de tissu urbain dense ou d'espace rural, même si quelques différences peuvent être établies) et constitue en cela une orientation politique en rupture avec les évolutions actuelles.

L'État a également participé à la diffusion de la voiture électrique et aux bornes de recharge. Ces véhicules participent à la stabilité des réseaux, agissent comme stockage d'énergie et imposent la présence de piles à hydrogène sur les toits des nouveaux bâtiments.

Dans certains cas, surtout pour la rénovation et les bâtiments « précaires », l'État se substitue aux collectivités territoriales pour la maîtrise d'ouvrage. Il s'agit d'un investissement particulier de la part des pouvoirs publics centraux pour des projets considérés comme phares et de grande envergure (Hôpitaux, bâtiments administratifs, universités...). Dans ces cas-là, l'État établit d'importants contrats de Partenariats Public-Privé afin de faire gérer ces infrastructures, tout en conservant le contrôle des territoires urbains considérés comme stratégiques ou emblématiques. La logique poursuivie est celle de l'attractivité vis-à-vis des investissements privés et/ou de touristes potentiels. Ces ensembles de bâtiments sont suffisamment larges pour justifier l'emploi de technologies à forte intensité capitaliste, mais l'État veille à ce qu'ils ne se développent pas de façon séparée au reste de la ville, ceci afin de profiter du foisonnement et des mutualisations de consommations asynchrones. Il impose donc des procédures de prise en compte des réseaux et bâtiments existants à ces nouveaux projets.

Le rôle moteur de l'État

Ce scénario apparaît presque comme un retour à des pratiques courantes en France avant le démarrage du grand chantier de la décentralisation. En ce sens, il apparaît comme peu probable dans de nombreux autres pays en Europe (Italie, Allemagne, Danemark...). Néanmoins, faute de moyens, l'État ne joue plus le rôle de financeur. Son action repose sur sa capacité à imposer des contraintes et des objectifs aux acteurs privés à même de mobiliser eux-mêmes le capital afin de produire des infrastructures et des équipements énergétiques. Cela



concerne d'une part les grandes entreprises, et d'autre part, les ménages et petites entreprises consommateur/producteur d'énergie.

Concernant les grandes entreprises, on retrouve ici certains des acteurs dominants du scénario A (énergéticiens, producteurs de *smart cities*, gestionnaires de *big data*, entreprises du bâtiment...) mais dans un rôle assez différent [acteurs demandeurs selon le schéma de S. Brulot (2009)]. En effet la décision quant au type d'investissement à mettre en œuvre ou à la définition d'objectifs *a minima* ambitieux, ne dépendrait pas de ces entreprises, mais resterait du ressort des services de l'État. L'action publique centralisée passe beaucoup par de la réglementation et des normes. Cela dit, on peut aisément comprendre que s'instaurerait un dialogue entre ces services et les grandes entreprises concernées, quant au type de dispositifs techniques et organisationnels à privilégier, voire des jeux d'influence différents de ce que l'on pourrait observer dans d'autres scénarios. Dans ce scénario, en effet, l'État étant moteur et décisionnaire (c'est un véritable acteur pivot), le jeu des négociations sur les solutions technico-organisationnelles à adopter se déplace du niveau local vers l'arène nationale, en amont de l'action législative qui régule ces aspects. C'est là une différence de taille avec les autres scénarios. Cela favorise indéniablement l'adoption de solutions énergétiques reproductibles, indépendamment de considérations contextuelles si ce n'est à la marge. En d'autres termes, l'État entend maîtriser le type de nœuds socio-énergétiques qu'il convient de développer afin d'assurer une cohésion énergétique nationale efficace.

Bien que puissant, l'État ne peut tout faire tout seul. L'insuffisance de moyens financiers l'entraîne à développer des Partenariats-Publics-Privés. Ainsi, l'effort d'investissement est pris en charge par des acteurs puissants financièrement, qui se rémunèrent sur les projets ambitieux que l'État entend choisir et encourager. Dans ce scénario cependant, relativement en décalage avec ce qui est observable aujourd'hui, l'État entend maintenir le contrôle du choix des solutions techniques mises en œuvre. Il le fait par la réglementation (bien que, comme cela a été indiqué précédemment, les grandes entreprises fassent nécessairement acte de *lobby* à ce stade) et/ou en s'immisçant au processus de décision technique par l'intermédiaire de ses services (cette option étant moins crédible dans un contexte financier peu favorable à l'État).

Concernant les ménages et les petites entreprises consommant (et parfois produisant) de l'énergie, l'État utilise des dispositions réglementaires liées à l'acte de construire et au raccordement au réseau et recourt à des dispositions fiscales : impôt sur le revenu, sur les sociétés, taux minoré de TVA... Sa très forte



capacité à prescrire est alors associée au bâtiment et au logement (ou ménage), ainsi qu'à l'établissement (au sens d'une entreprise ou d'une administration) ou d'un sous-ensemble localisé en un même lieu et abonné à un réseau.

Un postulat fort de ce scénario est celui d'un État soucieux également des enjeux sociaux liés à la question énergétique. En ce sens il paraît crédible que la péréquation des tarifs soit maintenue. Nous avons un État élaborant des cahiers des charges avec des clauses visant la neutralité énergétique et carbone, un niveau minimal d'accès à l'énergie pour les usagers (lutte contre la précarité énergétique et pour l'équité énergétique), mais également des normes de sécurité strictes. Une variante pourrait consister à envisager un État interventionniste sur les seuls aspects environnementaux et énergétiques. Nous basculerions alors nous semble-t-il vers ce qui est parfois identifié comme un « écofascisme » (Dupuy, 2004), avec un État fort essentiellement soucieux des équilibres planétaires globaux au détriment de considérations sociales. Mais cette évolution nous paraît peu crédible, en ce qu'un régime autoritaire fondé sur un leitmotiv écologique pur serait peu stable s'il ne repose pas également sur un minimum d'équité sociale. En d'autres termes, même un régime autoritaire fort légitimant son action sur des impératifs écologiques indépensables a besoin d'un soutien populaire et l'alimenter par des mesures plus sociales.

De fait, l'État a un rôle important dans la protection sociale et la lutte contre la précarité énergétique, ce qui accroît l'acceptabilité des innovations en matière d'énergie (notamment différentes formes de stockage et les *smart grids*). En ce sens, il impose également des normes de sobriété énergétique⁴.

L'État devrait également continuer de maîtriser de nombreux aspects qu'il maîtrise aujourd'hui et qui constituent des leviers fondamentaux face aux changements nécessaires. Outre la réglementation, que nous supposons forte dans chaque scénario, du moins en ce qui concerne les objectifs à atteindre, dans ce scénario l'État est également moteur quant aux orientations de la Recherche et Développement, pour mettre en place des actions de sensibilisation sur les questions de bonnes pratiques énergétiques, mais aussi pour faire évoluer les cadres d'action légaux des acteurs de la construction (*figure 8*).

Dans ce scénario, l'État est en particulier attendu en matière de renforcement des exigences de stockage et de *smart building* (permettant les effacements)

4 Voir sur cette question : Marie-Christine Zélem (2013), *Débats national sur la transition énergétique : Enjeux et réalités de la sobriété. Une simple question de sémantique ?*



dans la réglementation de construction afin d'assurer la stabilité du système énergétique national dans son ensemble. Par ailleurs, l'État homogénéise les dispositifs et en assure la cohérence au niveau national. Les *smart grids* sont encadrés par la loi, notamment en ce qui concerne la sécurité, l'anonymat des données privées, les prix, la durée des effacements et leurs cadencements et impacts sur la qualité de vie. L'État restreint la collecte d'information au strict secteur de l'énergie. Dans un contexte de péréquation tarifaire orchestrée par l'État, les distributeurs d'énergie proposent néanmoins des offres variables, afin notamment d'inciter à des efforts en termes de moindre consommation énergétique, voire de moindre consommation lors des périodes de pointe. Cette variabilité des offres tarifaires est néanmoins plus faible que dans le scénario A. Ainsi pour les offres associées aux *smart grids*, pour lesquelles la variabilité est réduite et encadrée par des minimums obligatoires. Toutes les offres, même basiques, offrent des dérogations aux effacements, moyennant des surcoûts que l'État prend en charge en ce qui concerne les habitats peu efficaces occupés par des ménages modestes, tandis que des températures de confort en été et en hiver sont assurées. Une partie des revenus issus des effacements est reversée pour l'amélioration thermique des bâtiments existants.

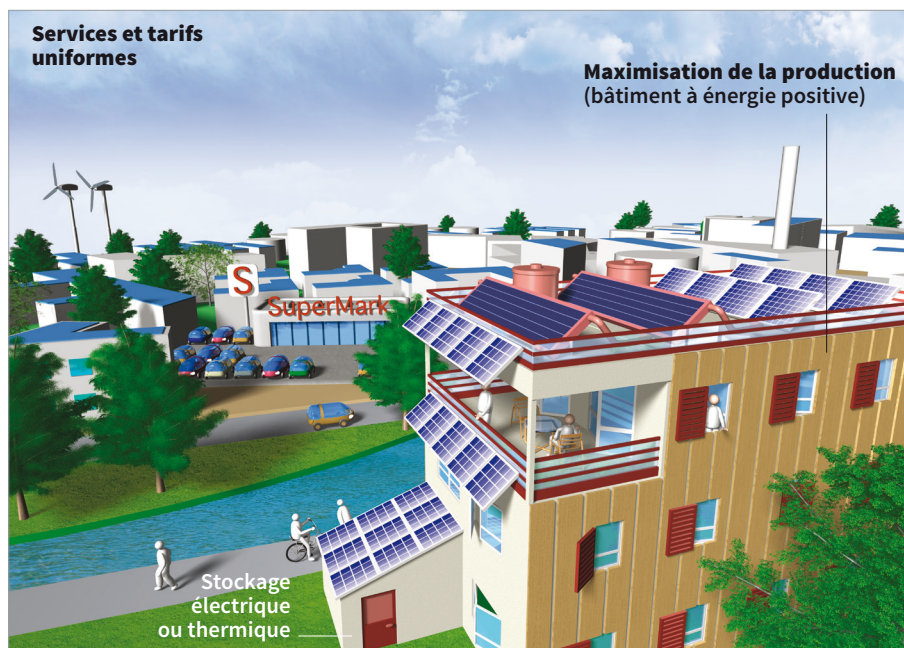


Figure 8 - Scénario État prescripteur - Échelle Bâtiment <nexus-energy.fr>



Quels enjeux au niveau local ?

L'État est donc en position motrice dans ce scénario, y compris au niveau local. Les collectivités territoriales n'ont que peu d'autonomie et apparaissent au mieux comme des relais du pouvoir central. L'État agit par le biais d'un réseau d'acteurs qu'il a mis en place et qu'il contrôle, qu'il s'agisse traditionnellement de services déconcentrés de l'État ou de services délocalisés d'agences publiques. Les agences de l'énergie, qu'il s'agisse de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ou d'une Agence locale de l'énergie (ALE), ont un rôle clé en ce qui concerne la gestion de l'énergie au niveau des territoires. Les mécanismes de sensibilisation et formation des usagers à la gestion énergétique sont renforcés sur une base peu contextualisée. Ces relais opérationnels de l'État assurent la fonction de planification et de coordination du développement des réseaux énergétiques à l'échelle locale. Il s'agit notamment de maintenir une certaine cohérence entre les évolutions qui s'opèrent à l'échelle des territoires, afin d'assurer une cohésion nationale et un équilibre global entre offre et demande, notamment dans le secteur électrique. En ce sens, la production décentralisée de l'énergie est stimulée non pas pour favoriser l'autoconsommation, mais pour exploiter au mieux le potentiel productif au service du pays, tout en veillant à maintenir la fiabilité de l'alimentation. Les objectifs de Territoires à énergie positive (TEPOS) sont toujours en vigueur, et s'appliquent à des territoires déterminés par l'administration centrale, mais l'équilibre recherché entre offre et demande n'est pas un équilibre de tout instant. Ce que l'on vise, dans le secteur électrique, est plutôt un équilibre de chaque territoire moyenné sur l'année, afin d'assurer l'équilibre global au sein d'un réseau centralisé. L'État doit cependant assurer également la production d'électricité lors des périodes de pics de consommation journaliers et saisonniers. Certains territoires, essentiellement ruraux, sont identifiés par l'État en tant que réservoirs de production pour ces pics et sont équipés en capacité de production électrique afin de pallier cette nécessité. Pour les besoins en chaleur, les exigences réglementaires définies au niveau national se traduisent par une autonomie forte même à l'échelle territoriale, mais moins stricte que dans le scénario B ou D, du fait de la capacité de l'État à mobiliser des ressources importées pour compenser des situations rendant objectivement difficile l'indépendance énergétique (on pense par exemple au Grand Paris) (*figure 9*).

L'État contribue à identifier les besoins énergétiques et les ressources disponibles localement, mais s'assure que la concurrence entre les territoires pour l'accès aux ressources reste limitée et que les réseaux énergétiques continuent à assurer des fonctions de répartition des flux (en cas d'excédent) et de secours (en cas



de déficit). Bien que l'on puisse supposer une volonté affirmée d'exploiter les ressources énergétiques locales, celles-ci ne sont pas systématiquement privilégiées. L'important est de permettre un équilibrage sur le territoire national. L'État n'exclut par ailleurs pas que la production locale d'électricité puisse être vendue à des consommateurs locaux pour minimiser les flux d'énergie ascendants sur les réseaux, mais la revente d'électricité en local doit également permettre de rémunérer les fonctions d'échange et de secours assurées par le réseau national, donc le maintien de capacité de production et de transport/distribution. Les kWh produits et consommés localement doivent aussi y contribuer.

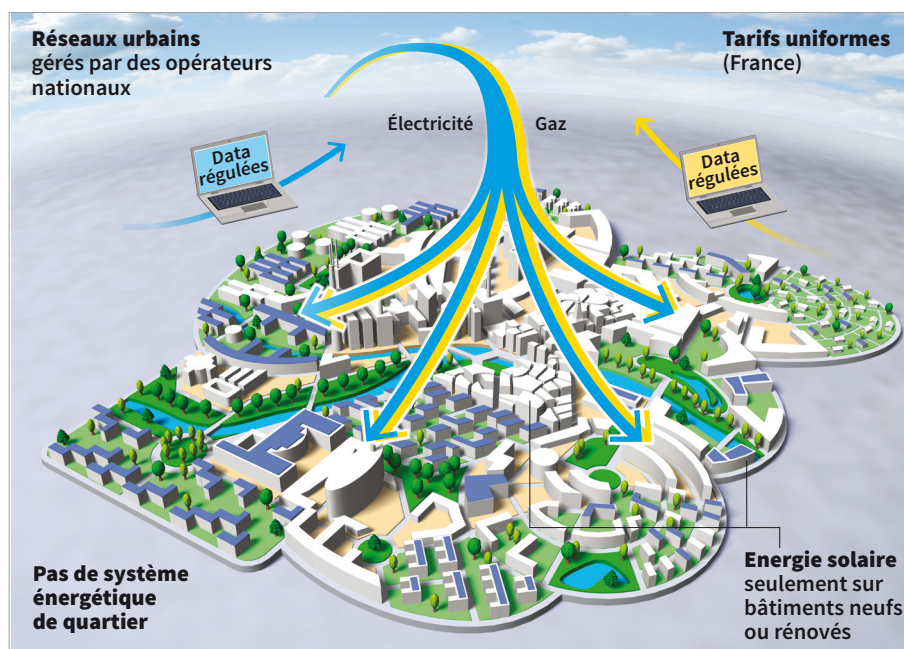


Figure 9 - Scénario État prescripteur - Échelle Ville <nexus-energy.fr>

À partir de l'exercice prospectif PAT-Miroir, l'on voit que ce rôle fort de l'État, y compris au niveau local, n'est pas sans poser question. Les entreprises sont réticentes à l'idée que l'État s'immisce dans leurs affaires et réclame que lui soient communiquées les données collectées auprès des consommateurs d'énergie. Les représentants des habitants ont quant à eux exprimé la crainte que l'accroissement de la contrainte réglementaire ne pèse sur le coût de la construction. Mais surtout, plusieurs des acteurs impliqués (habitants, collectivités locales) dans l'exercice craignent que l'État ne tienne pas compte de la diversité des configurations locales et micro-locales, mais également que la péréquation territoriale appliquée soit incohérente au regard de la réalité d'un territoire.



Face à ces craintes on peut néanmoins indiquer qu'avec ce rôle moteur, l'État veille à ce que les offres ne soient pas trop discriminantes entre les groupes de populations et entre les territoires riches et pauvres. De plus, il capitalise sur les données énergétiques fournies pour mieux gérer les réseaux, améliorer leur stabilité et réduire davantage les émissions de gaz à effet de serre produits durant les pointes de consommation. Les *smart grids* offrent des données pour développer une stratégie nationale énergétique plus fine. Compte tenu de la faiblesse des capacités de stockage non centralisées (celles situées en zone urbaine auprès des consommateurs et partout auprès des producteurs), le réseau de transport national et européen est fréquemment et fortement sollicité. Le surplus, lorsqu'il y en a, est injecté dans le réseau électrique européen. Inversement, le déficit nécessite de recourir fréquemment et substantiellement à des moyens de production extranationaux.

Ce faisant, l'équilibre financier de l'opérateur national dominant se retrouve menacé par les fluctuations du prix de marché européen de l'électricité, ces fluctuations étant amplifiées par le basculement massif de plusieurs pays européens vers les énergies renouvelables. Alors que les prix sont très bas lorsque les éoliennes et le photovoltaïque produisent massivement, l'opérateur national dominant peine à rentabiliser les grands équipements de production d'électricité (centrale thermique nucléaire) : il perd des parts de marché au profit des fournisseurs d'électricité concurrents qui proposent des contrats avec variation temporelle des prix. La capacité de l'opérateur national historique à nouer des alliances à long terme avec de grands opérateurs étrangers s'amenuise avec la multiplication des producteurs et agrégateurs d'énergie dans les pays voisins. La viabilité de ce scénario suppose donc une forme de reprise en main du marché de l'électricité par les États et une limitation de la concurrence intra et internationale.

En alternative et pour atténuer cette dépendance au marché européen, l'État peut être tenté de construire des réservoirs massifs d'eau servant au stockage de l'électricité, afin de compléter la capacité de réservoirs hydroélectriques équipés de stations de pompage. Ce déploiement paraît néanmoins peu probable, car il suscite des conflits d'usage tant avec les fonctions locales et touristiques des espaces naturels qu'avec les usages agricoles et urbains de l'eau. Ces tensions sont d'autant plus probables que la dégradation du régime hydrique induite par le changement climatique risque d'accroître et d'intensifier les périodes d'étiages du fait du recul de l'enneigement et de l'allongement des périodes sèches. En été, l'augmentation de la température moyenne de l'eau, couplée à la diminution du débit, a un effet négatif sur la production de l'électricité nucléaire, avec une demande élevée pour la climatisation lors de périodes de chaleur (le dernier



rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC] [2014] prévoit à cet égard que la consommation d'énergie en été devrait dépasser celle de l'hiver vers 2035).

En conséquence, l'État cherche à utiliser d'autres leviers en imposant le stockage, non à l'opérateur national gestionnaire du réseau d'électricité, mais aux producteurs d'électricité renouvelable et aux consommateurs comme nous le verrons plus bas.

Tarification, taxation et données

La question de la fiscalité mérite dans ce scénario que l'on s'y attarde. Deux aspects doivent en effet être traités de façon plus détaillée. Une première question est en lien avec la péréquation tarifaire. Rappelons que les petits consommateurs (ménages et petites entreprises) peuvent encore bénéficier d'un tarif réglementé pour l'électricité et le gaz, uniforme sur le territoire national. À côté de cette possibilité offerte aux petits consommateurs, les opérateurs peuvent proposer dans ce cadre des tarifs variables dans le temps sur des plages définies à l'avance (et uniformes sur tout le territoire). Dans ce scénario, avons-nous indiqué, l'État se veut garant d'équité sociale et entre les territoires. Nous sommes cependant confrontés, et la question est loin d'être nouvelle, au problème des incitations à des comportements davantage en phase avec la réalité sur le terrain des coûts de production et de distribution de l'énergie (Zelem, 2010). La répercussion vers les consommateurs des variations temporelles du prix instantané de l'électricité pourrait concourir à l'équilibre financier des grands producteurs nationaux et inciter économiquement les consommateurs à la maîtrise de la demande et au stockage de l'énergie. Si ces derniers nécessitent un investissement, les ménages les plus modestes et *a fortiori* les locataires pourraient avoir des difficultés à le financer. Ainsi, l'utilisation uniforme sur le territoire national de signaux prix a une efficacité limitée sur la part du parc de logements la plus modeste et engendre des inégalités sociale et territoriale. Il est donc probable que la variation temporelle des tarifs réglementés soit de faible ampleur et, par conséquent, pas en mesure de développer massivement le stockage décentralisé au plus près du consommateur. La dépendance nationale au marché européen de l'électricité – évoquée précédemment – pourrait être forte.

Très importante aussi est la question de la taxation de l'autoconsommation. L'autoconsommation existe déjà pour l'énergie solaire thermique, elle progresse pour l'électricité avec la baisse du tarif de rachat et *a fortiori* sa modulation. Question classique dans tout secteur dépendant d'un réseau technique coûteux, l'entretien



du réseau est d'autant moins lourd pour ses utilisateurs que ceux-ci sont nombreux et qu'ils y ont recours intensément. Les pertes de recettes afférentes peuvent inquiéter non seulement les distributeurs/fournisseurs d'énergie mais aussi l'État. On peut imaginer plusieurs modalités/conditions de verrouillage permettant de faire face à ce risque : obligation de passage de l'autoproduction par un compteur scellé, réservation de l'usage photovoltaïque d'une toiture de bâtiment à la copropriété et non à un copropriétaire, interdiction de revente d'énergie à des tiers autres que le fournisseur... plus ou moins difficiles à contourner.

Comme dans chacun des scénarios, la maîtrise des données sur la consommation des usagers, tant quantitatives que qualitatives (plages horaires par exemple), constitue une question de poids. De cette maîtrise dépend le pouvoir d'un acteur d'imposer ses conditions. Garant de la vie privée, l'État définit les protocoles de collecte et archivage des données. Il est également en mesure de définir les modalités de transmission des données aux abonnés et aux collectivités concédantes. Il est tenté de le faire en préservant la position dominante de l'opérateur électrique national (*cf.* controverses sur le compteur Linky) vis-à-vis des concurrents. Les données sont fournies au consommateur sous un format difficilement exploitable par un fournisseur concurrent. La large agrégation des données transmises à la collectivité (autorité concédante du réseau de distribution) ne permet pas à cette dernière d'optimiser et de programmer les investissements et, par conséquent, de définir efficacement et de mettre en œuvre une politique énergétique locale.

Production décentralisée et stockage de l'énergie

Nous l'avons indiqué plus haut, dans ce scénario l'État exerce son pouvoir afin que se développent suffisamment d'infrastructures de stockage et que l'accroissement de la production d'énergie décentralisée (notamment pour l'électricité) ne se traduise pas par une forte instabilité du réseau et une incapacité de ou des opérateurs à faire face à la demande. Si la question du stockage est moins tendue pour la chaleur (capacité de stocker de la biomasse par exemple), il en est tout autrement pour l'électricité dont il nous faut rappeler qu'elle devrait représenter un pourcentage plus important de la consommation globale d'énergie. Plusieurs facteurs contribuent à cette évolution qui permet de plus en plus de penser énergie et électricité comme des quasi-synonymes : extension de l'usage de l'électricité dans le quotidien ; besoins accrus de fraîcheur dans les décennies à venir en raison du réchauffement climatique ; efforts importants d'isolation des bâtiments (ce qui réduit les besoins en énergie thermique) ; développement du transport électrique. Dans ce scénario, cela se traduit par le développement de



stockage thermique, que ce soit également pour le résidu d'applications thermiques en vigueur ou pour des applications couplées au réseau électrique. Ainsi, l'État rend obligatoire, pour toute installation de production d'énergie, des installations permettant un potentiel de stockage important, afin notamment d'éviter des pointes d'injection ou de soutirage d'énergie. Le critère initial est d'assurer un certain nombre de jours d'autonomie dans le domaine thermique. Dans le domaine électrique, il s'agit surtout de s'assurer de l'absence de rupture dans la distribution, phénomène craint du fait de l'inévitable intermittence des énergies renouvelables. Un système de production à partir d'énergies renouvelables doit donc se doter d'un système de stockage entre deux épisodes productifs.

Cela n'est pas sans conséquence sur les options technologiques effectivement déployées. Ainsi, cette disposition rend compétitives les centrales solaires à concentration, une technologie offrant la possibilité de stocker les apports de la journée pour produire de l'électricité la nuit ou les jours suivants. Le solaire photovoltaïque et l'éolien se développent surtout là où il est possible de stocker leur production d'électricité sous la forme gravitaire (les zones au relief accentué ou à proximité d'anciens châteaux d'eau) ou pneumatique (utilisation d'anciennes mines ou de réservoirs naturels). On remarquera que, du fait du très faible rendement de conversion dans le sens chaleur vers électricité, le stockage sous forme thermique ne présente une rentabilité économique que s'il est effectué en anticipation d'une consommation de chaleur ou de froid, c'est-à-dire à proximité d'un lieu de consommation, d'une ville ou d'une industrie. Des dispositifs de type *smart grid* permettent au gestionnaire de réseau de contrôler le niveau du stockage associé aux centres de production d'énergie intermittente ; un dispositif de prise de contrôle du réservoir et d'injection dans le réseau est prévu dans des situations critiques, c'est-à-dire de risque étendu de *black out* du réseau électrique. Le volume minimal exigé d'énergie stockée disponible n'est pas constant. Il est variable dans le temps et résulte d'un modèle de calcul à l'échelle nationale tenant compte des besoins estimés et des prévisions météorologiques.

Ceci dit, pour éviter cette dépendance du développement des énergies renouvelables à des espaces géographiques spécifiques, les services de l'État autorisent des projets de production d'électricité intermittente couplés à des dispositifs de stockage localisés ailleurs, sous réserve que les deux actifs soient maintenus dans la même société. L'État a envisagé que l'obligation de disposer de capacité de stockage équivalent à plusieurs jours de production d'Énergies renouvelables (EnR) soit définie à l'échelle de la société productrice d'électricité intermittente et puisse intégrer des dispositifs de stockage anciens, mais il y a renoncé car cette disposition avantagerait par trop les opérateurs disposant de réservoirs hydroélectriques.



L'obligation de stockage associée à la production ayant entraîné assez rapidement une réduction de la puissance solaire et éolienne installée annuellement, l'État a été conduit à réduire ses exigences en termes de stockage à un volume correspondant à quelques heures de production (ce qui permet déjà de traiter la pointe de la charge journalière). Il s'appuie ainsi sur un autre dispositif : imposer le stockage thermique au consommateur ; celui-ci est tenu d'équiper son logement d'un ballon susceptible de stocker de la chaleur en hiver et du froid en été, de façon à couvrir une durée minimale de chauffage et de rafraîchissement. Adossé à une tarification de type Effacement jour de pointe (EJP) de faible amplitude (pour des raisons d'équité sociale), ce dispositif de sur-stockage peine à être rentabilisé, des subventions publiques sont nécessaires pour les ménages modestes. L'obligation de stockage à la consommation n'est étendue que très progressivement : d'abord liée à l'autorisation de construire, puis associée à des aides à la rénovation énergétique, et enfin, liée au simple raccordement au réseau électrique.

Les régulations

Le scénario « État prescripteur » s'appuie essentiellement sur des dispositions réglementaires et des procédures fixées par l'État à l'égard des acteurs privés. Dans ce scénario, l'État ne s'appuie pas sur les collectivités locales, acteur beaucoup plus marginal donc que dans les autres scénarios. Les démarches de type Plan Climat Énergie Territorial peuvent encore exister, mais ont peu d'effet sur les acteurs de l'énergie et de la construction. L'État conserve seul ou presque son pouvoir de prescription en matière d'immobilier et dans les secteurs de l'énergie (électricité, gaz mais aussi chaleur).

L'État choisit ainsi de :

- ***imposer de produire plus que ce qui est consommé, ainsi qu'une durée de stockage dans les bâtiments neufs*** : au-delà de ce qui était prévu par la loi Grenelle 2 (limitée au principe de solde annuel positif – Bâtiment à énergie positive [BEPOS]), le ratio exigé production/consommation varie selon le nombre d'étages de l'immeuble et la durée d'ensoleillement (elle-même variable selon la localisation sur le territoire national). À partir de 2025, cette exigence est accompagnée par l'obligation d'installer une capacité de stockage thermique correspondant à quelques jours de consommation ;
- ***conditionner l'aide à la rénovation énergétique des bâtiments à la mise en place d'un stockage*** : le financement massif de la rénovation énergétique des bâtiments ayant fragilisé l'exploitation des réseaux de distribution, l'État a décidé de conditionner son financement public (prêt à taux réduit, subvention,



déduction fiscale...) à l'installation de dispositifs de stockage d'énergie en anticipation de la consommation à l'échelle du logement ou du bâtiment (cas de chauffage collectif et d'isolation par l'extérieur) ;

- **définir une tarification de l'électricité uniforme sur le territoire national et modérément variable dans le temps**, de façon à encourager l'effacement aux heures de pointe et permettre une rentabilité moyenne des dispositifs de stockage par anticipation de la consommation ;
- **instaurer un comptage intelligent obligatoire de l'électricité produite** (et de la chaleur produite dans le cas de raccordement à un réseau de chaleur public) **et une taxe à l'autoconsommation** : les dispositions précédentes pouvant conduire à augmenter sensiblement l'autoconsommation (les moyens de stockage étant utilisés pour accroître la part de l'autoproduction dans la consommation), l'État permet aux distributeurs d'énergie de surveiller étroitement les consommateurs/producteurs et de veiller à ce qu'ils contribuent au financement de l'exploitation des réseaux électriques (actuelle fonction du Tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité [TURPE]) et aux efforts de solidarité et de déploiement national des énergies renouvelables (actuelles fonctions de la Contribution au service public de l'électricité [CSPE]) en échange de la garantie d'alimentation électrique ;
- **imposer la constitution d'un stockage d'énergie aux producteurs d'électricité** : en amont de la conversion (exemple de la biomasse et du gaz) ou en aval (dans le cas de ressources intermittentes), tout producteur d'électricité doit prouver qu'il a les moyens d'injecter pendant quelques heures à quelques jours (cela dépend de la proportion de sources intermittentes mobilisées par le système) une part substantielle de la puissance nominale raccordée au réseau électrique en cas de suspension de la ressource (vent, soleil...), de son approvisionnement (coupure d'alimentation de gaz ou de combustible), ou de dysfonctionnement d'une de ces installations ;
- **restreindre les mécanismes européens de marché d'électricité pour protéger la production en France** : le coût quasiment constant de l'électricité nucléaire conduit les fournisseurs à s'approvisionner auprès de producteurs étrangers au cours des périodes, de plus en plus nombreuses, d'abondance électrique en Europe (solaire et éolien fonctionnant à plein). Gardant la haute main sur la politique énergétique française, l'État se trouve sous pression : pris en ciseau entre les intérêts de l'entreprise nationale d'électricité et ceux des consommateurs-citoyens.



En résumé, on voit donc émerger, avec ce scénario, une évolution marquée envers une intervention prédominante de l'État dans le domaine des choix techniques. Cela se traduit de plusieurs façons :

- une orientation de la recherche et du développement privilégiant l'émergence ou la consolidation de nœuds socio-énergétiques relativement standardisés et aisément reproductibles indépendamment du contexte géographique ;
- une imposition de dispositifs techniques permettant d'éviter à chaque instant des ruptures de service ;
- une taxation sur l'autoproduction permettant de financer un réseau national bien maillé ;
- une tarification favorable à l'accès de chacun à un service énergétique de qualité.

Scénario D – Acteurs coopératifs

Les initiatives citoyennes et privées se sont multipliées. Dans la partie la plus dense de la ville, nombre d'immeubles ou de groupes de bâtiments sont gérés en coopérative. On en trouve également dans les parties moins denses, mais la forme dominante de ces zones semi-urbaines ou proches du rural demeure la propriété privée, avec la multiplication de projets d'auto-construction, selon un modèle de développement favorisant une large autonomie énergétique, alimentaire et en eau.

À l'échelle des zones les plus denses, les habitants ne sont pas propriétaires d'un logement mais de parts sociales dans une coopérative. Si la forme traditionnelle de copropriété existe encore, elle ne constitue plus une forme de gouvernance adaptée à la complexité des enjeux de gestion des fonctionnalités nécessaires à des logements, et singulièrement la fonction énergétique. Les coopératives s'imposent donc progressivement comme la forme dominante de gestion de l'habitat, mais nous n'excluons pas que ce qui est décrit ici puisse encore concerner des formes plus traditionnelles de copropriétés, capables de prendre en charge, avec l'aide de syndicats professionnels, l'ensemble des questions de coordination et de mise en œuvre opérationnelle qui se posent.

Revenons au modèle coopératif. Toutes les fonctions produites sont gérées collectivement, avec pour certaines le souci de développer un vivre ensemble compatible avec les enjeux sociaux et écologiques partagés par ceux qui adhèrent. Dans ce cas, les logements sont privatifs, conçus afin de préserver l'intimité de chacun, mais les espaces communs ont une fonction de rencontre, de vivre



ensemble, permettant aux enfants de s'y retrouver et de jouer ensemble, mais également aux adultes de socialiser. Une cuisine collective est parfois disponible. Les lave-linge sont collectifs, afin d'en optimiser l'usage et de rendre plus efficace la récupération de chaleur sur les eaux grises. Le niveau de confort dépend de deux facteurs : le degré de motivation des initiateurs de chaque coopérative et le prix de chaque part dans la coopérative. Les coopératives les plus collectivistes sont soit celles qui regroupent les citoyens les plus en rupture avec le modèle individualiste, soit les citoyens les moins fortunés, soit une combinaison des deux. Lorsque les bâtiments ont été entièrement conçus par la coopérative, les espaces communs sont mieux développés et les bâtiments visent davantage l'autonomie en matière de fluides. Si dans de nombreux cas les bâtiments visent leur autonomie totale, certaines coopératives regroupant plusieurs bâtiments mutualisent les équipements et procèdent à des échanges de flux à cette échelle. Selon le niveau de motivation écologique et le niveau de pouvoir d'achat, la mobilité favorise plus ou moins les transports collectifs. Mais même ceux qui ne souhaitent pas renoncer à l'automobile y ont souvent recours à travers l'auto-partage.

Les relations avec les pouvoirs politiques locaux ont trait à plusieurs aspects. Dans certains cas, les projets de coopérative ont bénéficié au départ d'une aide financière, afin d'aider les particuliers à disposer de fonds à investir. Dans certains quartiers étant parvenus à un haut degré d'autonomie, la présence des infrastructures gérées par la ville devient en partie superflue. Les tuyaux et autres gaines convoyant les fluides ne sont plus entretenues, voire démantelées faute d'usage, ce qui favorise une baisse des dépenses publiques. Là où la mobilité est assurée par les modes doux, le transport collectif, ou le recours à l'auto-partage, les infrastructures routières sont également redimensionnées, laissant davantage de place aux espaces végétalisés en dehors des principales artères de communication. Dans certains cas les plus avancés ou extrêmes, tout ceci aboutit à ce que certains îlots ne soient plus traversés par les réseaux urbains. Le lien avec le reste de la ville se fait en bordure d'îlot. Les groupes de bâtiments hébergeant les populations les plus fortunées développent également cette indépendance vis-à-vis des pouvoirs publics locaux, mais ne renoncent pas pour autant au confort de véhicules privés. L'espace interne à ces îlots demeure quadrillé par des chaussées, mais accessibles aux seuls occupants, selon le principe des *gated communities*. Les espaces communs (et *a fortiori* publics) y sont également moins développés. Certaines entreprises, les plus florissantes, adoptent ce même principe. Une grande entreprise développera son propre îlot (voire dans certains cas associera bureaux et logements pour ses employés), tandis que les petites et moyennes entreprises s'associeront afin de créer des ensembles urbains sur le même modèle (*figure 10*).

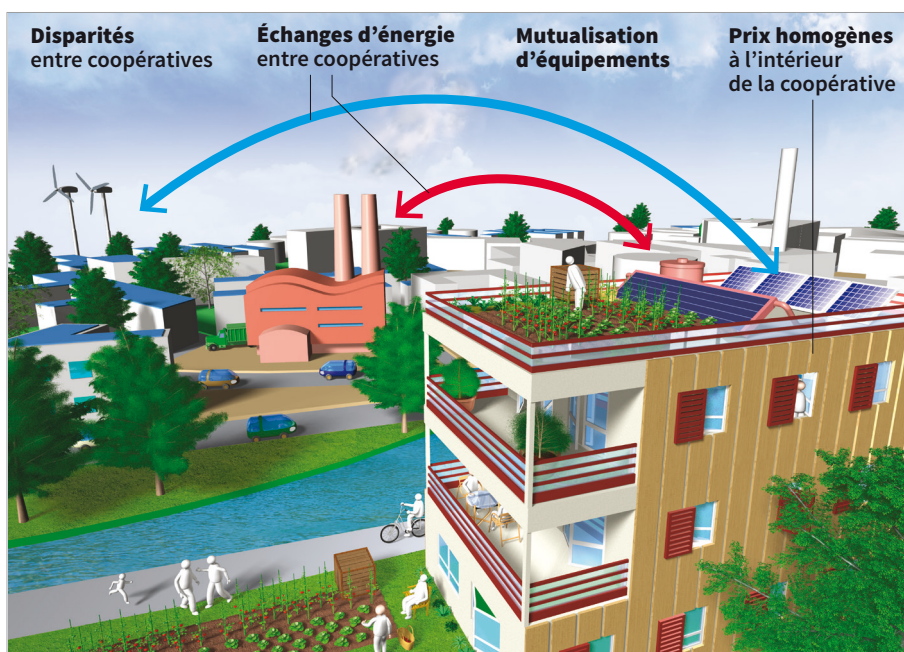


Figure 10 – Scénario acteurs coopératifs - Échelle Bâtiment <nexus-energy.fr>

Si la production d'énergie au niveau des bâtiments ou des groupes de bâtiments coopératifs conçus après 2020 permet d'assurer l'indépendance nominale vis-à-vis des infrastructures collectives, le problème du lissage de la courbe de consommation est aigu et nécessite des investissements conséquents dans le *smart grid*, le *smart building* et le stockage de la chaleur, mais surtout de l'électricité. Cela nécessite la fabrication de lieux de stockage pour l'eau (également pour d'autres besoins qu'énergétiques) et notamment des lieux de stockage partiellement enterrés et isolés afin de stocker l'eau chaude produite à l'aide de panneaux solaires thermiques. Cela implique également de stocker l'électricité en batterie ou par pile à combustible, ce qui n'est pas sans poser globalement des problèmes de disponibilité en ressources (platine, palladium et autres métaux précieux notamment), même si la piste des catalyseurs enzymatiques est de plus en plus sérieusement envisagée.

Une partie importante du bâti urbain n'est cependant pas apte à assurer une réelle autonomie locale. C'est le cas des zones les plus denses et a *fortiori* des secteurs de la ville patrimonialisés pour la valeur historique de leur bâti et de leur urbanisme. Dans ces zones urbaines les liens avec la collectivité locale demeurent plus importants. L'échelle de production et de stockage de l'énergie ne peut être pensée à l'échelle d'une coopérative, du moins à la même échelle

que dans les zones récemment construites. Les coopératives investissent alors, parfois avec l'aide financière des pouvoirs publics locaux, voire nationaux, dans des infrastructures de production énergétique situées là où il est possible de produire (parts dans des champs d'éoliennes, dans des champs de panneaux photovoltaïques, dans des usines hydroélectriques, des chaudières à biomasse et cogénération...). Les investissements sont importants, surtout en matière de stockage et d'acheminement de cette énergie. Les aides publiques demeurent importantes afin d'acheminer l'énergie jusqu'au bâti, mais l'échelle d'approvisionnement est essentiellement régionale (*figure 11*).

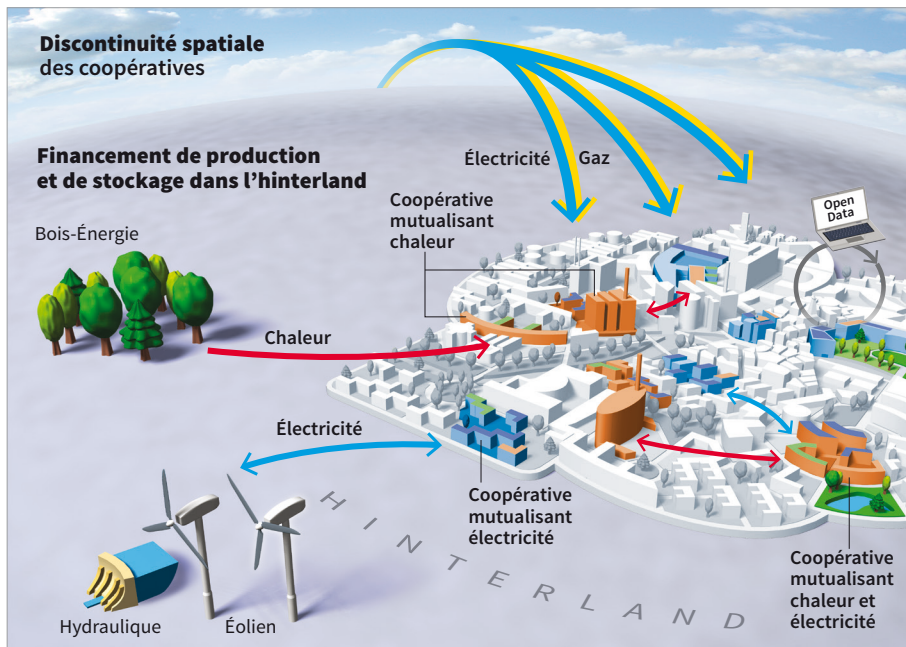


Figure 11 - Scénario Acteurs coopératifs - Échelle Ville <nexus-energy.fr>

Tout ceci aboutit à une situation où le degré de confort énergétique des populations dépend de plusieurs facteurs :

- le pouvoir d'achat des populations ;
- le fait qu'il s'agisse d'un bâtiment (d'un groupe de bâtiments) conçu après 2020 ou plus ancien ;
- la capacité d'investissement des coopératives, celle-ci dépendant à la fois du pouvoir d'achat de ses membres, de la lourdeur des infrastructures nécessaires (comme dans le cas du bâti en centre historique), de la capacité à obtenir des aides publiques ;



- du niveau de connaissance technique et énergétique des coopératives (ou du niveau de la capacité à mobiliser des partenaires disposant de cette connaissance) et de la capacité à s'organiser.

La principale tension politique est issue de cette inégalité face au confort thermique. Si certaines populations acceptent un degré moindre de confort (peut-être par motivation écologique ou du fait d'une dégradation continue du niveau de vie dans notre pays), d'autres le tolèrent moins, tandis que les populations les plus vulnérables font pression sur les pouvoirs publics afin d'obtenir des aides. Le degré d'inégalité énergétique va dépendre de ces aides. Les populations qui, pour une raison ou une autre, ont acquis leur autonomie énergétique, vont quant à elles être rétives face à l'augmentation des aides publiques et, partant, des impôts grevant leur pouvoir d'achat ou fragilisant leur capacité à maintenir ou investir dans leur propre autonomie.

Quelles coopératives ?

Le scénario ci-dessus insiste donc sur la montée en puissance du phénomène coopératif. Le développement de structures coopératives n'est pas nouveau, que ce soit dans le domaine de la santé, de l'entraide ou de la production agricole. Ce n'est pas non plus un phénomène récent dans le domaine de l'énergie, comme le rappelle Jérémy Rifkin (2014, p. 311 et s.) à propos de l'électrification des régions rurales aux États-Unis, sous l'impulsion du *New Deal*. Cet auteur nous rappelle qu'avec la promulgation du *Tennessee Valley Authority*, le président étatsunien Roosevelt a non seulement lancé de grands travaux (construction de barrages hydroélectriques) dans une partie économiquement arriérée du pays, mais également créé la Rural Electric Administration (REA). À l'aide de prêts accordés à des conditions favorables, la REA a favorisé l'émergence de coopératives électriques qui ont permis d'achever l'électrification du pays dès 1950, à un rythme que ni l'État, ni les compagnies électriques, n'auraient pu ou su suivre. Dans la vallée du Tennessee, bénéficiant d'un fort potentiel hydroélectrique, l'électricité est vendue à un prix très faible. En effet, le coût marginal de la production d'un kWh d'électricité renouvelable est extrêmement faible, une fois l'investissement pris en charge par ailleurs (et non répercuté sur le prix). Ces coopératives existent encore aujourd'hui. Prises dans leur ensemble, elles gèrent 42 % des lignes électriques du pays.

Autre exemple, rappelons que le Danemark est devenu une grande puissance de l'éolien grâce à un mécanisme assez simple mais pourtant peu mis en œuvre. Dans les années 1975, le Danemark, qui prend très au sérieux le premier choc



pétrolier et la nécessité de développer son autonomie énergétique, mise sur son potentiel éolien. Une mesure fiscale va servir de déclencheur : tout particulier qui produit de l'énergie éolienne a droit à une réduction d'impôts. Comme il paraît peu praticable que chacun s'équipe d'une éolienne, des coopératives de production d'électricité éolienne ont été créées et les parts vendues aux particuliers. Riches de cette source de financement, des entreprises ont pu innover et développer des technologies qu'elles ont vendues aux coopératives. Autre mécanisme, une agence étatique a facilité l'échange de savoirs et la diffusion des innovations les plus convaincantes d'une entreprise à l'autre, l'idée étant de créer une filière nationale performante, y compris dans une optique industrialisante et une visée exportatrice. On peut voir par ce deuxième exemple qu'il existe des phénomènes relativement simples et susceptibles de favoriser l'émergence d'un potentiel de production électrique ne reposant ni sur l'investissement capitaliste des grandes entreprises, ni sur l'investissement public (bien que nous puissions en partie considérer que les exemptions fiscales dont ont bénéficié les particuliers représentent une dépense publique).

Par cet exemple, comme par l'exemple précédent, l'on peut surtout noter que ces mouvements coopératifs voient plus difficilement le jour sans soutien institutionnel ou, tout du moins, ne verraient que difficilement le jour dans un contexte institutionnel souhaitant privilégier la voie de l'investissement public massif et la maîtrise de l'outil ainsi réalisé, ou misant sur l'investissement d'acteurs privés disposant de fonds importants. En d'autres termes, dans ce scénario, les particuliers n'occupent absolument pas une position d'acteurs pivot, mais celle d'acteur demandeur (disposant d'un intérêt fort) et tâchant d'acquérir une légitimité suffisante (aidé en cela par la bienveillance des pouvoirs publics nationaux et/ou locaux en position d'acteurs moteurs) afin d'acquérir le statut d'acteurs dépendants (intérêt et légitimité selon le schéma inspiré de S. Brulot [2009]) mais néanmoins fondamentaux dans le dispositif énergétique national et/ou local.

À côté de cela, le phénomène des coopératives d'habitat n'est pas non plus un phénomène récent mais surtout pas un phénomène marginal, comme l'indique ici aussi J. Rifkin (2014, p. 320) bien qu'en exagérant nous semble-t-il la portée, car intégrant dans un même chiffre des réalités bien différentes, dont certaines n'ont finalement plus grand-chose à voir avec un quelconque mouvement coopératif. Qu'y aurait-il donc de nouveau dans le scénario D ? À notre sens, il s'agit d'accompagner l'émergence d'un mouvement plus récent, celui de coopératives mues par des considérations idéologiques fortes, en rupture avec l'économie de marché qui viendrait régenter l'ensemble des relations interpersonnelles, et/



ou avec l'interventionnisme étatique et plus globalement public. Ce scénario renforce cette tendance, en fait un mouvement plus général, produit à la fois de cette tendance à souhaiter davantage d'autonomie et de la crise budgétaire des acteurs publics. Il s'agit de moins en moins de coopératives à objet social sectorisé, mais de coopératives visant à permettre à ses membres de prendre en main l'essentiel de leur existence jusqu'à, dans certains cas extrêmes, ambitionner l'autarcie et non pas simplement l'autonomie. Ce que demandent les promoteurs de ce mouvement, c'est que les acteurs de la sphère publique tout comme ceux de la sphère marchande n'entravent pas leur projet consistant à privilégier l'accroissement de la capacité (Sen, 1999) de leurs membres. Cette autonomie revendiquée constitue en ce sens un véritable projet politique, ce qui implique que ces coopératives investissent potentiellement un champ plus large d'activités que celui des coopératives observables traditionnellement. Ainsi, les coopératives dont il est question dans ce scénario sont davantage que des coopératives d'habitat, du moins la partie d'entre elles qui revendiquent ce que nous venons de décrire. C'est ce que Jérémy Rifkin (2014) appelle le développement des « communaux », qu'il appelle à se développer à une échelle mondiale, soit la capacité des individus à se regrouper afin de gérer collectivement les enjeux cruciaux de la société que sont la communication, l'énergie et la mobilité et, à travers cela, l'essentiel de leur quotidien.

Il nous a ici paru nécessaire de développer certaines considérations sur le phénomène coopératif car, c'est un fait, la réalité que cela recouvre ou peut recouvrir est souvent mal connue, voire victime de mépris ou de condescendance selon la position assumée par acteurs et citoyens peu ou mal informés sur le sujet. En outre, les réactions des experts à ce scénario nous invitent à en préciser les contours. Plusieurs des personnes présentes à notre *workshop* de mai 2015 pensent que le phénomène coopératif ne peut que s'inscrire qu'en tant que partie d'un autre scénario. Cela tient à la polysémie du phénomène coopératif. Parler de coopératif dans l'habitat évoque pour beaucoup essentiellement et seulement une partie de ce que ce scénario embrasse, à savoir le mouvement coopératif relativement collectiviste et militant. Or, nous l'avons précisé mais tenons à insister sur ce point, si ce mouvement tient une place dans la montée en puissance de ce scénario, il côtoie des coopératives qui ne se revendiquent pas d'une mouvance idéologique, mais qui trouvent dans la forme juridique de la coopérative un outil mieux adapté aux enjeux futurs de l'habitat. La montée de l'économie du partage est une réalité. Le fait de ne plus être propriétaire de son logement, mais d'une part dans une coopérative peut paraître pour beaucoup une remise en cause d'un principe fondamental de la société française. La France est néanmoins au sein d'un ensemble européen plus vaste, au sein



duquel la réticence face à ce modèle est souvent moindre. L'économie du partage se développe fortement, et notamment chez les plus jeunes qui seront aux commandes de la société en 2040. En outre, dans le cadre institutionnel actuel, qui pousse pour stimuler une économie circulaire, l'économie de fonctionnalité est souvent évoquée comme piste importante permettant de concilier enjeux économiques et écologiques. Ne plus être propriétaire des biens est la principale conséquence juridique et financière de l'économie de fonctionnalité.

La position des différents acteurs

Notre scénario met cette forme de coopérative en avant, de façon sans doute extrême, comme le font les autres scénarios qui exacerbent chacun une tendance. Comme les autres il n'en est pas moins plausible, tout en demeurant peu probable, en ce sens que le contexte socio-institutionnel et technique que nous observerons dans les décennies à venir se traduira plus vraisemblablement comme le résultat d'une ou de plusieurs combinaisons entre les tendances brossées dans ces quatre scénarios. Dans ce scénario, l'État se cantonne à un rôle prescripteur en matière de résultats à atteindre dans le domaine de la consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre. C'est sans doute là un effet du désengagement progressif de l'État, épuisé financièrement, à moins que ce ne soit un parti pris idéologique. Il se cantonne également, comme cela a été dit plus haut, à ne pas favoriser institutionnellement d'autres acteurs au détriment des initiatives coopératives.

Les collectivités locales sont un peu plus présentes, là où elles le peuvent. Elles aussi, exsangues financièrement, n'interviennent plus qu'à la marge dans des villes où la majorité est acquise au libéralisme. Elles ont davantage les moyens d'intervenir dans les villes où l'orientation politique permet de prélever davantage de ressources financières afin de favoriser la lutte contre la précarité sociale et, bien sûr, énergétique. La frontière avec le scénario B dépend alors du fait que ces prélèvements plus importants se traduisent ou non par un investissement direct et la maîtrise des outils de production et de distribution de l'énergie. Dans ce scénario, cela se traduit plutôt soit par un soutien financier aux coopératives d'habitants moins fortunées, soit par le maintien d'un soutien fort au logement social en parallèle du développement de l'habitat coopératif (cette alternative représentant une version moins extrême d'un scénario coopératif).

Nous avons pu observer durant l'exercice PAT-Miroir que les coopératives ne souhaitent pas que leur soit imposé un cahier des charges précis concernant la façon de procéder, que celui-ci provienne des pouvoirs publics nationaux ou



locaux. Les coopératives estiment avoir besoin de souplesse dans leur fonctionnement et considèrent qu'un cadre trop précis pourrait nuire à leurs objectifs.

Quant aux entreprises, elles ne se positionnent pas toutes de la même façon. L'émergence d'un modèle coopératif suppose que le pouvoir politique privilégie un libéralisme très différent de celui que nous connaissons aujourd'hui. C'est un libéralisme favorable aux individus qui se prennent en main, soit individuellement, soit collectivement. Ce n'est en revanche pas un libéralisme qui subit l'influence des grandes entreprises, dont nous savons par expérience qu'il aboutit, sous prétexte de favoriser l'accroissement du bien-être collectif, au renforcement d'une société gérée par le marché et étendant à l'ensemble de la société la primauté de la propriété privée, de l'appropriation intellectuelle et, in fine, de la privatisation de l'ensemble des moyens nécessaires à l'existence humaine. Dans ce scénario D, le libéralisme favorise davantage l'émergence d'initiatives collectives que les pouvoirs publics accompagnent, par volonté politique et souvent aussi faute de moyens financiers leur permettant de reprendre la main.

Les grandes entreprises ne sont cependant pas pour autant exclues du jeu. La population n'adhère en effet pas forcément, ni même massivement au modèle coopératif engagé. La fraction des couches sociales aisées qui n'y adhère pas, nous l'avons décrit, s'organise dans certains quartiers à l'image des *gated communities* en plein essor aujourd'hui dans le monde. Ces populations ont les moyens de vivre dans des bouts de ville équipés par des technologies de pointe développées et commercialisées par les grandes entreprises (mais aussi, peut-être, par des entreprises de taille plus modeste). Elles s'extraient de l'espace public dans un contexte d'inégalités fortes et tâchent de résister aux collectivités locales qui souhaiteraient accroître les prélèvements fiscaux afin de disposer des moyens d'une politique publique plus égalitariste. Il n'est dès lors ici pas question de coopératives, mais de multipropriétés contractualisant avec de grandes entreprises, afin que ces dernières leur offrent des solutions énergétiques (mais aussi dans d'autres domaines) à la hauteur de leurs attentes.

Il existe sans doute d'autres personnes appartenant à d'autres milieux et sans enthousiasme particulier pour le modèle coopératif. Ces personnes intéressent *a priori* moins les grandes entreprises, soit du fait d'une solvabilité financière moindre, soit qu'il s'agisse de logements individuels (zone périurbaine, voire rural intégré aux aires métropolitaines) ne permettant pas à ces entreprises de proposer des solutions intégratrices reposant sur de la haute technologie.



Au-delà de ces fractions sociales réfractaires au mouvement communautariste, ou simplement peu enthousiastes, les grandes entreprises ne peuvent espérer une maîtrise du devenir urbain mais transformer leur activité, si elles le peuvent, afin de coller au mieux aux exigences des porteurs de projets coopératifs. L'agilité tant déclamée est ici de rigueur. Des modules technologiques peuvent être proposés mais chaque coopérative souhaite en maîtriser l'assemblage, afin de coller au plus près avec son objectif de non-dépendance vis-à-vis d'autres acteurs. En ce sens, les économies d'échelle typiques du modèle économique du XX^e siècle ne constituent plus un avantage aussi net. On peut plutôt évoquer une économie d'envergure, c'est-à-dire une capitalisation liée à la connaissance de très nombreuses expériences de projets de par le monde. Reste à savoir si et jusqu'à quel point les mouvements coopératifs souhaitent faire dépendre leur projet d'une connaissance maîtrisée par de grandes entreprises.

En revanche, il est possible que les grandes entreprises demeurent stratégiques pour la mise en place d'équipements technologiques de production d'électricité renouvelable possédés par certaines coopératives en zone rurale, sur un modèle analogue au développement de l'éolien au Danemark.

On voit mieux une relation suivie entre coopératives et entreprises de moindre taille et/ou bien intégrées au tissu socio-urbain. En effet, il ne faut pas perdre de vue que le modèle coopératif repose sur une idéologie différente du modèle privilégiant les acteurs marchands et/ou les acteurs publics. La réciprocité (Kolm, 1984; Polanyi, 2008) y tient une place de taille, du moins dans les intentions, ce qui favorise une économie du partage rendue possible par les technologies de l'information et de la communication accessible à moindre coût. Les relations interpersonnelles gagnent en importance et une entreprise considérée comme locale ou régionale dispose *a priori* d'un potentiel accru, ne serait-ce que par la présence d'emplois sur place. Le dialogue entre acteurs de taille comparable est donc plus aisé et devrait faciliter une coopération autour des projets d'habitat montés par des groupes d'habitants. Quoi qu'il en soit, les entreprises qui accepteront de co-construire les systèmes énergétiques locaux, voire de partager leur savoir avec les coopératives, auront la préférence.

Il existe en fait un curseur permettant de privilégier l'hypothèse de liens commerciaux avec de grands groupes ou avec des entreprises de taille plus modeste : la taille même des coopératives. Si, comme nous pouvons déjà l'observer aujourd'hui, les coopératives d'habitat se limitent à vingt ou trente logements, la méfiance envers de gros acteurs, la peur de perdre en autonomie, sera importante. Si les coopératives d'habitants changent d'échelle (hypothèse tout à fait plausible)



pour se situer à l'échelle d'îlots entiers (capables également d'investir dans des infrastructures de production d'électricité en zone rurale comme cela a déjà été indiqué), trois phénomènes viennent tempérer ce que nous avons dit sur l'hostilité naturelle des mouvements coopératifs envers les grands groupes. Premièrement, le rapport de force peut paraître moins déséquilibré et, de fait, la peur de perdre en autonomie moins aiguë. Deuxièmement, nous savons bien que plus un collectif comprend d'adhérents et moins celui-ci demeure fixé sur un bloc idéologique monolithique (Olson, 1965). Troisièmement la taille de la coopérative peut rendre plus intéressantes les options technico-organisationnelles proposées par de grands groupes. En ce sens, une variante du scénario D aboutissant à voir émerger une majorité de coopératives de grande taille se rapproche quelque part du scénario A, à ceci près que le pouvoir de décision demeure aux mains des adhérents aux coopératives et non aux grands groupes. Néanmoins, les solutions techniques envisageables pourraient s'en rapprocher, du moins pour les coopératives disposant de moyens financiers suffisamment importants pour intéresser les grands groupes. Autre point commun entre le scénario A et le scénario D : la possibilité de voir émerger de fortes disparités sociales entre parties d'une même aire urbaine, pour peu que dans l'un ou l'autre scénario cette tendance ne soit pas compensée par une collectivité locale ayant la volonté et les moyens d'adoucir une tendance à l'inégalité sociale spatialisée.

La question de l'approvisionnement énergétique

Nous avons jusqu'à présent abordé ce scénario sous l'angle des rapports de force entre acteurs et de la place que chacun pourrait occuper. Nous ne devons pas oublier ici l'importance que revêt la nécessité plus ou moins éprouvée de connecter la ville en termes de services énergétiques.

Comme dans les autres scénarios, l'énergie thermique (chauffage des bâtiments et approvisionnement en eau chaude essentiellement) peut très bien se satisfaire d'installations au plus près de la consommation, pour peu que les coopératives disposent d'une taille suffisante techniquement (cela va assez vite) et de moyens financiers suffisants pour investir dans des installations de production d'énergie thermique à partir de biomasse et/ou de solaire thermique. L'échelle des coopératives est, ici aussi, une variable déterminante. À partir d'une certaine taille, la construction de cuves enterrées pour stocker de l'eau chaude (ou tout autre liquide vecteur de chaleur, y compris transformé à l'état solide pour en faciliter le stockage) produite à partir de panneaux solaires thermiques constitue certainement une solution envisageable et praticable. De même, si dans des zones urbaines neuves ou relativement neuves le besoin en chauffage peut devenir



une variable marginale, éventuellement compensée par la méthanisation des excréments et autres déchets organiques produits par les habitants, il n'est pas dit que pour les zones urbaines plus anciennes, par exemple les zones patrimonialisées, la question du chauffage soit aussi marginale. Il est donc possible que ces parties de la ville tissent des liens avec des producteurs de biomasse pour alimenter des chaufferies urbaines à l'échelle d'un quartier (alliance entre plusieurs coopératives afin de monter des projets conséquents).

Mais la question la plus épineuse demeure, comme toujours, celle de l'approvisionnement en électricité. Comme dans tout autre scénario, l'autonomie à l'échelle du bâtiment paraît peu praticable, sauf à disposer de moyens financiers assez importants pour suréquiper chaque bâtiment, hypothèse que nous éloignons car peu compatible avec le présupposé d'un renchérissement global des ressources physiques, eu égard aux moyens financiers disponibles. Certes, il peut se trouver des exceptions, certains bâtiments conçus et réalisés avec d'importants moyens. Nous en excluons cependant la généralisation.

Deux points méritent d'être observés de plus près : la production d'électricité ; la connexion entre les bâtiments, voire entre les îlots urbains.

■ La production d'électricité

La production d'électricité s'oriente dans deux directions, potentiellement complémentaires : la production sur et dans les bâtiments ; la production en zone rurale de proximité.

En ce qui concerne la production sur et dans les bâtiments, celle-ci dépend bien entendu à la fois des objectifs réglementaires et des moyens financiers à y consacrer. Les objectifs réglementaires poussent les bâtiments à consommer toujours moins de kWh au m² et à produire davantage qu'à consommer comme dans tout scénario. Cependant si les pouvoirs publics locaux et/ou nationaux n'accompagnent pas la mise en œuvre de ces objectifs afin que les acteurs concernés en aient les moyens, il y a peu de chances que la ville dans son ensemble corresponde à ce qu'elle devrait être sur le papier. En ce sens, les exemples cités du *New Deal* aux États-Unis ou de l'éolien au Danemark prennent tout leur sens. L'accompagnement fiscal (subventions ou possibilités d'exemptions fiscales) est fondamental. L'avantage avec les coopératives est d'ailleurs que le coût de l'opération peut s'avérer plus faible, tout n'étant pas monétarisé dans un modèle coopératif. Ainsi J. Rifkin rappelle que le coût du kilomètre d'une ligne électrique mise en place par la REA aux États-Unis en zone rurale, a coûté



40 % de moins que les devis établis préalablement par les entreprises privées du secteur. Ce résultat a été obtenu notamment par la possibilité offerte aux agriculteurs de rembourser leurs dettes envers la coopérative en temps passé à poser des lignes électriques (Rifkin, 2014, p. 316). On peut aisément reprendre cet argument dans le cas des coopératives, avec du travail fourni par ses membres, soit juste par conviction (notamment pour la conception du projet), soit afin de permettre aux moins fortunés d'y participer (selon la logique assez fréquente dans l'univers de l'économie sociale et solidaire). La mise en place de dispositifs techniques de production d'électricité au niveau des bâtiments et/ou des îlots urbains, pourrait donc s'avérer moins coûteuse.

En ce qui concerne les investissements de certaines coopératives pour produire de l'électricité en zone rurale, cela suppose des accords avec les acteurs de ces territoires complémentaires. Une fois encore, rappelons l'importance soit de coopératives suffisamment grandes pour disposer des moyens de financer des champs d'éoliennes et/ou de panneaux photovoltaïques et autres dispositifs producteurs d'électricité renouvelable, soit d'alliances entre plusieurs petites coopératives, voire avec certaines entreprises locales, afin d'atteindre le seuil critique rendant possible l'investissement. Ces coopératives ou alliances de coopératives (voire alliances plus larges) négocient avec des territoires qui voient une partie de leur ressource foncière mobilisée pour produire de l'électricité plutôt qu'à d'autres fins (production agro-alimentaire, zones récréatives...). On peut imaginer diverses formes d'échanges entre ces populations, comme par exemple le fait d'accepter que les habitants des zones rurales bénéficient à des conditions économiques intéressantes de l'électricité ainsi produite.

Au niveau des dispositifs techniques, il est important de tenir compte du rôle de la mixité fonctionnelle des bâtiments dans un même îlot et de la complémentarité énergétique qui peut en ressortir. La mixité dans le quartier entre bâtiments résidentiels et tertiaires permet la mutualisation de production de chaleur et de froid à partir de solaire thermique local, et la mutualisation de production et stockage d'électricité à partir du solaire photovoltaïque local et de véhicules électriques utilisés pour se rendre au travail. Cet aspect dépend en fait de la capacité de dialogue et de possibles alliances de circonstance entre coopératives à finalité essentiellement résidentielle avec d'autres acteurs de la ville, et notamment le secteur tertiaire.

■ La connexion

La connexion entre les nombreux points décentralisés de production d'électricité est fondamentale, sauf à émettre l'hypothèse que le stockage local à l'aide de piles



ne soit plus un obstacle technique ni financier (par exemple avec la mise au point, plausible, de catalyseurs enzymatiques en lieu et place des catalyseurs produits avec des métaux rares, catalyseurs non seulement moins coûteux mais également moins toxiques pour l'environnement et plus facilement recyclables). Hors de cette hypothèse, se pose la question de l'échelle à laquelle une connexion entre lieux de production et lieux de consommation d'électricité est indispensable.

Qui dit connexion entre lieux multiples de production et de consommation, dit *smart grids* et *smart building* mais aussi connaissance approfondie des comportements des producteurs et consommateurs connectés au réseau. Dans ce scénario, il est peu probable que les membres de coopératives habitantes acceptent de ne pas être au fait des données produites en la matière, de même qu'il est peu probable qu'ils acceptent aisément que ces données puissent être communiquées à des acteurs extérieurs, publics ou privés qu'ils soient.

Sur le premier aspect, l'exercice PAT-Miroir nous a montré l'importance pour les représentants des habitants de bien connaître ce que chacun produit et consomme. Cette connaissance participe de la volonté des membres des coopératives (ou tout du moins d'une partie de ceux-ci) de maîtriser au moins conceptuellement les conséquences induites par les dispositifs techniques mis en œuvre. Elle s'inscrit également dans une philosophie propre aux acteurs promoteurs d'un système fondé sur la réciprocité, à savoir la participation de chacun aux processus décisionnels.

Sur le second aspect, celui de tiers qui auraient accès à des données considérées d'ordre privé (ou d'ordre communautaire), l'acceptabilité par les membres de coopératives dépend de la nature de ces tiers. De fait, si l'on émet l'hypothèse que les *smart grids* seront surtout l'apanage des grands groupes, cette acceptabilité sera assez faible. Les résidents craignent la dépendance à un fournisseur et refusent de jouer au cobaye avec des innovations techniques qui leur échappent. Mais ce jeu peu coopératif entre grands groupes et coopératives n'est pas inéluctable. Les *smart grids* peuvent être gérés par des entreprises locales, voire par les coopératives elles-mêmes avec l'aide technique d'entreprises spécialisées. Une fois de plus, la question de la maîtrise du nœud socio-énergétique est au cœur du projet d'un certain nombre de coopératives. Des fédérations de collectifs locaux proposent un protocole de communication en *open source* et des informations *common source*. On voit quelques *smart grids* utilisés entre quartiers ou îlots neufs, pleinement équipés et peu énergivores, et quartiers anciens, ou entre territoires rapprochés. Dans ces cas, les *smart grids* sont bien investis par les résidents qui les gèrent, mais ils n'offrent que très peu de bénéfices financiers

sur les effacements, qui ne sont avantageux qu'à grande échelle. Puisqu'ils ne sont que très peu rentables sur le neuf – qui ne consomment presque rien, voire produisent plus qu'ils ne consomment – les *smart grids* servent surtout à équilibrer le réseau et à agir comme accompagnateur à la sobriété.

Ces communautés choisissent de ne pas transférer leur énergie sur le réseau national et préfèrent la consommer à un niveau local, vers d'autres quartiers connectés de la même ville. Cependant, ils peuvent contribuer à la gestion des énergies renouvelables. Ainsi, un jour de vent nuageux, un territoire ou un îlot à éoliennes fournit en énergie le territoire plutôt spécialisé sur le photovoltaïque, et *vice versa*. Un îlot excédentaire fournit un îlot en manque lors des périodes de pointes. Ceci nécessite à la fois des innovations techniques, gérées par la communauté, un encadrement légal et des gestionnaires-conseillers énergie de quartier, donc une capacité d'organisation et de coordination importante (figure 12).

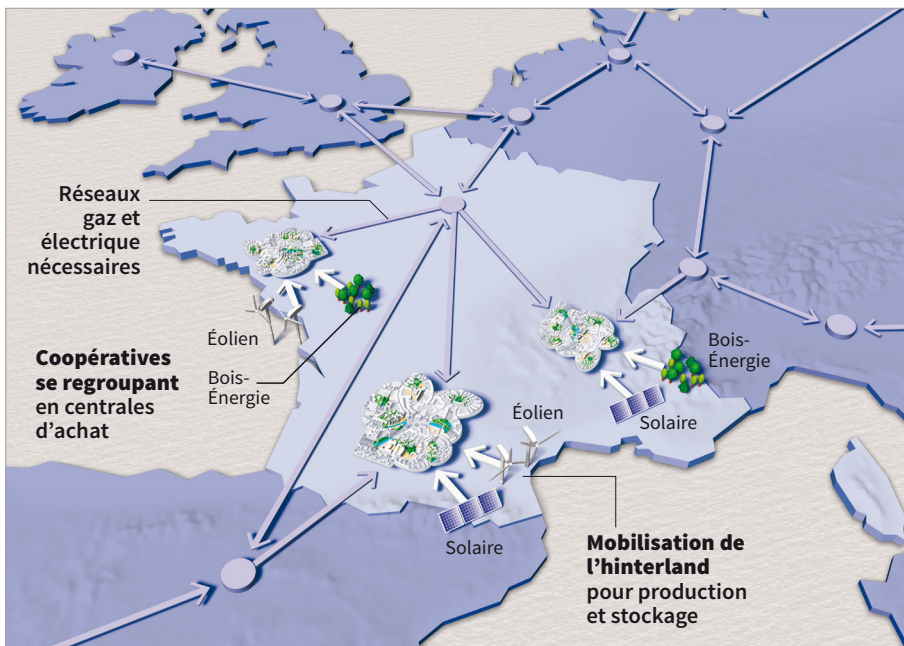


Figure 12 – Scénario Acteurs coopératifs - Échelle pays <nexus-energy.fr>

Comme dans le scénario A, on peut observer une tension entre la nécessité d'un réseau de distribution d'électricité à une certaine échelle et une tendance à l'autonomie voire, dans certains cas extrêmes, à l'autarcie. Les coopératives sont généralement hostiles au développement d'habitations visant l'autarcie, en



ce que cette tendance peut signifier de perte de lien social, mais également en ce que cela rend beaucoup plus coûteuse la mise en œuvre de solutions techniques. Si l'on exclut donc la situation autarcique, il y a nécessité de réseaux. Au-delà de la question de qui gère les *smart grids*, se pose également la question du financement du réseau, question éminemment en lien avec la question de l'échelle du réseau.

Quelle participation au-delà des intérêts coopératifs ?

Les coopératives et associations locales de consommateurs/producteurs ne sont pas favorables à la taxation de la consommation d'énergie produite au sein du collectif, qui pourrait être un frein à la mutualisation d'équipements de production ou de stockage (la non-taxation étant l'un de ses moteurs). Cependant, hostiles à la perspective d'échanges directs d'énergie entre deux ménages ou petites entreprises, elles acceptent de jouer le jeu du comptage systématique de l'énergie et préfèrent donc adhérer à un système de réseau intelligent à une échelle les dépassant, plutôt qu'une situation de repli de chacun sur sa propre production. Elles négocient avec les pouvoirs publics locaux et/ou nationaux des statuts fiscaux particuliers prenant en compte leur contribution à la gestion des intermittences (reconnaissant les garanties de limitation de la puissance appelée et la capacité de stockage de réserve) et leur activité à but non lucratif.

Il faut tout de même noter que les habitants de territoires capables d'assurer leur autoconsommation ne voient pas de prime abord l'intérêt du financement des réseaux. Plus encore que les entreprises, ils souhaitent pouvoir aller vers une autonomie plus marquée et éviter qu'un système de taxes ne les dissuade. De ce point de vue, le rôle des collectivités territoriales demeure important. Que ce soit par conviction idéologique ou par manque de moyens financiers, elles accompagnent le mouvement coopératif plus qu'elles ne le guident. Elles ont néanmoins les moyens politiques d'imposer une taxation aux coopératives afin que celles-ci contribuent à l'entretien d'un réseau à l'échelle de l'aire urbaine étendue.

Quant aux réseaux nationaux de transport de gaz et d'électricité, les investissements de capacité ont cessé. La maintenance des lignes accompagne la baisse des flux en fonction de l'évolution de l'autonomisation énergétique des territoires. Ces réseaux de transport servent essentiellement de secours (accompagnant les disparités temporaires d'ensoleillement ou de vent non compensable par les stockages locaux). Ce secours est assuré à puissance restreinte : des fédérations de coopératives et des collectivités territoriales ou fournisseurs – desservant les consommateurs non coopérateurs – bénéficient de puissances garanties en



fonction de leur contribution financière régulière au fonctionnement du réseau de transport. Pour éviter de faire peser une charge financière insoutenable aux activités les plus dépendantes du réseau de transport national (par exemple établissements médicalisés, industries de *process* continu et énergétiquement intensives, activités de services continu...), l'État anime à intervalle régulier des conférences nationales de régulation ; rassemblant les parties prenantes, ces conférences ajustent la gamme de modalités de la fonction secours tout en veillant à une relative stabilité des modalités correspondant aux équipements les plus gourmands en capitaux.

Les régulations

Par essence, le scénario « coopératives » s'appuie peu sur un changement substantiel de régulation puisqu'il est caractérisé par des initiatives prises par les coopératives. Il s'agit donc essentiellement de lever les verrous mis en place pour empêcher les coopérations directes.

- ***L'obligation faite aux détenteurs de données énergétiques de les mettre en libre accès***, selon des modalités préservant l'anonymat des personnes. Il s'agit d'un moyen de réduire le risque de domination des entreprises de la distribution d'énergie et des réseaux sociaux numériques.
- ***L'instauration de déductions fiscales et de subventions afin d'inciter la mutualisation d'équipement*** et de rendre plus attractifs des démarches coopératives. Il importe cependant que ces aides ne soient pas trop élevées, car elles pourraient alors constituer des effets d'aubaines et créer un marché pour des intermédiaires marchands sans mise en relation directe des coopérateurs.
- ***L'assouplissement du montage financier et juridique de l'habitat coopératif*** de façon à ce que cette brique élémentaire du mouvement coopératif soit davantage pratiquée (par opposition à l'habitat individuel ou à la copropriété).
- ***L'encouragement par les collectivités locales de coopératives***, par le financement d'animateurs de quartier, de bourses locales d'idées et d'intentions coopératives dont le rôle consiste à aider des habitants et des petites entreprises à se mettre en relation et construire des projets énergétiques coopératifs.



Conclusion

Le travail de scénarisation apporte des éléments de réflexion aux acteurs, institutionnels ou du terrain, quant aux orientations envisageables pour une ville engagée dans un processus de transition énergétique. Le parti pris de focaliser ces scénarios autour d'une catégorie dominante d'acteurs nous permet de mettre en évidence plusieurs éléments :

- le développement et l'essor des technologies ne sont pas seulement liés à une volonté générale d'améliorer la situation écologique de notre environnement. Certes, des laboratoires et des centres de recherche produisent des savoirs susceptibles de contribuer à une amélioration substantielle de l'efficacité énergétique, mais il est bien connu que le passage de la découverte à l'innovation ne s'effectue pas tant (ou pas seulement) en fonction de l'intérêt intrinsèque que revêt une invention, et beaucoup en fonction des intérêts construits par les acteurs ;
- il s'en suit que l'articulation entre les divers acteurs, les relations de pouvoir qui s'instaurent, ont une influence déterminante sur le type de dispositif technique qui va se diffuser au sein d'une société, mais également, avon-nous insisté, sur l'échelle privilégiée à laquelle les briques technologiques doivent s'articuler. Chaque catégorie d'acteurs se cale plus naturellement à une certaine échelle géographique de la question énergétique et cette échelle a une influence certaine sur le type d'investissement nécessaire, la taille des équipements qu'il est possible de mettre en œuvre, et partant sur les technologies qui s'y adaptent ;
- chaque scénario se développe selon une cohérence interne, mais également en fonction de la domination (consentante de la part des pouvoirs publics) d'une catégorie d'acteurs porteurs d'une vision particulière de l'organisation des fonctions urbaines. Ces scénarios mettent ainsi en évidence ce vers quoi pousserait une vision particulière dominante, avec ses caractéristiques mais aussi les excès auxquels elle pourrait mener. Comme nous l'a indiqué un participant à la réunion de travail de mai 2015, ces scénarios permettent également de mettre en garde contre d'éventuels excès, voire des dérives issues de la poursuite trop franche d'un scénario ;
- il est enfin peu probable que la question énergétique ressemble en 2040 à l'un des scénarios décrits. Pourtant les scénarios A, B et D traduisent tous trois



des tendances observables, le scénario C de l'État prescripteur étant plutôt vécu par certains de nos experts comme un « retour en arrière » (nous aurions plutôt tendance à dire qu'il s'agit d'un aveu d'échec des jeux d'acteurs locaux à produire une cohérence satisfaisante, eu égard aux enjeux de durabilité). Poussées comme modèle dominant, ces trois tendances observables posent question (en raison des excès auxquels cela peut porter). Néanmoins cela ne signifie pas pour autant que la « bonne » solution serait forcément un hybride entre ces scénarios. Si des compromis seront inévitables entre les tendances portées par des acteurs parfois antagonistes, parfois complémentaires, il n'est pas dit que ces compromis seront forcément meilleurs qu'une situation plus tranchée, si cela aboutit notamment à l'absence de choix organisationnels, techniques, politiques.

Pour conclure ce chapitre, nous invitons ses lecteurs, au-delà des détails que nous espérons enrichissants, à retenir un point pour nous central : la ville qui se fait et se fera est le produit de choix politiques assumés et non pas le produit d'un déterminisme technologique qui nous tracerait la route de la durabilité. C'est à une réflexion sur des choix de société que finalement nous espérons contribuer ici, de par notre réflexion et les diverses expertises mobilisées.



Bibliographie générale

- ADEME, 2010, « Feuille de route sur les bâtiments à énergie positive et à bilan carbone minimum », Rapport, <<http://www.ademe.fr/resource-archive/13597>> [Consulté le 13 novembre 2015].
- ADEME, 2013, « Défis et perspectives pour des villes durables performantes : climat, énergie, environnement. Feuille de route stratégique », Rapport, < <http://www.ademe.fr/resource-archive/14472> > [Consulté le 13 novembre 2015].
- AKRICH, M., CALLON, M. ET LATOUR, B., 2006, *Sociologie de la traduction : textes fondateurs.*, Presses desMines.
- AMIT R. & ZOTT C., 2001, « Value creation in e-business », *Strategic Management Journal*, vol. 22, n° 6-7, p. 493-520.
- BADEN-FULLER, C., & MANGEMATIN, V., 2013, « Business models: A challenging agenda », *Strategic Organization*, vol. 11, n° 4, p. 418-427.
- BAFOIL F., FODOR F. ET LE ROUX D. (dir.), 2014, *Accès à l'énergie en Europe. Les précaires invisibles*, Paris, Les Presses de Sciences Po.
- BERKHOUT F., SMITH A. & STIRLING A., 2004, « Socio-technological regimes and transition contexts », in Boelie Elzen, Frank W. Geels & Kenneth Green (eds.), *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*, Cheltenham, Edward Elgar, p. 48-75.
- BLANCHARD O. ET DEBIZET G., 2015, « Écoquartier, systèmes énergétiques et gouvernance : une base de données bibliographique », *Innovatio*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=127>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- BOCKEN N.M.P., SHORT S.W., RANA P. & EVANS S., 2014, « A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes », *Journal of Cleaner Production*, n° 65, p. 42-56.
- BOONS F. & LÜDEKE-FREUND F., 2013, « Business Models For Sustainable Innovation: State-Of-The-Art And Steps Towards A Research Agenda », *Journal of Cleaner Production*, n° 45, p. 9-19.
- BRAND M., SVENDSEN S., 2013, « Renewable-based low-temperature district heating for existing buildings in various stages of refurbishment », *Energy*, n° 62, décembre p. 311-319.
- BRULLOT S., 2009, *Elaboration d'une méthodologie sur la démarche à suivre pour lancer un projet d'Ecologie industrielle*, thèse de doctorat, Université de technologie de Troyes, 4 février 2009.

- BUCLET N. & BOURG D., 2005, « L'économie de fonctionnalité : changer la consommation dans le sens du développement durable », *Futuribles*, n° 313, novembre, p. 27-37.
- BUCLET, N., DEBIZET G., FOREST F., GAUTHIER C., LA BRANCHE S., MENANTEAU P, SCHNEUWLY P., TABOURDEAU A. ., 2015, *Four scenarios for urban energy coordination: large companies, local authorities, state intervention and cooperative actors*, In Proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES2015.0319, 1-15, Dubrovnik.
- CETE DE L'OUEST, 2012, « Réseaux de chaleur et nouveaux quartiers », rapport, <http://www.ouest.cerema.fr/img/pdf/120514_rap_rdc-nouveaux-quartiers_v1-4.pdf> [consulté le 13.11.2015].
- COLLECTIF D'EXPERTS, 2013, « Passer d'un modèle centralisé à un modèle décentralisé de gestion de l'énergie », Paris, *Note Fondation Jean Jaurès*, n° 195, octobre.
- COUTARD O., 2002, *The Governance of Large Technical Systems*, London/New York, Routledge.
- COUTARD O. & RUTHERFORD J., 2009, « Les réseaux transformés par leurs marges : développement et ambivalence des techniques « décentralisées » », *Flux*, vol. 76-77, n° 2, pp. 613.
- DALLA ROSA A. & CHRISTENSEN J. E., 2011, « Low-energy district heating in energy-efficient building areas », *Energy*, n° 36, n° 12, décembre, p. 6890-6899.
- DEBIZET G. & BLANCHARD O., 2015, « Énergie en (éco)quartier », *Innovatio*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=207>> [consulté le 10 novembre 2015].
- DEBIZET. G, BLANCHARD. O, BLANCO. S, BUCLET. N, DORE. N, FOREST. F, GAUTHIER. C, GILOMEN. B, LABRANCHE. S, LABUSSIERE. O, LONG. X, MENANTEAU. P, SCHNEUWLY. P, TABOURDEAU. A, & AMBROISE-RENAULT. V., 2014, *Energy coordination in eco-districts: The multi-disciplinary Nexus project*, In Proceedings of the 9th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Venice-Istanbul, SDEWES2014.0295, p. 1-16.
- DEBIZET G. & SYMES M., 2009, « Expertise and Methodology in Building Design for Sustainable Development », In Cooper I. & Symes M., *Changing Professional Practice Sustainable Urban Development*, Londres, Routledge, p. 197-228.
- DEBIZET, G., TABOURDEAU A., MENANTEAU P. GAUTHIER C., 2015, *Reconciling energy planning with urban decision-making Socio-geographic configurations and the SEN notion*, In Proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. SDEWES20150599. Dubrovnik.
- DOBIGNY L., 2009, « L'autonomie énergétique: acteurs, processus et usages. De l'individuel au local en Allemagne, Autriche et France », in M. Dobré et



- S. Juan. (dir), *Consommer autrement, la réforme écologique des modes de vie*, Paris, L'Harmattan.
- DUPUY G., 2011, « Fracture et dépendance : l'enfer des réseaux ? » *Flux*, n° 83, p. 6-23 <www.cairn.info/revue-flux-2011-1-page-6.htm> [Consulté le 13.11.2015].
- DUPUY J.-P., 2004, *Pour un catastrophisme éclairé : quand l'impossible est certain*, Paris, Editions du Seuil.
- E & E CONSULTANT, HESPUL & SOLAGRO, 2014, *Etude portant sur l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire, ADEME, GRTgaz & GrDF*. <<http://www.grtgaz.com/fileadmin/engagements/documents/fr/Power-to-Gas-etude-ADEME-GRTgaz-GrDF-complete.pdf>> [Consulté le 3 avril 2014].
- FARIAS, I. & BENDER, T., 2010, *Urban Assemblages: How Actor-network Theory Changes Urban Studies*, New York, Routledge.
- GABILLET P., 2015, « Energy supply and urban planning projects: Analysing tensions around district heating provision in a French eco-district », *Energy Policy*, n° 78, mars, p. 189-197.
- GAUTHIER C. & GILOMEN B., 2016, « Business models for sustainability: Energy efficiency in urban districts », *Organization & Environment* (à paraître).
- GEELS, F.W., 2004, « From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory », *Research Policy*, vol. 33, n° 6-7, p. 897-920, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733304000496>> [Consulté le 16 juillet 2015].
- GEELS F.W., 2005, *Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-Technical Analysis*. Cheltenham, UK, Edward Elgar, <<https://www.escholar.manchester.ac.uk/uk-ac-man-scw:169355>> [Consulté le 17 septembre 2015].
- GEELS F.W. & SCHOT J., 2007, « Typology of sociotechnical transition pathways », *Research Policy*, vol. 36, n° 3, p. 399-417.
- GENUS A. & COLES A., 2008, « Rethinking the multi-level perspective of technological transitions », *Research Policy*, vol. 37, n° 9, 2008, p. 1436-1445.
- GIEC, 2014, *Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs*, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 pages (publié en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol, en français et en russe).



- GIDDENS A., 1990 [traduction française 1994], *Les conséquences de la modernité*, Paris, L'Harmattan.
- GRUDET I., 2015, « Le moment écoquartier en France. Expérimentations et labellisation ». *Architecture et urbanisme durables Modèles et savoirs, Cahier RAMAU* n° 7. p. 22-37 <<http://www.ramau.archi.fr/spip.php?rubrique12>> [Consulté le 13 novembre 2015].
- GULLI F., 2006, « Small distributed generation versus centralised supply: a social cost-benefit analysis in the residential and service sector », *Energy Policy*, n° 34, mai, p. 804-832.
- HARB H., MATTHES P., MOLITOR C., STOYANOVA I., WOLISZ H., MONTI A. & MÜLLER D., 2013, « Dual Demand Side Management », *E.ON Energy Research Center Series*, vol. 7, n° 1.
- JEDLICZKA M., 2014, « Un modèle d'approche systémique de la transition énergétique : la méthanation », *Les cahiers de Global Chance*, n° 36, <<http://www.global-chance.org/IMG/pdf/gc36p10-17.pdf>> [Consulté le 13 novembre 2015].
- KHALILPOUR R. & VASSALLO A., 2015, « Leaving the grid: An ambition or a real choice ? », *Energy Policy*, n° 82, juin, p. 207-222.
- KOLM S.-C., 1984, *La bonne économie: la réciprocité générale*, Paris, PUF, coll. « Politique d'aujourd'hui ».
- LA BRANCHE S., 2014, « Brève introduction à la sociologie de l'énergie », *Encyclopédie de l'énergie*, <<http://encyclopedie-energie.org/notices/brève-introduction-à-la-sociologie-de-l'énergie-0>> [consulté le 10 novembre 2015].
- LATOUR, B., 2007, *Changer de société, refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte.
- LUND H., WERNER S., WILTSHIRE R., SVENDSEN S., THORSEN J.E., HVELPLUND F. & MATHIESEN B.V., 2014, « 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems », *Energy*, n° 68, avril, p. 1-11.
- LUND H., MÖLLER, B., MATHIESEN, B.V. & DYRELUND, A., 2010, « The role of district heating in future renewable energy systems », *Energy*, n° 35, mars, p. 1381-1390.
- MATHIESEN B.V., LUND H., CONNOLLY D., WENZEL H., OSTERGAARD P.A., MOLLER B., NIELSEN S., RIDJAN I., KARNOE P., SPERLING K. & HVELPLUND F.K., 2015, « Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions », *Applied Energy*, n° 145, mai, p. 139-154.
- MAUROUX S., PORTIER N., BERNARD C. & DENIZOT D., 2011, *Les communautés au cœur des politiques locales d'énergie. Plans climat-énergie territoriaux et actions d'efficacité énergétique*, Paris, Association des Communes de France (ADCF) et Veolia Environnement, septembre.



- MENANTEAU P. & BLANCHARD O., 2014. « Quels systèmes énergétiques pour les écoquartiers ? Une première comparaison France-Europe », *Revue de l'Énergie*, n° 622, p. 463-471.
- MENANTEAU P, BLANCHARD O. ET PROST-BOUCLE S., 2015, « L'énergie dans les écoquartiers en Europe : premiers éléments de comparaison avec la France », *Innovatio*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=144>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- 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.
- OLSON M., 1965, *The Logic of collective Action: Public Goods and Theory of Groups*, Cambridge MA, Harvard University Press.
- ØSTERGAARD P.A., MATHIESEN B.V., MÖLLER B. & LUND, H., 2010, « A renewable energy scenario for Aalborg Municipality based on low-temperature geothermal heat, wind power and biomass », *Energy*, n° 35, décembre, p. 4892-4901.
- POLANYI K., 2008, *Essais, textes réunis et présentés par M. Cangiani et J. Moncourant*, Paris, Seuil.
- POUPEAU, F.-M., 2013, « Simples territoires ou actrices de la transition énergétique ? Les villes françaises dans la gouvernance multi-niveaux de l'énergie », *URBIA*, n° 15, p. 73-86.
- RAVEN R. & VERBONG G., 2007, « Multi-Regime Interactions in the Dutch Energy Sector: The Case of Combined Heat and Power Technologies in the Netherlands 1970-2000 », *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 19, n° 4, P. 491-507, <<http://dx.doi.org/10.1080/09537320701403441>> [Consulté le 4 septembre 2015].
- RIFKIN J., 2014, *La nouvelle société du coût marginal zéro*, Paris, Les Liens qui Lièrent.
- RISO, 2011, « Energy for smart cities in an urbanized world », *Riso Energy Report*, n° 10, <<https://stateofgreen.com/files/download/425> >[Consulté le 13 novembre 2015].
- RMI (ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE), 2014, « The economics of grid defection: when and where distributed solar generation plus storage competes with traditional utility service », *Report, Rocky Mountain Institute*, 2014.
- RUTHERFORD J., 2008, « Unbundling Stockholm: The networks, planning and social welfare nexus beyond the unitary city », *Geoforum*, n° 39, novembre, p. 1871-1883.

- SCHNEUWLY P. & DEBIZET G., 2015, « Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers », *Innovation*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=207>> [consulté le 10 novembre 2015].
- SEN A., 1999, [traduction française 2003], *Un nouveau modèle économique: développement, justice, liberté*, Paris, Editions Odile Jacob.
- SOSHINSKAYA, M. & AL., 2014, « Microgrids: Experiences, barriers and success factors », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 40, 659-672, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006583>> [Consulté le 20 novembre 2014].
- SORRELL S., 2007, *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*, A report produced by the Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre.
- SPEHLING K., MÖLLER B., 2012, « End-use energy savings and district heating expansion in a local renewable energy system – A short-term perspective », *Applied Energy*, n° 92, avril, p. 831-842.
- TABOURDEAU A., 2014, *Entre forêt et énergie: composer la transition: le cas du bois-énergie en Auvergne et Rhône-Alpes*, Grenoble, <<http://www.theses.fr/2014GRENH005>> [Consulté le 27 avril 2015].
- TEECE D., 2010, « Business Models, Business Strategy, and Innovation », *Long Range Planning*, vol. 43, n° 2-3, p. 172-194.
- UNEP, 2015, « District energy in cities, Unlocking the potential of energy efficiency and renewable energy », *Technical paper*, <http://www.unep.org/energy/portals/50177/DES_District_Energy_Report_full_02.d.pdf> [Consulté le 13 novembre 2015].
- VANDEVYVERE H. & STREMKE S., 2012, « Urban Planning for a Renewable Energy Future: Methodological Challenges and Opportunities from a Design Perspective », *Sustainability*, n° 4, p. 1309-1328.
- ZELEM M.-C., 2010, *Politique de maîtrise de la demande d'énergie et résistance au changement, une approche socio-anthropologique*, Paris, L'Harmattan.



Annexe méthodologique

Méthodologie du projet NEXUS et de l'élaboration des scénarios de transition énergétique en ville

Le projet *Ecoquartier Nexus Energie* avait pour objectif de coproduire des connaissances nouvelles en explorant les champs des possibles – du point de vue sociétal – en matière de gestion et stockage infra-urbains de l'énergie et de les mettre à disposition sous des formes accessibles par les acteurs de la ville, de l'énergie et les communautés scientifiques. La forme principale visée était, dès l'origine, celle de scénarios prospectifs de coordination de l'énergie. La question traitée par cette recherche est celle des transformations sociétales dans les espaces urbanisés induites par la mobilisation massive d'énergies (renouvelables) *in situ* et intermittentes à la place d'énergies (fossiles) importées et stockables.

Afin de cerner les interactions entre les dimensions urbaines, organisationnelles, politiques et technologiques de la gestion de l'énergie en ville, le projet de recherche Nexus a consisté à observer des projets de systèmes énergétiques novateurs menés aux « mailles » les plus fines des réseaux d'énergie : le bâtiment et le quartier. Ces mailles sont effectivement en voie de devenir tout à la fois des lieux de production, de consommation et de stockage.

Le parti pris originel consistait à diversifier les points de vue disciplinaires et à les confronter pour identifier de façon interdisciplinaire les facteurs les plus déterminants de chaque scénario. Nous souhaitons éviter qu'un type de causalité – par exemple la micro-économie, le management des organisations, la planification urbaine ou le jeu politique local – prédomine *a priori* dans l'analyse des projets novateurs et, par la suite, dans l'élaboration des scénarios.

L'approche sociotechnique, et notamment la théorie des acteurs-réseaux ont été privilégiées pour identifier de façon commune les objets observés : les systèmes énergétiques urbains (dont les réseaux) sont ainsi considérés comme le résultat d'assemblages portés par des acteurs différents en interaction avec d'autres acteurs humains et non-humains. Pour autant, il ne s'agissait pas d'ignorer l'existence de structures ou de mécanismes prépondérants ni de faire fi des



concepts disciplinaires éprouvés : il importait de définir de façon commune les objets que des chercheurs de différentes disciplines auraient à analyser.

Le projet Nexus alternait ainsi des phases d'élaboration interdisciplinaire et d'analyses mono-disciplinaires parallèles des mêmes objets afin de tirer parti des différents concepts scientifiques. Ainsi des analyses de littérature scientifique et grise sur une douzaine d'écoquartiers européens et une enquête dans quatre écoquartiers français particulièrement novateurs en termes de systèmes énergétiques ont alimenté des chapitres de rapports intermédiaires écrits à une ou plusieurs voix et des publications scientifiques (cf. fin de cette annexe et la liste mise à jour sur le site <www.nexus-energy.fr>).

Enfin, l'élaboration des scénarios prospectifs s'est appuyée sur une méthodologie éprouvée (l'analyse morphologique selon des variables discriminant les scénarios entre eux) qui a été adaptée. En effet, seule l'équipe de chercheurs a élaboré les scénarios : les attentes et les réticences de grands témoins, experts ou acteurs des sujets ont été recueillies lors d'un atelier pour alimenter ces scénarios qui une fois rédigés ont été présentés pour avis à ces grands témoins. Ces scénarios constituent autant des visions reconstituées qu'une explicitation des relations entre ces acteurs.

La notion de nœud socio-énergétique

Si producteurs et consommateurs se rapprochent géographiquement, voire se confondent – ne serait-ce par l'obligation de réaliser des bâtiments à énergie positive –, les bâtiments et les mailles fines des réseaux d'énergie pourraient être des lieux d'atténuation des intermittences de la production et des fluctuations de la consommation. L'atténuation de ces écarts temporels ne serait être prise en charge uniquement par un seul opérateur énergétique ; au contraire, une multitude d'acteurs de la ville pourrait y contribuer : de l'acquéreur d'un logement aux fabricants des espaces bâtis, de l'usager aux gestionnaires des réseaux énergétiques urbains. Il convenait de transgresser les frontières entre acteurs du réseau et consommateurs. Élaboré au début du projet, le concept de *nœud socio-énergétique* (NSE) mobilise simultanément la dimension physique (des équipements techniques faisant partie du réseau public d'énergie, de l'espace urbanisé et des bâtiments) et la dimension sociale : les acteurs décisionnels et parties prenantes ainsi que les interactions plus ou moins convenues qui les lient. Par assemblages successifs, les *nœuds socio-énergétiques* constituent les chaînes et les boucles énergétiques de la ville qui forment les réseaux d'énergie tant dans leurs parties publiques que privées. Cette vision s'inspire de la théorie



de l'acteur-réseau (Akrich *et al.*, 2006 ; Latour, 2007) et de la notion d'assemblage urbain qui en découle (Farias et Bender, 2010).

La notion de NSE devait être suffisamment flexible et indéfinie pour que des chercheurs de disciplines différentes l'utilisent et pour laisser l'observateur du terrain définir les limites des objets de recherche. Cependant, il nous a paru nécessaire de concentrer notre analyse (et donc nos découpages) sur les phases de programmation et de conception des écoquartiers et des systèmes énergétiques, c'est-à-dire celles qui organisent pour une longue durée les options énergétiques : ressources mobilisées, vecteurs privilégiés, échelles de gestion, technologies déployées, professions et acteurs impliqués dans le fonctionnement, etc. Ainsi, nous définissons un *nœud socio-énergétique* (NSE) comme un ensemble d'éléments assurant la transformation, le stockage ou le transport d'énergie dont la conception a été supervisée par un même acteur décisionnel (promoteur, aménageur, opérateur d'énergie, collectivité...) interagissant globalement avec les mêmes actants (humains et non humains).

La *figure 1* suivante illustre des apports d'énergie, des équipements, des NSE et trois exemples d'assemblage. Un promoteur commande, fait concevoir et réaliser le réseau de distribution électrique au sein d'un bâtiment et le raccorde au réseau électrique public exploité par un opérateur ; dans le croquis suivant, le promoteur fait de même pour le réseau de chaleur interne au bâtiment et un équipement de production de chaleur (une pompe à chaleur géothermique *PAC Sol*) alimenté par le réseau électrique ; un opérateur d'énergie développe un réseau de chaleur de quartier desservant des bâtiments et une chaufferie alimentée par un opérateur de gaz et un collecteur/transformatriceur de bois (*approv. bois*). Ces différents NSE pourraient aussi capturer de l'énergie sur le site (solaire, eaux usées) ; ils comprennent au moins un appareil qui convertit ou répartit l'énergie (par exemple, un transformateur une pompe à chaleur, une chaufferie). Le périmètre du NSE est défini par l'acteur qui prend la responsabilité de le financer et de le faire réaliser ou, pour les NSE existants, de l'exploiter.

La notion de NSE prend en compte deux éléments génériques et pérennes : l'impératif de continuité des flux assurée par les systèmes énergétiques et l'organisation de la propriété et de la construction autour d'un acteur principal. Cette notion a permis de nommer et délimiter des objets de recherche communs aux différents chercheurs de l'équipe quelle que soit leur discipline. Par exemple, un NSE peut-être considéré comme le support d'un modèle d'affaire, comme le volet énergie d'un projet de développement urbain ou bien comme une unité décisionnelle d'écologie territoriale.

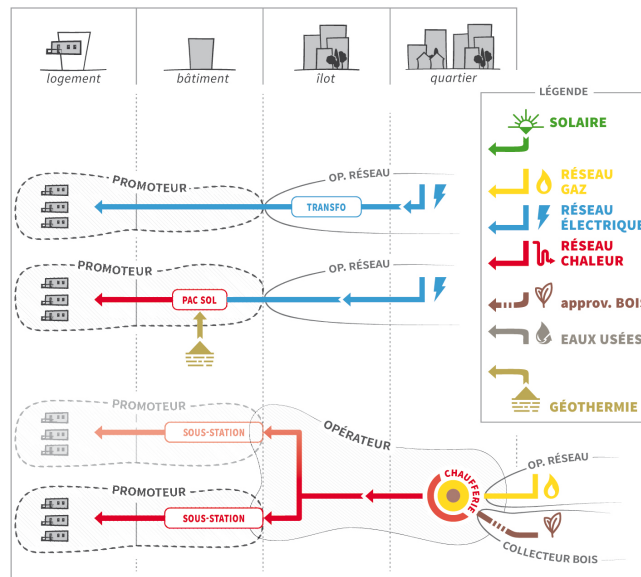


Figure 1- Exemples de nœuds socio-énergétiques et d'éléments les composants

Les présupposés disciplinaires ont ainsi été mis de côté, non pas abandonnés car le chercheur pouvait continuer de les mobiliser dans ses propres analyses mais, provisoirement, non partagés avec les autres chercheurs. Le concept de NSE permet aux chercheurs de disciplines différentes de discuter des mêmes objets sans imposer un point de vue ou des catégories explicatives. C'est la notion heuristique centrale de la recherche Nexus.

Les phases de la recherche

Le projet de recherche comprenait des phases d'analyses individuelles et mono-disciplinaires d'un corpus partagé : d'abord une bibliographie relative à une douzaine d'écoquartiers européens, puis un ensemble d'entretiens menés dans quatre écoquartiers français. Ces phases individuelles ont été encadrées par des phases de production communes (éléments ~~voire sur~~ la figure 2).

■ Corpus bibliographique d'écoquartiers européens et analyses mono-disciplinaires

La première phase du projet consistait à rassembler des documents relatifs aux systèmes énergétiques développés dans les écoquartiers européens (Blanchard et Debizet, 2015). Partagés par tous les membres de l'équipe, ces documents servaient de corpus aux chercheurs pour mener en parallèle des analyses selon les angles disciplinaires différents.

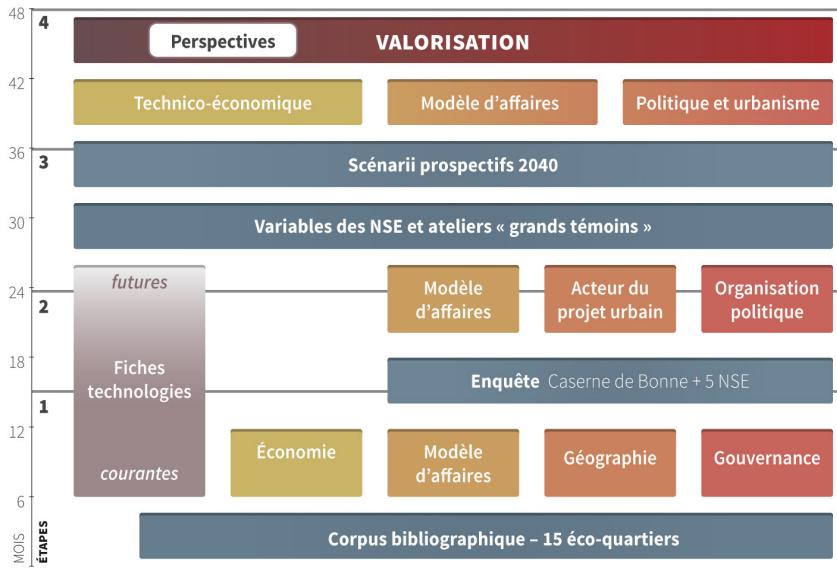


Figure 2 - Déroulement de la recherche Ecoquartier Nexus Energie

Plusieurs méthodes ont été simultanément déployées. Une recherche par mots-clés sur Internet a été menée en parallèle à l'interrogation des fonds documentaires et des bases de données d'éditeurs scientifiques (Elsevier et Springer Link, entre autres). Des contacts par emails ou téléphoniques ont également été noués avec divers centres documentaires de recherche universitaires (exemple, KTH en Suède, Nobatek en France) et certains acteurs des écoquartiers (assistants à maître d'œuvre, promoteurs, etc.).

Finalement, 250 documents ont été sélectionnés et référencés pour leur valeur ajoutée au regard du projet Nexus : ils concernent les acteurs porteurs et les concepteurs, le tissu urbain, les systèmes énergétiques, leurs performances et celles des bâtiments. Trois bases de données ont été créées : l'une pour les écoquartiers européens (« Europe »)¹, l'autre pour les écoquartiers français (« France »)², la troisième regroupe des documents génériques sur les écoquartiers, c'est-à-dire, non focalisés sur un ou plusieurs écoquartiers (« Généralités »). L'ensemble des références bibliographiques présentes dans les bases de données a été saisi et est désormais accessible par un répertoire public³ avec l'application *open-source* et Zotero.

1 Base de données des écoquartiers européens: <http://webdsi2.upmf-grenoble.fr/dsi/lodel/lodel-1.0.1a/innovatio/docannexe/file/233/wp1_bdd_eq_europe_edden_14_06_2012_protegee_5.pdf>.

2 Base de données des écoquartiers français: <http://webdsi2.upmf-grenoble.fr/dsi/lodel/lodel-1.0.1a/innovatio/docannexe/file/232/wp1_bdd_eq_france_edden_14_06_2012_protegee.pdf>.

3 <https://www.zotero.org/groups/nexus_wp1/items/>.

Ces éléments ont ensuite permis à l'ensemble de l'équipe de sélectionner de façon éclairée une douzaine d'écoquartiers analysés plus en profondeur, moitié en France, moitié dans le reste de l'Europe. Les critères de sélection retenus visaient à constituer un panel d'écoquartiers diversifiés de par les systèmes énergétiques adoptés et les types de gouvernance et d'acteurs impliqués. L'existence d'une littérature abondante et de qualité était également un critère (Blanchard et Debizet, 2015). Chaque écoquartier a fait l'objet de deux fiches détaillées, l'une décrivant les principales caractéristiques et l'autre modélisant les relations les différents acteurs aux phases de programmation et de conception⁴.

Au final, six écoquartiers européens et hors France ont été sélectionnés : Vauban, Fribourg (Allemagne) ; Hammarby Sjöstad, Stockholm (Suède) ; Royal Seaport, Stockholm (Suède) ; Kronsberg, Hanovre (Allemagne) ; Bedzed, Sutton (Grande-Bretagne) ; Poblenou, Barcelone (Espagne). Les six écoquartiers français sont les suivants : ZAC de Bonne, Grenoble ; Confluence, Lyon ; ZAC St-Jean des Jardins, Chalon sur Saône ; Ginko, Bordeaux ; Grand Cœur, Nancy ; Plateau de Haye, Nancy.

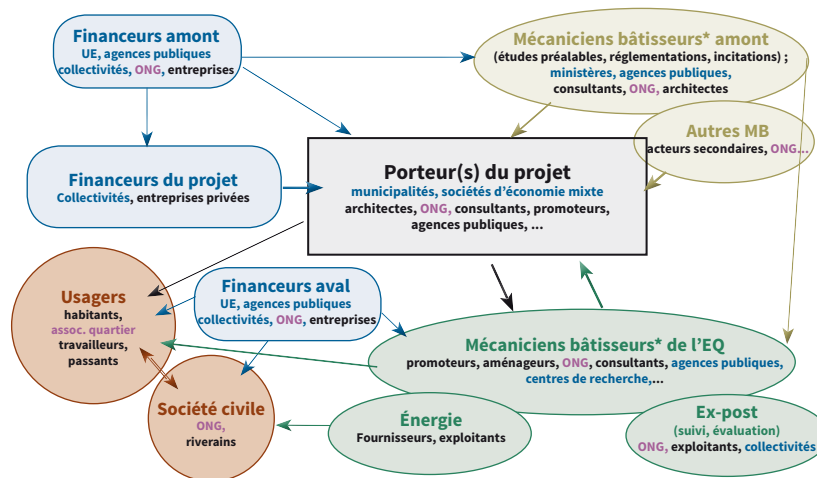


Figure 3. Schéma générique des relations entre acteurs au sein d'un écoquartier (Blanchard)⁵

4 Ces fiches sont consultables sur le site <www.nexus-energy.fr> et celui de la revue InnovatiO <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=127#tocto1n5>>.

5 Les couleurs des bulles reflètent des catégories d'acteurs : au centre, dans la bulle noire, figurent les porteurs du projet d'écoquartier, c'est-à-dire les acteurs décisionnels qui ont été les initiateurs et coordinateurs du projet ; dans les bulles marron, on trouve les « mécaniciens bâtisseurs » amont, qui ont effectué les études préalables ; les bulles verte représentent les « mécaniciens bâtisseurs » de l'écoquartier, c'est-à-dire ceux qui ont contribué à la construction, à l'aménagement et au suivi fonctionnel de l'écoquartier ; les bulles bleu répertorient les financeurs du projet ; les bulles orange font apparaître les citoyens qui ont été impliqués dans le projet.



Quatre analyses mono-disciplinaires ont ensuite été conduites, les chercheurs choisissant librement les écoquartiers parmi les douze. Elles concernent la gouvernance des écoquartiers en posant la question de la participation des acteurs (La Branche, 2015a), l'histoire et la géographie urbaines et la participation à Barcelone par comparaison avec celles des écoquartiers nord-européens (Long, 2015), les fondamentaux des modèles d'affaires dans le domaine de l'énergie (Gautier *et al.*, 2015), la comparaison des systèmes énergétiques d'écoquartiers français et européens non-français (Menanteau *et al.*, 2015)⁶. Les bases de données ont aussi permis d'étoffer l'échantillonnage des technologies d'énergie renouvelables, de stockage et de gestion mises en oeuvre en Europe : sélectionnées par l'équipe en fonction de ses besoins de compréhension, ces technologies ont fait l'objet d'une dizaine de fiches rédigées par un technologue⁷ de façon à être compréhensibles par les chercheurs en sciences humaines et sociales de l'équipe (Schneuwly et Debizet, 2015). Toutes ces fiches – écoquartiers et technologies – sont librement accessibles *via* le site www.nexus-energy.fr ou le numéro spécial de la revue *Innovatio* (Debizet et Blanchard, 2015).

Outre le gain de temps en termes de recherche bibliographique, ces fiches ont permis aux chercheurs de l'équipe de croiser leur regard sur les mêmes terrains et objets ; cela a facilité l'intercompréhension entre disciplines.

■ Enquête dans quatre écoquartiers et analyses transdisciplinaires

Quatre éco-quartiers français ont été sélectionnés pour l'enquête : deux sont situés dans la zone urbaine grenobloise – De Bonne à Grenoble, et Bastille à Fontaine – et deux autres dans la région parisienne – ~~Sainte-Genève~~ à Nanterre, et IssyGrid à Issy-les-Moulineaux⁸.

Grâce à la base de données, nous avons identifié une vingtaine d'éco-quartiers présentant un fort engagement relatif à l'énergie renouvelable. Une minorité d'entre eux correspondait à des projets achevés en termes de réalisation ou de conception. Premier prix du concours national ÉcoQuartier – en 2009 –, l'écoquartier de Bonne de Grenoble s'avérait particulièrement intéressant par ses ambitions et la variété des solutions énergétiques renouvelables (panneaux solaires photovoltaïques et thermiques, cogénération, chauffage urbain...) ainsi que l'étroite articulation entre la consommation et la production à l'échelle du quartier.

6 Ce sujet a aussi fait l'objet d'un article dans la *Revue de l'Énergie* (Menanteau et Blanchard, 2014)

7 Philippe Schneuwly, LITEN-INES du CEA.

8 L'enquête a été coordonnée par Stéphane La Branche.



Vingt entretiens ont été réalisés sur l'*écoquartier De Bonne* (Grenoble) auprès de témoins de la programmation et la conception du quartier : élus locaux, urbanistes de la municipalité, aménageurs, opérateurs énergétiques locaux, représentants de résidents ainsi que les promoteurs, architectes et bureaux d'études thermiques de quatre bâtiments (deux immeubles résidentiels privés et de logement social, un bâtiment tertiaire à énergie positive, un bâtiment rénové pour des usages résidentiel et commercial). Situé sur le site d'une ancienne caserne à proximité du centre-ville, ce projet urbain comprend 800 logements, un centre commercial et de loisirs, une école et plusieurs services résidentiels pour personnes âgées, étudiants et touristes. Lauréat du programme européen Concerto en 2005, il a bénéficié du soutien de l'Union européenne et a préfiguré avec dix ans d'avance la réglementation thermique actuellement en vigueur en France.

Nous avons ensuite identifié quelques autres technologies fréquemment déployées dans les écoquartiers (Schneuwly et Debizet, 2015) afin de choisir les terrains d'enquête complémentaires. Les quartiers Bastille à Fontaine et Sainte-Genève à Nanterre étaient les projets urbains français les plus avancés, dans les catégories respectives « chaufferie de quartier » et « récupération de la chaleur des eaux usées ». Il restait à trouver une expérimentation *smart grids* ; Issygrid présentait l'avantage d'associer des panneaux photovoltaïques et des batteries de véhicules électriques avec une démarche – plus fréquente – d'effacement de la consommation (Debizet, Doré *et al.*, 2013 ; Debizet, La Branche *et al.*, 2013). Les similitudes en termes de logiques et de pratiques des professionnels (promoteurs, architectes et bureau d'études) entre les quatre bâtiments du quartier De Bonne nous ont permis de limiter les entretiens à Nanterre et Fontaine aux acteurs des systèmes énergétiques de quartier : le chef de projet de l'aménageur, un élu et un technicien municipal, le consultant en énergie et le gestionnaire/exploitant de la chaufferie.

Bastille est un projet de renouvellement urbain situé à Fontaine dans la banlieue de Grenoble. Il comprend plusieurs nouveaux bâtiments de logement sociaux, une copropriété rénovée, une nouvelle rue et un réseau de chaleur alimenté par une chaufferie bois et gaz.

Sainte-Genève est un nouveau quartier situé sur un ancien site industriel à Nanterre, dans la banlieue de Paris. Une école, un espace commercial et six cents logements sociaux et en accession répartis en une douzaine d'immeubles sont connectés à un réseau de chaleur alimenté par des pompes à chaleur géothermiques ou récupérant la chaleur des eaux usées d'une conduite d'égout passant à proximité complétées par des chaudières gaz.



IssyGrid n'est pas à proprement parlé un nouveau quartier mais une expérimentation de réseau intelligent (*smart grids*) menée par plusieurs entreprises localisées dans un même quartier tertiaire d'Issy-les-Moulineaux à proximité de Paris. Issues des domaines de l'immobilier, de l'énergie et de l'informatique, ces entreprises collaboraient pour simuler de façon virtuelle (car elles ne sont pas autorisées à acheter ou vendre entre elles) des flux électriques et des transactions financières entre les bâtiments qu'elles occupent. L'expérimentation portait notamment sur le couplage de panneaux photovoltaïques et de batteries de voitures électriques localisés dans des immeubles différents ; l'objectif était de lisser les pics de soutirage du réseau public et de définir les modèles d'affaires d'une mutualisation virtuelle d'équipements. Nous avons interrogé les principaux chefs de projet de ce mini-*smart grid* volontaire et virtuel.

Au total, trente-huit personnes ont été interrogées sur la base d'une grille d'entretien commune visant à être exploitable par toutes les disciplines présentes. Les entretiens ont été menés en binôme de chercheurs de disciplines différentes, des permutations entre eux permettaient d'harmoniser le déroulement des entretiens. Les transcriptions d'entretiens ont été mises à disposition des chercheurs après un codage visant à faciliter les extractions grâce à un logiciel d'analyse de texte (N^oVivo). Le codage des entretiens a été réalisé par un chercheur spécialement recruté⁹ qui a aussi élaboré la grille de codage par consensus entre les chercheurs utilisant les entretiens (Debizet, Doré *et al.*, 2013).

Plusieurs analyses mono ou bi-disciplinaires ont ensuite été menées séparément sur la mise au point et la généralisation de NSE innovants (Debizet et Tabourdeau, 2013), la gouvernance des projets urbains (La Branche, 2013), la performance énergétique des bâtiments (Labussière, 2013) et la dynamique des modèles d'affaires (Gauthier et Blanco, 2013). Certaines ont déjà fait l'objet d'articles dans des revues (La Branche, 2015a ; La Branche, 2015b ; Labussière, 2015 ; Gauthier et Gilomen, 2016, à paraître) ou présentée à des conférences internationales (Debizet *et al.*, 2015). Rédigés par des trios de chercheurs de disciplines différentes, les chapitres II et IV de cet ouvrage synthétisent ces résultats dans l'objectif d'éclairer les scénarios.

Parallèlement à ces résultats de l'enquête sur les écoquartiers, deux autres « briques de connaissances » centrées sur les technologies ont été produites : l'une concerne les combinaisons de technologies de production renouvelable et de stockage (Schneuwly, 2013) selon un canevas élaboré par l'équipe Nexus, l'autre

9 Chercheur contractuel à PACTE à l'époque, Antoine Doré est maintenant chargé de recherche à l'Institut national recherche agronomique (INRA) Toulouse.



porte sur les schémas de production de chaleur en milieu urbain (Menanteau 2013). Leurs deux auteurs ont rédigé ensuite le chapitre 3 du présent ouvrage consacré à l'approvisionnement énergétique de quartiers.

■ La construction interdisciplinaire des scénarios

La dernière phase de la recherche Nexus a consisté à proposer des systèmes cohérents d'organisation de la fonction énergétique dans la ville à l'horizon 2040. Ce travail prospectif – dégagé des régulations et réglementations actuelles – a pris la forme de scénarios plausibles et emblématiques de tendances contrastées.

À partir du travail accompli au cours des phases précédentes, nous avons pu établir que le futur d'une ville (futur énergétique ou dans d'autres domaines) est fortement orienté par les acteurs au cœur du processus. Si bien entendu, la technologie a une influence certaine sur l'univers des possibles, c'est à condition qu'elle soit portée par des acteurs qui y voient une opportunité, se coordonnent, prennent des décisions, soulèvent des obstacles. En même temps, le type de technologies déployées dépend des configurations motrices d'acteurs, qu'il s'agisse du vecteur énergétique ou de l'échelle des équipements. En ce sens, nous avons émis l'hypothèse que le futur énergétique dépend des catégories d'acteurs en position de force sur les territoires : les acteurs pivots.

L'acteur pivot est défini à l'instar de S. Brullot (2009), qui s'est elle-même inspirée de R.K Mitchell *et al.* (1997). Est pivot l'acteur capable de mobiliser d'autres acteurs en fonction de son intérêt, de sa légitimité et de son pouvoir de coercition. La coercition renvoie à la capacité d'un acteur à inciter, contraindre, d'autres acteurs à obéir à une règle : l'État bien entendu, mais aussi une collectivité locale en fonction de ses prérogatives, et même une entreprise dès lors qu'elle se trouve dans une situation de pouvoir fort (par exemple sa capacité de financer ou non un projet ou par une position oligopolistique). Mais la capacité d'agir ne se limite pas à la coercition ; l'influence d'un acteur (par exemple de lobbying) résulte aussi de son intérêt et de sa légitimité. Celle-ci renvoie plutôt à la capacité d'un acteur à convaincre d'autres acteurs que ses actions, ses idées, ses objectifs sont valables, ou tout du moins méritent d'être respectés. Par exemple, susciter l'engouement permet d'enrôler d'autres acteurs dans une innovation.

Trois types d'acteurs nous ont paru susceptibles de jouer un rôle pivot dans la coordination de l'énergie en ville : des *grandes entreprises* pourvoyeuses de systèmes énergétiques urbains, les *collectivités locales* pilotes de la fabrique de la ville, des collectifs (*acteurs coopératifs*) de consommateurs reprenant en



main leur destin énergétique. À ces trois types, nous avons ajouté l'*État* car ses prescriptions peuvent être structurantes et contraignantes sans qu'il soit nécessairement actif à l'échelle du projet urbain.

Conformément aux pratiques de scénarisation prospective (ADEME, 2013), une analyse morphologique explicitant les caractéristiques singulières de chaque scénario a été menée (Debizet, Buclet *et al.*, 2013) avant de rédiger les scénarios¹⁰ en suivant les étapes suivantes :

- **Rédaction de courts récits** : s'inspirant de cas emblématiques observés, ces récits permettent de cerner qualitativement le principe fondateur et le périmètre de chaque scénario ;
- **Analyse morphologique** : une vingtaine d'items jugés décisifs pour la coordination de l'énergie proposés individuellement des chercheurs ont été regroupés en sept variables, chacune est susceptible de différencier les scénarios entre eux : voir le tableau à la fin de cette annexe.
- **Atelier PAT-miroir** (cf. encadré 1) : une quinzaine de grands témoins représentatifs des secteurs de l'énergie, de l'immobilier, de l'urbanisme et des collectivités locales¹¹ se sont réunis pendant deux jours pour exprimer leurs peurs, attraits, tentations et des préconisations suite à la présentation des courts récits de scénarios. L'atelier a permis de hiérarchiser les variables et de qualifier les interactions entre acteurs les plus déterminantes ;
- **Rédaction détaillée des scénarios** : quatre scénarios ont été rédigés et amendés en prenant en compte ses hiérarchies. Par la suite, des assemblages de nœuds socio-énergétiques caractérisant les divers scénarios ont été esquissés en croisant les résultats de l'atelier avec les connaissances accumulées précédemment ;
- **Restitution aux grands témoins** : une version provisoire des scénarios a été présentée aux grands témoins. Ils ont considéré ces scénarios relativement radicaux mais néanmoins plausibles et auto-porteurs. Leurs remarques – le plus souvent des nuances ou des précisions de compréhension – ont été prises en compte dans la rédaction finale des scénarios.

10 Nicolas Buclet a été le principal rédacteur des scénarios. La méthode a été définie, mise en œuvre et ajustée par consensus entre les chercheurs impliqués dans cette dernière phase du projet de recherche conjointement animée par Nicolas Buclet, Fabrice Forest et Gilles Debizet.

11 Ces grands témoins sont mentionnés dans les remerciements.



Encadré 1.

Méthode PAT-Miroir appliqué à l'élaboration de scénarios prospectifs de transition énergétiques en ville

La méthode PAT-Miroir a été développée pour construire un consensus au sein d'équipes interprofessionnelles (Le Cardinal *et al.*, 2001). En demandant aux participants de s'exprimer puis de quantifier les peurs, attraits et tentations vis-à-vis des partenaires, cette méthode a habituellement pour finalité d'élaborer des préconisations co-construites par tous les protagonistes d'un projet commun ou partageant un objectif commun.

Dans le projet de Nexus, la méthode PAT-Miroir a été adaptée pour recueillir les consensus et dissensus potentiels entre les acteurs impliqués dans la planification/programmation des systèmes énergétiques urbains. La notation par les participants permettait de quantifier l'intensité d'adhésion – ou de refus – de préconisations selon les catégories d'acteurs.

Quinze grands témoins occupant des fonctions stratégiques en entreprises, dans des collectivités locales, des services de l'État ou des associations ont participé à l'atelier qui s'est déroulé en juin 2014 sous la conduite de Valérie Ambroise-Renault, consultante. Ces deux journées se sont déroulées ainsi :

- *Reformulation commune de l'objectif commun (cf. chapitre 1) ;*
- *Définition commune de la liste des acteurs (en situation réelle) et regroupement en cinq catégories (collectivités, entreprises, pouvoir central, habitants/usagers, architectes-urbanistes) ;*
- *Relevé des peurs, attraits et tentations (PAT) d'un type d'acteur envers un autre compte tenu de l'objectif commun. Chaque participant est invité à énoncer plusieurs items sans débattre ; si nécessaire l'animatrice propose une formulation concise ;*
- *Notation individuelle et anonyme des PAT selon la perception de leur importance ;*
- *Classement des PAT selon les variables prédéfinies (cf. tableau 2) et les catégories de participants et présentation par des chercheurs ouvrant une discussion sur les dissensus et consensus ;*
- *Elaboration de préconisations visant à réduire les peurs, accroître les attraits et prévenir les tentations ; chaque participant est invité à demander des précisions sur des préconisations énoncées par ses prédécesseurs et à en proposer de nouvelles ;*
- *Notation individuelle et anonyme des préconisations.*

Des hypothèses dites « exogènes » communes aux quatre scénarios ont été identifiées. La plupart sont conformes aux orientations des politiques climatiques françaises et européennes et aux visions à long terme de l'Agence internationale de l'énergie : baisse de la demande d'énergie pour le chauffage et augmentation pour le rafraîchissement, augmentation du prix des énergies fossiles, augmentation substantielle de la part des énergies intermittentes dans le mix électrique et du potentiel d'autoproduction électrique et chaleur. Sur le plan institutionnel, nous supposons que l'État et les collectivités locales existeront encore et seront



en capacité de prélever des taxes pour le fonctionnement des réseaux et que le marché restera un mode essentiel – mais non exclusif – de transaction économique ; en revanche, ses régulations (par exemple celle du gaz et de l'électricité) peuvent différer de leur forme actuelle.

La dernière étape de travail a consisté à illustrer les scénarios (*cf. chapitre 1*). Sur la base d'un cahier des charges composé d'une synthèse des scénarios, de l'analyse morphologique et spécifiant les trois échelles de présentation (pays, ville et bâtiment), le graphiste a proposé des illustrations qui ont été amendées de façon itérative par les animateurs de la dernière phase de la recherche.

Tableau 1. Analyse morphologique pour des scénarios de transition énergétiques en ville

Variables	A - Grandes Entreprises	B - Collectivités locales	C - État prescripteur	D - Acteurs coopératifs
Produit, valeur, chaîne de valeur	Rentabilité Solutions high-tech hautement capitalistiques	Développement économique Cohésion sociale	Indépendance énergétique Prix bas pour compétitivité et accès social	Partage Valeurs peu monétisées
Politiques publiques et régulation	Deux types de territoires : a) gestion multi-énergie b) concession mono-énergie	Planification des ressources et des équipements en liaison avec lieux de consommation	Planification d'équipements massifs par régulation centralisée	Régulation par les normes sociales plutôt que réglementaires
Échelle des systèmes énergétiques	Le quartier (ou morceau de ville) ressource pour des échanges <i>via</i> le réseau interconnecté européen	Ramification dans hinterland en complément d'équipements urbains	Réseau national et bâtiments	(Groupes d') Immeubles visant autonomie relative par mise en réseau
Autonomie autoconsommation	Autonomie quartier limitée par la compétitivité des énergies exogènes	Autonomie à l'échelle du territoire urbain élargi (hinterland)	Autoconsommation logement/ immeuble et autonomie nationale	Autonomie à échelles multiples infra et intra-coopératives
Résilience sociotechnique	Réseaux parcellisés Fiabilité dépendante de l'entreprise gestionnaire	Technologies éprouvées Réseau national comme secours	Fiabilité électrique assurée par des capacités de réserve	Capabilité des entités plutôt que résilience technique du réseau
Inégalités et précarités énergétiques	Inégalités d'accès à l'énergie entre habitants et entre quartiers	Tarifs uniformes et mixité sociale	Tarifs uniformes Tarifs sociaux	Solidarité interne Risque de <i>gated communities</i>
Innovation et acceptabilité sociale	Gamme de services basée sur technologies <i>smart grids</i>	Accompagnement social (rénovation, maîtrise conso...)	<i>Smart grids</i> obligatoires pilotés à partir du réseau national	<i>Low-tech</i> Habitants initiateurs et acteurs



Bibliographie de l'annexe méthodologique

- AMIT R. & ZOTT C., 2001, « Value creation in e-business », *Strategic Management Journal*, vol. 22, n° 6-7, p. 493-520.
- ADEME, 2014, *Repenser les villes dans la société post-carbone*, Paris, 310 p.
- AKRICH, M., CALLON, M. & LATOUR, B., 2006, *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Paris, Presses de l'École des Mines.
- BLANCHARD, O. ET DEBIZET, G., 2015, « Écoquartier, systèmes énergétiques et gouvernance : une base de données bibliographique », *Innovatio*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=127>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- BUCLET, N. ET AL., 2015, *Four scenarios for urban energy coordination: large companies, local authorities, state intervention and cooperative actors*. In Proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES2015.0319, 1-15, Dubrovnik.
- BRULLOT S., 2009, *Élaboration d'une méthodologie sur la démarche à suivre pour lancer un projet d'Écologie industrielle*, thèse de doctorat, Université de technologie de Troyes, 4 février 2009.
- DEBIZET, G., 2015, *Approche multi-acteurs de systèmes énergétiques urbains/bâti : apports SHS*, In SIMUREX3 IBPSA France, Ajaccio. <<http://simurex.ibpsa.fr/>>.
- DEBIZET, G. ET AL., 2015, *Reconciling energy planning with urban decision-making Socio-geographic configurations and the SEN notion*, In Proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. DUB2015_0599, 1-16, Dubrovnik.
- DEBIZET, G. ET BLANCHARD, O., 2015, « Énergie en (éco)quartier », *Innovatio*, n° 2. <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=207>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- DEBIZET, G., BUCLET, N. ET GAUTHIER, C., 2013, « Conclusion », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Énergie*. Grenoble, p. 134-139, non publié.
- DEBIZET, G., DORÉ, A. ET LABRANCHE, S., 2013, « Méthodologie de construction et d'exploitation du corpus d'entretiens », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Énergie*, Grenoble, p. 28-44, non publié.
- DEBIZET, G., LABRANCHE, S. ET TABOURDEAU, A., 2013, « Terrains de recherche et assemblages de NSE ». In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Énergie*, Grenoble, p. 11-27, non publié.



- DEBIZET, G. ET TABOURDEAU, A.**, 2013, « Mise au point des NSE innovants et conditions de leur généralisation », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, p. 45-57, non publié.
- FARIAS, I. & BENDER, T.**, 2010, *Urban Assemblages: How Actor-network Theory Changes Urban Studies*, New York, Routledge.
- GAUTHIER, C. ET BLANCO, S.**, 2013, « Dynamique de modèles d'affaires : émergence de "design dominants" », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, P. 89-107, non publié.
- GAUTHIER, C., BLANCO, S. ET JULLIEN, C.**, 2015, Écoquartiers et nœuds socio-énergétiques : transformation des modèles d'affaires, *Innovatio*, n° 2. <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=117>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- GAUTHIER, C. ET GILOMEN, B.**, 2015, « Business Models for Sustainability Energy Efficiency in Urban Districts », *Organization & Environment*, <<http://oae.sagepub.com/content/early/2015/07/02/1086026615592931>> [Consulté le 10 novembre 2015].
- LA BRANCHE, S.**, 2013, « Gouvernance : mobilisation politique et coordination des acteurs. In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, p. 58-71, non publié.
- LA BRANCHE, S.**, 2015a, Gouvernance et jeux d'acteurs dans les écoquartier, *Innovatio*, n° 2. <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=138>> [Consulté le 17 janvier 2015]
- LA BRANCHE, S.**, 2015b. Innovations dans les écoquartiers : quelques leçons pour la gouvernance de la transition énergétique. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 14, n° 3. <<http://vertigo.revues.org/15683>> [Consulté le 30 mars 2015].
- LABUSSIÈRE, O.**, 2013, « La gouvernance énergétique au prisme du financement européen ». In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, P. 72-88, non publié.
- LABUSSIÈRE, O.**, 2015, « La performance énergétique des bâtiments à l'ère des politiques européennes de démonstration. Le cas du programme CONCERTO et du projet de la ZAC De Bonne (Grenoble, France) », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 14, n° 3. <<http://vertigo.revues.org/15671>> [Consulté le 30 mars 2015].
- LATOUR, B.**, 2007, *Changer de société, refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte.
- LE CARDINAL, G. ET AL.**, 2001, « Theory and methodology. Intervention methodology for complex problems: The FAcT-Mirror method », *European Journal of Operational Research*, n° 132, p. 694-702.



- LONG, X.**, 2015, « Analyse géographique des écoquartiers », *Innovatio*, n° 2. <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=115>> [Consulté le janvier 2017, 2015].
- MENANTEAU, P.**, 2013, « Trois schémas de production de chaleur? Réflexion sur les variables pour des scénarios prospectifs », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, p. 119-133, non publié.
- MENANTEAU, P. ET BLANCHARD, O.**, 2014. « Quels systèmes énergétiques pour les écoquartiers? Une première comparaison France-Europe », *Revue de l'Énergie*, n° 622, p. 463-471.
- MENANTEAU, P., PROST-BOUCLE, S. ET BLANCHARD, O.**, 2015. « L'énergie dans les écoquartiers en Europe: premiers éléments de comparaison avec la France », *Innovatio*, n° 2, <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=144>> [Consulté le 17 janvier 2015].
- 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 <<http://amr.aom.org/content/22/4/853>> [Consulté le 1^{er} septembre 2015].
- SCHNEUWLY, P.**, 2013, « Combinaisons de technologies de stockage de l'énergie en lien avec la consommation et production dans le bâtiment et la ville », In Debizet G. (dir), *Rapport intermédiaire n° 2, Projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie*, Grenoble, p. 28-44, non publié.
- SCHNEUWLY, P. ET DEBIZET, G.**, 2015. « Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers », *Innovatio*, n° 2. <<http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=1417>> [Consulté le 17 janvier, 2015].



Illustrations
Philippe Mouche et Blandine Reynard

Image de couverture
Philippe Mouche

