

Petite Conference du 7 Octobre 2019

Stratégie énergétique

Lingerie des Grands Voisins

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Ce soir, nous abordons un sujet conséquent, la stratégie énergétique, enjeu important s'il en est puisque nous connaissons tous le contexte climatique actuel, l'importance des énergies fossiles dans le mix énergétique et la part que représente l'habitat dans cette consommation d'énergie. Il y a un questionnement sur le rôle des aménageurs, promoteurs, constructeurs dans la façon dont ils vont définir les stratégies énergétiques lorsqu'ils créent un nouveau quartier urbain. On va donc interroger les stratégies adoptées pour le futur quartier de Saint-Vincent-de-Paul, et d'autres stratégies qui ont pu être mises en œuvre dans d'autres secteurs. Nous nous intéresserons également aux méthodes d'analyse de ces stratégies énergétiques et des consommations dans d'autres écoquartiers et en particulier Clichy-Batignolles à Paris également. J'ai autour de moi Nibal el Alam, co-fondatrice de Kairos Ingénierie qui assure l'assistance à maîtrise d'ouvrage de Paris & Métropole Aménagement pour Saint-Vincent-de-Paul qui nous expliquera comment elle questionne, quand on accompagne un aménageur sur la définition de sa stratégie énergétique, la définition, les grands enjeux et les éléments d'arbitrage d'une stratégie énergétique.

Ensuite, nous échangerons avec Victor Marty-Jourjon qui remplace Thomas Berthou qui n'a malheureusement pas pu se joindre à nous ce soir. Victor nous parlera de la façon dont on peut modéliser les consommations énergétiques d'un bâtiment ou des ménages qui l'occupent et de la méthode très spécifique mise en œuvre dans le cadre d'un projet développé pour le quartier Clichy-Batignolles. Enfin, je vais très vite passer la parole à Ghislain Mercier qui a rejoint assez récemment la SPL Paris & Métropole Aménagement en 2018, mais qui œuvre depuis de nombreuses années pour contribuer à accompagner les futurs secteurs d'aménagement pour qu'ils apportent des réponses concrètes aux défis de la transition énergétique et environnementale. Il nous explique la posture de l'aménageur dans ce cadre.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services à P&Ma

J'ai une tâche très difficile, parce que je travaille pour un aménageur, c'est-à-dire un maître d'ouvrage qui fait faire et qui ne fait pas lui-même. Je vais rendre compte de l'étude que je n'ai pas faite et je compte sur Nibal pour me reprendre éventuellement. La deuxième difficulté est que j'ai rejoint le projet il y a finalement assez peu de temps, un an, c'est court à l'échelle d'un projet d'aménagement. Je sollicite par avance votre indulgence. Je me suis fixé plusieurs objectifs avec cette présentation. Le premier est d'expliquer méthodologiquement pourquoi on revient à parler d'énergies aujourd'hui dans le projet d'aménagement de Saint-Vincent-de-Paul. Comment on a abordé le sujet, par quel goût on attaque cette question un peu épineuse et puis d'essayer de transmettre quelques ordres de grandeur, même s'ils ne parlent pas forcément à tout le monde. Qui d'entre vous connaît sa consommation énergétique, par exemple, chaque année en kilowatt/heure ? Je vais être très franc, je n'en avais personnellement aucune idée et j'ai vérifié sur le site internet de mon fournisseur d'électricité et de gaz avant de venir. Mais lorsqu'on parle de bâtiment et de consommation énergétique d'un quartier, c'est important d'avoir ces ordres de grandeur. Et puis, je suis aujourd'hui le projet de Saint-Vincent-de-Paul, mais je travaille beaucoup

également sur une autre opération, celle de Clichy-Batignolles. Nous avons développé un projet de gestion intelligente de l'énergie, en entendant par là un travail sur la performance énergétique y compris une fois le quartier livré, un peu au-delà de ce que fait d'ordinaire un aménageur. Évidemment les passerelles sont nombreuses entre Clichy-Batignolles aujourd'hui en voie d'achèvement et le projet de Saint-Vincent-de-Paul où tout démarre.

Alors, pourquoi une stratégie énergétique à Saint-Vincent-de-Paul ? La première réponse est qu'on nous l'a demandé et que cela fait partie des données d'entrée du projet de construire à Saint-Vincent-de-Paul un écoquartier. La question de l'énergie est évidemment au centre de la question des écoquartiers. Vous voyez ici les fondamentaux du projet de Saint-Vincent-de-Paul, je pense que beaucoup d'entre vous les connaissent, mais je les rappelle quand même. Il s'agit de transformer le site extraordinaire de cet ancien hôpital en un quartier social avec des logements et des équipements, de construire de l'ordre de 60 000 mètres carrés, de conserver l'essentiel du bâti en le transformant. Tout de suite je fais une parenthèse : la question de la réhabilitation se pose de manière importante à Saint-Vincent-de-Paul, il s'agit simplement de ne pas faire table rase du passé et de construire des bâtiments neufs dans lesquels on peut maîtriser tous les paramètres énergétiques. Et puis, de respecter l'esprit de lieu et donc de proposer un urbanisme qui vise à économiser les ressources. La deuxième réponse c'est aussi pour la question climatique, Laurence l'a rappelé tout à l'heure, c'est un sujet qui est de plus en plus à l'agenda médiatique du point de vue de la planification urbaine. C'est un sujet majeur et si on prend au sérieux l'objectif de neutralité carbone fixé par le plan climat de la ville ainsi que les orientations gouvernementales de stratégie bas carbone, on se doit dans les nouvelles opérations de tout mettre en œuvre pour atteindre cet objectif de limitation des émissions des gaz à effet de serre. Le plan climat de la ville de Paris identifie Saint-Vincent-de-Paul comme le premier projet urbain objectif neutre en carbone et résilient. La première chose faite par le groupement en charge de la réalisation de la stratégie énergétique, Kairos faisait partie de ce groupement au côté d'Une Autre Ville et puis de MOS, a été de réaliser une estimation de ces émissions de gaz à effet de serre. Savoir, dans un projet comme Saint-Vincent-de-Paul si on prend un périmètre des émissions qui est cohérent avec celui du plan climat de la ville, où sont les émissions et comment est-ce-qu'on peut les réduire ? On le voit sur ce diagramme, il y a quatre postes qui comptent pour 75% des émissions de gaz à effet de serre dans un projet d'aménagement comme Saint-Vincent-de-Paul. D'abord, l'énergie thermique, celle qui fournit la chaleur et le froid et l'énergie électrique, produite par les panneaux photovoltaïques (PV) qui transforment l'énergie du soleil en électricité. Ces deux postes représentent 33% des émissions. Celles liées à la construction neuve et à la réhabilitation des bâtiments, représentent, elles, 42%. Ensemble, cela fait plus de trois quarts des émissions. Donc, si on veut sérieusement s'attaquer à la question des émissions des gaz à effet de serre dans le projet de Saint-Vincent-de-Paul, il faut s'attaquer à la construction. Je pense que l'impact carbone des matériaux employés pour la construction et comment résoudre cette question pourrait être l'objet d'une petite conférence ultérieure ; Et puis, il faut s'attaquer à la stratégie énergétique, c'est l'objet de ma prescription.

Comment est-ce qu'on estime ? Par quelle voie, comme pour une montagne, attaquer ce grand sujet des performances énergétiques. La première des entrées est celle du programme de construction. À Saint-Vincent-de-Paul, le programme de construction assez détaillé est de l'ordre de 60 000 mètres carrés de surface de plancher. Il est composé essentiellement de logements avec le grand équipement public Pinard, à la fois crèche,

école, gymnase etc...Des surfaces dédiées à l'activité économique et puis des commerces essentiellement dans les cours anglaises... Le quartier est essentiellement résidentiel, une caractéristique très importante à prendre en compte d'un point de vue énergétique. On aura donc des besoins énergétiques assez similaires entre eux et ce qui est important. Comment passer de ce programme, de ce tableau de mètres carrés à construire, à des besoins énergétiques ? Petite précision méthodologique, ceux d'entre vous qui ont fait des études scientifiques me pardonneront certaines simplifications. Je fais une distinction entre l'énergie et la puissance et j'ai pris pour expliquer cette différence de notion l'exemple de l'ampoule. Quand vous regardez la quantité d'énergie consommée par une ampoule de 100 watts pendant une heure de fonctionnement, vous avez 100 watts/heure de consommation énergétique. La puissance qu'elle est capable de délivrer, de manière instantanée par unité de temps, c'est 100 watts. On va considérer les performances énergétiques du quartier à la fois sous l'angle de la consommation, la quantité totale d'énergie consommée par le quartier et sous l'angle de la puissance, comme si vous remplissiez une piscine, en deux, six ou dix heures... en fonction du débit de remplissage, de la puissance.

Le travail fait par le bureau d'études qui a travaillé sur la stratégie énergétique revient à transformer la programmation en une consommation énergétique en regardant les choses d'une manière annuelle. Quelle est la moyenne de consommation énergétique des logements, si on applique des ratios par logement ou par mètre carré et par an à la programmation de Saint-Vincent-de-Paul ? Trois cas de figure ont été étudiés sur ce graphique. D'une part, l'existant, c'est-à-dire les ratios de consommation constatés en moyenne dans des quartiers à Paris. D'autre part deux scénarios. Premier scénario : on demande que tous les logements construits à Saint-Vincent-de-Paul soient très performants énergétiquement et avec un niveau de référence qui est celui du label BEPOS Effinergie 2017, un label qui préfigure la réglementation thermique de 2020 et fixe les consommations maximales. Le deuxième scénario prend un niveau de performances plus ambitieux en référence au label Passivhaus, un label d'origine allemande, en France, le label Maison Passive.

Deux scénarios, donc, un dans lequel les bâtiments ont la consommation standard des bâtiments neufs aujourd'hui et puis un scénario avec une rupture plus franche sur le niveau de performance énergétique.

Cela vaut-il le coup de demander aux bâtiments de Saint-Vincent-de-Paul d'avoir un niveau de référence passif à la fois sur la consommation énergétique mais aussi sur les émissions des gaz à effet de serre ? C'était notre clé d'entrée. Les simulations faites par le bureau d'études montrent qu'on peut économiser 11% des gaz à effet de serre en imposant un niveau de référence passif plutôt qu'un niveau de référence standard, donc ce sont des choses importantes.

Si on commente un peu ce graphique, vous voyez que les consommations énergétiques dans un logement ou dans le quartier sont de plusieurs ordres. Les besoins thermiques de chauffage et d'Eau Chaude Sanitaire (ECS), pour la douche, la toilette etc. figurent en rouge ou rose. Les besoins électriques sont en bleu tout en haut, les besoins en froid assez réduits, en bleu ciel, correspondent au rafraîchissement des bureaux. Ce qui saute aux yeux sur ce graphique, c'est que la consommation de chauffage est réduite drastiquement entre le niveau de la moyenne des logements à Paris aujourd'hui et les niveaux des logements neufs standards et les logements passifs. On voit qu'on passe de 6 393 Mégawatt/heure par

mètre carré par an à 978 Mégawatt/heure par mètre carré par an. On voit également que la consommation d'eau chaude sanitaire ne diminue pas tant que cela et en fait c'est tout à fait logique parce que si on isole un logement, on aura besoin de moins d'énergie pour le chauffer mais par contre les gens dedans prendront toujours autant de douches ! La consommation d'électricité diminue, elle, mais pas dans des proportions aussi importantes que la consommation de chauffage. Enfin un phénomène de fond dont il faut avoir conscience quand on réfléchit aux questions énergétiques : il y a des choses sur lesquelles il est facile d'agir, isoler une maison, isoler un appartement, mais par contre agir sur la consommation électrique d'un logement ou sur la consommation d'eau chaude sanitaire c'est beaucoup plus difficile parce-que cela touche aux usages des individus. Cela veut dire qu'il faut acheter des appareils qui consomment moins d'électricité, changer son frigo ancien pour un frigo plus performant, dégivrer son frigo, prendre moins de douches... Tout un tas de choses sur lequel un aménageur n'a aucune prise. Mécaniquement, on voit sur ce graphique, qu'en proportion la quantité d'énergie consommée dans un logement liée aux usages est d'autant plus importante que le logement est performant. Ici, l'eau chaude sanitaire et l'électricité représentent 75% de la consommation énergétique du logement ! Ces consommations sont liées aux usages et pas à la construction du bâtiment.

On regarde aussi la question énergétique sous l'angle de l'énergie, c'est à dire l'angle des mètres cubes « qu'on a mis dans la piscine », et puis on regarde aussi le bilan puissance, c'est à dire la taille du tuyau d'arrosage nécessaire pour remplir cette piscine.

Dans les deux scénarios, celui où on s'aligne sur les pratiques standard et celui d'une rupture franche qu'il y a une chute importante des besoins de puissance. Simplement, le 21 décembre quand il fait moins cinq degrés dehors, la puissance maximale appelée sur les installations énergétiques de Saint-Vincent-de-Paul, sera de 2000 Kw dans le scénario 1 et de 1500 Kw dans le scénario, soit une diminution de 25% ! C'est important parce qu'on sait bien que cette énergie est la plus carbonée, c'est celle qui émet le plus de gaz à effet de serre en période de pics, car pour produire cette chaleur, il va falloir allumer des centrales à charbon très polluantes, et des centrales à gaz. Il est capital de tout faire pour limiter le niveau de puissance appelée et étaler cette consommation et cette puissance dans le temps. On pourra discuter avec Victor des enseignements de Clichy-Batignolles, car il n'est pas suffisant de regarder les choses en termes de consommation énergétique par mètre carré par an. Il faut aussi regarder dans le détail les puissances appelées et tenter d'identifier les pics. Retenez juste l'ordre de grandeur de 1500 Kw de puissance pour le chaud, (1000 Kw plus 479 Kw) puisque c'est celui qui reviendra fréquemment dans le dimensionnement du scénario énergétique de référence qu'on va présenter.

Les deux images précédentes représentent une prévision annuelle. Mais, quand on construit une stratégie énergétique, il faut aussi regarder les choses de manière mensuelle et puis même heure par heure. Vous avez ici 2000 Mégawatt/heure par an dans le scénario BEPOS Carbone. Quand vous additionnez l'ensemble des valeurs, vous les retrouvez : 2000 Mégawatt/heure par an. Vous voyez évidemment que la consommation de chauffage est plus importante pendant les mois d'hiver et puis en demi-saison, qu'elles s'arrêtent là — dans le cas du réseau de chaleur, qui est la solution qu'on a retenue — pendant la période estivale et que par contre, la consommation d'eau chaude sanitaire diminue. On continue de prendre les douches mais on en prend moins parce-que les gens sont plus en vacances... Donc on considère les besoins énergétiques de manière mensuelle et enfin de

manière horaire. 365 jours pour 24h c'est 8 760 heures. Chacune des heures de l'année est représentée sur ce graphique. En rouge, la température extérieure heure par heure, en vert, la puissance de chauffage appelée. On voit très bien que tant qu'il y a du chauffage, les puissances peuvent être importantes alors que pour l'eau chaude sanitaire les puissances sont bien moindres. Si on prend chaque heure représentée sur le graphique du 1er Janvier au 31 Décembre et qu'on procède à un tri par puissance appelée, on obtient une courbe importante appelée *Monotone de charge* et qui indique le profil énergétique du quartier. Cette Monotone de Charge est extrêmement importante pour choisir un mode de production d'énergie et le dimensionner. L'allure de la courbe peut-être plus au moins ponctuelle, plate ou étalée... Elle permet de dimensionner l'installation de production de chaleur pour répondre au maximum des besoins. Qu'est-ce qu'une installation de production de chaleur ? La plupart d'entre vous en avez une dans votre logement, une chaudière à gaz avec une puissance maximale. D'autres ne possèdent pas de chaudière à gaz mais êtes connectés au réseau de chauffage urbain. L'échangeur au pied de votre immeuble a lui aussi une puissance maximale. La Monotone de charge est un ensemble des données importantes pour calculer la puissance maximale des installations énergétiques. Maintenant que ce premier travail de définition des besoins énergétiques du futur quartier de Saint-Vincent-de-Paul est réalisé, il reste à construire des scénarios pour répondre à ces besoins. Trois choses facteurs doivent être regardés. Le première chose est la ressource, en voici de nombreux exemples.

Notre étude a balayé très librement les ressources possibles, accessibles à Saint-Vincent-de-Paul : le réseau public de gaz, le réseau public d'électricité, le soleil, la chaleur du sol, l'énergie du vent ou les calories de l'air, la biomasse (le carbone contenu dans la matière vivante) par exemple le bois utilisé comme source d'énergie, la chaleur des eaux souterraines... et puis ce qu'on appelle la « chaleur fatale ». C'est la chaleur dissipée à l'occasion d'une activité qui n'a pas pour finalité première de produire de la chaleur. Par exemple, un gros ordinateur dégage de la chaleur, a fortiori les data centers, ces bâtiments remplis de serveurs où sont stockées les données d'internet. Cette chaleur, normalement dissipée dans l'air, peut être récupérée et utilisée afin de pouvoir chauffer des bâtiments, de l'eau, etc... Il y a aussi la chaleur des eaux usées. Lorsque vous prenez une douche, l'eau chaude utilisée s'écoule dans le réseau d'égouts. Les eaux usées sont tièdes et leur chaleur peut facilement se récupérer. Autre source d'énergie, le réseau d'eau. C'est le choix fait pour le projet de Saint-Vincent-de-Paul. Une canalisation d'eau avec un tuyau passe en dessous des trottoirs, l'eau atteint une certaine température et on peut la récupérer et la valoriser...

Donc, la première chose importante est la ressource, la deuxième, la technologie de production d'énergie à partir de cette ressource. Par exemple, le vent est une ressource que l'éolienne permet de transformer en énergie électrique. De la même manière, des déchets fermentescibles, qu'on peut faire pourrir, permettent grâce au procédé de la méthanisation de récupérer le biogaz produit.

Dernier point capital, le mode de desserte. Si on reprend l'exemple de la chaudière à gaz, c'est un mode de production à l'appartement. D'autres modes de production sont à l'immeuble, comme une grosse chaufferie. Enfin la production peut se réaliser à l'échelle du quartier, voire de la ville. Ce sont des choix très différents avec une grande incidence sur la stratégie énergétique. Après avoir balayé de larges univers de possibles on s'est fixé des critères de choix pour arbitrer entre les ressources, technologies de production et modes de

desserte. Le critère de la ressource pose les questions de la disponibilité locale, de la pérennité, de l'adéquation aux besoins.

Je donne l'exemple de la chaleur du sous-sol, la géothermie. Dans de nombreuses opérations, y compris à Clichy-Batignolles, on récupère la chaleur de la nappe d'eau souterraine en creusant des puits très profonds. Cela impose que la ressource soit disponible géologiquement sur place. Un autre critère est celui de l'insertion urbaine. Il est évident qu'on ne peut pas dresser une éolienne de 120 mètres de haut en plein Paris. Un certain nombre de technologies de production vont être écartées par elles-mêmes lorsqu'on se trouve au cœur de la ville dense, et que les disponibilités foncières sont limitées.

Il y a également de risques au regard de la maturité technique de la technologie de production envisagée. La fiabilité est-elle prouvée ou la technologie est-elle encore au stade expérimental. Enfin, le critère économique qui ne se résume pas au coût global d'investissement mais se pose en termes de modèle économique global. Toutes les technologies de production listées précédemment ne sont pas payées par les mêmes acteurs. Vous avez acheté ou l'occupant précédent de votre appartement a acheté une chaudière à gaz, une unité de production d'énergie. Quand l'unité de production est à l'échelle du quartier, ce n'est pas le promoteur ni vous-mêmes qui payez, en tous cas pas de manière directe. L'opérateur énergétique en charge de construire un réseau de chaleur doit payer cette installation. Ce coût d'investissement n'est pas supporté par les mêmes personnes selon les choix de technologies de production d'énergie. Un deuxième coût important est celui de l'énergie. Vous payez votre facture de gaz, pour l'essentiel les mètres cube que vous consommez. Quand vous êtes raccordés à un réseau de chaleur, vous payez la chaleur qui livrée à votre immeuble mais également des frais fixes de développement et d'entretien du réseau. La proportion entre la part fixe et la part variable de votre tarification est très différente. Avec du photovoltaïque sur vos toits, vous payez moins de facture d'électricité et vous percevez des recettes. Mais celui qui les perçoit n'est pas forcément celui qui paie la consommation électrique... Cette question du modèle économique est cruciale pour raisonner de manière équitable et comparer des scénarios. L'ultime critère est celui du montage, des questions organisationnelles. Certaines technologies ou choix de valorisation énergétique sont beaucoup plus complexes à mettre en œuvre que d'autres. Se raccorder au réseau public de gaz est très simple ; mettre en place un réseau de chaleur est complexe.

Ces critères ont été étudiés pour chacune des ressources et technologies de production, chacun des modes de desserte. Après on a établi des scénarios plus précis pour observer les indicateurs tels que l'Énergie Renouvelable et de Récupération (ER&R). Une Énergie Renouvelable c'est par exemple le vent et une Énergie de Récupération, c'est la chaleur que vous récupérez. On observe également les émissions des gaz à effet de serre (GES) dont le CO₂. Et puis, le coût global de la solution.

Le réseau de chauffage urbain à Paris est opéré en délégation du service public par la CPCU (Compagnie Parisienne du Chauffage Urbain). Ce réseau produit de la chaleur de manière centralisée par des usines de production de chaleur qui sont réparties dans Paris et la distribue sous forme de vapeur à haute température. La chaleur livrée par la CPCU est aujourd'hui à 52% d'origine renouvelable. Elle est issue en grande partie l'incinération des

ordures ménagères, avec les usines d'Ivry et Issy-les-Moulineaux... dont la chaleur est récupérée.

L'indice énergétique de la CPCU se décompose aussi en unités de biomasse au bois, notamment avec des « pellets » de bois utilisés à la place du charbon, et puis en gaz, et aussi un apport de 15% de charbon.

Une deuxième ressource énergétique méconnue est l'eau non potable. Paris recèle deux réseaux d'eau : celui d'eau potable qui alimente les appartements et le réseau d'eau non potable qui permet d'arroser les espaces verts et de nettoyer les caniveaux. Plusieurs usines récupèrent l'eau de Seine et la traitent légèrement pour enlever les déchets qui flottent. Elle est ensuite stockée dans de grands réservoirs comme celui de Passy, de Ménilmontant, de Belleville, de Villejuif... pour être distribuée en fonction de la topographie de Paris.

Cette eau non potable a été choisie comme ressource énergétique de base pour Saint-Vincent-de-Paul.

Dans le 14^e arrondissement, le réseau d'eau non potable passe juste à côté de Saint-Vincent-de-Paul, dans la rue. L'eau de Seine a une température moyenne de 12 à 14 degrés dans l'année. C'est donc une source de chaleur, une chaleur fatale inutilisée qu'on peut valoriser en alimentant un réseau de chaleur. Nibal l'évoquera plus précisément.

Une dernière ressource est le soleil, via le photovoltaïque. A travers l'étude de Kairos et MOS, on a essayé d'estimer le potentiel de production d'énergie photovoltaïque de Saint-Vincent-de-Paul, grâce à des panneaux photovoltaïques. On dispose de 5 700 mètres carrés de toiture correctement exposés pour une production de 800 Mégawatt/heure par an. Soit à peu près 45% des 1775 Mégawatt/heure de l'énergie électrique consommée à Saint-Vincent-de-Paul par les logements. Donc nous ne serons pas capables de couvrir 100% de la consommation d'électricité et ce chiffre de 45% n'est envisageable qu'en couvrant intégralement les toitures de panneaux photovoltaïques. Or le projet d'aménagement utilise aussi les toitures pour la gestion des eaux pluviales à faire, ou des terrasses accessibles aux habitants

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Ce qui nous intéresse aussi c'est de voir comment, une fois la stratégie définie, l'aménageur va pouvoir s'assurer que les consommations effectives du nouveau quartier, correspondent aux projections. Des scientifiques, des chercheurs, des doctorants ont établi des systèmes de modélisation précis.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services à P&Ma

L'école des Mines, la Ville de Paris et Paris & Métropole Aménagement se sont retrouvés pour travailler ensemble sur la question énergétique à l'occasion du projet Clichy-Batignolles, un quartier en en fin d'aménagement après dix ans de travaux. Ensemble nous nous sommes intéressés à la performance énergétique des bâtiments une fois livrés. On a donc déployé un grand nombre de compteurs d'énergie, de chauffage, d'électricité dans les nouveaux immeubles afin de mesurer les consommations réelles et d'observer les écarts

par rapport à ce qu'on avait imaginé il y a dix ans. Il est indispensable de comprendre l'origine des écarts constatés et de mettre au point les outils robustes permettant de mieux prédire à l'avenir les consommations énergétiques réelles. Pour aller même plus loin la méthode présentée précédemment consiste à transformer les mètres carrés en Kilowatt/heure en tablant sur les résultats de l'expérience : 20 Kilowatt/heure par mètre carré.

Victor Marty – Jourjon, doctorant à Mines Paris - Tech

Je suis ingénieur de recherche et doctorant. Je travaille notamment sur le projet Cordées avec Ghislain. Le titre de ma thèse est *Modélisation adaptée à l'évaluation des performances énergétiques de quartier*. Le contexte comprend des enjeux globaux de l'énergie. Pour y faire face, on a diverses actions possibles connues à l'échelle du bâtiment comme la rénovation. On veut concrétiser aussi la sobriété et la flexibilité, des notions moins familières. En fait, la première consiste à diminuer les pointes de consommation au fil de l'année et la seconde consiste à lisser les courbes pour que les pointes de consommation aient moins d'influence sur les externalités liées à la consommation.

La rénovation, c'est principalement isoler les bâtiments. La sobriété c'est avant tout baisser les températures, moins consommer, utiliser moins d'appareils électriques etc... Donc, ce sont des actions possibles à l'échelle du bâtiment. Aujourd'hui la recherche s'intéresse de plus en plus aux actions possibles à l'échelle du quartier. On essaye de créer des modèles, pas uniquement à l'aide d'autres modèles mais aussi à l'aide d'expertise. On peut identifier des bâtiments et des actions de rénovation prioritaires, on peut réaliser des économies d'échelle en mutualisant les moyens, on peut utiliser des systèmes de chauffage et de climatisation mutualisés...Ghislain vous a parlé des réseaux de chaleur. Cela permet, entre autres, d'utiliser des systèmes mutualisés comme des pompes à chaleur, qui seront développées d'ailleurs dans le quartier de Saint-Vincent-de-Paul. Ces systèmes puisent l'énergie dans des nappes phréatiques ou dans l'air même... On puisera une certaine quantité d'énergie pour 1 Kilowatt/heure d'énergie consommée et avoir beaucoup plus de capacité de chauffage.

Les modèles permettent d'optimiser et d'étudier la mise en place de ce type de systèmes sur les quartiers, une échelle particulièrement adaptée. Ensuite on peut procéder à l'effacement thermique et l'effacement électrique, des pointes de consommation. On essayera enfin de mener un suivi de performance. De plus en plus de projets sont réalisés à l'échelle du quartier, mais on observe souvent d'importantes dérives. L'idée est de vérifier l'efficacité des projets dans le temps et pas uniquement « sur papier », en phase de conception. Notre méthode de modélisation a pour but d'être générale et applicable à beaucoup de quartiers. Ce schéma présente la méthode théorique. En bas, le déroulement du temps ; la grande flèche au milieu représente une action de gestion d'énergie : action de rénovation, action de sensibilisation, action de flexibilité thermique... En amont de cette action, on construit le modèle et on étudie les scénarios pour répondre à la question " *Si on fait cela qu'est-ce qu'il se passerait ?* " Nous ne disposons pas de suffisamment de cas d'observation pour étudier des scénarios parce-que chaque quartier est spécifique et on ne peut pas trouver un quartier correspondant exactement à celui sur lequel on travaille dans différentes configurations. Donc on fait des modèles pour faire varier les données et constater les résultats.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Ce modèle énergétique est capable de prédire la consommation d'un quartier de manière assez juste et c'est l'intérêt de Clichy-Batignolles, car nous sommes capables de voir ce que cela veut dire une consommation juste du quartier. Ce modèle énergétique est capable de reproduire à 5% près la consommation de tous les logements de Clichy-Batignolles. Mais aussi de voir les écarts au modèle. On connaît la consommation énergétique de Clichy-Batignolles et on peut observer que si on mène une politique de rénovation de tous les bâtiments connectés au réseau de chaleur, la consommation réelle baisse de 30%. On mesure donc l'écart par rapport à la situation résultant de l'absence d'action en ce domaine.

Victor Marty – Jourjon, doctorant à Mines Paris-Tech

C'est exactement ce que représente l'intervalle vert sur la courbe. Le modèle est capable de simuler le quartier, et tester les effets potentiels de différentes actions ou a contrario de l'absence d'action. Cela permet donc d'évaluer l'action, les scénarios et les dérives. Une dérive de consommation par rapport au modèle révèle un problème quelque part, dans les réseaux de chaleur, ou dans les bâtiments...

Pour se rapprocher vraiment de la consommation, une étape de construction du modèle est nécessaire à partir des données de description du quartier et une étape de calibration qui permet d'ajuster un peu les paramètres à partir de données réelles. Les consommations d'un bâtiment peuvent être estimées avec une marge d'erreur de 5%.

Cette approche se confronte à quelques verrous scientifiques. Le premier est le type de modèle utilisé parmi les nombreux possibles. Ensuite, la caractérisation de quartiers très divers aux multiples fonctions et usages (tertiaire, résidentiel, écoles, petit commerce)... Il y a beaucoup de données à modéliser. Enfin, la difficulté de calibrer des modèles à l'échelle du quartier car d'habitude ce travail s'effectue à l'échelle des bâtiments. Le temps de calcul et les moyens informatiques sont donc considérables. Or, on aimerait que le modèle soit applicable par de simples bureaux d'études et pas uniquement des laboratoires avec de grandes capacités de calcul.

C'est une représentation du modèle du quartier Clichy-Batignolles. D'abord on va utiliser des bases de données nationales pour une estimation sur les types de logements, leur taille, le type de personnes qui les occupent... Ensuite, on a des données de construction qui peuvent être fournies par Paris Batignolles Aménagement, les concepteurs, diverses études et d'observations locales et même Google !

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

La différence par rapport à la méthode que je vous ai présentée d'estimation des besoins énergétiques pour faire nos scénarios de desserte énergétique. Nous n'avons considéré que des surfaces en mètres carrés et des ratios de consommation par surface. Ce modèle plus complexe est alimenté avec des données plus élaborées comme les consommations mesurées, l'occupation du sol, ou la formes de bâtiments...

Ce sont les aspects scientifiques de cette modélisation mise au point sur Clichy-Batignolles que nous espérons pouvoir reproduire sur Saint-Vincent-de-Paul. Pour disposer d'un état de référence sur ce que devrait consommer le quartier vu ses caractéristiques formelles, sa population, son occupation... C'est capital afin de vérifier si, d'une part, on s'éloigne de l'objectif et, d'autre part, pour identifier les points où il faut agir pour maîtriser la performance énergétique. Cet outil fait partie de ceux qu'on imagine être à la disposition du gestionnaire du quartier de Saint-Vincent-de-Paul, c'est-à-dire la personne qui sera garante des performances énergétiques et environnementales du quartier dans le temps. À elle de vérifier qu'on ne s'éloigne pas trop de ce qui aura été conçu lors de la définition de la stratégie énergétique.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Deux questions. Quelles actions correctives peut-on mettre en place ? Ensuite, ce modèle, nécessite que le quartier existe pour être mis en route, avec des données objectives d'observation. Donc en l'état, on ne peut pas le faire tourner à Saint-Vincent-de-Paul.

Victor Marty – Jourjon, doctorant à Mines Paris-Tech

Le modèle fonctionne en deux phases. Il se construit à partir d'un minimum de données de construction, mais plus il a des données, plus il est capable de s'enrichir au fur et à mesure. On peut partir d'un modèle assez simple avec des données telles que le plan, les idées qu'on a du quartier pour faire l'étude des scénarios et envisager les possibilités dans chaque situation. Une fois le quartier construit, il est toujours différent de ce qui était prévu... On utilise alors des données de calibration pour corriger les résultats. Rien n'empêche de l'utiliser pour anticiper et aider à la planification des outils qui seront utilisés.

Qu'est-ce-qu'on peut faire pour diminuer la consommation du quartier ? Cela dépend beaucoup du quartier. Pour les quartiers neufs, comme Clichy-Batignolles, ce sont surtout les problèmes au niveau des réseaux de chaleur et des sous-stations qui ont induit des niveaux de température trop hauts qui empêchaient l'utilisation des pompes à chaleur. Deux exemples :

- le premier est une question de réglage. Les bâtiments raccordés au réseau de chaleur sont mal réglés, et n'exploitent pas tout le potentiel du réseau voire même ils en perturbent le fonctionnement. Régler un bâtiment, c'est intervenir dans sa chaufferie centrale et de régler la force des pompes... Ce sont vraiment des histoires de plomberie... Première action de maîtrise de la demande en énergie : si on règle les sous-stations, le réseau de chaleur fonctionne beaucoup mieux.
- le deuxième, testé à Clichy-Batignolles, est une question de coaching énergétique et d'accompagnement. Un cabinet spécialisé a fait du porte -à-porte dans les nouveaux appartements pour sensibiliser les habitants. « Bonjour, est-ce-que vous voulez sauver la planète ? Est-ce-que vous voulez apprendre des éco-gestes ? » En général, ces apports à l'environnement grâce à des outils de psychologie sociale sont étonnants. Ils parviennent très bien à cibler ceux qui sont convaincus et ceux qui sont réfractaires et obtiennent de bons résultats même avec ces derniers. Sur 1000 logements, 600 logements ont ces écogestes, ce que je trouve personnellement très rassurant. Le modèle permet de mesurer l'efficacité de ces actions, et de lire dans les consommations énergétiques leurs effets.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

En pratique, les prévisions initiales au moment de la définition de la stratégie énergétique s'avèrent toujours erronées, avec des écarts entre consommation réelle et estimée ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Au début, j'ai montré que plus le bâtiment est isolé, plus la part des usages est importante. On est toujours déçu par les performances réelles d'un bâtiment par rapport à ce qu'on imaginait parce-que c'est la grande liberté des gens. On ne peut pas agir sur les comportements aussi facilement. Dans un quartier où les gens prennent beaucoup plus de douches que ce qu'on avait imaginé, on se trompe forcément dans les prévisions énergétiques. Ce qui est vraiment intéressant à Clichy-Batignolles, c'est qu'on est à plus de 150% par rapport aux prévisions... Mais, quand même quatre fois mieux que la moyenne des logements construits. Donc ce n'est pas si grave de ne pas atteindre les objectifs. On a fait un benchmark de tous les écoquartiers européens construits. On apparaît en rouge avec le plus grand écart avec l'objectif initial, mais quand même les premiers par rapport à tout le reste.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Même après les actions correctives menées ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

On était alors au stade expérimental pour les actions correctives. L'avenir nous le dira à Clichy-Batignolles. La dimension temporelle est cruciale parce que le quartier ouest de Clichy-Batignolles, côté du parc Martin Luther King, a été livré en début 2018, date de début des mesures de performance énergétique des bâtiments. On voit des écarts importants, mais beaucoup sont liés à la mise en route du quartier, les deux premières années. Comme le rodage d'une voiture, les 15 000 premiers kilomètres... La performance énergétique n'est pas forcément au rendez-vous, d'une part parce-que les systèmes ne sont pas tous bien réglés, équilibrés etc... Par exemple, nous sommes allés voir une copropriété pour leur dire qu'il y avait un problème avec leur chaufferie. Le promoteur devait passer pour l'équilibrage de la chaufferie et dans l'attente toutes les pompes étaient réglées au maximum. En litige avec lui, la copropriété ne voulait rien toucher. À Saint-Vincent-de-Paul, une des réponses concrètes aux promoteurs qui viennent construire des bâtiments c'est de leur imposer d'assurer une présence deux ans après la livraison du bâtiment afin de corriger tous les dysfonctionnements initiaux observés à la mise en route d'un bâtiment. Ils sont obligés de rédiger un rapport sur les performances énergétiques réelles du bâtiment après deux saisons de chauffe.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Comment on va procéder à Saint-Vincent-de-Paul ? Nibal, vous êtes en charge du conseil sur le montage opérationnel. Votre mission est d'assurer la qualité des services, la maîtrise des coûts de cette future solution énergétique pour le quartier. Que proposez-vous dans ce nouveau quartier ?

Nibal el Alam, co-fondatrice de Kairos Ingénierie

Effectivement, nous avons eu la charge de la partie « études de faisabilité » des différents scénarios pressentis avec une dimension technique, économique et organisationnelle du montage. Je vais vous présenter la solution choisie après avoir étudié au moins cinq scénarios. Il s'agit du raccordement au réseau d'eau non potable de Paris complété par le raccordement au réseau de chaleur de la CPCU. Il a été retenu au terme d'une analyse multi-critères d'acceptabilité sociale, de simplicité d'insertion urbaine, environnementaux et de coût. Il n'y a pas que l'investissement qui compte mais c'est le coût complet dans la durée qui est important. Quelques éléments de définition sur le réseau de chaleur. Ce qui le détermine ce sont les canalisations et une production centralisée. L'énergie est produite à partir de plusieurs équipements centralisés. Ils ne se trouvent donc pas au pied d'immeuble comme dans le cas du chauffage collectif. C'est un chauffage collectif à l'échelle de la ville ou de plusieurs quartiers de la ville. Ce réseau dessert plusieurs bâtiments qui appartiennent à des personnes différentes. Il constitue un service public de vente de chaleur à différents clients abonnés au réseau. Ce service public va s'arrêter au pied d'immeuble, limite du service public, avec une sous-station, un échangeur de chaleur qui permet au réseau public de délivrer sa chaleur au réseau intérieur de l'immeuble. En matière de réseau de chaleur, les deux tiers de la consommation incombent au résidentiel. Ce sont des infrastructures souterraines, peu connues en France. Quand on paie sa facture de chauffage collectif on ignore fréquemment sa nature. Or, il y a plus de 760 réseaux de chaleur en France, recensés grâce à l'enquête annuelle du SNCU (Syndicat National du Chauffage Urbain). Principalement dans le nord et l'est à cause des conditions climatologiques. Une centaine se trouve en Ile-de-France avec plus de 5 000 kilomètres de canalisations et 2 millions d'équivalents logements desservis. 25 Terawatt/heure ont été livrés en France en 2017. À lui tout seul, le réseau de la CPCU représente 5 Terawatt/heure. À notre sens ce sont vraiment les meilleurs outils pour développer les énergies renouvelables avec une production décentralisée. En France, les réseaux se sont construits après-guerre et ont été des outils du réaménagement du territoire. Initialement, ils étaient alimentés par des centrales de charbon puis sont passés au gaz. Aujourd'hui, ils utilisent une énergie renouvelable comme de la biomasse. Si ce réseau de chaleur n'avait pas préexisté, on aurait pas recouru à la biomasse, en tout cas, dans des zones urbaines denses comme Paris, plus grand réseau français devant Grenoble. Sur le graphique, on remarque la montée en puissance des énergies renouvelables au sein des réseaux de chaleur devenus multi-énergies, avec deux ou trois énergies combinées.

Bien souvent, une énergie renouvelable et une énergie fossile qui assure l'appoint et le secours en cas d'arrêt. C'est aussi pertinent pour des raisons économiques car cela permet de ne pas sur-dimensionner les équipements, beaucoup plus onéreux à l'achat. Quand vous êtes en électricité, vous êtes en chauffage appelé individuel et quand vous êtes en réseau de chaleur, vous utilisez des énergies capables de produire de l'énergie thermique et non pas l'énergie électrique. Si par exemple vous voulez raccorder à du chauffage urbain un bâtiment aujourd'hui tout électrique c'est un peu compliqué car cela implique de créer un réseau de desserte à l'intérieur de l'immeuble.

D'où la souplesse et la résilience du réseau de chaleur qui permet cette évolutivité dans le temps et l'intégration, au fur et à mesure, d'énergies renouvelables complémentaires. Aujourd'hui, en France, 83% des réseaux sont alimentés par une énergie verte et les 17% restants représentent seulement 12% des consommations. Le bouquet énergétique global

d'Enzo est fait pour 56% d'énergies renouvelables. Au-delà de la question environnementale, les réseaux de chaleur ont d'autres atouts parmi lesquels un service clé en main continu. L'opérateur du chauffage urbain de service public produit de la chaleur 24h/24 et 7j/7. Quand l'abonné souscrit une police d'abonnement avec l'opérateur du chauffage urbain, il n'a plus à s'inquiéter de l'entretien de sa chaudière ou de son renouvellement. La sous-station au pied de son immeuble est entretenue directement par l'opérateur du service public. À long terme, — et c'est le meilleur allié contre la relativité des prix — on peut changer et améliorer son réseau.

Enfin l'ancrage local des ressources à partir du moment où on utilise des énergies renouvelables locales donc non délocalisables et qu'on fait appel à la main d'œuvre locale. Finalement, quand on parle des ressources énergétiques, on peut aussi parler des ressources humaines. En termes de fiscalité également, il faut être conscient que quand on se raccorde à un réseau de chaleur, on va avoir une facture énergétique qui, classiquement, comprend une part variable en fonction de la consommation et une part fixe qui correspond à l'abonnement au réseau de chaleur de manière systématique. Cet abonnement est soumis à une TVA réduite à 5,5% et à partir du moment où le réseau comprend plus de 50% d'énergies renouvelables dans son bouquet énergétique, la partie variable est également soumise à une TVA réduite à 5,5%. C'est tout l'avantage des réseaux de chaleur. Alors pourquoi a-t-on choisi la solution du réseau d'eau non potable d'eau de Paris complétée de celui de la CPCU ? Il y avait une évidence, les deux réseaux étaient présents à l'entrée pied du quartier : la proximité et la disponibilité de ces sources en ont fait le scénario privilégié. Ce qu'on a imaginé, c'était l'utilisation prioritaire du réseau d'eau non potable et le complément et le secours par la CPCU. Si on parle de mix énergétique la couverture des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire sur le quartier de Saint-Vincent-de-Paul sera à 60% des calories prélevées sur le réseau d'eau non potable et à 40% l'appoint par la CPCU. Étant donné que la CPCU c'est déjà plus de 50% d'énergies renouvelables, c'est en définitive, 80% d'énergies renouvelables sur le quartier. L'avantage est que la CPCU, grâce au dimensionnement des installations, pourra également assurer l'appoint et le secours en cas d'indisponibilité du réseau d'eau non potable. De manière plus technique, on a représenté à gauche un plan du quartier : à l'entrée du quartier, il va falloir créer une interface qui permette d'une part de récupérer la chaleur du réseau de la CPCU qui transporte l'énergie sous forme de vapeur à très haute température et, d'autre part, d'amener l'eau du réseau d'eau non potable qui est entre 10 et 15 degrés. Ces écarts de température à l'entrée dans Saint-Vincent-de-Paul nécessitent de convertir ces énergies et les ramener à une température compatible avec la basse consommation des bâtiments. Cette interface va se situer dans un local technique au pied d'immeuble — bâtiment Denfert ou bâtiment Robin c'est à préciser en fonction des phases des travaux. L'interface, est une sorte d'échangeur pour la CPCU qui va permettre de transférer la chaleur de haute pression à basse pression. Il y aura également dans ce local technique une pompe à chaleur qui va permettre de remonter en température les calories prélevées sur le réseau d'eau non potable. Donc on va prélever à 10 ou 15 degrés pour remonter la température jusqu'à 70 degrés. On prélèvera sur le réseau d'eau non potable à l'entrée du quartier, côté Denfert et on la restituera au réseau d'eau non potable côté Raspail en essayant d'éloigner le plus possible le point de prélèvement et celui d'injection pour ne pas réutiliser de l'eau froide à l'entrée du quartier. Au sein du quartier même, il y aura ce qu'on appelle classiquement un réseau basse température qui va circuler sous la voirie et arrivera au pied de chaque bâtiment. La partie réseau primaire du service public qui va passer sous la voirie sera gérée

par la CPCU, concessionnaire du chauffage urbain de la ville de Paris. Elle dispose d'un droit d'exclusivité de passage des canalisations sous la voirie publique ainsi que d'un droit préférentiel, car elle est la mieux placée pour assurer cette distribution. Au pied de l'immeuble au niveau des postes de livraison, le réseau primaire va délivrer sa chaleur au réseau secondaire interne à l'immeuble. Chaque client devra souscrire un abonnement avec la CPCU et l'intégralité des besoins thermiques notamment le chauffage et l'Eau Chaude Sanitaire seront assurés par ce biais. Il y aura également un compteur de chaleur en sous-station qui va permettre à la CPCU de facturer à son client. Ce qui est important à savoir, l'individualisation des frais de chauffage, grâce à des répartiteurs des frais de chauffage, qui permettra à chaque logement de connaître sa consommation et de payer en fonction. D'un point de vue économique, il est vrai que ces équipements ont une forte intensité capitalistique comme c'est le cas de tous les ouvrages en matière d'énergie renouvelable. Il y a plusieurs entités, donc la question est de savoir qui porte quoi ? Tout en sachant qu'il y aura des investissements liés au raccordement au réseau d'eau non potable, d'une part, et un raccordement au réseau de la CPCU, d'autre part. Au-delà de cette interface à l'entrée du quartier, il y aura le réseau ainsi que les sous-stations à créer. On a chiffré globalement cet investissement entre 1.5 et 2 millions d'euros. Les abonnés qui vont souscrire à une police avec la CPCU bénéficieront de son tarif : il n'y aura pas un surcoût pour l'abonné lié à la qualité des ouvrages réalisés. Enfin, on a réfléchi à la question du gestionnaire du quartier. La dimension participative est forte à Saint-Vincent-de-Paul et on s'est posé la question sur la manière d'impliquer les habitants dans la question de l'énergie et de sa gestion. Est-ce que ce gestionnaire doit être un opérateur énergétique ou un autre acteur ? Opérateur énergétique signifiant distributeur et fournisseur d'énergie ou producteur d'énergie. Malgré notre souhait d'être innovant en la matière, on a été confronté à la réalité contractuelle d'exclusivité de la CPCU pour la desserte des canalisations sous la voirie. Donc la première contrainte est liée à la distribution, mais la production, en revanche, pourrait être prise en charge par un opérateur de quartier. Il y a Eau de Paris, d'un côté, qui vend l'eau, et d'un autre côté, la CPCU qui va vendre l'énergie. Un opérateur de quartier risque de se trouver coincé entre les deux, lui qui va devoir transformer chacune de ces énergies en énergie à 70 degrés afin de la distribuer sur le réseau. C'est compliqué d'un point de vue technique, car il va supporter le risque de produire une énergie selon un mix énergétique 60% - 40% alors qu'il maîtrise pas le bout de la chaîne... Or, l'habitant n'a pas forcément envie de s'inquiéter des questions de production d'énergie. Cependant, la question d'usage, du suivi et de la contractualisation est peut-être plus pertinente et on peut bénéficier aussi des retours d'expérience de Clichy-Batignolles. Certes, la conception sera un élément indispensable et il va falloir être performant dès la conception de la sous-station et des émetteurs à installer dans les bâtiments : ce sont les données d'entrée. Si la conception n'est pas bonne, on aura du mal à rattraper l'usage ! Il y aura une interface entre les différents acteurs à bien organiser, ensuite, à l'usage, le comportement et l'anticipation qu'on peut avoir grâce à l'outil de mobilisation qui est en phase de test pour vérifier sa robustesse et sa répliquabilité sur d'autres quartiers. Donc l'usage et le comportement feront une grande différence et le gestionnaire du quartier pourrait avoir un rôle d'accompagnement.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Vous avez inventé un nouveau métier quelque part ?

Nibal el Alam, co-fondatrice de Kairos Ingénierie

On a cherché à l'inventer mais finalement on s'inspirera de ce qui est fait aujourd'hui à Clichy-Batignolles, parce qu'à l'échelle du quartier la production d'énergie est un peu trop réduite pour permettre une solution originale.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Ces installations techniques complexes ont un coût. Qui l'assume et quel est le bénéfice économique pour l'utilisateur ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

C'était tout l'intérêt de raisonner en coût complet quand on compare les différents scénarios. Pas simplement regarder le coût d'investissement mais aussi le coût de fonctionnement. Mais qui supporte les coûts ? Isoler « plus plus » un bâtiment par rapport à isoler « plus », cela représente un surcoût de construction porté par le promoteur. Construire un réseau de chaleur est un surcoût d'investissement porté par l'opérateur énergétique, mais l'opérateur énergétique doit se retrouver dans ses consommations...Donc raisonner en coût complet permet de ne pas comparer des choux et des carottes et de raisonner sur une base de dépense annuelle par logement permettant des comparaisons. Après, le financement du réseau de chaleur est assez simple : l'opérateur qui va construire le réseau, la CPCU, fait un business plan de son installation. Elle va financer une partie de l'investissement de 2020 avec les recettes des nouveaux abonnés... Cela sera pas suffisant parce qu'un quartier comme Saint-Vincent-de-Paul consommera finalement assez peu — si on fait bien notre job — avec des bâtiments très performants, les gens ne vont pas consommer beaucoup de chaleur. Les recettes pour la CPCU ne compenseront pas l'important investissement. L'investissement ne sera pas porté par l'utilisateur car on ne va pas faire monter le prix pour les abonnés de la CPCU. Cela sera nécessairement une contribution de l'aménageur, éventuellement des promoteurs qui financeront une partie des investissements liés aux postes de livraison dans leurs opérations. En effet, les réseaux de chaleur sont considérés comme un levier de transition énergétique, et on espère bien être soutenu par le Fonds Chaleur, des subventions publiques de l'ADEME, l'agence publique de maîtrise de l'énergie. À Clichy-Batignolles le réseau de chaleur avait été subventionné par elle de manière importante ce qui a permis de couvrir les investissements. On espère bénéficier de subventions publiques également sur le projet de Saint-Vincent-de-Paul. Implanter un réseau de chaleur c'est coûteux parce qu'il faut ouvrir des tranchées et poser des tuyaux. Tout le monde déteste les travaux à Paris parce qu'on est en extension de chauffage urbain... Ce qui est génial quand dans un projet de réaménagement c'est que de toutes façons on refait les rues : une fois la tranchée ouverte, mettre un tuyau de plus ce n'est pas ce qui coûte cher. Le surcoût d'investissement est bien moindre. Donc c'est vraiment une opportunité à ne pas rater.

Laurence Duffort, directrice du CAUE de Paris

Une fois tous ces investissements mis en œuvre, comment assurez-vous, vous aménageur, que les promoteurs qui vont acquérir les futures parcelles jouent le jeu et vont investir dans la sous-station qui permettra de raccorder l'immeuble ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

On est idéalistes, on mise sur leur bonne foi ! Mais aussi parce qu'on est réalistes et on mise sur leurs portefeuilles, puisqu'on séquestre au moment de la vente des terrains une somme importante sur un compte bloqué chez le notaire, de l'ordre de 4% du produit de la vente. C'est ce qu'on appelle techniquement la garantie à première demande. Il suffit qu'on demande au notaire de verser la somme, il le fait. Donc, cette somme est restituée au promoteur à la fin de l'opération, si et seulement si, il a respecté un certain nombre d'engagements écrits dans l'acte de vente. Ce qu'on appelle le séquestre environnemental. On l'a expérimenté à Clichy-Batignolles, ce qui a très bien marché, avec une grande motivation. Quand vous avez 4% de la vente d'un terrain, cela fait quand même beaucoup d'argent, vu le prix des terrains. À Saint-Vincent-de-Paul, on a repris ce système de séquestre mais on l'a étendu en le rendant de plus en plus exigeant. On ne rendra pas simplement l'argent séquestré à la livraison du bâtiment mais deux ans après, quand la preuve sera apportée que toutes les obligations en matière de performance énergétique ont été respectées, y compris sur la base des performances réelles, des réglages des sous-stations, des systèmes etc...

Laurence Duffort, directrice de CAUE de Paris

Alors, j'imagine que les questions sont nombreuses donc on va vous laisser la parole.

Un participant

Ne laisse-t-on pas de côté les 60% de bâtiments patrimoniaux réhabilités dans cette ambition de maîtrise énergétique ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

La référence au label Maison Passive fixée pour le scénario 2 que je vous ai présenté, et qui consiste à faire l'isolation « plus plus », n'est pas simplement valable pour le neuf, mais également pour les opérateurs qui vont rénover les bâtiments. Bien évidemment, vous ne pouvez pas atteindre les mêmes niveaux de performance avec un bâtiment en rénovation qu'avec neuf, en valeur de Kilowatt/heure par mètre carré... Quand on construit un bâtiment neuf, on peut en faire un bunker avec l'étanchéité maximum et cela marchera bien. Cependant, en rénovation c'est beaucoup plus difficile, mais avec les nouveaux procédés d'isolation, vous pouvez atteindre des niveaux de performance tout à fait honorables. Les Allemands avec Passivhaus, ont fait deux labels, un pour le neuf (0.6 d'étanchéité) et un pour la rénovation EnerPhit. Ses niveaux de consommations sont un peu supérieurs, mais restent très ambitieux. Les bâtiments rénovés à Saint-Vincent-de-Paul n'auront pas à rougir par rapport à des constructions neuves. L'isolation se fait dans le respect de toutes les contraintes puisqu'un projet d'aménagement doit optimiser les contraintes. On ne collera pas de la laine de verre sur l'extérieur des bâtiments patrimoniaux car il faut garder une unité architecturale. Donc on fait l'isolation par l'intérieur ce qui est une contrainte pour celui qui va rénover parce-qu'il faut qu'il traite les ponts thermiques... et donc on ne laisse pas de côté les 60% dont vous parlez.

Une participante

Vous avez beaucoup parlé de chaleur, est-ce que vous pouvez parler de la fraîcheur ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Le froid c'est le rafraîchissement actif. Le travail sur la performance énergétique doit aussi avoir pour conséquences de réfléchir aux besoins de climatisation. Climatiser consomme beaucoup d'électricité, et la limitation de cette consommation fait partie des exigences liées à la Maison Passive. Avoir chaud en hiver mais aussi avoir frais en été. Des bâtiments avec une forte inertie sont capables de conserver longtemps la fraîcheur pendant les vagues de chaleur, et aussi d'avoir des systèmes de rafraîchissement qui ne soient pas de la climatisation mais de la ventilation naturelle. Par exemple à Clichy-Batignolles, on avait interdit la climatisation dans les bâtiments y compris les immeubles de bureaux habituellement climatisés. On était donc soucieux de savoir comment s'étaient passés les deux derniers étés caniculaires. Et finalement les retours des utilisateurs sont très bons. Ils s'étonnent d'avoir de la fraîcheur sans climatisation avec des systèmes un peu rustiques, des bâtiments conçus pour être traversant, des courants d'air, l'utilisation de geo-cooling (le rafraîchissement par les caves, le sol etc...). Le label Maison Passive ce n'est pas que le confort d'hiver mais aussi le confort d'été. Je viens de donner la réponse au niveau du bâtiment, mais il y a aussi la réponse au niveau du quartier. Un logement où on a trop chaud c'est aussi un quartier qui surchauffe. Pour abaisser la température, on a inventé une machine technique très performante qui s'appelle l'Aqua qui climatise naturellement les espaces. Le projet d'aménagement de Saint-Vincent-de-Paul a une grande partie végétale, pas seulement par goût du vert mais aussi dans le but de lutter contre l'îlot de chaleur urbain. On a vu dans le cadre d'expérimentations à Paris, qu'on fait couler de l'eau dans les caniveaux pour le rafraîchissement... Le réseau d'eau non potable dont on va récupérer les calories pour produire de la chaleur servira aussi à l'arrosage de l'espace vert. La présence de l'eau dans le quartier en plus de la présence du végétal sert à lutter contre la chaleur.

Une participante

Il semblerait qu'à partir d'une certaine température assez élevée, il faisait chaud aussi dans l'espace végétal et j'avais l'impression que l'eau, comme les fontaines, rafraîchissait et prenait le relais...

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

En effet, la place de l'eau et la place du végétal dans le nouveau quartier paraissent comme une évidence pour les raisons que vous dites. On va essayer de le mesurer, car on est en train de bâtir la stratégie. Objectiver ce ressenti afin de comprendre quelle est la contribution des aménagements extérieurs de Saint-Vincent-de-Paul à la lutte contre les îlots de chaleur urbain. Les approches de modélisation sont importantes puisqu'on peut mettre des thermomètres à Saint-Vincent-de-Paul, mais il faut également le comparer à un état de référence et voir dans un quartier minéral, ce qu'aurait été la température ressentie ?

Un participant

En ce moment au niveau européen et dans le monde de recherche, la préoccupation c'est qu'on a pas la limite par l'efficacité énergétique, donc ce n'est plus la sobriété énergétique, un indicateur qui est souvent utilisé à la fois dans les scénarios et dans les modèles c'est la consommation par habitant et non pas seulement en mètres carrés ou par logement. Cela explique aussi l'écart que vous trouvez dans les consommations réelles et les

consommations modélisées ou dans les scénarios. Je ne pense pas qu'on peut juste réagir sur le comportement parce que c'est aussi l'occupation par mètre carré qui est en question et justement la question de la sobriété énergétique maintenant est de plus en plus intégrée dans tous les scénarios énergétiques pas seulement dans le cas d'écoquartiers mais aussi les modèles qu'on est en train de construire pour la prévision énergétique.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Tout à fait, c'est un exercice intéressant et il me fait rappeler le cas de Clichy-Batignolles, où on observait des ratios aberrants en consommation d'énergie par mètre carré sur certains bâtiments. En fait, on s'est aperçu que les taux d'occupation des logements n'étaient pas du tout ce qu'on imaginait et qu'il y avait beaucoup plus de monde, notamment avec le développement du télétravail qui implique que les gens restent dans leur logement et bien évidemment la consommation énergétique s'en ressent.

Une participante

Je voulais demander si l'hôpital de Saint-Vincent-de-Paul était relié au réseau de la CPCU à l'époque ? Et est-ce que le projet actuel d'écoquartier à Saint-Vincent-de-Paul récupère des canalisations ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

En tout cas la CPCU au moment de débrancher l'hôpital a pris toutes les mesures conservatoires pour minimiser le coût de branchement du nouveau quartier. Après, il faut bien voir que le réseau qu'on met en place est connecté à la CPCU, mais les canalisations qui vont passer sous les trottoirs à l'intérieur du quartier, ce ne sera pas de la vapeur à 200 degrés mais de l'eau à 55 degrés ce qui est quand même très différent.

Un participant

Je comprends qu'il y a une certaine concurrence ou compétition entre la CPCU et Eau de Paris, c'est faux ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Ce n'est pas du tout le cas parce qu'ils ne font pas les mêmes métiers : un distribue de la chaleur et l'autre de l'eau potable. Par exemple à Clichy-Batignolles, Eau de Paris a fait un puit à 700 mètres sous terre pour chercher de l'eau afin de s'en servir en cas de crise majeure de l'eau potable en Ile-de-France ce qui permettrait d'alimenter le réseau de Paris. Donc, à cette occasion, elle avait mis une pompe à chaleur afin de produire de la chaleur, et c'est ainsi qu'ils ont inventé un nouveau métier qui est la production de la chaleur.

Un participant

Je n'ai peut-être pas compris quand on a dit Eau de Paris à 60%...

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Eau de Paris, c'est la pompe à chaleur sur l'eau non potable qui fournit 60% des calories utilisées dans l'année, autrement dit, les 60% des besoins énergétiques. Si vous vous souvenez du chiffre, c'était 2000 Mégawatt/heure, ce qui veut dire que 60% qui proviennent de la pompe à chaleur et 40% qui proviennent du réseau de vapeur de la CPCU.

Une participante

Le gestionnaire du quartier, je voyais plutôt une entité et non une personne, qui allait s'occuper des locations de voitures.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Le nom est le même, mais on ne parle pas du gestionnaire du quartier de Saint-Vincent-de-Paul, on parle de la figure d'un gestionnaire du quartier en général. Par contre, le gestionnaire du quartier de Saint-Vincent-de-Paul au nombre de ses missions pourrait avoir une mission générale de pédagogie environnementale et d'accompagnement sur les usages pas simplement énergétiques mais aussi la gestion des eaux pluviales, la mobilité au niveau des voitures etc...

Une participante

J'ai une question par rapport aux modèles qui outre prévoir les consommations énergétiques servent aussi à les évaluer. Qui est-ce qui observe ces consommations énergétiques sur le long terme ? L'aménageur, a priori, il va partir à un certain moment... D'après ce que j'ai compris, vous avez géré ces problèmes relatifs aux consommations réelles avec la séquestration environnementale. Donc, qui utilise le modèle sur le long terme ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

C'est là je pense qu'on invente un nouveau métier. À l'échelle d'une grande ville comme Paris, ce métier de facilitation énergétique, la capacité à faire le lien entre les phénomènes liés à l'énergie qui sont la production de la chaleur par un réseau de chaleur qui dysfonctionne quand l'eau est trop chaude, des réglages de bâtiments, des baisses de charges pour les locataires etc...Il y a de la place pour une politique publique d'accompagnement de la maîtrise de la demande en énergie. D'un côté il y a les opérateurs énergétiques qui produisent et de l'autre les consommateurs. Sur le projet de Clichy-Batignolles, on a pu expérimenter cette figure de facilitateur dans le cadre d'un projet européen, financé pendant trois ans. On a créé une association entre la ville et le consortium également ouverte à des opérateurs énergétiques et aux bailleurs sociaux afin de continuer à travailler dans l'exploitation des données.

La question c'est aussi celle du modèle économique de cette activité, comment est-ce qu'on paie le temps que passe le facilitateur car il ne se rémunère pas uniquement par des subventions publiques mais aussi par une activité propre. Il y a un tiers de confiance quelque part qui devrait, dans les métropoles, avoir pour fonction de faire le lien, d'aiguillonner là où il peut améliorer la performance énergétique et d'être le garant à long terme. C'est peut-être l'opérateur énergétique ou le concessionnaire du chauffage urbain qui aura cette tâche demain dans ses missions, mais, aujourd'hui, personne ne le sait et donc les gens expérimentent. Vous verrez sur tous les grands projets urbains à Paris, Lyon, Marseille... Tout le monde tourne autour de la même question, comment est-ce qu'on passe de la dichotomie : j'aménage, je livre et le projet vit sa vie... à la réflexion suivante : j'aménage, je suis la vie du projet et puis je m'adapte.

Une participante

Étant donné qu'il y a la question du coût, est-ce que c'est reproductible notamment dans les villes où il y a moins de pression foncière ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Qu'est-ce qui est reproductible, le réseau de chaleur ?

Une participante

Non, plutôt le tiers de confiance, l'espèce de « chantage » via la séquestration environnementale.

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Moi, je distingue le chantage de la séquestration environnementale qui est pour moi de l'ordre juste du prolongement du métier d'aménageur. Comment on se donne des outils pour que les choses se passent bien au départ ? À celui du facilitateur en marche courante d'un quartier. Dans un quartier, les performances énergétiques se construisent tous les jours et donc comment pourrait-on faire un diagnostic sur un quartier particulier qui est dans l'ancien etc...Et c'est là où je pense qu'il peut y avoir des choses reproductibles, maintenant qu'on les a amorcées avec de l'argent européen et à l'occasion d'un projet d'aménagement comme celui-ci dans les villes riches comme Paris, on peut tester des choses et manipuler beaucoup de données... Mais comme l'a montré Victor, cela peut fonctionner avec très peu de données en low cost, avec 150 euros pour acheter des données de l'INSEE et les données d'occupation du sol, ce qui peut même être gratuit en open data. Finalement on peut dire qu'avec très peu de données, on peut avoir un diagnostic énergétique du quartier afin de cibler la ou les actions qui seront les plus efficaces. Et cela est reproductible dans une ville pas très riche.

Un participant

(Question Inaudible)

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

C'est le coût. À Clichy-Batignolles c'était possible de creuser à 700 mètres de profondeur parce qu'il y avait 500 000 m² de construction, 54 hectares, une masse critique qui permet d'aller forer. Ici on est à 60 000 m²...Le réseau de Clichy-Batignolles a coûté 12 millions d'euros, c'est beaucoup car là on parle de 2 millions. Pour être opérationnel sur un projet de géothermie où il faut des autorisations, il faut forer à 700 mètres... Encore une fois, c'est une question d'économie globale, c'est à dire qu'on est exemplaire sur la gestion de l'énergie, sur le végétal dans la ville, sur la gestion des eaux pluviales...Si on additionne tous ces coûts, cela se répercute sur les charges foncières et sur le coût de construction. Et là, la solution qu'on retient est très innovante car cela n'a jamais été fait d'utiliser les réseaux d'eau non potable comme source froide pour une pompe à chaleur. Il y a quelques exemples pour les immeubles de bureaux à Paris qui sont rafraîchis en rejetant des calories sur le réseau d'eau non potable, donc c'est l'inverse. Mais, il n'y a pas d'exemples d'utilisation du réseau d'eau non potable de cette manière. On ne l'a pas : en 2017 on a fait un appel à contribution innovante sur les questions d'énergie, une sorte d'appels à idées pour les projets des opérateurs etc... Parmi les réponses, celle d'Eau de Paris, qui aimerait expérimenter — puisqu'à Paris on a la chance d'avoir ce réseau — les usages de l'eau non potable comme flux calorporteur, soit de l'eau qui peut transporter de la chaleur soit pour rafraîchir, soit pour chauffer... Donc il faut qu'on réfléchisse à la manière de tester cela sur le projet de Saint-Vincent-de-Paul car c'est très innovant mais ce n'est pas simple à faire.

Un participant

J'ai une petite question à cheval entre la modélisation et les usages puisque quand vous avez présenté les graphiques du début, on ne voit pas apparaître les besoins de cuisson, donc je prends l'exemple de schéma directeur d'énergie de la métropole de Lyon, ils ont modélisé la cuisson qui n'était pas un poste si négligeable que ça. Est-ce que c'est une chose qui a été pensée ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

Il n'y a pas de gaz sur le réseau de secteur. Du coup, la cuisson est incluse dans l'électricité spécifique qui est l'électricité qui n'est pas utilisée pour le chauffage ou pour l'eau chaude sanitaire...Donc c'est l'électricité de tous les usages comme l'éclairage, la ventilation, les équipements électroménagers y compris la cuisson.

Une participante

Je voulais savoir ce que vous avez prévu en matière de recharge en électricité soit pour des véhicules électriques, soit pour les scooters ou utilitaires électriques ?

Ghislain Mercier, responsable ville durable et nouveaux services, P&Ma

On a anticipé le sujet, mais à Saint-Vincent-de-Paul, on ne construit pas de places de parking sous les bâtiments puisqu'ils sont déjà là et on ne va pas creuser des parkings sous des bâtiments réhabilités. Les places de parking sont concentrées dans une centrale de mobilité qui est dans le bâtiment Denfert et qui fait l'objet d'une consultation actuellement en cours. Donc on a intégré au programme du promoteur qui construira le bâtiment Denfert (logements et équipement public privé d'intérêt général) la réalisation d'une centrale de mobilités dont on liste les fonctions. Une d'elles est justement de pouvoir assurer la recharge des véhicules électriques de tout type. Mais on ne crée pas de parking pour éviter que la voiture pénètre à l'intérieur de l'enclos. Au sujet de la recharge, vous avez tous connu le système Autolib déployé à Paris. Depuis sa fin, les bornes étaient éteintes et inutilisées. La Ville de Paris a entrepris deux démarches successives : ouvrir un certain nombre de stations Autolib à la recharge de véhicules électriques simples et déployer de nouveaux systèmes de véhicules partagés, en partie électriques, sur les autres stations que vous avez peut-être vues depuis quelques semaines. À nouveau, il y a des voitures pour faire de la recharge et de l'autopartage grâce aux anciennes stations Autolib qui s'appellent Mobilib maintenant.