
INCIDENCES SUR LES CHOIX DE CONCEPTION ET D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

Après avoir identifié les procédures mises en place pour répondre aux enjeux de l'énergie dans les trois projets urbains, nous cherchons dans ce chapitre à déterminer l'importance donnée à ces enjeux dans les choix de conception. Dans un premier temps nous nous intéressons aux choix de conception urbaine pour apprécier l'influence des préoccupations énergétiques sur le dessin du plan masse (1.1) et la conception de l'éclairage public (1.2). Nous discuterons ensuite du recours dans les trois projets urbains aux leviers d'amélioration de la qualité énergétique d'un quartier (1.3) que nous avons identifiés dans le CHAPITRE 2. Dans un second temps, nous comparerons les prescriptions formulées dans les opérations d'aménagement pour encadrer les projets architecturaux (2). La comparaison reposera autant sur les méthodes de prescription (2.1) que sur leur contenu (2.2). Dans un troisième temps, nous comparerons les démarches de détermination des énergies approvisionnant les bâtiments en chaleur mises en œuvre dans les trois projets urbains (3.1). Cette comparaison nous amènera à réfléchir aux acteurs coordonnant cette question de l'approvisionnement énergétique des projets urbains (3.2) et à la temporalité de ces projets de développement des énergies renouvelables et de leur système de distribution (3.3).

1. LA PORTEE DES PREOCCUPATIONS ENERGETIQUES DANS LES CHOIX DE CONCEPTION URBAINE

1.1. LA CONCEPTION DU PLAN MASSE : CONTEXTE URBAIN VS OPTIMISATION ENERGETIQUE

Sur l'ensemble des trois projets urbains, les bureaux d'études interviennent systématiquement une fois qu'un premier plan de masse a été dessiné. La conception d'un plan de masse est un long processus auquel le bureau d'étude spécialisé en environnement prend part mais après les premières esquisses. En effet, une fois le site identifié et le programme défini par la Ville de Paris, une consultation d'urbanisme est lancée. A travers la sélection de l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine, l'apparence du futur quartier, son fonctionnement, son paysage sont retenus. Ce n'est qu'une fois le premier plan masse réalisé que le découpage opérationnel est fait, que les opérations d'aménagement sont créées. Une fois que l'aménageur a été retenu ou constitué – dans le cas de l'opération Macdonald, aucun aménageur n'a été désigné par la Ville de Paris, il y a eu création de la SAS ParisNordEst – les appels d'offre pour les missions d'études peuvent être lancés. Dans ce cadre, les études environnementales et l'analyse bioclimatique du projet urbain ne peut donc pas être réalisées plus tôt. Il est toutefois nécessaire de nuancer notre propos, les trois projets urbains ne s'étant pas déroulés de façon tout à fait similaire.

Si dans tous les cas, le dessin urbain précède la création de la ou des opérations d'aménagement, le contenu et le niveau de détail de ce dessin diffèrent d'un projet à l'autre. En effet, à Paris Rive Gauche et Paris Nord Est, les consultations urbaines à l'échelle du projet urbain ont eu pour objet de

constituer les grandes lignes de celui-ci, les axes principaux, les grands partis pris. Le plan masse a été plus finement travaillé par d'autres maitres d'œuvre à l'échelle des opérations d'aménagement à Paris Nord Est ou des secteurs d'aménagement à Paris Rive Gauche. Néanmoins, les bureaux d'études sont, quel que soit le projet urbain, missionnés par les aménageurs. Le projet urbain Clichy-Batignolles est quant à lui conçu par une équipe unique de maitrise d'œuvre et réalisé dans trois opérations d'aménagement. Pour chacune de ces opérations, l'aménageur missionne des assistants à maitrise d'ouvrage spécialisés en environnement, ce qui signifie qu'à priori le plan masse est analysé par des bureaux d'études, opération par opération. Si le bureau d'études spécialisé en énergie a été missionné successivement sur les deux ZAC Cardinet-Chalabre et Clichy-Batignolles, ce n'est pas le cas des autres bureaux d'études spécialisés. Les études environnementales visant à évaluer le plan masse en termes d'ensoleillement, d'exposition aux vents dominants saisonniers et au bruit n'ont pas été menées par les mêmes experts. Du côté Saussure, la conception du plan masse s'est faite un peu différemment. Lorsque la procédure de lotissement a été lancée, le plan masse n'était que partiellement esquissé : François Grether avait mis en avant la nécessité de penser la mutation du territoire en synergie de part et d'autre des voies ferrées mais tant qu'aucune opération d'aménagement n'avait démarré, il n'avait pas fait de proposition détaillée de plan masse. De nombreuses difficultés techniques relatives au positionnement du site en contrebas de plusieurs mètres du boulevard Pereire ont rapidement été mises en évidence. La SNEF a donc été obligée de retravailler le plan du lotissement avec François Grether et son équipe. Une fois repensé, le plan masse du lotissement a été validé par la direction de l'urbanisme, les cabinets d'élus et enfin les élus avant d'être présenté en réunion de concertation.

Dans ces études, l'expert analyse les propositions des concepteurs et leur soumet des modifications censées améliorer la qualité environnementale du projet. Les modifications restent toutefois marginales, le plan masse n'étant jamais totalement remis en question. Les réflexions portent plutôt sur l'épaisseur des bâtiments, l'implantation des bâtiments les plus hauts, etc. Le tracé des voiries et des grands espaces ne semble pas pouvoir être modifié au nom de la performance énergétique des bâtiments. Il n'y a que dans le secteur Masséna-Bruneseau où les études énergétiques et climatiques ont réellement participé à la réflexion sur le dessin de la forme urbaine, son influence sur la performance énergétique des bâtiments et le confort thermique des espaces publics. Si Transsolar est intervenu après qu'un premier plan masse ait été proposé, il a néanmoins accompagné l'architecte coordinateur dans sa réflexion sur les hauteurs. Cette réflexion, qui a finalement pris presque dix ans, a pris des formes différentes – consultation d'urbanisme et mission d'architecte-coordinateur, ateliers grande hauteur – mais le bureau d'études a continué à travailler aux côtés de l'architecte-coordinateur. Parmi toutes les opérations que nous avons étudiées, le secteur Masséna-Bruneseau est le seul où le bureau d'études spécialisées en environnement fait partie de l'équipe de maitrise d'œuvre. Dans les autres cas, le bureau d'études est missionné par l'aménageur en tant qu'assistant à maitrise d'ouvrage. Nous pouvons supposer qu'en prenant Transsolar dans son équipe de maitrise d'œuvre Yves Lion était plus à même d'être ouvert aux conseils et critiques de son expert.

Les possibilités de mise en œuvre des préceptes du bioclimatisme apparaissent relativement faibles dans de tels projets urbains. En effet, les trois sites de projet sont en quelques sortes des enclaves entourées de quartiers existants. Le tracé des voiries et des espaces publics est donc contraint par le maillage alentours, la topographie du site et la densité du programme à construire. Il est nécessaire

d'articuler la question de la qualité énergétique d'un quartier avec ces contraintes et les autres enjeux de l'aménagement parfois contradictoires :

« Est-ce que cette ambition énergétique est rentrée en opposition avec d'autres ambitions ?

Tout à fait. Il faut faire attention où on veut aller. Il ne faut pas prendre en compte une seule cible. Il faut bien croiser toutes les cibles. Par exemple, l'aspect énergétique, pour être concret, on pourrait dire : on oriente le bâtiment de telle manière, on fait des petites fenêtres parce que sinon, il y a des déperditions énergétiques. On ne met pas de terrasse parce qu'il faut couvrir de panneaux photovoltaïques. En perdant de vue d'autres aspects qui sont le fonctionnement urbain, qui fait qu'on ne peut pas forcément orienter le bâtiment d'une certaine manière parce que si on veut créer des liens avec le reste du quartier, la voirie est forcément dans un sens et pas dans un autre. Donc le bâtiment n'est pas toujours idéalement orienté. » (Clichy-Batignolles, aménageur Saussure, le 07/11/2012).

En définitive, l'énergie apparaît dans l'ensemble des projets, même à Clichy-Batignolles, comme un critère de plus à prendre en compte dans la conception urbaine, mais en aucun cas comme un critère dominant, comme le montre ces extraits d'entretiens :

« On a une constructibilité qu'on souhaite atteindre et on demande une faisabilité qui prenne en compte les questions énergétiques, les questions de vent, les questions d'ombre portée sur le patrimoine existant et sur le patrimoine à réaliser, les questions de traitement d'eaux pluviales, de comment on peut les récupérer ou pas et ce qu'on peut en faire. Tout un tas de critères rentre en ligne de compte. Et les transports, les transports en commun, les espaces verts à mettre en place... Mais la question énergétique n'est pas dominante à ma connaissance. Il y a trop de facteurs imbriqués qui impactent les uns sur les autres. Si on veut des espaces verts, forcément, il y a des endroits où on ne construit pas. Est-ce qu'on construit un peu plus haut ailleurs ou on construit un peu moins ? Ça fait tout un tas de questions à réfléchir et à organiser, qui font que la question énergétique est une question, mais ça ne reste qu'une question » (PRG, Ville de Paris, Direction de l'urbanisme, le 23/08/2012).

« En termes d'orientation plutôt solaire – puisque ça a un impact sur la consommation – on est quand même d'abord dans une problématique urbaine avant d'être dans une problématique solaire. On n'est pas dans un schéma héliocentriste qui refait surface aujourd'hui, de manière un peu primaire, sur le thème nord-sud, quel que soit le site géographique d'ailleurs. On a l'impression qu'il y a un retour à quelques théories urbaines un peu éculées. On n'est pas dans cette logique. » (Clichy-Batignolles, urbaniste, le 07/11/2012).

La performance énergétique peut même être lésée en raison de contraintes de programmation, comme ce fut le cas à Clichy-Batignolles lorsque le déplafonnement des hauteurs a été décidé pour respecter au mieux le programme du projet urbain malgré l'implantation de la Cité Judiciaire au nord du site :

« Le bureau qui avait travaillé sur la production énergétique en général, Izuba, avait expliqué que les 50 m étaient plus consommateurs, et qu'en plus, ils offraient moins de surface pour les panneaux photovoltaïques. Donc moins performants. Mais ça n'a pas été déterminant. » (Clichy-Batignolles, Ville de Paris, Direction de l'urbanisme, le 27/07/2012).

1.2. LA CONCEPTION D'UN ECLAIRAGE PUBLIC ECONOMOME EN ENERGIE : L'EXCEPTION DE CLICHY-BATIGNOLLES

Sur les trois projets urbains que nous avons étudiés, Clichy-Batignolles est le seul où une réflexion sur l'efficacité énergétique de l'éclairage public a été menée. A Paris Rive Gauche, l'aménageur nous a expliqué que dans la mesure où les espaces publics étaient rétrocédés à la Ville de Paris il ne pouvait déroger à la règle et devait donc réaliser des espaces publics en continuité avec les espaces publics environnants. A Paris Nord Est, aucune réflexion particulière n'a été menée à notre connaissance ni à l'échelle du grand territoire, ni à celle des opérations d'aménagement. Etant donné que l'urbaniste-coordonateur du projet urbain Paris Nord Est considère les enjeux énergétiques comme des problématiques d'ingénierie de petite échelle et non de grande échelle, nous pouvons comprendre pourquoi une telle réflexion n'a pas été menée.

Toutefois, il nous semble y avoir plusieurs explications au fait qu'un projet d'éclairage public innovant ait réussi à voir le jour à Clichy-Batignolles.

Premièrement, à Clichy-Batignolles, un concepteur d'éclairage public était présent au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine dès les premières esquisses. Ce n'était pas une demande expresse de la Ville de Paris mais le fruit d'une collaboration de longue date entre l'urbaniste, le paysagiste et le concepteur lumière. En accord avec l'ambition politique de faire de Clichy-Batignolles un « écoquartier innovant et exemplaire », l'éclairagiste a axé son travail de conception sur les économies d'énergies. Les difficultés rencontrées par l'éclairagiste pour faire valider son projet auprès des services techniques de la Ville de Paris tiennent à des problèmes de communication au sein des services. Si les personnes à la tête des services de l'urbanisme et de la voirie étaient bien au fait du caractère exceptionnel du projet Clichy-Batignolles de par son ambition environnementale, les personnes en charge du suivi de la réalisation des espaces publics ne semblaient pas être au courant. L'ambition environnementale du projet urbain n'était du moins pas une raison suffisante pour qu'ils autorisent un projet ne respectant pas la règle usuelle sur les niveaux d'éclairage des espaces publics parisiens.

Deuxièmement, les problématiques de continuité de l'espace public et de son système d'éclairage entre le projet et les voiries existantes sont peu présentes à Clichy-Batignolles. Le projet constitue plutôt une enclave au sein de laquelle il était possible de rompre avec les systèmes d'éclairage parisiens classiques. En effet, les limites du projet sont bien identifiées, c'est un nouveau quartier avec une identité propre, qui s'organise autour d'un grand parc. Il était donc aisé de jouer sur les niveaux d'éclairage aux abords du parc et sur les voies situées entre le parc et les immeubles. Seuls les avenues et boulevards en limite du projet doivent être traités en continuité de l'espace public existant. Par conséquent, la mise en place de système d'éclairage public innovant est exclue sur les grands axes délimitant le projet urbain dans son environnement. Toutefois, il aurait été envisageable de diminuer les niveaux d'éclairage de manière similaire sur les plus petites voies comprises au sein des différentes opérations d'aménagement du projet Paris Nord Est ou au sein des secteurs Masséna Bruneseau ou Tolbiac Chevaleret de la ZAC Paris Rive Gauche, opérations qui ont démarré à la même époque que Clichy-Batignolles.

Depuis que le projet d'éclairage public de Clichy-Batignolles a été validé, la règle parisienne a évolué. En charge d'autres projets dans Paris, l'éclairagiste a pu constater que les services de la Ville de Paris

n'ont plus d'hésitation à valider un projet prévoyant d'éclairer les voiries à 10 Lux (au lieu de 20 Lux de l'ancienne règle parisienne), les trottoirs à 7,5 Lux (au lieu 10-15 Lux) ou à installer des LED. En matière d'éclairage public, l'écoquartier Clichy-Batignolles a effectivement servi d'expérimentation, puisque les nouvelles technologies et les nouvelles normes d'éclairage peuvent désormais être étendues à l'ensemble du territoire parisien. Si la gestion dynamique de l'éclairage public (adaptation de l'éclairage au cours de la nuit en fonction de la fréquentation) a été jugée sur Clichy-Batignolles trop innovante pour les parisiens, trop en rupture avec le système d'éclairage parisien classique, la Ville de Paris est en voie de mettre en place un système de télégestion de l'ensemble de son parc. Bien que le système de télégestion installé depuis les armoires électriques ne soit pour le moment appréhendé que pour faciliter la maintenance, cette évolution des mentalités ouvre la voie à des systèmes de gestion dynamique de l'éclairage.

1.3. DE NOMBREUX LEVIERS URBAINS D'AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE D'UN QUARTIER IMPLICITEMENT ACTIVÉS

Avant que ne soient décidées les formes urbaines, la maîtrise d'œuvre s'applique à implanter les différents programmes à construire sur le site, à définir les différents espaces et le fonctionnement général du quartier, dont les principaux flux de circulation. Pour répartir les programmes sur le site du projet, plusieurs critères sont pris en considération tels que l'exposition au bruit, la localisation de la station de transport en commun. Ces critères guident, dans la mesure du possible, le choix d'implantation des programmes, sachant qu'il faut également prendre en considération les caractéristiques du site, sa topographie, le tracé des voiries existantes. La finalité première du dessin urbanistique reste le respect du programme défini par la collectivité, malgré tous ces paramètres à prendre en considération. L'exposition au bruit des parcelles apparaît relativement bien prise en compte dans les choix de répartition des programmes. Ainsi les bureaux seront préférentiellement situés dans les zones les plus exposées au bruit et à la pollution et les logements dans les zones les moins exposées, l'idée étant que les immeubles de bureaux puissent servir d'écrans antibruit pour les logements. C'est ce principe qui a été mis en œuvre dans les ZAC Claude Bernard et Clichy-Batignolles. A Paris Rive Gauche cette logique n'apparaît pas aussi clairement, ce qui peut s'expliquer par le changement progressif du programme de l'opération et la volonté de couvrir le plus possible les voies ferrées pour en réduire les nuisances. Cette logique de répartition des programmes répond avant tout à des préoccupations de confort acoustique et non de sensibilité des usagers à ouvrir leurs fenêtres pour ventiler naturellement leur appartement. A Clichy-Batignolles où le recours à un système de climatisation actif a été interdit dans les cahiers de prescriptions de l'aménageur, l'exposition au bruit et à la pollution de l'air des immeubles de bureaux s'est révélée problématique. Il a fallu que les AMO environnement des opérations immobilières prennent ce critère en compte lors du développement du système de rafraîchissement passif.

La mixité fonctionnelle à l'échelle du quartier fait partie de la rhétorique de développement durable de chacun des trois projets urbains. Si un temps l'ambition à Paris Rive Gauche était de créer un quartier tertiaire, ce temps est révolu depuis un moment, et le projet se caractérise par une mixité fonctionnelle relativement importante. Dans les trois projets il y a notamment une volonté de conserver sur place des activités telles que le tri des déchets ou la production de ciment pour éviter des déplacements routiers supplémentaires liés à un repositionnement de ces activités sur des territoires moins denses, et plus excentrés.

Un certain nombre de critères et de contraintes sont prises en compte lors du dessin urbanistique. Voici ceux dont les acteurs nous ont fait part lors de notre enquête :

- Les apports solaires,
- L'exposition aux vents,
- La compacité du bâti,
- L'épaisseur des bâtiments,
- La présence du végétal,
- La récupération et le traitement des eaux pluviales,
- L'accessibilité aux stations de transport en commun et les liaisons avec les quartiers environnants,
- Le confort des lieux de vie extérieure et intérieure,
- Le paysage et les ambiances,
- La constructibilité visée et autorisée,
- Circulations piétonnes,
- La mémoire du site, la préservation et l'intégration du patrimoine existant dans le projet,
- Les caractéristiques physiques du site (topographie, nuisances, pollutions)
- Le maillage des voiries existantes.

Parmi ces critères de conception, plusieurs influent sur la performance énergétique du quartier. Profiter des apports solaires est le levier qui revient le plus souvent dans la bouche des acteurs lorsqu'on les interroge sur les moyens à mettre en œuvre pour améliorer la performance énergétique de leur projet. Pour ce faire, ils jouent sur l'orientation des bâtiments (placer les logements au sud) et des rues, ou encore sur le prospect afin de limiter les ombres portées d'un bâtiment sur un autre ou sur les espaces publics :

Sur la solarisation, on a visé l'objectif d'avoir un minimum de 2 heures de soleil par jour au 21 décembre. Un travail a été fait par héliodon et évaluation solaire sur les volumes 3D du plan masse. On a estimé le nombre d'heures sur les façades orientées favorablement au soleil. On a notamment travaillé sur les orientations des bâtiments, sur leur implantation, sur les masses portées. Ce sont les aspects qui concernent les bâtiments. » (Clichy-Batignolles, AMO DD, le 30/11/2012).

L'orientation et l'espacement des bâtiments sont également pensés de manière à créer les conditions nécessaires à la ventilation naturelle des bâtiments.

Sur l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald, des études ont été menées pour préciser comment profiter de la mixité fonctionnelle pour mettre en place un système d'échanges de calories entre des programmes aux besoins complémentaires. Toutefois les études n'ont pas été menées jusqu'au bout, puisque le raccordement des bâtiments aux réseaux de chaleur et de froid a été préféré à cette solution innovante. Il était également conseillé par Transsolar au maître d'ouvrage du lot B3A du secteur Masséna-Bruneseau d'étudier les potentialités de mutualisation énergétique entre les programmes des deux immeubles de grandes hauteurs. Mais il ne semble pas que des études dans ce sens aient effectivement été réalisées. En revanche l'aménageur n'a pas tiré parti à Paris Rive Gauche de la densité de population et du programme de l'opération d'aménagement pour développer une solution mutualisée d'approvisionnement en chauffage et en froid. La CPCU et

Climespace ont néanmoins trouvé opportun d'étendre leur réseau pour desservir quelques bâtiments, la présence initiale d'une canalisation structurante pour le réseau de chaleur parisien a facilité cette démarche. Dans les derniers secteurs de la ZAC, les AMO environnement ont conseillé aux maîtres d'ouvrage des opérations immobilières, d'étudier les potentiels de mutualisation énergétique. A Paris Nord Est, ce sont les opérateurs qui ont profité de la densité de programmes prévus dans les opérations d'aménagement de la ZAC Claude Bernard et de Macdonald pour créer de nouveaux réseaux.

En ce qui concerne les leviers permettant d'inciter les usagers à privilégier les modes de déplacements doux, seule la création de pistes cyclables est largement utilisée dans les trois projets urbains. La connectivité de la trame urbaine a été exploitée à Paris Nord Est, lorsqu'il a été décidé de créer une passerelle piétons et vélos au-dessus du périphérique, permettant de relier le futur pôle multimodal au pôle commercial et tertiaire du Millénaire à Aubervilliers. Une partie de l'entrepôt Macdonald a également été détruite pour créer une place urbaine, créer une voie piétonne et laisser passer le tramway. Ainsi, l'impression d'immensité de l'entrepôt est réduite, le quartier prend une dimension plus urbaine, même s'il faut du temps pour un piéton aujourd'hui pour traverser l'entrepôt.

La couleur et la réflectivité des revêtements de sols extérieurs ont été prises en compte à Clichy-Batignolles pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain d'une part et réduire les besoins d'éclairage public d'autre part.

A partir de ce recensement des critères de conception énoncés par les acteurs rencontrés lors des entretiens, nous avons relevé plusieurs critères qui correspondent aux leviers urbains que nous avons identifiés dans la littérature scientifique comme ayant une incidence sur la performance énergétique d'un quartier. Rappelons toutefois que ces leviers ne font pas tous l'unanimité de la communauté scientifique, certains sont même fortement discutés. Notre démarche n'a pas eu pour finalité de sélectionner les leviers les plus pertinents pour améliorer la qualité énergétique d'un quartier, mais seulement de faire un échantillonnage des leviers potentiels.

Le [Tableau 19](#) reprend les leviers identifiés dans la littérature et dans les études de cas, précise leur contribution à l'amélioration de la qualité énergétique du quartier et dans quelle mesure ceux-ci sont pris en compte dans chacun des trois projets urbains. Ce tableau repose sur notre interprétation des logiques de conception dont nous ont fait part les acteurs au cours des entretiens. Ces logiques nous ont bien souvent été exposées dans des termes simples bien loin des formulations que l'on peut trouver dans la littérature scientifique. Pour un aperçu plus fin et plus exhaustif des critères de conception utilisés pour améliorer la performance énergétique d'un projet urbain, il faudrait diffuser un questionnaire auprès des maîtrises d'œuvre urbaines d'un grand nombre de projets. Notre travail ne permet pas non plus de définir le poids de chacun des critères dans les choix de conception, les acteurs nous ont simplement fait part de leurs impressions générales quant à la place donnée à l'énergie dans les choix de conception urbaine (voir plus haut). Ce tableau n'en demeure pas moins un premier aperçu des pratiques des équipes de maîtrises d'œuvre urbaines dans trois grands projets parisiens actuels.

La plupart des variables identifiées dans la littérature scientifique sont effectivement prises en compte dans le dessin urbanistique. L'action sur ces variables n'est toutefois que rarement justifiée

par la volonté d'améliorer la performance énergétique du quartier. Les variables relatives au maillage des rues en sont un bon exemple. Bien que le lien entre la densité et la connectivité des rues n'ait pas été particulièrement cité dans les entretiens, il nous paraîtrait faux d'affirmer que ces critères ne font pas partie de la réflexion de la maîtrise d'œuvre urbaine. Dessiner le maillage des rues suivant la présence des stations de transports en commun et la nature des programmes nous paraît être au cœur du métier d'urbaniste. Les déplacements doux nous semblent bien intégrés aux réflexions urbaines, même si, en dehors de la création de pistes cyclables, elles ne sont que peu mises en avant. La végétalisation des espaces publics participe avant tout à la qualité du cadre de vie dans un milieu urbain. Les parcs et jardins font parties des aménités qu'un projet urbain se doit de fournir aux habitants et usagers du territoire. Mis à part à Clichy-Batignolles où l'AMO environnement a mis en place un indicateur simplifié de contribution à l'îlot de chaleur urbain (ICU), la lutte contre l'ICU nous semble constituer un argumentaire construit a posteriori.

Protéger les espaces extérieurs des vents dominants pour en améliorer le confort thermique est un critère de conception que nous n'avions pas relevé lors de notre revue de la littérature scientifique. Le rôle de l'albédo des revêtements de sols extérieurs dans la réduction des besoins en éclairage public n'était pas non plus apparu lors de notre recherche bibliographique, bien que le lien paraisse évident.

Par conséquent l'étude des trois projets urbains nous a permis de prendre conscience que la place des préoccupations énergétiques dans les choix de conception urbaine était tout à fait relative. Les leviers d'amélioration de la performance énergétique ne constituent que des critères de conception parmi d'autres. Il est d'ailleurs difficile d'évaluer le poids de chacun des nombreux critères dans un dessin urbanistique. C'est une réflexion globale et transversale qui est menée par la maîtrise d'œuvre urbaine pour tenter de trouver des compromis entre divers critères environnementaux, urbains, et d'importantes contraintes de sites et de programmation. L'analyse du plan masse par des bureaux d'études spécialisés en environnement ou en énergie n'aboutit qu'à des modifications marginales du dessin. S'il paraît plus facile de critiquer un premier plan masse pour mettre en évidence ces défauts en matière énergétique, il semble difficile de se détacher d'une « image » pour laquelle la maîtrise d'œuvre a été sélectionnée.

Tableau 19. Prise en compte dans les trois projets des variables identifiées dans la littérature scientifique, influençant la qualité énergétique d'un territoire urbain (légende : Ø pas pris en compte, X pris en compte, ? notre enquête ne permet pas de conclure à la prise en compte de cette variable)

Leviers de conception urbaine	Lien avec la performance énergétique d'un quartier urbain	Paris Rive Gauche	Paris Nord Est	Clichy-Batignolles
Mixité fonctionnelle	Besoins de déplacements	X	X	X
Densité de population	Potentiel de mutualisation de la production et de la distribution énergétique		X	X
	Potentiel de développement des transports en commun	X	X	X
Contiguïté du bâti	Limiter les pertes thermiques du bâti	?	X	?
Orientation des façades	Profiter des apports solaires, faciliter la ventilation naturelle des bâtiments	X	X	X
Proportion de volumes passifs du bâti	Profiter des apports solaires	X	?	?
Prospect	Profiter des apports solaires, faciliter la ventilation naturelle des bâtiments	X	X	X
Densité de rues	Inciter les usagers à privilégier les modes de déplacement doux	?	?	?
Intensité des rues	Inciter les usagers à privilégier les modes de déplacement doux	?	?	?
Connectivité de la trame urbaine	Inciter les usagers à privilégier les modes de déplacement doux	X	X	X
Surface dédiée aux modes de déplacements doux	Inciter les usagers à privilégier les modes de déplacement doux	X	X	X
Compacité fonctionnelle	Potentiel de mutualisation énergétique	X	X	
Echelle de production énergétique	Potentiel de mutualisation de la production et de la distribution énergétique et efficacité de la production locale d'énergie renouvelable		X	X
Exposition au bruit et à la pollution de l'air des bâtiments	Inciter les occupants à ventiler et à rafraîchir naturellement leurs locaux	X	X	X
Végétation	Ombrage et rafraîchissement de l'air	X	X	X
Exposition aux vents	Préserver le confort thermique des espaces extérieurs	X	X	X
Albédo des revêtements de sol extérieurs	Réduction des besoins d'éclairage public			X
	Lutte contre l'îlot de chaleur urbain			X

2. L'ARCHITECTURE CONTRAINTÉ PAR LES PRECONISATIONS ÉNERGETIQUES : COMPARAISON DES CAHIERS DE PRESCRIPTIONS

Nous avons comparé les cahiers de prescriptions environnementales rédigés dans chacun des projets urbains étudiés dans cette thèse. En effet, la qualité énergétique des bâtiments n'est pas encadrée à l'échelle du projet urbain mais à l'échelle des opérations d'aménagement ou des secteurs d'aménagement le composant. Pour chacun des trois projets urbains, nous nous sommes procurés deux cahiers de prescription :

- Tolbiac Chevaleret et Masséna - Bruneseau, pour la ZAC Paris Rive Gauche ;
- Macdonald et ZAC Claude Bernard, pour Paris Nord Est ;
- Saussure et ZAC Clichy-Batignolles pour Clichy – Batignolles.

La [Figure 64](#) rappelle la localisation dans les trois projets urbains des opérations ou des secteurs d'aménagement, dont nous avons comparé les cahiers de prescriptions. Mis à part le cahier de prescription de la ZAC Claude Bernard, tous les documents que nous avons analysés ont été écrits après l'adoption du Plan Climat de Paris en 2007, comme le montre la [Figure 65](#).

Bien qu'il n'y ait pas d'obligation à prescrire la qualité environnementale des bâtiments construits dans le cadre d'une opération d'aménagement, nous constatons que c'est une pratique largement répandue. Au sein de toutes les opérations d'aménagement en cours depuis le milieu des années 2000, des prescriptions environnementales ont été formulées à destination des maitres d'ouvrage des opérations de construction. Dans la mesure où cette démarche n'est pas obligatoire, le contenu des documents de prescriptions environnementales n'est régi par aucune loi.

Ces cahiers de prescriptions sont rédigés par un assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé en environnement pour le compte de l'aménageur de l'opération urbaine, à l'exception du document produit pour le secteur Masséna-Bruneseau. En effet, dans ce dernier cas, le cahier de prescriptions environnementales a bien été rédigé par un bureau d'études spécialisé en environnement, mais cette mission a été réalisée dans le cadre de sa participation à l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine et non directement pour le compte de l'aménageur. A Masséna-Bruneseau, comme nous avons pu l'expliquer dans le chapitre 5, ce sont les Ateliers Lion qui ont fait appel au bureau d'études Transsolar. Les prescriptions sont formulées une fois que le plan masse de l'opération a été défini par l'urbaniste ou l'architecte-coordonateur. Ces prescriptions complètent sur le plan environnemental le cahier des charges des opérations immobilières. Elles viennent décliner concrètement les orientations et objectifs environnementaux contenus dans la charte de développement durable adoptée par les aménageurs. Il y a donc une seule et unique charte pour l'ensemble du projet Paris Rive Gauche, alors que pour Paris Nord Est ou Clichy-Batignolles, chaque opération d'aménagement a sa propre charte. Les cahiers de prescription précisent les actions à mettre en œuvre ou les objectifs concrets à atteindre pour que les projets immobiliers soient en accord avec la charte. La rédaction de la charte de développement durable fait généralement partie de la mission de l'AMO environnement. Sur l'opération Paris Rive Gauche, la charte a été écrite dans le cadre de la certification Iso 14001 de l'aménageur avec l'aide d'un AMO, dont la mission a pris fin avec l'obtention de la certification. Les prescriptions environnementales sont fixées sur la base des résultats de l'étude environnementale que le bureau d'étude a réalisée au préalable.

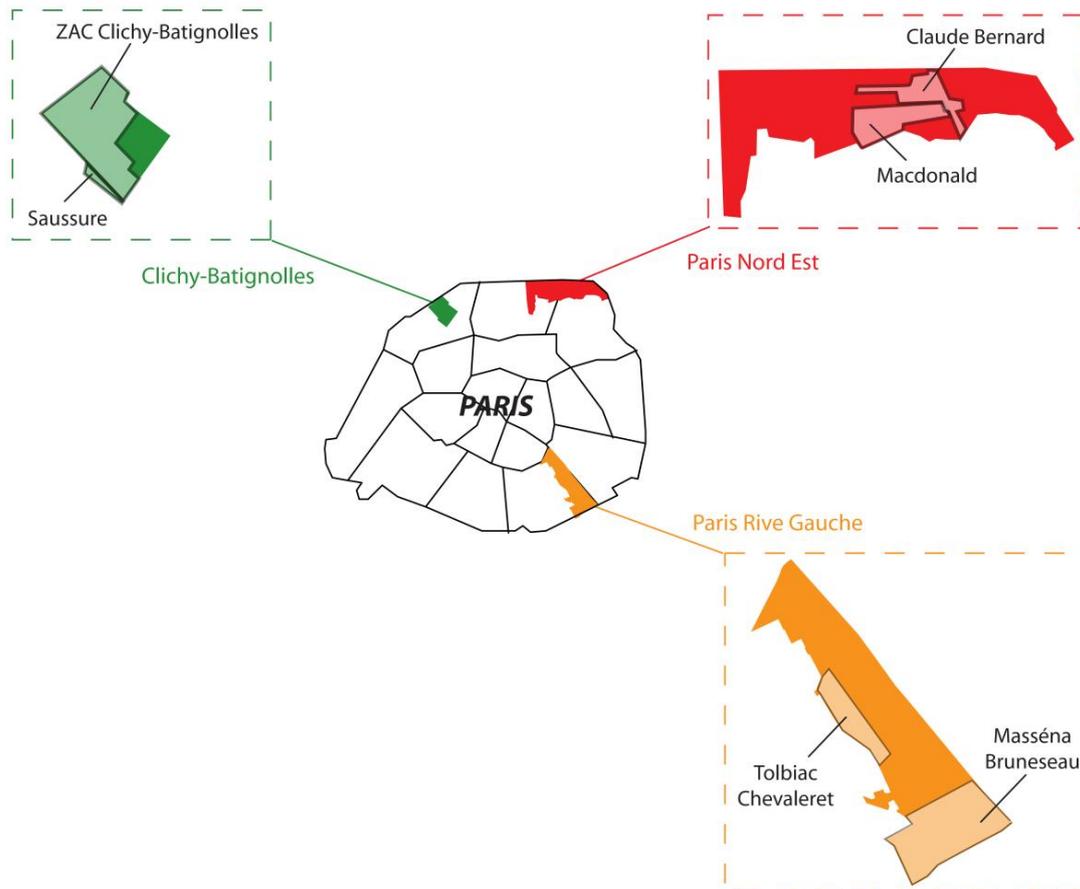


Figure 64. Localisation des six opérations ou secteurs d'aménagement dont nous avons comparé les cahiers de prescriptions environnementales

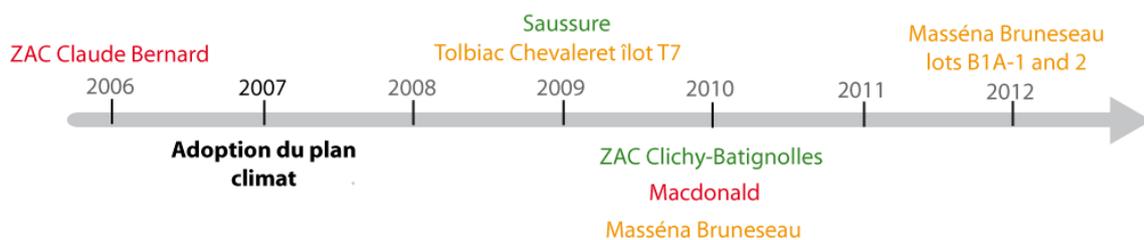


Figure 65. Positionnement dans le temps des différents cahiers de prescriptions environnementales étudiées et du plan climat de Paris

Les exigences environnementales peuvent être établies pour un ensemble de lots identifiés (ZAC Clichy-Batignolles), ou suivant la fonction des futurs bâtiments. Pour la moitié des opérations analysées (reconversion de l'entrepôt Macdonald, ZAC Claude Bernard et lotissement Saussure), les prescriptions ont été définies suivant la fonction du bâtiment (logements, bureaux, commerces). Pour le secteur Masséna-Bruneseau, des prescriptions ont été formulées pour l'ensemble du secteur et par des fiches de lots environnementales. Une démarche similaire a été mise en place pour le secteur Tolbiac Chevaleret, où les prescriptions générales sont complétées par des prescriptions spécifiques à chaque îlot.

Nous avons donc fait le choix de comparer les prescriptions environnementales formulées pour :

- Les bâtiments résidentiels de la ZAC Claude Bernard (Cap Terre & SEMAVIP, 2006), de l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald (Agence Franck Boutté Consultants & ParisNordEst, 2010) et Saussure (COTEBA & SNEF, 2009);
- L'îlot 3.4 de la ZAC Clichy-Batignolles (SEMAVIP et al., 2010) et l'îlot T 7 du secteur Tolbiac Chevaleret (Iosis Conseil & SEMAPA, 2009);
- Les lots B1A-1 et 2 du secteur Masséna Bruneseau (Transsolar et al., 2012).

Dans cette comparaison, nous nous concentrons sur les prescriptions relatives à la performance énergétique du bâtiment ou à la production d'énergies renouvelables. Cette étude a fait l'objet d'un article en cours de publication dans le Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (Tardieu, Colombert, Diab, & Blanpain, 2014).

2.1. L'AMBITION ET LE DEGRE DE PRESCRIPTION

Les bâtiments de la ZAC Claude Bernard doivent consommer 20 % de moins que l'objectif requis par la réglementation thermique 2005⁸². Pour tous les autres cahiers de prescriptions, l'objectif de consommation énergétique des bâtiments correspond à l'objectif fixé par le Plan Climat de Paris, soit $50 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2 \text{ an}$. La consommation du bâtiment doit être calculée selon les règles de calcul de la réglementation thermique 2005 alors en vigueur et doit prendre en compte la consommation des postes suivants : chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire (ECS), ventilation, éclairage et auxiliaires. Les prescriptions sur la ZAC Clichy-Batignolles vont plus loin. En effet, l'objectif de consommation totale du bâtiment est décliné par poste de consommation suivant la fonction du futur bâtiment. Par exemple, pour les bâtiments résidentiels, les objectifs sont les suivants:

- $C_{\text{ep}} \text{ chauffage} \leq 14 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2 \text{ an}$
 - $C_{\text{ep}} \text{ rafraîchissement} = 0 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2 \text{ an}$
 - $C_{\text{ep}} \text{ ECS} \leq 20 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2 \text{ année}$
 - $C_{\text{ep}} \text{ électricité spécifique} \leq 45 \text{ kWh}_{\text{ep}} / \text{m}^2 \text{ an}$
 - Les usages domestiques privés $C_{\text{ep}} \leq 65 \text{ kWh}_{\text{ep}} / \text{m}^2 \text{ a}$
- C_{ep} : Consommation en énergie primaire
ECS: Eau chaude sanitaire

Seuls deux cahiers de prescriptions contiennent des objectifs d'émissions de GES (Macdonald et Masséna-Bruneseau). Le niveau d'émissions à respecter est exprimé en mètre carré pour l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald, alors que pour Masséna-Bruneseau le taux d'émission de GES

⁸² Soit $104 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$ pour un bâtiment chauffé par des énergies fossiles et $200 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$ pour un chauffage électrique (pompes à chaleur y compris).

doit être pris en compte pour choisir l'énergie de chauffage, sans qu'aucun objectif chiffré ne soit donné.

Des objectifs quantifiés de production d'énergie renouvelable sont inscrits dans les cahiers de prescriptions de la ZAC Claude Bernard, de l'opération Macdonald et de ZAC Clichy- Batignolles. Dans les deux premiers cas, la production d'énergies renouvelables doit atteindre 25 % de la demande en énergie finale. L'eau chaude sanitaire des bâtiments de l'opération Macdonald doit être produite par des panneaux solaires à hauteur de 30%. S'il n'y a pas d'objectif en matière de production d'énergie solaire thermique dans la ZAC Clichy- Batignolles, les bâtiments de l'îlot 3.4 doivent produire et injecter sur le réseau électrique 96MWh(e)⁸³ par an. En revanche, aucun objectif n'a été fixé pour le lotissement Saussure, dont l'aménageur n'a pas souhaité poursuivre les objectifs spécifiques au projet urbain Clichy-Batignolles du plan climat. Dans cette opération, l'installation de panneaux solaires thermiques est seulement recommandée.

Le raccordement des bâtiments au réseau de chaleur est demandé chaque fois que possible pour les bâtiments de la ZAC Clichy-Batignolles et Saussure et est expressément exigé pour les bâtiments de la ZAC Claude Bernard et de l'opération Macdonald. Comme nous l'avons vu dans le [CHAPITRE 7](#), les promoteurs n'ont pas accueilli avec enthousiasme cette injonction, les prix de la connexion au réseau et de la sous-station étant élevés. Les promoteurs d'opération immobilière sur les deux opérations de Paris Rive Gauche (Masséna-Bruneseau et Tolbiac-Chevaleret) n'ont été ni incités, ni obligés à choisir une énergie ou une solution de chauffage spécifique. Ils ont simplement été contraints de conduire des études comparant les différentes sources d'énergie disponibles sur le site. Les critères de la comparaison sont donnés dans le document relatif à Masséna-Bruneseau. Notons que des réseaux de chaleur, alimentés par des puits de géothermie ont été déployés pour approvisionner en chaleur les bâtiments des quatre opérations où le raccordement au réseau est exigé par l'aménageur (la ZAC Claude Bernard et l'opération Macdonald d'une part, et la ZAC Clichy-Batignolles et le lotissement Saussure d'autre part). Un réseau de chaleur CPCU dessert également la ZAC Paris Rive Gauche, mais celui-ci ne bénéficie pas d'un taux intéressant d'énergie renouvelable, contrairement aux deux autres.

Après cette première comparaison, nous ne pouvons pas tirer de conclusion sur une évolution temporelle des façons de prescrire la qualité énergétique des bâtiments dans ces six opérations urbaines. La seule évolution notable concerne l'objectif de consommation énergétique totale par bâtiment, qui est passée à 50kWh/m².an après l'adoption du plan climat. Aucune évolution sensible ne peut être observée en ce qui concerne les objectifs de production d'énergies renouvelables. Il semble également n'y avoir aucune stratégie commune entre deux opérations appartenant à un même projet urbain. Le seul aspect partagé entre les opérations d'un même projet est l'exigence de raccordement des bâtiments au réseau de chaleur urbain lorsque celui-ci est en cours de construction et possède un mix énergétique favorable aux énergies renouvelables.

A la lecture des six documents, nous avons distingué cinq types de prescriptions relatives à la qualité énergétique des bâtiments: soit un objectif quantifié à atteindre est donné, soit la mise en œuvre d'une action précise est exigée, soit il est fait référence à une norme ou à un référentiel, soit il est recommandé de développer une solution dans un but donné mais sans que le moyen d'y parvenir soit

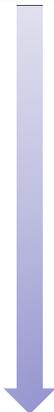
⁸³ Comme nous l'avons expliqué au chapitre 7, cet objectif de production d'électricité photovoltaïque a été fixé par l'AMO spécialisé à partir de la volumétrie indicative de l'urbaniste, et en fonction de l'ambition du plan climat de compenser les consommations électriques des équipements des bâtiments par la production photovoltaïque, et en tenant compte de la capacité de production moyenne des panneaux disponibles sur le marché.

clairement explicité, soit il est demandé de réaliser une étude. D'après nous, ces types de prescriptions peuvent être classés selon leur degré de prescription, c'est-à-dire avec un degré de contrainte plus ou moins grand sur le travail de conception de la maîtrise d'œuvre. Exiger la mise en œuvre d'actions précises est la manière la plus contraignante d'encadrer la qualité énergétique d'une construction, celle qui laisse le moins de marge de manœuvre aux maîtres d'œuvre. Les actions exigées peuvent concerner la conception du bâti, les choix de matériaux ou d'équipements. Dans le cas d'objectifs quantifiés ou de normes à respecter, le maître d'œuvre a la liberté de choisir le moyen à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif. De cette façon, un niveau de performance minimum est assuré, tandis qu'avec de simples recommandations, il n'y a aucune garantie de réussite. Avec ce genre de prescriptions, seuls les paramètres nécessaires à prendre en compte dans le processus de conception sont précisés, comme par exemple : « concevoir l'éclairage extérieur selon les usages ». Exiger des études techniques permet de s'assurer que les concepteurs vont prendre une décision éclairée. Les cinq types de prescriptions sont répertoriés dans le [Tableau 20](#) suivant leur degré de prescription, du plus prescriptif au moins prescriptif.

Afin de comparer les stratégies de prescription adoptées par les différents bureaux d'études, nous avons évalué la répartition en pourcentage de tous les types de prescriptions énergétiques par document, en dénombrant les prescriptions de chacun. La [Figure 66](#) présente la répartition de ces différents types de prescriptions rédigées pour chacune des six opérations étudiées. Cette figure nous permet de constater que certains documents sont nettement plus prescriptifs que les autres. Avec 82% de recommandations, le cahier de prescriptions de l'opération Macdonald fait figure d'exception. En effet, il est le seul à n'exiger la mise en œuvre d'aucune action précise. Par ce parti pris, l'Agence Franck Boutté Consultants, AMO de la SAS ParisNordEst, laisse une grande marge de manœuvre aux maîtres d'œuvre. La complexité de l'opération du fait de l'imbrication des différents programmes pourrait justifier ce choix. D'autant plus que la conception des différents lots est déjà contrainte par le cahier des charges des certifications environnementales dans lesquelles les maîtres d'ouvrage ont engagé leurs opérations. Dans la moitié des opérations (Masséna-Bruneseau, Tolbiac-Chevaleret, et ZAC Claude Bernard), la majorité des prescriptions sont des actions précises à mettre en œuvre. Si la proportion d'actions prescrites est moins importante (32%) dans le cahier de prescriptions de la ZAC Clichy-Batignolles, elles sont compensées par un grand nombre d'objectifs quantifiés (49%).

En dehors du recours relatif à la préconisation d'actions précises à mettre en œuvre, nous ne distinguons pas de logique d'évolution dans le temps dans la manière d'encadrer la qualité énergétique des bâtiments dans ces opérations d'aménagement parisiennes. En revanche, nous remarquons qu'il n'y a pas de stratégie partagée entre les secteurs d'aménagement d'une même ZAC ou les opérations d'aménagement composant un même projet urbain.

Tableau 20. Les différents types de prescriptions, classés selon leur degré de prescription

Degré de prescription	Type de prescription	Exemple de formulation
	Recommandation	« Développer un concept pour minimiser la consommation énergétique pour la ventilation des locaux techniques. »
	Etude à réaliser	« Etudier la faisabilité d'une production collective d'eau chaude sanitaire solaire »
	Norme à respecter	« La cible 7 du référentiel « Bâtiments tertiaires – Démarche HQE 2006 » devra être dans un souci de performance »
	Objectif quantifié à atteindre	« Puissance maximale des ventilateurs = 0,6W/m ³ /h »
	Action à mettre en œuvre	« Systématiser l'utilisation de thermostat d'ambiance avec horloge à programmation »

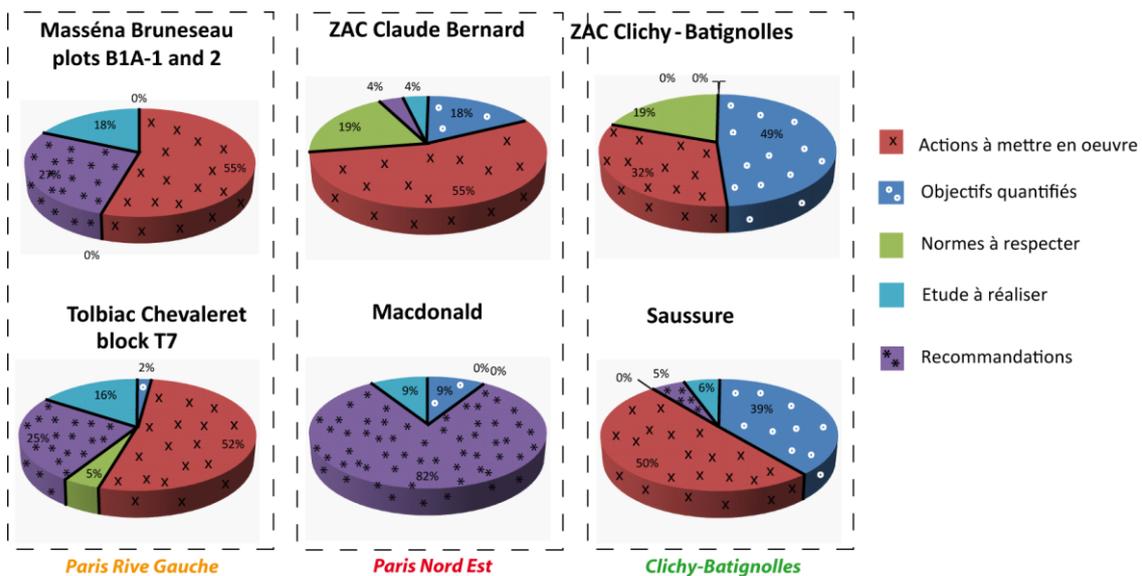


Figure 66. Les différents types de prescriptions faites dans les six opérations et leurs répartitions

Maintenant que nous avons comparé les méthodes de prescriptions employées dans les différentes opérations, intéressons-nous au contenu des prescriptions : les leviers à activer pour améliorer la qualité énergétique d'un bâtiment font-ils l'unanimité d'un bureau d'étude à l'autre ?

2.2. LE CONTENU DES PRESCRIPTIONS

Nous avons comparé les paramètres identifiés dans les cahiers de prescriptions environnementales pour assurer la qualité énergétique du bâtiment. Pour ce faire, nous avons mis en évidence huit leviers de conception sur lesquels les bureaux d'étude conseillent d'agir (Tableau 21). Ces huit leviers sont apparus après un travail de regroupement en catégories des paramètres ciblés par les cahiers de prescriptions. Nous avons réparti les prescriptions de chaque cahier suivant les huit catégories de paramètres, et calculé leur répartition en %. Nous avons ainsi obtenu la Figure 67.

Tableau 21. Les huit leviers de conception identifiés dans les cahiers de prescriptions environnementales analysés

Leviers de conception	Cibles
L'architecture	Forme et orientation du bâtiment
L'enveloppe	Performance thermique de l'enveloppe
Le confort des occupants et les besoins en énergie	Préconisations relatives au confort thermique et visuel des occupants
Les équipements	Caractéristiques des équipements de ventilation, d'éclairage, de chauffage, etc.
L'approvisionnement énergétique	Source de l'énergie de chauffage ou production d'énergies renouvelables
Matériaux	Caractéristiques environnementales des matériaux de construction (énergie grise, émissions de GES, etc.)
Les espaces extérieurs	Qualité des espaces extérieurs
Le suivi des consommations énergétiques	Équipements prévus pour aider les occupants à suivre et maîtriser leur consommation d'énergie ou leurs émissions de GES

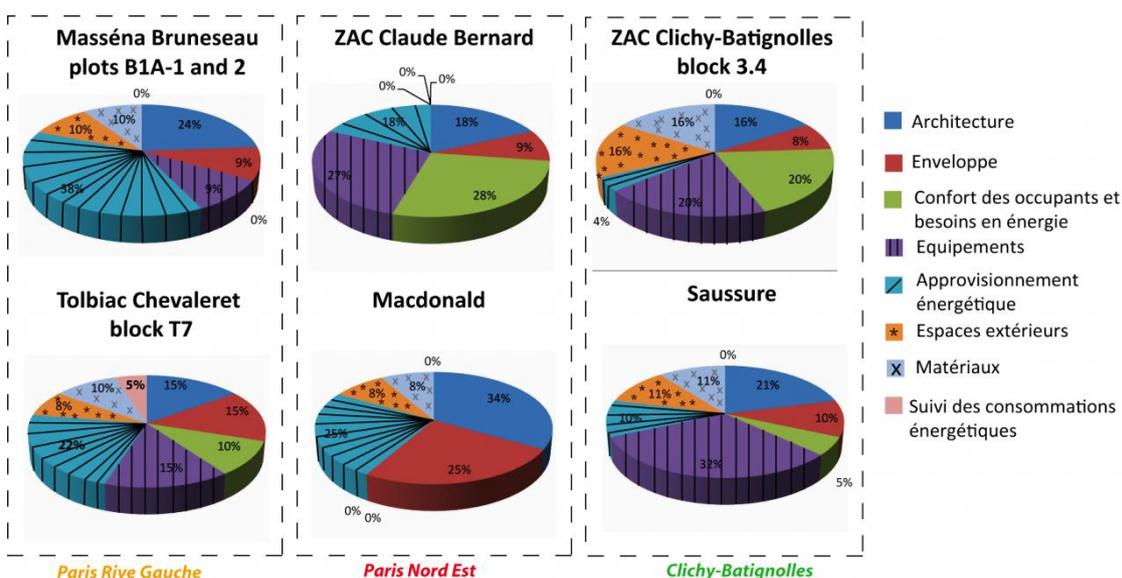


Figure 67. Les paramètres ciblés dans les cahiers de prescriptions pour assurer la qualité énergétique des bâtiments

Dans la mesure, où les opérations se déroulent dans une unité de temps relativement commune (6 ans seulement séparent le plus ancien cahier de prescriptions du plus récent) sur un territoire équivalent (même environnement climatique, même municipalité et sites aux problématiques comparables), nous nous attendions à une certaine similitude sur la nature des prescriptions énergétiques. Or, notre comparaison démontre que les leviers d'amélioration de la qualité énergétique des bâtiments sont nombreux et varient d'un cahier de prescriptions à l'autre. En effet, sur les 60 paramètres dénombrés, seul un paramètre est partagé par les cahiers de prescriptions de toutes les opérations (l'installation de panneaux solaires sur les toits pour produire de l'eau chaude sanitaire) et 10 paramètres uniquement apparaissent dans la majorité des documents étudiés. Un tiers des paramètres permettant d'améliorer la qualité énergétique des bâtiments relevés dans les cahiers de prescriptions n'apparaît que sur une opération. Chaque bureau d'études semble privilégier une stratégie de préconisation propre ne mettant pas en œuvre les mêmes leviers.

Comme le montre la Figure 67, la distribution des catégories de paramètres pris en compte dans les cahiers de prescriptions environnementales est très disparate. Chaque bureau d'étude semble avoir ses propres préoccupations. Certains insistent sur un paramètre en particulier, tels que l'approvisionnement énergétique pour Masséna Bruneseau ou les caractéristiques des équipements pour Saussure. A l'inverse, pour Tolbiac Chevaleret le cahier des prescriptions couvre de manière quasi équivalente l'ensemble des paramètres de conception. Tolbiac Chevaleret est la seule opération où l'installation d'équipements de suivi de la consommation d'énergie pendant la durée de vie du bâtiment est préconisée. Les cahiers de prescriptions des deux opérations du projet Clichy-Batignolles suivent le même plan, ils couvrent par conséquent les mêmes thématiques. Dans ces deux documents, chaque thématique est abordée en trois étapes : « exigences fondamentales », « exigences bioclimatiques et architecturales », et « exigences techniques détaillées ». La prescription énergétique sur le secteur Masséna Bruneseau est intéressante, parce que les prescriptions faites dans les fiches de lot sont très différentes de celles faites dans le cahier de recommandations concernant l'ensemble du secteur. Par exemple, une grande partie des recommandations sur l'ensemble du secteur concernent les caractéristiques des équipements, alors que dans les fiches de lot l'accent est mis sur l'approvisionnement en énergie. De même, les prescriptions relatives à la qualité des espaces extérieurs et des matériaux de construction ne figurent que dans la fiche de lot, tandis que celles concernant le confort et les besoins énergétiques disparaissent.

Pour chaque levier, les paramètres sur lesquels agir ou à prendre en compte dans la conception sont plus ou moins partagés par les différents cahiers de prescriptions :

- **Architecture.** En ce qui concerne l'architecture, les paramètres largement utilisés sont : l'orientation du bâtiment, l'accès à la lumière naturelle, la ventilation naturelle et l'installation de protections solaires. Prendre en considération l'exposition aux vents d'hiver n'est recommandé qu'à Masséna Bruneseau, la rose des vents du site est fournie pour l'été et pour l'hiver. Si l'orientation du bâtiment doit être optimisée dans la plupart des projets, seuls les cahiers de prescriptions de Masséna Bruneseau et de la ZAC Clichy- Batignolles exigent de considérer l'ensoleillement hivernal. L'impact des futurs bâtiments sur leur environnement local, en particulier les ombres créées sur d'autres bâtiments, n'est mentionné que dans les prescriptions pour l'îlot T 7 de Tolbiac Chevaleret.

- **Enveloppe du bâtiment.** Veiller à la performance thermique des vitrages est la seule préconisation partagée par l'ensemble des cahiers de prescriptions à l'exception de celui de la ZAC Claude Bernard. Les prescriptions pour l'enveloppe du bâtiment sont particulièrement détaillées pour Tolbiac Chevaleret uniquement. Ce cahier de prescriptions préconise d'agir à la fois sur la déperdition des parois, sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, sur le traitement des ponts thermiques, sur l'optimisation de l'inertie thermique, sur la transmission lumineuse et la performance thermique des vitrages. Nous pouvons supposer que l'isolation des parois n'est pas systématiquement inscrite dans les cahiers de prescriptions parce qu'elle est généralement la première mesure mise en place par les maîtres d'œuvre.
- **Confort des usagers et besoins énergétiques.** Aucun paramètre n'apparaît dans la majorité des cahiers de prescriptions. En revanche, trois sont partagés par la moitié des cahiers de prescriptions : la durée de l'éclairage, la durée de chauffe et la température intérieure d'inconfort en été. Le confort thermique en hiver n'apparaît que pour la ZAC Claude Bernard et la ZAC Clichy- Batignolles. La durée de ventilation mécanique est un paramètre identifié dans la ZAC Clichy-Batignolles uniquement.
- **Approvisionnement en énergie.** L'installation de panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire est systématiquement prescrite, alors que l'installation de panneaux photovoltaïques est mentionnée dans 2/3 des opérations (Tolbiac Chevaleret, Macdonald, Saussure et Masséna Bruneseau) et n'est obligatoire que dans la ZAC Clichy-Batignolles. Etudier la faisabilité d'installer des unités de production d'énergie renouvelable est exigé pour Tolbiac Chevaleret et Masséna Bruneseau, alors que le raccordement au système de chauffage urbain n'est pas exigé. Les systèmes à comparer pour le chauffage sont les pompes à chaleur sur aquifères ou sur sondes verticales, l'échange de calories entre les bureaux et les logements, et le raccordement au réseau de chauffage urbain. La mutualisation énergétique ne figure toutefois que dans la fiche de lot du B 3A de Masséna-Bruneseau qui, de par sa grande hauteur et sa mixité fonctionnelle est particulièrement adaptée au développement de ce type de solution. La récupération de la chaleur sur les eaux grises et l'implantation d'éoliennes, bien qu'annoncées par l'AMO comme à priori inappropriées, doivent également être étudiées sur les lots de Masséna-Bruneseau. En revanche sur Tolbiac Chevaleret , le recours à l'énergie éolienne est clairement rejeté .
- **Performance des équipements et des matériaux.** Les prescriptions relatives au choix des équipements sont plutôt bien détaillées pour Tolbiac Chevaleret, ZAC Clichy-Batignolles et Saussure. Elles concernent le type de ventilation mécanique contrôlée, sa puissance et son débit d'air. Les systèmes de climatisation doivent également être évités et remplacés par des solutions passives. L'installation d'un système de chauffage collectif est recommandée dans trois opérations. Prêter attention aux impacts environnementaux des matériaux est recommandé dans toutes les opérations sauf la ZAC Claude Bernard, alors que la durabilité et la facilité d'entretien des équipements sont recommandées dans la moitié des opérations seulement (Tolbiac Chevaleret, ZAC Clichy-Batignolles et Saussure). L'énergie grise des matériaux doit être calculée pour la ZAC Clichy-Batignolles, une formule de calcul simplifiée étant fournie par le bureau d'études. Le cahier de prescriptions de Masséna Bruneseau précise qu'il faut limiter l'empreinte carbone des matériaux de construction en choisissant des matériaux à faible énergie grise. Les matériaux locaux doivent être privilégiés selon les cahiers de prescriptions du secteur Tolbiac Chevaleret et de la ZAC Clichy-Batignolles.
- **Espaces extérieurs.** La végétalisation des espaces extérieurs est identifiée uniquement dans le cahier de prescription de la ZAC Claude Bernard, projet permettant d'améliorer en été le

confort thermique. Les seules préconisations relatives aux espaces extérieurs dans les secteurs Tolbiac Chevaleret et Masséna Bruneseau concernent la protection contre le vent.

- **Suivi de la consommation d'énergie.** Comme écrit plus haut, l'installation de compteurs intelligents permettant aux usagers d'assurer le suivi de leur consommation énergétique est préconisée uniquement sur les bâtiments du secteur Tolbiac Chevaleret.

En écoutant les acteurs des opérations en question, nous avons l'impression que les préconisations énergétiques pour les bâtiments étaient relativement similaires d'un projet à un autre. A travers ce travail de comparaison systématique des documents formalisant les prescriptions énergétiques dans six opérations d'aménagement parisiennes, nous nous sommes rendus compte qu'il y avait en réalité d'importantes variations d'une opération à l'autre. Les variations concernent autant le degré de prescription adopté dans la rédaction que le contenu même des prescriptions. La plupart des AMO préfère prescrire des actions précises. Le bureau d'études ayant rédigé le cahier de prescriptions pour l'opération Macdonald fait le choix inverse. L'architecture, l'enveloppe du bâtiment et l'approvisionnement en énergie sont les seules préoccupations figurant dans tous les cahiers de prescriptions. Il semble, contrairement aux apparences, que les pratiques de conception énergétique des bâtiments ne soient pas encore stabilisées. Chaque bureau d'études a sa propre méthode de travail. La SEMAVIP nous avait confié en 2011 avoir quelque peu repris la main sur ce travail de rédaction des prescriptions environnementales du fait de ces partis pris propres à chacun des bureaux d'études :

« On a une assistance à maîtrise d'ouvrage par opération. Mais en fait chacun a un peu ses quilles, ses petits dadas. Du coup comme maintenant on a quand même différentes d'opérations, on était aussi aménageur de Clichy Batignolles pendant longtemps, où il y a aussi des exigences très élevées, donc entre Claude Bernard, Macdonald et Clichy Batignolles, mêmes d'autres opérations comme Ourcq, etc. , on commence à avoir un peu de recul sur ce qui est bien, ce qui est pas bien, ce qui marche pas. Donc en fait on a repris un peu la main sur la rédaction de ces cahiers des charges, même s'ils restent toujours finalisés par les AMO parce qu'à un moment il faut une prérogative technique pour dire qu'est ce qui est possible ou pas. Notamment on impose la trame du cahier des charges » (SEMAVIP, juillet 2011).

Notre étude comparative confirme les observations de Lam et al. (2011) sur les pratiques de management environnemental des opérations de construction. Leur enquête auprès des différentes parties prenantes de la construction immobilière à Hong Kong montre que les critères de qualité environnementale employés varient d'un acteur à l'autre. Les bureaux d'études évoluant dans un environnement concurrentiel, il n'est pas étonnant qu'ils cherchent à se démarquer les uns des autres pour remporter des appels d'offre. Peut-être faudrait-il distinguer également les stratégies de prescription, c'est-à-dire d'encadrement de projets immobiliers réalisés par d'autres acteurs, des stratégies mises en œuvre par les bureaux d'études en tant que maîtrise d'œuvre. En ce sens, les points mis en avant dans les cahiers de prescriptions ne correspondent peut-être pas aux plus importants mais à ceux généralement moins soignés dans les projets architecturaux. Certaines solutions sont tellement évidentes que certains bureaux d'études peuvent juger inutile de les rappeler dans les cahiers de prescriptions. Il est par exemple évident que tous les bureaux d'études connaissent le rôle primordial que joue l'isolation de l'enveloppe dans la performance thermique d'un bâtiment. Nous pouvons supposer alors que lorsque l'isolation est absente des prescriptions, cela ne signifie pas que l'AMO a négligé ce levier mais qu'il souhaite que d'autres solutions, peut-être moins évidentes, soient explorées. Il serait intéressant de compléter cette étude en interrogeant les bureaux d'études sur leurs pratiques d'une part, et en comparant les prescriptions énergétiques formulées par un même bureau d'études

mais pour des opérations d'aménagement différentes, d'autre part. Ainsi, la compréhension du processus de définition de la stratégie d'amélioration des performances énergétiques des bâtiments adopté par les bureaux d'études pourrait être approfondie et la part relative aux spécificités de chaque opération mise en évidence.

Le fait que les cahiers de prescriptions varient entre deux opérations d'un même projet urbain montre que les bureaux d'études n'ont eu aucune directive commune. Ainsi la performance énergétique des bâtiments ne fait pas partie de la stratégie de mutation du territoire définie à l'échelle du projet urbain, même à Clichy-Batignolles où les élus ont formulé des objectifs énergétiques et climatiques pour l'ensemble du secteur. L'analyse du rapport de stratégie urbaine du projet Paris Nord Est a déjà mis en évidence l'absence de préoccupation en matière énergétique à cette échelle d'intervention.

3. L'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE DES PROJETS URBAINS

3.1. DES APPROCHES DISPARATES

La comparaison des trois projets urbains a mis en évidence des processus variés de détermination de l'énergie de chauffage et d'eau chaude sanitaire des bâtiments. Les échelles considérées et les acteurs intervenant dans le choix des ressources en énergie d'un quartier varient d'un projet à l'autre, comme le montre la [Figure 68](#) : le bâtiment pour Paris Rive Gauche, l'opération d'aménagement pour Paris Nord Est, le projet urbain et le territoire environnant pour Clichy-Batignolles.

A Paris Rive Gauche, bien que l'aménageur coordonne l'ensemble de la ZAC, il n'y a pas eu de réflexion sur l'approvisionnement énergétique de l'ensemble du quartier en mutation. La réflexion sur l'approvisionnement énergétique se fait à l'échelle du bâtiment, chaque maître d'ouvrage fait son choix indépendamment des autres. Toutefois, sur les secteurs de la ZAC où un bureau d'études a été missionné par l'aménageur pour formuler des prescriptions environnementales, il est demandé aux maîtres d'ouvrage de réaliser des études comparatives des différentes solutions énergétiques disponibles sur le territoire. Sur Paris Nord Est, cette comparaison a été menée à l'échelle de chacune des opérations d'aménagement par l'assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé en environnement. La solution d'approvisionnement énergétique adoptée par les aménageurs et plus ou moins imposée aux opérateurs immobiliers est le raccordement aux réseaux urbains de chaleur et de froid (dans le cas des immeubles de bureaux) en cours de déploiement. Toutefois, les opérateurs de réseaux de chaleur et de froid urbains ont considéré l'ensemble du territoire concerné par les opérations d'aménagement dans leur stratégie d'extension de leur réseau et de diversification de leur mix énergétique. A Clichy-Batignolles, une approche territoriale a été menée pour faire le choix de la source d'approvisionnement en chaleur du quartier. Dans la mesure où des objectifs de couverture par les énergies renouvelables des besoins énergétiques du futur quartier ont été inscrits dans le plan climat, l'aménageur des deux ZAC a fait étudier les différentes ressources d'énergies renouvelables ou de récupération disponibles sur le site ou à proximité. Le territoire considéré dans ces études énergétiques a dépassé le périmètre des opérations d'aménagement concernées, et même l'échelle du projet urbain, puisque l'hypothèse du forage d'un puits de géothermie dans le Dogger a amené l'aménageur à rechercher des consommateurs potentiels dans le territoire environnant le projet.

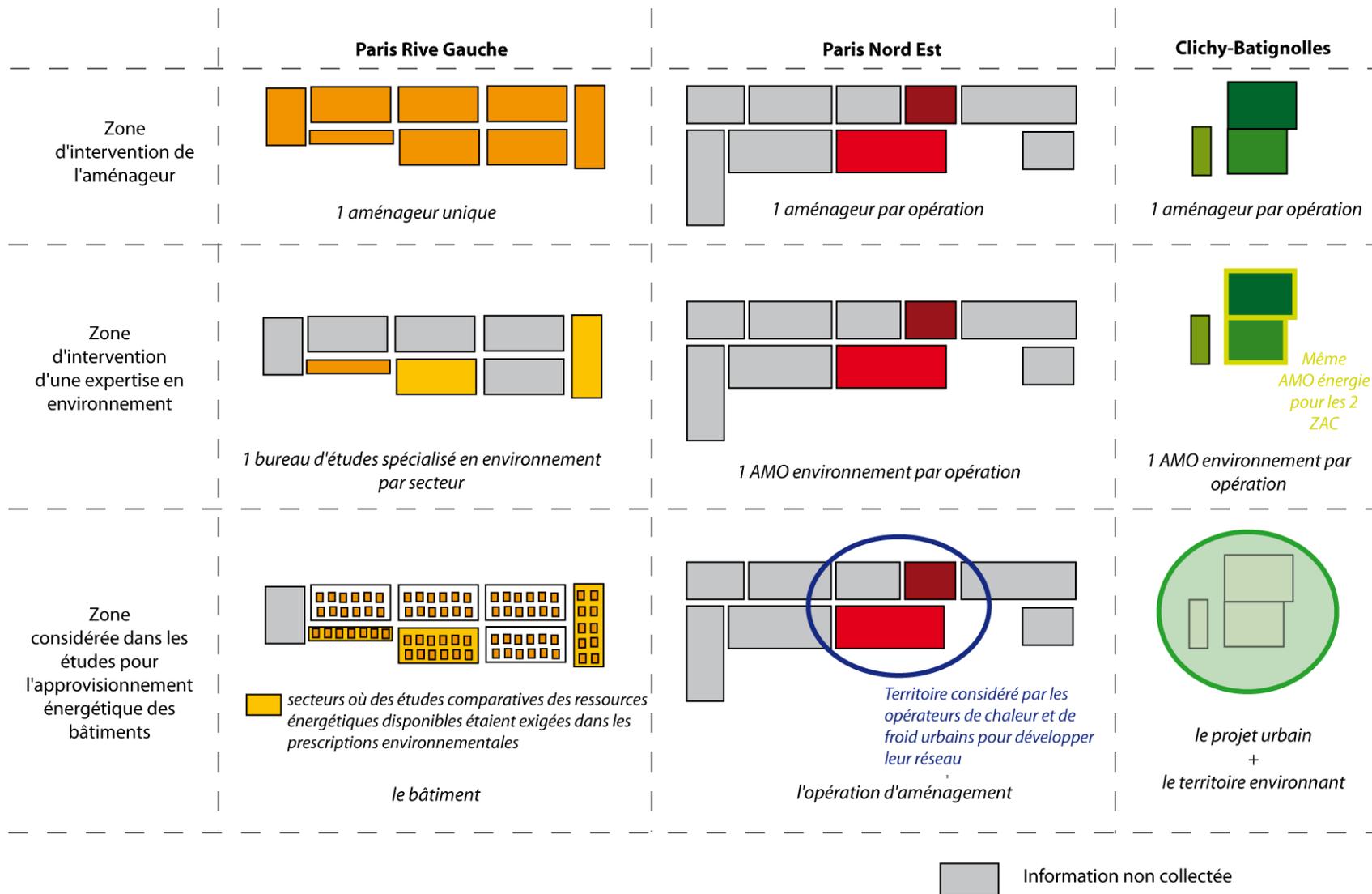


Figure 68. Périmètres considérés lors du choix de l'approvisionnement énergétique dans les trois projets parisiens

PARIS RIVE GAUCHE : S'ASSURER QUE CHAQUE MAITRE D'OUVRAGE AURA LE CHOIX DE LA SOURCE D'ENERGIE ALIMENTANT SON BATIMENT EN CHALEUR

Dans la ZAC Paris Rive Gauche, l'aménageur s'assure que les opérateurs immobiliers ont la possibilité de choisir l'énergie qui approvisionnera en chaleur et en électricité leur immeuble. En amenant les réseaux énergétiques, l'aménageur remplit bien son rôle de viabilisation des terrains en vue de la construction de projets immobiliers. Conformément aux principes de libre concurrence, chaque maître d'ouvrage est laissé libre de choisir l'énergie et le système d'approvisionnement en chaleur, en froid et en électricité de son futur bâtiment. Dans cette situation, le maître d'ouvrage, si l'on en croit la théorie de la rationalité économique, devrait faire le choix de la solution nécessitant le moins d'investissement de sa part, sans que cela affecte le prix de valorisation de son bien sur le marché immobilier. Le territoire Paris Rive Gauche est desservi par :

- Le réseau CPCU dont la chaleur est issue du centre de valorisation des déchets ménagers du SYCTOM situé de l'autre côté du boulevard périphérique à Ivry-sur-Seine⁸⁴ ;
- Le réseau de cogénération CPCU (secteur Masséna) ;
- Le réseau de froid Climespace alimenté par la centrale de Bercy sur la rive droite de la Seine ;
- Le réseau électrique ;
- Le réseau de gaz.

Les maîtres d'ouvrage ont donc le choix de se raccorder ou non à ces différents réseaux. Ils peuvent également installer des panneaux solaires fournissant une partie de l'eau chaude sanitaire du bâtiment ou des panneaux photovoltaïques dont l'électricité produite sera réinjectée sur le réseau.

Si c'est toujours au maître d'ouvrage de faire le choix de l'énergie alimentant son bâtiment en chaleur, en froid et en électricité, celui-ci doit désormais s'appuyer sur une étude comparative. Cette demande apparaît par exemple dans les fiches de lot environnementales faites par le bureau d'études Transsolar pour les bâtiments du secteur Bruneseau à partir de 2011. Conformément à l'évolution de la réglementation, les fiches de lot environnementales demandent que plusieurs solutions d'approvisionnement en énergie du bâtiment soient comparées. Cette analyse comparative doit prendre en compte les performances et les caractéristiques intrinsèques de chacune des solutions, leurs rendements, les émissions de CO₂ associées (Transsolar et al., 2012). Cette démarche comparative doit amener le maître d'ouvrage à faire un choix éclairé, mais ne garantit pas que la solution la plus respectueuse sera pour autant retenue. Au préalable, le bureau d'études membre de l'équipe de maîtrise d'œuvre des Ateliers Lion avait identifié plusieurs ressources qui méritaient d'être étudiées : la géothermie, le raccordement au réseau de chaleur urbain, le solaire, l'installation de panneaux solaires thermiques, de panneaux photovoltaïques et d'éoliennes (Transsolar et al., 2012).

Suite à la collaboration entre les Ateliers Lion et le bureau d'études Transsolar sur le secteur Masséna-Bruneseau, l'aménageur a missionné sur les derniers secteurs de la ZAC des bureaux d'études en environnement pour réaliser des études environnementales, rédiger des prescriptions et des préconisations à destination des maîtres d'ouvrage des opérations de bâtiment et de leur équipe de maîtrise d'œuvre. Ce travail d'analyse et de préconisations en matière énergétique a donc été mis en

⁸⁴ Depuis 1941, il existe une canalisation de la CPCU transportant de la vapeur d'Ivry-sur-Seine à Austerlitz (Raoult, 2008). La chaleur alimentant le réseau avant d'être fournie par l'usine d'incinération provenait de la centrale électrique d'Ivry.

œuvre dans les derniers secteurs de la ZAC à être aménagés : Bruneseau, Tolbiac-Chevaleret et Austerlitz sud. Toutefois l'expertise à laquelle fait appel l'aménageur n'a pas pour but de faire le choix de la meilleure solution énergétique à la place du maître d'ouvrage bâtiment, mais bien de s'assurer que celui-ci fait un choix en connaissance de causes. Le choix des ressources énergétiques et du type d'installation se fait donc toujours bâtiment par bâtiment, comme le montre la [Figure 68](#).

PARIS NORD EST : ACCOMPAGNER LA STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DES OPERATEURS ENERGETIQUES

Le raccordement des immeubles de la ZAC Claude Bernard et de l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald est le fruit de la rencontre de la réflexion des aménageurs de ces deux opérations et des opérateurs de chauffage et de froid urbain. D'une part, les opérateurs énergétiques cherchent à étendre leur réseau respectif et d'autre part les aménageurs cherchent à approvisionner les bâtiments de leur opération en chaleur et/ou en froid.

La réflexion sur l'approvisionnement en chaleur et en froid du territoire Paris Nord Est répond à une problématique de confrontation de l'offre et de la demande pour des opérateurs énergétiques qui veulent étendre leurs réseaux et le « verdir ». Elle s'inscrit donc dans une perspective de développement économique d'entreprises et non dans une politique d'aménagement d'un territoire en mutation. Les projets d'aménagement urbain représentent l'arrivée de clients potentiels pour les opérateurs de réseaux. Fonctionnant à l'origine au charbon, la CPCU a peu à peu diversifié les sources d'approvisionnement en énergie de son réseau, fioul, incinération des déchets ménagers, géothermie, cogénération ([Raoult, 2008](#)). Dans un contexte où le prix du fioul ne cesse d'augmenter, l'opérateur de chauffage urbain a intérêt à augmenter la part des énergies renouvelables et de récupération dans son mix énergétique. La ressource géothermale étant particulièrement abondante en Ile-de-France, la CPCU a donc exploré l'hypothèse de déployer un réseau dans le nord-est parisien alimenté par la géothermie. La prévision des travaux du tramway constituait une occasion à ne pas rater pour installer une nouvelle canalisation structurante à un coût maîtrisé.

Suite à l'étude énergétique menée par son AMO, l'aménageur de la ZAC Claude Bernard s'est engagé à couvrir 25% des besoins énergétiques de la ZAC par des énergies renouvelables. Dans cette perspective, l'aménageur avait tout intérêt à ce que le projet de la CPCU d'un réseau alimenté par la géothermie profonde voit effectivement le jour. La SEMAVIP s'est donc assurée que les prix de raccordement aux réseaux de chaleur des bâtiments de la ZAC soient les mêmes pour tous les lots et suffisamment compétitifs pour que les opérateurs immobiliers aient intérêt à retenir cette solution de chauffage. En ce qui concerne l'approvisionnement en froid des bâtiments de bureaux, c'est l'opérateur immobilier qui a demandé à ce que le réseau de froid Climespace desserve l'opération. C'est dans ce contexte que Climespace et la CPCU ont étudié la possibilité de coupler la production de chaleur et de froid.

Sur l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald, la SAS ParisNordEst a souhaité que tous les lots de l'opération soient alimentés par la même source de chaleur pour limiter les contraintes techniques. En effet, l'imbrication des programmes dans cette opération de reconversion d'un bâtiment existant rend particulièrement complexe la gestion des interfaces entre les différents lots et donc la conception de tout équipement traversant les lots tels que tuyaux de chauffage, gaines de ventilation, etc. Il s'agissait pour la maîtrise d'ouvrage de l'opération de simplifier le plus possible la question de

l'approvisionnement en chaleur des différents bâtiments. Le raccordement au futur réseau de chaleur urbain a rapidement été identifié comme une solution possible. Toutefois, la question du rafraîchissement des bureaux et des commerces n'était pas résolue. L'installation de groupes froid en toiture prenant beaucoup de place, elle ne séduisait pas les investisseurs. Exploiter l'écart de température entre l'air ambiant et le sous-sol a été envisagé mais rapidement écarté en raison de l'importante pollution du sous-sol. Une autre solution plus innovante proposée par le bureau d'études ENplus, membre de l'équipe de maîtrise d'œuvre auprès de l'agence OMA consistait à exploiter la forte mixité et promiscuité des programmes pour mettre en place des échanges thermiques entre les programmes aux besoins complémentaires (bureaux/logements par exemple). Bien que le bureau d'études ait quitté le projet, cette solution a été étudiée. La SAS ParisNordEst a demandé à Icade Gestec de conduire un dialogue compétitif devant aboutir à la désignation d'un opérateur énergétique commun aux différents lots, gérant le système de mutualisation énergétique imaginé par ENplus et affiné par l'Agence Franck Boutté Consultants. Bien que cette solution soit particulièrement performante en termes d'émissions de GES et d'économies d'énergie, la SAS ParisNordEst a préféré abandonner les études de faisabilité lorsque Climespace et CPCU ont annoncé s'être associés pour assurer la livraison de chaleur et de froid issus de l'exploitation du puits de géothermie voisin. Cette dernière solution, plus classique pour les opérateurs immobiliers, permettait de passer outre les questions juridiques et les craintes relatives à la gestion mutualisée. Le raccordement des bâtiments de l'opération Macdonald préservait également la faisabilité économique du couplage des réseaux de chaud et de froid et de leur livraison sur le territoire de Paris Nord Est. La SEMAVIP, membre de la SAS ParisNordEst mais également aménageur de la ZAC Claude Bernard n'avait donc aucun intérêt à ce que les bâtiments de bureaux de la ZAC ne soient pas desservis par le dit réseau de froid :

« On a poussé ce choix, à la fois pour des raisons environnementales et aussi, en tant que coordonnateur du projet, d'un point de vue technique, plus on simplifie les interfaces, mieux c'est. Les deux étaient convergents. On a poussé aussi cette solution qui nous semblait bien plus simple à plein d'égards. Quelque part, il y a toujours une casquette publique, même si c'est un projet privé. Ça s'est fait au moment où Climespace avait son projet, et si Macdonald ne se raccordait pas, ça risquait de compromettre la viabilité économique de tout le projet, y compris pour les bureaux. Comme on était aménageur de Claude Bernard de l'autre côté, ça ne nous amusait pas du tout que le projet capote à cause de Macdonald qui ne se raccordait pas. C'était difficile, on était un peu schizo parce que d'un côté, c'est un projet public, et de l'autre, c'est un projet privé. Mais c'est quand même la même société qui pilotait les deux, dans des cadres juridiques complètement différents. Le maître d'ouvrage, d'un côté, c'est la Sem directement, titulaire d'une concession d'aménagement sur Claude Bernard ; de l'autre côté, c'est une société privée, partenariale, dans laquelle la SEMAVIP n'a que 20 %. Ce ne sont pas les mêmes conditions. En tout cas, il y avait un intérêt à ce que ce projet se concrétise. On a tout fait pour que ça se fasse, dans un rôle de facilitateur. On n'a forcé la main de personne. On a fait l'interface entre Climespace et les opérateurs pour qu'ils arrivent à clarifier les structures de coût, à se mettre d'accord sur des coûts acceptables de part et d'autres. Et après, sur plein d'interfaces techniques, mais c'est normal, c'est le travail de coordination technique du projet. » (PNE, Ancien chargé de mission développement durable à la SEMAVIP, le 21/08/2012).

Il fallait donc garantir la faisabilité économique du déploiement des deux réseaux et de leur alimentation par la géothermie. L'abandon du système de mutualisation énergétique à Macdonald au profit du raccordement aux réseaux urbains de chaud et de froid s'est fait donc en partie au nom de la préservation de la « performance globale du quartier » (IcadeGestec, 2010, p. 7). Ce choix a ensuite été inscrit dans les cahiers de prescriptions que les maîtres d'ouvrage se sont engagés contractuellement à

respecter. Les opérateurs immobiliers pour qui le raccordement au réseau de chaleur et de froid est plus coûteux qu'une solution électrique ont le sentiment que la SAS ParisNordEst les a contraints à approuver ce choix. En réalité, comme le reste du contenu du cahier des charges, le raccordement aux réseaux urbains de chaleur et de froid a dû faire l'objet de négociations. Toutefois, la marge de négociation des opérateurs immobiliers était peut-être restreinte, tout du moins à leurs yeux.

L'approvisionnement énergétique du territoire Paris Nord Est n'a donc pas été étudié dans le cadre du projet urbain. Ce n'est pas une question posée lors des études urbaines menées par l'urbaniste coordinateur pour constituer sa stratégie urbaine. C'est à l'échelle des opérations d'aménagement ZAC Claude Bernard et Macdonald, que les aménageurs⁸⁵ ont souhaité réfléchir à l'approvisionnement en énergie pour le chauffage et le refroidissement de l'ensemble des futurs bâtiments. Les aménageurs ont ainsi joué un rôle d'interface entre les opérateurs énergétiques et les opérateurs immobiliers. Ils ont notamment négocié le montant des droits de raccordement aux réseaux, bien que certains opérateurs immobiliers estiment qu'ils auraient été mieux placés pour négocier que les aménageurs. Néanmoins, la stratégie de développement des opérateurs de réseaux de chaud et de froid urbains s'apparente à une approche territoriale : les besoins futurs du territoire ont été évalués et le recours à une énergie renouvelable a été exploré (la géothermie). Cette approche territoriale n'a pas été menée par les acteurs du projet urbain, intégrée aux réflexions de mutation du territoire Paris Nord Est, mais répond aux besoins d'un acteur privé. Le caractère externe au projet urbain de la CPCU nous a été à plusieurs reprises rappelé par les acteurs de Paris Nord Est et des opérations Claude Bernard et Macdonald. Ces personnes semblent considérer la CPCU comme un acteur privé guidé par sa propre logique économique. Celles-ci n'ont en effet jamais mentionné la présence de la Ville de Paris au sein de l'actionnariat de la compagnie. Les interviewés nous ont simplement fait part du soutien politique dont bénéficie le chauffage urbain sur le territoire parisien. Ce sont donc bien deux logiques distinctes qui se sont rencontrées et non pas un projet d'approvisionnement en chaleur (puis en froid) qui a été mené de manière intégrée au projet urbain. Ainsi, l'exploitation de la géothermie par CPCU et Climespace peut être considérée comme une opportunité offerte par le territoire et non créée dans le projet.

CLICHY-BATIGNOLLES : TROUVER LA SOLUTION PERMETTANT DE RESPECTER LES OBJECTIFS DE RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES DU PLAN CLIMAT

Contrairement aux deux autres projets urbains, plusieurs scénarios d'approvisionnement en chaleur ont été explorés pour le projet urbain Clichy-Batignolles à l'initiative de l'AMO énergie mandaté sur la première ZAC. En effet, Izuba énergies a pris le parti lors des études commandées par la SEMAVIP pour la ZAC Cardinet-Chalabre de considérer l'ensemble du territoire de projet afin d'évaluer les potentiels de réduction des consommations énergétiques des bâtiments et le taux envisageable de couverture des besoins par des énergies renouvelables produites localement. L'ambition de la Ville de Paris de faire de Clichy-Batignolles un écoquartier expérimental était déjà présente. Ces premières études ont permis de fixer des objectifs que le Conseil de Paris a décidé de reprendre dans le Plan climat de 2007. Après l'adoption du Plan climat, les études ont été lancées pour la ZAC Clichy-Batignolles. Izuba énergies a été à nouveau mandaté par la SEMAVIP pour réaliser les études énergétiques de la nouvelle ZAC. La volonté de dépasser les frontières de l'opération d'aménagement pour réfléchir aux questions d'énergie a été confortée par l'aménageur en renouvelant la mission d'études à Izuba énergies. Comme nous

⁸⁵ Par abus de langage, nous assimilons la SAS ParisNordEst maître d'ouvrage de l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald à un aménageur. Son rôle de portage, de coordination de l'opération et d'aménagement des voiries jouxtant l'entrepôt s'apparente effectivement selon nous au rôle d'un aménageur.

l'avons vu dans le [CHAPITRE 6](#), plusieurs sources d'énergies renouvelables et de récupération ont été identifiées dans les études énergétiques :

- La géothermie (pieux géothermiques, sondes géothermales, forages sur la nappe de l'aquifère de l'Eocène, forages dans l'Albien et forages dans le Dogger),
- Le bois,
- La récupération de chaleur sur les eaux usées,
- Le solaire thermique,
- Le solaire photovoltaïque.

Parmi toutes ces solutions, seules les faisabilités des hypothèses de la géothermie et du solaire photovoltaïque ont été étudiées en profondeur. En matière de photovoltaïque, un bureau d'études spécialisé a été missionné pour répartir l'objectif de production sur les différents lots des deux ZAC à partir des faisabilités de construction de l'urbaniste. Pour ce qui est de la géothermie, deux hypothèses ont été étudiées en détail : la géothermie de l'Albien et la géothermie du Dogger. Des études de faisabilité technico-économiques ont été menées dans les deux cas. Outre la faisabilité technique des forages et l'intérêt en termes de couverture des besoins énergétiques des bâtiments de l'opération, les études ont mis en évidence des conditions de rentabilité de l'investissement très différentes d'une solution à l'autre. Contrairement au puits de géothermie dans l'Albien, le puits dans le Dogger nécessite pour être rentable, un nombre de clients supérieurs à ceux attendus dans l'ensemble du projet urbain. L'aménageur a donc été amené à chercher des immeubles pouvant être potentiellement raccordés à la boucle d'eau chaude alimentée par la géothermie profonde au-delà de son périmètre d'intervention. Malgré ses recherches, l'aménageur n'a pas trouvé de clients potentiels suffisants. Pour ce qui est de la solution dans l'Albien, l'aménageur a dû, avec le soutien de la Ville de Paris trouver le moyen de financer les travaux de forage et d'obtenir l'accord d'Eaux de Paris, pour qui la nappe de l'Albien représente une source en eau potable de secours. Dans ce processus d'étude de l'approvisionnement en énergies renouvelables ou de récupération du projet urbain, l'aménageur occupe une place centrale. C'est lui qui, à la recherche de la solution optimale, mobilise les opérateurs de réseaux et les acteurs du territoire environnant pour contourner les obstacles à la réalisation d'une boucle de chaleur alimentée par la géothermie profonde de l'Albien ou du Dogger.

Cependant, environ un an après les études menées pour la ZAC Clichy-Batignolles, le Service Technique de l'Eau et de l'Assainissement (STEA) de la Ville de Paris est apparu pour proposer un projet concret de récupération de chaleur sur les eaux usées. Fort d'une expérimentation à petite échelle, le STEA a jugé le site de Clichy-Batignolles propice à une expérimentation du système à grande échelle. Dans cette logique expérimentale, le service technique a mené des études de faisabilité en parallèle des études menées au sein du projet urbain par l'aménageur et son bureau d'études spécialisé. Pour le STEA, le projet Clichy-Batignolles situé à proximité de deux importants collecteurs d'eaux usées présente plusieurs intérêts pour une telle expérimentation. D'une part, le service avait pour projet depuis plus de vingt ans de construire une nouvelle canalisation reliant les deux collecteurs pour faciliter leur entretien. Entreprendre ces travaux serait l'occasion d'installer le nouveau système de récupération de chaleur. Ainsi le coût des travaux pourrait être mutualisé et les subventions potentielles augmentées. D'autre part, le projet urbain Clichy-Batignolles représente un grand nombre de clients potentiels, facilement raccordables à une boucle d'eau chaude. En tant que gestionnaire de réseau le STEA suit une logique en partie comparable à celle de la CPCU et Climespace sur le territoire Paris Nord Est, à la différence près que les opérateurs énergétiques cherchent, eux, à faire du profit. A Clichy-Batignolles, le STEA cherche

à améliorer les conditions d'entretien de son réseau et à le valoriser, à Paris Nord Est, CPCU et Climespace cherchent à développer leurs réseaux et diversifier leurs sources d'approvisionnement énergétique. Dans les deux cas ce sont des acteurs externes à la logique d'aménagement qui proposent à l'aménageur une solution d'approvisionnement en énergie pour leur opération.

En définitive, l'hypothèse d'un puits de géothermie dans le Dogger a été abandonnée faute de clients potentiels suffisants, et le choix entre un puits de géothermie dans l'Albien et la récupération de chaleur sur les eaux usées a été tranché par le Maire de Paris en faveur de l'Albien. En attendant que le choix de la source de chaleur soit fait, le système de distribution, lui, avait été acté et réalisé : une boucle d'eau chaude. En distinguant le choix de la source du mode de distribution, les travaux de réalisation du réseau ont pu être réalisés dans les temps et les bâtiments conçus en conséquence :

« Pour l'instant, ce qui est réalisé sur le terrain, c'est une boucle d'eau chaude. Son alimentation jusqu'à maintenant n'était pas déterminée. Dans un premier temps, avant qu'on ait mis en place le système qu'on a choisi, elle va être alimentée par réseau vapeur CPCU, avec un transformateur qui va nous mettre en boucle de chaleur, etc. » (Clichy-Batignolles, Ville de Paris, Direction de l'urbanisme, le 27/07/2012)

La question de la couverture des besoins énergétiques du futur quartier Clichy-Batignolles par des énergies renouvelables et de récupération est notable pour plusieurs raisons. Parce que d'une part, plusieurs scénarios d'approvisionnement en énergie ont été comparés, et d'autre part parce que le périmètre opérationnel de l'aménagement a été dépassé lors de ces études. Plusieurs logiques se sont par ailleurs confrontées : celles de l'aménageur mobilisant les acteurs du territoire pour s'assurer que la boucle d'eau chaude qui desservira le futur quartier sera bien alimentée par une source d'énergie renouvelable ou de récupération et celles d'un opérateur de réseau considérant le projet urbain comme une opportunité pour valoriser son réseau. Contrairement à Paris Rive Gauche ou Paris Nord Est où le choix de l'approvisionnement en chaleur mettait en jeu les opérateurs immobiliers, les opérateurs énergétiques et éventuellement l'aménageur, à Clichy-Batignolles, ce choix a finalement été fait par le politique en plus d'avoir mobilisé ces mêmes acteurs.

3.2. DES ACTEURS QUI ADAPTENT LEURS PRATIQUES A CETTE PROBLEMATIQUE NOUVELLE DE PRODUCTION LOCALE D'ENR&R

Désormais le territoire urbain n'est pas seulement vu comme un lieu de consommation d'énergies, mais aussi comme un site éventuel de production. Il s'agit donc, en plus d'améliorer les performances énergétiques du futur quartier, de mettre en évidence les potentiels de production d'énergies renouvelables et de récupération, d'en assurer les conditions d'exploitation et de distribution en fonction du programme à construire et de ses besoins spécifiques en énergie. Cette question de la production d'ENR&R vient complexifier la question de l'approvisionnement en énergie d'un bâtiment dans une opération d'aménagement. Notre étude a mis en évidence trois acteurs qui aujourd'hui d'un projet à l'autre, se chargent de sélectionner les énergies approvisionnant le ou les bâtiment(s) et de décider de leur vecteur de distribution : l'opérateur immobilier, l'opérateur énergétique, l'aménageur. Suivant l'acteur qui mène cette réflexion, les énergies et les dispositifs de production d'ENR&R envisagés varient.

L'OPERATEUR IMMOBILIER

Le choix de l'approvisionnement énergétique revient jusqu'à récemment à l'opérateur immobilier. En effet, il est censé être libre de choisir la ou les énergies pour le bâtiment qu'il fait construire en fonction des possibilités offertes par le site. Dans cette configuration, l'aménageur amène plusieurs réseaux énergétiques pour préserver cette liberté de choix de l'opérateur immobilier. C'est cette capacité à proposer différents réseaux énergétiques aux promoteurs que l'aménageur de la ZAC Paris Rive Gauche mettait en avant au début des années 2000. Le panel des dispositifs de production d'énergies renouvelables ou de récupération de chaleur est restreint à l'échelle d'un bâtiment (panneaux solaires ou photovoltaïques en toiture ou en façade si l'orientation du bâti le permet, pompes à chaleur, pieux géothermiques, ventilation double flux avec récupération de chaleur, etc.) et ces technologies ont des niveaux de production limités. De plus, l'investissement dans ce type de dispositifs n'est pas aisément valorisable pour l'opérateur. En effet pour obtenir un label énergétique ou respecter les objectifs de la réglementation thermique, jouer sur les performances thermiques du bâtiment peut se révéler suffisant. Couvrir les besoins du bâtiment par des énergies renouvelables apparaît alors marginal, ce qui amène la plupart des opérateurs à faire le choix de solutions simples et demandant un investissement relativement faible, comme les panneaux solaires thermiques. Cette configuration est loin d'être optimale, car elle ne permet pas d'atteindre des niveaux intéressants de couverture des besoins énergétiques d'un quartier par des ENR&R. La conduite du projet d'aménagement est dans ce cas simplement adaptée à ce nouvel enjeu et non revue en profondeur. Ce point de vue est partagé par le législateur puisque celui-ci a étendu l'obligation de réaliser une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie aux opérations d'aménagement comme le stipule l'Article L 128-4 du code de l'urbanisme créé par la Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement :

« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération ».

L'OPERATEUR DE RESEAU ENERGETIQUE

Les stratégies d'investissement des opérateurs énergétiques sont mues par un objectif de rentabilité technico-économique et reposent sur un dispositif technique lourd ayant sa logique propre. Etendre un réseau de chaleur ou créer une nouvelle boucle d'eau chaude représente un investissement conséquent et des travaux importants. Ainsi une opération d'aménagement est une opportunité à saisir pour un opérateur de réseau de chaleur urbain, puisqu'une opération d'aménagement est synonyme de travaux sur la voirie et de nouveaux besoins énergétiques. Les intérêts de l'opérateur de chauffage urbain ne correspondent pas nécessairement aux intérêts du morceau de ville en mutation. Réseau énergétique et aménagement urbain sont deux logiques distinctes d'appréhension du territoire s'appuyant sur deux corps de métiers et sur deux expertises spécifiques.

Bien que présentant des opportunités de mise en œuvre pour la transition énergétique des territoires urbanisés, le réseau de chaleur présente les caractéristiques d'un « Large Technical System » (économies d'échelles et demande croissante) qui apparaissent en contradiction avec « une série d'enjeux connexes propres au secteur de l'énergie : concurrence de l'approvisionnement énergétique,

principe de libre choix des usagers, risque de contradictions avec les mesures d'efficacité énergétique développées en bout de chaîne au niveau des bâtiments » (Rocher, 2013, p. 31). L'exemple de Paris Nord Est montre que la mise en place d'un réseau de chaleur peut venir concurrencer le développement de solutions énergétiques innovantes de plus petite échelle. Le raccordement d'un bâtiment à un réseau de chaleur a également tendance à figer sa performance énergétique. En effet, réduire la demande en calories des bâtiments raccordés à un réseau de chaleur risquerait de mettre à mal le modèle économique du distributeur.

Outre les opérateurs de réseaux de chaleur, l'ensemble des entreprises de distribution de l'énergie semble vouloir se positionner. Les opérateurs de réseaux énergétiques développent de nouvelles offres adaptées à ces nouvelles questions que se posent les collectivités et les aménageurs. Au détour de conférences, nous avons, au cours de cette recherche, découvert les offres proposées par les grands opérateurs énergétiques aux collectivités. Ces opérateurs se positionnent auprès des collectivités locales pour les accompagner au cours de leur opération d'aménagement sur les questions d'approvisionnement en énergie du futur quartier. Ces opérateurs de réseaux réalisent les études visant à identifier les sources d'énergie potentielles, les différentes solutions technologiques associées et l'organisation de l'approvisionnement des bâtiments et équipements en chaleur. Par exemple, l'entreprise Gaz Réseau Distribution France (GrDF) s'est associée à l'Association des Directeurs d'Entreprises Publiques Locales (ADEPL) pour développer un guide pratique et méthodologique à destination des aménageurs pour les guider sur les questions énergétiques (ADEPL, GrDF, & Indiggo, 2013). Si la méthode proposée dans ce guide nous paraît pertinente, les solutions proposées mettent en avant les bienfaits des solutions impliquant le réseau de gaz. En proposant son expertise d'énergéticien aux aménageurs, l'entreprise de distribution en profite pour promouvoir les solutions innovantes qu'elle développe pour accompagner les collectivités dans leurs projets de recours aux énergies renouvelables dans leurs opérations urbaines. La construction de la stratégie énergétique d'un territoire revient à la collectivité et doit par conséquent s'extraire des stratégies d'entreprise de l'énergie. Si l'expertise d'un opérateur énergétique est réelle, elle est comme toute expertise partielle, il revient donc aux collectivités publiques locales de définir leur stratégie territoriale de l'énergie en toute indépendance. Il est primordial que plusieurs scénarios énergétiques contrastés soient comparés, chaque réseau, chaque solution énergétique présente des avantages et des inconvénients qu'il est nécessaire d'explorer en fonction des caractéristiques d'un territoire donné et de l'économie du projet urbain. Nous partageons donc l'observation de Souami (2007), selon laquelle une entreprise de distribution de l'énergie, même municipale, ne peut constituer une « maîtrise d'ouvrage intégrée » de l'énergie sur l'ensemble d'une ville. Les opérateurs énergétiques ont néanmoins un rôle à jouer : imaginer des solutions innovantes de stockage de l'énergie adaptées au milieu urbain (Souami, 2009a) et développer les potentiels de synergie entre les différents réseaux énergétiques et les autres réseaux (eau, transports).

L'AMENAGEUR

Nous avons constaté que les aménageurs cherchent de plus en plus à maîtriser l'approvisionnement énergétique des bâtiments de leurs opérations (ZAC Claude Bernard, opération Macdonald, ZAC Cardinet-Chalabre et ZAC Clichy-Batignolles). Dans la mesure où l'aménageur prend la responsabilité opérationnelle, intellectuelle et financière d'une opération d'aménagement (Reysset, 1997), sa tâche évolue nécessairement dès lors que la finalité de l'aménagement évolue. C'est ce qui est en train, selon nous, de se passer sur les questions énergétiques et climatiques. Avant que n'émergent ces préoccupations dans la fabrique urbaine, l'aménagement d'un quartier avait pour finalité de « disposer

avec ordre les habitants, les activités, les constructions, les équipements et les moyens de communication» sur un territoire donné pour reprendre les termes de [Merlin & Choay \(2009\)](#). Désormais, il est question de poursuivre ces actions tout en assurant les conditions d'une consommation réduite d'énergie et d'une production maximale d'énergies renouvelables et de récupération en milieu urbain. Ces deux enjeux de l'énergie sont traités selon des modalités distinctes. La performance énergétique des ensembles bâtis fait l'objet d'une procédure de qualité indistinctement des autres enjeux du développement durable. C'est l'aménageur qui met en place avec l'aide d'un bureau d'études spécialisé une procédure prescriptive à destination des opérateurs immobiliers et de leurs équipes de maîtrise d'œuvre. L'aménageur cherche ainsi à sensibiliser les acteurs intervenant sur l'opération d'aménagement, à les mobiliser à travers un engagement qui désormais est contractuel. Le rôle de l'aménageur n'a donc pas réellement évolué avec cette question de l'efficacité énergétique, dans la mesure où il poursuit son rôle de coordination de l'action et de responsable de la conduite opérationnelle, intellectuelle et financière du projet.

En plus de viabiliser les terrains à urbaniser, c'est à dire d'amener les réseaux et de réaliser la voirie, il doit assurer la coordination du projet de développement d'unités de production d'énergies renouvelables et de récupération permettant d'alimenter le futur quartier. Hier, l'aménageur s'assurait, comme nous avons pu le voir à Paris Rive Gauche, que les opérateurs immobiliers sur le secteur d'aménagement aient effectivement la possibilité de faire le choix de la ressource énergétique alimentant son bâtiment. Aujourd'hui, il guide les opérateurs immobiliers dans ce choix, voire le fait à leur place, afin d'assurer la meilleure couverture possibles des besoins énergétiques du futur quartier par une production locale d'énergies renouvelables. L'aménageur devient ainsi le relais entre les opérateurs énergétiques et les opérateurs immobiliers, coordonne les études énergétiques nécessaires à l'évaluation des potentiels énergétiques du territoire de projet, et définit avec l'aide de bureaux d'études l'ambition énergétique de l'opération.

L'aménageur remplit une nouvelle mission en matière d'approvisionnement en énergie. Toutefois, tous les aménageurs ne sont pas prêts à contraindre les autres acteurs intervenant sur l'opération d'aménagement. La SEMAPA par exemple semble réticente à l'idée d'imposer des prescriptions énergétiques à un opérateur immobilier. Les opérateurs immobiliers disposent ainsi d'une plus grande marge de manœuvre. Nous avons l'impression que le fait que la SEMAPA ait eu, à un certain moment, quelques difficultés à trouver des promoteurs prêts à mener un projet immobilier sur l'opération Paris Rive Gauche a marqué ses équipes. La relation de l'aménageur avec les promoteurs immobiliers semble rester emprunte de cette histoire.

De plus, l'aménageur de la ZAC Paris Rive Gauche ne bénéficie pas du soutien du plan climat. Comme nous l'avons vu précédemment, l'inscription d'objectifs énergétiques spécifiques à une opération d'aménagement complétant la préconisation relative à la consommation énergétique des bâtiments donne une légitimité, une crédibilité supplémentaire à l'aménageur auprès des acteurs intervenants sur la dite opération.

Si l'aménageur est l'acteur qui aujourd'hui semble prendre en mains la coordination des actions relatives à l'approvisionnement énergétique, nous pouvons nous demander s'il est le mieux placé pour effectuer cette mission. En effet, la prise en mains de la mise en œuvre de la transition énergétique dans les quartiers en mutation par un aménageur présente quelques limites relatives à sa légitimité d'action et à ses compétences internes. Tout d'abord, définir une stratégie énergétique ne fait pas à

priori parti des compétences de l'aménageur. Au mieux, l'aménageur comprend dans ses équipes un chargé du développement durable ou de l'environnement. La SEMAVIP a par exemple recruté en 2008 un « chargé de mission développement durable » devant veiller à la mise en œuvre d'une démarche de développement durable dans les opérations de la SEM. Il semble que ce soit l'ambition environnementale de la Ville de Paris pour le secteur Clichy-Batignolles qui ait incité la direction de la SEMAVIP à créer un nouveau poste dédié aux questions de développement durable. Voici l'étendue de sa mission :

« Face à l'enjeu majeur que constitue la mise en œuvre de prescriptions de développement durable, la SEMAVIP s'était dotée, en interne et dès la phase amont du projet, d'un poste transversal de « chargé de mission développement durable » qui travaillait en priorité sur l'opération Clichy Batignolles. Le chargé de mission développement durable avait pour missions d'animer la démarche environnementale de l'opération, de coordonner les expertises externes, de veiller à la prise en compte des critères de développement durable à toutes les étapes de l'opération (études techniques préalables, marchés et appels d'offres, commercialisation des charges foncières, concours, études de conception, travaux, etc.) et d'accompagner l'élaboration du Plan d'Actions d'Amélioration de l'opération. » (Mairie de Paris & SEMAVIP, 2009c)

L'aménageur peut donc avoir des difficultés à peser le pour et le contre des propositions des maîtres d'œuvre et des bureaux d'études environnementaux, malgré l'aide des services techniques de la Ville de Paris comme nous l'a confié la SEMAPA :

« Le problème, c'est la capacité des structures comme nous, aménageurs, de pouvoir comprendre ce qu'on nous propose. Si on n'a pas un référent énergie qui connaît un peu la RT, tous ces trucs-là, on est candide. [...] Mais au bout du compte, je ne sais pas si vraiment on comprend bien ce qu'on nous vend » (PRG, aménageur, Responsable Environnement, le 20/09/2012).

« Transsolar est le prestataire d'Atelier Lyon. Et Atelier Lyon est notre prestataire. On vise tous les documents, on juge de la pertinence. On a beaucoup d'échanges avec la ville sur les fiches de lot architecturales, environnementales. Mais ils ne remettent pas en question les choix techniques parce qu'ils n'ont pas les compétences. Et nous non plus, on ne les a pas. Nous, on nous explique et on essaie de peser le pour et le contre des propositions. On devient plus ou moins des sachants, mais on ne l'était pas à la base » (PRG, aménageur, secteur Masséna-Bruneseau, le 04/10/2012).

Dans la mesure où le périmètre d'intervention d'un aménageur est à priori amené à être de plus en plus restreint – les acteurs des projets Paris Nord Est et Clichy-Batignolles nous ont fait comprendre qu'il n'y aurait plus de ZAC aussi étendue qu'à Paris Rive Gauche, la procédure étant jugée trop rigide pour pouvoir faire face aux aléas d'une opération de long terme – l'aménageur n'apparaît pas être en position évidente pour intervenir sur l'ensemble d'un projet urbain et encore moins légitime pour en dépasser les limites.

L'intervention de l'aménageur sur le territoire est également bornée dans le temps, puisque sa mission s'arrête après la livraison de l'opération d'aménagement dont il a la charge. Or, les questions soulevées par l'énergie ne sont pas closes à la livraison de l'opération, bien au contraire. Dans la mesure où l'ensemble de l'approvisionnement en énergie et notamment en chaleur repose sur des consommations théoriques, la phase d'exploitation se révèle déterminante pour la qualité énergétique. Suivant les usagers, leurs comportements, les consommations énergétiques vont varier, ce qui induit un certain

nombre d'ajustements du côté de la production. Il est donc nécessaire d'évaluer à plusieurs échéances la performance énergétique des bâtiments et le respect des objectifs en énergies renouvelables dans la couverture des besoins en énergie du quartier. Il serait ainsi intéressant que l'acteur qui s'occupe de la définition et de la réalisation de la stratégie énergétique au cours du projet urbain puisse aussi en assurer le suivi au cours de la vie du quartier. Cet acteur pourrait être garant du bon fonctionnement énergétique du quartier et rechercher des solutions en cas de non-respect des objectifs initiaux. L'exemple de Solarvip montre que la gestion d'installation d'unités de production énergétiques décentralisée sur des propriétés privées est un véritable enjeu qui mérite d'être pris en charge par un acteur spécifique et pérenne.

Si ces différents acteurs se sont adaptés pour tenter de répondre à ce nouvel enjeu de production locale d'ENR&R, nous avons mis en évidence les limites de cette adaptation. A notre avis, aucun de ces trois acteurs n'est en position de conduire un projet d'approvisionnement en ENR&R d'un quartier en devenir. Cette problématique nouvelle dans un projet urbain nécessite, selon nous, d'introduire un nouvel acteur capable de coordonner au sein d'un projet urbain un projet d'approvisionnement en ENR&R. Par ailleurs, il apparaît pertinent de découpler le choix des ressources énergétiques du vecteur de distribution de chaleur, comme cela a été fait à Clichy-Batignolles. Le choix de ce vecteur de distribution doit pouvoir répondre aux orientations définies en amont dans la stratégie énergétique et être adapté à la programmation et aux contraintes techniques du projet urbain. Ainsi la coordination du projet d'aménagement et du projet énergétique se trouverait facilitée. Le choix du vecteur de distribution de la chaleur s'intègre aux problématiques classiques de l'aménagement, c'est-à-dire l'amenée des réseaux sur un terrain à viabiliser. Ce choix suppose de décider du degré de centralisation, de mutualisation de l'approvisionnement en chaleur. Si ce choix est effectué à l'échelle du projet urbain ou même à l'échelle de l'opération d'aménagement, il devra s'imposer aux maîtres d'ouvrage des opérations de bâtiments. Le phasage d'un projet d'aménagement urbain ne permet pas d'impliquer l'ensemble des opérateurs immobiliers dans ce choix qui a pourtant une incidence sur l'économie de leur projet. Ce rôle de sélection et de mise en œuvre du système de distribution de la chaleur peut ainsi revenir à l'aménageur, en cohérence avec la stratégie énergétique, avec le concours des opérateurs immobiliers et de la maîtrise d'œuvre urbaine.

3.3. UNE REFLEXION A MENER LE PLUS EN AMONT POSSIBLE ET EN CONSIDERANT UN TERRITOIRE ELARGI

L'échelle considérée pour le choix de l'énergie approvisionnant les bâtiments d'un nouveau quartier semble ainsi passer de l'échelle du bâtiment à l'échelle de l'aménagement, voire à l'échelle du territoire de projet. A Clichy-Batignolles seulement, le bureau d'études missionné par l'aménageur des ZAC Cardinet-Chalabre et Clichy-Batignolles a considéré l'ensemble du projet urbain pour imaginer les scénarios d'approvisionnement en énergie. Comme nous l'avons expliqué plus haut, d'une technologie à l'autre, le nombre de clients potentiellement alimentés en chaleur peut varier fortement. Augmenter le périmètre pris en compte dans les études énergétiques revient donc à potentiellement augmenter le nombre de solutions énergétiques pouvant être mises en place. A partir des solutions techniques identifiées par son AMO, l'aménageur des deux ZAC est allé à la recherche d'entreprises pouvant être intéressées par la réalisation et l'exploitation des dites solutions techniques et est sorti du périmètre du projet urbain pour trouver des clients supplémentaires. Ainsi le territoire environnant a été considéré pour rechercher des débouchés potentiels et non pour rechercher une source d'énergie renouvelable ou de récupération.

Par ailleurs, nous ne partageons pas le point de vue de l'urbaniste coordinateur du projet Paris Nord Est, pour qui les questions énergétiques sont des problématiques technologiques de « petite échelle ». Lors de notre entrevue, l'urbaniste a nettement distingué son travail de conception urbaine de grande échelle du travail d'ingénieur de petite échelle, le premier relevant d'une approche transversale de développement durable et le second d'une logique de choix technologique. Nous estimons bien au contraire que le choix des sources énergétiques approvisionnant le futur quartier oblige à passer à une échelle plus grande de réflexion, du bâtiment à l'opération d'aménagement, et de l'opération d'aménagement au projet urbain. L'exemple du développement des réseaux de chaleur et de froid sur le territoire de Paris Nord Est illustre bien, à notre sens, ce besoin d'un regard à plus grande échelle. Le choix de raccorder les bâtiments de l'opération Macdonald aux réseaux de chaud et de froid urbains, privilégie une logique territoriale (faire bénéficier le plus grands nombre de bâtiments d'une chaleur en partie issue de la géothermie) au détriment d'une solution innovante plus locale (circonscrite au bâtiment de Macdonald). Il est intéressant de noter que le choix d'un système d'alimentation en chaleur ou en froid peut mettre en concurrence les intérêts de projets à des échelles de territoire différentes.

Ainsi, la question de l'énergie, qui pourrait à priori être réduite à une question d'ingénierie de petite échelle, se doit d'être considérée comme une véritable question urbaine. D'ailleurs au terme de notre entretien avec l'urbaniste de Paris Nord Est, celui-ci nous a fait remarquer qu'une manière de traiter ces questions énergétiques à l'échelle du projet urbain pourrait être d'anticiper le développement d'une « *technologie à venir, mais qui aujourd'hui ne fait pas sens* », afin de pouvoir l'adapter ensuite à l'échelle du territoire (*PNE, urbaniste-coordinateur, le 15/10/2012*). Selon lui, l'effort d'anticipation sur les systèmes énergétiques pourrait alors être comparable à ce qui est fait sur les réseaux de transports en commun, où lors de la mise en place d'une ligne de bus à haut niveau de service, sa conversion éventuelle en ligne de tramway est anticipée et sa faisabilité dès lors préservée.

Nous avons remarqué à travers cette étude comparative que le choix des énergies alimentant les bâtiments arrive très tardivement dans l'avancement du projet urbain. Lorsque le choix des énergies revient au maître d'ouvrage des bâtiments, comme à Paris Rive Gauche, celui-ci est dépendant de la temporalité de l'opération de construction, mais indépendant de l'avancée du restant de l'opération urbaine. Aucune solution mutualisée n'est alors envisageable, seuls les réseaux déjà sur place peuvent être tirés jusqu'à un nouveau bâtiment. Des solutions complémentaires individuelles peuvent néanmoins être installées, telles que les panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques ou des solutions exploitant les calories du sous-sol (puits canadien, pieux ou sondes géothermiques, pompes à chaleur, etc.).

Même dans le cas où l'aménageur prend en main la question de l'approvisionnement énergétique de son opération, le choix définitif des énergies approvisionnant les bâtiments est fait alors que les travaux sont déjà bien commencés. La faisabilité économique de nouveaux réseaux étant dépendante du nombre de clients potentiels, l'avancée du projet est subordonnée au choix énergétique des opérateurs immobiliers. Un projet de déploiement d'un nouveau réseau, et de surcroît de forage d'un puits de géothermie comme ce fut le cas à Paris Nord Est et à Clichy-Batignolles, prend du temps. Huit ans se sont écoulés entre les premiers travaux de forage du puits de géothermie dans le Dogger de Paris Nord Est et la mise en service de la sous-station approvisionnant les réseaux CPCU et Climespace. Les études nécessaires au développement d'unités de production d'énergies renouvelables ou de récupération prennent du temps. Or une fois qu'un projet urbain passe à l'opérationnel, que les opérations immobilières sont lancées, le rythme s'accélère. Si les études de faisabilité des scénarios

d'approvisionnement en énergies ne sont pas lancées avant, elles auront du mal à suivre le rythme de l'opération urbaine. C'est ce qui s'est passé pour les études sur la récupération de chaleur sur les eaux usées pour le secteur Clichy-Batignolles :

« On a fait un certain nombre d'études. On a eu quelques soucis, parce que le chantier de Clichy-Batignolles avançait et n'attendait pas nos études pour avancer. Ils nous mettaient des délais trop courts pour faire nos études » (Ville de Paris, STEA, le 11/07/2013).

Il n'est pas rare que certains bâtiments soient livrés avec une solution de chauffage temporaire, remplacée par un raccordement au réseau de chaleur lorsque celui-ci est livré comme ce fut le cas sur la ZAC Claude-Bernard. En effet, les réseaux de chaud et de froid urbains ont été mis en service alors que l'ensemble des programmes construits sur le site de l'ancien hôpital étaient déjà livrés. A Clichy-Batignolles, les surcoûts liés à un choix tardif de la source de chaleur alimentant les bâtiments de l'opération ont été limités en découplant le choix du mode de distribution de la chaleur du choix de la source énergétique. Dans un premier temps une boucle d'eau chaude ainsi qu'un poste de livraison s'occupant de la transformation de la vapeur en eau chaude ont été construits afin de permettre l'alimentation par la vapeur du réseau classique de la CPCU. Lorsque les bâtiments sont directement raccordés au réseau vapeur de la CPCU, le poste de livraison est situé dans le bâtiment lui-même, alors que dans le cas de la boucle d'eau chaude, ce poste de livraison est commun aux différents bâtiments du quartier. Les premiers bâtiments livrés ont donc été directement raccordés à la boucle d'eau chaude. En attendant la mise en service du puits de géothermie dans l'Albien, la boucle était alimentée par la vapeur provenant du réseau CPCU déjà existant sous l'avenue de Clichy. Dès les premières études énergétiques, il a été mis en évidence que seule une solution mutualisée permettrait d'atteindre les objectifs de recours aux énergies renouvelables du Plan climat. En procédant ainsi, le changement de la source alimentant le réseau en chaleur n'a pas d'incidence concrète sur le bâtiment, à partir du moment où le raccordement du bâtiment à une boucle d'eau chaude a été intégré dans les calculs de conception :

« Vous ne serez pas relié à la boucle...

Si, il y a quand même la boucle CPCU, la boucle thermique et aussi CPCU qu'ils vont passer en géothermie. On sera relié. Les calculs en tiennent compte. Ça représente des petites contraintes sur les températures de rejet d'eau chaude, après chauffage, eau chaude sanitaire. Ce sont des choses un peu nouvelles sur la géothermie CPCU.

La géothermie arrivera quand ? Votre bâtiment sera t'il livré avant ?

Il sera livré avant, mais le réseau qui passe est compatible. La géothermie-CPCU est toujours couplée avec la vapeur CPCU. [...] Après, je ne sais pas si l'usine est faite. Je ne pense pas. En tout cas, ils demandent à ce qu'on tienne compte de leurs futures contraintes.

Il y aura quoi comme énergie en attendant ?

C'est le CPCU classique, la vapeur classique. On est relié. Après, c'est juste la fourniture d'énergie qui sera produite naturellement. » (Clichy-Batignolles, entreprise de travaux du lot E4, le 29/10/2012).

De l'autre côté des voies ferrées, le raccordement des bâtiments du lotissement Saussure à la nouvelle boucle d'eau chaude alimentée par le puits de géothermie est conditionné à la livraison du nouveau pont de franchissement des voies en plus de la date de mise en service du réseau. En attendant que les bâtiments puissent être desservis par la boucle d'eau chaude, la chaleur proviendra d'une chaufferie gaz collective :

« On a pris des dispositions avec CPCU. On va installer une chaufferie provisoire au gaz sur l'opération, qui va permettre d'alimenter les immeubles dès leur livraison. Les premiers immeubles seront livrés fin 2013. Ensuite, ça sera raccordé au réseau CPCU. Sachant que dès le départ, c'est une alimentation en eau chaude basse température qui est conforme à la température du réseau définitif. Ça suppose qu'il n'y a aucune modification à faire à l'intérieur des bâtiments. C'est simplement le raccordement du réseau. La chaufferie provisoire sera supprimée et le réseau sera raccordé par eau chaude sur le réseau géothermique de Clichy Batignolles, qui sera en service dès que le pont sera terminé » (Clichy-Batignolles, aménageur Saussure, le 07/11/2012).

Sur l'opération Macdonald le choix de la SAS ParisNordEst de relier les bâtiments aux réseaux CPCU et Climespace a été acté alors que les travaux de démolition partielle de l'entrepôt étaient en cours.

Afin d'éviter l'apparition de surcoût suite à l'installation d'unités de production d'énergies renouvelables ou de récupération, il est nécessaire, de les anticiper pour mieux les intégrer aux schémas de déploiement des réseaux et dans la conception des bâtiments. Le raccordement des panneaux photovoltaïques des bâtiments d'une opération doit notamment être pris en compte lors de la conception du réseau électrique, comme nous l'a expliqué Solarvip :

« Sur Clichy Batignolles, on a par exemple fait venir ERDF aux ateliers, pourtant en APS, très en amont, sur la question du raccordement des installations photovoltaïques. Le raccordement des installations, c'est une vraie question. Du coup, c'était le rôle de l'aménageur de l'organiser. Parce que ça a des impacts derrière sur le schéma du réseau électrique de distribution. On ne conçoit pas un réseau de la même manière si on n'est que consommateur ou si on est consommateur et producteur. Compte tenu du volume de photovoltaïque prévu sur Clichy, on a un réseau très différent de ce qu'ERDF a l'habitude de voir à Paris. Sur Claude Bernard, il y a un peu de photovoltaïque, mais c'est marginal. Ceci étant, sur Claude Bernard, la question n'avait pas été anticipée, et même si ce n'était pas grand-chose, ça a quand même posé des difficultés pour raccorder l'installation. Ça a coûté finalement cher parce qu'il a fallu modifier le schéma, alors que c'est un quartier neuf et que ça venait d'être fait. On ne voulait pas refaire ça. On s'est dit qu'il fallait prendre le truc très en amont pour éviter d'avoir à faire/défaire des choses. » (Solarvip, le 09/07/2013).

En conclusion, il paraît nécessaire pour assurer une couverture importante des besoins énergétiques d'un quartier nouveau par des énergies locales renouvelables ou de récupération d'étudier les besoins du projet urbain et d'explorer les potentialités offertes par le territoire à l'intérieur du périmètre d'aménagement mais aussi au-delà. Il est primordial de comparer plusieurs sources d'énergies et de construire des scénarios d'approvisionnement. Si nombre de ressources énergétiques peuvent être complémentaires, certaines peuvent entrer en concurrence. En effet, sur l'opération de reconversion de l'entrepôt Macdonald, l'installation de panneaux solaires thermiques n'était pas compatible avec le raccordement des bâtiments au réseau de chaleur, les panneaux étant les plus productifs en été, c'est-à-dire lorsque la CPCU a du mal à valoriser sa chaleur. Pour éviter les surcoûts, il est nécessaire que ces

études soient menées le plus en amont possible. Comme les projets de transports en commun, les projets de développement d'unités de production énergétique ont leur propre temporalité tout en ayant besoin d'être synchronisés avec le projet urbain qu'ils alimenteront. Un moyen de gérer à moindre coût cette différence de temporalité consiste à découpler, le choix du mode de distribution de la chaleur, du choix de la source énergétique.

4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION DU CHAPITRE 9

En définitive, l'incidence des enjeux de l'énergie apparaît relativement restreinte sur les choix de conception énergétiques alors que l'architecture des bâtiments fait l'objet d'un grand nombre de prescriptions au sein des opérations d'aménagement. L'enjeu de développement des énergies renouvelables a amené les aménageurs à comparer différents scénarios d'approvisionnement en énergie, et les opérateurs à développer des unités de production alternative sur un territoire en mutation urbaine.

Il semble que la marge de manœuvre des experts en énergie dans le dessin urbain soit limitée. Le dessin urbanistique est un compromis entre un grand nombre de variables : les caractéristiques du site (la topographie, les caractéristiques mécaniques de son sol, l'exposition aux nuisances, etc.), le programme de l'opération, le maillage avec les voiries des quartiers alentours, les attentes des politiques, les préoccupations paysagères, les règles du plan local d'urbanisme, etc. Les préoccupations relatives à l'énergie et au climat viennent complexifier un peu plus les choix d'implantation des bâtiments et des espaces publics. La participation des experts arrive assez tardivement dans le processus de conception urbaine. Le dessin urbain n'est alors modifié qu'à la marge ; il est difficile de remettre en question un projet qui a eu l'approbation des élus.

Bien que les solutions permettant de rendre l'éclairage public plus économe soient nombreuses, il n'y a qu'à Clichy-Batignolles qu'un projet innovant d'éclairage public a été conduit. Contrairement aux autres projets, l'éclairage public du secteur Clichy-Batignolles a été conçu en rupture avec le restant du territoire parisien. Ce parti pris a amené le concepteur lumière au sein de la maîtrise d'œuvre urbaine à convaincre les services techniques de la ville du bien-fondé de la recherche d'économies d'énergie sur un projet qui se veut exemplaire sur le plan environnemental. Les échanges ont été longs mais pas vains, puisque la Ville de Paris accepte désormais des projets prévoyant l'installation de LED et des niveaux d'éclairage inférieurs à la règle jusqu'alors en vigueur. Dans ce projet qui a eu des répercussions sur l'ensemble du territoire parisien, l'ambition politique de faire un écoquartier exemplaire et la détermination de l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine ont joué un rôle déterminant.

Il s'avère difficile de décomposer les choix de conception urbaine en différentes variables. Il semble que les leviers d'amélioration de la qualité énergétique que nous avons identifiés dans la littérature scientifique soient implicitement activés par les maîtres d'œuvre urbains. Ces variables font parties intégrantes de la palette de choix que doit faire un urbaniste. Agir sur ces variables n'influence pas uniquement la qualité énergétique du territoire. Cette liste de variables ne peut donc constituer un guide pour les concepteurs urbains mais pourrait en revanche être traduites en indicateurs et ainsi permettre aux bureaux d'études de mesurer régulièrement l'impact énergétique des choix de conception. Les concepteurs prendraient ainsi conscience de l'influence de leurs choix sur la performance énergétique du futur quartier et de sa capacité à produire des énergies renouvelables.

La comparaison des cahiers de prescriptions environnementales des six opérations d'aménagement nous a permis de percevoir la diversité des méthodes adoptées par les différents bureaux d'études en environnement et des maîtres d'ouvrage pour lesquels ils travaillent. Le degré de prescription est plus ou moins fort, certains bureaux d'études n'hésitant pas à imposer, en plus des objectifs, les moyens techniques de les atteindre, d'autres, au contraire, laissent une grande marge de manœuvre aux équipes de conception. Nous avons noté que les cahiers de prescriptions varient d'une opération à l'autre même au sein d'un même projet urbain. La performance énergétique des bâtiments ne fait donc pas l'objet d'une stratégie commune sur l'ensemble d'un projet urbain mais dépend des priorités de chacun des aménageurs et de leur AMO.

Par ailleurs, le choix de la source énergétique approvisionnant en chaleur les bâtiments est fait selon des processus variés et à des échelles spatiales distinctes. A Paris Rive Gauche le choix de l'énergie approvisionnant le bâtiment en chaleur revient au maître d'ouvrage de chaque opération immobilière. A Paris Nord Est les opérateurs de chaud et froid urbains ont étendu leur réseau dans le territoire concerné par le projet urbain. Chaque aménageur, après avoir comparé différentes solutions d'approvisionnement, a finalement demandé aux opérateurs immobiliers de raccorder leur bâtiment au réseau de chauffage et de froid (pour les bureaux et les commerces). A Clichy-Batignolles, la question de l'approvisionnement en énergie a également été prise en main par un aménageur, la SEMAVIP (puis PBA) concessionnaire des deux ZAC Cardinet-Chalabre et Clichy-Batignolles. Le périmètre considéré dans cette réflexion a dépassé celui du projet urbain. De plus, le choix du système de distribution a été découplé du choix de la ressource énergétique, ce qui a permis de lancer la réalisation de la boucle d'eau chaude avant que ne soit arrêté le choix de la source de chaleur. Si aucune source énergétique n'a été recherchée dans le territoire environnant le projet urbain, l'aménageur a recherché des bâtiments pouvant potentiellement être raccordés à une boucle d'eau chaude alimentée par un puits de géothermie dans le Dogger. Cette comparaison des approches de l'approvisionnement énergétique des bâtiments montre que plus l'échelle considérée augmente, plus les scénarios d'approvisionnement envisageables se multiplient.

Produire des ENR&R localement pour approvisionner en énergie les bâtiments d'un futur quartier constitue un important bouleversement des pratiques d'aménagement. Nous avons observé que trois acteurs ont adapté leurs pratiques à ce nouvel enjeu : les opérateurs immobiliers dans un premier temps, puis les opérateurs énergétiques et enfin les aménageurs. Cependant ces acteurs, qui se sont positionnés pour prendre en main ce nouvel enjeu, ne nous paraissent pas les plus adaptés. Il serait selon nous nécessaire de faire appel à un nouvel acteur qui serait en mesure de décider des énergies qu'il est possible et souhaitable d'être produites pour approvisionner l'ensemble du futur quartier. Ainsi lorsque le contexte le permet, le choix des sources en énergie pourrait être dissocié du choix du vecteur de distribution de la chaleur : après avoir identifiées les ressources énergétiques potentiellement mobilisables, fait une première sélection de celles-ci, le choix entre un système de distribution mutualisé ou décentralisé pourrait être réalisé. Sur la base de ces premières études, le projet de distribution de l'énergie pourrait être dissocié du projet d'implantation d'énergies renouvelables et géré par l'aménageur.

En plus de changer d'échelle, il est nécessaire d'anticiper le plus possible cette question. Plus la réflexion sur l'approvisionnement en énergie du futur quartier est menée en amont du projet urbain, plus son intégration au processus d'aménagement sera possible et plus les opportunités de mutualisation des solutions d'approvisionnement et de distribution seront nombreuses. De plus, nous

avons constaté qu'un projet d'unité de production d'énergies renouvelables ou de récupération nécessite plusieurs années d'études et de réalisation, l'enjeu devient donc la coordination du calendrier du projet d'aménagement avec celui du projet énergétique pour éviter le plus possible la mise en place de solutions temporaires.