1. Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers

Publié en ligne le 02 février 2015 http://webdsi2.upmf-grenoble.fr/dsi/lodel/lodel-1.0.1a/innovatio/index.php?id=141

Gilles Debizet, Patrice Schneuwly (2015). "Technologies de mobilisation des énergies renouvelables et de coordination énergétique dans les écoquartiers". - *Innovatio | Numéro 2 : "Energies en (éco)quartier"*.

Auteurs :

Par Patrice Schneuwly et Gilles Debizet

◘ Résumé

Cet article présente un état de l'art des technologies mobilisant des énergies renouvelables en milieu urbanisé ou gérant l'énergie à l'échelle d'un quartier ou d'un îlot. Outre un panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers européens, il présente les systèmes techniques susceptibles d'être assemblés pour former les chaînes énergétiques qui distribuent l'énergie dans les espaces urbanisés. Chaque système technique fait l'objet d'une fiche détaillée conçue pour être compréhensible par des non-technologues portant sur le principe de fonctionnement, les performances technico-économiques et les conditions d'intégration dans les chaines énergétiques.

Mots-clés : Technologie énergétique, écoquartier

◘ Sommaire

Haut de page

1. Introduction
2. 1. Panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers
3. 1.1. Méthodologie
4. 1.2. Principaux enseignements du panorama
5. 2. Systèmes techniques utilisables à l'échelle du quartier ou de l'ilot
6. 2.1. Stockage d'énergie
7. 2.1.1. Stockage thermique simple dans/par le bâtiment ou le sol
8. 2.1.2. Stockages thermique par changement de phase et thermochimique
9. 2.1.3. Accumulateurs pour le stockage d'électricité
10. 2.2. Mobilisation d'énergies renouvelables situées
11. 2.2.1. Centrales photovoltaïques
12. 2.2.2. Capteurs solaires thermiques
13. 2.2.3. Pompe à chaleur notamment aqua- ou géothermique
14. 2.2.4. Récupération de chaleur des eaux usées
15. 2.2.5. Chaufferie biomasse
16. 2.2.6. Cogénération de chaleur et d'électricité
17. 2.3. Distribution et gestion de l'énergie
18. 2.3.1. Réseaux de chaleur
19. 2.3.2. Gestion des réseaux électriques et/ou de la chaleur ou Smart Grid
20. 2.3.3. Système de production thermique en cascade ou optimisation énergétique
21. 2.4. Méthodologie de sélection des systèmes techniques et d'élaboration des fiches de systèmes techniques
22. 2.4.1. Sélection des systèmes techniques faisant l'objet de fiche
23. 2.4.2. Définition du cahier des charges des fiches
24. 2.4.3. Rédaction des fiches

25. Conclusion
26. A télécharger

Introduction

1Les chaines énergétique irriguant les espaces bâtis sont constituées de systèmes techniques connectés qui ensemble permettent d'activer des ressources énergétiques locales en les mettant au service des occupants des bâtiments pour leur confort ou des usages spécifiques. Cela suppose de convertir, transporter et distribuer l'énergie. Les écoquartiers ont été des terrains de déploiement à l'échelle de l'ilot ou du quartier de technologies peu émissives de carbone. Des systèmes techniques ont ainsi été mis au point dans des conditions inédites : les technologies peuvent être anciennes et déjà bien maîtrisées à d'autres échelles, mais leur conception à l'échelle du quartier ou de l'ilot et leur intégration dans des chaines énergétiques a nécessité et continue de nécessiter des ajustements nouveaux pour les acteurs de ces écoquartiers.

2Dans le cadre du projet de recherche Ecoquartier Nexus Energie1, il s'agissait de repérer les systèmes techniques mis en œuvre dans des écoquartiers récents qui soient susceptibles d'être déployés ailleurs. Réalisables par un même maître d'ouvrage, ils constituent des noeuds socio-énergétiques (NSE) susceptibles d'être assemblés dans des configurations variées2. Il importait d'identifier les technologies afférentes et de traduire les connaissances technologiques pour les rendre accessible à des chercheurs en sciences humaines et sociales et plus généralement à des acteurs non technologues de la ville : faire comprendre le principe de fonctionnement, les déterminants et les performances technico-économiques et les conditions d'assemblage dans les chaines énergétiques ainsi que les perspectives d'utilisation pour gérer les intermittences de la production d'énergie renouvelable.

3Cet article présente donc deux volets des résultats de recherche : d'une part, un panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers européens, d'autre part, les systèmes techniques susceptibles d'être mis en œuvre à l'échelle du quartier (et de l'ilot), chacun fait l'objet d'une synthèse focalisée sur les conditions d'intégration à l'échelle de l'ilot ou du quartier et d'une fiche détaillée située en annexe. La méthode de sélection de ces systèmes techniques est décrite, l'élaboration des rubriques des fiches -qui résulte d'un travail interdisciplinaire- est aussi explicitée.

1. Panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers

4L'énergie est un des principaux thèmes traités dans les écoquartiers en Europe. Si de nombreux documents des littératures grise et scientifique présentent les écoquartiers et parfois certains des systèmes techniques mobilisés, il n'existait pas de panorama présentant les technologies utilisées dans les écoquartiers.

5Le document "Panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers européens" situé en annexe recense les technologies utilisés3 dans les quatorze écoquartiers européens les plus renseignés et les plus complets en matière de technologies mobilisant les ressources disponibles sur place. Il résulte d'une vaste recherche documentaire et d'un travail de caractérisation centré sur les technologies. Il apporte aussi des premiers enseignements sur la mobilisation des énergies renouvelables et la gestion de leurs intermittences.

2. 1.1. Méthodologie

6La première phase a consisté à dresser un panorama des technologies utilisables aux échelles du quartier et de l'îlot. Pour ce faire, une recherche documentaire a été menée afin d'identifier les technologies utilisées dans les écoquartiers européens et de les regrouper selon des typologies génériques, c'est à dire, communes à de nombreux écoquartiers et, plus largement, à des espaces construits.

7Concrètement, les tâches suivantes ont été réalisées par la Cellule d'Intelligence Scientifique et Economique du CEA sous le pilotage du Laboratoire d'Energétique du Bâtiment (LEB) du CEA à l'INES.

- Recherche d'informations sur internet à base de mots-clés : écoquartier, éco quartier, smart city, smart cities...
- Constitution d'un corpus de pages web et de documents au format pdf issus d'une quarantaine d'écoquartiers
- Répartition de l'information par écoquartier selon un premier niveau de segmentation par « domaine » : Bâtiments – Production / Stockage d'Energies – Eaux / Déchets – Réseaux de transport,
- Création d'un second niveau de segmentation – représentant différentes applications par type d'objet technique (Façades, toitures, chauffage, récupération des eaux de pluie…) selon une typologie préétablie par le LEB et ajustée aux informations moissonnées
- Sélection d'écoquartiers (14 au total4) ambitieux en terme de mobilisation des énergies renouvelables et bien renseignés en terme de dispositifs techniques
- Analyse du corpus afin d'identifier les technologies utilisées par type d'objet technique et par écoquartier

3. 1.2. Principaux enseignements du panorama

8Le panorama des technologies mobilisées dans des écoquartiers en Europe apporte d'ores et déjà quelques premiers enseignements :

- Le vecteur chaleur est celui qui fait le plus fréquemment l'objet d'une conception à l'échelle du quartier. La chaleur issue de ressources renouvelables (solaire thermique, biomasse, aquifère) est généralement couplée à un réseau de chaleur et consommée sur place dans le quartier.
- Lorsqu'elle est récupérée, l'énergie d'origine anthropique l'est via le vecteur chaleur.
- Lorsqu'il est stocké, l'excédent de chaleur -renouvelable ou récupérée- est stocké directement sous forme de chaleur et sans changement de phase par le bâtiment, par le sol ou par des réservoirs.
- L'énergie renouvelable sous forme d'électricité (photovoltaïque et parfois éolien) est généralement injectée dans le réseau électrique public grâce à un tarif d'achat réglementé attractif. La part de son utilisation sur place (dans le quartier) est rarement précisée.
- Il y a peu d'exemple de stockage d'électricité dans les écoquartiers existants. Rappelons que le stockage de l'électricité nécessite dans tous les cas une transformation transitoire (mécanique ou chimique).
- La gestion intelligente de l'énergie concerne en premier lieu l'électricité (le Smart Grid) et parfois la chaleur (mixité des énergies, distribution et stockage)

2. Systèmes techniques utilisables à l'échelle du quartier ou de l'ilot

9Le panorama des technologies utilisées dans des écoquartiers (cf. supra) a permis d'identifier des systèmes techniques. Nous définissons un système technique comme un ensemble d'objets physiques basé sur une technologie-type et assurant usuellement les mêmes fonctions : mobilisation de ressources renouvelables, distribution et/ou stockage. Une conception de l'énergie conduite à l'échelle du quartier combine en général des systèmes techniques remplissant les deux premières fonctions. La prise en compte aux échelles infra-urbaines de la gestion des intermittences (des énergies renouvelables) conduit à intégrer en plus des systèmes de stockage de l'énergie.

10Nous avons sélectionné une douzaine de systèmes techniques génériques, c'est à dire susceptibles d'être déployées dans de nombreuses configurations urbaines et dont les combinaisons puissent couvrir une large gamme d'assemblages énergétiques à l'échelle du quartier ou de l'îlot observés dans les écoquartiers européens.

11Ont été exclues de cette liste des systèmes techniques peu appropriées aux espaces urbanisés : les stations de transfert d'énergie par pompage (pour le stockage) accaparent une surface incompatible avec la rareté et le prix du foncier, les éoliennes engendrent des nuisances sonores peu compatibles avec les zones d'habitat dense. Produit à partir de déchets ménagers urbains, le biogaz est injecté dans le réseau de gaz de ville ou utilisé pour le réseau de chaleur urbain à l'échelle métropolitaine et non à des échelles infra-urbaines5.

12Même si elles n'ont pas été utilisées dans des écoquartiers, deux technologies en cours d'expérimentation ou faisant l'objet de développements rapides sont aussi présentées : les capteurs solaires thermiques, le stockage thermique par changement de phase et le stockage thermochimiques. Les rubriques de ces fiches sont plus succinctes. La mention "en développement" est apposée à côté du sous-titre.

13En revanche, ne sont pas présentées ici les technologies non matures présentant des incertitudes fortes en terme de modalités d'utilisation. Le stockage par hydrogène induit des risques techniques qui conduiront probablement à réglementer les conditions d'utilisation dans les espaces habités ; par conséquent, les coûts de cette technologie comme son usage massif dans les bâtiments et la ville s'avèrent encore très incertains. Il en est de même pour le stockage pneumatique (air comprimé).

14Les systèmes techniques sont présentés selon leur fonction principale, successivement : stockage d'énergie, mobilisation d'énergie renouvelables, distribution et gestion. La méthodologie de sélection des systèmes techniques et d'élaboration des fiches est explicitée à la suite.

4. 2.1. Stockage d'énergie

2.1.1. Stockage thermique simple dans/par le bâtiment ou le sol

15Fiche à télécharger

16L'inertie thermique du bâtiment permet d'écrêter le besoin de chauffage. Elle peut être assurée de façon passive par les murs et les planchers lourds situés à l'intérieur de l'enveloppe thermique (Bedzed-Sutton, de Bonne- Grenoble) ou, de façon active, par des réservoirs d'eau (Kronsberg-Hanovre).

17Le stockage passif couvre les variations journalières. Son efficacité peut être amplifiée par des apports solaires directs (baies vitrées, serre ...) relevant d'une conception bioclimatique du bâtiment ainsi que par des matériaux à changement de phase (en phase d'expérimentation). Il peut être développé dans tous les types de bâtiments mais s'avère surtout intéressant pour des bâtiments utilisés de façon permanente (habitat plutôt que bureaux ou commerces).

18Couplé à des panneaux solaires thermiques, le stockage actif permet de couvrir les intermittences de production (absence d'ensoleillement plusieurs jours consécutifs) comme c'est déjà le cas pour l'eau chaude sanitaire et parfois le chauffage : dans les cas les plus fréquents, une production de chaleur d'appoint est prévue. Plusieurs expérimentations de stockage saisonnier (accumuler les calories en période estivales qui seront utilisées pour le chauffage hivernal) sont menées en Allemagne : le coût d'investissement est très élevé et la rentabilité n'est pas assurée.

2.1.2. Stockages thermique par changement de phase et thermochimique

19Fiche à télécharger

20Le changement de phase permet une plus forte capacité de stockage que la chaleur sensible (c'est à dire sans changement de phase) mais il ne fonctionne que sur une plage de température étroite, il est donc généralement combiné à une pompe à chaleur. Il est actuellement expérimenté sur les murs et cloisons de bâtiment pour tempérer les pièces et pour stocker un excédent d'électricité sous forme de froid (anticipation de besoin de climatisation).

21Le stockage thermochimique s'appuie sur des réactions chimiques réversibles endo et exo-thermiques. Il peut être utilisé pour le chauffage et pourrait être intéressant économiquement pour l'inter-saisonnier car il n'induit pas de déperditions thermiques dans la durée (mais seulement lors de la conversion thermochimique). Les recherches actuelles portent sur les types de sels dans l'objectif de réduire le volume requis et, par conséquent, la surface de plancher supplémentaire à construire pour les héberger.

2.1.3. Accumulateurs pour le stockage d’électricité

22Fiche à télécharger

23Accumulateur électrique (communément appelés "batterie électrique") :

24Cette technologie est rarement mentionnée dans la littérature sur les écoquartiers. On peut supposer qu'elle n'est pas discutée à l'échelle de l'écoquartier : soit elle n'est pas utilisée, soit elle est mise en œuvre par un seul acteur, plus précisément, l'opérateur de réseau électrique. Le coût élevé d'une batterie (eu égard à sa durée de vie) expliquerait sa non-utilisation. Les contraintes d'utilisation pour maintenir la durée de vie d'une batterie requièrent une gestion intelligente du réseau électrique en fonction de l'offre et de la demande.

25La variété des performances selon le support chimique utilisé, leur variation selon l'utilisation et les évolutions technologiques rendent peu imaginable à court terme leur intégration dans les réseaux électriques privatifs ou collectifs (les groupes électrogènes autonomes sont généralement préférés dans les cas impératif de fiabilité). Ceci pourrait cependant évoluer si l'usage de groupes électrogènes est restreint (ce qui est déjà le cas pour les stands provisoires sur la voie publique dans certaines villes) ou bien si les prix de rachat et de vente d'électricité varient selon le moment (saison, jour, heure).

5. 2.2. Mobilisation d'énergies renouvelables situées

2.2.1. Centrales photovoltaïques

26Fiche à télécharger

27A l'heure actuelle en France, l'énergie électrique issue de panneaux photovoltaïques est transformée en courant électrique par un onduleur afin d'être injectée dans le réseau électrique public. D'autres voies sont envisageables à moyen terme : l'auto-consommation, le stockage dans des batteries ou par d'autres moyens. Des réseaux locaux quasi-autonomes sont installés dans des zones reculées. La plupart des acteurs de la ville sont en mesure de faire installer et de gérer (ou faire gérer) des mini-centrales solaires. Pour le moment, la rentabilité dépend du prix de rachat de l'électricité.

2.2.2. Capteurs solaires thermiques

28Fiche à télécharger

29Il existe trois familles de capteurs solaires thermiques. Le capteur sans vitrage offre des niveaux de température peu élevés, il est utilisé pour le chauffage des piscines et le préchauffage de l'eau chaude sanitaire essentiellement en Amérique du nord. Le capteur plan chauffe de l'eau à des températures suffisamment élevées pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage des locaux et certains process industriels et dans certains cas pour la climatisation, il est prédominant en Europe. Le capteur à tubes sous vide produit la température de fluide la plus élevée adaptée à de nombreux process industriels et à la climatisation, il domine le marché chinois d'où il est exporté vers l'Europe.

30L'utilisation de l'énergie thermique issue du capteur solaire dépend donc de sa température de sortie. Sans négliger les spécificités et les sentiers de dépendance continentaux, ces trois familles correspondent à trois générations successives de capteurs solaires : l'usage du capteur solaire étant pour le moment bien plus massif pour les piscines et l'ECS que pour le chauffage des bâtiments et, a fortiori, pour la climatisation et les process industriels.

31Utilisés dans les écoquartiers européens observés, les capteurs plans peuvent être connectés à des circuits pour le chauffage des locaux et de l'eau chaude sanitaire de différentes échelles : logement, bâtiment et au-delà. Ces circuits sont aussi composés de ballons tampons et de chaudières d'appoint.

2.2.3. Pompe à chaleur notamment aqua- ou géothermique

32Fiche à télécharger

33La pompe à chaleur (PAC) est utilisée de façon courante de la maison individuelle à l'ilot (éventuellement un quartier). Pour être performante, elle doit être couplée à la géothermie (utilisation du sous-sol et/ ou de l'eau de surface comme source chaude) et non sur l'air extérieur. Les prélèvements de chaleur dans le sol sont limités pour des raisons écologiques mais dans des proportions encore très incertaines compte tenu de l'ampleur et de la nouveauté de la demande.

34La performance est plus élevée lorsque le bâtiment est chauffé par des émetteurs basse température (plancher chauffant, caisson de ventilation). Ces émetteurs et la PAC peuvent aussi être utilisés pour rafraichir le bâtiment. Dans le cas d'émetteur de chaleur basse température, le stockage aval est de fait assuré par l'inertie de la dalle ou du mur chauffant (cf. stockage thermique par le bâtiment et les sol). La fonction de stockage est assurée en amont par la source chaude (sous-sol ou bassin d'eau) dont la température est relativement stable toute l'année.

35Le coût d'investissement élevé conduit généralement à dimensionner la PAC et le système de prélèvement géothermique pour des besoins moyens en termes de chauffage. Le complément de pointe est assuré par un autre mode de production de chaleur. Inversement à l'intersaison (en particulier dans le cas d'émetteurs basse température), la pompe à chaleur n'est pas utilisée si le bâtiment dispose de panneaux solaires thermiques suffisants.

36Contrairement aux pompes à chaleur aérothermique (PAC achetable directement en magasin), la PAC géothermique ne peut être installée et gérée à l'échelle du logement dans l'habitat collectif : la PAC géothermique relève donc de l'opérateur du réseau de chaleur ou du gestionnaire de l'immeuble et, par conséquent, du maitre d'ouvrage en phase conception.

2.2.4. Récupération de chaleur des eaux usées

37Fiche à télécharger

38Issus des points d'eau et des appareils de lavage, les eaux usées ont une température plus élevée que l'eau froide. Cette chaleur peut être récupérée au sein même du logement (à la sortie des appareils de lavage ou de la douche), en pied d'immeuble ou sur les collecteurs horizontaux du réseau public. Elle peut-être utilisée pour préchauffer l'eau sanitaire ou comme source chaude de pompe à chaleur.

39Quelques sociétés commercialisent des appareils pour les logements. Des expérimentations sont en cours pour récupérer la chaleur des égouts publics et l'intégrer dans le réseau de chaleur urbain (Nanterre, Allemagne, Autriche). Des dispositifs similaires sont mis en œuvre pour récupérer la chaleur des eaux de laverie au profit d'immeubles résidentiels voisins.

40La hausse du prix de l'énergie et le renforcement de la réglementation thermique pourraient rendre cette technique attractive. Reste à savoir quelles seront réellement les échelles de sa mise en œuvre.

2.2.5. Chaufferie biomasse

41Fiche à télécharger

42La production de chaleur par combustion de biomasse est utilisée de façon courante à toutes les échelles : du logement (poêle domestique) au morceau de ville en passant par l'(éco)quartier : Stockholm, Fribourg, Bordeaux, Chalon-sur-Saône, Lyon, Nancy. La combustion directe de matière (paille, copeaux, granulé, plaquette, bûches, huiles ...) est la plus courante. Bien qu'encouragée par les pouvoirs publics (Stockholm), la méthanisation reste encore peu développée. En France une centaine de réseaux de chaleur sont alimentés partiellement en biomasse, et pour moitié dans des communes de moins de 5000 habitants.

43Le coût de fonctionnement d'une chaufferie biomasse varie sensiblement selon la filière d'approvisionnement. Comparativement à l'Autriche, ces filières ne sont pas stabilisées en France. La possibilité de stocker et de déclencher la combustion en fonction des besoins apparaît l'un des principaux avantages de la biomasse. Cependant, un rendement énergétique élevé et un faible rejet de polluants dans l'atmosphère exigent un fonctionnement des chaudières à leur puissance nominale. Cela requiert donc des centrales composées de plusieurs chaudières se mettant en marche en fonction de la demande. L'inertie thermique intérieure au bâtiment

(parce qu'elle lisse la demande) et les bâtiments résidentiels (parce que la demande est permanente) sont les configurations les plus favorables. Inversement, la chaufferie biomasse est peu adaptée aux immeubles utilisés de façon intermittente tels que les bureaux ou les commerces.

2.2.6. Cogénération de chaleur et d'électricité

44Fiche à télécharger

45La cogénération a été mise en œuvre dans plusieurs écoquartiers de l'échelle du logement à celle du quartier (Hanovre, Fribourg) en passant par le bâtiment (Copenhague) et l'ilot (Grenoble). Elle permet de maximiser le rendement énergétique de production électrique (rappelons que la majorité de l'énergie combustible utilisée dans les centrales thermiques est dissipée sous forme de chaleur dans le milieu naturel : rivière et air). L'énergie électrique produite par la cogénération est subtilisée directement ou réinjectée dans le réseau électrique. La chaleur dégagée est utilisée au plus près des besoins par l'intermédiaire d'échangeurs thermiques ajustant la température du circuit secondaire requise de chauffage des bâtiments et celle de l'eau chaude sanitaire.

46Tous les types de combustibles peuvent être utilisés : biomasse, gaz, fuel. En aval de la chaudière, des ballons d'eau tampons permettent d'absorber les variations journalières - voire hebdomadaires - de production et de consommation. En amont, le combustible peut être stocké. En association avec différentes formes de stockage, la cogénération offre des possibilités variées de gestion des intermittences. Elle peut être mise en œuvre à toutes les échelles : logement, immeuble et îlot ainsi que quartier et ville via le réseau de chaleur.

6. 2.3. Distribution et gestion de l'énergie

2.3.1. Réseaux de chaleur

47Fiche à télécharger

48Un réseau de chaleur peut être créé par une collectivité sur le domaine public pour livrer de la chaleur sous forme d'eau surchauffée à des usagers. Ce réseau comprend généralement des chaufferies brulant des combustibles (biomasse éventuellement). Les bailleurs sociaux et les grandes copropriétés développent aussi des réseaux de chaleur non-publics- intégrant une chaufferie.

49Le réseau distribue la chaleur via un fluide caloporteur (généralement de l'eau à haute température et sous pression) jusqu'aux sous-stations : situées en pied d'immeuble, elles alimentent généralement deux circuits secondaires internes à l'immeuble : l'un pour le chauffage des logements via des radiateurs à eau ou plus rarement des caissons de ventilation, l'autre pour l'eau chaude sanitaire. Certains réseaux de chaleur sont utilisés en période estivale pour le rafraichissement via un réseau spécifique d'eau glacée cheminant dans les mêmes caniveaux.

50Quelques entreprises spécialisées exploitent l'essentiel des réseaux publics en tant que délégataire de service public et, une bonne partie des réseaux privés en tant que prestataire de service.

51Un nombre croissant d'écoquartiers urbains comprend un réseau de chaleur. Il permet de dissocier la distribution de l'énergie du mode de production de la chaleur (combustible fossile, biomasse, PAC géothermique, solaire thermique, cogénération...). La mise en place et l'extension du réseau exigent une autorité publique relativement forte, capable d'imposer l'utilisation du réseau de chaleur et/ou d'assumer les coûts de réalisation sur le très long terme. Il lui revient de fixer la frontière organisationnelle du réseau public : le consommateur final (ménage ou entreprise) ou le gestionnaire du bâtiment ou de l'ilot.

2.3.2. Gestion des réseaux électriques et/ou de la chaleur ou Smart Grid

52Fiche à télécharger

53Centré sur le réseau électrique, le smart grid est généralement associé au réseau public de distribution. Il s'agit essentiellement d'affiner le fonctionnement du réseau pour tenir compte des intermittences et de la dispersion de

la production d'énergie renouvelable et du stockage de l'énergie. Au niveau du logement, apparaissent des "energy box"; elles sont susceptibles d'ajuster le fonctionnement des équipements domestiques en fonction d'informations données par le réseau public. Les "energy box" pourraient devenir l'un des principaux outils de Maîtrise de la Demande d'Electricité (MDE). Entre les deux, émerge la fonction d'agrégation : médiateurs entre la consommation et la production, les agrégateurs gèrent une partie des installations du réseau et exercent une relative maîtrise sur le stockage de l'énergie ou sur la demande.

54Aujourd'hui, la fonction d'agrégateur est assurée principalement par l'opérateur du réseau électrique public. Pour aller plus loin dans la maitrise de la demande ou le stockage local de l'énergie, des expérimentations novatrices sont menées à l'échelle de quartier à Seaport-Stockholm et à Lyon-Confluence (utilisation locale maximisée de l'électricité solaire, interface informative pour le consommateur, intégration des batteries des automobiles...) grâce à des partenariats élargis.

55D'autres acteurs pourraient jouer un rôle d'agrégateur demain avec la croissance de la part de l'abonnement (la puissance garantie) dans la facture électrique et une modulation temporelle des tarifs de l'électricité. Le principe d'affiner le fonctionnement du réseau par la maitrise de la demande et l'utilisation de stockages situés pourrait aussi s'appliquer au réseau de chaleur (voire aussi "système de cascade" et au réseau de gaz, voire à une combinaison de ces réseaux. En plus d'interactions entre le distributeur et les consommateurs/producteurs pour chaque vecteur énergétique, un smart grid multi-énergie suppose une coordination en temps réel entre les gestionnaires de ces réseaux.

2.3.3. Système de production thermique en cascade ou optimisation énergétique

56Fiche à télécharger

57Les chaudières fonctionnent au maximum de leur rendement dans des conditions bien particulières. Ces conditions adviennent rarement lorsqu'une chaudière est affectée à un seul usager pour un seul type d'usage. Le principe du système en cascade consiste à placer les chaudières dans une chaine où elles fonctionnent chacune au rendement le plus élevé. Cela suppose un réseau de chaleur. Ce réseau peut aussi intégrer des énergies renouvelables intermittentes, il fonctionnerait comme un smart grid de la chaleur à son échelle.

58Les acteurs parties prenantes sont les mêmes que ceux des réseaux de chaleur.

2.4. Méthodologie de sélection des systèmes techniques et d'élaboration des fiches de systèmes techniques

59Trois phases ont précédées la rédaction des synthèses ci-dessus : la définition du cahier des charges, la sélection des systèmes techniques et la rédaction des fiches détaillées. L'ensemble de la démarche a été menée par le CEA à l'INES (Patrice Schneuwly) en concertation avec les chercheurs du consortium du projet NEXUS notamment. Les synthèses ci-dessus ont été co-rédigées avec le responsable scientifique du projet NEXUS.

2.4.1. Sélection des systèmes techniques faisant l'objet de fiche

60L'objectif était d'identifier les systèmes techniques génériques, c'est à dire qui puissent être déployés dans une variété de configurations de projet urbain et qui, ensemble, offrent une multitude de combinaisons susceptibles de couvrir une large gamme d'assemblages énergétiques à l'échelle du quartier ou de l'îlot. Le panorama recensait des dispositifs techniques liés à la mobilisation -sur place dans l'écoquartier- des énergies renouvelables et à la gestion temporelle de l'énergie6. Tous ces dispositifs concourent aux chaînes de distribution d'énergie : celle de l'électricité ou celles produisant de la chaleur.

61Des discussions ont eu lieu avec les autres chercheurs du consortium sur les périmètres des systèmes techniques, autrement dit sur la maille de décomposition des chaînes énergétiques. Ces discussions renvoyaient entre autres à une question centrale du projet NEXUS : la gestion des intermittences sera-t-elle une activité (un

business) autonome ou bien sera-t-elle indissociable d'une autre fonction des chaines énergétiques ? Et dans le deuxième cas, laquelle : la production, la consommation, la distribution ?

62Finalement, il a été convenu de ne pas trancher et de définir les périmètres des systèmes techniques selon deux critères : prise en compte des découpages opérés par les milieux professionnels concernés (électriciens, thermiciens, services urbains...) et sélection -sans crainte de recoupement- des principaux dispositifs spécifiques de stockage d'énergie et de gestion des réseaux. L'objectif étant d'apporter les connaissances permettant de dissocier le stockage d'énergie des ensembles usuellement intégrés. Sur cette base, une première liste de systèmes techniques a été proposée par le CEA.

63Des systèmes techniques non utilisés (ou non renseignés) dans les écoquartiers du panorama ont été ajoutés à la liste : l'accumulateur pour le stockage d'électricité car il fait l'objet d'un financement massif de R&D, et la récupération de chaleur des eaux usées car elle était déployée sur un des terrains d'enquête. Inversement des systèmes techniques non matures n'ont pas été retenus : stockage d'électricité par pile à combustible et production thermique par absorption ou adsorption (cf. supra).

2.4.2. Définition du cahier des charges des fiches

64Il s'agissait de qualifier la nature des informations intéressant les acteurs concernés par le déploiement du système technique dans un projet de quartier ou d'ilot. Outre le principe de fonctionnement, l'attention est mise sur les échelles (bâtiment, îlot/quartier, ville) et tous les aspects des interfaces que le système technique peut avoir avec le reste de la chaîne énergétique (y compris les usages de l'énergie) et avec les lieux d'implantation (bâtiments, espaces publics...). Une première trame a été proposée par le CEA suite à un tour de table des chercheurs du consortium. Après un deuxième tour de table, une fiche-type a été testée pour un système technique. Des rubriques ont été retirées du fait de la difficulté à recueillir des données ou regroupées pour permettre une rédaction mettant en évidence les cohérences entre les dimensions technologiques et fonctionnelles. Les rubriques de la première fiche ayant été validées par le comité de pilotage du consortium, la rédaction systématique des autres fiches a été menée sur la base de cette fiche-type.

2.4.3. Rédaction des fiches

65L'établissement des fiches de technologies énergétiques a mobilisé un corpus composé d'ouvrages de référence (voir bibliographie) et des documents moissonnés sur les écoquartiers (cf. supra) et l'appui d'experts des différents laboratoires du CEA. De nombreux échanges ont eu lieu avec ces experts pour rédiger et valider les fiches. Suite à des remarques de chercheurs partenaires, les fiches ont été reprises et indicées. La récolte des données a amené à faire évoluer le contenu de certaines rubriques ou redéfinir/ajuster le périmètre de quelques fiches. Quelques rubriques, notamment relatives à des caractéristiques qualitatives, sont restées peu renseignées car les retours d'expérience étaient eux-mêmes peu précis à leur sujet.

66Un glossaire énergétique a été produit pour faciliter la compréhension des fiches de systèmes techniques.

Conclusion

67Cet article et les documents présentés en annexe visent à apporter des informations à des non-technologues impliqués dans la fabrique des chaînes énergétiques des écoquartiers, et, plus largement, des espaces construits. L'accent a été mis sur les conditions d'utilisation et les input/output des systèmes techniques.

68Il s'agit en fait d'un travail de traduction. D'une part, au sein d'un centre de recherche technologique, il a fallu recueillir et harmoniser les informations apportées par des technologues et des experts scientifiques. D'autre part, les interactions avec les chercheurs en sciences sociales ont conduit à questionner certaines catégorisations usuelles des technologues et à organiser les informations pour les mettre en relation avec les différents enjeux de la coordination de l'énergie en milieu urbain. Ce n'était pas seulement une question de vocabulaire ; le glossaire est bien nécessaire mais est loin d'être suffisant.

69Le panorama des technologies des écoquartiers européens apporte déjà des résultats importants sur la gestion temporelle de l'énergie. Le solaire, la géothermie, la biomasse et, dans une moindre mesure, les énergies fatales

et l'éolien constituent les ressources énergétiques situées sur place qui ont été mobilisées. Les quatre premières produisent de la chaleur qui est généralement consommée ou bien stockée dans des réservoirs, le sol ou les bâtiments pour être consommée ultérieurement sur place, c'est à dire dans le bâtiment ou à proximité via le réseau de chaleur micro-local ou local. L'électricité solaire ou éolienne produite est injectée dans le réseau public sans que soient annoncés les espaces où elle est consommée. Le stockage d'électricité (qui nécessite une conversion dans les deux sens) est rarement effectué - du moins évoqué- dans l'écoquartier.

70Les systèmes techniques présentés ici sont utilisables à différentes échelles : logement, bâtiment, îlot, quartier et ville. Certains sont en cours de développement technologique. Les autres reposent sur des technologies ayant déjà été déployées à l'échelle du bâtiment ou en dehors de la ville : la nouveauté observée tient au changement d'échelle. Au-delà de l'amélioration de leur performance technico-économique, l'utilisation de ces systèmes techniques pour une gestion locale de l'intermittence des énergies renouvelables dépendra de leur aptitude à être combinés par les concepteurs et les décideurs des chaînes énergétiques des espaces urbanisés.

Bibliographie

71ADEME (2012), Le savoir-faire français dans le domaine des énergies renouvelables, Février 2012, 39 p. - (Réf. 7568 www.ademe.fr/Médiathèque/publicationsADEME)

72ADEME (2012), Fiches bonnes pratiques énergétiques en entreprise, Novembre 2011, 106 p. - (Réf. 7270 www.ademe.fr/Médiathèque/publicationsADEME)

73ADEME (2011), Synthèse. Feuille de route sur l'électricité photovoltaïque. Février 2011, 459 p. - (Réf. 6913 www.ademe.fr/Médiathèque/publicationsADEME)

74Association du CRITT de Savoie, Agence Economique de la Savoie et des experts / chercheurs de l'INES, l'Institut National de l'Energie Solaire, (2010), Cartographie de la filière solaire Version 1, 106 pages (www.critt-savoie.fr)

75BRGM, ES-GEOTHERMIE (2010), Schéma Régional des Énergies Renouvelables (SRER), Etat des lieux de la filière « GEOTHERMIE » en ALSACE. sous l'égide de la DREAL-ALSACE, 39 pages

76MARQUET. A., (1999) Stockage d'électricité dans les systèmes électriques © Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique D 4 030, 29 pages

Notes

Haut de page

1 Cet article mobilise des résultats du projet de recherche « Ecoquartier NEXUS Energie », cofinancé par l'ADEME et mené par le laboratoire PACTE UMR5194 (coordonnateur Gilles Debizet), la Structure Fédérative de Recherche INNOVACS, EDDEN, l'INES (CEA) et Grenoble Ecole de Management. http://www.nexus-energy.fr/

2 Pour la définition des écoquartiers et des noeuds socio-énergétiques (NSE) voir l'article "Revue de la biblographie moissonnée et choix des écoquartiers" de Odile Blanchard, Gilles Debizet et Stéphane Labranche.

3 Il est à noter que certaines technologies envisagées n'ont finalement pas été installées ou mise en fonctionnement.

4 Les écoquartiers : BedZed à Londres, Riesfield à Fribourg-en-Brissgau ;Hambourg à Hambourg Kronsberg à Hanovre ; Schamhauser Park à Ostfildern ; Malmö Bo01 à Malmö ; Hammarby Sjöstad à Stockholm ; ZAC Wagner à Mulhouse ; ZAC de Bonne à Grenoble ; Vaxjo à Copenhague ; Vesterbro à Helsinki ; Lanxmeer à Culemborg, GWL à Amsterdam et Gland à Gland.

5 Les tentatives de production de biogaz à l'échelle du quartier (Bedzed au Royaume-Uni et Culemborg au Pays-Bas) ont échoué faute de viabilité économique et d'intérêt pour les opérateurs maîtrisant cette technologie.

6 Les dispositifs techniques liés à la sobriété énergétique des bâtiments (isolation thermique, triple vitrage, matériaux recyclés ...) ou strictement à la mobilité nous intéressaient peu dans le cadre du projet de recherche NEXUS.

A télécharger

Haut de page

- Panorama des technologies utilisées dans les écoquartiers européens [fichier pdf - 335k]
- Fiche détaillée technologie - Stockage thermique simple dans/par le batiment ou le sol [fichier pdf - 648k]
- Fiche détaillée technologie - Stockage thermique par changement de phase et thermochimique [fichier pdf - 461k]
- Fiche détaillée technologie - Accumulateurs pour le stockage d'électricité [fichier pdf - 1,1M]
- Fiche détaillée technologie - Centrales Photovoltaïques [fichier pdf - 589k]
- Fiche détaillée technologie - Capteurs solaires thermiques [fichier pdf - 538k]
- Fiche détaillée technologie - Pompe à chaleur notamment aqua- ou géothermique [fichier pdf - 643k]
- Fiche détaillée technologie - Récupération de chaleur des eaux usées [fichier pdf - 687k]
- Fiche détaillée technologie - Chaufferie biomasse [fichier pdf - 1002k]
- Fiche détaillée technologie - Cogénération de chaleur et d'électricité [fichier pdf - 652k]
- Fiche détaillée technologie - Réseaux de chaleur [fichier pdf - 753k]
- Fiche détaillée technologie - Gestion des réseaux électriques et/ou de la chaleur ou Smart Grid [fichier pdf - 629k]
- Fiche détaillée technologie - Système de production thermique en cascade ou optimisation énergétique [fichier pdf - 663k]
- Glossaire [fichier pdf - 325k]