

Les 3 Modes

**Façons
de Faire**

5

Sommaire

3 Édito

5 **Quartiers
bas carbone**

Chapelle Charbon
Des modes constructifs
qui allègent le bilan carbone

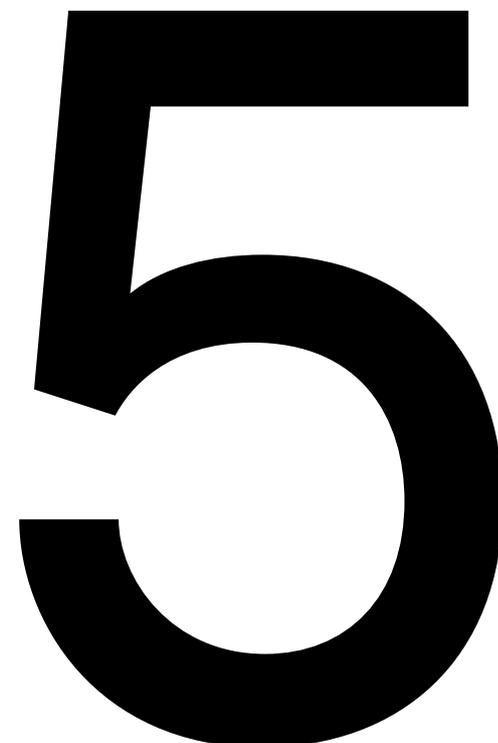
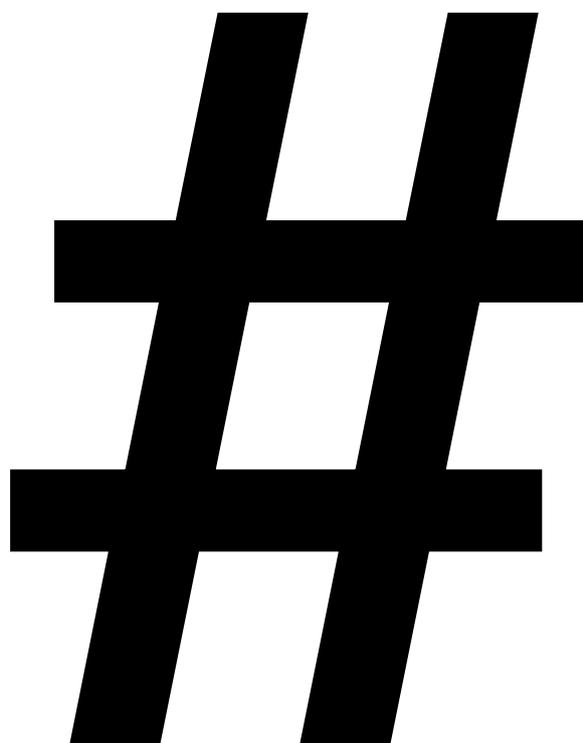
Saint-Vincent-de-Paul
Réemploi : premiers
enseignements

29 **Biodiversité,
l'autre transition**

Gare des Mines-Fillettes
Comment créer de la biodiversité
grâce au projet urbain

2025

Façons de Faire



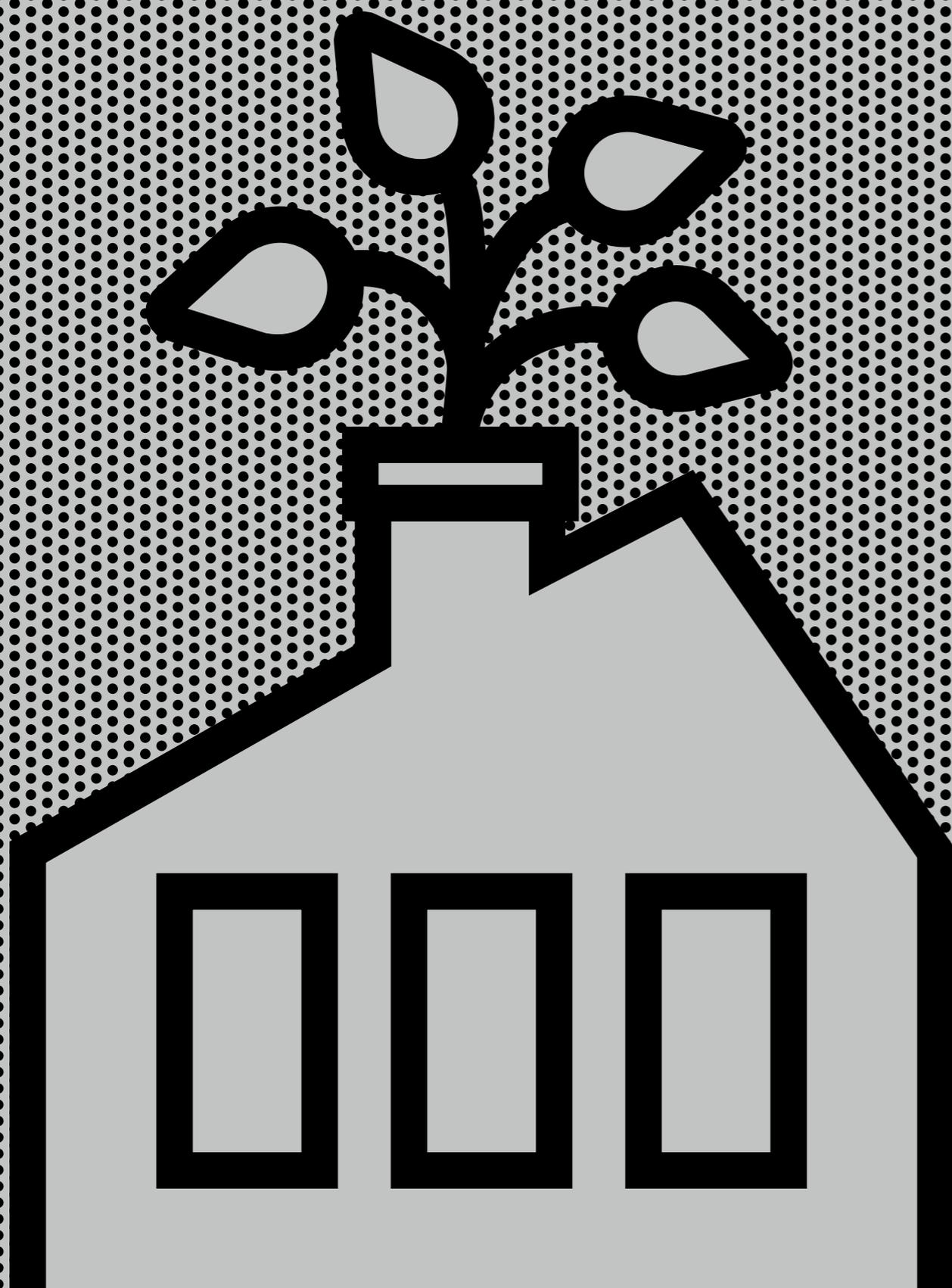
Édito

Dans ce 5^e volume de Façons de Faire, nous revenons sur les quartiers « bas carbone », en particulier sur l'utilisation de matériaux biosourcés. À l'heure où nous écrivons ces lignes, les premiers chantiers de l'opération Chapelle Charbon démarrent.

Cette opération, qui anticipe le PLU bioclimatique désormais adopté à Paris, se veut exemplaire et démonstratrice de nos savoir-faire. Trois programmes atteignent déjà le niveau RE 2028. Les efforts que nous avons déployés, avec l'aide de nos AMO et la participation de l'ensemble de nos partenaires dans l'opération, ont donc été payants. Remercions aussi le service départemental de sécurité incendie, dont les conseils prodigués en amont ont permis de faire aboutir des procédés de construction inédits à cette échelle.

Nous parlons aussi de biodiversité, cette autre transition que l'on pressent porteuse de profonds changements dans nos métiers car elle implique rien moins que de faire du vivant une composante programmatique à part entière. Voilà une façon très nouvelle de voir les choses. Elle déclenche pourtant certains réflexes professionnels qui sont déjà les nôtres : bien prendre en compte les usages, s'enrichir de nouvelles compétences, se projeter dans un temps long qui dépasse l'horizon des opérations d'aménagement, envisager le recours au commissionnement, anticiper la gestion... Autant de sujets prospectifs que nous explorons dans les pages qui suivent, appliqués à l'opération Gare des Mines-Fillettes.

Sylvie Borst
Directrice générale de la SPL Paris & Métropole Aménagement



Quartiers bas carbone

La réduction des émissions de GES est un enjeu structurant de nos projets. Le bilan carbone est devenu un outil incontournable d'aide à la conception, qu'il s'agisse de favoriser des usages sobres en carbone ou de maîtriser les émissions inhérentes à la construction et à la déconstruction. Nous insistons ici sur deux démarches ambitieuses, sur lesquelles nous pouvons partager de premiers retours d'expérience. Elles portent respectivement sur la construction biosourcée ou géosourcée et sur le réemploi.

Chapelle Charbon

Des modes constructifs qui allègent le bilan carbone

Un parc, une rue végétalisée et apaisée, des études comparatives afin de retenir une source d'énergie vertueuse, largement renouvelable, et de mutualiser la production et une volonté affirmée de promouvoir des modes constructifs alternatifs au béton – ce qui rime en partie avec traditionnels. Ou comment devancer l'ambition de la RE2020 et participer à l'effort collectif en faveur des matériaux biosourcés ou géosourcés.

Le bilan carbone, outil d'aide à la conception du projet urbain

L'opération Chapelle Charbon a fait l'objet très en amont d'une réflexion « bas carbone / plan climat » visant à minorer son empreinte par tous les moyens à la disposition de l'aménageur.

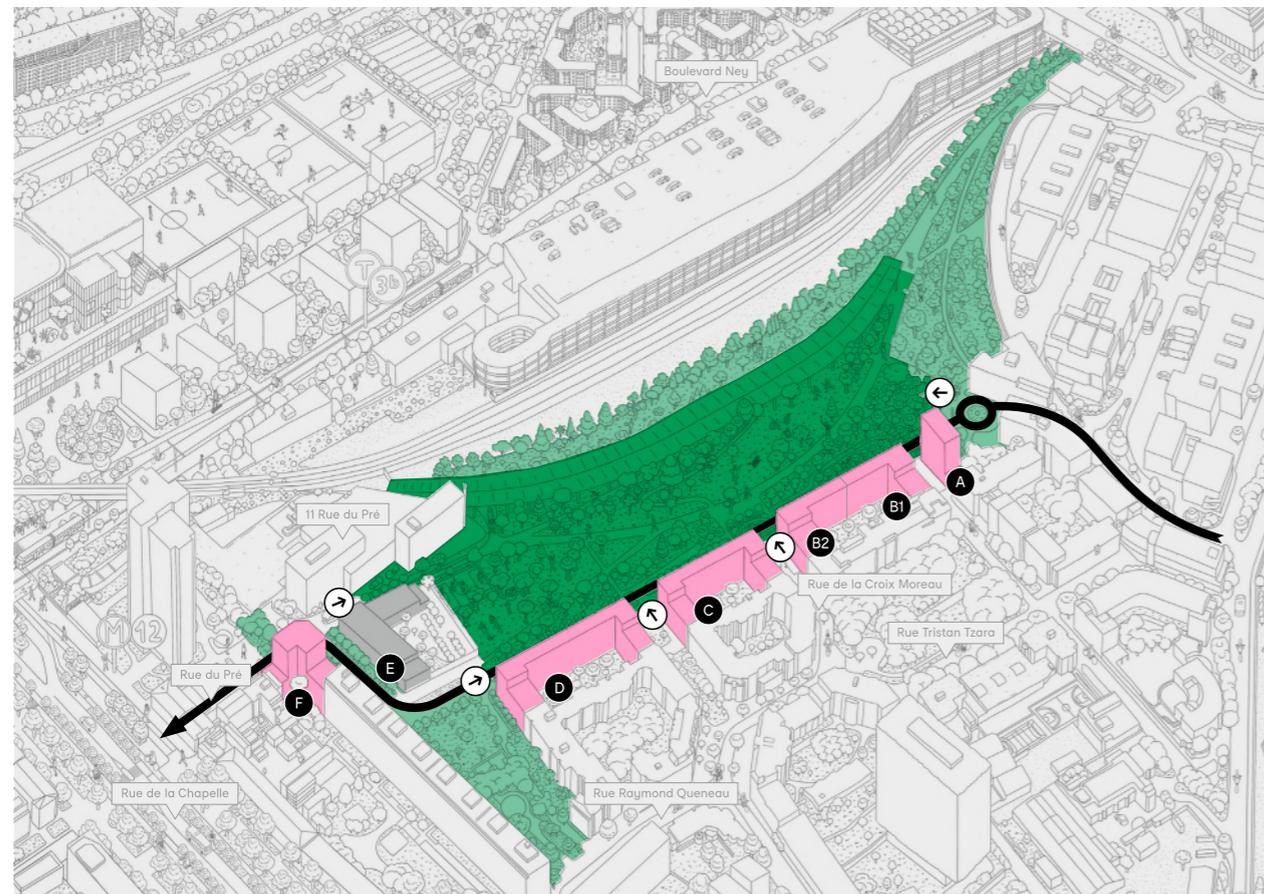
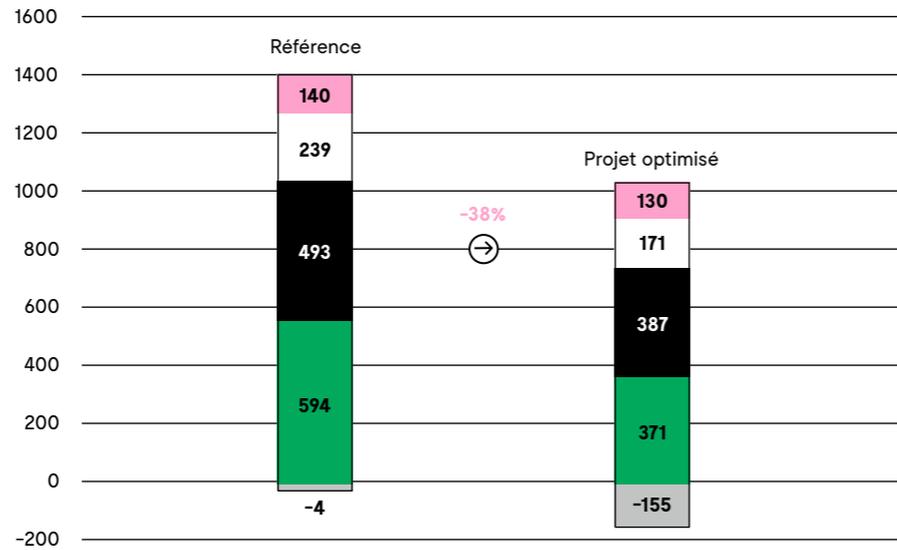
Notre AMO Franck Boutté a réalisé en 2019 une première étude : il s'agissait de fixer le niveau d'ambition de l'opération en montrant comment aller plus loin que la RT 2012 et que la norme E+C- en vigueur à l'époque dans la perspective de la RE2020. Cette étude a été suivie en 2020 d'un bilan carbone de l'opération, évaluant les émissions liées aux constructions et aux usages sur un cycle de vie théorique de 50 ans. Elle les comparait à celles d'un scénario de référence respectant la réglementation thermique (RT) et urbaine (PLU) de l'époque (mode constructif en béton, approvisionnement énergétique en gaz et panneaux photovoltaïques...).

Sur cette base, nous avons identifié différents leviers permettant d'améliorer ce bilan carbone, notamment le raccordement au réseau de chaleur urbain, l'emploi de matériaux biosourcés et géosourcés dans les constructions, la création de locaux vélos largement dimensionnés, l'absence de stationnement souterrain etc. Ce nouveau scénario a permis de diminuer d'un tiers le bilan carbone global de l'opération pendant la durée de vie théorique de 50 ans.

À l'automne 2022, le projet a été optimisé en affinant les préconisations sur les performances des constructions et en favorisant les mobilités actives. Le modèle de calcul a été mis à jour pour intégrer la fonction de stockage du parc et pour corriger les hypothèses – trop génériques – sur lesquelles reposait le bilan carbone des déplacements (voir page 10). Finalement, le bilan carbone du quartier est inférieur de 38 % à ce qu'il aurait été en appliquant le scénario de référence (cf. Scénario de référence).

Bilan carbone global (tonne de CO₂/an)

- Déplacement
- Conso. énergétiques
- Construction des bâtiments
- Stockage
- Autre



- A Lots du projet
- Création groupe scolaire de 12 classes
- Futurs accès au parc Chapelle Carbon
- 28 200 m² de logements mixtes
- Futurs espaces verts
- Future rue à sens unique en zone 20

Usages: énergie bas carbone et pas de parkings souterrains

1 Chaque projet de construction devra respecter a minima le seuil 2025 de la nouvelle réglementation environnementale RE2020 (pour l'indice construction) et viser le label BBCA (bâtiment bas carbone) niveau performant (logements) ou excellent (école). Les logements devront aussi viser la certification NF Habitat HQE ou équivalent niveau excellent.

Une énergie renouvelable via le réseau de chaleur urbain

Une nouvelle boucle du réseau de chaleur urbain desservira l'ensemble des bâtiments, qui devront s'y raccorder pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. La chaleur produite par la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) repose déjà à 50% sur des sources d'énergie renouvelable, visant progressivement 100% à l'horizon 2050. L'investissement dans l'extension du réseau de chaleur est partagé avec l'opération d'aménagement Hébert (Espaces Ferroviaires). En outre, la boucle sera dimensionnée pour raccorder également les quartiers limitrophes, notamment l'Évangile afin de permettre de faire évoluer leur source d'approvisionnement en énergie lors de prochaines rénovations d'immeubles.

Une sobriété énergétique contrôlée

La conception architecturale bioclimatique des bâtiments par l'orientation, la ventilation, l'isolation et les protections solaires d'une part, l'efficacité des systèmes énergétiques utilisés d'autre part, rendront les bâtiments très économes en énergie.

À cet égard, les opérateurs immobiliers ont pris deux engagements :

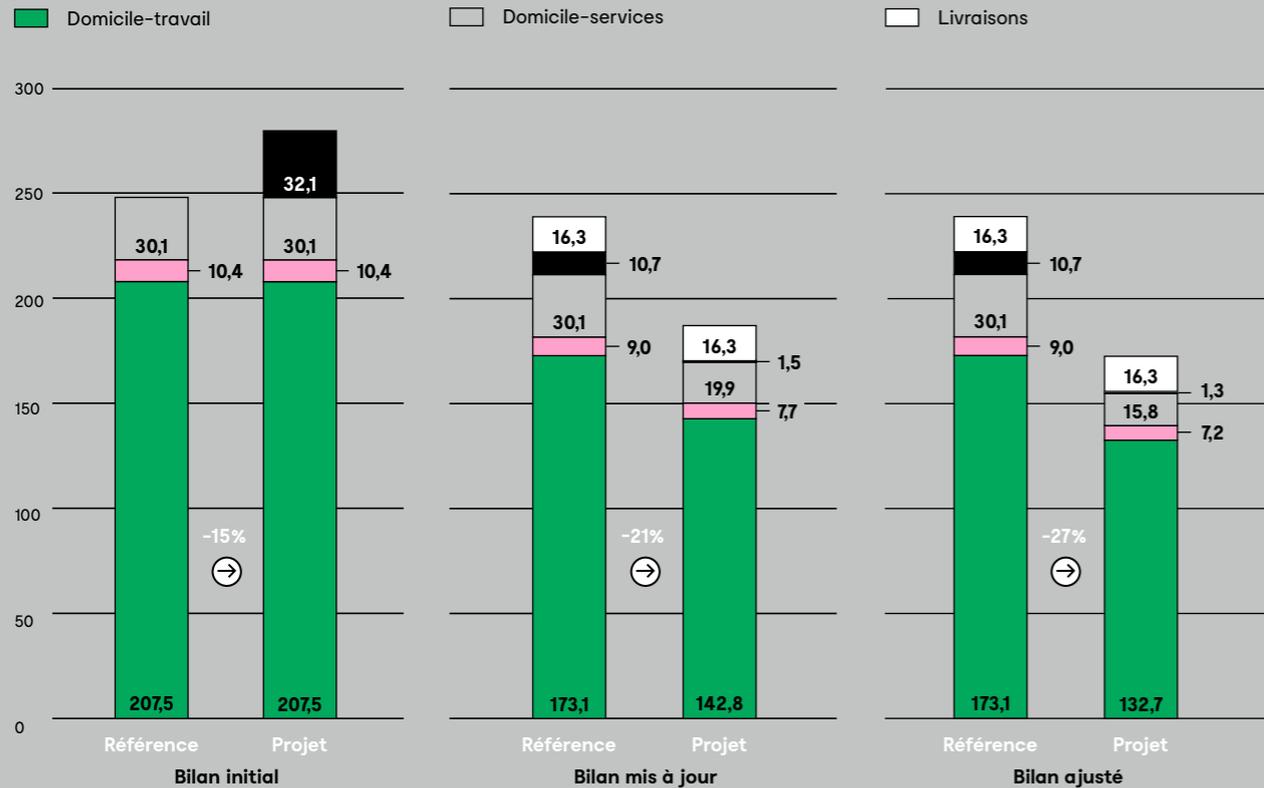
- Obtenir les labels attestant la conformité des bâtiments aux objectifs de sobriété visés **1** ;
- S'assurer du bon fonctionnement des systèmes énergétiques après la mise en service et vérifier que leur usage normal permet d'atteindre les consommations attendues (commissionnement).

Une incitation très forte à la mobilité décarbonée

Hormis les places de livraison pour la desserte des immeubles, le projet ne prévoit pas la création de places de stationnement souterraines, de nombreuses places étant disponibles dans les parkings alentour. Inversement, il encourage les mobilités douces (marche, vélo...) en agissant :

- Dans l'espace public, par les aménagements, plantations, arceaux vélos... et le statut des nouvelles rues (voies piétonnes ou zone de rencontre).
- Dans l'espace privé, en prescrivant des locaux vélos particulièrement spacieux et soignés dans leur conception (accès, ergonomie, éclairage, matériel d'entretien, sécurité...).

Bilan carbone des déplacements



Mise à jour du bilan carbone des déplacements

Le cadre de calcul initial du bilan carbone du projet, fondé sur des ratios génériques, conduisait à surévaluer les émissions de GES générées par les déplacements. Le bilan carbone des déplacements était ainsi supérieur de +15 % à celui du scénario de référence, notamment parce qu'il supposait d'importants flux motorisés liés à la présence du parc et ne tenait pas compte de la décision de ne pas construire de places de stationnement en souterrain.

La mise à jour du modèle réalisée avec le bureau d'étude Sareco a consisté à remplacer les hypothèses par défaut – de parts modales, nombres de trajets (dont télétravail), taux d'occupation des véhicules, trafic lié aux livraisons – par des hypothèses plus justes. Elle a fait passer le différentiel entre le scénario de référence et le projet de +15 % à -21% sur le poste « déplacements ».

Sur la base de ce modèle mis à jour, les hypothèses caractérisant le projet ont été ajustées pour tenir compte des autres efforts spécifiques

proposés pour faire baisser la part modale de la voiture : mesures en faveur de la marche, du vélo, de l'auto partage, des livraisons sans échec. Le différentiel entre le scénario de référence et le projet, toujours pour le poste « déplacements », s'est encore creusé, passant de -21% à -27%. Ces itérations sont intéressantes à la fois pour faire progresser les détails de conception des espaces publics et approfondir la connaissance de la comptabilité carbone dans ce domaine.

Construction : maximiser l'emploi de matériaux biosourcés ou géosourcés

La contribution des constructions au bilan carbone de l'opération est calculée sur l'hypothèse d'un recours intensif aux matériaux biosourcés ou géosourcés, préfigurant les ambitions du PLU bioclimatique. Cette orientation traduit également l'engagement de P&Ma vis-à-vis de la filière bois francilienne, officialisé par la signature du Pacte Bois Biosourcés en novembre 2020.

Concrètement, sur le plan quantitatif, les bâtiments et notamment les 6 lots de logements devaient respecter les prescriptions suivantes :

- Niveau IC_construction 2025
- Label biosourcé niveau 3
- Pas de façades voile béton
- Max 40h d'inconfort thermique

Le choix du seuil 2025 de la RE2020, qui est volontariste, écarte de facto les projets 100 % béton (structure et murs porteurs).

Pour y parvenir, nous avons étroitement accompagné les maîtres d'ouvrage et les maîtrises d'œuvre des lots dans le but de faciliter leur travail de conception. Au stade des concours, les candidats ont reçu une étude originale préfigurant des emplois possibles de matériaux biosourcés et géosourcés dans les futurs projets. Des ateliers réunissant les équipes de l'ensemble des lots ont ensuite permis de nombreux échanges sur l'emploi de ces matériaux avec différents experts (incendie, réemploi, pierre, laboratoires, etc.) : lire l'entretien page suivante.

Cet accompagnement a porté ses fruits puisque, au stade « PRO / DCE », tous les projets atteignaient ou dépassaient les performances attendues, grâce à des stratégies constructives multiples. P&Ma poursuivra le suivi très rapproché des projets, avec une première évaluation de la démarche prévue au lancement des chantiers puis à la livraison et enfin deux ans après, dans le cadre de l'engagement de commissionnement des opérateurs.

Une étude inédite

L'étude jointe au cahier de prescriptions a été réalisée par l'agence h2o architectes (du groupement de maîtrise d'œuvre urbaine), l'AMO carbone climat Franck Boutté Consultants, l'AMO construction géo/biosourcée Laurent Mouly, l'économiste BMF et le préventionniste en sécurité incendie Casso & Associés.

Elle comporte principalement :

- Un inventaire très large des matériaux envisageables respectivement pour la structure, l'isolation et l'habillage.
- Une modélisation architecturale permettant de calculer au plus près l'impact de scénarios constructifs employant ces matériaux, tenant compte de variables telles que le taux d'ouverture, la part de vitrage dans l'enveloppe, différentes typologies de protection solaire, etc.
- La comparaison de variantes en termes de bilan carbone, de confort d'été et de coût, rapportées à un scénario de référence en béton bas carbone.

La modélisation, poussée dans le détail, est un élément clé.

À l'époque où l'étude a été réalisée (2020), on commençait à voir apparaître des comparaisons du type biosourcé versus béton, par exemple, mais sur des unités fonctionnelles, à la manière des FDES (fiches de déclaration environnementale et sanitaire) : 1m linéaire de bois, 1m³ de béton, etc. Ici, il s'agissait de faire des cotations réalistes sur de vrais modes constructifs, avec de vraies sections de vrais matériaux, ce qui rend les calculs beaucoup plus opérationnels.

Les simulations qui en résultent offrent une boîte à outils aux concepteurs, l'idée n'étant pas de leur proposer des projets tout faits, mais de leur donner des arguments pour proposer et défendre de nouveaux choix constructifs. Il s'agissait aussi d'ouvrir le champ des possibles dans le cadre du processus de conception des équipes de maîtrise d'œuvre au stade des concours afin d'encourager l'innovation.

60 variantes modélisées selon 5 familles d'indicateurs, pour produire 60 jeux de données confort, énergie, carbone

Structure et isolant	Béton et laine de bois 20 cm	Béton et laine de bois 12 cm	Pierre et laine de bois 20 cm	Pierre et laine de bois 12 cm	Bois et béton de chanvre
(5)					
Ventilation	Double flux		Simple flux		
(5x2=10)					
Pouvoir isolant des fenêtres (Uw)	1,4 W/m2.K	1,1 W/m2.K	0,8 W/m2.K		
(5x2x3=30)					
Taux de vitrage	45 %		35 %		
(5x2x3x2=60)	<p>Une arborescence de 60 variantes</p>				
Modélisation de chaque variantes selon 5 familles d'indicateurs	Confort d'été	Besoin bioclimatique	Consommation d'énergie primaire	Carbone	Bilan énergétique
	Nombre de logements dépassant le seuil d'inconfort fixé	Énergie nécessaire pour le chauffage, l'éclairage et le refroidissement	Besoin bioclimatique + eau chaude sanitaire et ventilation	Empreinte carbone Carbone stocké dans les matériaux Taux de matériaux biosourcés	Selon référentiel E + C- Bepos

Entretien avec Antoine Santiard et Franck Boutté

Respectivement architecte associé de l'agence h2o, membre du groupement de maîtrise d'œuvre urbaine de la ZAC et gérant de l'Atelier Franck Boutté, AMO Carbone/Climat.

Lire l'entretien complet sur parisetmetropole-amenagement.fr

Comment avez-vous abordé la question des modes constructifs en atelier de conception avec les équipes des lots ?

AS Nous l'avons abordée dès le deuxième atelier. Étaient conviés les architectes, les maîtres d'ouvrage, les bureaux d'études, quelques représentants des filières et enfin les « censeurs », c'est-à-dire les bureaux de contrôle. Ce n'est pas si souvent que l'on met toutes ces personnes ensemble. Nous avons demandé des coupes à l'échelle 1 de toute l'enveloppe. Au moment de l'atelier, chacun est venu avec ses problématiques, ses questions, posées directement au bureau de contrôle qui s'engagera à la fin.

Quels étaient les principaux sujets abordés ?

AS À ce stade, la question était surtout réglementaire. Il y avait beaucoup d'ambition et d'envie, mais les solutions n'étaient pas conformes. Par exemple, il fallait ajouter des peaux pour isoler la paille, mais elles devaient être inertes au feu. Le plus simple alors, c'est le plâtre, mais on perd la perspiration de la paroi... Autre exemple, l'idée d'une chape de plâtre à base d'agrégats a séduit beaucoup d'architectes, parce qu'elle apportait de l'inertie sans grever le bilan carbone. Mais cette solution est encore très expérimentale, on ne sait pas comment ce matériau se comporte dans le temps, comment il résiste à l'abrasion, aux produits ménagers de nettoyage, etc.

Concrètement qu'est-ce qui a été fait pour répondre à ces questions ?

FB Déjà, l'environnement a changé. À l'époque, les FDES ² de la pierre étaient très pénalisantes et il était quasiment impossible d'obtenir des certifications. Sur la paille, il n'y avait pas d'ATEX ³... Certains maîtres d'ouvrage ont pris le risque de développer leurs opérations en comptant sur une évolution favorable des règles constructives ou assurantielles. En cela, Chapelle Charbon a été un accélérateur du changement, certes plus modeste

que le Village olympique, mais réel. Les fabricants ont compris que cette opération pouvait être une forme de démonstrateur et qu'ils avaient intérêt à entamer leurs procédures d'ATEX. Sur la paille, un fabricant a fait paraître une première ATEX. C'était de la paille hachée et non en botte, mais le projet a pu s'adapter. De nouvelles FDES sont sorties qui ont permis une cotation beaucoup plus réaliste sur la pierre massive. L'environnement réglementaire et calculatoire commençait à se sécuriser.

AS Nous avons organisé un second atelier sur les « risques » des modes constructifs biosourcés à la matériauthèque de l'Académie du climat, avec l'Agence pour la qualité de la construction (AQC), un bureau d'étude feu –le CERIB– et le CSTB, qui est venu en appui. Et quand nous avons sollicité les services de sécurité pour l'Atelier de synthèse des APS, nous étions vraiment contents que les pompiers se déplacent car c'est exceptionnel. Ce qui les a intéressés, c'est que nous ne leur demandions pas de venir valider des projets, mais de réfléchir avec nous. Et puis cela faisait suite à la séquence « J.O. » [août 2021], où ils avaient été interpellés pour leurs positions très prudentes vis-à-vis des ouvrages olympiques.

Ils ont fait une présentation qui nous a beaucoup appris sur les risques concrets d'incendie. Les pompiers ont exposé les problèmes qui pouvaient être rencontrés et les équipes ont retravaillé sur ces bases. Aujourd'hui ils ont donné des avis favorables aux projets. C'était donc très utile d'anticiper, ce qui ne se fait pourtant jamais.

Le processus a-t-il fait émerger des enseignements en matière de conception ?

AS La règle, c'est qu'il faut hybrider les matériaux : sortir du tout béton pour basculer dans le tout bois, cela ne marche pas. Et pour hybrider, il faut tester, redécouvrir les matériaux ancestraux. Je ne pense pas qu'il y ait de recette actuellement : nous devons en passer par la méthode itérative pour parvenir à mettre le bon matériau au bon endroit, pour le bon usage. Tout le monde tâtonne encore. Le sens de l'étude était justement de démarrer ce tâtonnement en amont pour accélérer les réflexions.

FB J'espère que ce travail aura également contribué à faire comprendre l'enjeu du confort d'été, qui reste encore un impensé de la profession aujourd'hui. Pendant 15 ans, les bâtiments neufs étaient très « énergie-centrés », l'enjeu était de conserver des calories. Il y a environ 5 ans, on a commencé à se préoccuper du carbone matière. Aujourd'hui, après les confinements et l'été 2022, et grâce à la RE2020 qui le prend mieux en compte, on commence enfin à comprendre qu'il faut se préparer au climat de 2050. Or la construction biosourcée, comme elle passe par des matériaux d'origine végétale donc assez aériens, n'est malheureusement pas le meilleur des leviers pour faire du rafraîchissement par la ventilation nocturne, qui implique un rafraîchissement passif de la masse. Il faut donc bien regarder simultanément le carbone et le confort d'été ⁴.

²

FDES : fiche de déclaration environnementale et sanitaire.

³

appréciation technique d'expérimentation.

⁴

En l'occurrence, les équipes devaient produire une simulation thermique dynamique pour évaluer, jour par jour et heure par heure sur une année entière, la température intérieure des logements dans le climat de 2050. Cette simulation a permis de vérifier l'atteinte des objectifs assignés aux projets. Elle a aussi permis d'analyser l'efficacité de différents leviers disponibles pour améliorer le confort d'été et ajuster les projets en conséquence.

Modes constructifs et équipes des projets



Poteaux-poutres béton

Dalle bois-béton

FOB Paille hachée + bardage ventilé + enduit

MOA: RIVP pour la Foncière de la Ville de Paris

MOE: PALAST + Grand Huit architectes / NEBBIA paysagiste / STRAMEN BE structure / ZEFECO BE environnement



Poteaux mixte acier béton / Poutres bois

Plancher CLT

N/O Pierre auto-porteuse
S/E FOB fibres bois + hors site + refends terre crue

MOA: I3F

MOE: Architectures Raphaël GABRION / LA TALVERA paysagiste / SAS MIZRAHI BE TCE



Poteaux-poutres mixte acier-béton

Plancher bois traditionnel

N/O Pierre auto-porteuse
S/E + attique FOB béton de chanvre

MOA: GIBOIRE

MOE: Clément VERGELY architecte / LA TALVERA paysagiste / BATISERF BE structure / AMOES BE fluide-HQE



Voiles + chaînages béton / Charpente métal, refends pierre

Dalle bois-béton

Pierre porteuse

MOA: RIVP

MOE: Atelier VILLEMARD associés + HEROS architecture / LS2 paysagiste / C&E ingénierie BE structure / BELLASTOCK réemploi / INEX BE environnement



Poteaux-poutres béton / Attique structure bois

Plancher bois traditionnel

Mur rideau bois-alu bardage minéral + hors site

MOA: Paris Habitat

MOE: BRUTHER + COMTE-MEUWLY architectes / TAKTYK paysagiste / BATISERF structure / KARIBATI biosourcés / IGREC Ingénierie BE environnement



Structure en bois/béton

Façade à ossature bois / Isolant paille et parement de pierre à RDC

MOA: Service de l'Architecture et de la Maîtrise d'Ouvrage (SAMO) de la Direction des Constructions Publiques et de l'Architecture (DCPA) de la Ville de Paris

MOE: LA Architectures, mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre, avec Agna (acoustique) / Nebbia (paysagiste) et Batscop (OPC) / EODD Ingénieurs Conseils, Ingénierie environnementale / Mizrahi, Economiste et ingénierie TCE / Arborescence, Structure bois



Poteaux-poutres bois

Plancher CLT

FOB Laine de bois + ETICS + enduit

MOA: ELOGIE-SIEMP pour Foncière de la Ville de Paris

MOE: Nicolas LOMBARDI architecture + HUB architectes / Atelier BIANCHIMAJER paysagiste / SYLVA BE structure / ZEFECO BE environnement

MOA : maîtrise d'ouvrage / MOE : maîtrise d'œuvre

Performance carbone / confort des projets

À la sortie de la conception (phase PRO/DCE), tous les projets atteignent les performances prescrites et certaines sont largement dépassées. Certains choix fondamentaux de conception (structure, mode constructif de la façade, etc.) s'y prêtent mieux que d'autres, mais les résultats d'ensemble montrent la diversité des réponses possibles.

Taux d'incorporation de matières biosourcées ^A

Les niveaux du label Bâtiment Biosourcé sont largement dépassés, signe que le bilan carbone a été déterminant pour la conception. Le taux de biosourcés du lot F (deux à trois fois supérieur aux autres) s'explique par le choix de bois-biosourcés en façade, en structure verticale et en planchers intermédiaires. Les lots utilisant le plus le béton (A et D) n'en dépassent pas moins l'objectif prescrit, notamment grâce à des planchers mixtes (bois-béton) ou traditionnel (bois-plâtre) et l'intégration de biosourcé dans la façade.

Émissions de gaz à effet de serre liées à la construction ^B

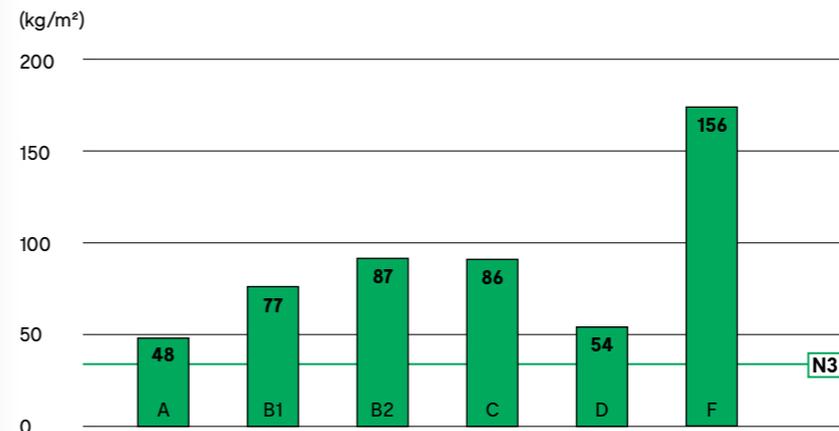
Chaque bâtiment parvient, avec sa stratégie propre, à valider l'objectif (seuil 2025) voire à le dépasser (seuil 2028 pour 2/3 des bâtiments). Deux bâtiments très proches du seuil 2025 ont des modes constructifs mixtes intégrant la pierre, or la caractérisation du contenu carbone de ce matériau peut encore évoluer (dans le bon sens) dans un futur proche. À ce stade, les résultats calculés sont peu susceptibles d'évoluer, cependant les consultations des entreprises pourront conduire, si nécessaire, à des variantes de conception.

Performance bioclimatique ^C

L'objectif Bbio s'est révélé délicat à atteindre pour certains lots, tandis que d'autres l'ont fait sans difficulté. Ces contrastes s'expliquent surtout par les choix de matérialité et de structure. Plusieurs bâtiments ont dû recourir à des calculs très détaillés de pont thermique (certains peu documentés par les abaques existantes), spécifiques à leurs modes constructifs biosourcés.

Confort d'été Tous les bâtiments atteignent les objectifs fixés en matière de confort d'été, à savoir qu'aucun logement ne dépasse une température opérative (moyenne entre la température de l'air et celle des parois) de 28°C pendant plus de 40 h sur une année dans le climat projeté de 2050. À noter que tous les immeubles sauf un devront avoir recours pour cela à des brasseurs d'air (ventilateurs). Le lot C, qui emploie beaucoup de pierre (façade, refends), matériau à forte inertie, est le plus performant en matière de confort d'été.

Résultats en fin de conception



Taux d'incorporation de matières biosourcées



Émissions de gaz à effet de serre liées à la construction



Performance bioclimatique

^A Le label « Bâtiment biosourcé » considère la masse de matériaux biosourcés par m² de surface de plancher. Les proportions à atteindre, exprimées en kg/m² de plancher, varient suivant le type de construction. Le label comporte trois niveaux de performance (N1, N2 et N3). L'objectif à atteindre dans la ZAC Chapelle Charbon est le niveau N3, soit 36 kg par m² (valeur 2019). En 2024, le label a évolué et l'objectif est désormais exprimé en masse de carbone stocké dans les matériaux biosourcés plutôt qu'en masse de biosourcés tout court.

^B L'indicateur « Ic construction » de la RE2020 indique les émissions de gaz à effet de serre liées aux produits et équipements de construction, et à leur mise en œuvre lors du chantier. Il s'exprime en kg d'équivalent CO₂ émis dans l'environnement par m². La RE2020 fixe des seuils à ne pas dépasser, avec des jalons intermédiaires tous les trois ans. L'objectif à atteindre dans la ZAC Chapelle Charbon est le seuil 2025, plus ambitieux que le seuil 2022 réglementairement applicable au projet.

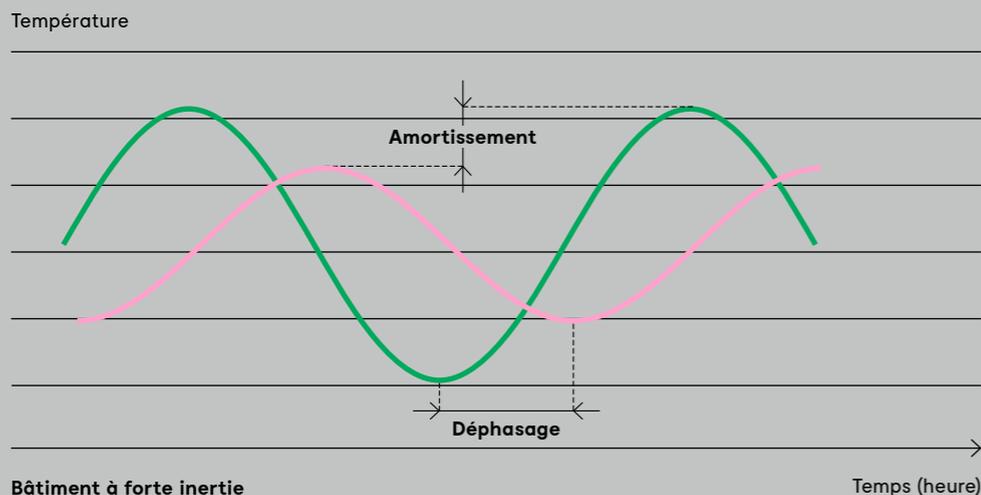
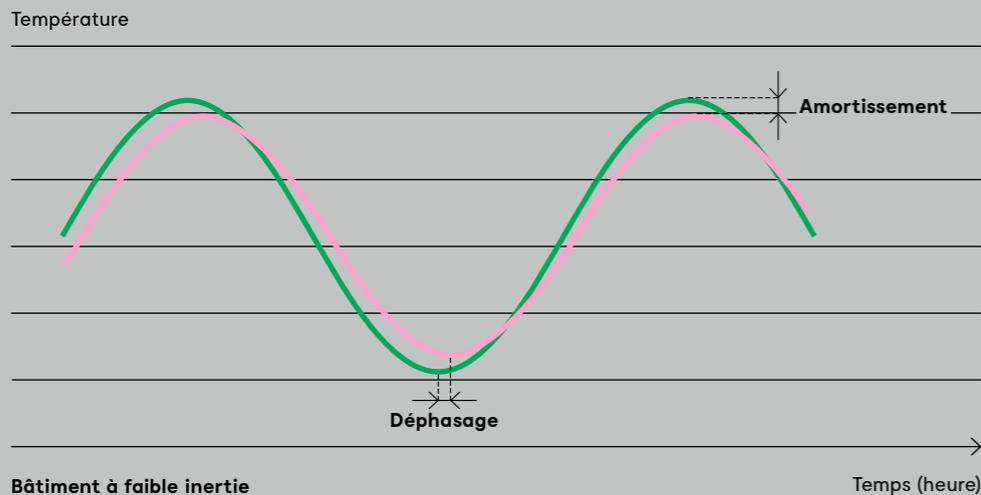
^C Le Bbio est un coefficient calculé, exprimant la capacité du bâtiment à limiter les besoins de chauffage, refroidissement et éclairage. La réglementation fixe un niveau à ne pas dépasser (Bbio max). L'objectif à atteindre dans la ZAC Chapelle Charbon est le niveau Bbio max -20%.

Matériaux biosourcés et confort d'été

Dans un bâtiment à forte inertie, la courbe de la température intérieure est « amortie » par rapport à celle de la température extérieure grâce au déphasage permis par l'inertie, couplé à

la ventilation nocturne : au moment où les matériaux libèrent dans le logement la chaleur qu'ils ont accumulée, l'air extérieur est devenu moins chaud et la ventilation naturelle permet de rafraîchir l'air intérieur. Les matériaux biosourcés, plus aérés que le béton et la

Pierre, ont moins d'inertie et réagissent plus rapidement aux variations de la température extérieure. La surface et le pouvoir isolant des vitrages, ainsi que les protections solaires (balcons et loggias notamment) doivent être mobilisés pour compenser.



Expérimenter pour innover

L'intention de l'aménageur était d'encourager l'expérimentation pour anticiper les exigences qui s'imposeront bientôt à tous. L'expérience a montré que l'innovation est d'autant plus pertinente qu'elle passe par les méthodes de travail collectif, l'itération, et la capacité à dialoguer.

Quand le cadrage libère la créativité

L'étude a rencontré un réel intérêt des maîtrises d'œuvre. Elles ont renforcé leurs équipes de spécialistes des questions de constructions bio-géosourcées, les architectes se sont souvent passionnés pour le sujet. Le caractère très dessiné des prescriptions architecturales a bien été reçu comme une aide facilitant la recherche de solutions pour atteindre les objectifs de construction bas-carbone. Il n'a pas fait obstacle à la créativité, dont témoigne une belle diversité de matériaux. Que l'hybridation soit un facteur clé de réussite était l'une des conclusions de l'étude, elle a été confirmée par la pratique.

Tout se tient

Une exigence environnementale élevée implique quasiment de « rentrer dans le projet par le mode constructif » et par le calcul, en intégrant d'emblée les aspects thermiques. En conséquence, tous les choix techniques soutiennent ensemble la performance énergie carbone, rendant relativement difficiles des arbitrages in fine sans « défaire » le projet. En devenant la norme, cette exigence devrait donc faire évoluer assez sensiblement les méthodes de travail des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage. Il faut d'ailleurs saluer l'implication des uns et des autres dans cet exercice. Ajoutons que la performance environnementale est non seulement compatible mais contribue à la qualité d'habiter, une autre ambition forte de la ZAC Chapelle Charbon qui a été atteinte.

Innover, une entreprise collective

Les techniques de construction mobilisées revisitent souvent des savoir-faire ancestraux. Ce qui les rend innovantes – et implique un travail de recherche ou de test – c'est leur utilisation dans des conditions non testées (hauteur des bâtiments notamment). Si une partie de ce travail est dans les mains des fabricants, une autre est dans celles des maîtres d'œuvre, bureaux de contrôle, services de sécurité et assureurs, qui conçoivent, contrôlent et valident les innovations. Un projet tel que Chapelle Charbon est l'occasion de mutualiser ces efforts et de poser des jalons qui serviront de référence à d'autres projets. En l'occurrence, si nous n'avons pas réussi à décrocher un financement de l'ADEME pour faire référencer l'emploi de la paille hachée, le travail en atelier avec la participation de nombreux experts a permis de développer des techniques qui n'auraient sans doute pas vu le jour sans cela.

Nous savions qu'il faudrait investir dans la recherche

Claire Curtil
Cheffe de projet pour la RIVP
(maître d'ouvrage des lots A et C)

« Le lot A reflète une très forte ambition puisque nous avons réduit la présence du béton dans ce bâtiment à la structure verticale. Les planchers sont mixtes bois-béton et la façade est à ossature bois avec remplissage en paille. Dès le stade du concours,

nous savions qu'il faudrait investir dans de la recherche pour pouvoir utiliser la paille [selon un] procédé très innovant de bottes de paille enduite qui ne disposait pas des ATEx nécessaires pour un bâtiment de cette hauteur. Cela demande un budget supplémentaire pour les essais, cela tend à allonger la durée des études et cela introduit de l'incertitude quant à la possibilité de réaliser le projet tel que nous l'avons

retenu au stade du concours. Or pour nous il est important de respecter le choix que nous avons fait à ce moment-là. [C'est ce qui nous a] poussés à rechercher activement des solutions pour conserver l'utilisation de la paille et garantir la faisabilité du projet. »

Ⓢ La paille en bottes enduites prévue initialement a été remplacée par de la paille hachée en caisson avec bardage ventilé.

Maquette du lot A, 32 logements pour la RIVP



Planchers mixtes bois-béton

Façade ossature bois remplissage paille avec bardage ventilé

Structure verticale béton

Une constellation de matériaux qui fonctionnent bien ensemble

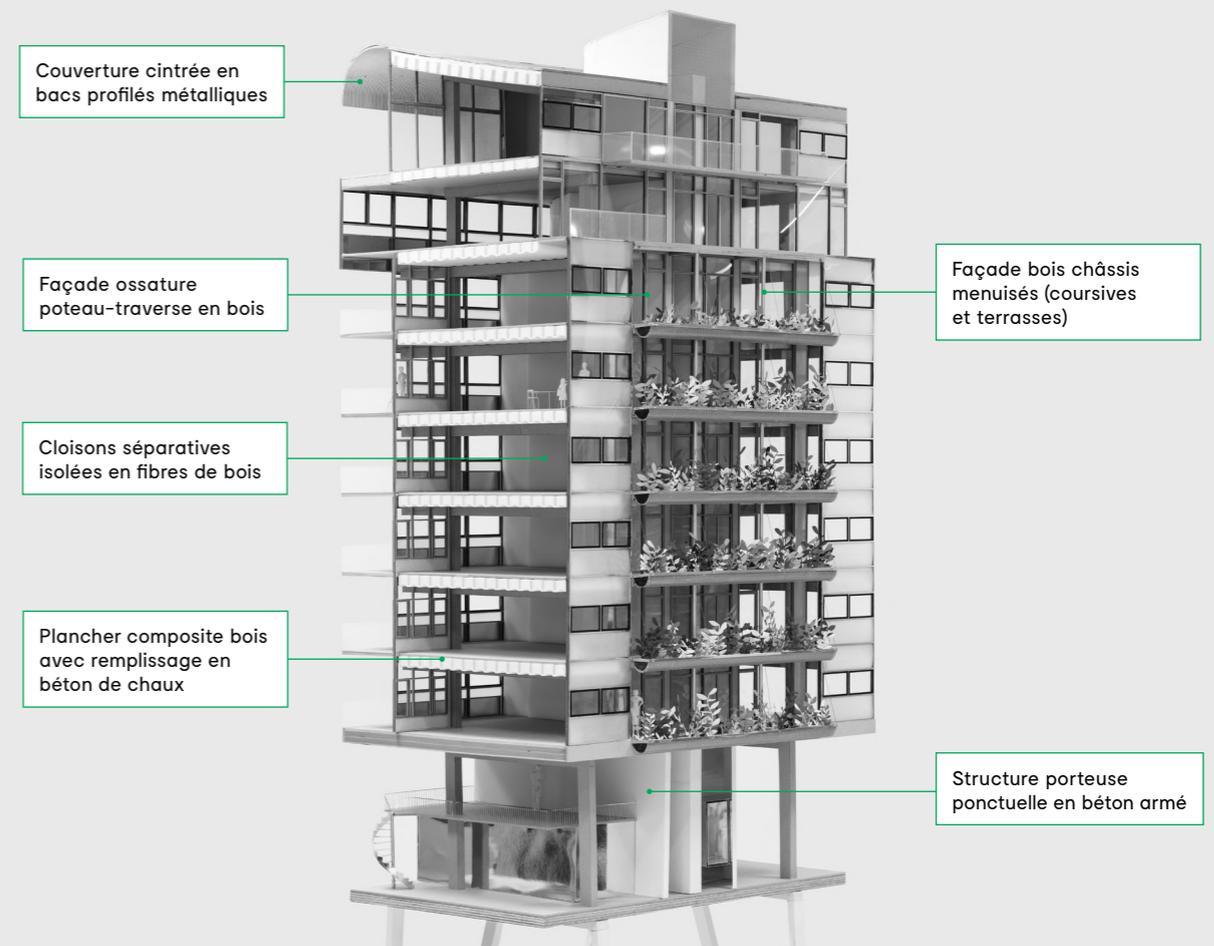
Stéphanie Bru & Adreien Meuwly
De l'agence Bruther et de l'agence Comte Meuwly (maîtres d'œuvre du lot D)

« Nous avons essayé de comprendre quel matériau était le plus avantageux pour chaque élément et cela a été un travail vraiment itératif. La mise à jour, assez chronophage mais utile, des études, à chaque

changement de matériau, nous indiquait son incidence sur les indicateurs du projet. Finalement, le projet rassemble une constellation de matériaux qui fonctionnent bien ensemble. Le projet se fait beaucoup par le calcul et, plus nous avançons, plus ce calcul se précise et nous montre que nous pouvons enlever de la matière alors qu'au départ nous avions tendance

à en ajouter pour atteindre les objectifs quantitatifs. Au fond nous avons toujours travaillé comme ça, que ce soit pour l'économique, pour la thermique, et aujourd'hui pour les matériaux biosourcés. Notre rôle d'architecte est de faire la synthèse entre tous ces objectifs pour tenir le projet dans sa globalité. »

Maquette du lot D, 98 logements sociaux pour Paris Habitat



Couverture cintrée en bacs profilés métalliques

Façade ossature poteau-traverse en bois

Cloisons séparatives isolées en fibres de bois

Plancher composite bois avec remplissage en béton de chaux

Façade bois châssis menuisés (coursives et terrasses)

Structure porteuse ponctuelle en béton armé

Saint-Vincent-de-Paul

Réemploi: premiers enseignements

L'opération Saint-Vincent-de-Paul offre un terrain de choix pour expérimenter à la fois la déconstruction sélective et le réemploi, dans le neuf comme en réhabilitation. Bilan intermédiaire au lancement des premiers chantiers.

Phase 1: la déconstruction de l'existant

④ Cette démarche a déjà fait l'objet d'un article à son lancement, dans Façons de Faire #3 (p.16): il expose les objectifs et les grandes lignes de la méthode.

P&Ma a souhaité favoriser le réemploi dans l'opération d'aménagement Saint-Vincent-de-Paul, qui comporte des réhabilitations et des démolitions-reconstructions. La démarche mise en place avec l'aide de l'AMO Mobius porte sur:

- La déconstruction du bâti existant et la récupération des éléments pouvant être réemployés, réutilisés ou recyclés;
- L'incorporation de matériaux ou équipements de réemploi dans les nouveaux programmes, neufs ou réhabilités, qu'ils soient ou non issus du site de l'opération d'aménagement. ④

Des entreprises très impliquées

Les marchés passés par P&Ma comportaient une partie à bon de commande pour la dépose soignée et la mise en stock de différents types de matériaux (avec une phase de test en amont). Ce simple outil s'est avéré très efficace, même si l'intérêt économique de limiter le volume de déchets, et l'anticipation d'une réglementation de plus en plus contraignante a évidemment compté dans la motivation des entreprises à adapter leurs pratiques.

Succès des journées de dépose collaborative

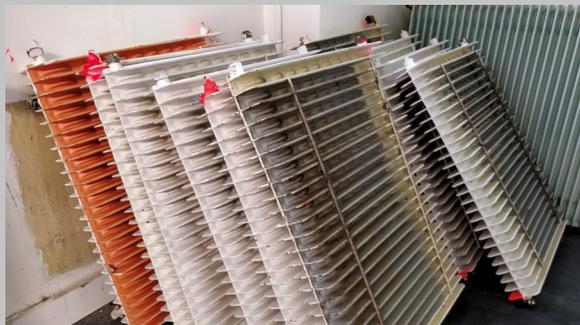
Avant l'intervention du démolisseur, certains éléments ne nécessitant pas un personnel formé ont été récupérés lors de 8 journées de dépose collaborative, avec la participation d'une quinzaine d'associations. Environ 13 % du tonnage d'ouvrages de second œuvre a ainsi été emporté: mobilier, portes, portes de placard, panneaux OSB, mains courantes en bois, garde-corps, PVC transparent...

Les limites du stockage in-situ

Après le passage des associations, les entreprises ont achevé la déconstruction et stocké les éléments de second œuvre récupérés dans le sous-sol de l'un des bâtiments conservés (Pinard). Face à sa rapide saturation, il a fallu identifier des repreneurs extérieurs pour venir chercher (gratuitement) les matériaux et équipements. De manière générale, un stockage sur site n'est pas toujours idéal, sauf à disposer de beaucoup de place et à pouvoir conserver les éléments stockés dans de bonnes conditions. Ce vers quoi il faut tendre est une gestion en flux tendus entre la dépose et la reprise par un tiers, qui elle-même n'est possible que s'il existe un marché structuré des matériaux et équipements de réemploi au sens large.

Résultats

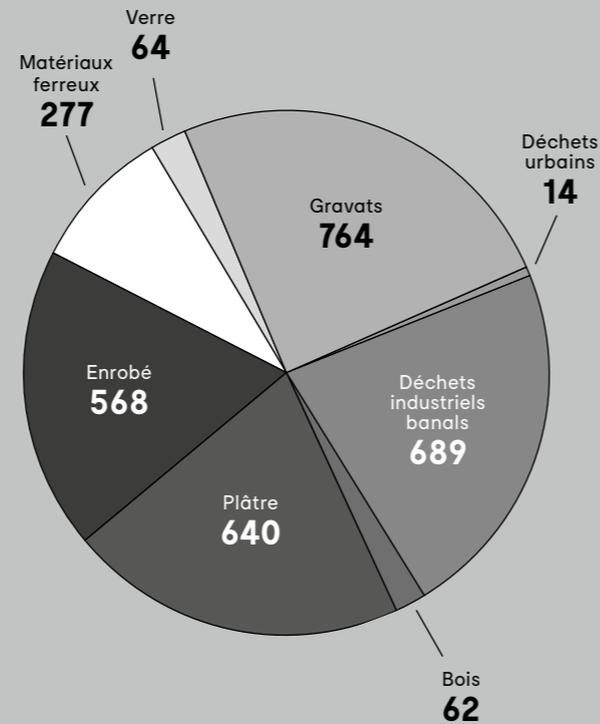
À l'échelle de la ZAC, la masse de matériaux valorisables à l'issue des démolitions est pratiquement 8 fois celle des déchets évacués. Plus de 80 % de la masse des matériaux de déconstruction valorisables correspond à des gravats (béton concassé) réutilisables en remblais. Ce ratio s'inverse pour les tonnes de CO₂ évitées, où la pierre et les matériaux/équipements de second œuvre représentent près de 80 % de l'économie réalisée.



Déchets évacués

Masse (tonnes)

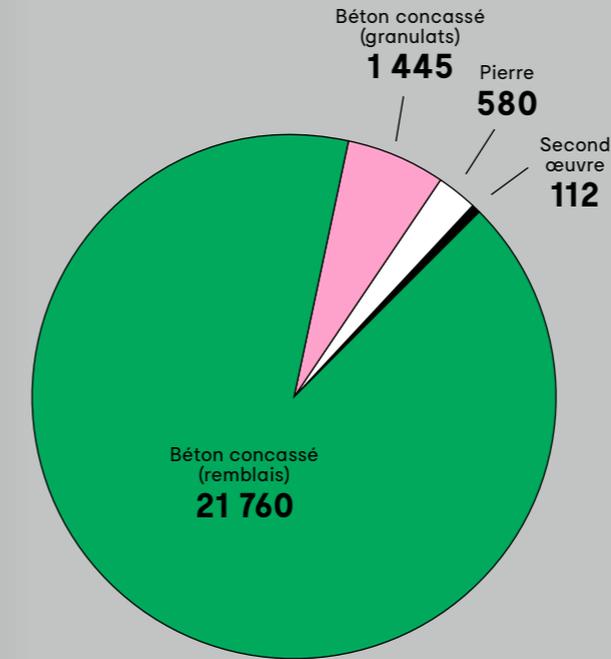
Total
3 078



Matériaux valorisables

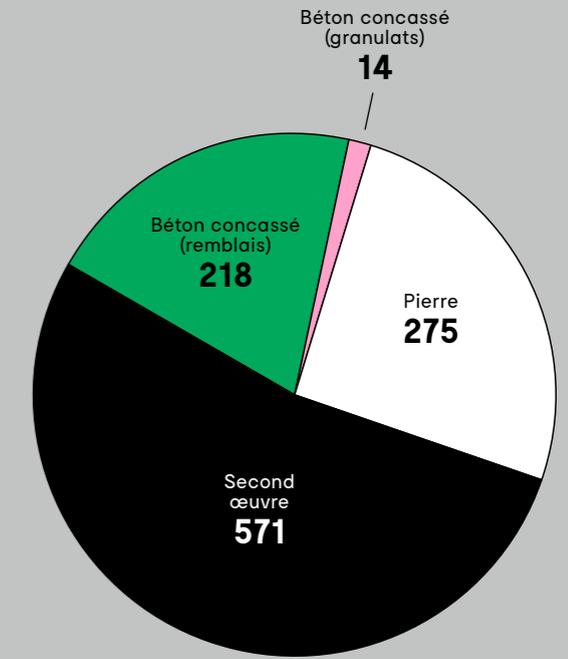
Masse (tonnes)

Total
23 897



Émission de CO₂ évitées (tonnes)

Total
1 078



Destination du gisement

Les 21 760 tonnes de **béton concassé** ont servi à la construction des espaces publics en **remblais** et en couche de fondation.

Les 1 445 tonnes de **béton concassé** recyclables en **granulat** de type 1 (granulat recyclé composé d'au moins 95 % de béton concassé) ont été vendues à un industriel pour être criblés et nettoyés.

Les 580 tonnes de **pierre** (pierre de Saint-Maximin, briques, pierre du mur d'enceinte) sont en partie conservées pour le site, le reste a été mis à disposition d'une entreprise de taille de pierre.

Les 112 tonnes d'ouvrages de **second œuvre** ont été mis à la disposition d'associations ou d'artisans locaux.

Phase 2: les projets

Au lancement de la démarche, en 2019, P&Ma avait, avec l'aide de Mobius, introduit des indicateurs de réemploi dans le dossier de consultation des opérateurs immobiliers. Il s'agissait de fixer un niveau d'ambition, de tester des indicateurs (encore rares à l'époque) et de permettre un suivi des résultats.

Il y avait principalement deux indicateurs sous forme de taux, masse économisée d'une part, CO₂ évité d'autre part **i** avec une différence entre les projets neufs et réhabilités: le gros œuvre (fondation, infrastructure, superstructure) est pris en compte uniquement dans les projets neufs. L'économie de matière devait néanmoins être un peu supérieure pour les bâtiments réhabilités.

À l'usage, le taux de masse économisée s'est avéré peu pratique car il obligeait à calculer la masse totale du bâtiment. Il aurait été plus simple d'imposer une masse de matériaux de réemploi en valeur absolue par m².

Premiers résultats

D'une manière générale, les maîtrises d'œuvre se sont montrées plutôt volontaristes dans leurs efforts de réemploi, mais les taux ont fortement fluctué au cours du processus de conception, illustrant souvent la difficulté à sécuriser un gisement. Exemple ici avec les données intermédiaires recueillies sur l'un des projets (tableau **A**). Les données recueillies auprès des maîtrises d'œuvre ont permis d'établir de premiers résultats globaux (tableau **B**). Attention, ces résultats sont moyennés sur l'ensemble des projets de la ZAC et restent à consolider avec ceux des projets encore en cours de conception. En outre, les écarts par rapport à ces moyennes peuvent être importants.

Globalement, les maîtrises d'œuvre ont dépassé les objectifs d'économie de matière mais sont loin d'avoir atteint les objectifs d'évitement d'émissions de GES. Le principal enseignement de ces chiffres, qui ne prétendent pas à la vérité statistique, est sans doute l'excès d'optimisme dans la fixation des objectifs d'évitement des GES. Au stade PRO/DCE, de nouveaux objectifs, plus réalistes, ont été définis pour chaque lot. Ils s'imposent aux entreprises dans leur marché travaux et sont encadrés par des mesures coercitives.

A Données intermédiaires recueillies sur l'un des projets

		Objectif	Esquisse	APS	PC	APD	PRO/DCE
Indice de masse	Recyclage, réutilisation, réemploi	8,0%	10,5%	18,0%	14%	5,19%	13,2%
	Réutilisation et réemploi	3,0%	3,5%	10,0%	6%	1,19%	5,8%
Indice de CO ₂	Recyclage, réutilisation, réemploi	30,0%	20,6%	32,0%	14%	7,26%	9,8%
	Réutilisation et réemploi	20,0%	5,2%	26,0%	10%	4,52%	7,4%



Les taux sont obtenus ainsi, exemple pour la masse: % de masse réemployée = masse totale de matière réemployée dans le projet / masse totale de matière du projet

Définitions

Réemploi: usage identique au produit d'origine, qui n'est pas un déchet

Réutilisation: utilisation à nouveau d'un déchet

Recyclage: retraitement d'un déchet en substance, matière ou produit

B Évitement de GES et économie de matière: objectifs et résultats pour l'ensemble des lots

		Bâtiments neufs		Bâtiments réhabilités	
		GES	Matière	GES	Matière
Réemploi ou réutilisation	Objectif	20%	3%	20%	6%
	Résultats	7%	4%	6%	18%
Idem + recyclage	Objectif	30%	8%	30%	11%
	Résultats	9%	11%	13%	34%

*Moyenne pondérée par la surface des bâtiments

La déconstruction et le curage du bâtiment Pinard ont permis de récupérer, hors granulats et béton concassé, environ 120 t de matériaux ou équipements de réemploi, dont 90 t, soit 45 t d'équivalent CO₂, réemployés dans le projet lui-même. La reconversion (réhabilitation + construction neuve) mettra également en œuvre de nombreux éléments « importés » d'autres sites de déconstruction, de manière à atteindre 18% de la masse totale, objectif visé pour ce bâtiment au sein de la ZAC. Le réemploi permettra alors de réduire les émissions de carbone de 8%.

Perspective de la cour du futur équipement Pinard



Quelques enseignements

Au stade actuel de l'opération – début des premiers chantiers – nous pouvons tirer de premiers enseignements, tout en observant que le marché du réemploi évolue très rapidement et commence à se structurer.

La nécessité de sécuriser les gisements remet en cause les pratiques

Suivant les filières, la disponibilité des matériaux et équipements est très variable. Il faut donc pouvoir acheter un gisement au moment opportun et le stocker dans de bonnes conditions. Cette anticipation implique une gestion et des moyens spécifiques. L'entreprise Léon Grosse (Lot Pinard) a calculé un besoin de stockage de 300 m² environ, très supérieur à celui d'un chantier classique. Cela remet également en question les habitudes d'achat des maîtres d'ouvrage, qui pourraient être amenés à acheter eux-mêmes les matériaux avant la passation de marché à l'entreprise.

Le processus de caractérisation des matériaux et équipements de réemploi doit progresser

Par défaut l'usage de matériau de réemploi est considéré comme une technique non courante qui nécessite un contrat spécifique pour être couverte par l'assurance de l'entreprise. Il appartient donc à cette dernière de caractériser le matériau, avec ses propres moyens ou des tests en laboratoire, puis avec l'aval d'un bureau de contrôle. Certains tests ne sont pas anodins : le test de résistance de la brique au gel implique 50 cycles de gel/dégel, soit 3 mois. On voit toutefois certaines filières se structurer, mais les structures métalliques sont le seul produit de réemploi à ce jour à disposer d'un guide technique reconnu par les assureurs.

Les entreprises de déconstruction ont aussi un rôle à jouer pour fluidifier le processus de caractérisation, en réalisant un premier diagnostic in situ. Peut-être faut-il aussi ne pas calquer les méthodes du neuf sur le réemploi, et tolérer des garanties un peu moindres ou des garanties un peu allégées ? La question mérite d'être posée, au moins pour les produits dont la résistance antérieure, dûment documentée, dans des conditions d'usage et de climat analogues, plaide pour eux.

Importance de la traçabilité

Lohan Belhomme
Chargé de mission économie circulaire
chez Léon Grosse, entreprise du lot Pinard

« La déconstruction doit aussi être le moment d'un premier diagnostic : ce mur en brique a-t-il été exposé à des produits chimiques, ce bois traité par des insecticides aujourd'hui interdits... ? On peut ainsi

exclure d'emblée leur réemploi. Inversement, on saura aussi qu'un matériau ayant déjà montré sa résistance au climat marin pourra être réemployé dans le même climat (acide) ailleurs. Même chose pour la résistance au gel. Une meilleure traçabilité pourrait permettre de desserrer un peu la demande de test. »

La créativité architecturale est importante pour accélérer l'adhésion. La démarche de l'aménageur a clairement stimulé l'engagement des partenaires de l'aval – maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises – en faveur du réemploi. Beaucoup reste à faire pour amplifier cette pratique, notamment en levant les freins esthétiques ou « psychologiques » vis-à-vis du réemploi, c'est-à-dire les réticences supposées des acheteurs finaux (bailleurs ou occupants). Si des objectifs quantitatifs sont nécessaires, il semble tout aussi important de stimuler la créativité architecturale car elle peut contribuer à accélérer l'adhésion des professionnels comme du grand public au réemploi.

Le bâtiment Chaufferie



Rendre le réemploi manifeste

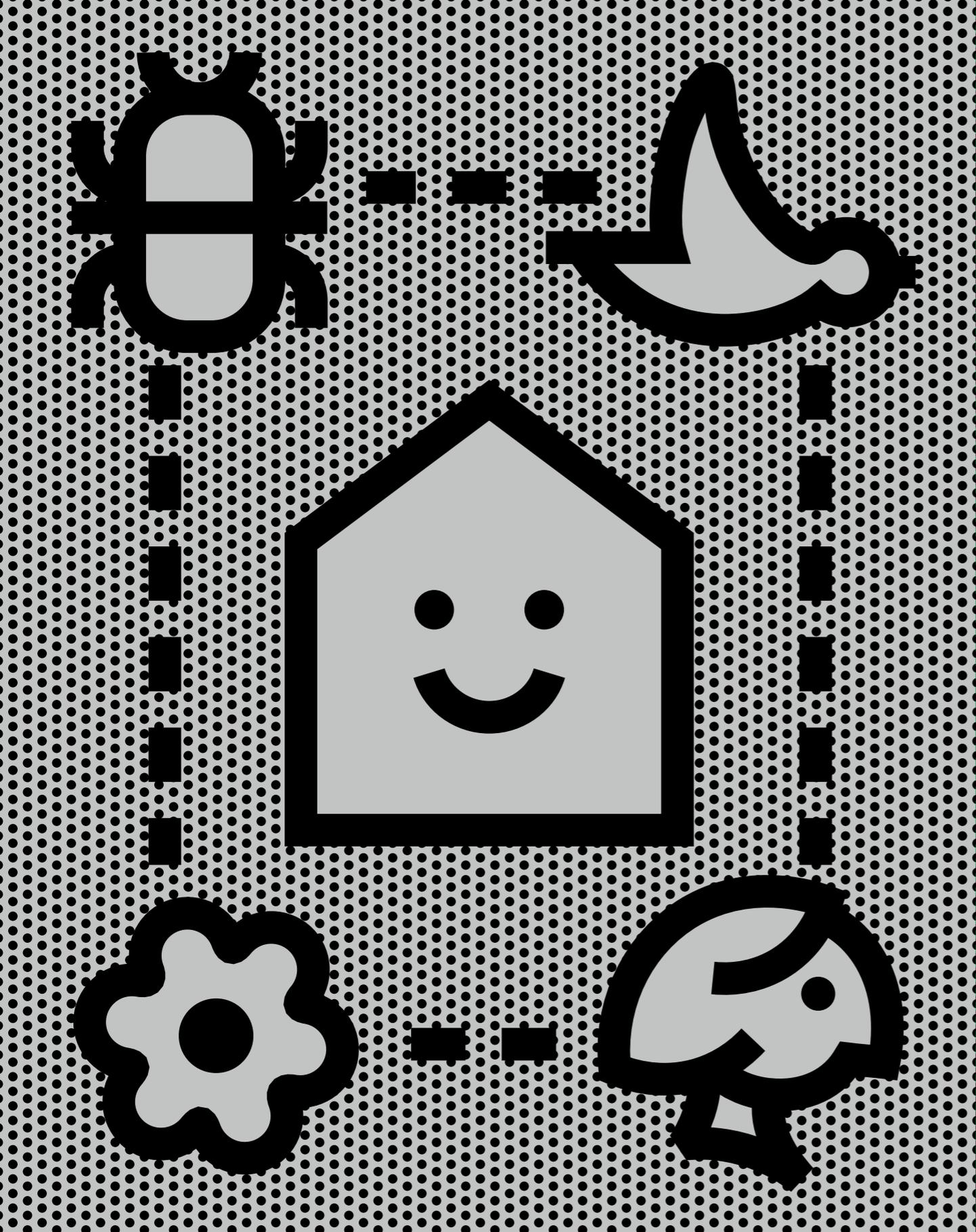
Nacho Hervias
Agence Bourbouze Graindorge,
architecte chef de projet du lot
Chaufferie pour Paris Habitat

« Nous voulions que le projet architectural profite du réemploi, que ce ne soit pas juste une case à cocher dans un tableau. Pour le rendre lisible, manifeste, nous avons commencé par

“sacraliser” certaines parties du projet :

- Briques en façade sur environ 600 m²
- Briques sur chant pour le sol des coursives et passerelles extérieures
- Parquet et carrelage dans les parties communes
- Parquet en bois massif dans les commerces

• Mobilier sur mesure en bois conçu avec les futurs locataires de Paris Habitat Ces éléments manifestes nous ont amenés à 50% des objectifs quantitatifs. Nous avons ensuite eu recours à des gisements plus faciles tels que les sanitaires, radiateurs, poutres métalliques, luminaires, matériaux d'aménagements extérieurs.»



Biodiversité, l'autre transition

Au-delà de la végétalisation, la biodiversité est une préoccupation relativement récente de l'aménageur. Nous commençons à mesurer les enjeux de ce nouveau défi. Comparable au défi climatique par son ampleur, il implique à son tour de profonds changements de posture, des connaissances élargies et de nouveaux outils, tant pour l'aménageur que pour l'ensemble de ses partenaires. Il nous semble utile de partager nos réflexions, même si nous avons aujourd'hui peut-être un peu plus de questions que de réponses.

Gare des Mines-Fillettes

Comment créer de la biodiversité grâce au projet urbain

Sur un site cerné et traversé de grandes infrastructures, pas précisément un havre de nature, le projet urbain déploie une généreuse armature paysagère, connectée à une trame plus vaste. Elle peut être le socle d'une renaturation déclinée à toutes les échelles, jusqu'aux toitures et cœurs d'îlot. Comment faire de ce potentiel une réalité durable ?

Retrouvez l'interview de Michel Desvigne et Marine Linglart sur www.paris-metropole-amenagement.fr

Faire de la biodiversité une composante programmatique à part entière



Entre les portes de la Chapelle et d'Aubervilliers, la ZAC Gare des Mines Fillettes est traversée par le boulevard périphérique. Elle englobe la Cité sociale Charles Hermite, en cours de rénovation par Paris Habitat.

Intégrer correctement la biodiversité au projet urbain suppose de la considérer comme une composante programmatique à part entière. Une composante qui a la particularité d'être vivante et ne se laisse donc pas appréhender de la même manière que les équipements et les espaces publics ou les constructions. Ce simple fait peut sembler évident, mais ses répercussions sont loin d'être négligeables. Nous nous proposons d'en parler ici en prenant l'exemple du projet Gare des Mines-Fillettes, projet de « réparation » s'il en est, où il faut composer avec le déjà-là.

L'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine a pour mandataire l'agence de paysage Michel Desvigne et comporte des écologues, l'équipe d'Urban-éco. Leur coopération est précieuse pour incorporer la biodiversité au projet urbain de manière fine et experte.

Pour y parvenir, il faut se donner trois missions d'égale importance :

- En phase de conception : réserver sa place au vivant.
- Dans toute la vie du projet : défendre l'ambition de départ.
- Au-delà de la livraison : assurer sa prospérité dans le temps long.

Ces missions et les enjeux de temporalité n'ont rien de très original. Ils rappellent la vigilance que nous avons sur les volets urbains, architecturaux ou programmatiques. La démarche est pourtant sensiblement différente.

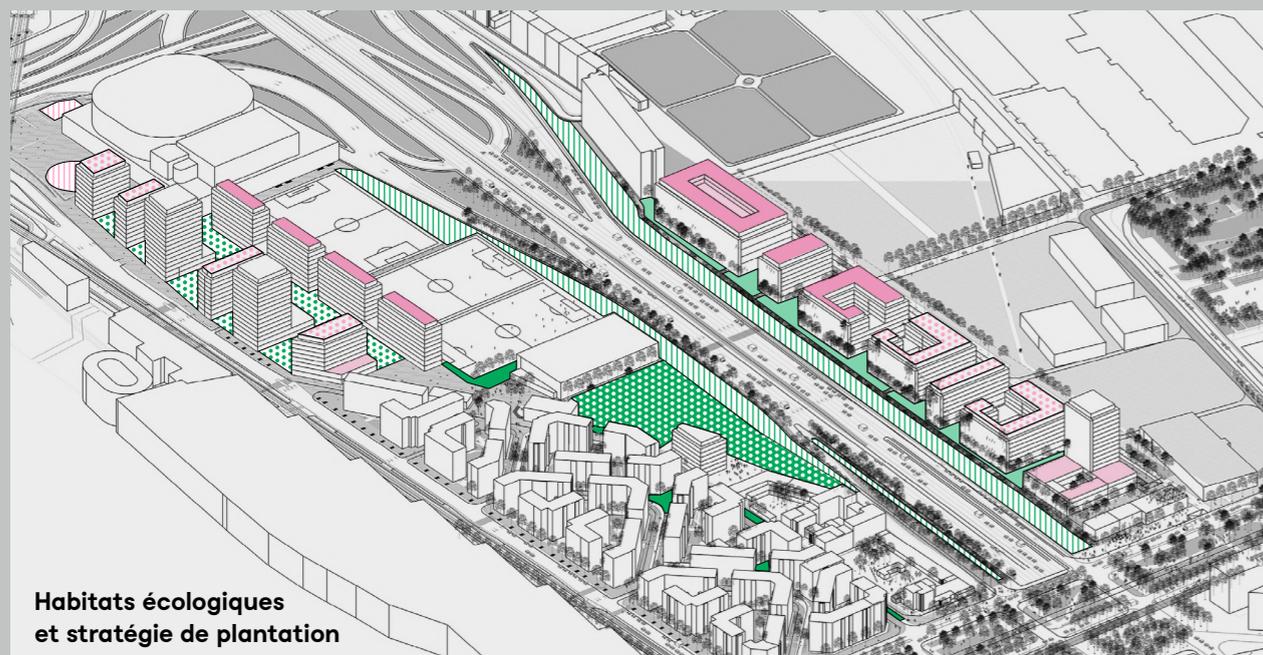
Ce qui distingue la biodiversité, c'est la fragilité, la vulnérabilité du vivant. Elle a besoin de conditions particulières, de beaucoup d'attention. Les habitats peuvent être adaptés... ou pas, les écosystèmes peuvent prospérer... ou pas. L'incorporation de la biodiversité au projet peut échouer. Pour autant, ce n'est pas de la magie ou de la chance : les compétences existent, les méthodes de gestion sont connues. Ce qui manque encore, c'est une prise de conscience générale, des collectivités aux citoyens en passant par les aménageurs, les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et le monde de la construction, de la profonde complexité du vivant.

La question fondamentale est « Où voulons-nous aller ? »

Michel Desvigne
Paysagiste

« Le paysagiste crée ce que j'appelle des situations, en jouant avec les surfaces, les pentes, l'orientation, l'eau... La présence d'écologues dans l'équipe apporte beaucoup plus de précision et permet de passer à la notion plus scientifique de milieu. »

Nous partons donc d'un diagnostic de l'existant, pas au sens de l'étude d'impact, mais comme point de départ, et la question fondamentale qui suit est « Où voulons-nous aller ? » La maîtrise d'ouvrage a un rôle clé à jouer dans la réponse à cette question. »



Habitats écologiques et stratégie de plantation

	Pelouse d'usage, fruticée arbustive et arborée		Prairie mésophile coplantée (arbustes et petits arbres)		Lande sèche à Chêne pubescent et Genêt
	Pelouse sèche à tendance méditerranéenne		Prairie fraîche coplantée (arbres et arbustes)		Bois de Pins, Chênes pubescens et Chênes verts
	Square (Acénaie et Platanes en conversion)		Chênaie charmaie		Ormaie

Démarche méthodologique

L'ingénierie écologique mobilise et articule de nombreuses compétences (écologues, hydrologues, paysagistes, urbanistes, voire BET énergie-climat). La nature systémique du sujet implique un dialogue et des itérations permanentes, et ne laisse aucune des composantes du projet urbain de côté.

A Diagnostic de l'état initial de la biodiversité et de l'état sanitaire des arbres.

B Traduction dans le plan guide des espaces à préserver, améliorer, renaturer. Les intentions tiennent compte des usages projetés, des contraintes de réseaux, de la gestion des eaux pluviales, des essences spécifiques à intégrer pour (re)créer des milieux et accueillir la faune.

C Élaboration du cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères, environnementales et techniques (CPAUPET) et des fiches de lot. Ces documents déclinent la stratégie élaborée à l'échelle

du quartier en s'appuyant sur les prescriptions de la Ville de Paris – pleine terre minimale, carnets de plantations cohérents avec milieux visés, objectifs de végétalisation des toitures. Ils intègrent également les enjeux de gestion.

D Études et livrables à fournir par les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage à chaque étape de projet (avant-projet, PC, projet...)

E Pour les lots bâtis (toitures, cœurs d'îlot) : obligations de moyens pour le suivi et l'entretien après la livraison.

La prise en compte, relativement récente, de la biodiversité vient-elle questionner profondément la manière de penser le paysage et l'aménagement urbain ?

Marine Linglard
Écologue (Urban Éco)

« Cette préoccupation n'est pas nouvelle, mais elle a longtemps été pensée comme une injonction de protection ou de compensation, y compris loin du site. Ce qui change, depuis une dizaine d'années, c'est qu'on considère la biodiversité comme un élément programmatique, auquel il faut faire une place dans le projet, tant par le sol que la végétation ou la faune.

Cela nous amène, nous écologues, à co-construire le projet avec les paysagistes.

Nous les aidons notamment à prendre en compte la réalité écologique du terrain. À partir de l'inventaire initial, le travail consiste à programmer la biodiversité, celle que l'on souhaite obtenir, comme quelque chose de plus que la situation initiale. Le site s'inscrit dans une trame d'espaces végétalisés : boisés, herbacés, humides, aquatiques, etc. qui le dépasse, dans laquelle il remplit déjà ou pourra remplir certaines fonctions pour les espèces vivantes sur le territoire.

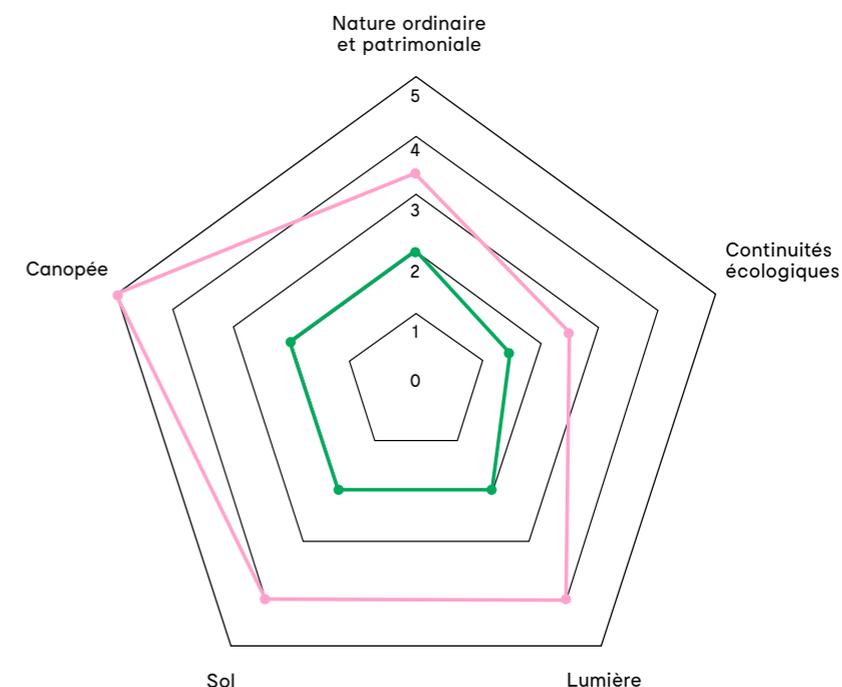
Si l'on a beaucoup de place, on va chercher à créer un réservoir ou un noyau de biodiversité ; sinon, on va s'attacher à organiser une continuité de micro-habitats.

La forme et la taille de l'espace disponible déterminent les populations animales qui peuvent y nicher et s'y reproduire, à condition que les milieux auxquels elles sont inféodées soient présents. Par exemple, nous allons planter certaines essences d'arbres en vue de la création d'un paysage correspondant à la forme – linéaire ou non – de l'espace et aux espèces que nous pensons pouvoir ainsi attirer. »

Programmer la biodiversité que l'on souhaite obtenir comme quelque chose de plus que la situation initiale

Valeur biodiversité :

- État initial
- AVP



Ce graphique illustre la méthodologie et ne prétend pas refléter précisément le projet.

Réserver sa place au vivant

Au stade de la conception, l'aménageur dispose de plusieurs outils pour réserver sa place au vivant dans le projet : les prescriptions très détaillées du PLU bioclimatique de Paris – dont l'obligation de maintenir 50 % des surfaces ouvertes dans ce secteur – les diagnostics écologiques et de patrimoine arboré confiés à l'écologue au sein de la maîtrise d'œuvre urbaine, et enfin le CPAUPET et les fiches de lot.

La complexité biologique du sujet explique la finesse des préconisations : la capacité des espaces à accueillir un bon niveau de biodiversité se définit au moyen de nombreux indicateurs physico-chimiques, spatiaux, faunistiques ou floristiques. D'une certaine manière, cette précision évoque la programmation commerciale et ses multiples facteurs de commercialité, sans lesquels le commerce ne peut pas fonctionner. À ce détail près que, dans le cas du commerce, les surfaces concernées ont une valeur marchande, tandis que dans celui de la biodiversité elles sont génératrices de coûts sans contrepartie financière directe.

Ainsi, sans l'obligation réglementaire, la volonté politique ou l'impulsion d'acteurs clés de l'aménagement de laisser sa place à la biodiversité, cette composante programmatique aurait peu de chance de s'imposer en tant que telle. Or, en particulier, la taille et la forme des surfaces allouées au vivant sont des facteurs clés.

Elles doivent être suffisamment étendues pour permettre la constitution d'écosystèmes robustes et leur forme, linéaire ou compacte, détermine leur fonction écologique, de continuité ou de réservoir. La « générosité paysagère » n'est cependant qu'une condition nécessaire, mais non suffisante. Elle doit s'enrichir d'une approche scientifique supplémentaire précisant les essences à privilégier, les affinités électives entre végétaux (phytosociologie), les continuités à ménager, etc.

Un sujet complexe : les sols

En l'état, les sols de la ZAC ne sont pas aptes à accueillir la végétation et la biodiversité voulues. Or il est souhaitable, le plus possible, de recycler les sols sur place plutôt que d'évacuer les déblais de terrassement et faire venir des terres végétales provenant du décapage de terrains agricoles plus ou moins éloignés. D'une part pour des raisons économiques, car l'évacuation des terres coûte cher, d'autre part pour des questions environnementales puisqu'il serait incohérent de défendre ici la biodiversité en la sacrifiant là-bas. En outre le bilan carbone du déplacement de terres est extrêmement élevé. Le recyclage des sols (ou production de technosols) doit être bien anticipé et organisé. P&Ma va lancer une étude pour examiner la question des sols (recyclage ou import/export) sous ces différents aspects.

➊ L'emplacement (visibilité, accès), le « milieu » (chalandise, concurrence), le mix programmatique et ses affinités, la fonctionnalité des locaux sont essentiels pour que le commerce « prenne » ou pas. Or il est rare que tous les voyants soient au vert. En outre il faut du temps pour constituer une clientèle. Sauf milieu très favorable, la prospérité n'est jamais garantie.

Production de technosols in situ

Les enjeux

La production de technosols in situ répondrait – le projet reste à valider – à plusieurs enjeux :

- Réduire les impacts économique et carbone des mouvements de terre sur le bilan de la ZAC.
- Sécuriser une possible évolution des normes de gestion des espaces verts à Paris : l'emploi de technosols n'est aujourd'hui pas du tout favorisé.

- Plus généralement, contribuer au développement d'une alternative à l'apport de terre végétale dont la demande explose.

La méthode

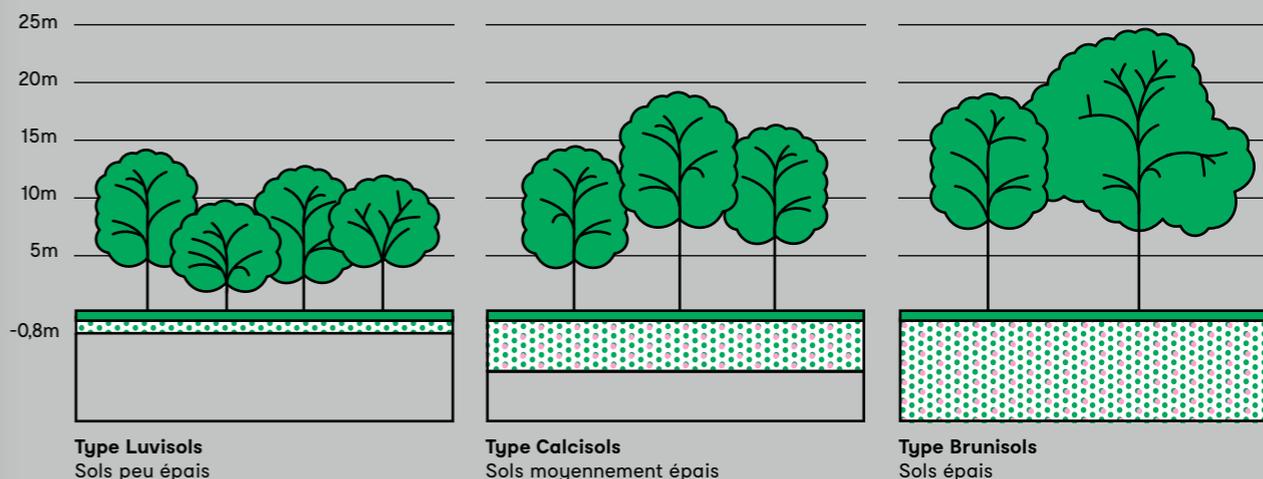
À partir des remblais extraits des espaces ouverts sur des épaisseurs de moins de 1m :

- ➋ Analyse agro-pédologique par prélèvements. Analyse des polluants (métaux lourds,

hydrocarbures, HCT, COV...)

- ➌ Trajectoire d'amendement pour créer des technosols (6 à 12 mois)
- ➍ Composition de mélanges dans les volumes et surfaces souhaités avec deux solutions envisageables :
 - En andains, tas de forme allongée de 100m de long
 - Dans les sols en place sur 50 cm d'épaisseur avec apport de compost.

Nature et épaisseur des sols suivant les lieux et habitats proposés



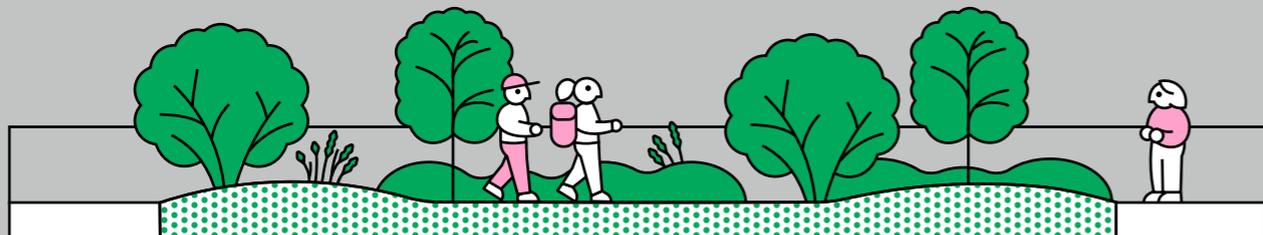
Lieu	Habitat proposé	Sols à reconstituer	Profondeur de sol
Abords du périphérique	Ormaie	Sol de remblai peu humifère	Calcisol : > 80cm, avec un horizon humifère marqué
Espaces publics Espaces privés des lots	Chênaie Charmaie	Sol rapporté	Calcisol : > 80cm, avec un horizon humifère marqué
Espaces publics Espaces privés des lots	Lande à chêne pubescent et à Genêt	Sol rapporté	Luvisol, épaisseur au moins de 60cm sur argile décarbonatée, sans horizon caractérisé
Espaces publics – espace de gestion des eaux pluviales et espaces en creux	Prairie fraîche co-plantée	Sol rapporté	Brunisol : > 80cm, avec un horizon humifère marqué

Typologie des terrasses et principes de végétalisation

Les surfaces de toiture des îlots représentent environ 15 600 m² (hors Cité Charles Hermite). Afin de permettre le développement de milieux écologiquement riches, les principes de plantation

des terrasses – épaisseur de substrat et type de végétation – dépendent de leur accessibilité ou non, mais aussi de la faune susceptible d'être présente à l'altitude considérée.

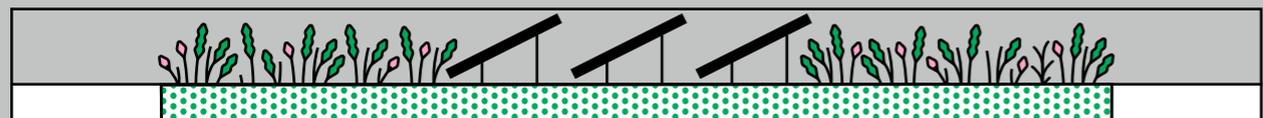
Type de terrasse	Altitude	Épaisseur du substrat	Type de végétation	
Les socles accessibles	Terrasses suspendues Jardins d'usage Atrium	R+1 à R+5	> 1m	Pelouse d'usage avec vivaces, arbustes et arbres
Les toitures terrasses accessibles	Jardins collectifs Toitures capables Toitures végétalisées	R+7 à R+9	0,50 à 0,80m	Prairie mésophile floricole complantées avec arbustes et arbres de petit développement
Les toitures et terrasses biosolaires non accessibles		R+7 à R+10	0,25 à 0,50m	Pelouse sèche à tendance méditerranéenne extensive avec bulbes et sédums



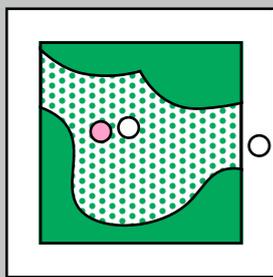
A Toitures végétalisées accessibles



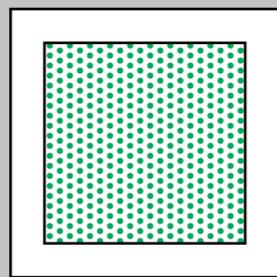
B Toitures végétalisées non accessibles



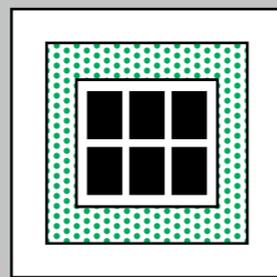
C Toitures végétalisées biosolaires



A



B



C

Défendre l'ambition de départ

Même quand une place importante est accordée à la biodiversité dans la conception du projet, la réalisation est un parcours d'obstacles car les besoins du vivant et ceux de la ville peuvent être quasiment antagonistes.

- Le cas de plus connu est le conflit d'usage, quand un même espace cumule les fonctions d'accueil de la biodiversité (fragile) et d'espace ouvert au public, ce qui, sauf cas particulier de sanctuarisation, est généralement le cas. La maîtrise d'œuvre en tient évidemment compte en adaptant la trame paysagère aux fonctions de l'espace, mais il est clair que c'est un facteur limitant. Les milieux ouverts (prairie haute ou friche arbustive), par exemple, sont extrêmement utiles à la biodiversité mais celle-ci est difficile à protéger en raison des contraintes d'usage.

- Autre frein, lié au précédent, l'enjeu de sécurité : la végétation ne devrait jamais faire écran à des pratiques qualifiées de « mésusages » de l'espace public (drogue, prostitution) ou générer de l'insécurité en limitant la visibilité. Or la biodiversité a besoin d'espaces végétalisés en plusieurs strates (sols, buissons, arbres) complémentaires dans leurs fonctions écologiques, ce qui constitue là aussi un antagonisme sur lequel il faut travailler (en fermant certains espaces au public au moins à certaines heures par exemple).

- Un troisième frein est culturel. Même si la représentation du « parc » ou de « l'espace vert » a beaucoup évolué au cours des deux dernières décennies, vers des formes beaucoup moins jardinées et une esthétique plus « naturelle » et libre, Peut-on livrer des espaces végétalisés qui ne prendront leur forme définitive qu'au bout de 10 à 15 ans, une fois que les fonctions écosystémiques se seront suffisamment installées pour permettre le développement de la végétation et l'accueil de la faune ? Le voudrait-on que ces espaces ne seraient vraisemblablement pas respectés, conduisant à un échec. Il faut donc prévoir des étapes intermédiaires qui soient écologiquement pertinentes et qui soient acceptables pour les usagers du point de vue esthétique. Il faut aussi apprendre à communiquer sur cette biodiversité en gestation afin d'acculturer le public à cette notion.

De l'importance de l'esthétique et de la communication

Michel Desvigne
Paysagiste

« Ces questions esthétiques, ces modèles, cette culture sont essentiels à la communication dont nous avons vu combien elle

est importante si nous voulons que les gens comprennent ce que nous faisons. De nouveaux modèles de parc se sont imposés aujourd'hui, on le doit à nous tous, à Gilles Clément qui a beaucoup contribué à ce changement de regard. La communication aujourd'hui

doit parler de biodiversité sans négliger l'esthétique. Une broussaille quelconque avec un panneau devant ne devient pas pour autant belle. C'est un travers dans lequel nous paysagistes ne voulons pas tomber, il nous appartient de maîtriser nos espaces. »

Assurer la prospérité du vivant dans le temps long

Le développement de milieux résilients prend du temps, jusqu'à une quinzaine d'années. Le vivant reste vulnérable durant ce processus, il a besoin de soins attentifs. Le changement climatique ajoute de l'aléa, même si les choix d'essences tiennent compte du climat futur.

On retrouve ici un motif récurrent : l'aménageur est responsable de son action jusqu'à la livraison et cède ensuite cette responsabilité à d'autres. C'est donc à la Ville et aux propriétaires immobiliers qu'il reviendra de prodiguer ces soins, dans une gestion qui tienne suffisamment compte des besoins de la biodiversité, et pas seulement de ceux des usagers humains de l'espace.

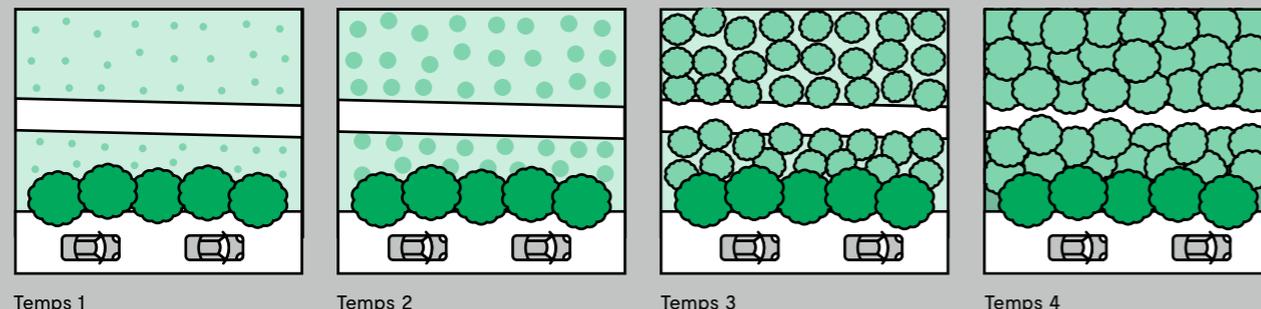
S'agissant des espaces publics, l'anticipation des modalités d'exploitation et d'entretien peut commencer au moment de la validation du projet, en associant les services concernés. Il est bien clair toutefois que ces derniers ne sont pas encore totalement prêts à endosser ce rôle. Nous aussi, aménageurs, sommes assez peu instruits en matière de biodiversité : c'est une véritable culture professionnelle qui doit encore se propager, des écologues et paysagistes vers les collectivités, les aménageurs, les opérateurs immobiliers et les syndicats de copropriété et se traduire en plans de gestion appropriés.

Le corridor boisé sur les deux rives du boulevard Périphérique

La création / densification du corridor boisé s'inscrit dans une stratégie paysagère et bioclimatique à l'échelle du boulevard Périphérique, dont l'avenir est d'être apaisé

et largement planté à moyen et long terme. D'où le projet de planter les talus, en conservant les arbres existants, puis de les gérer de manière forestière : des plantations très denses quasiment livrées à elles-mêmes (pas d'irrigation) de sorte que les parcelles vont se

dé-densifier naturellement, ou avec l'aide d'un gestionnaire qui sélectionnera les sujets à conserver, et les arbres s'étager pour former un milieu forestier viable. Les parcelles seraient d'abord encloses pour protéger le boisement et aussi éviter les mésusages.



Densification progressive du corridor boisé en rive sud

■ Maintien des arbres en place
■ Plantation de jeunes arbres et arbustes

Quels outils ?

10 Le commissionnement en efficacité énergétique est un processus de qualité qui vise à s'assurer que les systèmes et équipements d'un ou plusieurs bâtiments fonctionnent comme prévu et répondent aux besoins opérationnels définis. Nous l'avons imposé aux lots bâtis du projet urbain Clichy-Batignolles sur plusieurs années après la livraison.

11 Voir Façons de Faire #1: Maîtriser la performance énergétique d'un quartier en phase d'exploitation.

12 Voir Façons de Faire #4: Quand l'urbanisme transitoire a préparé le terrain.

La problématique du temps long et du partage des responsabilités invite à réfléchir en termes de garanties. Aujourd'hui, les entreprises qui fournissent des végétaux ne sont pas toujours assez impliquées dans la durabilité de leurs produits, d'autant que la forte croissance de la demande met le système de production en tension et dégrade la qualité. Malheureusement, il ne semble pas envisageable d'appliquer à la plantation de végétaux un système de type garantie décennale, les responsabilités respectives du fournisseur, du planteur et de tout autre facteur extérieur tel que les conditions météorologiques étant impossibles à démêler.

Il sera pourtant nécessaire de mettre en place un outillage réglementaire et contractuel adapté aux enjeux. Voici, sans aucune prétention d'exhaustivité, les pistes que nous explorons.

Commissionnement

Pour les îlots privés (terrasses et cœurs d'îlot), nous travaillons sur un cahier des charges visant une gestion différenciée des milieux assortie d'une mission de type « commissionnement » 10, sur le modèle du commissionnement énergétique. Des relevés écologiques seront demandés, un an, deux ans puis cinq ans après la livraison des espaces verts privés, qui pourront donner lieu à des mesures correctives de gestion.

Servitude

Une autre piste encore exploratoire, serait d'inscrire les obligations de gestion écologique des espaces paysagers dans les actes de vente, en prévision d'une traduction de ces obligations auprès des futurs gestionnaires, comme nous l'imposons déjà pour l'entretien des dispositifs de gestion des eaux pluviales sur Saint-Vincent-de-Paul.

Gestion de quartier

P&Ma s'emploie depuis plusieurs années à tenter de modéliser une gestion capable de prendre le relais de l'aménageur pour assurer le bon fonctionnement des quartiers nouvellement livrés. Après la performance énergétique à Clichy-Batignolles 11, la solidarité et l'animation à Saint-Vincent-de-Paul 12, la biodiversité vient ajouter une troisième justification à une telle gestion.

Collection Façons de Faire

La publication Façons de Faire revient sur certaines démarches innovantes de P&Ma afin de partager son expérience avec la communauté professionnelle de l'aménagement. Il y est question de problématiques souvent émergentes qui intéressent tous les aménageurs, confrontés aux mêmes enjeux écologiques, sociétaux, socio-économiques contemporains et à la nécessité de faire évoluer leur métier.

A retrouver en ligne sur notre site internet : <https://www.paris-metropole-amenagement.fr/fr/facons-de-faire>

Façons de Faire #1

- Maîtriser la performance énergétique d'un éco-quartier en phase d'exploitation
Co-lauréate d'un programme de recherche financé par l'Union européenne, P&Ma expérimente en grandeur réelle une gouvernance énergétique à l'échelle du quartier Clichy-Batignolles. Mieux maîtriser la consommation énergétique effective des bâtiments après leur livraison.
- Occupation transitoire et projet urbain, un continuum ?: Au moment de lancer la ZAC Saint-Vincent-de-Paul, comment intégrer l'héritage des Grands Voisins, « quartier éphémère » hors normes ? Un projet intermédiaire va permettre de tester l'incorporation de plusieurs éléments dans le quartier futur.
- Et aussi: le BIM aménagement, une étude d'impact nouvelle formule, la communication en Braille.

Façons de Faire #2

- Stratégie énergétique pour un quartier post-carbone: Nouvelle opération confiée à P&Ma, la ZAC Saint-Vincent-de-Paul doit devenir un quartier zéro carbone (en exploitation). Différentes stratégies énergétiques sont étudiées. Le rôle des usages apparaît central.
- Habiter autrement, nouvel enjeu des opérations d'aménagement: Pour la consultation d'opérateurs du secteur Paul Meurice (4000 m² en accession), P&Ma a formulé de nouvelles demandes visant le confort d'usage des logements : maîtrise d'usage, co-conception avec les futurs habitants, hauteur sous-plafond, orientation et lumière naturelle, espaces partagés, optimisation des charges et de la consommation énergétique.
- Équipement public doublement mutualisé: Une crèche, un groupe scolaire et un

gymnase prendront place dans l'ancienne maternité Pinard et ce « super équipement » sera ouvert hors temps scolaire aux habitants du quartier. Un projet atypique requérant une programmation fine, co-construite avec les services municipaux concernés.

Façons de Faire #3

- Performance énergétique: À Clichy-Batignolles, les consommations mesurées après la livraison confirment le rôle central des usages des équipements énergétiques, notamment le réglage et l'entretien maintenance. Plusieurs solutions sont envisagées telles que le commissionnement (pour de futurs quartiers) et l'instauration d'un facilitateur énergétique de quartier.
- Économie circulaire: À Saint-Vincent-de-Paul, P&Ma a fixé des objectifs de réemploi aux entreprises de démolition et aux constructeurs, et mis en place des instruments de suivi. Le futur quartier doit également expérimenter la collecte sélective des urines : elle allège les réseaux d'assainissement et permet la production d'un engrais naturel.
- Ville durable, AMO et recherche: Pour concevoir de nouveaux services et faire évoluer son métier d'aménageur, P&Ma s'entoure d'experts reconnus, et s'engage dans plusieurs programmes de recherche appliquée en urbanisme opérationnel.

Façons de Faire #4

- Les socles, pierre angulaire du projet urbain: À Saint-Vincent-de-Paul, où l'occupation transitoire des Grands Voisins a préparé le terrain, P&Ma veut capitaliser sur cette expérience dans des socles « actifs » solidaires et, plus largement, créer les conditions d'une future gestion de quartier. Ce dossier présente également les solutions apportées à Chapelle Charbon pour articuler animation et mixité des rez-de-chaussée.
- Projet urbain et climat : recherche appliquée: Une étude d'un nouveau genre fait l'inventaire des matériaux biosourcés utilisables dans la construction et simule différents modes constructifs bas carbone appliqués au projet Chapelle Charbon. Plusieurs scénarios sont comparés en matière de performances bas carbone et de coût. Le projet sert aussi de support à un programme de recherche sur les relations entre projet urbain et ressenti climatique.
- Logistique de chantier mutualisée à Saint-Vincent-de-Paul: Un dispositif visant à réduire les flux de camions a été pensé très en amont. Enjeux : faciliter et sécuriser la circulation, réduire les nuisances et diminuer les coûts de construction.

Façons de Faire #5

Une publication de :
Paris & Métropole Aménagement

Directrice de la publication :
Sylvie Borst

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

Conception graphique et illustrations :
Designers Unit, Paris
(Emmanuel Labard + Lucie Pindat +
Raphaëlle Bonneau + Laura Gaydon)

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

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

P&Ma | Paris & Métropole
aménagement

Paris & Métropole Aménagement

Paris & Métropole Aménagement (P&Ma) est une société publique locale (SPL) de la Ville de Paris et de la Métropole du Grand Paris, pour lesquelles elle intervient en tant que :

- Concessionnaire d'opérations d'aménagement
- Maître d'ouvrage délégué d'équipements ou espaces publics
- Assistant à maîtrise d'ouvrage (études amont ou opérationnelles).

Après l'éco-quartier Clichy-Batignolles à Paris 17^e, P&Ma s'est vu concéder d'autres opérations d'aménagement dont certaines sont en cours de réalisation comme Saint-Vincent-de-Paul (14^e), Chapelle Charbon (18^e), Gare des Mines-Fillettes (18^e). Tous ces projets sont fondés sur une vision prospective de l'urbanisme et portent une grande attention aux usages. P&Ma a ainsi développé une forte capacité d'innovation, dans les domaines écologique et technique mais aussi économique, juridique, méthodologique (participation citoyenne, ateliers-projets...).

S'appuyant sur une équipe multidisciplinaire resserrée, P&Ma pilote ses projets en interne, tout en mobilisant experts et partenaires dans tous les métiers de l'aménagement et de la construction. Elle développe ainsi une ingénierie complète pour couvrir toutes les dimensions des projets, et ce des premières études à la livraison.