

EMBO

**Façons
de Faire**

3

Sommaire

3 **Édito**

5 **Performance
énergétique**

Des objectifs à la réalité :
les enseignements
de Clichy-Batignolles

13 **Économie
circulaire**

Objectif zéro déchet :
organiser le réemploi
des matériaux

Un nouveau défi : la collecte
séparative des urines

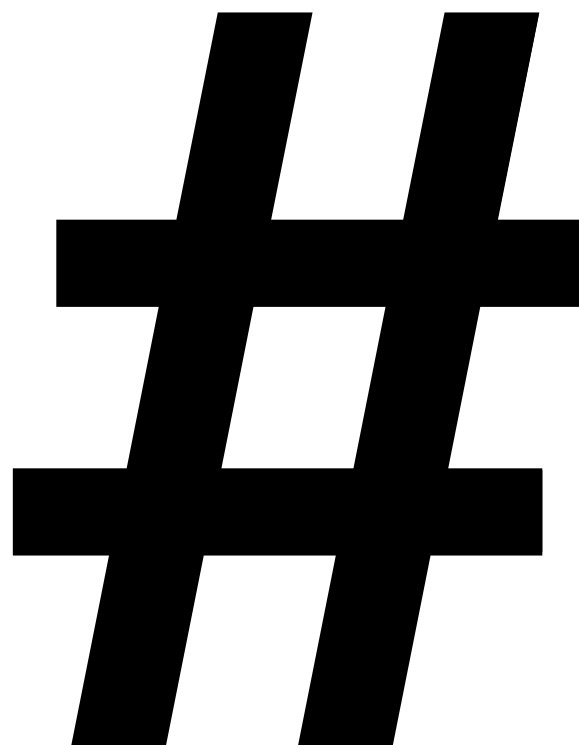
33 **Ville durable, AMO
et recherche**

Entretien avec Ghislain Mercier,
responsable ville durable et
nouveaux services

Participer à la recherche
appliquée en urbanisme
opérationnel

2020

Façons de Faire



Édito

Accélérer la transition par l'expérimentation

Le climat et l'environnement en général sont clairement devenus des enjeux structurants de notre travail. Cela s'est fait progressivement, mais l'urgence nous impose aujourd'hui d'accélérer le passage à de nouvelles pratiques.

Une manière de le faire consiste à nous projeter plus loin dans la transformation nécessaire de la ville, en intégrant à notre réflexion, le plus en amont possible, des enjeux qui paraissent encore émergents. D'où les partenariats que nous nouons avec la recherche scientifique, et les expérimentations que nous présentons dans ce nouveau volume de *Façons de Faire*, de la « facilitation énergétique » à la collecte séparative des urines, en passant par le réemploi des matériaux.

Notre intention n'est pas de revendiquer une place sur le podium de l'innovation, ni un satisfecit d'exemplarité ou de vertu, mais bien d'assumer le risque que toute innovation comporte. En tant qu'aménageur public, il nous appartient d'impulser des changements, et notre façon de le faire consiste à tenter de démontrer qu'ils sont possibles. Techniquement, mais aussi et surtout juridiquement, contractuellement et enfin culturellement et économiquement.

L'expérimentation n'est pas une branche accessoire de notre métier. Elle fait partie de notre raison d'être d'aménageur public : transformer des enjeux d'intérêt collectif en réalisations concrètes reproductibles.

Performance énergétique



Prescrire des objectifs de performance énergétique et contrôler le respect des engagements jusqu'à la livraison des bâtiments est nécessaire mais non suffisant. Comment l'aménageur peut-il s'assurer que les objectifs seront bien atteints une fois les locaux occupés et gérés par leurs utilisateurs ?

Des objectifs à la réalité : enseignements de Clichy-Batignolles

À Clichy-Batignolles, les bâtiments ont été conçus pour atteindre une haute performance énergétique et consommer une énergie à 85 % renouvelable grâce à la géothermie. Cela en fait l'un des éco-quartiers européens les plus ambitieux.

Or, ici comme ailleurs, les objectifs restent malheureusement théoriques, car les performances réelles sont en partie tributaires d'usages (réglages, comportements...) sur lesquelles ni l'aménageur, ni aucun autre acteur désigné n'a la main.

C'est pour tenter d'apporter des solutions à cette limite structurelle des éco-quartiers que l'expérience CoRDEES a été menée, grâce à un financement de l'Union Européenne.

Précisons qu'elle a été lancée en phase de construction, ce qui n'a pas permis de prendre en amont toutes les dispositions qui l'auraient facilitée.

L'observation des performances

CoRDEES, acronyme de Co-Responsibility in District Energy Efficiency and Sustainability, est une expérimentation en grandeur réelle portant sur le fonctionnement énergétique du secteur Ouest de l'éco-quartier Clichy-Batignolles.

Piloté par La Ville de Paris, le projet CoRDEES a été subventionné par l'Union Européenne dans le cadre du programme *Urban Innovative Actions* (UIA), pour une durée de trois ans, soit jusqu'au 31/10/2019.

L'équipe CoRDEES réunissait :

- La Ville de Paris
- Paris & Métropole aménagement
- Embix
- Une autre ville
- Mines ParisTech

Un rapport intitulé *Retour d'expérience* est téléchargeable sur le site cordees.paris.

Recueil des données

La mesure des performances passe par un recueil des données de consommation mais aussi de production d'énergie (géothermie, photovoltaïque). Ce recueil a été effectué d'une part au moyen de capteurs posés dans 1100 logements, d'autre part par la récupération de données auprès des fournisseurs d'énergie : la CPCU (Compagnie parisienne de chauffage urbain) et Enedis. Cette deuxième solution a donné lieu à des protocoles avec ces partenaires. Les données ont été regroupées sur une plateforme numérique et utilisées pour renseigner des indicateurs.

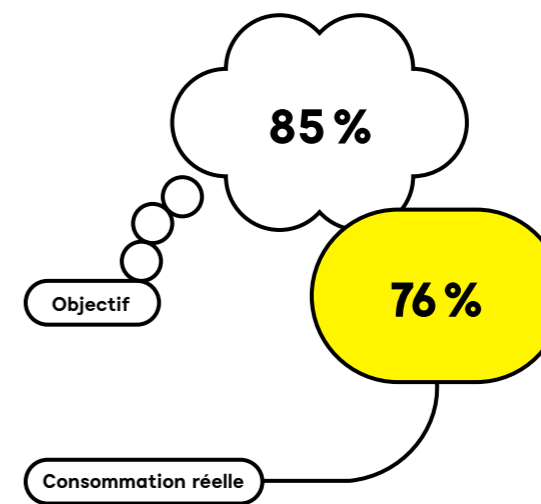
La production de chaleur

En moyenne sur l'année 2018, la chaleur apportée aux bâtiments a été à 76 % d'origine renouvelable. Le taux d'énergies renouvelables utilisées par le réseau de chaleur est calculé en fonction de la répartition des quantités d'énergie apportées respectivement par la centrale de géothermie et par le réseau général de la CPCU qui l'alimente en appoint si nécessaire.

L'objectif de 85 % d'énergie renouvelable n'est donc pas encore atteint, mais les données recueillies et un audit diligenté par P&Ma ont permis d'identifier l'origine de cet écart, qui tient à un mauvais fonctionnement (réversible) des sous-stations de la boucle de chaleur alimentant les bâtiments¹.

¹ La température de l'eau qui retourne au réseau après avoir circulé dans les bâtiments reste trop élevée pour permettre le bon fonctionnement des pompes à chaleur. C'est particulièrement le cas durant les mois d'été.

Utilisation d'énergie renouvelable



Les consommations

Les objectifs assignés à Clichy-Batignolles sont particulièrement ambitieux, y compris par rapport à d'autres écoquartiers. Aussi, si les consommations mesurées en 2018 n'atteignent pas encore les niveaux visés, elles montrent quand même des performances significatives. Les valeurs médianes relevées sur un panel de 17 bâtiments dont 12 résidentiels, se situent à :

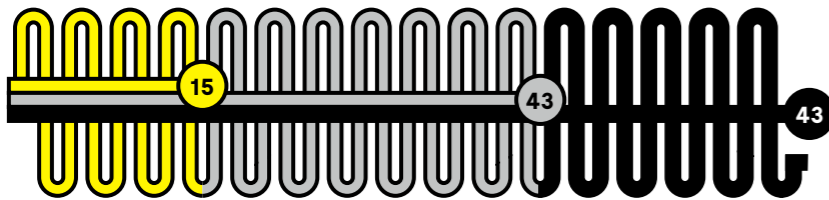
- 49 kWh/m²/an pour le chauffage (objectif : 15)
- 34 kWh/m²/an pour l'eau chaude sanitaire (objectif : 20).

Les consommations de chauffage représentent ainsi le quart de la moyenne nationale de celles des logements chauffés avec un réseau de chaleur (194 kWh / m² / an). C'est également le cas, dans des proportions moindres, pour l'eau chaude sanitaire.

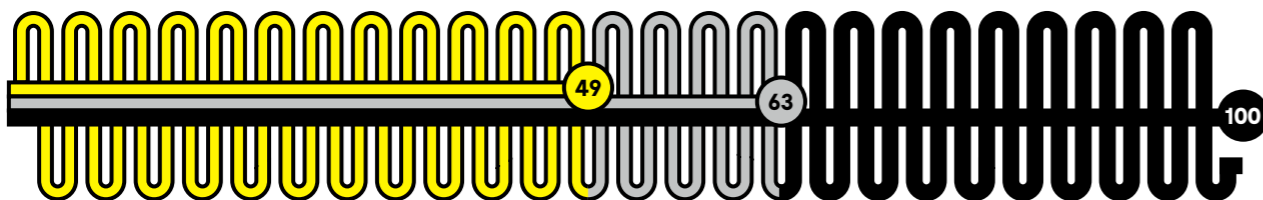
Les écarts par rapport aux objectifs peuvent avoir trois origines, que des analyses futures permettront de démêler :

- Un confort thermique supérieur à 19°C par choix des occupants.
- Un réglage inapproprié des installations de chauffage par les exploitants.
- Des défauts dans l'enveloppe thermique des bâtiments. Pour l'eau chaude sanitaire, des systèmes mal réglés ou des objectifs trop ambitieux par rapport aux usages.

Objectifs en kWh



Mesures en kWh



Consommation d'énergie finale pour le chauffage en 2018, en kWh/m²/an

Clichy Batignolles

Grenoble ZAC de Bonne

Lyon Confluence

Les champs d'action

² Mémento du commissionnement, 2008, COSTIC, ADEME, FFB.

Parties prenantes de la performance énergétique d'un écoquartier

- Aménageur
- Promoteurs
- Investisseurs institutionnels et bailleurs sociaux
- Opérateurs de réseaux
- Gestionnaires de résidences
- Syndicats de copropriétaires et leurs syndicats
- Exploitant de chauffage
- Entreprises utilisatrices de bureaux et commerçants
- Habitants et salariés

Ces résultats confirment l'intuition de départ : la performance énergétique du quartier est déterminée d'une part par les caractéristiques physiques et techniques des bâtiments et des installations, d'autre part par les usages. Ces derniers jouent un grand rôle, notamment en ce qui concerne le réglage et l'entretien maintenance des installations.

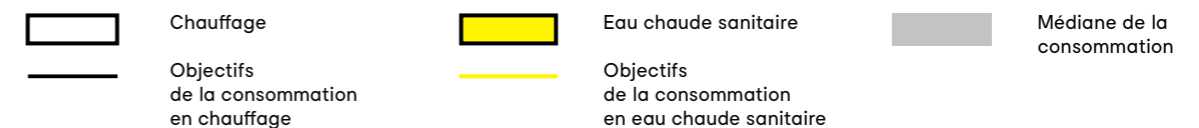
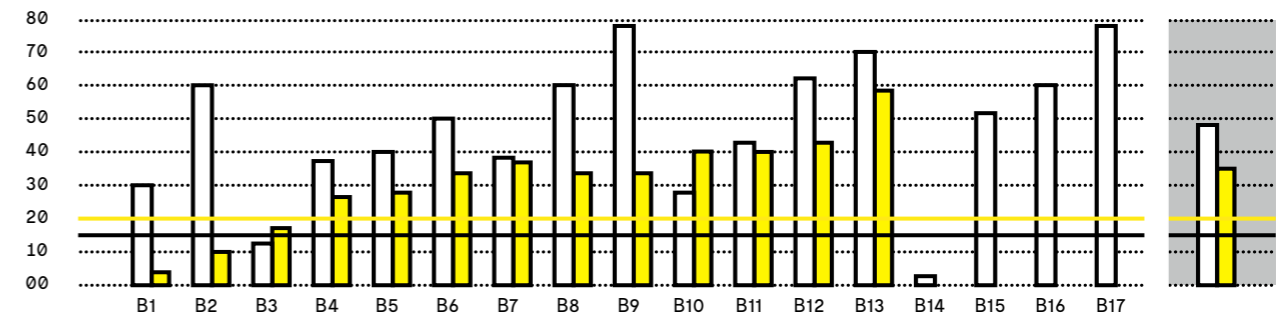
Le commissionnement des installations et équipements énergétiques

Sur le plan technique, il apparaît indispensable (pour de futurs quartiers) de prévoir un commissionnement. Le commissionnement se définit comme l'ensemble des tâches à accomplir pour mener à terme une installation neuve afin qu'elle atteigne le niveau des performances contractuelles et créer les conditions pour les maintenir². On parle ici d'un commissionnement à l'échelle de l'ensemble des bâtiments et installations énergétiques du quartier débordant aussi longtemps que nécessaire sur la phase d'exploitation.

La sensibilisation/responsabilisation des parties prenantes

Sur le plan des usages, il n'est pas envisageable d'atteindre les objectifs de performance visés sans sensibiliser les très nombreuses parties prenantes à la nécessité et l'intérêt pour elles d'adopter des comportements ou de prendre des décisions responsables. Dans ce second champ d'action, moins balisé que le premier, se pose une première question : à qui confier cette mission, étant donné que l'aménageur sort du jeu après la livraison des bâtiments ?

Consommations de chauffage et eau chaude sanitaire sur 17 bâtiments en kWh/m²/an



La solution du facilitateur énergétique

À cette question, nous avons répondu – c'était l'objet même de l'expérimentation – en imaginant un nouvel acteur, que nous avons appelé facilitateur énergétique.

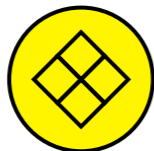
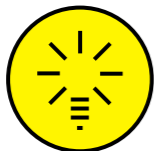
Le facilitateur est une personne morale investie d'une triple mission :

- Collecter et analyser des données
- S'en servir pour mobiliser les parties prenantes
- Faciliter la réduction des écarts de performance par les mesures appropriées (logique de commissionnement voire de smart grid).

Durant le temps de l'expérimentation, c'est l'équipe CoRDEES qui a endossé ce rôle. Nous avons eu de très nombreux échanges avec les propriétaires et occupants des bâtiments ou leurs représentants, afin de les sensibiliser et leur proposer de souscrire à des offres de service (voir ci-dessous).

Cette expérience nous a permis de tester l'idée en situation réelle – à ceci près que les services étaient gratuits grâce au financement européen. Pour autant, le calendrier et le contexte de l'expérimentation, concomitante aux livraisons des bâtiments, ne permettaient pas de préfigurer entièrement le modèle du facilitateur énergétique.

Exemples de services pouvant être proposés par le facilitateur énergétique



Données	Assistance	Gestion	Exploitation	Coaching (éco-gestes)
Rapport d'analyse sur les performances réelles	Audit énergétique et conseils d'optimisation	Maintenance prédictive des sous-stations	D'installations de chauffage ventilation climatisation	D'habitants
Retour d'expérience sur la conception du bâtiment	Négociation et suivi des contrats d'exploitation	Pré-facturation individualisée des chauffage et eau chaude sanitaire	De panneaux photovoltaïques	De salariés
Suivi de performance énergétique	Mise en place d'une autoconsommation collective d'électricité photovoltaïque	Gestion de personne morale organisatrice d'autoconsommation collective	Formation des exploitants	
Mise à disposition de jeux de données	Aide à l'obtention d'une certification en exploitation	Valorisation des capacités de flexibilité de la centrale géothermique		

Une association pour poursuivre les travaux

L'idée du facilitateur énergétique est apparue suffisamment féconde pour inciter les partenaires à poursuivre leurs travaux dans le cadre d'une association créée à cette fin, le programme soutenu par l'Union Européenne s'achevant fin 2019.

L'association CoRDEES se donne en particulier pour objectif de construire le modèle du facilitateur en définissant son périmètre d'action (territoire et services rendus), ses outils techniques, son modèle économique et son statut juridique.

L'une des questions posées réside dans le champ de compétence du facilitateur.

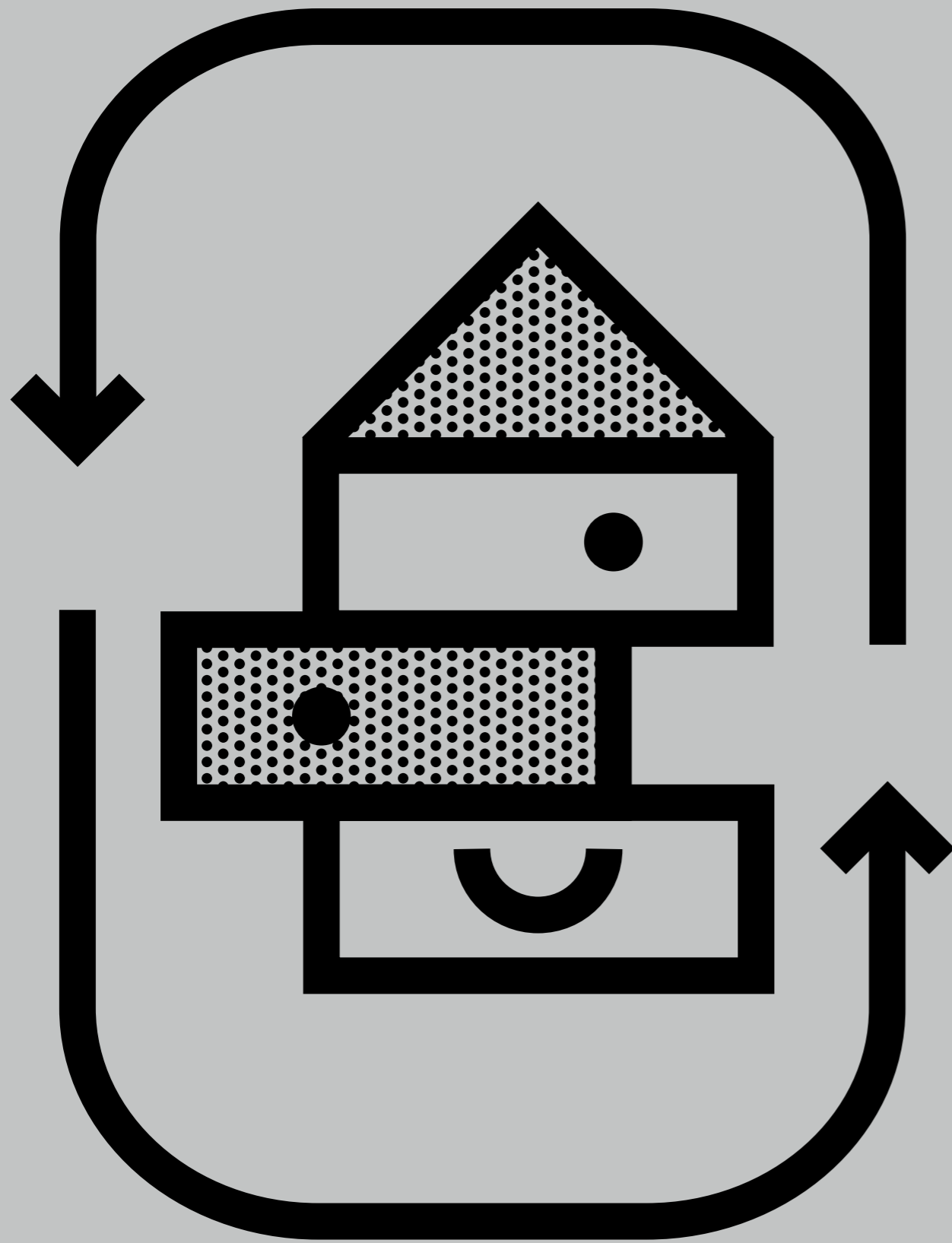
- La « facilitation » énergétique pourrait ainsi être l'une des missions d'un facilitateur-animateur multi-compétent, agissant également dans des domaines tels que les déchets, la biodiversité, l'alimentation, l'adaptation au réchauffement climatique... voire devenant une sorte de concierge ou de syndic de quartier.
- À l'inverse, le facilitateur pourrait rester spécialisé en énergie et trouver son équilibre financier en agissant non plus à l'échelle d'un quartier unique, mais de plusieurs, sur un territoire plus vaste. Il pourrait aussi se rémunérer par un intéressement sur les économies d'énergie qu'il permet de réaliser.

Première application à Saint-Vincent-de-Paul

Tout en poursuivant le travail engagé à Clichy-Batignolles, l'association se donne un second terrain d'expérimentation avec le quartier de Saint-Vincent-de-Paul.

À titre conservatoire, Paris & Métropole Aménagement impose aux promoteurs du futur éco-quartier :

- Une instrumentation des logements inspirée du label *Ready 2 Services* de Certivea, qui rend les bâtiments communicants au moyen de dispositifs ouverts et interopérables.
- Une obligation de commissionnement avec remise d'un rapport sur les performances énergétiques réelles du bâtiment deux ans après la livraison. Cette obligation est assortie de pénalités financières en cas de non-respect, au moyen d'un séquestre.
- Leur présence auprès des copropriétés après la livraison pour aider à la contractualisation avec le facilitateur, et le financement pendant deux ans d'un gestionnaire de quartier chargé de faire la pédagogie des questions énergétiques.



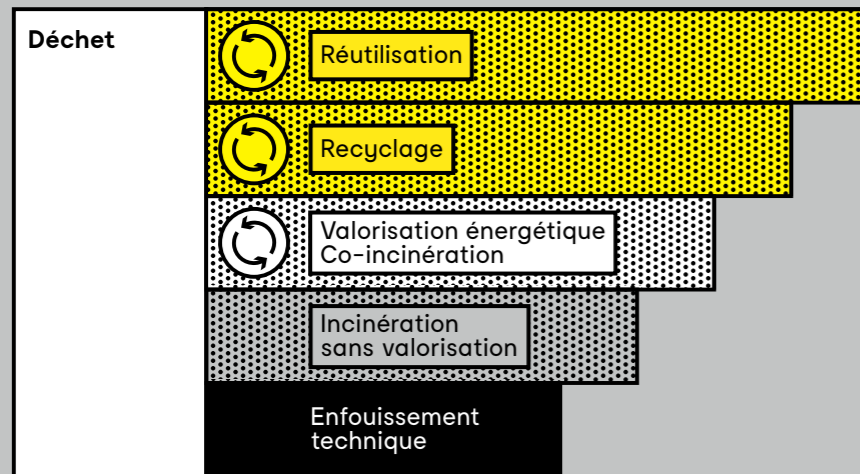
Économie circulaire

Limiter la production de déchets liés à l'aménagement est devenu une obligation réglementée. Elle appelle des méthodes de gestion des terres et des matériaux entièrement nouvelles, et passe forcément par un changement de regard sur les actes de construire et déconstruire. Plus expérimentale, la transformation des urines en engrais devient l'une des thématiques de l'économie circulaire liée au bâtiment.

Objectif zéro déchet: organiser le réemploi des matériaux

Déchet évité	Prévention
--------------	------------

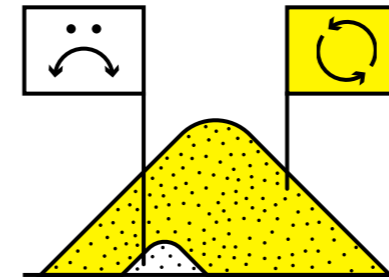
Non déchet	Réemploi
------------	----------



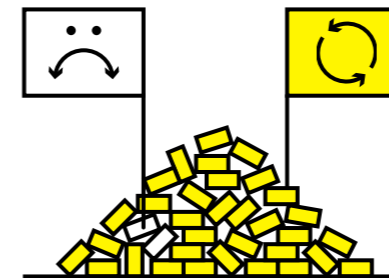
La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, qui prévoit un découplage progressif entre croissance économique et consommation de matières premières, vise en particulier la valorisation de 70 % des déchets du bâtiment et des travaux publics à l'horizon 2020.

Plusieurs moyens sont disponibles pour économiser les ressources en matériaux et réduire les déchets. La première consiste à conserver des bâtiments plutôt que les démolir. La seconde passe par le réemploi ou la réutilisation des terres, des matériaux de démolition ou de certains matériels que l'on récupère dans les bâtiments à déconstruire sur le site des opérations d'aménagement. Une troisième forme de réemploi consiste à introduire dans les projets des ressources de seconde main venues d'ailleurs. Ces différentes modalités impliquent des méthodologies particulières, que P&Ma a notamment mises en place sur les opérations Chapelle Charbon et Saint-Vincent-de-Paul.

La gestion des terres et matériaux de démolition à Chapelle Charbon



Terres excavées	
Volume total	20 000 m ³
Volume réemployé	19 750 m ³
Volume évacué	250 m ³



Matériaux de déconstruction	
Tonnage total	1000 t
Tonnage réemployé	950 t
Tonnage évacué	50 t

L'aménagement de la première tranche de l'opération Chapelle Charbon a nécessité la démolition d'entrepôts logistiques et l'évacuation de terres ponctuellement incompatibles avec les usages futurs sensibles : potagers, vergers, école...

Une collaboration étroite avec l'Agence de l'écologie urbaine [le service concerné au sein de la Ville de Paris] a permis de valider des seuils et une méthodologie pour réemployer le maximum de matériaux et de terres dans le périmètre de l'opération, sachant que la tendance est contraire : la réglementation « pousse » en effet à la mise en décharge, qui est aussi plus intéressante pour les entreprises. Nous avons beaucoup encadré ces dernières, avec l'aide de notre AMO « Qualité environnementale du site et des sols » Egis.

Journal de bord

La tenue d'un journal traçant la provenance des terres excavées et leur destination possible – espace public et parc, lots constructibles, école selon les cas – a permis de limiter le volume finalement évacué à 250 m³ sur 20 000 m³ qui ont été triés et déplacés. Un travail fin sur leurs conditions de réutilisation suivant les usages et une analyse systématique de chaque zone déblayée a permis de trier et transformer les déblais en remblais sur site.

De même la quasi-totalité des matériaux du site ou de déconstruction ont pu être réutilisés sur place par des actions simples : nettoyer et réutiliser le ballast, concasser le béton pour le ré-employer. C'est ainsi que nous avons pu limiter à 50 tonnes l'évacuation des matériaux, alors que le marché initial de l'entreprise prévoyait un tonnage 200 fois supérieur.

En revanche, notre tentative de récupérer des ressources issues d'autres sites de travaux a rencontré deux écueils : soit la qualité des terres disponibles n'était, après analyse comparée du sol d'origine et de destination, pas compatible avec les besoins (terres trop argileuses pour le parc par exemple), soit les plannings de chantiers n'étaient pas concordants. Nous envisageons de mener une nouvelle tentative sur la deuxième tranche du parc.

L'économie circulaire de la construction sera aussi un enjeu très important pour les étapes futures de l'opération, notamment dans le projet de la restructuration de la zone d'activités CAP 18.

Impact carbone positif

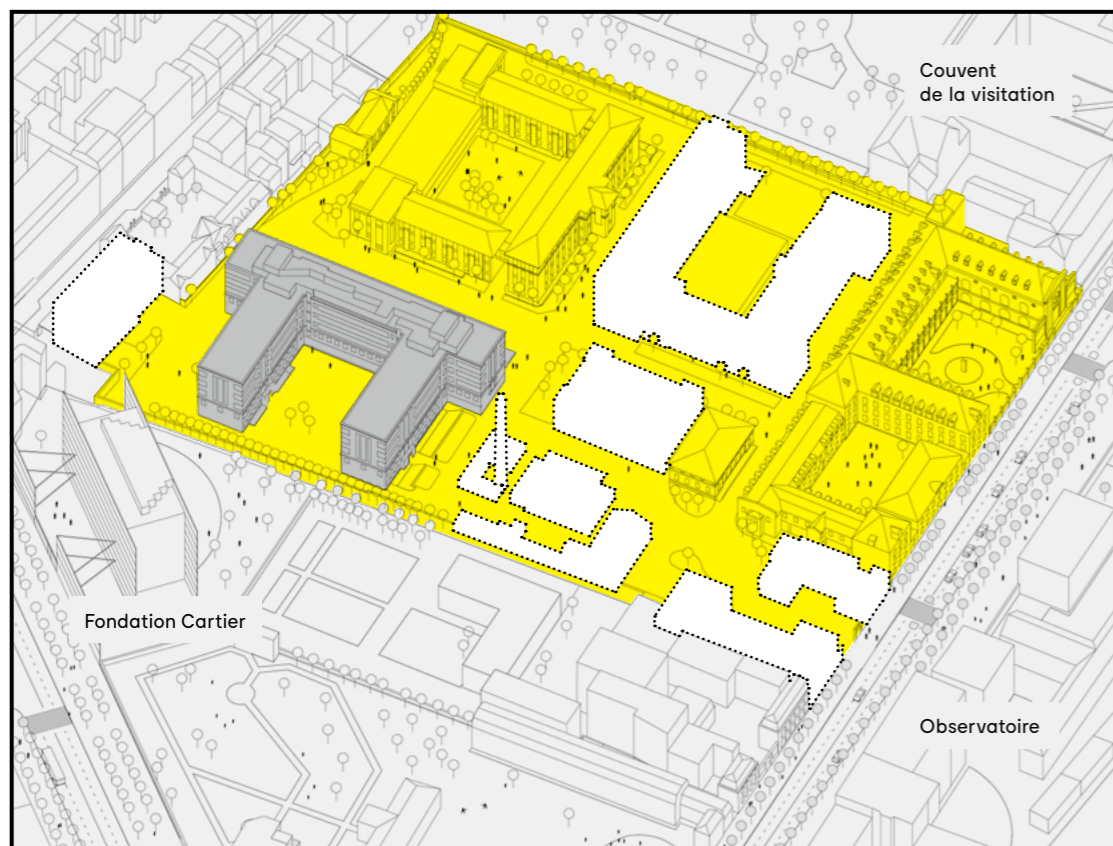
En termes de trafic routier, cette méthodologie a permis d'éviter la circulation de 800 à 900 camions, et de limiter un rejet de CO₂ dès la phase de libération du site. En se basant sur les prix standard du marché, l'économie réalisée est de l'ordre de 900 à 1 200 k€.

Le schéma directeur du réemploi à Saint-Vincent-de-Paul

À Saint-Vincent-de-Paul, 60 % des bâtiments (en surface) seront conservés, ce qui constitue la première et principale forme de réemploi. Les autres sont déconstruits de manière à permettre le réemploi de matières sur place (de préférence) ou ailleurs. Pour les constructions neuves comme pour les réhabilitations, les opérateurs sont tenus de démontrer la part de réemploi dès la conception de leur projet.

Pour organiser cette démarche à l'échelle du site, il nous appartenait d'une part de réaliser un inventaire, d'établir des règles de dépose, stockage et mise à disposition des matériaux issus du site, d'autre part de définir les taux de réemploi voulus dans la réhabilitation, la construction et l'aménagement des espaces publics. **C'est l'objet du schéma directeur conçu avec l'aide de notre AMO, le groupement Mobius - Néo-éco.**

**Bâtiments d'origine
suivant leur statut**



--- Démoli ■ Conservé avec extension ■ Conservé











3

Le béton est le produit le plus consommé au monde après l'eau. Les granulats, son composé principal, sont issus de carrières. Ils représentent 55 % des matières extraites du territoire français, surexploitant ainsi largement les capacités disponibles.

Déconstruire en vue d'un réemploi

La pièce maîtresse du dispositif est l'inventaire des ressources en matériaux et matériels présents dans les bâtiments à déconstruire. C'est sur cette base que notre AMO a préconisé la méthodologie de dépose – conditionnement – stockage jointe à l'appel d'offres de curage-démolition des bâtiments du site. Le groupement suit également les chantiers correspondants et gère la mise à disposition des repreneurs des matériaux et matériels récupérés.

Les matériaux de gros œuvre et le recyclage du béton

Hormis quelques pierres calcaires et quelques panneaux de brique découpés en façade, qui pourront connaître une seconde vie sur le sol des espaces publics, la brique et le béton des bâtiments démolis seront pour l'essentiel réutilisés comme remblais pour les lots à construire et les espaces publics.

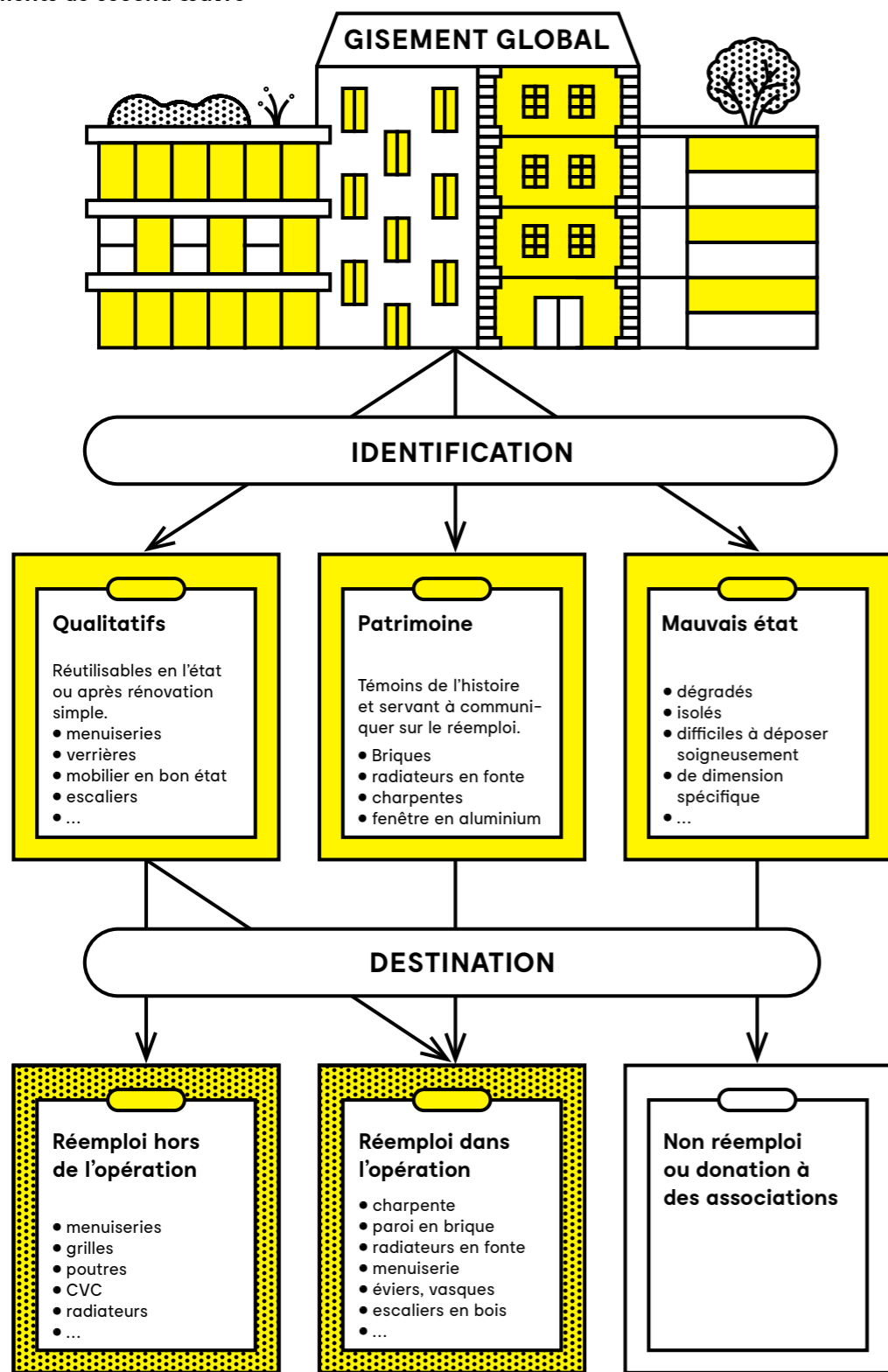
Toutefois, une partie des éléments en béton, extraits du bâtiment dit « Rapine », sera recyclée en granulats de type 1, retransformables en béton dans une centrale à hauteur de 30 % des matières premières. La centrale sera située à moins de 5 km du site. Cette démarche, qui permet l'économie de granulats naturels, est assurément la plus souhaitable³, mais elle ne peut pas être prescrite à l'ensemble du gisement. Elle reste en effet assez expérimentale et sa faisabilité dépend de la qualité du matériau recyclé. La présence de plâtre, à séparer du ciment, rend la récupération complexe.

Les matériels de second œuvre : récupération, qualification et stockage

Les matériels de second œuvre – portes, fenêtres, escaliers, radiateurs, équipements électriques... – ont fait l'objet d'inventaires minutieux et précis. Les éléments composant le gisement sont qualifiés en fonction des possibilités d'usage futur. Afin de limiter les transports, les programmes immobiliers de la ZAC constituent le débouché prioritaire des éléments récupérés. Courant 2020, quand les maîtres d'œuvre des programmes immobiliers auront précisé leur projet, ils seront donc invités à se servir. Ce principe impose d'organiser le stockage des pièces, qui s'ajoute aux contraintes de coordination des chantiers.

Une partie du gisement est également écoulée auprès d'associations, qui récupèrent les matériels soit après la déconstruction, soit avant, lors de journées de dépose collaborative soigneusement organisées et encadrées.

Classification et destination des éléments de second œuvre



4 Avec « Ceci n'est pas une porte », AAVP Architecture, MOBIUS réemploi et LAB-INGENIERIE offrent une deuxième vie aux 1200 ouvrants des bâtiments non conservés de l'ancien hôpital Saint-Vincent-de-Paul, matière première pour la réalisation de mobiliers destinés aux enfants, adolescents et adultes comme des chaises ou des tables.

Construire en réemployant : les indicateurs

Lors de la sélection des opérateurs immobiliers, ces derniers sont invités à présenter leur démarche de réemploi en utilisant les indicateurs d'économie circulaire mis au point par P&Ma (voir tableau). Ils sont calculés respectivement à partir de la masse et des émissions de carbone évitées. La démarche étant pour partie expérimentale, les valeurs cibles sont indicatives. Les candidats peuvent se donner des objectifs différents, mais ceux-ci les engagent et seront retenus pour la levée des séquestres environnementaux.

Ces indicateurs doivent également être renseignés par les équipes de maîtrise d'œuvre des lots de logements sociaux et des équipements publics. L'introduction de ces données dans le BIM de l'opération Saint-Vincent-de-Paul, grâce à un module en cours de développement, permettra de produire des indicateurs globaux à l'échelle du quartier.

Un premier retour d'expérience a eu lieu dans le cadre de la consultation d'opérateurs immobiliers sur le bâtiment Lelong (réhabilitation avec élévation). Les offres montrent une grande disparité, preuve s'il en était besoin que le savoir-faire en matière de réemploi reste à développer.

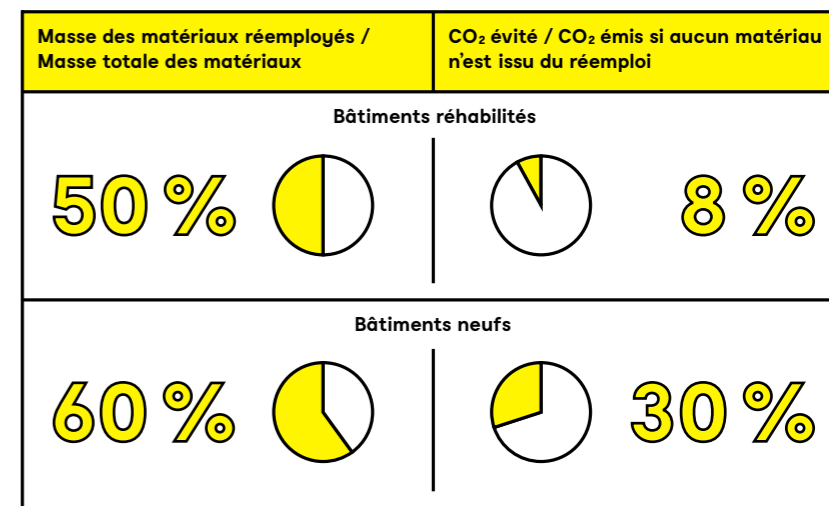
Contribuer à « banaliser » l'économie circulaire

Ces outils de travail visent à fournir un cadre rigoureux aux pratiques d'économie circulaire dans les opérations d'aménagement mais ce sont aussi des instruments d'apprentissage en commun : pour l'aménageur, pour les entreprises de démolition, pour les opérateurs immobiliers et leurs maîtrises d'œuvre.

En outre, parce que nos progrès s'accompagneront forcément d'un changement de regard de la société sur le réemploi, nous soutenons les projets associatifs qui vont dans ce sens en leur procurant gracieusement les matériaux de récupération nécessaires. C'est le cas par exemple du projet « Ceci n'est pas une porte »⁴.

Indicateurs de performance réemploi et valeurs cibles

Pour chaque lot de construction, les données sont fournies par filière et en précisant la part des matériaux de réemploi provenant du site de Saint-Vincent-de-Paul. Ces derniers donnent droit à un bonus dans l'évaluation des offres. Un troisième indicateur portant sur la valeur marchande des matériaux réemployés est demandé à titre purement informatif, mais n'entre pas dans les critères de sélection. À noter que, pour le carbone, les données sont déjà présentes dans le bilan carbone demandé par ailleurs aux candidats.



Un nouveau défi: la collecte séparative des urines

Une nouvelle thématique vient ouvrir encore l'éventail déjà large des enjeux environnementaux à traiter par les projets urbains, dans la catégorie « réduction des déchets » : la collecte séparative des urines. Si des expériences pionnières ont déjà été menées à l'échelle de bâtiments, celle du projet urbain reste à défricher. Le quartier Saint-Vincent-de-Paul en sera l'un des premiers laboratoires. Le sujet est d'importance car les déchets azotés sont responsables d'atteintes majeures à l'environnement. Il doit être abordé sur plusieurs fronts : technique, sociologique, réglementaire, économique, industriel... Bref, la collecte sélective des urines est un véritable « projet dans le projet ».

Avec le 11^e programme Eau & climat, l'agence de l'eau Seine-Normandie subventionne jusqu'à 80 % les projets de séparation à la source de l'urine.

En Suisse l'entreprise VUNA produit depuis 2016 des engrais certifiés bio pour les particuliers. Les urines sont transformées en nitrates, filtrées au charbon actif pour enlever toute trace de médicament, pasteurisées, distillées puis mises en bouteille.

14 litres d'urine permettent de produire 1 litre d'engrais. En France, le laboratoire Eau Environnement et Système urbain de l'École des Ponts & Chaussées est à la pointe dans ce domaine. Il étudie notamment l'acceptation sociale de la valorisation des urines, ainsi que leur valeur agronomique.

Un sujet loin d'être anecdotique

Les urines contiennent beaucoup d'azote et de phosphore, deux composés chimiques dont la concentration dans les eaux de surface engendre une pollution organique préoccupante (prolifération d'algues et mortalité des poissons notamment).

Or c'est un défi pour les usines d'épuration que traiter correctement les eaux usées, qui demandent des installations spécifiques et coûteuses. Dans le Grand Paris, la croissance démographique durable attendue, soit un million d'habitants supplémentaires d'ici 2030, va augmenter encore les volumes d'effluents à épurer, tandis que le milieu récepteur, la Seine et ses affluents, verra son débit réduit du fait du réchauffement du climat.

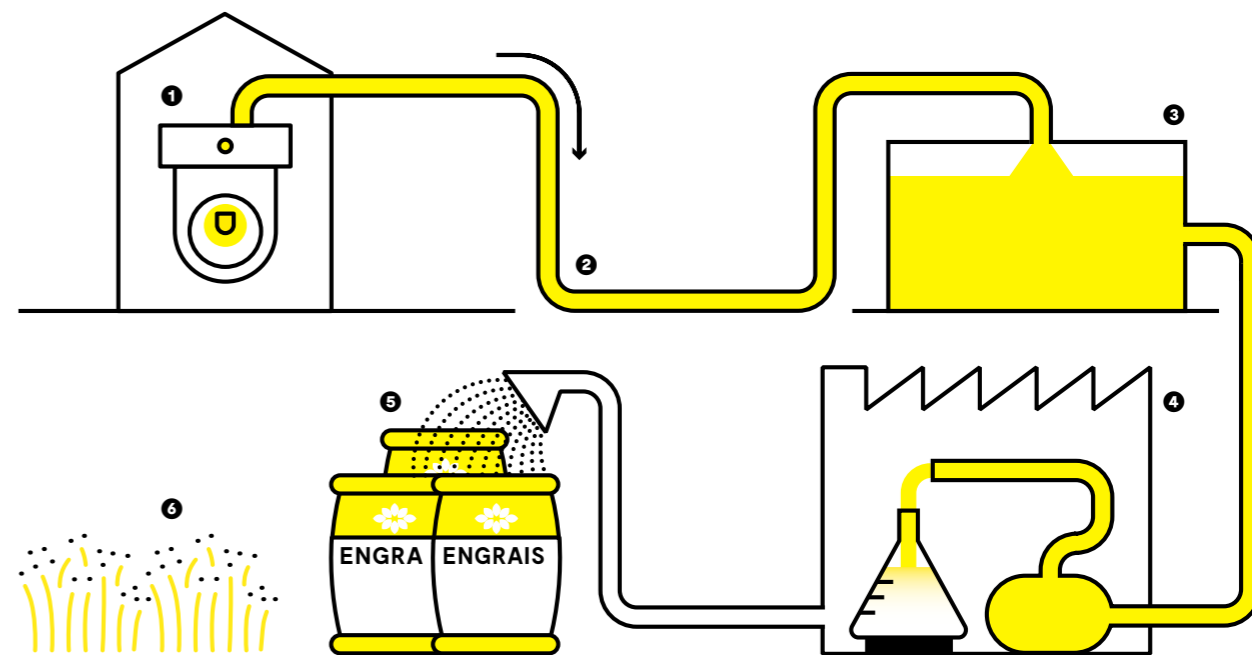
D'un autre côté, l'urine humaine étant très riche en nutriments, il est possible de la transformer en engrais naturel, ce qui répond aussi à la nécessité de réduire la production d'engrais azotés de synthèse, très coûteuse en énergie.

Cela suppose une collecte séparative des urines, mais aussi une filière de récupération et de valorisation. D'où l'intérêt d'une expérimentation à l'échelle d'un quartier.

Principes de fonctionnement de la collecte séparative des urines et de leur valorisation en engrais

1 Les sanitaires sont équipés de toilettes à séparation, qui collectent les urines d'un côté et les matières fécales de l'autre.

Dans chaque immeuble, les urines sont évacuées sans apport d'eau via une canalisation spéciale 2 jusqu'à une cuve de stockage 3 qui alimente une micro-usine 4 de transformation sise au sein du quartier. Les urines sont alors transformées en engrais 5 liquide valorisable en jardinerie ou en agriculture 6.



De l'étude de faisabilité à l'expérimentation

D'après l'étude de faisabilité que nous avons confiée à Evoloop, la collecte séparative des urines en vue de la production d'engrais ne présente pas de difficulté technique particulière, mais sa mise en place et son succès supposent de lever un certain nombre de freins.

- Il faut s'assurer que le dispositif, qui exclut le rinçage des toilettes et impose une position assise, sera accepté par les futurs usagers et par les promoteurs et les bailleurs, pour qui il représentera un surcoût. La maintenance spécifique des toilettes et des canalisations est aussi un sujet sensible.
- Le projet n'est pas possible sans l'autorisation de vente de l'engrais par les administrations concernées, le label « utilisable en agriculture biologique » étant en outre hautement souhaitable.

La question du modèle d'exploitation.

Il semble possible de rentabiliser l'activité en étendant la collecte à tout le quartier pour atteindre les volumes suffisants, sous réserve de conditions d'exploitation favorables.

Une aide financière à l'innovation sera toutefois nécessaire pour réaliser les investissements. En outre, le modèle sera d'autant plus viable (et duplicable) que le syndicat interdépartemental d'assainissement et l'agence de l'eau subventionneront l'évitement de rejets d'azote dans la Seine.

P&Ma a donc fait le choix de lancer une expérimentation en vraie grandeur. L'enjeu n'est pas seulement la collecte séparative des urines à Saint-Vincent-de-Paul. Le projet est aussi le moyen, avec le soutien de la Ville de Paris, de « pousser les portes » de toutes les institutions ou administrations compétentes pour lever les freins qui pourraient s'opposer à une généralisation du procédé.

Le cycle de l'azote est aussi important que le carbone

Nicolas Bel

Fondateur d'Evoloop, entreprise spécialisée dans l'économie circulaire urbaine et territoriale

« Dès 2009, un article scientifique intitulé 'Limites planétaires' a démontré que le dérèglement du cycle de l'azote était, avec la présence de carbone dans l'atmosphère et la perte de biodiversité, l'une des trois limites déjà

franchies au-delà desquelles l'écosystème planétaire ne peut plus fonctionner correctement. C'est donc un problème extrêmement sérieux, même si la prise de conscience n'est encore qu'émergente. Sachant que les urines représentent 85 % des excréments azotés en milieu urbain et qu'il est techniquement possible de les transformer en engrais, je n'ai aucun doute sur le fait que le sujet va devenir un enjeu majeur de l'économie circulaire. »

Mesures conservatoires pour les opérateurs immobiliers

Tous les opérateurs immobiliers qui interviennent sur le site de Saint-Vincent-de-Paul ont déjà été invités à intégrer une collecte séparative des urines à leur projet, ce qui impliquera :

- Des toilettes adaptées : urinoirs secs ou toilettes séparatives
- Des canalisations séparées
- Une cuve de stockage temporaire enterrée

À titre indicatif, le surcoût des installations de collecte par logement est estimé entre 400 € et 700 €.

Hypothèses économiques d'après l'étude de faisabilité Evoloop, de septembre 2018

Surcoûts bâtiments	440 000 €
Coûts réseaux	200 000 €
Urine collectée	660 m ³
Azote recyclé	2000 kg
Engrais	47 000 L
Investissement de l'exploitant	600 000 €
CA de l'exploitant	190 000 €

Un projet global aux dimensions multiples

5

Groupement d'AMO

Tilia : conseil en stratégie et gestion auprès des collectivités, spécialisé dans les infrastructures innovantes

Evoloop : société spécialisée dans l'économie circulaire en phase d'exploitation des projets urbains

Symchowicz-Weissberg & associés : cabinet d'avocats spécialisé en droit public et privé des projets publics

Louise Raguet : designeuse, biologiste et vulgarisatrice scientifique

P&Ma définira l'ensemble des dispositions techniques et contractuelles opposables à l'aménageur et aux opérateurs immobiliers. En pratique, il s'agira de bâtir des cahiers des charges et des guides techniques. Tous les bâtiments sont a priori concernés, mais un scénario partiel reste possible et la réversibilité est de rigueur.

Parallèlement, nous construirons le projet dans ses dimensions administratives, économiques et financières, ce qui consiste principalement à y associer :

- Un opérateur prêt à se lancer dans cette activité innovante, à l'échelle du quartier et pourquoi pas au-delà
- Les administrations compétentes aux échelles nationale et européenne (label bio).
- Des financeurs privés ou institutionnels.

P&Ma s'est associé le concours du groupement d'AMO Tilia (mandataire) 5 pour :

- L'élaboration de la stratégie générale
- Le suivi opérationnel des lots immobiliers et des espaces publics : cahiers de charges techniques, interface avec l'AMO développement durable
- La mise en œuvre de la filière : structuration de l'exploitant, dossiers de demande de financement, démarches réglementaires, actions de sensibilisation
- Le suivi et l'évaluation de la démarche.

Le traitement de l'azote est le premier facteur dimensionnant des usines d'assainissement.

Nicolas Augereau

Directeur de projet de Tilia, société de conseil en gestion de services publics

« La réglementation européenne a progressivement élevé le niveau d'exigence d'épuration des eaux usées. Pour l'azote en particulier, les collectivités ont dû réaliser des investissements importants pour se conformer à la DERU (directive des eaux résiduaires urbaines). Elles regardent de près l'augmentation des volumes d'effluents azotés

à traiter, car c'est elle qui, bien souvent, va nécessiter d'élever la capacité des usines par de nouveaux investissements. Limiter les volumes entrants par la collecte séparative des urines est une alternative, à condition que le coût ne soit pas plus élevé. Ce n'est donc pas une solution universelle, mais elle peut avoir du sens dans les opérations d'aménagement, où son coût marginal sera très faible. C'est en ce sens que l'expérience de Saint-Vincent-de-Paul est intéressante, et sera regardée de près. »

Ville durable AMO et recherche

La notion de ville durable recouvre des sujets de plus en plus nombreux, complexes et évolutifs dans leur définition. S'entourer des bons Assistants à Maître d'Ouvrage au bon moment est indispensable. Les chercheurs ont également un rôle utile à jouer pour faire progresser les connaissances, et les opérations d'aménagement leur fournissent des terrains d'expérimentation précieux.

Entretien avec Ghislain Mercier

Responsable Ville durable et nouveaux services (P&Ma)

En quoi consiste votre fonction de responsable ville durable et nouveaux services ?

Créer une ville durable implique de prendre en considération un grand nombre de sujets, souvent techniques et complexes. Mon rôle est d'aider les chefs de projet à les intégrer à la conception des opérations. Non pas en les déchargeant de ces sujets, mais en travaillant avec eux, dans le contexte propre à chaque opération, pour monter les marchés d'études ou d'Assistant à Maître d'Ouvrage (AMO), sélectionner les bons partenaires, analyser les offres et les résultats... De cette manière, chacun monte en compétence, eux comme moi. Ma fonction étant transversale, je peux faire bénéficier chaque projet de l'expérience acquise sur les autres.

Cette fonction intègre une mission importante de communication. Je suis une sorte de « passeur » sur le sujet de la ville durable. Le partage d'un projet, au sein des équipes de la SPL mais aussi avec les parties prenantes externes, professionnelles ou grand public, suppose un socle commun de connaissances. Comme les sujets que nous traitons sont souvent nouveaux, et font appel à des notions techniques assez peu répandues, le partage des connaissances devient une tâche essentielle de l'aménageur. C'est aussi une mission de service public. Quand nous faisons faire une étude très approfondie, donc forcément assez coûteuse, pour définir la stratégie énergétique d'un projet par exemple, nous disposons d'une matière idéale pour expliquer les enjeux, les scénarios examinés, les arbitrages qui ont été faits... Et c'est ce que nous faisons, par des publications, des « petites conférences » de Saint-Vincent de Paul ouvertes à tous, en accueillant des groupes de professionnels ou d'étudiants.

Et les « nouveaux services » ?

C'est l'autre partie de ma mission. On pourrait voir dans cette expression une allusion à la smart city. Ce n'est pas le cas. Notre démarche est avant tout contextuelle. Nous partons des ambitions environnementales qui sont celles de nos projets pour aller vers des solutions, et celles-ci se traduisent souvent par la création de « nouveaux services », expression qui peut recouvrir différentes choses.

Il y a d'abord de nouveaux services rendus à notre concédant. Certains enjeux ne sont pris en charge par personne aujourd'hui. Par exemple, pour atteindre les performances énergétiques voulues dans un éco-quartier, il ne suffit pas que l'aménageur impose des règles aux opérateurs immobiliers. Il faut s'assurer que les installations fonctionnent et soient utilisées correctement. Qui devrait s'en charger, que doit faire l'aménageur avant, pendant et après la livraison, comment financer ce service ? C'est un sujet à forts enjeux sur lequel P&Ma travaille avec la Ville de Paris et d'autres partenaires, dans le cadre du programme CoRDEES.

Dans d'autres cas, nous travaillons sur la définition de services qui seront clairement assurés par d'autres que nous, mais qui n'existent pas encore, comme la collecte séparative des urines ou la centrale de mobilité du futur quartier Saint-Vincent-de-Paul. Ce sont des projets dans le projet.

Comment vous entourez-vous des compétences techniques nécessaires ?

Il est certes important d'identifier les bonnes personnes, mais aussi de pouvoir leur confier les bonnes missions au bon moment. D'où le recours à des AMO, des groupements de compétences que l'on peut mobiliser sur des questions précises. Nous passons par des accords cadres, qui nous permettent de définir nos besoins au fur et à mesure, de manière beaucoup plus souple que les marchés à bon de commande. Leur rédaction appelle un savoir-faire que P&Ma a eu l'occasion de développer sur plusieurs sujets inédits, tels que l'équipement public mutualisé Pinard dont nous avons parlé dans le dernier numéro de Façons de Faire, ou le schéma directeur de réemploi des matériaux, sur Saint-Vincent-de-Paul.

Quelle organisation avez-vous mise en place pour aborder les questions environnementales du projet Saint-Vincent-de-Paul ?

L'ambition du projet est résumée par la formule « zéro carbone, zéro déchet, zéro rejet ». Sur chaque thématique, nous avons élaboré la stratégie avec un AMO spécialisé, qui a fourni des cahiers de prescriptions. Dans un second temps, nous avons recruté un AMO général pour nous aider à les mettre en œuvre, et apporter toutes les expertises techniques nécessaires le moment venu. Nous avons reçu cinq offres de très bonne qualité, chacune avec un point fort particulier. Notre choix s'est porté sur le groupement Alto – Thierry Maytraud – Climat Mundi, dont le caractère distinctif était d'être le plus contextuel dans sa réponse ; il intégrait particulièrement bien la dimension participative du projet.

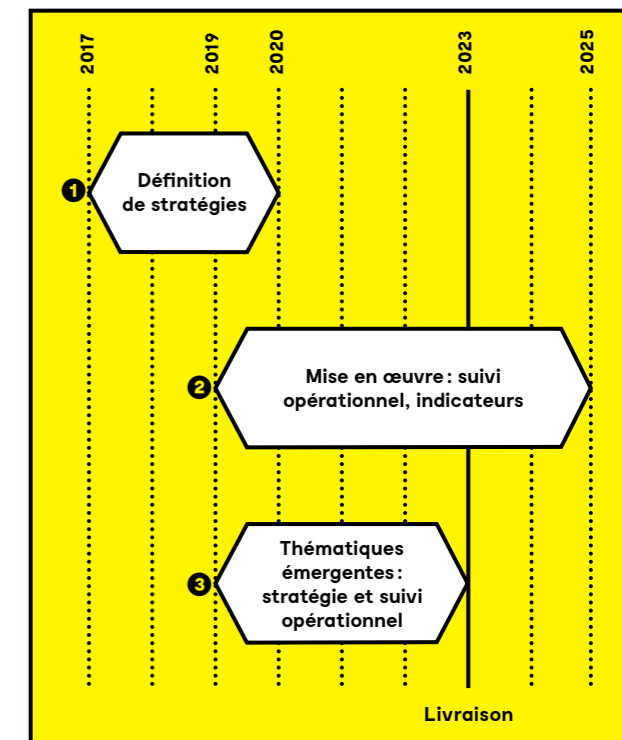
P&Ma participe également à des programmes de recherche...

Il est important d'être à l'écoute de la recherche car, sur nombre de sujets, nous savons assez peu de choses. Et si nous voulons que la recherche produise des résultats utiles aux opérations d'aménagement, il faut lui permettre de se nourrir d'observations de terrain. À Paris, nous avons la chance de travailler sur des projets innovants, dans des conditions économiques plutôt favorables. Ouvrir nos projets à des travaux de recherche d'intérêt général est une bonne manière de partager les moyens dont nous disposons. Nous construisons des partenariats dans lesquels P&Ma apporte des terrains d'expérimentation mais aussi collabore aux travaux.

Un nouveau service : la centrale de mobilité

La future centrale de mobilité de Saint-Vincent-de-Paul offrira des places de stationnement mutualisées et des services tournés vers l'autopartage, le covoiturage et l'usage des modes doux. Elle est partie intégrante du lot Denfert. Les candidats sont invités à présenter un projet de construction en infrastructure facilement mutable vers d'autres usages à terme ainsi qu'un exploitant gestionnaire.

Nos accords cadres d'AMO développement durable



1	2	3
Mobilités CODRA CHRONOS / TAITHE PANASSAC	Développement durable (à bons de commande) ALTO STEP / ATM / CLIMAT MUNDI / MEDIECO	Urines LIA / SWA / EVOLOOP
Énergie UNE AUTRE VILLE / AMOES / KAIROS		Réemploi MOBIUS / LAB-INGÉNIERIE / NEO ECO / BTP CONSULTANTS / ATELIER NA
Eau & Biodiversité (à bons de commande) AGENCE THIERRY MAYTRAUD		

Les accords cadres mono-attributaires nous permettent de préciser nos besoins d'assistance au fur et à mesure de l'avancement de la réflexion confiée au prestataire et de les traduire en marchés subséquents. Quand les besoins sont en partie connus à l'avance, l'accord cadre comprend des prestations définies et référencées dans un bordereau de prix. L'accord cadre portant sur la mise en œuvre de la stratégie a été conclu par dérogation pour une durée de 6 ans afin de suivre des indicateurs de performance au-delà de la date de livraison des ouvrages (consommations énergétiques par exemple).

Participer à la recherche appliquée en urbanisme opérationnel

P&Ma est engagé dans plusieurs programmes de recherche appliquée, ses opérations – Clichy-Batignolles, Saint-Vincent-de-Paul et désormais Chapelle-Charbon et Gare des Mines – servant de terrain d'expérimentation. L'objectif est de faire progresser la connaissance afin d'améliorer les « façons de faire » ou d'aider les prises de décision.

La recherche vise à faciliter la décision

Thomas Berthou

Chercheur à Mines ParisTech

« Il est essentiel pour nous, chercheurs, de confronter nos modèles à des données et des situations réelles. Nous voulons vérifier que nos travaux répondent bien aux questions que se posent les décideurs, l'aide à la décision étant le fondement de nos choix stratégiques de recherche.

Dans le cadre du projet CoRDEES, nous avons proposé un cahier des charges relatif aux capteurs, en termes d'usages instrumentés, de pas de temps de mesures, de localisation des sondes ou encore d'échantillonnage spatial. Nous apportons aussi des enseignements. Par exemple un regard critique sur les prévisions initiales de consommation énergétique, souvent optimistes faute de modèles suffisamment élaborés et fiables. »

Modéliser le fonctionnement énergétique d'un quartier

Les données énergétiques (puissances, températures) collectées à grande échelle dans le cadre du projet CoRDEES offrent à la recherche une opportunité unique pour modéliser le fonctionnement énergétique d'un quartier.

L'école des Mines ParisTech s'est ainsi associée à CoRDEES pour perfectionner et valider un modèle énergétique expérimental sur lequel ses laboratoires de recherche travaillent depuis plusieurs années (Smart-E).

Ce modèle vise à simuler le fonctionnement énergétique d'un territoire à partir de paramètres relatifs à la morphologie urbaine, à la démographie et aux usages des bâtiments (les transports ne sont pas pris en compte). De telles informations sont aujourd'hui accessibles sous la forme de bases de données couvrant l'ensemble du territoire français (IGN, INSEE), ce qui permet d'automatiser le paramétrage du modèle.

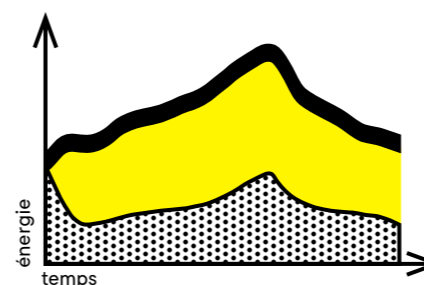
Un tel modèle pourrait ainsi, en faisant varier des paramètres, simuler des scénarios d'action publique de maîtrise de l'énergie (rénovation, introduction d'énergie renouvelable, sensibilisation, flexibilité...). Il pourrait alors évaluer et comparer leurs effets, ce qui en ferait un outil peu coûteux d'aide à la décision pour les collectivités et les futurs facilitateurs de quartier.

Toutefois, pour que ce modèle soit suffisamment robuste et générique, il faut qu'il soit capable de décrire la réalité du fonctionnement énergétique du territoire avec une faible marge d'erreur (5 % est un maximum). C'est l'objectif de l'expérimentation menée dans le cadre de CoRDEES.

Grâce aux données réelles de consommation recueillies à Clichy-Batignolles et à des observations de terrain introduites dans des équations sophistiquées relevant de la statistique bayésienne, les chercheurs ont pu calibrer le modèle, c'est-à-dire réduire l'écart entre les consommations simulées et les consommations réelles.

Le modèle a ensuite servi à évaluer, de manière théorique, les effets d'une mesure de « flexibilité thermique », autrement dit de pilotage de la demande : que se passe-t-il, en termes de consommation et de confort, si un gestionnaire compétent à l'échelle du quartier (1400 logements dans la simulation) coupe ou baisse le chauffage pendant deux heures ? Pour comprendre l'intérêt de ce type de simulation, il faut se rappeler que, dans la perspective d'un approvisionnement énergétique national reposant de plus en plus sur des énergies renouvelables en partie intermittentes, un pilotage de la demande sera vraisemblablement nécessaire.

Utilisation du modèle de fonctionnement énergétique du quartier pour simuler des mesures d'amélioration



- Consommation simulée de référence (sans mesure d'amélioration)
- Quantité d'énergie économisable (sur la durée considérée)
- Consommation simulée avec mesure d'amélioration

Inscrire la fabrique urbaine dans l'économie circulaire

Saint-Vincent de Paul a été retenu comme site d'expérimentation par l'équipe de recherche du projet PULSE-Paris. Ce projet vise à produire une méthode opérationnelle pour appliquer les principes de l'économie circulaire à l'aménagement en utilisant des outils d'analyse du cycle de vie. La méthodologie sera testée sur plusieurs îlots destinés soit à la rénovation soit à la démolition / reconstruction. P&Ma y contribuera en mettant à disposition de l'équipe les travaux de ses AMO et la maquette BIM du projet urbain, qui devrait intégrer des données relatives aux matériaux et à leur cycle de vie, ainsi qu'en facilitant la participation des opérateurs immobiliers et des entreprises à la démarche.

PULSE-Paris (Écoconception des Projets Urbains et Liens avec la Stratégie Économie circulaire de Paris). Projet mené à l'EIVP en partenariat avec Mines ParisTech, financé par l'ADEME (MODEVAL URBA 2017).

Un outil de conception des projets urbains qui intègre leur résilience climatique et leurs effets sur la santé

Les formes urbaines, les choix d'aménagement et de construction ou encore les usages de la ville ont un impact relativement bien documenté sur les microclimats urbains, sur le confort et sur la santé (acoustique et qualité de l'air en particulier). Comment intégrer ces connaissances à la conception des projets et en faire des paramètres d'aide à la décision? C'est à cette question que veut répondre le programme de recherche MESH 2C (Morphology, Environment, Sustainability and Human comfort - City Climate) auquel P&Ma s'est associé. Le programme, qui prolonge des travaux de recherche antérieurs, vise à construire un outil de conception paramétrique grâce auquel les concepteurs pourront tester des solutions en mesurant leurs impacts. Ces solutions seront soit grises, touchant aux formes urbaines et architecturales, aux matériaux et aux systèmes, soit vertes et bleues, organisant la présence de la nature et de l'eau en ville, soit encore douces, liées aux usages, pratiques et modes de gestion.

L'innovation réside en particulier dans la capacité de l'outil à guider la conception, et non pas seulement à l'évaluer a posteriori, grâce à l'association d'un modèleur 3D et d'une interface de programmation visuelle. Les opérations Gare des Mines et Chapelle Charbon serviront de terrain d'expérimentation pour le développement de l'outil. P&Ma sera le garant de sa pertinence opérationnelle et apportera son expérience de maître d'ouvrage.

MESH 2C (Morphology, Environment, Sustainability and Human comfort - City Climate)
Projet sélectionné par l'ADEME dans le cadre de l'appel à projets de recherche MODEVAL-URBA (Modélisation et évaluation au service des acteurs des territoires et des villes de demain), 4^e Édition 2019.

L'équipe

- Franck Boutté Consultants
- École des Ponts, ParisTech
- Echoes.Paris
- Soleneos
- P&MA

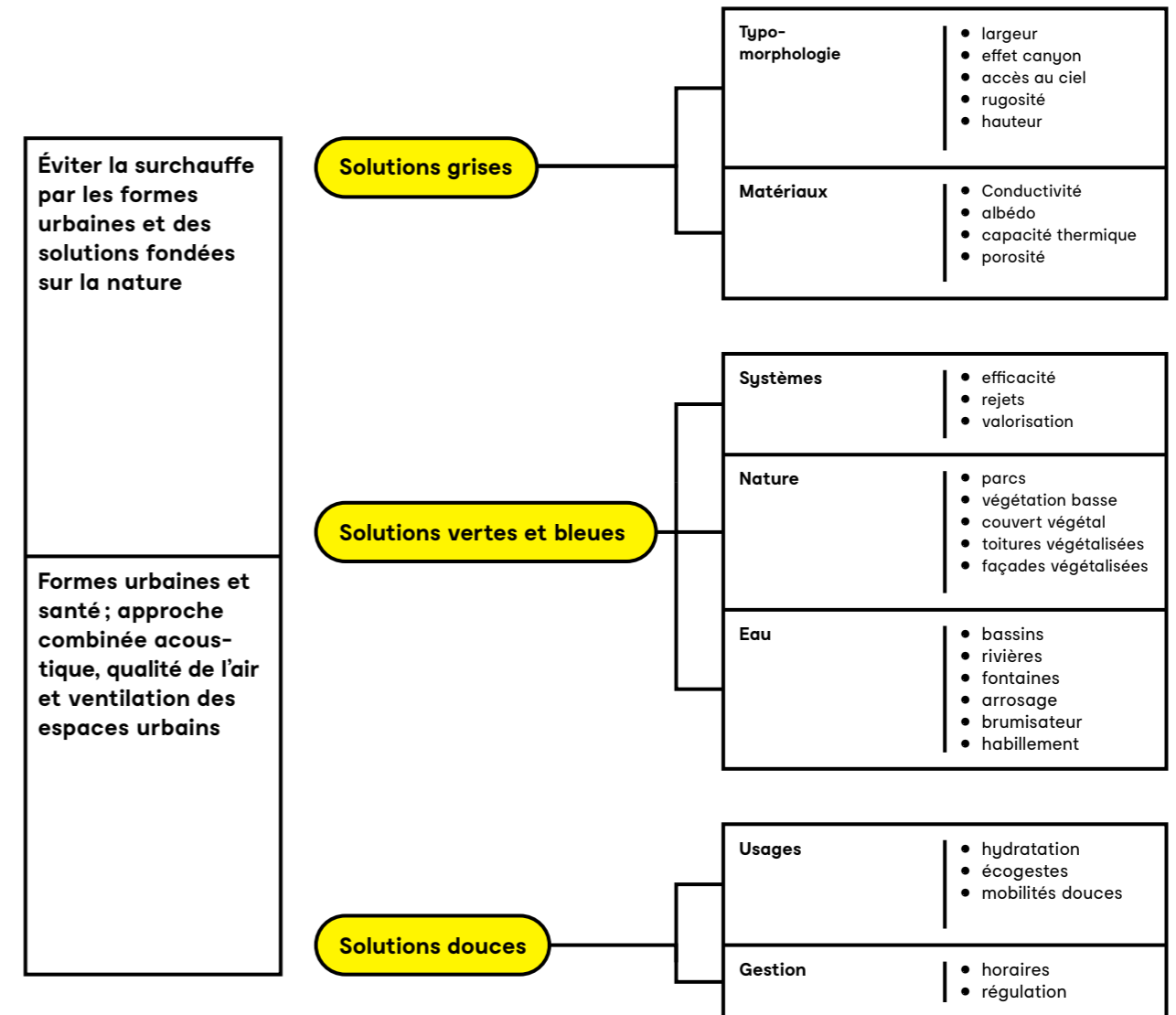
Garder les pieds sur terre et intervenir au moment opportun

Franck Boutté

Président de Franck Boutté Consultants

« En mobilisant son expertise et en proposant des sites de projet, P&Ma nous permet de garder les pieds sur terre et d'assurer la pertinence de nos recherches en les orientant pour qu'elles répondent à des questions posées par les habitants, les décideurs et les urbanistes. Une bonne gestion du temps est également

essentielle. Avec P&Ma, nous déterminons le moment judicieux pour mobiliser une expertise computationnelle et créer des temps d'échange entre chercheurs et urbanistes. Saisir l'instant idéal est complexe car il faut bénéficier d'intentions précises des concepteurs et maîtres d'ouvrage tout en gardant une marge d'amélioration suffisante. Nous avons besoin de beaucoup de finesse pour apporter des informations utiles aux urbanistes. »



Façons de Faire #3

Une publication de:
Paris & Métropole Aménagement

Directeur de la publication:
Jean-François Danon

Conception éditoriale et rédaction:
Direction de la communication de P&Ma
+ Jeanne Bazard

Crédits photographiques:
PP 17 Saint-Vincent-de-Paul, bâtiments
patrimoniaux Robin et Oratoire
© Sergio Grazia
PP 18-19 Chapelle Charbon, chantier
du parc © Sergio Grazia
PP 20-21 Gare des Mines-Fillettes, cité
Charles Hermite © Sergio Grazia
PP 22-23 Clichy-Batignolles, parc Martin
Luther King © Sergio Grazia
PP 24 Saint-Vincent-de-Paul, bâtiments
de l'ancienne maternité Pinard (conservé)
et Petit (déconstruit) © Clément Guillaume

Conception graphique et illustrations:
Designers Unit, Paris (Emmanuel Labard +
Édith Bazin + Lucie Pindat + Lucie Soquet)

Composé en Moderat Regular et Bold,
dessinée par Fabian Huber et distribué
par la fonderie Typewolf.

Imprimé sur Munken Polar 170 g
pour la couverture, Munken
Polar 120 g pour les pages
intérieures, et Condat gloss 135 g
pour le cahier central.

Achévé d'imprimer en février 2020,
sur les presses d'Arteprint,
ZI des Chanoux, 79 rue des Frères
Lumière, 93330 Neuilly-sur-Marne

Paris & Métropole Aménagement
12 passage Susan Sontag
CS 30054 — 75 927 Paris cedex 19
www.paris-et-metropole-amenagement.fr
contact@paris-et-metropole.fr

P&Ma | Paris & Métropole
aménagement

Paris & Métropole Aménagement

Aménageur: Paris et Métropole Aménagement (P&Ma)

La société publique locale Paris & Métropole Aménagement (P&Ma), dont le capital est détenu par la Ville de Paris et la Métropole du Grand Paris, est l'aménageur de la ZAC Saint-Vincent-de-Paul pour le compte de la Ville de Paris. P&Ma réalise actuellement six opérations sur le territoire parisien: Clichy-Batignolles, Saint-Vincent-de-Paul, Paul Meurice, Porte Pouchet, Chapelle Charbon et Gare des Mines-Fillettes. Elle contribue au renouvellement des modèles et des pratiques de l'aménagement, notamment en vue de réduire l'empreinte carbone de la ville et d'accompagner l'évolution des modes de vie.