

Quels systèmes énergétiques pour les écoquartiers ? Une première comparaison France-Europe

Philippe Menanteau, Odile Blanchard

Ces vingt dernières années, de nombreuses villes européennes ont construit des écoquartiers intégrant des objectifs sociaux et environnementaux dans les projets. Une analyse comparative des systèmes énergétiques de quinze écoquartiers souligne des différences notables dans l'autonomie des écoquartiers pour la production d'énergie, la contribution des sources renouvelables, la définition d'objectifs de performance énergétique et les technologies employées. Sur ces critères, les écoquartiers français ont généralement une approche différente des opérations européennes hors France.

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses villes ont vu naître des écoquartiers visant à explorer différentes voies possibles pour développer des espaces urbains plus durables dans le cadre de démarches globales intégrant à la fois la dimension environnementale et la dimension socio-économique [4-8].

La question énergétique n'y joue pas toujours un rôle central. Or, ces expérimentations revêtent aujourd'hui une importance grandissante en raison du rôle que les territoires urbains pourraient être amenés à jouer dans la perspective de la transition énergétique. Les territoires à énergie positive, la réhabilitation thermique à l'échelle de quartiers ou le développement de systèmes locaux de production et de distribution d'énergie associés aux TIC pour de nouveaux réseaux dits « intelligents » sont autant de signes d'un intérêt croissant pour la problématique de la ville et de l'énergie. Les écoquartiers jouent à cet égard un rôle de pilotes qui pourraient contribuer à identifier les trajectoires à suivre au cours des prochaines années.

En raison du petit nombre de travaux jusqu'alors centrés sur ce sujet [1, 2], l'objectif de ce travail exploratoire est de préciser les trajectoires suivies du point de vue de l'approvisionnement énergétique des écoquartiers. Nous examinons donc deux groupes d'écoquartiers, situés en Europe (hors France) pour le premier et en France pour le second, de façon à faire apparaître les différences ou similitudes des systèmes énergétiques. La conclusion dessine une trajectoire d'évolution des systèmes énergétiques des écoquartiers, de projets expérimentaux dans la décennie 1990 vers des opérations aujourd'hui standardisées qui pourraient préfigurer les systèmes énergétiques de la ville de demain.

1. Comparaison des écoquartiers européens et français (tableau 1)

La méthodologie mobilisée pour effectuer une première comparaison de ces réalisations d'écoquartiers consiste à définir un certain

nombre de critères pour caractériser les projets (dans cinq grandes catégories : caractéristiques générales, offre d'énergie, gouvernance, objectifs et options techniques), à quantifier ces différents critères et à comparer les résultats obtenus.

Les critères et leur quantification permettent d'effectuer une comparaison des écoquartiers

à partir de diagrammes qui font apparaître les aspects communs à la plupart des écoquartiers ou, au contraire, les différences les plus significatives. On s'attachera, en particulier, aux écarts observés entre les écoquartiers européens et les écoquartiers français. Par convention, on désignera par écoquartiers européens tous ceux qui ne sont pas situés dans des villes françaises.

Tableau 1

Liste des écoquartiers étudiés

Noms des écoquartiers	Villes	Pays	Abréviations
Bedzed	Londres	Angleterre	Bedze
Hammarby Sjöstad	Stockholm	Suède	Hamma
Kronsberg	Hanovre	Allemagne	Krons
Royal Seaport	Stockholm	Suède	Royal
Vauban	Fribourg	Allemagne	Vauba
Bo01 Västra Hamnen	Malmö	Suède	Malmo
Scharnhäuser Park	Ostfildern	Allemagne	Schar
Lanxmeer	Culemborg	Pays-Bas	Lanxm
Ginko	Bordeaux	France	Borde
Saint-Jean des Jardins	Chalon s/ Saône	France	Chalo
De Bonne	Grenoble	France	Greno
Lyon Confluence	Lyon	France	Lyon
Grand Cœur	Nancy	France	Nancy
Plateau de Haye	Nancy	France	Plate
Boule Sainte-Geneviève	Nanterre	France	Nanter

Les limites méthodologiques

Pour ce travail, plus de cinquante écoquartiers ont été initialement identifiés à l'échelle de l'Europe de l'Ouest [3] dont quinze ont fait l'objet d'une analyse plus approfondie (résultats présentés ici). Avec ce chiffre, nous sommes loin d'un échantillon statistiquement représentatif de la diversité des situations européennes ou des options technologiques envisageables pour l'approvisionnement énergétique.

D'autres biais méritent également d'être signalés :

- Les écoquartiers français sont plus récents que les écoquartiers européens ; de ce fait, les choix technologiques opérés peuvent différer, non pas tant en raison de préférences spécifiques aux écoquartiers français, mais parce que les options technologiques existant dans les années 2000 ou 2010 diffèrent de celles des années 1990.
- La sélectivité que nous avons opérée sur les écoquartiers européens est forte ; nous ne décrivons pas ici des réalisations ordinaires, mais des projets identifiés pour leur intérêt spécifique et ayant fait l'objet de rapports, de papiers de recherche, etc.
- La nature des sources bibliographiques utilisées peut différer entre les écoquartiers européens sur lesquels les sources indépendantes sont plus nombreuses et les écoquartiers français qui n'ont, pour l'instant, encore pas ou peu fait l'objet d'évaluations indépendantes.

Pour ces raisons, si l'exercice permet d'attirer l'attention sur des similitudes et des divergences au sein de l'échantillon, elles devront être confirmées par une étude plus approfondie sur un échantillon significatif.

A) Caractéristiques générales

Un critère de différenciation clair porte sur la date de construction des écoquartiers : les écoquartiers français sont, de façon générale, plus récents que les écoquartiers européens (Figure 1). Cette distinction est importante et pourra expliquer une partie des différences observées sur les autres critères. Par ailleurs, plusieurs écoquartiers sont encore au stade de la réalisation : c'est le cas notamment pour Bordeaux, Nancy Grand Coeur, Nanterre ou Royal Seaport.

B) Offre d'énergie (chaleur)

La plupart des écoquartiers sont alimentés en chaleur par un réseau spécifique à l'écoquartier lui-même, alimenté par une chaufferie autonome (soit un niveau 2 pour le critère de décentralisation de la chaleur). Pour la France, on observe une diversité plus grande avec des écoquartiers alimentés directement par le réseau de chaleur de la ville (Chalon, Nancy) ou des configurations associant réseau de chaleur et chaufferies en pied d'immeuble (Grenoble, Lyon). En conséquence, alors que les écoquartiers européens sont presque tous autonomes pour la production de chaleur (ils disposent de leurs propres systèmes de production), ce n'est qu'en partie le cas pour les écoquartiers français.

Si la majorité des écoquartiers utilisent des sources d'énergie provenant de l'extérieur (dont une proportion importante de biomasse), certains sont autonomes pour leur approvisionnement en chaleur (Figure 2). C'est le cas de Royal Seaport, Malmö, Lanxmeer (déchets, eaux usées, solaire). En France, Nanterre présente un degré d'autonomie pour la proportion de chaleur plus élevé que la moyenne du fait de l'utilisation de la ressource géothermique, mais cette configuration reste exceptionnelle (Figure 2).

À l'exception de Bedzed et Kronsberg, les écoquartiers européens utilisent exclusivement des sources d'énergie renouvelable pour la production de chaleur. Seule une partie des écoquartiers français sont dans ce cas, la majorité associant sources fossiles et renouvelables (Figure 3).

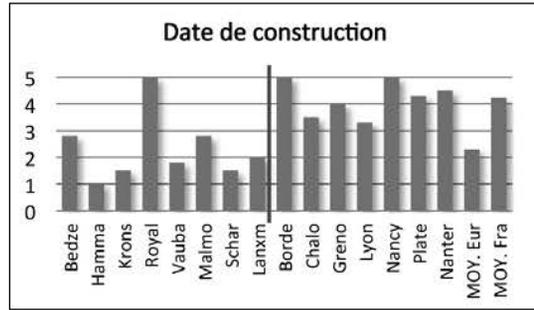


Figure 1. Comparaison des dates de construction

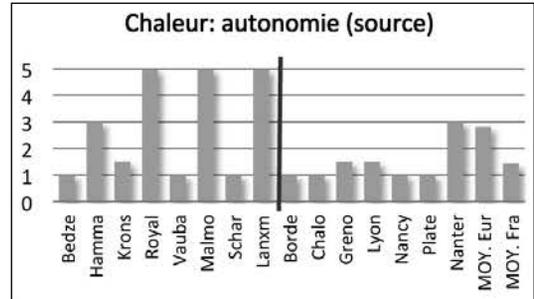
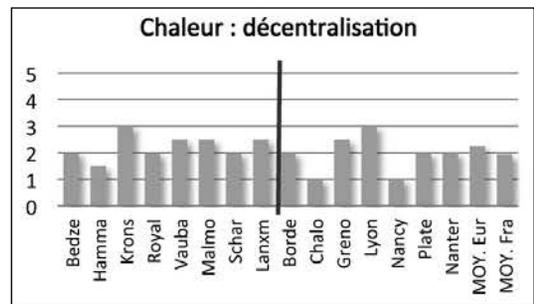


Figure 2. Degré de décentralisation et d'autonomie dans la production de chaleur

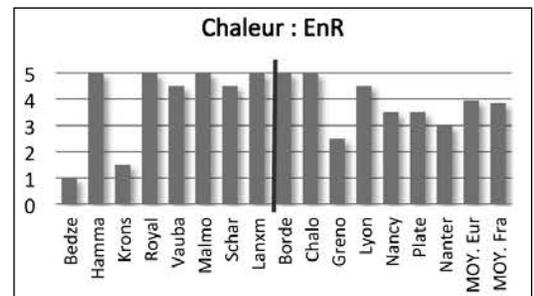


Figure 3. Part des renouvelables dans la production de chaleur

C) Offre d'énergie (électricité)

De façon générale, la production d'électricité est assurée localement (quartier, ville, zone urbaine) ou de manière centralisée puis distribuée dans l'écoquartier, ce qui se traduit par un faible niveau de décentralisation (Figure 4). Toutefois, plusieurs écoquartiers européens sont autonomes ou proches de l'autonomie (Kronsberg, Royal Seaport, Lanxmeer) alors qu'aucun écoquartier français ne l'est. Grenoble, qui produit localement une proportion significative de son électricité, se distingue sur ce plan. Les principaux dispositifs techniques utilisés sont des cogénérations (à partir des déchets ou du bois), des panneaux photovoltaïques et des éoliennes.

L'écart est marqué aussi sur le critère des sources d'énergie renouvelable pour la production d'électricité. Si, pour la plupart des écoquartiers européens, l'électricité est produite en partie ou en totalité par des sources d'origine renouvelable, c'est loin d'être le cas en France (Figure 4). On notera qu'une note maximale sur le critère ENR ne signifie pas que l'électricité est produite en totalité dans l'écoquartier par des sources renouvelables : pour Hammarby par exemple, l'électricité est produite en cogénération à partir de biomasse (dont déchets), mais à l'échelle de la ville. L'écoquartier est donc alimenté en électricité renouvelable, mais il n'est pas autonome. Pour Lanxmeer et Royal Seaport en revanche, l'électricité est produite en totalité à partir de sources renouvelables à l'échelle du quartier (cogénération déchets, photovoltaïque, éolien).

D) Gouvernance

L'identification des acteurs principaux à l'œuvre dans chaque écoquartier a été menée préalablement à la définition de critères liés à la gouvernance des écoquartiers. Les acteurs moteurs sont ceux qui ont promu et coordonné le projet activement. Ils peuvent relever des collectivités territoriales (élus, services internes opérationnels), d'associations écocitoyennes ou de cabinets de consultants (architectes, bureaux d'études, ...). Autour de ces acteurs moteurs, s'articulent les financeurs, les « mécaniciens bâtisseurs »¹ amont et aval, les usagers et les riverains de l'écoquartier.

1. Expression de G. Yopez (2011).

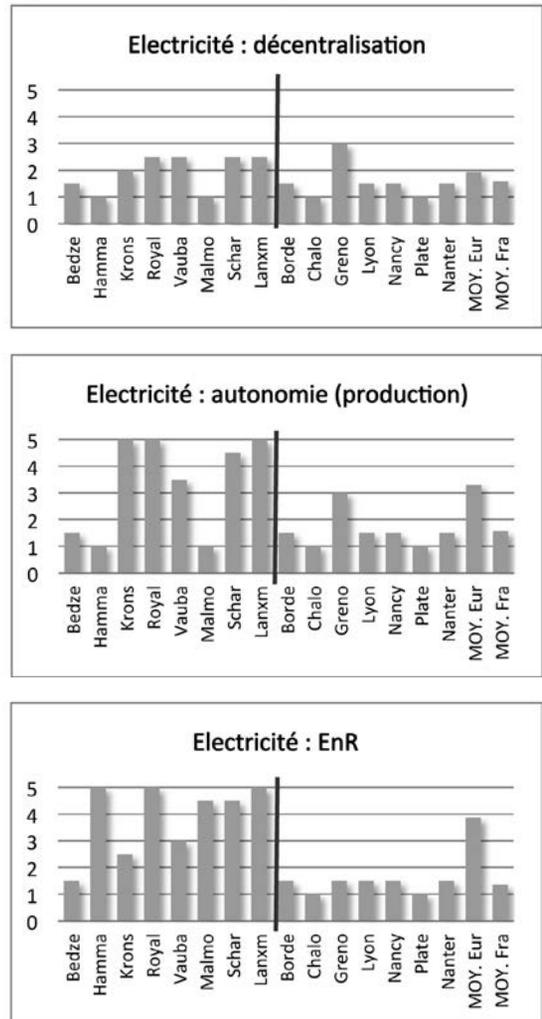


Figure 4. Degré de décentralisation, d'autonomie et part des renouvelables dans la production d'électricité

Comparativement, le critère « gouvernance » fait apparaître une plus grande implication des collectivités locales en tant qu'acteurs moteurs, une plus grande participation des résidents à la conception des écoquartiers (non illustrée ici) et une meilleure qualité de gouvernance dans les écoquartiers français (Figure 5).

On peut interpréter ce résultat en lien avec la relative jeunesse des réalisations françaises en matière d'écoquartiers, qui profiteraient du retour d'expérience des projets européens pour améliorer les relations entre les acteurs au stade de la conception ou interagir plus nettement avec les futurs habitants.

Mais on peut également y voir un biais lié aux sources d'information utilisées. En provenance le plus souvent des collectivités locales maîtres d'ouvrage pour les cas français, ces sources n'ont pas forcément la distance critique nécessaire, alors que les écoquartiers européens, plus anciens, ont souvent fait l'objet d'analyses indépendantes.

E) Objectifs

On estime ici le niveau d'ambition des objectifs affichés pour les émissions de gaz à effet de serre et la part des énergies renouvelables, ainsi que pour l'efficacité énergétique. Les écoquartiers européens se révèlent plus ambitieux que les écoquartiers français sur ces trois dimensions et l'écart est encore plus marqué sur les objectifs « énergie » (Figure 6).

Concernant l'évaluation ex-post de la réalisation des objectifs, l'existence d'un dispositif de suivi est plus systématique dans les écoquartiers européens. En France, pour certains écoquartiers, nous n'avons trouvé aucune information sur le sujet, ce qui peut laisser supposer qu'aucune procédure d'évaluation n'a été envisagée.

F) Technologies

Chaque diagramme (Figure 7) fait apparaître des écarts entre les écoquartiers européens et français avec un caractère plus innovant pour les premiers et une volonté de standardisation plus nette pour les seconds. On voit apparaître deux types d'écoquartiers :

- En Europe, des technologies plus innovantes (graphique innovation), plus souvent diverses au sein d'un même écoquartier (graphique standardisation), mais parfois généralisées à l'ensemble de l'écoquartier (Bedzed).
- En France, un caractère innovant moins marqué et une recherche de standardisation, avec un nombre limité de technologies plus éprouvées, appliquées à l'ensemble des bâtiments.

Cette observation peut être associée à la période de construction des écoquartiers : les premiers écoquartiers (européens) ont été le lieu d'expérimentations technologiques (diversité de technologies innovantes sur un même écoquartier), alors qu'aujourd'hui, avec une certaine maturité, on s'oriente vers des

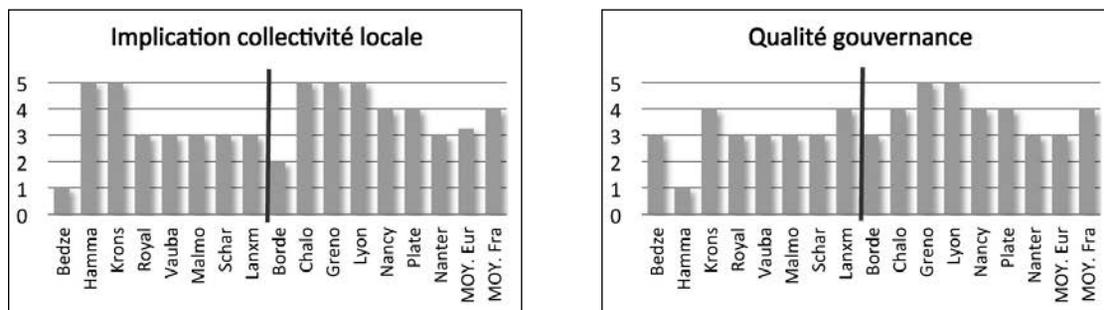


Figure 5. Degré d'implication de la collectivité locale et qualité de la gouvernance des écoquartiers

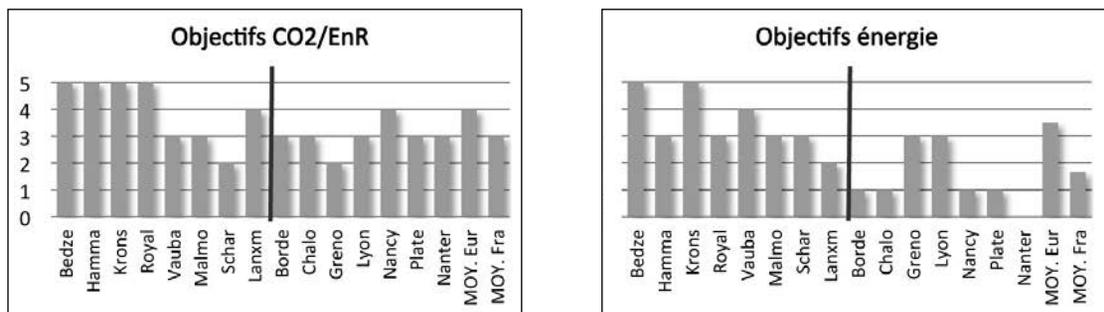


Figure 6. Ambition des objectifs de réduction des émissions et d'efficacité énergétique

technologies plus éprouvées et généralisées à l'ensemble du quartier. Les écoquartiers européens décrits ici sont à des degrés divers des références connues au plan international, pour leur caractère innovant ou pour l'ambition de leurs objectifs ou pour la qualité de leur gouvernance. Les écoquartiers français correspondent à des réalisations plus standardisées où la prise de risque technologique est probablement moins importante (mais pas totalement absente dans certains cas), parce que moins nécessaire. Après une première période d'expérimentation axée sur la diversité technologique (au cours des années 1990), les écoquartiers semblent entrer dans une seconde phase de standardisation technologique qui accompagne l'élargissement de leur diffusion et leur relative banalisation (qui n'exclut pas des domaines d'innovation avec le développement des smart grids sur certains projets d'écoquartiers récents par exemple).

G) Comportements et maîtrise des consommations d'électricité

Pour finir, nous examinerons deux critères relatifs aux comportements des résidents

(Figure 8). Le premier identifie les projets qui prennent en compte la variable comportementale (information, campagnes de sensibilisation, incitations au changement des comportements des habitants), le second les actions spécifiques orientées vers la maîtrise des consommations d'électricité (MDE).

Pour le premier, on observe qu'à deux exceptions près (Bedzed et Hammarby) la variable comportementale n'est pas considérée comme un levier d'action majeur. Sur ce plan, il n'y a pas de différence notable entre les écoquartiers français et européens. Pour la MDE en revanche, la différence est plus nette. Les actions de maîtrise des consommations d'électricité sont systématiques ou presque dans les écoquartiers européens, alors qu'elles restent rares dans les écoquartiers français.

Ce résultat confirme une observation faite plus haut : en France, la maîtrise des consommations d'électricité, la production locale et la transformation du mix électrique apparaissent d'importance secondaire par rapport aux actions portant sur le secteur de la chaleur. En Europe, en revanche, électricité et chaleur ne sont pas traitées de façon différente : maîtrise

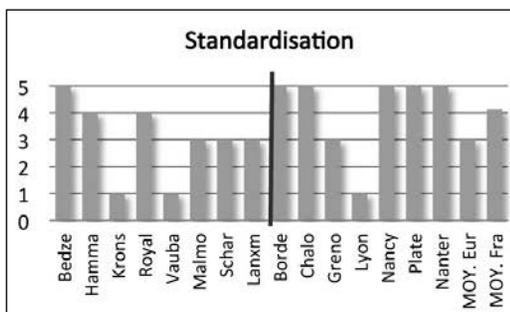
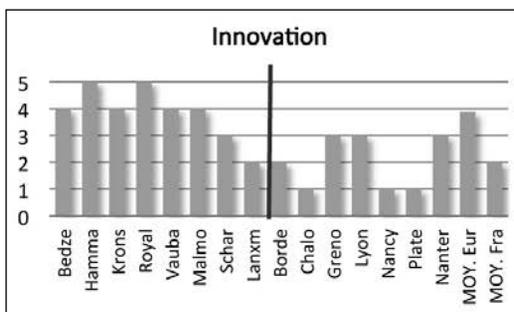


Figure 7. Place de l'innovation dans les systèmes énergétiques

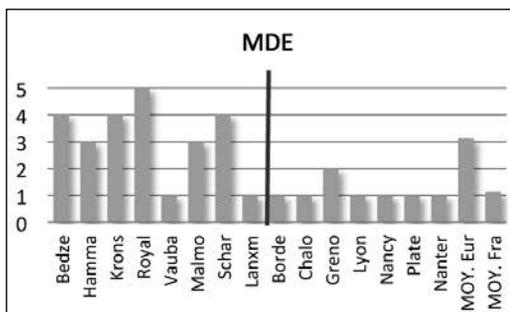
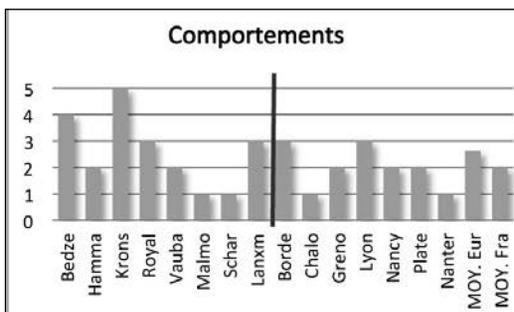


Figure 8. Degré d'incitation au changement de comportement et à la maîtrise de l'électricité

de la demande et transformation du mix énergétique s'appliquent aux deux secteurs, sans que l'un soit privilégié au détriment de l'autre.

2. Analyse par croisement des critères

Au-delà de la comparaison des écoquartiers européens et français, critère par critère, le croisement de critères par paires apporte des enseignements également intéressants, permettant de représenter des groupes d'écoquartiers ou de pays ayant des positionnements proches ou plutôt en opposition. Tous les croisements tentés n'étant pas significatifs, nous ne présentons ici que les résultats les plus pertinents.

A) Production et distribution de la chaleur/électricité

En croisant les critères qui caractérisent le mode de distribution de la chaleur et la nature des sources utilisées (Figure 9), on observe que l'essentiel des écoquartiers est rassemblé dans un quadrant particulier qui correspond à une production de chaleur de type centralisé (extension du réseau de chaleur de la ville ou réseau spécifique à l'écoquartier) couplée à une production d'origine renouvelable (biomasse ou déchets). Quelques écoquartiers se situent dans le quadrant inférieur, qui correspond à un mix de production ayant une plus forte proportion de fossiles (par exemple Bedzed avec une chaudière gaz à condensation, dédiée à l'écoquartier). Aucun des écoquartiers examinés ne repose principalement sur des moyens de production décentralisés pour la production de chaleur (chaufferie en pied d'immeuble

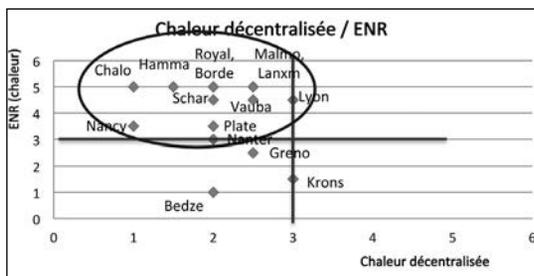


Figure 9. Production de chaleur centralisée basée sur les renouvelables

ou moyens de production individuels), qu'ils soient renouvelables ou pas.

Le diagramme construit avec les mêmes critères pour la production d'électricité (Figure 10) produit des résultats proches, mais la proportion d'écoquartiers dont l'électricité provient de sources renouvelables est sensiblement plus faible. L'essentiel des écoquartiers se situe dans le quadrant inférieur qui correspond à des situations de production centralisée (un écoquartier avec un moyen de production dédié, mais centralisé, correspond à la note 2) couplée à une production où dominent les sources non renouvelables. Quelques écoquartiers sont cependant alimentés en électricité renouvelable, soit par le réseau, soit par une production dédiée à l'échelle du quartier (éolien, déchets, photovoltaïque, etc).

Le rapprochement des critères de production d'origine renouvelable de chaleur, d'une part, et d'électricité, de l'autre, révèle à nouveau une nette séparation entre écoquartiers français et européens (Figure 11). À l'exception de Kronsberg et Bedzed, les écoquartiers européens produisent au moins en partie électricité

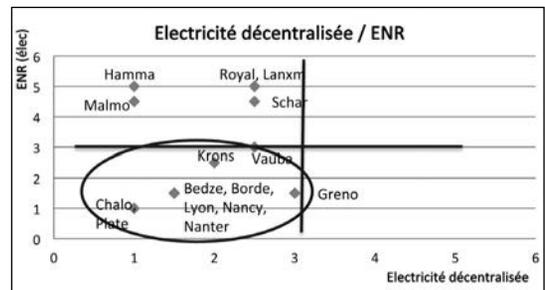


Figure 10. Production d'électricité centralisée surtout basée sur les énergies non renouvelables

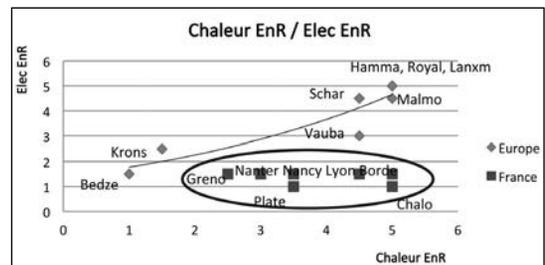


Figure 11. Degré de corrélation entre la part des énergies renouvelables dans la production de chaleur et celle de l'électricité

et chaleur à partir de sources renouvelables. En France, la production de chaleur fait appel à des sources renouvelables, mais la production d'électricité très peu.

La figure montre : d'un côté une courbe de corrélation positive pour les écoquartiers européens entre la part des énergies renouvelables pour la production de chaleur et celle pour la production d'électricité ; et de l'autre la position singulière des écoquartiers français. Quelle que soit la proportion d'énergies renouvelables pour la production de chaleur, en France, le niveau de recours à ces sources pour la production d'électricité est faible.

B) Acteurs et gouvernance

Au niveau des acteurs, la qualité de la gouvernance du projet dépend du degré d'implication de la collectivité locale dans le projet (Figure 12). Ainsi, quand la collectivité est l'acteur majeur, la qualité de la gouvernance est élevée (hormis Hammarby) ; elle tend à diminuer dans le cas inverse. Comme indiqué précédemment, ce constat mérite d'être interprété avec prudence, dans la mesure où les références bibliographiques utilisées proviennent souvent des collectivités elles-mêmes.

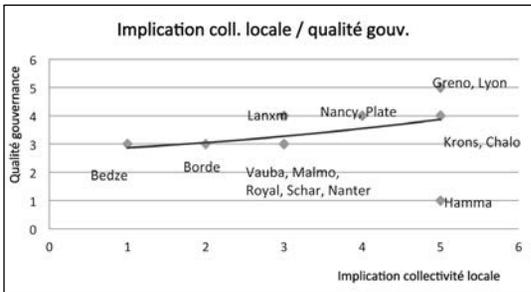


Figure 12. Degré d'implication de la collectivité locale et qualité de la gouvernance

C) Innovation

Le diagramme qui couple innovation et période de construction de l'écoquartier fait apparaître un résultat assez frappant (Figure 13) : à l'exception de Royal Seaport, tous les écoquartiers sont rassemblés dans deux quadrants opposés. Dans le premier, en haut à

gauche, se trouvent les écoquartiers européens, plus anciens et innovants alors que, dans le quadrant inférieur droit, sont rassemblés les écoquartiers français plus récents et utilisant des technologies plus éprouvées.

Comme suggéré plus haut, les premiers écoquartiers ont expérimenté de nouvelles technologies innovantes à l'époque alors que les écoquartiers récents ont tendance à s'appuyer sur des technologies aujourd'hui plus matures. Les écoquartiers français, tous relativement récents, se retrouvent dans cette dernière catégorie.

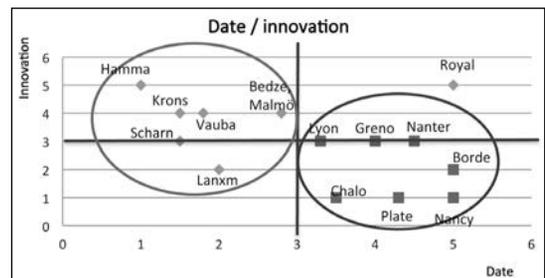


Figure 13. Date de l'écoquartier et degré d'innovation des systèmes énergétiques

De même, le rapprochement des critères « date » et « standardisation » (Figure 14) montre que les écoquartiers les plus récents utilisent un nombre plus limité de technologies là où les premiers écoquartiers présentaient une diversité importante (expérimentation).

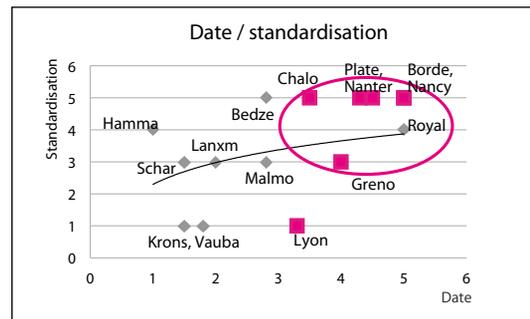


Figure 14. Date de l'écoquartier et degré de standardisation des technologies énergétiques

3. Synthèse et conclusion

Les conclusions sont à apprécier au regard des limites méthodologiques évoquées au

début de l'article dont, en particulier, le caractère limité de l'échantillon utilisé. Rappelons toutefois l'ambition limitée de ce premier exercice qui ne cherche pas à établir des résultats scientifiques, mais simplement à proposer un certain nombre d'intuitions qui devront ensuite être validées par une analyse statistiquement significative.

De cette première approche comparative des dispositifs d'approvisionnement énergétique dans les écoquartiers, il ressort que, dans le cas des écoquartiers français, les systèmes énergétiques s'attachent essentiellement à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments et à la mise en place de systèmes d'approvisionnement en chaleur performants (réseaux, cogénération, sources renouvelables). Les réalisations françaises étudiées s'intéressent moins au vecteur électricité : l'approvisionnement y est essentiellement assuré à partir du réseau interconnecté. Les écoquartiers européens cherchent, eux, à développer la production locale notamment renouvelable, aussi bien pour la chaleur que pour l'électricité.

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces constats. L'une est certainement la spécificité du mix électrique français très peu carboné, du fait de la place importante de la production d'origine nucléaire. En conséquence, la production d'électricité à partir de sources renouvelables ou en cogénération n'est, en France, pas la priorité en matière de politique climatique.

Parallèlement, on note que les technologies utilisées dans les écoquartiers français semblent moins innovantes et sont plus systématiquement généralisées à l'ensemble de l'écoquartier, ce qui suggère que ceux-ci sont entrés dans une phase de standardisation où l'expérimentation n'est plus la priorité. Ainsi, les bâtiments basse consommation (BBC) ou à énergie positive se développent rapidement sous l'impulsion de la réglementation sans que les écoquartiers n'impulsent une dynamique particulière à cet égard.

Pour autant, l'expérimentation technologique n'est pas totalement absente des nouvelles réalisations ou projets français d'écoquartiers : on voit notamment se développer les *smart grids* qui restent aujourd'hui encore au stade

des premières réalisations expérimentales *in vivo*. Mais on ne retrouve pas dans ces projets l'ambition ou la prise de risques qui caractérisait certains des écoquartiers européens réalisés au cours des années 1990. Certes, notre échantillon présente un biais qui juxtapose des réalisations emblématiques à l'échelle européenne avec des projets plus récents, mais également plus standardisés et plus conventionnels. Mais, dans les projets français, on peine à retrouver l'innovation tous azimuts de l'écoquartier Vauban, de la démarche participative de Lanxmeer ou de la vision systémique de Hammarby. ■

Remerciements. Cet article mobilise les résultats du projet de recherche « Ecoquartier Nexus Energie », cofinancé par l'Ademe, mené par le laboratoire PACTE UPMR5194 (coord. G. Debizet), la Structure fédérative de recherche Innovacs, le laboratoire Edden (UPMF), l'Ines (CEA) et Grenoble École de management (www.nexus-energy.fr).

Les auteurs remercient Séverine Prost-Boucle, élève-ingénieure de l'Institut national polytechnique-Grenoble, pour sa contribution à l'élaboration des résultats présentés ici.

Bibliographie

- [1] Ademe & Énergie Cités (2008) Urbanisme-énergie : les éco-quartiers en Europe. Dossier.
- [2] Alphéïs & Écomaires (2008) Écoquartiers et efficacité énergétique : état de l'art, analyse et perspectives.
- [3] Blanchard O, Blanco S, Debizet G, Julien C, La Branche S, Long X, Menanteau P, Schneuwly P, Prost-Boucle S (2012) Projet de recherche Écoquartier Nexus Énergie : rapport intermédiaire n° 1, Paris : Ademe Grenoble ; PACTE, septembre.
- [4] Charlot-Valdieu C, Outrequin P (2009) Écoquartier mode d'emploi. Paris, Éditions Eyrolles.
- [5] Décider ensemble (2011) Écoquartiers : la concertation au service de l'action. Pratiques françaises et européennes pour l'élaboration de projets partagés. Paris, Décider ensemble.
- [6] PUCA (2009) ÉcoQuartiers/ÉcoCités - Une démarche, des réussites.
- [7] Souami T (2011) Écoquartiers secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens. Coll. « Modes de ville » (Les Carnets de l'info).
- [8] Yopez-Salmon G (2011) Construction d'un outil d'évaluation environnementale des écoquartiers : vers une méthode systémique de mise en œuvre de la ville durable. Université Bordeaux 1, doctorat en sciences et techniques architecturales.