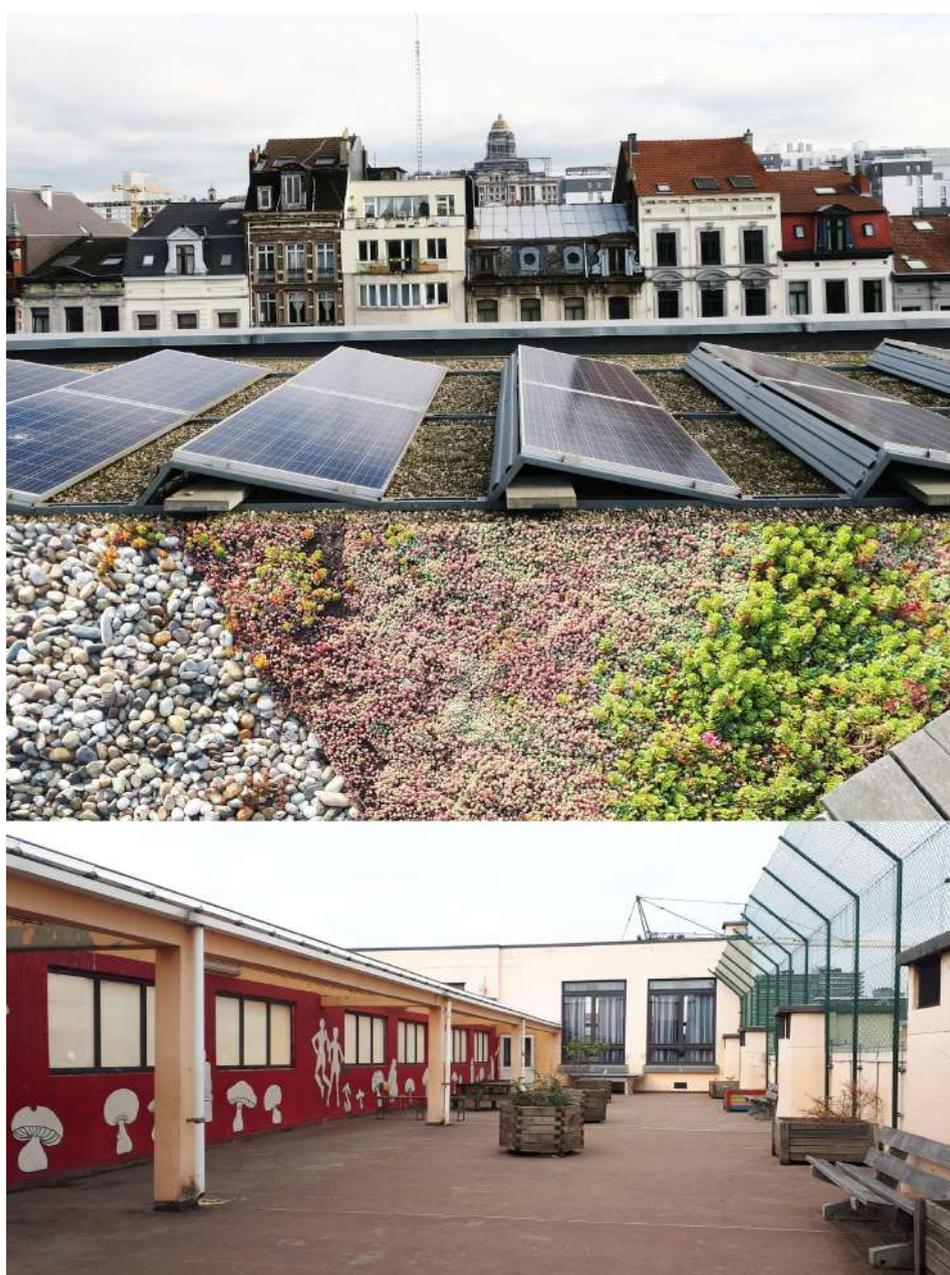


DES TOITS VIVANTS

ETUDE DE VALORISATION DES TOITURES pour la Ville de Bruxelles

Rapport final

Mars 2021



COLOPHON

Maître d'ouvrage

Ville de Bruxelles
Cellule Energie

Auteur de projet

Association momentanée

**ERU scri-fs -
Coopérative d'Etudes et de Recherche urbaines**
www.eru-urbanisme.be

AAC architecture s.a.
www.aac.brussels

Biolandscape
<http://biolandscape.eu/>

Réalisation

Catherine De Zuttere (ERU)
Lise Lopez (ERU)
Marc Vande Perre (AAC)
Andrea Lusquinos (AAC)
Grégory Mahy (Biolandscape)
Sylvain Boisson (Biolandscape)

Cartographie et crédits photographiques

© ERU - AAC sauf indication

Mars 2021

Nous tenons à remercier les Départements de la Ville et de Bruxelles Environnement pour le suivi de l'étude et leurs contributions dans les matières environnementales et planologiques. Ainsi que les responsables des complexes visités, gestionnaires techniques, concierges, qui nous ont permis l'accès aux toits et apporté de nombreuses informations.

SOMMAIRE

Introduction.....p5

Cadre & objectifs de la mission

1/ Étude du parc immobilier et sélection selon trois degrés d'analyse.....p6

1.1 Premier degré d'analyse : toitures et enjeux environnementaux

1.2 Deuxième degré d'analyse : enjeux urbains et sociaux

1.3 Troisième degré d'analyse : caractéristiques des complexes

1.4 Localisation des sites visités

2/ Aménagements potentiels en toitures.....p19

2.1 Analyse et recommandations

2.2 Outil fiche "Cas de figure"

2.3 Grille d'analyse et priorisation

3/ Outil d'aide à la décision.....p23

3.1 Tableau décisionnel : quel(s) aménagement(s) privilégier en toiture ?

3.2 Outils décisionnels spécifiques à la végétalisation

4/ Synthèse & Apprentissages.....p30

4.1 Les toits végétalisés

4.2 Les toits accessibles

4.3 Les toits et le cycle de l'eau

4.4 Les toits blanchis

4.5 Les toits surélevés

4.6 L'expérimental en toiture

Conclusion.....p41

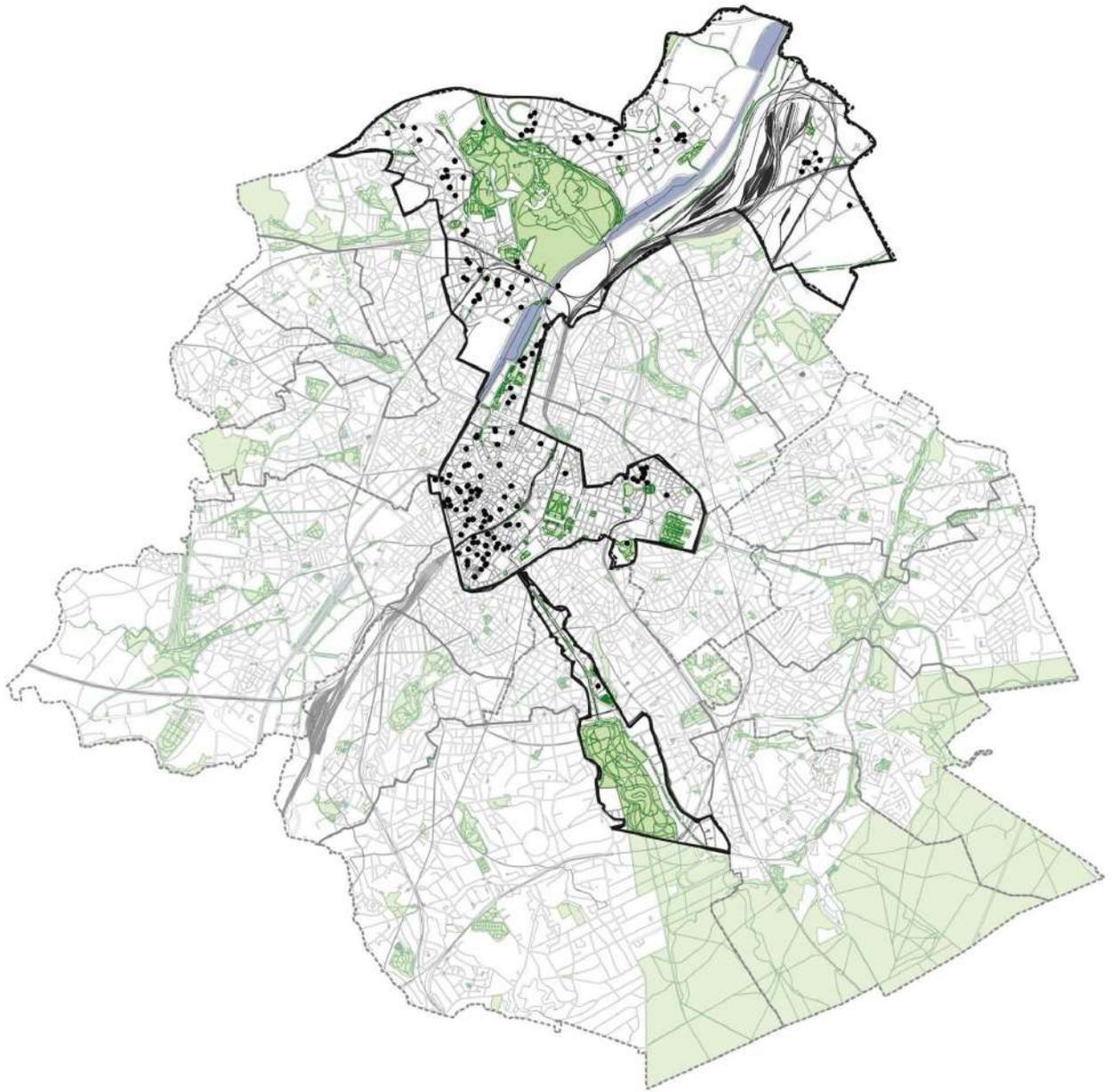
Annexes

Annexe 1 : Base de données 1 & 2 (tableaux .xlsx et .ods) + schémas méthodologiques (pdf)

Annexe 2: Cas de figures (20 fiches .pdf)

Annexe 3 : Grille d'analyse et de priorisation (tableau .xlsx et .ods)

Annexe 4 : Tableau décisionnel (tableau .xlsx et .ods) + extrait (pdf)



**Cartographie de la localisation des 150 sites
du parc immobilier de la Ville**

© ERU & AAC

Introduction

Cadre et objectif de la mission

Le point départ de l'étude est l'observation d'un nombre conséquent de surfaces inexploitées en toitures, qualifiées aussi de '*cinquième façade*' au vu de leurs rôles autant pratiques qu'esthétiques, paysagers. Ce constat a mené à la rédaction d'une fiche-action, '*Des toits vivants*' que la Ville de Bruxelles a intégrée dans le volet d'urbanisation durable de son Plan Climat. Le Plan, adopté en 2018, a été élaboré dans le cadre du Bilan Carbone sur la réduction des gaz à effets de serre (GES).

La Ville s'est fixé comme objectifs de porter la part des énergies renouvelables à 27% et d'améliorer l'efficacité énergétique d'au moins 27% à l'horizon 2030. Traduit en panneaux photovoltaïques, ces objectifs équivalent à un total de 42.500 m² de panneaux à placer sur ses bâtiments publics. Dans ce programme ambitieux, à l'heure actuelle, la Ville a déjà installé 12.000 m² de panneaux photovoltaïques sur une vingtaine de toitures. Entre 2014-2020, elle a aussi réalisé des travaux d'isolation totale ou partielle sur 70 000 m² de toitures plates.

C'est dans ce contexte particulier que la Ville a initié la présente étude, confiée à la Cellule énergie et destinée à répondre à la question: comment valoriser le potentiel que présentent les toitures (plates), en termes de renforcement de leur rôle dans la lutte contre le changement climatique, mais aussi en termes d'utilisation?

L'étude a été confiée à l'association momentanée des bureaux d'études ERU-Urbanisme et AAC architecture, qui se sont associés l'expertise ponctuelle de Biolandscape pour les questions spécifiques à la biodiversité et au paysage.

L'étude prend en considération deux enjeux qui ont été portés au-devant de la scène parmi les préoccupations qui ont traversé 2020 marquée par la pandémie mondiale : l'adaptation de la ville face aux changements climatiques et la qualité du cadre de vie dans un contexte urbain dense où les surfaces au sol se font rares et où la nature en ville est une demande grandissante.

Les toitures, souvent oubliées car inaccessibles ou invisibles, peuvent pourtant devenir des ressources importantes pour valoriser les flux d'énergie, la gestion de l'eau, la végétalisation et la biodiversité, mais aussi retrouver des espaces de détente, de fraîcheur et apaisés avec une meilleure relation entre le bâti, l'environnement et les habitants d'un immeuble ou d'un quartier. Au-delà de la simple performance du bâtiment, une analyse fine sur les potentiels d'usages des toitures accessibles a été menée.

Ce rapport présente la méthodologie et la synthèse des résultats prenant en compte ce champ large d'investigation. Il a comme objectif premier de fournir aux gestionnaires et décideurs de la Ville des outils d'aide à la décision, une méthodologie de sélection des toitures les plus pertinentes. Le résultat prend la forme d'une base de données objectivables (annexe 1).

Dans un second temps, une identification de potentiels d'aménagement a été réalisée dans une approche itérative combinant l'analyse au cas par cas, grâce aux observations de terrain sur 20 cas de figure visités, et leur transposition aux autres cas de figure similaires. L'analyse prend la forme de fiches cas de figure qui comprennent des recommandations contextualisées (annexe 2).

Enfin, l'élaboration d'une grille d'analyse des 20 cas de figure propose une priorisation basée sur des critères de comparaison et a permis la mise en place d'outils d'aide à la décision proposant une lecture transversale - multicritères (annexe 3 et rapport p. 19 à 30). Ces outils s'adressent aux différents services de la Ville, au-delà de la Cellule énergie, amenés à ouvrir le champ de questionnement du potentiel d'aménagements en toiture.

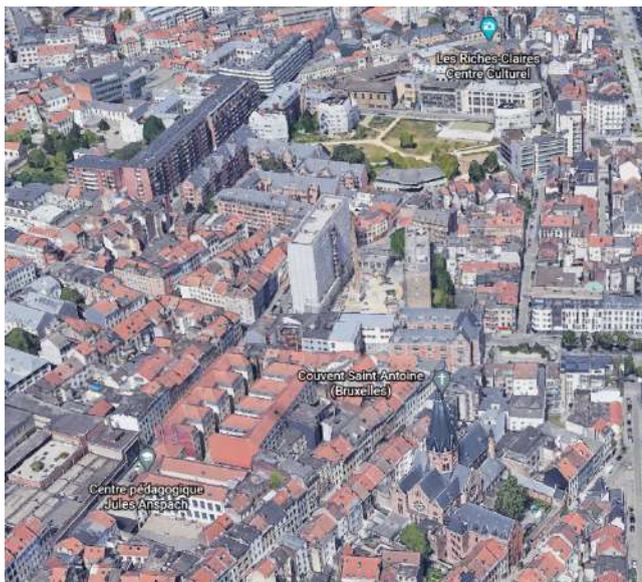
1/ Etude du parc immobilier et sélection selon trois degrés d'analyse

La première étape de la mission a consisté en un double travail:

- L'application de trois degrés d'analyse des toitures du parc immobilier de la Ville de Bruxelles, en les caractérisant et les organisant en catégories.
Corpus de base : liste de l'ensemble du parc immobilier de la ville de Bruxelles constitué de 150 complexes, transmis aux bureaux d'études par la Cellule Energie ;
- Une sélection de toitures parmi ces 150 complexes, pour lesquelles le potentiel de valorisation demande à être approfondi avec plus d'attention.

L'objectif de cette première étape est de doter la Ville d'une vue prospective large du rôle potentiel plus ou moins important des toitures dans les stratégies d'améliorations de la gestion environnementale et de cadre urbain.

Rappelons que l'enjeu de ces espaces hors sol est à prendre en considération, puisque nous avons dénombré un total de plus de 200 000 m² de toitures¹.



© Google Earth 2021

¹ égale à la superficie des potentiels solaires d'après la source carte solaire.

Le parc immobilier objet de cette étude est constitué très majoritairement de bâtiments publics appartenant à la Ville et comprend également deux complexes de la Régie foncière de la Ville (des équipements situés au rez-de-chaussée d'immeubles de logements de la Régie foncière ont été joints à l'analyse afin d'élargir le champ de la recherche). Il regroupe des équipements de service public tels que complexes scolaires, sportifs, bâtiments administratifs, centres sociaux, centres culturels.

Insistons d'emblée sur la grande diversité de ces complexes, induisant des espaces en toitures aux caractéristiques très différentes : outre les fonctions et usages des locaux, ils ont des dates de construction s'étalant sur près de deux siècles, des implantations, morphologies et gabarits depuis l'immeuble en mitoyenneté inscrit dans le trame urbaine jusqu'au complexe en ordre ouvert couvrant un îlot complet. Les toitures quant à elles sont à versants ou plates de dimensions variant de moins de 100 m² à plus de 5000 m².

A cela s'ajoutent les quartiers et contextes urbains très hétérogènes qui font la spécificité du territoire fragmenté de la Ville de Bruxelles.

1.1 Premier degré d'analyse : toitures et enjeux environnementaux

Face aux territoires soumis à la pression des crises climatiques et environnementales, ces enjeux environnementaux ont constitué nos premiers critères d'analyse et de priorisation. L'application de critères aux 150 complexes nous a permis de définir une sélection, "short-list" de 66 complexes, reprise en annexe dans la base de données n°1.

Notre analyse des toitures les plus pertinentes s'inscrit dans les objectifs environnementaux selon les 4 thématiques détaillées dans les pages suivantes :

- Energies renouvelables
- Biodiversité
- Gestion et utilisation rationnelle de l'eau
- Ilot de chaleur ou de fraîcheur.

Le schéma ci-dessous reprend le cheminement du processus de sélection avec les critères d'attribution, présents dans la base de données sous forme de listes déroulantes.

Nous avons défini des valeurs sur base des légendes de chacune des cartographies de référence (cf. ci-après), avec une variable entre 2 à 3 choix selon l'ordre de priorité à conforter pour notre sélection de la "short-list".

(cf. code couleur de dégradé d'orange du schéma ci-dessous). Le plus foncé établit le choix le plus pertinent pour la sélection des toitures à valoriser.

L'identification par la Ville des sites sur lesquels des panneaux photovoltaïques ont déjà été installés et des toitures déjà isolées complètent les informations de cette base de données n°1.

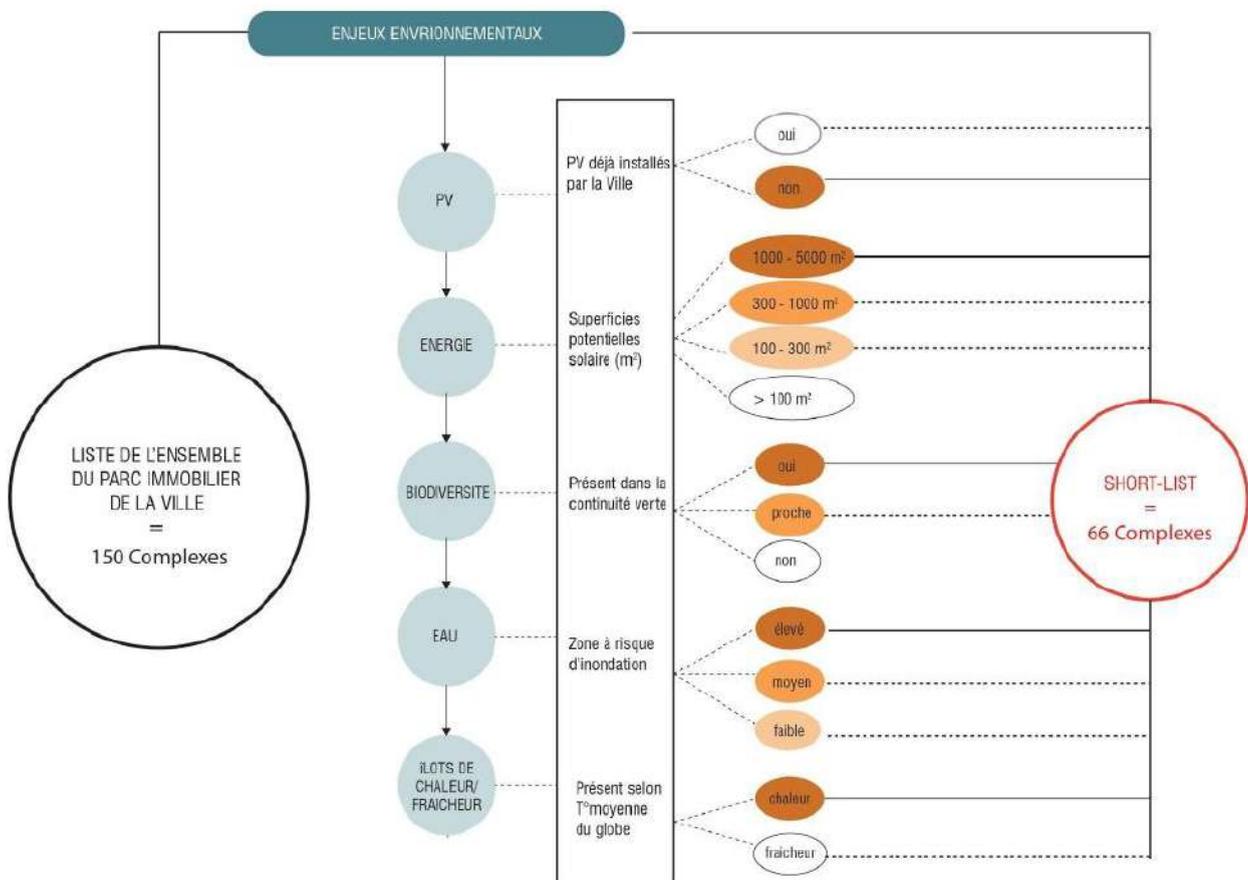


Schéma du processus de sélection 1- © ERU & AAC

4 thématiques environnementales

L'analyse environnementale a été réalisée en cohérence avec les options stratégiques et les outils associés à ces stratégies environnementales, tant communales que régionales. Nous nous sommes basés en particulier sur les études cartographiques réalisées par Bruxelles Environnement.

L'analyse prend en compte l'implantation des complexes (et de leurs toitures) dans les réseaux, leur contraintes environnementales ou au contraire leur rôle de soutien au réseau, dans une perspective écosystémique. Elle est réalisée à l'échelle territoriale large de la Région).

Les 66 sites sélectionnés dans la "short-list" sont ceux parties prenantes ou les plus proches :

- De la continuité verte du Plan Régional de Développement Durable, suivant le réseau écologique bruxellois ;
- Des zones d'aléas d'inondation, notamment la zone proche du canal (tenant compte également des bassins versants) ;
- Des quartiers les plus soumis aux effets d'îlot de chaleur, notamment le pentagone très dense.

Tous les complexes ont été géolocalisés sur QGIS (points en noir et jaune sur les cartes ci-après). Grâce à leur adresse et nous avons croisé les données de l'atlas cartographique « geodata » de Bruxelles Environnement pour chacune des thématiques.

Énergie

La carte solaire de la Région de Bruxelles-Capitale est un outil mis à disposition de tout Bruxellois en vue d'évaluer le potentiel solaire des toitures et avoir une estimation rapide des coûts et gains de l'installation de panneaux photovoltaïques, en termes environnemental (tonnes CO₂) et financier.

Cet outil carte solaire, ci-dessous, a le double avantage d'identifier le potentiel solaire, mais aussi d'avoir un calcul des superficies de toiture et leur répartition en toitures plates et inclinées.



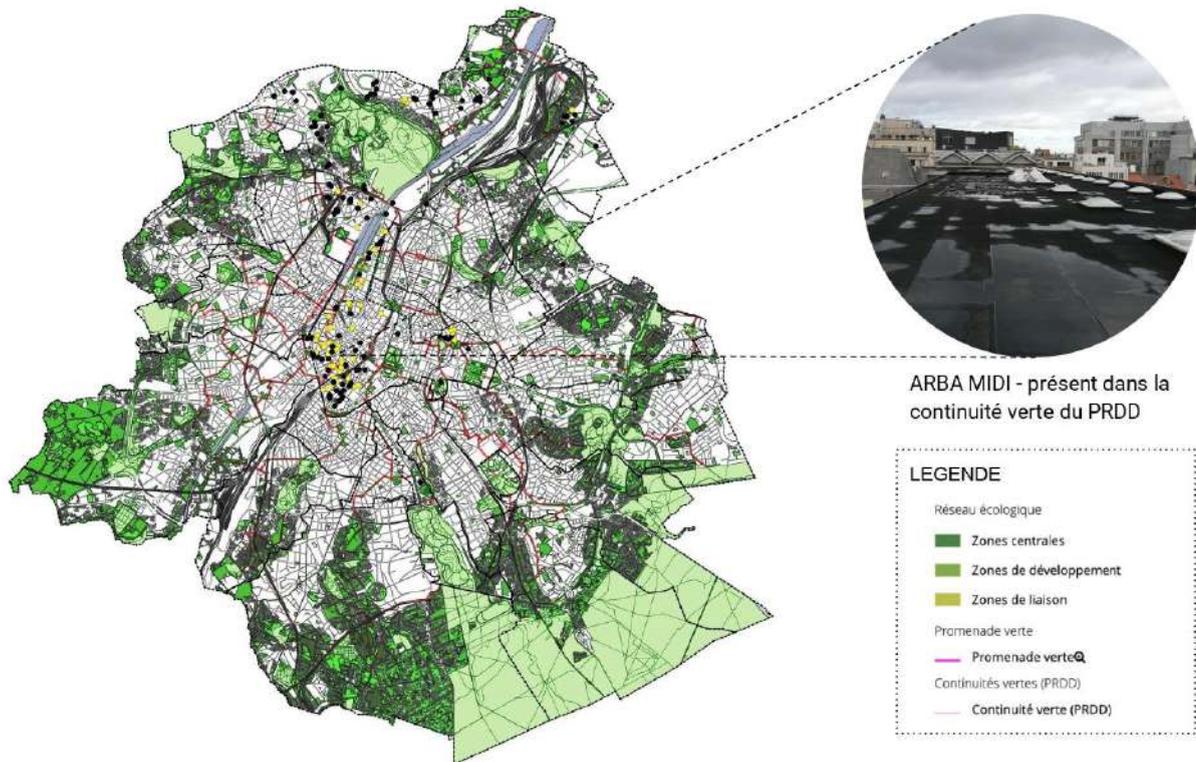
Exemple : Ecole des Arts de Bruxelles, rue Terre-Neuve 32

Extrait outil "carte solaire"

Source : Bruxelles Environnement

Biodiversité

La carte du Réseau écologique bruxellois (REB) est un outil, issu du Plan Nature régional, qui identifie les zones et éléments naturels à préserver ainsi que les (re)connexions à favoriser en vue de développer la biodiversité. Il est cependant important de ne pas négliger la capacité des espaces, et notamment ceux en toitures, en dehors de ces zones, mais néanmoins propices à (re)créer des réseaux et sous-réseaux de différents types, tout à fait intéressants pour les écosystèmes urbains.



Carte du "réseau écologique Bruxellois"

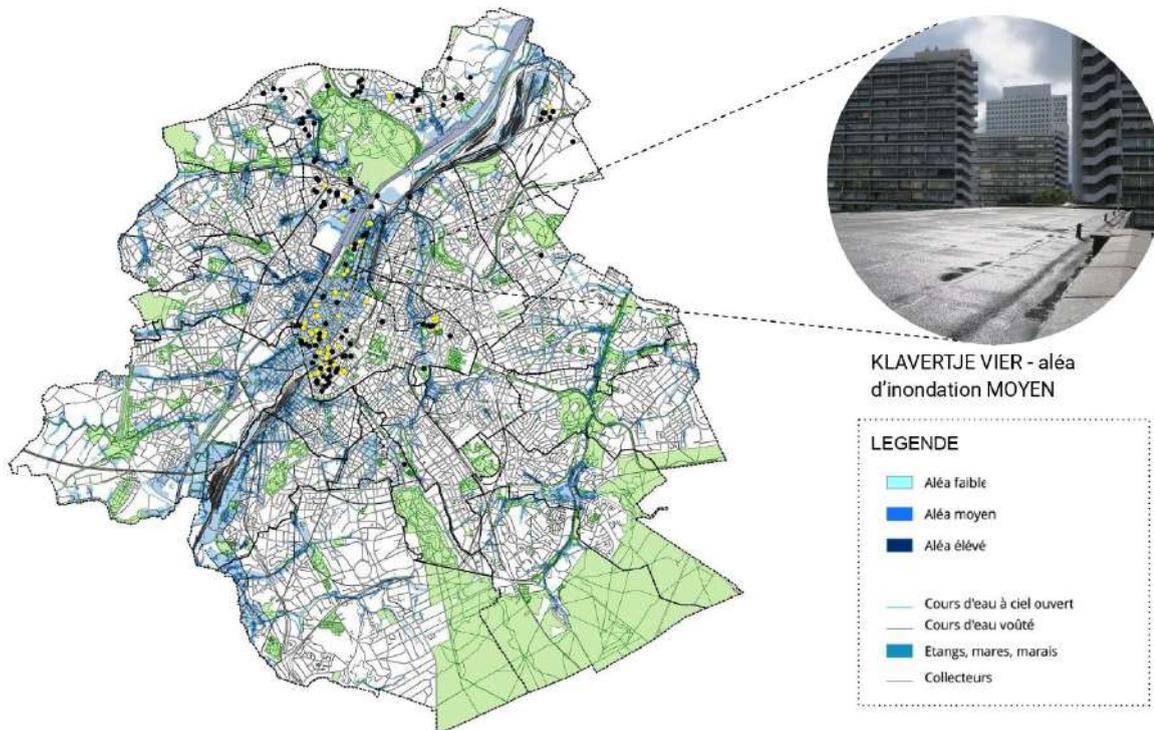
Source : Bruxelles Environnement



Toiture vers Parc de la Senne, Centre culturel Cogge - rue de l'Eclusier Cogge, 16 - Septembre 2020 © ERU & AAC

Eau

La carte des aléas d'inondation repère les zones où ce type d'aléa peut se produire, que ce soit en cas de pluies intenses et de saturation des réseaux d'égouttage, de débordement des cours d'eau.



Carte des "risques d'inondation"

Source : Bruxelles Environnement

Cependant, il faut indiquer la relativité de ce critère pour prioriser l'action en toiture, étant donné l'importance dans une logique de solidarité de bassins versants d'agir en amont pour réduire autant que possible les risques d'inondation en aval. D'autre part, les analyses au cas par cas réalisées dans le cadre de l'étude (cf. visites, ci-après) ont montré l'intérêt, pour la gestion du cycle de l'eau pluviale en particulier, de réfléchir à l'échelle de l'ensemble du complexe, incluant les zones au

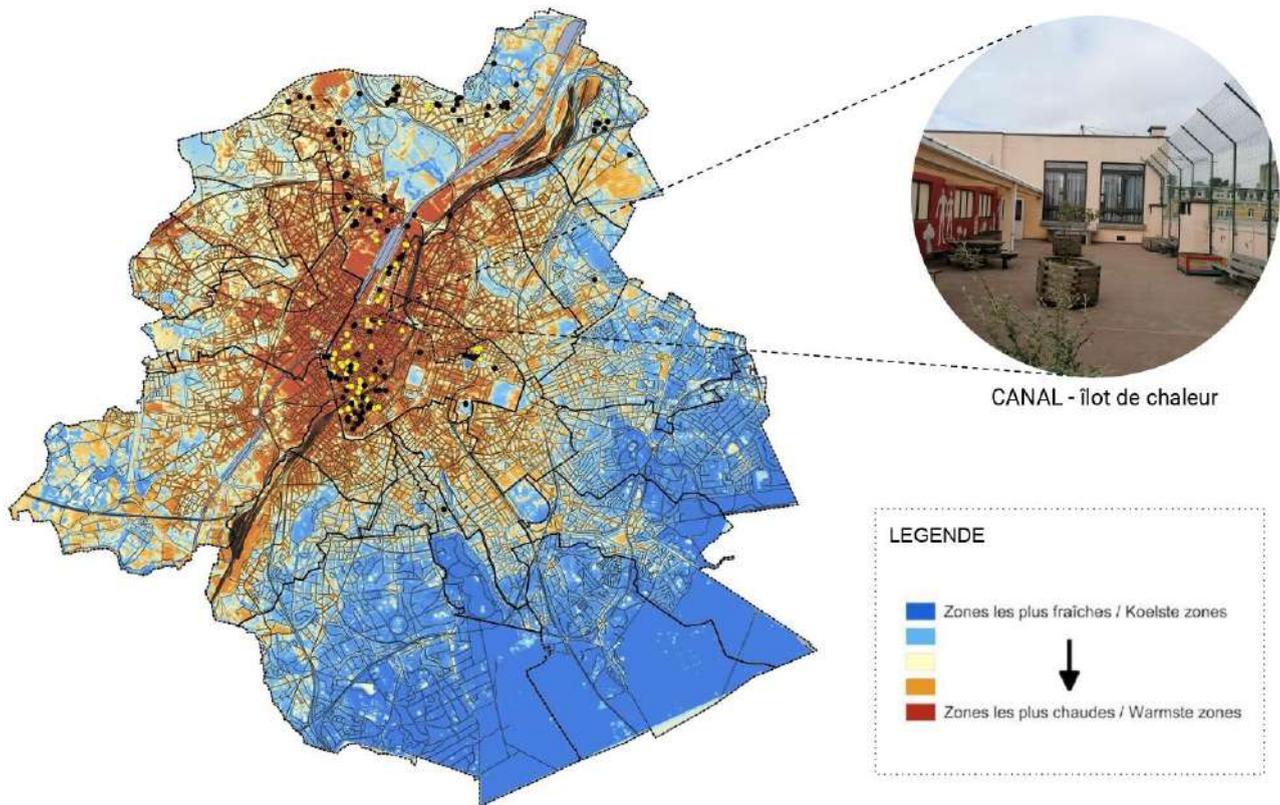
sol - abords, cours et jardins - et hors sol. Ce raisonnement en termes de projet global se pose aussi pour la biodiversité, mais peut-être dans une moindre mesure. Il est intéressant de réfléchir aux actions qui pourraient être menées en amont de la zone à risque, en investiguant plus largement dans le bassin versant concerné quelles seraient les propriétés foncières de la Ville. Ces recherches et analyses demandent à être poursuivies dans le cadre du Plan Communal de l'Eau.



Toiture vers Canal, Ecole Klavertje Vier - allée Verte, 16 - Juillet 2020 © ERU & AAC

Ilot de fraîcheur ou de chaleur

La carte des îlots de fraîcheur présente de manière très explicite les zones des plus fraîches aux plus chaudes, en cas d'épisodes de fortes chaleurs qui se révèlent de plus en plus nombreux et rapprochés.



Carte des "îlots de fraîcheur ou de chaleur"

Source : rapport d'étude, Bruxelles Environnement

Approche transversale et multifonctionnelle: rencontre interservices 20.10.2020

Afin d'alimenter la réflexion et d'engager des actions concertées entre la Ville et la Région, une rencontre interservices a été organisée par les bureaux d'études, basée sur la présentation de l'état d'avancement de la mission. Y ont assisté: Bruxelles environnement (les départements : accompagnement ville durable, espaces verts biodiversité, développement nature et agriculture, eau, maillage jeux et sports), la Cellule Energie, le service Développement durable et le service Planification du département Urbanisme de la Ville.

L'objectif de la rencontre a été d'apporter une lecture croisée sur les thématiques transversales et les nuances et complémentarités à apporter dans une logique de multifonctionnalité. Nous avons également échangé de manière bilatérale avec chacun des services de Bruxelles Environnement sur les études concernées.



Intérieur d'îlot depuis la toiture des Bains de Bruxelles -
rue du Chevreuil 28 - Octobre 2020 © ERU & AAC

1.2 Deuxième degré d'analyse: enjeux urbains et sociaux

Dans un territoire urbain en croissance constante et où les espaces libres se font de plus en plus rares, il nous a paru essentiel d'affiner notre analyse et organiser un ordre de priorité supplémentaire : des critères liés à l'urbanisation et aux besoins d'espaces de respiration ont été ajoutés. Ceux-ci sont basés sur la répartition en ville des parcs publics, d'espaces récréatifs ainsi que sur la densité de population des quartiers.

Bien que dépassant les questions environnementales, ces critères y participent et renforcent la qualité du cadre de vie. Nous avons également précisé par complexe l'entité territoriale dans laquelle il se situe, afin d'observer la répartition: dans le Pentagone // Quartier Nord // Laeken // Neder-Over-Heembeek // Haren // Quartier Nord-Est // Louise.

Ce deuxième filtre a mené à la sélection de 66 à 42 complexes de notre "short-list"; le schéma ci-dessous reprend le cheminement du processus de sélection de la même manière que le premier.

Autre facteur important: les superficies par toitures, organisées en 4 catégories :

Le **groupe 1** : est constitué des plus grandes superficies supérieures à 1000 m² et représente notre plus grande partie de la sélection. Ces complexes permettront d'atteindre les objectifs en termes d'énergie renouvelable, mais aussi de diversifier au mieux les potentiels d'aménagements possibles sur les différentes toitures.

Le **groupe 2** est constitué des superficies moyennes entre 300 et 1000 m² et le **groupe 3** des petites superficies de 100 à 300 m². Il nous permettront d'approfondir les interventions possibles dans des surfaces plus restreintes. Les groupes 1, 2 et 3 sont ceux où des PV ne sont pas encore installés.

Le **groupe 4** comprend les sites où il y a déjà eu une installation de panneaux photovoltaïques, mais où les critères environnementaux et les grandes surfaces permettraient d'accueillir d'autres aménagements.

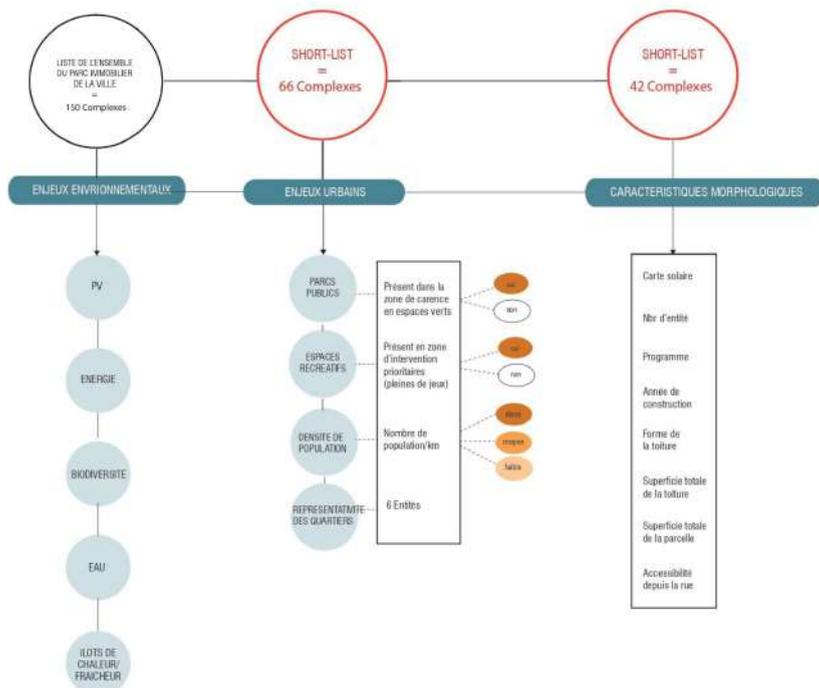


Schéma du processus de sélection 2 - © ERU & AAC

Enjeux urbains et sociaux

Cette analyse vise à ouvrir les possibilités d'une occupation en toiture, comme réponse au manque d'espaces disponibles au sol. Cet usage peut être envisagé soit pour les occupants du complexe même, ce qui se justifie en particulier dans les nombreuses écoles qui expriment une saturation de leurs locaux et cours de récréation.

On peut de manière plus prospective l'envisager à destination des habitants d'un quartier, selon leurs besoins, pour développer des espaces collectifs, ou pour développer les sites de production alimentaire hors sol, dans la lignée de l'engagement de la Ville en faveur d'une alimentation saine, locale et durable : potagers collectifs, microfermes urbaines.

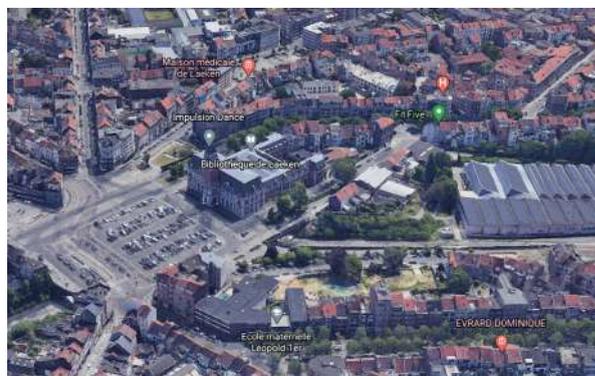
Tout comme pour les enjeux environnementaux, les critères se fondent sur les études cartographiques régionales : celles réalisées par Bruxelles Environnement et le Monitoring des quartiers, repris ci-dessous.

Les 42 complexes estimés les plus intéressants à valoriser sous l'angle de l'approche urbaine sont :

- Ceux présents ou proches des zones de carence en espaces verts accessibles au public, notamment du côté ouest du Pentagone et à Laeken;
- Ceux présents ou proches des zones du maillage jeux en manque d'aires ludiques et sportives notamment en dehors du Pentagone et à Laeken;
- Ainsi que les quartiers à forte densité de population (Ouest Pentagone, Laeken).

Ces aménagements ouvrent la problématique de l'accessibilité et doivent prendre en compte des aspects techniques plus contraignants, tels que les servitudes d'accès, la sécurité, etc. Il est donc indispensable de prendre en considération cette possibilité le plus en amont et d'en analyser la faisabilité. Un autre aspect à bien analyser au cas par cas sera celui de l'équilibre à trouver dans les relations au voisinage et les nécessités de quiétude et privacité des intérieurs d'îlots.

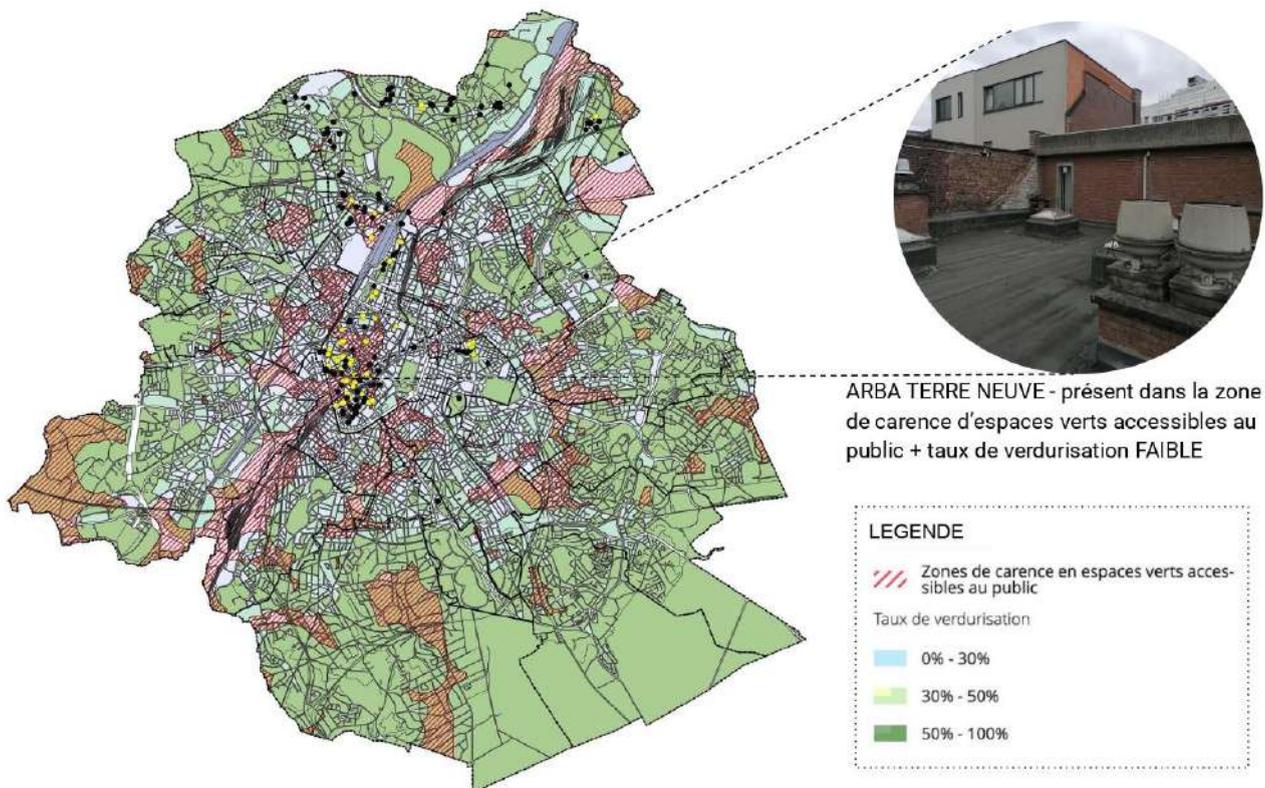
Enfin, pour ces enjeux en particulier, il sera indispensable de croiser les données de l'étude avec le Plan Communal de Développement Durable (PCDD) en cours d'élaboration.



*Place Emile Bockstael, quartier central de Laeken en manque d'espaces récréatifs
©Google Earth 2021*

Espaces verts accessibles au public

La carte des zones de carences en espaces verts accessibles au public a été réalisée par Bruxelles Environnement. Cette carte est fortement liée au taux de verdurisation à la carte du maillage jeux. Récemment, la Ville a actualisé la zone de carence sur base de l'étude "la ville à 10 minutes dans un rayon de 10 minutes à pied pour l'accessibilité des espaces verts et pleine de jeux classiques.



Carte des "zones de carences en espaces verts accessibles au public »;

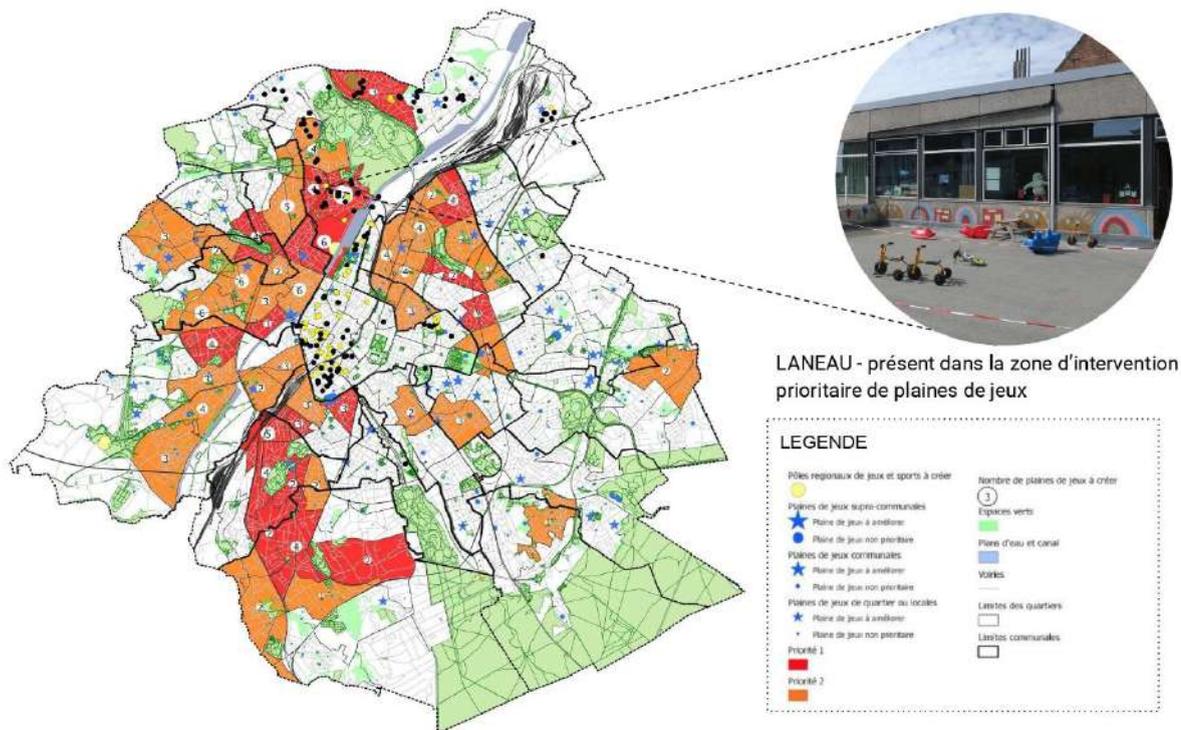
Source : Bruxelles Environnement



Toiture en intérieur d'ilot - Ecole Diderot, rue des Capucins, 58 - Octobre 2020 © ERU & AAC

Espaces récréatifs

La carte du maillage jeux est extraite du rapport d'étude pour un redéploiement des aires ludiques et sportives, réalisée par Bruxelles Environnement. Cette étude date de 2009 et est en cours d'actualisation au niveau de la Région (sans, d'après les informations générales que nous avons reçues, qu'il y ait un revirement complet de situation). Ces couches des plaines de jeux ont aussi été mises à jour (et prises en compte) par la Ville uniquement sur le territoire de la Ville de Bruxelles.



Carte du «maillage jeux»

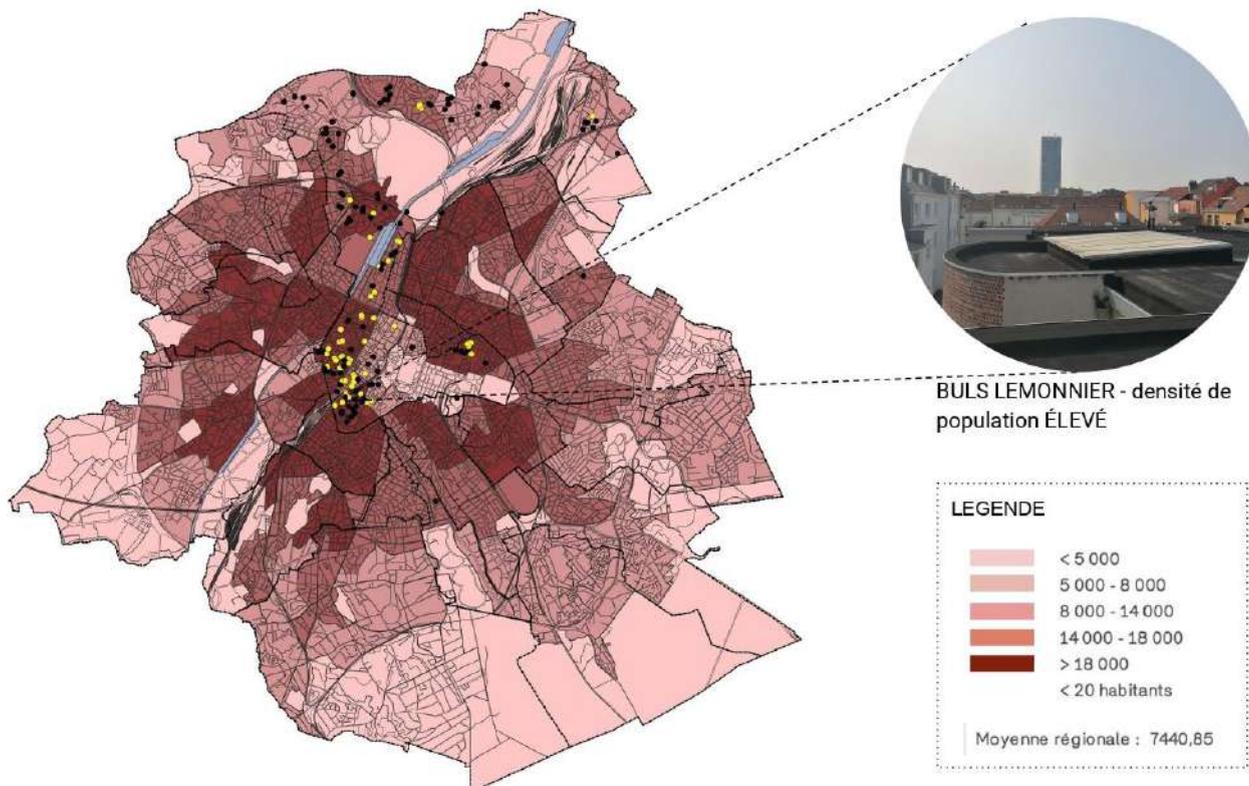
Source : Bruxelles Environnement



Toitures depuis la cour de récréation - Ecole Laneau, rue Leopold I, 116 - Juin 2020 © ERU & AAC

Densité de population

La carte de densité de population est un outil du Monitoring des quartiers de la Région bruxelloise. Il recense, en différents thèmes, des données précises par quartier organisées en secteurs statistiques. La densité de population est un des aspects dans cette notion large de 'densité', liée entre autres à la morphologie urbaine, à l'espace public, au gabarit des bâtiments.



Carte des densités de population

Source : Monitoring des quartiers



Toiture en intérieur d'îlot - Ecole Buls-Lemonnier, place Roupe 28-30 - Septembre 2020 © ERU & AAC

1.3 Troisième degré d'analyse: caractéristiques des complexes

Afin d'ouvrir la question spécifique des programmes d'aménagements à préconiser par typologie de toiture, une analyse plus détaillée a été réalisée à l'échelle du complexe même, identifiant leurs caractéristiques physiques et morphologiques.

Du point de vue typologique, les toitures plates ou mixtes (en pente et plates) ont été privilégiées afin de combiner divers types d'aménagements notamment liés à l'enjeu d'accessibilité. Nous avons pu observer le nombre minoritaire de toitures déjà accessibles et surtout, la rareté des toitures disponibles pour un usage externe à celui du complexe. Bien souvent, lorsque la cage d'escalier principale est prolongée jusqu'en toiture, son accès est interdit aux occupants.

Les facteurs d'intérêt suivants ont été mis en avant : diversité des typologies de toitures, et de dimensions par entités, types de spatialités, de gabarits, visibilité des toitures depuis la rue et les bâtiments mitoyens.

En outre, la connaissance par la Cellule énergie des retours de terrains (travaux en cours, futurs...) a guidé la sélection des sites pertinents.

Pour les sites visités, nous tenions à avoir un panel représentatif des différentes fonctions et programmes des bâtiments dans chacune des catégories par superficies et répartition des quartiers. Nous avons procédé par trois échantillonnages afin de vérifier notre sélection, suivant les premières observations de terrain.

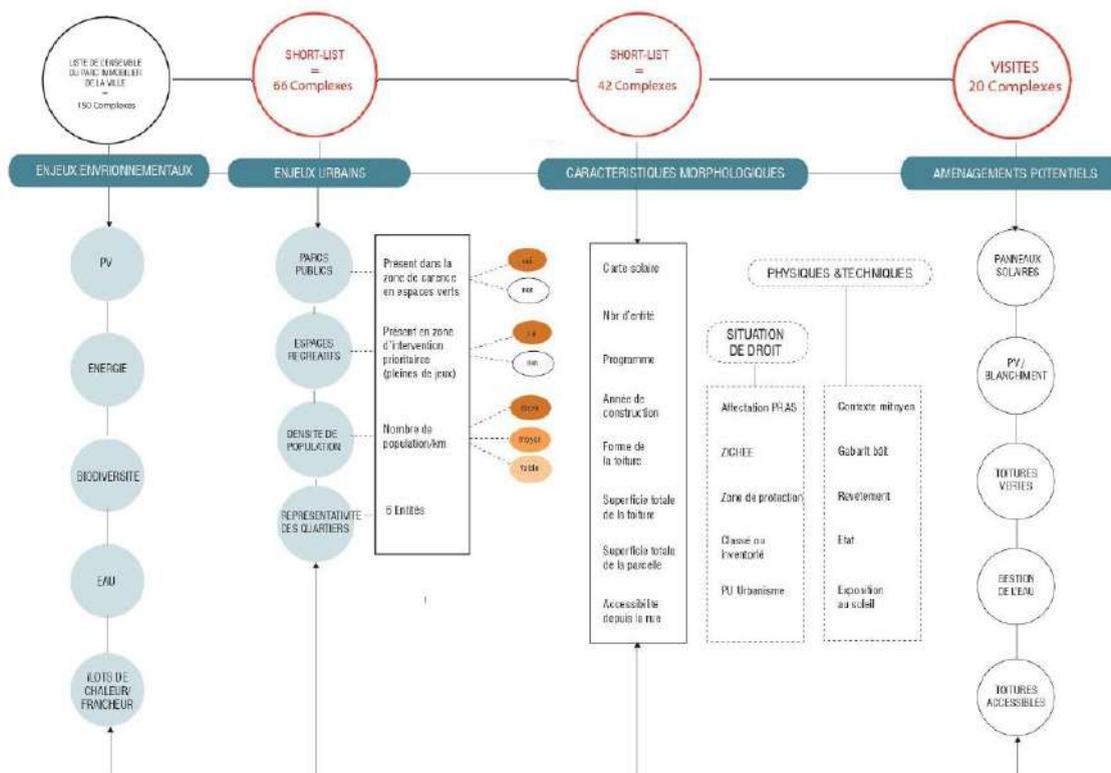


Schéma du processus de sélection 3- © ERU & AAC

1.4 Localisation des sites visités

Les sites sélectionnés pour les visites représentent ceux qui ont répondu au meilleur équilibre entre l'ensemble des critères environnementaux, urbains, sociaux, morphologiques et physiques. 20 sites ont été sélectionnés.

Ils sont localisés sur la cartographie ci-dessous (étoiles rouges) et sont répartis comme tels sur le territoire de la Ville :

- 14 complexes : Pentagone
- 3 complexes : Laeken
- 3 complexes : Quartier Nord

Les conclusions de la présente étude seront à utiliser par extrapolation aux sites non visités, et entre autres ceux situés dans les parties Est et Sud du territoire.



Cartographie des 20 sites visités - © ERU & AAC

2/ Aménagements potentiels en toiture

2.1 Analyse et recommandations

Après la première étape de définition des toitures les plus pertinentes à valoriser, l'objectif de cette deuxième étape consiste à identifier les potentiels d'aménagement.

Deux questions ont été ouvertes:

- Quel(s) aménagement(s) sont à préconiser en priorité, selon les caractéristiques des toitures, du complexe et du quartier?
- Comment et jusqu'où peut-on combiner différents programmes en toiture?

Nous avons établi une grille d'analyse commune tenant compte des multiples facteurs sous la forme de fiches 'Cas de figure', appliquée aux 20 sites visités (Cf. annexe, Fiches n°1 à n°20).

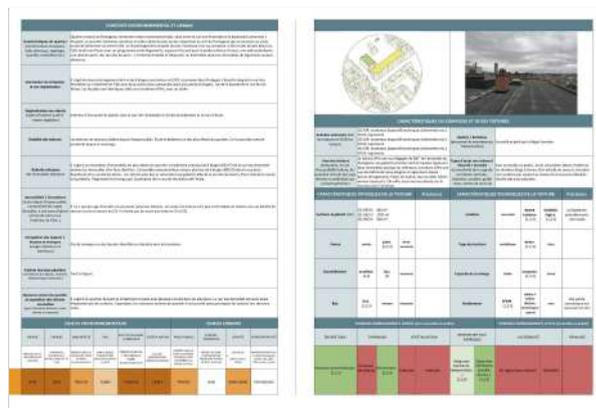
2.2 Outil-fiche 'Cas de figure'

La fiche a pour objectif d'apporter une synthèse générale des observations, des informations recueillies au moyen des photos aériennes, des plans cadastraux, des banques de données ainsi que lors des visites de terrain.

Chaque fiche comprend un volet prospectif où nous formulons des recommandations ciblées en proposant un scénario d'aménagements possibles pour chacune des toitures du complexe. Notre intérêt a été dès le départ celui de la diversification et des multiples complémentarités.



Extrait des fiche cas de figures - © ERU & AAC



La fiche est organisée en 4 parties :

1 - Renseignements généraux : localisation, contacts, données urbanistiques et géographiques (cadastre, vue aérienne).

2 - Contexte environnemental et urbain : caractéristiques du quartier et du complexe, végétalisation des abords, gabarits mitoyens, accessibilité, visibilité, occupation des espaces, gestion de l'eau pluviale et nuisances sonores. L'objectif est de prendre en considération l'impact d'un aménagement en toiture sous différents angles d'approche - les apports au quartier, les éventuels points d'attention en termes de complémentarités, mais aussi de nuisances pour le voisinage.

En bas de page, figure un rappel de l'inscription du complexe dans les enjeux cartographiés, en lien avec la base de données des 150 complexes.

3 - Caractéristiques du complexe : informations sur les caractéristiques physiques et techniques de la toiture afin d'avoir une première vue rapide des travaux nécessaires et le potentiel de surcharge (type de structure supportant la toiture, capacité portante, entretien et état de la toiture, revêtements étanchéité, isolation, etc.).

En bas de page, se trouve aussi une vue synthétique des aménagements possibles ou à exclure.

4 - Proposition de valorisation de toitures :

Des recommandations quant aux aménagements préconisés sont décrites avec des points d'attention et ceux à définir moyennant certaines études complémentaires. Des pistes de partenariat sont suggérées.

Des cas similaires extraits de la base de données générale ont aussi été identifiés, selon les rapprochements au niveau des caractéristiques morphologiques, urbaines ou programmatiques. Aussi des illustrations de références pertinentes, inspirantes et des vues prises lors de nos visites.

Parmi les limites de l'outil, précisons qu'il contient des données factuelles et des informations subjectives collectées lors de nos observations pendant la visite. En effet, notre étude ne nous a pas permis d'approfondir une série d'informations nécessaires et préalables pour réaffecter la toiture. Pour certains complexes, une partie des toitures s'est par ailleurs avérée non accessible lors de notre passage.

C'est pourquoi les recommandations proposées sont des premières lignes directrices et des orientations à approfondir par les différents services de la Ville qui lanceront les prochains marchés.

COMPLEXE	ADRESSES	QUARTIER	FONCTION	N° FICHE CAS DE FIGURE
CSC - LANEAU	rue Léopold, 114 - 1000 Bruxelles	LAEKEN	ÉCOLE	N°1
FLÈCHE LOGEMENTS REGIE FONCIERE	rue de la Flèche, 5 - 1000 Bruxelles	OH	LOGEMENT	N°2
SAMUSOCIAL - REGIE DE QUARTIER	rue du Petit Rempart, 3/5	PENTAGONE	SOCIAL	N°3
BUANDERE LOGEMENTS REGIE FONCIERE	rue de la Buandère, 35 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	LOGEMENT	N°4
CSC - ARBA (TERRE NEUVE)	rue Terre Neuve, 32-32A - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°5
CSP - ROUTE	rue de la Route, 30 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	SPORT	N°6
CSC - ROBERT CATTEAU	rue Ernest Allard, 49 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°7
CSC - KLAERTJE VIER	allée Verte, 16 - 1000 Bruxelles	OH	ÉCOLE	N°8
CSC - ARBA (MIDI)	rue du Midi, 144 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°9
CHAMPAGNE / CENTRE PME	rue Philippe de Champagne, 52 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	BUREAUX	N°10

COMPLEXE	ADRESSES	QUARTIER	FONCTION	N° FICHE CAS DE FIGURE
CSC - RICHES CLAIRES	rue des Riches Claires, 30 - 1000 Bruxelles rue de la Grande Ile, 39 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°11
CSC - BUIS-LEMONNIER	place Ruppe, 28-30 - 1000 Bruxelles / boulevard Maurice Lemonnier, 110 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°12
CSC - ARCHIVES / DEMOT	rue des Tanneurs, 65/63/67 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ADMIN	N°13
CSC - DE WAND	rue De Wand, 23 - 1020 Bruxelles	LAEKEN	ÉCOLE	N°14
CSC - COGGE	rue de l'École-Cogge, 12 - 36 - 1000 Bruxelles	OH	CULTUREL	N°15
ALFRED STEVENS	Rue Alfred Stevens, 35 - 1020 Bruxelles	LAEKEN	SOCIAL	N°16
CSC - CANAL	rue du Canal, 31-55 - 1000 Bruxelles / Quai aux Fontaines de Taille, 29 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ORCHE	N°17
CSP - BAUVS DE BRUXELLES	rue du Chevreuil, 28 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	SPORT	N°18
CSC - DIDEROT (CAPUCINS)	rue des Capucins, 58 - 1000 Bruxelles	PENTAGONE	ÉCOLE	N°19
PALAS DU MIDI	Rue roger van der weijden, 3 1000 Bruxelles	>18000	BUREAUX / ÉCOLE / SPORT	N°20

Liste des 20 cas de figures visités - © ERU & AAC

2.3 Grille d'analyse et priorisation

En cours de mission, la Ville a formulé la demande de cibler les cas prioritaires pour lesquels des actions et études de faisabilité seraient à mener dans la poursuite de cette étude. Afin d'y répondre, la grille d'analyse et de priorisation ci-dessous a été établie proposant un ordre décroissant d'intérêt parmi les 20 cas de figure.

La grille s'est basée sur les critères qu'elle a croisés et pondérés sur une échelle de 0 à 3 points.

Le premier tableau ci-dessous présente le résultat des **10 cas identifiés en priorité 1** (selon le total du tableau).

Les facteurs suivants ont guidé la notation :

- Enjeux environnementaux
- Enjeux urbains
- Besoins des occupants
- Caractéristiques physiques et techniques
- Potentiel de la toiture
- Accès au toit
- Diversité des potentiel d'aménagement
- Autres facteurs

Cette grille d'analyse est à considérer comme une vision globale pour identifier les cas exemplaires et les potentiels d'aménagements.

D'autre part, ce travail de croisement de données est fondé sur les champs d'expertise propres aux bureaux d'études; il est à croiser avec les objectifs et critères propres à la Ville.

EVALUATION : 0-1-2-3 - FACTEURS D'EXEMPLARITE										TOTAL	TYPES D'AMENAGEMENTS POSSIBLES		
Sélection 20 complexes prioritaires visités													
		Rep. Environ.	Rep. Environ.	Besoins occupants	Programme - technique 1	Possibilité toit(1) 2	Accès toit	Possibilité programmation de services	Autres facteurs	-> Préciser			
CAS PILOTES - PRIORITAIRES													
1	SamuSocial / Régie de quartier	Pentagone	3	3	3	2	3	2	3	1	relation au quartier / projet social	20	AU + RÉCRÉATIFS : (potagers, espaces de repos) = 760m ² , R+2 VÉGÉTALISATION : (toiture verte extensive) = 2471m ² , rez-de-chaussée/R+1
2	CSC Cateau Allard-Poelaert	Pentagone	2	2	2	2	3	3	2	5	visibilité	19	BLANCHIMENT = 635 m ² , R+1, R+2 ; AU + RÉCRÉATIFS (potagers) = 760m ² , R+2 ; VÉGÉTALISATION semi-intensive = 600 m ² , R+2 ;
3	CSC Riches Claires Six Jetons	Pentagone	2	2	3	2	3	2	3	2	complément programmatique entre bâtiment et toiture	19	RÉCRÉATIFS / AU = +/- 1 285 m ² , REZ+2/3 VÉGÉTALISATION = +/- 702 m ² ; PHOTOVOLTAÏQUE = +/- 2 152 m ² , REZ+3+4
4	CSC Buis Lemonnier	Pentagone	3	3	0	3	3	3	2	2	qualité spatiale de la toiture	19	RÉCRÉATIF accès public extérieur = 630m ² , R+2 ; VÉGÉTALISATION extensive - projet en lien avec accessibilité extérieure = 630m ² , R+2 ; EAU infiltration eau sur la parcelle et ajout citerne sur parcelle = 440 m ² , R+2 ; PHOTOVOLTAÏQUE = +/- 902 m ² , R+2 ;
5	Institut Diderot	Pentagone	1	3	1	2	3	3	3	2	surface très importante + valeur patrimoniale	18	AGRICULTURE URBAINE + RÉCRÉATIFS = +/- 1071 m ² , R+2 VÉGÉTALISATION = +/- 251 m ² , R+2 PHOTOVOLTAÏQUE = +/- 200m ²
6	Bains Marolles	Pentagone	1	3	1	2	2	3	3	2		17	AGRICULTURE URBAINE + RÉCRÉATIFS = +/- 221m ² + 62 m ² , R+6 et R+5 ; VÉGÉTALISATION + RÉCRÉATIFS = +/- 166m ² R+6 ; + EAU
7	Logement Hêche (Régie)	CIN	3	2	1	3	2	2	1	3	transposition / prototype / espace collectif aux locataires	17	PHOTOVOLTAÏQUE + BLANCHIMENT = +/- 385m ² , R+12 EAU = +/- 180m ² , R+12 RÉCRÉATIF = +/- 140m ² , R+12
8	ARBA Terre Neuve	Pentagone	3	3	0	2	3	3	2	0		16	PHOTOVOLTAÏQUE = +/- 151 m ² , R+2 ; VÉGÉTALISATION (semi-intensive, maximisation des espèces, habitats) + RÉCRÉATIF (usagers de l'académie) = 421 m ² , REZ et R+1
9	ARBA Midi	Pentagone	3	2	1	2	2	1	3	1	occupation	15	VÉGÉTALISATION - extensive, maximisation des espèces, habitats. Toiture 5: plantations en bac = +/- 635 m ² RÉCRÉATIFS / VÉGÉTALISATION par usagers de l'académie, accès exceptionnel pour classes. Plantations en bac= +/- 640 m ² PHOTOVOLTAÏQUE : mesure en projection horizontale = +/- 460 m ² EAU : infiltration sur parcelle = +/- 1160 m ² ;
OCCUPATION TEMPORAIRE													
1	CSP Roue	Pentagone	3	2	0	2	0	3	2	1	démolition (-1) / expérimentation : laboratoire AU (2)	13	AGRICULTURE URBAINE + RÉCRÉATIFS = +/- 1000m ² rez-de-chaussée et R+1

Grille d'analyse et de priorisation - cas prioritaires - © ERU & AAC

3/ Outil d'aide à la décision

3.1 Tableau décisionnel : quel(s) aménagement(s) privilégier en toiture ?

Lors de la troisième et dernière étape, un outil d'aide à la décision a été élaboré sous forme d'un tableau interactif. Il se veut manipulable par les différents services concernés à la Ville ; en format XLS, il ne demande pas de logiciel propriétaire pour son usage par le plus grand nombre.

Cet outil a pour objectif d'orienter la vision des potentiels d'aménagements en toiture. Dans l'optique de complémentarité, le tableau propose une lecture transversale - multicritère que nous avons orientée autour des trois catégories suivantes :

- Caractéristiques morphologiques, physiques et techniques
- Enjeux environnementaux et urbains
- Besoins des occupants et du quartier

Les valeurs exactes sont à indiquer pour guider le choix de l'option (entre 2 et 4 options) pour chacun des critères, présents dans une liste déroulante.

Chaque valeur est associée à une intensité de couleur selon le résultat de l'ensemble des critères pour évaluer si le choix est :

- fortement recommandé
- moyennement recommandé
- à exclure

Ces informations sont à coordonner avec les autres outils mis en place :

- la base de données : pour les enjeux environnementaux et urbains
- les fiches recommandations des visites : pour les informations sur les caractéristiques morphologiques, physiques et techniques et les besoins des occupants et du quartier

Les codes couleurs reprennent celles des fiches de recommandation :

- vert foncé : fortement recommandé
- vert clair : moyennement recommandé
- rouge : à exclure.

La catégorie des caractéristiques morphologiques, physiques et techniques pourra être complétée pour chacune des toitures du complexe.

TYPES D'AMÉNAGEMENTS		CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES, PHYSIQUES ET TECHNIQUES CONCERNANT LES TOITURES					PLUS-VALUES ENVIRONNEMENTALES ET URBAINES										
		SURFACE TOTALE DE LA TOITURE	GABARIT	FORME	REVÊTEMENT	ACCESSIBILITÉ	ÉTAT	ISOLATION	POTENTIEL DE SURCHARGE	RISQUE D'ÉCART	PRÉSENTE DANS LA ZONE DE CONTINUITÉ URBINE	PRÉSENTE DANS ZONE À RISQUE D'INDICATION URBINE	TEMPÉRATURE SÉRIABLE	Taux de VERDURISATION	ZONE DE CARENCE EN ESPACES VERTS PUBLICS ACCESSIBLES	INTERVENTION PRÉVUE PAR PLAN D'AMÉNAGEMENT	DENSITÉ POPULATION
AMÉNAGEMENTS PASSIFS (non recommandés)	ÉNERGÉTIQUE	P. PHOTOVOLTAÏQUES	<500 m²	BAS	BOITE PERMANENTS	AUTRE	NON	BOISÉ	FABLE	ÉCARTÉ	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
	THERMIQUE	P. THERMIQUES	500-1000 m²	BAS	PLAT	BOITE	NON	BOISÉ	FABLE	ÉCARTÉ	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
		BILANCIER	<100 m²	BAS	BOITE PERMANENTS	AUTRE	NON	BOISÉ	FABLE	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
	VEGÉTALISATION	INTENSIVE	<200 m²	ÉLEVÉ	BOITE PERMANENTS	NON PERMANENT	NON	BOISÉ	ÉLEVÉ	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
		EXTENSIVE	<100 m²	ÉLEVÉ	PLAT	MIXTE	NON	BOISÉ	MOYEN	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
	GESTION DES FILLES HYDRIQUES	INTÉGRANTE / STOCKANTE	<100 m²	BAS	PLAT	MIXTE	NON	BOISÉ	MOYEN	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
REGULATIF		<100 m²	BAS	PLAT	MIXTE	NON	BOISÉ	FABLE	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ	
AMÉNAGEMENTS ACTIFS (recommandés)	ACCESSIBILITÉ AU PUBLIC	RECREATIF	<100 m²	BAS	BOITE PERMANENTS	MIXTE	NON	AUCUNE	FABLE	MAUVAIS	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
		AGRICULTURE URBAIN	<100 m²	BAS	BOITE PERMANENTS	MIXTE	NON	BOISÉ	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	NON	ÉLEVÉ	ÉCARTÉ	MAUVAIS	NON	NON	ÉLEVÉ
	REHAÛSE	REHAÛSE		ÉLEVÉ	PLAT				ÉLEVÉ								MOYEN

Extrait du tableau décisionnel pour l'aménagement des toitures

© ERU & AAC

3.2 Outils décisionnels spécifiques à la végétalisation des toitures

Comme l'exprime notamment le Plan Climat, la végétalisation et la biodiversité sont des axes importants pour la Ville de Bruxelles. Nous avons dès l'amorce de l'étude identifié celle-ci comme une opportunité d'apporter des moyens concrets pour agir proactivement en ce sens.

En effet, si de manière générale la pratique de végétaliser les toitures est déjà intégrée dans certains projets, on observe encore trop souvent un manque de connaissance, de diversité biologique et de bonne intégration dans les réseaux dans les choix de typologies végétales qui sont faits.

Raison pour laquelle notre partenariat ERU-AAC s'est associé à l'expertise de Biolandscape. Leur apport a permis d'alimenter nos fiches cas de figure, mais aussi de contribuer au chemin décisionnel.

Une réflexion transversale mérite d'être précisée au préalable : contrairement aux idées préconçues, nous préconisons de ne pas créer de hiérarchie de valeur entre toitures extensives et intensives, les toitures vertes les plus minces ont des plus-values: peuvent jouer un rôle important en termes de biodiversité, en lien notamment avec la diversité des habitats (exemple : une végétation avec 6 cm de substrat et des espèces de pelouses calcicoles, favorable aux bourdons). Elles restent très pertinentes dans la gestion des eaux pluviales (abattement des eaux de ruissellement en fonction des couches drainantes utilisées qui sont plus légères que le substrat).

Autre pré-requis : une toiture végétale ne remplace pas des aménagements au sol. Il importera toujours d'avoir une évaluation coûts / bénéfiques, selon le contexte et tenant compte des opportunités de végétaliser les abords en pleine terre,, en termes d'apports pour la biodiversité, le paysage, l'humain.

Les points d'attention, schémas et informations des pages suivantes sont autant d'outils d'aide à la décision à l'attention des décideurs, pour affiner les réflexions sur les critères et étapes à prendre en compte en vue de végétaliser (ou non) une toiture. Et déterminer, parmi ces éléments, lesquels sont prioritaires, prépondérants.

Les questions suivantes demandent à être posées successivement :

- **Végétaliser ou non la toiture ?**
- **Quelle(s) fonctionnalité(s) et complémentarités favoriser ?**
- **Quel type de végétalisation ?**



*Toiture verte et contribution à la biodiversité, l'idée n'est pas neuve et pourtant très actuelle
Source: Info fiche Eco-construction, Bruxelles Environnement 2009*

Végétaliser ou non la toiture ?

La question de privilégier ou non un programme végétal dépend d'une combinaison de plusieurs facteurs que nous organisons dans une logique multicritères, illustrée par l'organigramme ci-dessous et détaillés dans le tableau page suivante :

- Critères prioritaires – le contexte urbain – le gabarit – la végétalisation des abords : il faut prendre en considération le fait que ceux-ci sont cumulatifs. Ils sont liés et se renforcent l'un l'autre pour diriger les choix;
- Critères secondaires : les conditions d'ensoleillement, la visibilité des toitures mais aussi la capacité de surcharge sont complémentaires, ils orientent moins la décision de végétaliser que le type de plantations pour lesquelles opter.

- Variables à évaluer : le budget disponible et les impératifs et capacités de d'entretien de l'entretien sont aussi déterminants dans la définition du projet, même s'ils ne constituent pas des critères de choix.

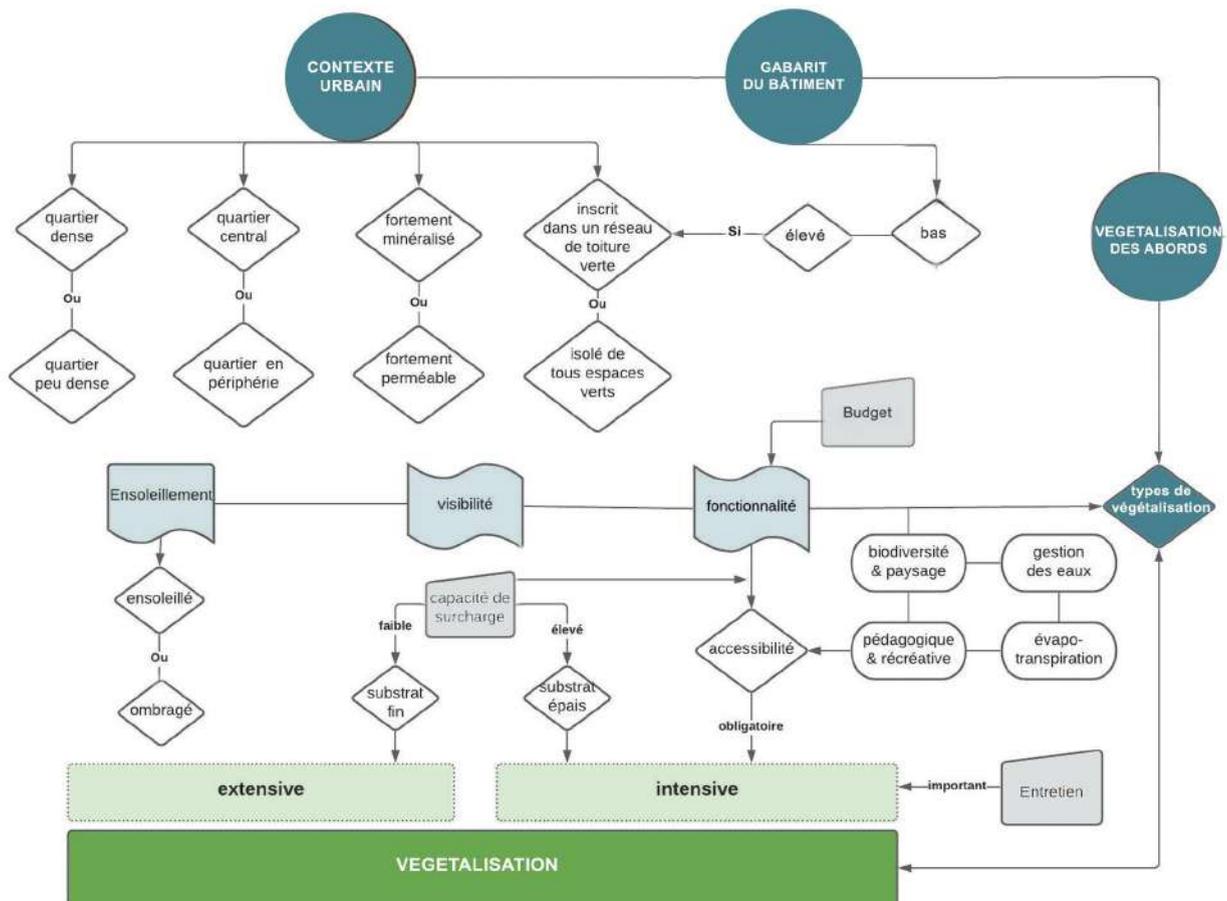


Schéma décisionnel pour la végétalisation © ERU - AAC - Biolandscape

Critères prioritaires	
Contexte urbain	<p>Sans exclure ou inclure un projet, le contexte urbain oriente le choix de végétalisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Selon que la toiture plate est isolée ou inscrite dans un réseau de toitures de niveaux similaires, ❖ Selon les quartiers denses ou non, centraux ou de périphérie, fortement minéralisés ou comprenant des surfaces perméables disséminées, par exemple des jardins non contigus ou d'un seul tenant comme un grand parc.
Gabarit du bâtiment	<p>Le gabarit est un des critères prépondérants pour déterminer la priorité de mise en œuvre d'un toit végétal:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Pour les immeubles élevés dépassant les hauteurs des toits moyens, un programme végétal présente moins d'intérêt étant donné que la connexion avec les autres structures favorables à la biodiversité sera faible voire inexistante. Nuance : dans les quartiers à multiples bâtiments élevés, possibilités d'apports en termes de connexions urbaines.
Végétalisation des abords	<p>Critère non exclusif / inclusif :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Permet d'orienter les continuités végétales qu'on souhaite encourager, les écosystèmes urbains. ❖ Distinguer la masse et le type de végétalisation aux abords – strates herbacées, buissonnantes, arbustives, arborées.
Critères secondaires	
Ensoleillement	<p>Ne constitue pas un critère de priorisation : on peut tout aussi bien végétaliser des toitures bien ensoleillées ou ombragées.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ L'ensoleillement orientera le choix des bonnes espèces
Visibilité de la toiture	<p>Critère non exclusif / inclusif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère lié à la fonctionnalité de la toiture que l'on souhaite mettre en avant. - Importance de l'aspect paysagé, du rendu (idée d'oasis de nature).
Capacité de surcharge	<p>Avoir une idée de ce que représente la surcharge peut être intéressant:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ La capacité de surcharge influe en particulier la fonctionnalité que l'on souhaite préconiser, les programmes et son accessibilité au public. ❖ La capacité de surcharge n'est pas un critère limitant pour le choix de la végétalisation . En général, il est possible de faire des toitures vertes extensives de charge 150 kg/m². ❖ Pour les potagers pédagogiques avec des bacs profonds et pour l'installation d'espèces buissonnantes hautes, il faut adapter les charges à la structure.
Variables à évaluer	
Budget	<p>Cette variable est indispensable pour tout projet, cependant il est important de rappeler ces données et lever les a priori :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Le budget verdurisation est un poste réduit au regard de l'ensemble de l'investissement nécessaire à l'aménagement et à la rénovation d'une toiture. ❖ Avec un budget limité, on peut avoir des résultats significatifs, même avec une toiture extensive (levez-les à priori sur le coût élevé). ❖ Cela dépend des objectifs du projet liés aux fonctions de la toiture.
Entretien	<p>La variable 'gestion et entretien de la toiture' dépend fortement du type de toiture végétale :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ L'entretien est important en particulier pour les toitures intensives, qui doivent être gérées comme un jardin, un espace vert au sol ; il sera donc dépendant du type de végétaux, et lié au budget.

- ❖ Les toitures extensives demandent beaucoup moins voire quasi pas d'entretien, celui-ci se limitant à un contrôle périodique.

Précisions: contexte urbain et gabarits

Le schéma ci-dessous donne des indications quant à la pertinence d'un toit végétal selon les morphologies des bâtiments gabarits bas à élevés, quartiers à (grande) homogénéité ou au contraire hétérogènes.

L'interaction avec la végétation des abords est aussi à prendre en considération :

- Si la végétation est herbacée ou buissonnante, la toiture extensive peut être privilégiée pour assurer la continuité végétale avec une capacité de surcharge faible à modérée nécessaire.
- Si la végétation est arbustive ou arborée, la continuité végétale peut être assurée par une toiture à capacité de surcharge forte avec une toiture verte intensive.
- S'il n'y a pas de contrainte végétale, la toiture extensive peut être développée pour favoriser la faune.

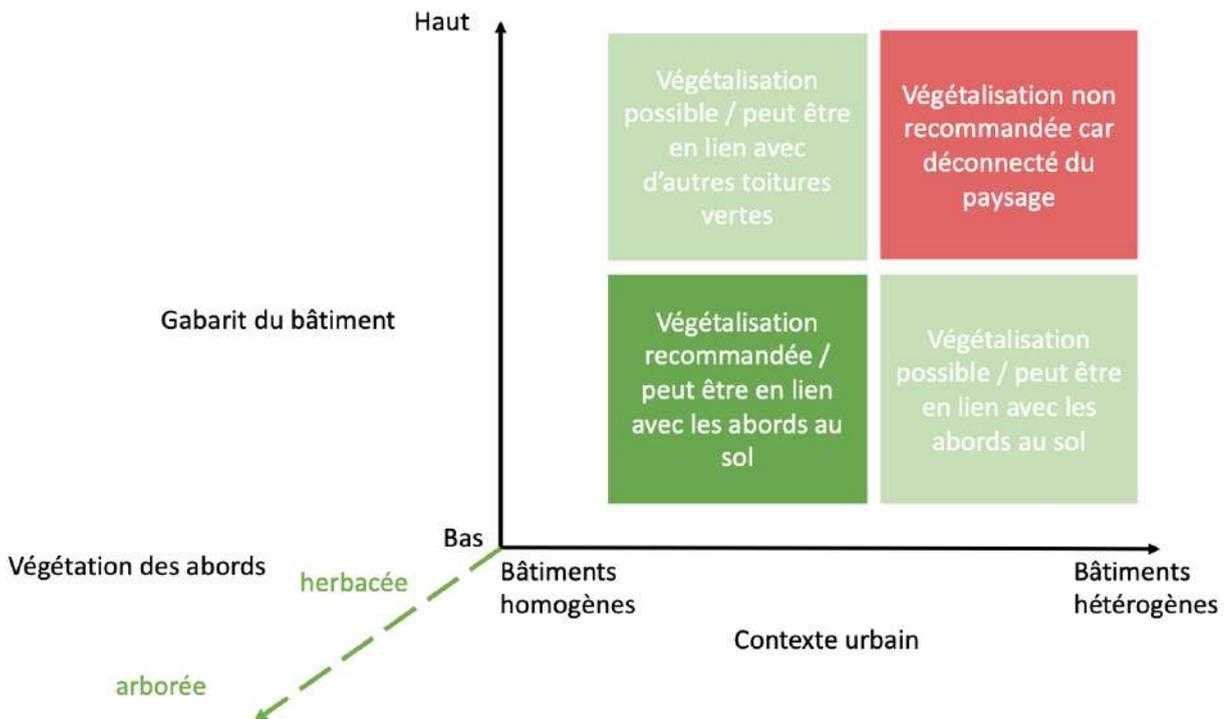


Schéma décisionnel pour la végétalisation

© Biolandscape

Quelle(s) fonctionnalité(s) favoriser ?

Si, dans la continuité de nos degrés d'analyse présentés ci-avant, l'usage de la toiture peut être multifonctionnel, la végétalisation sur ces espaces contribue également à renforcer cette multifonctionnalité. Le présent schéma synthétise les bénéfices environnementaux, sociaux et en termes de biodiversité que peut remplir la création d'un toit végétal :

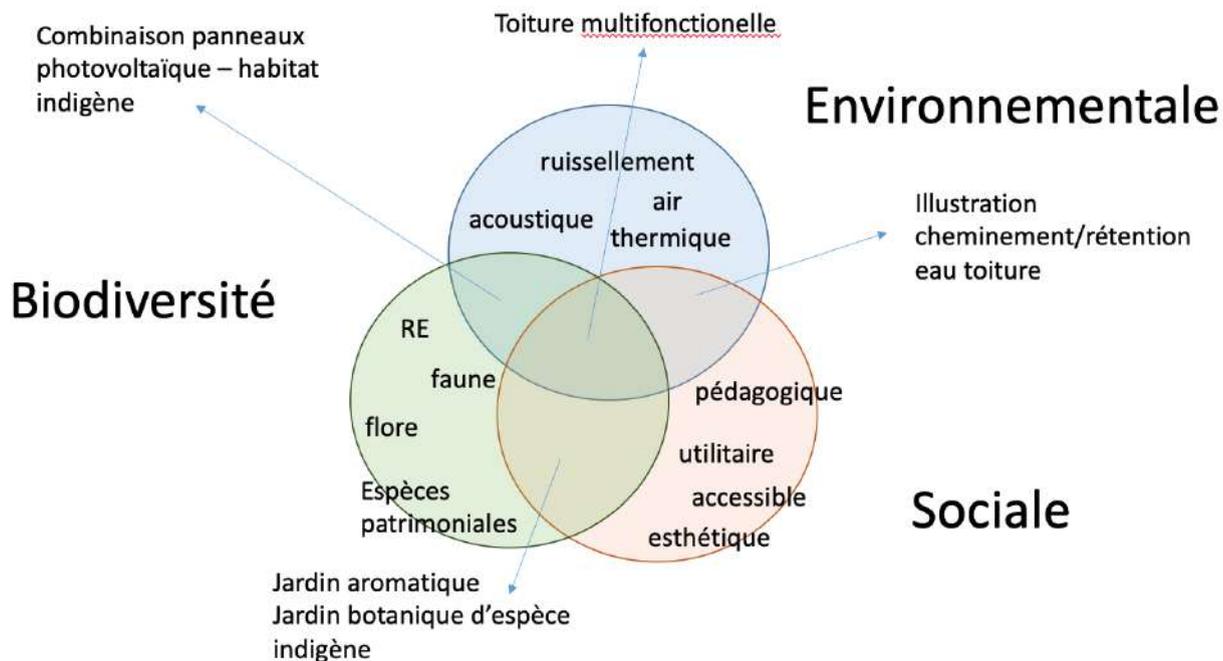


Schéma décisionnel pour la végétalisation

© Biolandscape

Quel type de végétalisation ?

Il existe une large sélection d'espèces végétales, adaptées aux conditions environnementales dans les écosystèmes régionaux. Leur choix dépendra entre autres des conditions locales, dont les caractéristiques sont synthétisées dans cette grille. A noter également que certaines plantes invasives sont à proscrire. (<https://ias.biodiversity.be/harmoniaplus>).

Végétalisation des abords	herbacées	buissonnant	arboré
Ensoleillement*	faible	normal	Fort
Humidité relative*	faible		Fort
Visibilité de la toiture*	important		Peu important
Capacité de surcharges*	Oui	Non	

Schéma décisionnel pour la végétalisation © Biolandscape

Classification des toitures

Le tableau propose une classification, basée sur l'épaisseur de substrat, et selon les besoins de maintenance, les types d'usages / plantations, les facteurs constructifs / techniques et le coût associé:

	Extensive Green Roof	Semi-Intensive Green Roof	Intensive Green Roof
Maintenance	Low	Periodically	High
Irrigation	No	Periodically	Regularly
Plant communities	Moss-Sedum-Herbs and Grasses	Grass-Herbs and Shrubs	Lawn or Perennials, Shrubs and Trees
System build-up height	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm on underground garages > 1000 mm
Weight	60 - 150 kg/m ²	120 - 200 kg/m ²	180 - 500 kg/m ²
Costs	Low	Middle	High
Use	Ecological protection layer	Designed Green Roof	Park like garden

Source : BabakRaji, Martin J.Tenpierik, Andyvan den Dobbelsteen. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 45, May 2015, Pages 610-623)

4/ Synthèse & Apprentissage

L'analyse détaillée des 20 cas de figure visités (fiches en annexe) est le fondement des apprentissages que nous souhaitons synthétiser ici, quant aux propositions de valorisation de toiture.

Dans cette partie, nous proposons comme porte d'entrée chacune des thématiques d'aménagements, illustrées de différents exemples concrets issus de nos visites.

4.1. Les toits végétalisés

La végétalisation en toiture connaît une forte croissance, ce qui favorise l'augmentation de la biodiversité en ville. Les réalisations deviennent même obligatoires pour certaines constructions neuves (cf. RRU). Les techniques se sont aussi améliorées et de nombreux exemples à Bruxelles et à l'étranger montrent qu'il est possible de l'envisager aussi sur des bâtiments existants.

Elle peut se décliner de différentes manières selon le contexte urbain, ce qui demande une connaissance de la diversité biologique et des types d'essences appropriés. L'expertise de Biolandscape a alimenté des réflexions contextualisées sur la végétalisation en toiture pour cinq des cas de figure présentant des critères spécifiques (fiches n°3, 5, 7, 8, 11).

Intégration au maillage vert et au réseau écologique

Dans le contexte de forte densité urbaine que la Ville de Bruxelles rencontre, surtout dans les quartiers de l'hypercentre, la végétalisation en toiture apporte une plus-value environnementale devenue prioritaire. Elle permet entre autres de rafraîchir l'air ambiant, diminuer les îlots de chaleur, et la pollution par son système d'épuration (même si en période de canicule n'est pas clairement démontré, selon l'étude Grooves IdF). Elles constituent tout de même des écosystèmes « nouveaux » qui ne se substituent pas aux espaces verts et friches, mais peuvent les compléter de manière intéressante.

Elle répond aux nombreux enjeux du PRDD : contribution aux maillages vert, création de continuités vertes, intégration au réseau écologique et aux différents « maillages stratégiques ».

Deux cas de figure nous semblent particulièrement représentatifs de la contribution des toitures et leur intégration au maillage vert et réseau écologique.

C'est le cas de l'école et centre culturel **Cogge**, par sa proximité avec le nouveau parc linéaire de la Senne et en complémentarité aux toitures vertes existantes. Les surfaces de toitures plates encore disponibles permettent de maximiser des habitats de manière homogène.



photo Cogge © ERU & AAC

L'école **Riches Claires** se trouve elle en face du parc Fontainas, récemment réaménagé. Les toitures vertes permettraient alors de renforcer la liaison avec le maillage vert et connecter la nature à plusieurs typologies d'habitat déjà présentes dans le parc. En outre, la qualité patrimoniale des immeubles et la forte visibilité des toitures demandera à choisir un profil végétal adapté.



photo Riches Claires © ERU & AAC

Visibilité en intérieur d'îlot et vers la ville

La végétalisation en toiture apporte aussi un cadre esthétique et paysager. Nous avons observé plusieurs toits plats couvrant une grande partie de l'intérieur d'îlot, visibles depuis les habitations voisines, à exploiter. C'est le cas du **Samusocial**, dont plusieurs immeubles à appartements riverains ont des vues sur ces toits..



photo Samusocial © ERU & AAC

L'école **Catteau** est quant à elle un exemple phare de toiture tournée vers la ville. Les vastes plateformes visibles depuis la place Poelaert, participent à la vue panoramique emblématique sur la ville. Une végétation en toiture peut jouer ici un véritable rôle ornemental ainsi que pédagogique, à condition d'être intégrée à ce paysage urbain historique.



photo Catteau © ERU & AAC

Végétalisation et caractère différencié

D'autres toitures sont moins visibles et sont réservées exclusivement pour les vues des occupants ou lors d'activités plus privatives.

Dans le cas de L'école des Beaux-Arts **Arba-Terre-Neuve**, les morphologies et gabarits des toitures basses en gradins, sont idéales pour

proposer des végétations différenciées entre végétation rase, fleurie, arbustive. L'accessibilité aisée facilitant leur bon entretien.

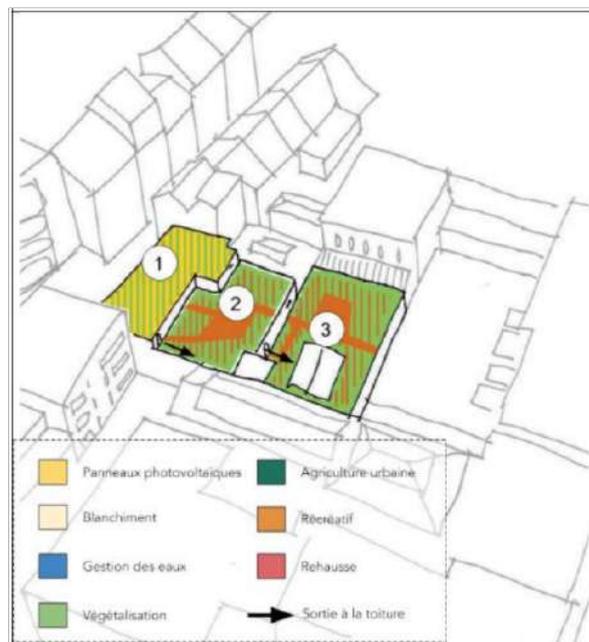


schéma Arba-Terre-Neuve © ERU & AAC

Toiture verte et panneaux photovoltaïques : complémentarité

La toiture verte a également l'avantage d'améliorer la protection physique des membranes d'étanchéité et des panneaux solaires (thermiques et photovoltaïques). Avec une toiture verte, la surchauffe en surface de la couverture de toiture peut être limitée à la température extérieure permettant de réduire la surchauffe et globalement la perte de rendement. En toiture plate, l'intégration des panneaux solaires sur une toiture verte permet aussi de limiter le lestage supplémentaire des panneaux puisque celui-ci peut être réalisé par le complexe de toiture verte. Le choix des espèces végétales doit être adapté aux conditions d'ombre ou de mi-ombre (sédums ou plantes vivaces).

Dans le cas du centre culturel **Cogge**, la toiture de la salle de sports est une construction récente. Nous partons de l'hypothèse que sa structure pourra accueillir facilement des panneaux solaires avec une toiture verte extensive. Son étanchéité et sa stabilité permettent une couche drainante suffisante pour les plantations. Elles peuvent être des plantes couvrantes qui se ressèment seules pour faciliter l'entretien. La toiture verte extensive sera d'autant plus favorable lorsque d'autres toitures vertes sont présentes à proximité.

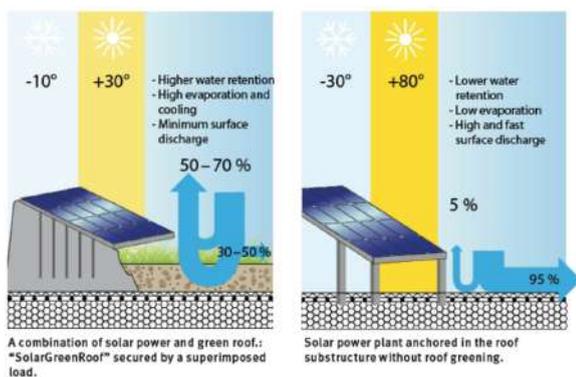


photo Cogge © ERU & AAC

Le **Palais du Midi** est un autre exemple de complémentarité entre une toiture verte et des panneaux photovoltaïques. Dans ce cas les panneaux sont déjà installés avec des graviers en dessous. Le poids de ces graviers peut être remplacé par une couche fine de substrat pour accueillir une végétation homogène (sédum indigène). Une telle surface linéaire aura un énorme potentiel d'agir en faveur de la diversité d'habitats et de la biodiversité.



© Palais de Beaulieu à Lausanne



Interactions photovoltaïque et végétal - Source : Optigrün AG

Végétalisation et eau : complémentarité

Les toitures vertes ont des propriétés stockantes, une partie de l'eau de pluie est retenue par le substrat végétal et dans la couche drainante (ou couche réservoir), ce qui réduit les pointes de débit en provenance du toit. On les distingue en fonction de l'épaisseur du substrat (celles de 25cm retiennent l'eau des fortes pluies décennales) et, par conséquent, en fonction du type de végétation.

Dans le cas de l'école **Klavertje Vier**, il est préconisé des végétaux avec un substrat conséquent permettant de jouer un rôle d'éponge et ralentir les flux d'eau (espèces à bonne capacité d'intercepter l'eau via les feuilles et tiges). Selon l'exposition de la toiture, on peut à l'ombre avoir une végétation très verte toute l'année (ex.: espèces types fougères qui intercepteront l'eau des précipitations), ou une végétation de type prairial.



photo Klavertje Vier © ERU & AAC

Dans le cas d'**Alfred Stevens**, une végétalisation intensive sur le toit d'un petit équipement en intérieur d'îlot pourrait se concrétiser par des plantations à hautes tiges avec une couche drainante de stockage des eaux, qui pourront alors être infiltrées sur la parcelle et entretenir le parc semi-privatif.

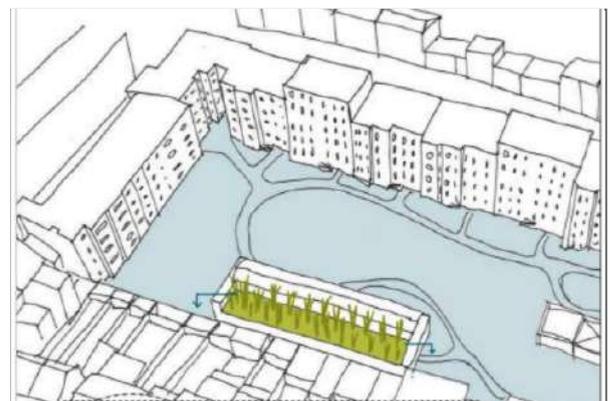


schéma Klavertje Vier © ERU & AAC

4.2. Les toits accessibles

Espaces récréatifs pour les occupants

Les toitures plates accessibles sont l'opportunité de répondre aux besoins et manques d'espaces plus ou moins clairement exprimés par les occupants lors de nos visites. Nous avons constaté le cas de nombreuses écoles contraintes à l'augmentation du nombre d'élèves et, dans le Pentagone en particulier; n'ayant aucune possibilité d'extension. Des bâtiments très compacts laissent aussi peu de place à des cours de récréation, trop petites et parfois entièrement minérales.

Les deux écoles : **Laneau et Canal** sont deux exemples où nous avons pu voir des cours de récréation déjà aménagées en toiture (R+1 et R+2).



photo Canal © ERU & AAC



photo Laneau © ERU & AAC

Le complexe scolaire **Riches-Claire** possède des cours de récréation extrêmement étroites par rapport à la capacité d'élèves et totalement minérales. Le souhait d'avoir des bacs potagers pédagogiques a été relevé par les directrices. Les espaces extérieurs aux étages (utilisés par des ateliers d'arts plastiques et des locaux pour les ASBL du quartier) peuvent facilement être aménagés en espaces récréatifs.



schéma Riches Claires © ERU & AAC

L'école des Beaux-Arts **Arba-Midi**, cache une toiture plate en intérieur d'îlot à hauteur des grandes fenêtres de salles de classe et accessible depuis les espaces de circulation. Les élèves s'approprient déjà cet espace lors des beaux jours. Cet espace présente un potentiel pour être aménagé comme une extension pour les cours, mais aussi comme lieu d'exposition.



photo Arba-Midi © ERU & AAC

Espaces récréatifs / de détente pour le quartier

Dans une vision plus proactive, les espaces récréatifs en toiture pourraient également être une manière de répondre au manque d'espaces verts accessibles au public, au bénéfice des habitants d'un quartier. Précisons déjà que les contraintes et points d'attention sont nombreux, demandant un examen précis et en amont (sécurité, nuisances, vues - cf. ci-après, limites)

Le cas de l'école **Buls-Lemonnier** et sa généreuse toiture plate en intérieur d'îlot est intéressant. Les conditions sont favorables pour créer un espace accessible aux habitants de ce quartier dense qui manque d'espaces calmes et de qualité. Un projet ambitieux pourrait favoriser les synergies avec la fonction scolaire.

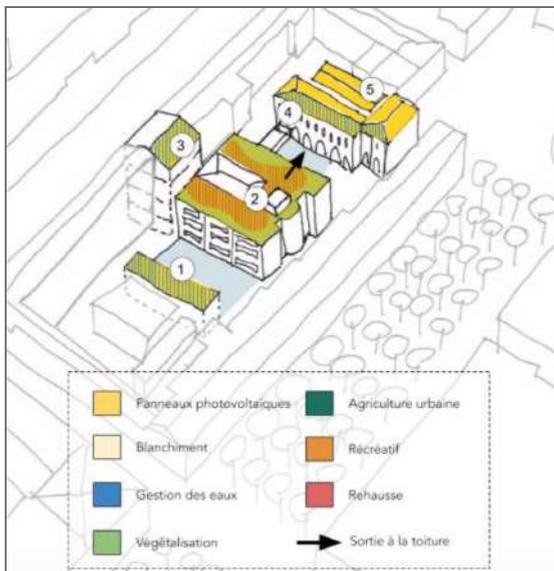


schéma Buls-Lemonnier © ERU & AAC

Les **Bains de Bruxelles** sont une des rares piscines à avoir conservé les bains et douches de l'époque encore en activité. Un Masterplan est en cours pour rénover et valoriser le patrimoine et étendre la programmation sportive au quartier.



photo les Bains de Bruxelles © ERU & AAC

Un projet exemplaire en toiture peut offrir dans la prolongation de la piscine et pour ses usagers un espace de détente, de bien-être et de santé publique en terrasse, profitant aussi de la vue panoramique sur l'emblématique place du Jeu de Balle.

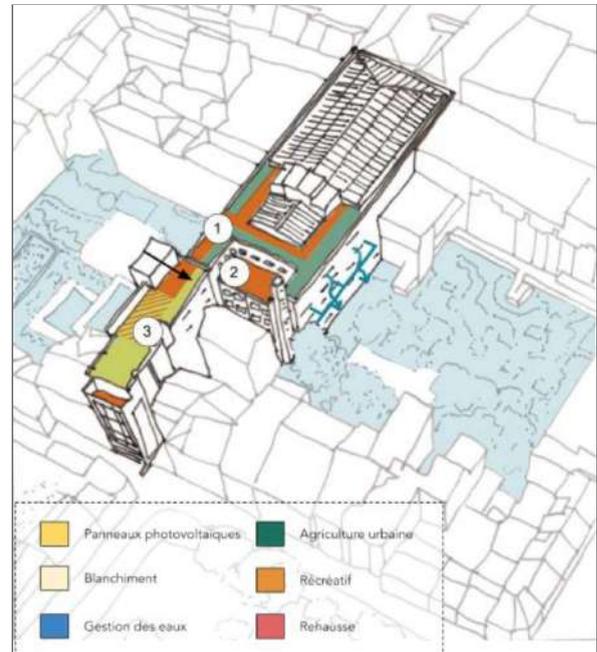


schéma Bains de Bruxelles © ERU & AAC

L'Agriculture urbaine : 2 approches

La densité et la compacité de la ville ne permettent pas toujours de cultiver sur des parcelles au sol. Les toitures sont alors des surfaces exploitables pour développer des projets de production. Cette pratique de production agricole peut répondre aussi au besoin de contact avec la nature, exprimé par les habitants, qui changent leur façon d'envisager et de vivre la ville. Le besoin de ramener la flore et la faune en ville fait l'objet d'une demande criante.

Les plus-values en termes de biodiversité sont avérées, l'agriculture urbaine permet aussi le compostage des déchets organiques et la réutilisation de l'eau de pluie pour l'arrosage.

La Stratégie Good Food, en cours de refonte 2.0 cette année, cadre les ambitions régionales et soutient le développement de projets d'agriculture urbaine sous différentes formes.

Approche citoyenne et pédagogique

En toiture, dans les quartiers centraux, l'agriculture urbaine sera avant tout conçue comme moyen de sensibilisation, convivialité et bien-être, où un groupe de citoyens est désigné pour prendre en charge la gestion de bacs potagers.

Le site du **Samusocial et de la Régie de quartier** sont l'exemple le plus démonstratif du potentiel de lien social et de dialogue, ouverture avec le quartier. Ce vaste espace en toiture d'un seul tenant peut être repensé comme espace de rencontre pour un public fragilisé. Les groupes citoyens déjà actifs du quartier devraient être informés, si pas impliqués.

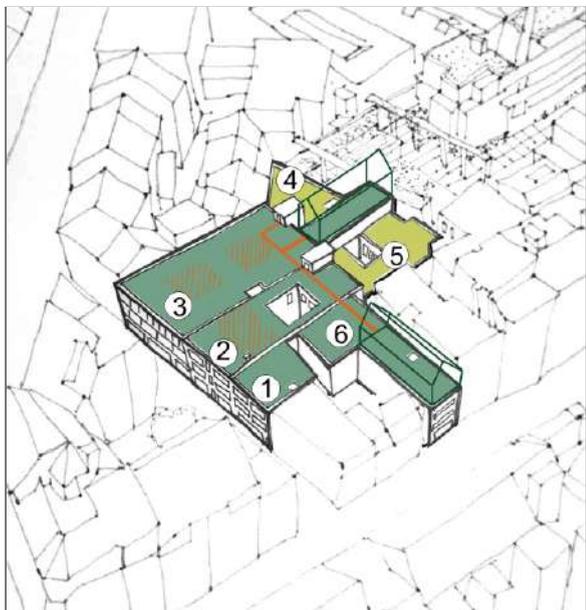


schéma Samusocial & Régie de quartier © ERU & AAC

La gestion d'un potager en toiture peut être imaginée avec dispositifs d'apprentissage et d'insertion sociale par le travail (ISP). La Régie de quartier, le CPAS et les restaurants sociaux aux alentours peuvent être des acteurs potentiels pour créer des liens avec la gestion de ces espaces.



©Ferme DakAkke, bureaux Schieblock, Rotterdam

Approche productive professionnelle

Le développement de projets agricoles professionnels fait surface ces dernières années, même si les expériences restent encore très peu nombreuses à Bruxelles. Le concept de « ferme urbaine » production à vocation économique de

d'aliments locaux, fait en effet face à de nombreux défis, en particulier en termes de surfaces minimales nécessaires.

Proche de Bruxelles, la Ville de Paris s'est fixé des ambitions importantes - objectifs: 30 hectares de toits productifs, sur les 100 hectares à végétaliser.



© Institut des sciences, AgroParis Tech

Au sein du parc immobilier de la Ville et parmi les immeubles visités, seules les surfaces des toits de l'école **Diderot** ouvrent la possibilité d'un projet professionnel. Les conditions spatiales sont intéressantes: +/- 1000m², même si la rentabilité d'un projet ne sera pas nécessairement garantie. Sans entrer dans les détails, celle-ci dépendra

- du modèle économique (dépendant plus ou moins exclusivement d'un seul site ou de multi-sites, de la production-vente agricole exclusive ou aussi de d'une activité horeca, d'une activité de formation ou animation etc.),
- des travaux nécessaires à l'installation (renforcements structurels, sécurisation, serres et autres infrastructure...),
- de la prise en charge des investissements de départ, des aides publiques.

Autre réserve importante: l'accès au toit, bien que tout à fait fonctionnel et confortable, implique le passage par le hall scolaire et le spectaculaire préau, classés.

C'est pourquoi nous envisageons plutôt un projet porté par l'école (sans avoir pu échanger avec l'institut au stade de l'étude), où la production sera si nécessaire encadrée par un professionnel dont les compétences permettraient une réelle productivité à ces surfaces.

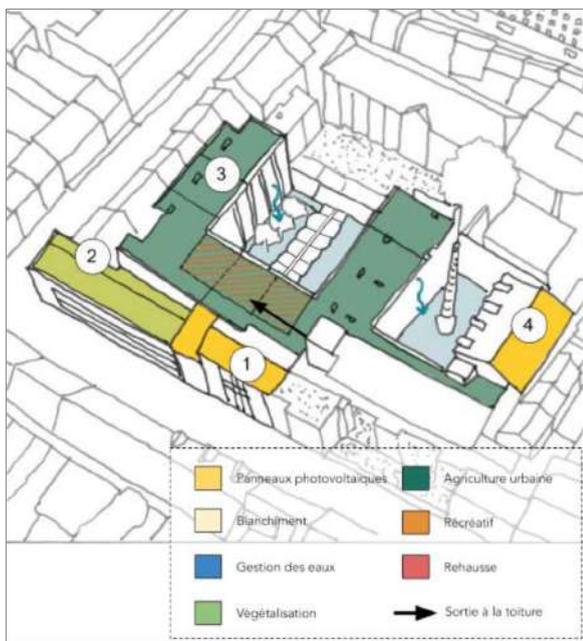


schéma Buils-Lemonnier © ERU & AAC

Limites des aménagements accessibles

Les aménagements accessibles en toiture nous ont permis de penser différents scénarios quelques fois extrapolés ou idéalisés avec certaines réserves à prendre en compte quant à la complexité de leur mise en œuvre.

La faisabilité doit être bien évaluée et réfléchiée au préalable, car elle aura une influence prépondérante sur l'ensemble du programme. Elle soulève beaucoup de questions et contraintes: accès, sécurité incendie, portance, vues, nuisances sonores. La capacité de charge entre 400 et 500 kg est 4 à 5 fois plus élevée qu'une toiture non accessible (de l'ordre de 100 kg/m2 minimum - poids de la neige).

Toute nouvelle fonctionnalité est à réfléchir dans le respect du voisinage, de la quiétude des intérieurs d'îlot où les toitures plates sont souvent situées. Pour tous projets visant un usage actif, accessible, qu'ils soient réservés à un acteur, groupe restreint ou ouvert plus largement, il est indispensable d'intégrer les riverains directs et les occupants le plus en amont possible dans la conception du programme.

4.3. Les toits et le cycle de l'eau

Gestion intégrée de l'eau pluviale : stockage et infiltration dans la parcelle

Les toitures stockantes permettent de réduire les débits de pointe et de filtrer les eaux pluviales en les retenant temporairement au plus près de la surface réceptrice. Les eaux sont ensuite évacuées par évaporation, évapotranspiration ou relâchées à faible débit vers un exutoire, suivant le type de toiture envisagé.

L'objectif premier est de limiter les apports importants d'eaux pluviales au réseau. Elle permet d'éviter la saturation des réseaux d'assainissement, le débordement des déversoirs d'orage, et des chocs de pollution vers le milieu naturel. La bonne gestion des écoulements des eaux de pluies permet de soulager le réseau d'égouttage lors de fortes pluies en temporisant les précipitations.

Elle permet aussi de lutter contre les inondations pour ne pas surcharger le réseau aval au moment où la crue est la plus forte. Les sources telles que la carte des aléas d'inondation et des bassins versants, du maillage pluie et du Plan de Gestion de l'eau permettent de prendre en compte ces facteurs.

L'école **Klavertje Vier**, proche du canal, est une opportunité de repenser une meilleure gestion des eaux pluviales avec une infiltration dans la cour perméable de la crèche incluant un programme pédagogique et ludique afin de sensibiliser les enfants au cycle de l'eau.



© Ecole Croisée des Chemins, Bruxelles B2AI

L'immeuble de logement collectif rue de la **Buanderie** est aussi situé dans une zone à risque d'inondation. Des déviations des descentes d'eau et une infiltration dans le jardin privatif à l'arrière sont proposées permettant de réduire le ruissellement des eaux. Ces eaux peuvent être récupérées par des citernes enterrées et servir à l'entretien des espaces plantés et éventuellement aux sanitaires des logements via une pompe.

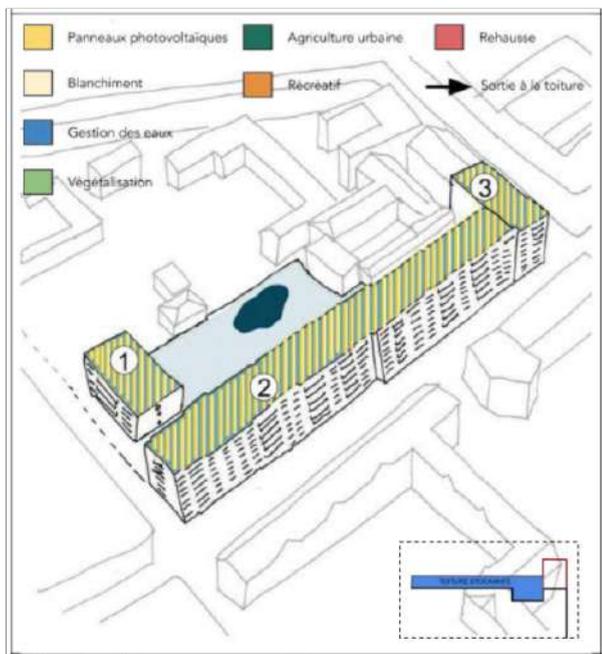


schéma Buanderie © ERU & AAC

4.4 Les toits blanchis

Le blanchiment est le fait de peindre les toits en blanc et augmenter la réflexion solaire. Cette intervention assez peu coûteuse est facilement mise en place, adaptée à tout type de toiture plate ou légèrement inclinée sans intervention sur la structure. Son rapport coût / bénéfice est intéressant par son impact sur la réduction d'îlot de chaleur dans les cas de toits sombres qui absorbent fortement la chaleur solaire.

Le blanchiment contribue alors à créer, à l'inverse, des îlots de « fraîcheur ». Aussi il va avoir un impact direct sur la qualité du confort du bâtiment et avoir un gain énergétique (climatisation et GES). Un gain aussi économique en évitant la surchauffe en été et diffuser la chaleur par conduction et rayonnement dans le bâtiment et ainsi réduire les factures d'électricité. De plus, elle protège la membrane d'étanchéité et allonge sa durée de vie.

La toiture du gymnase créé en intérieur d'îlot dans le complexe du **Palais du Midi** présente une surface de 180m² en contrebas d'un ensemble de bureau. Le blanchiment de cette surface permettrait de limiter la surchauffe en été qui a été signalée.



photo Palais du Midi © ERU & AAC

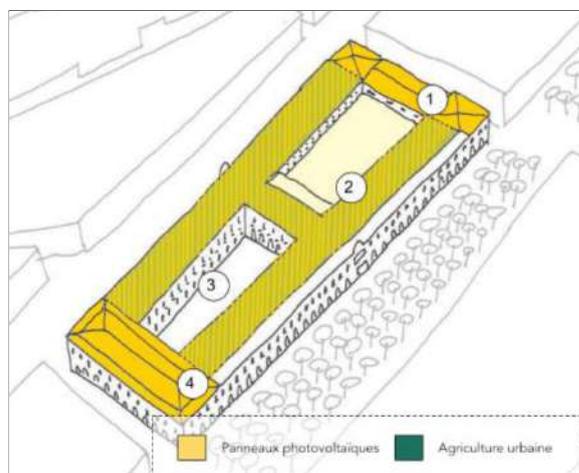


schéma Palais du Midi © ERU & AAC

Panneaux thermiques ou photovoltaïques et blanchiment : complémentarité

Le blanchiment apporte aussi une hausse de rendement des panneaux photovoltaïques (jusqu'à 40%). Dans le cas de l'immeuble de bureaux PMS rue de **Philippe de Champagne**, une installation de panneaux thermiques avec une toiture verte ou un blanchiment est favorable au confort du bâtiment et représente un gain économique.

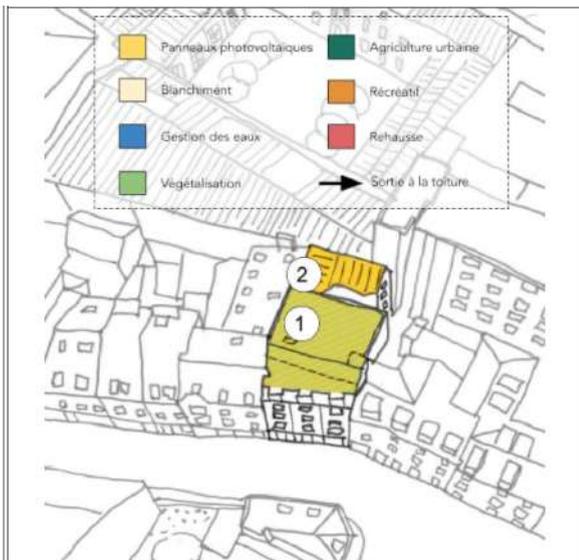


schéma Champagne © ERU & AAC

Pour le complexe **Archives-Tanneurs**, la Ville prévoit d'installer des panneaux photovoltaïques sur le bâtiment principal en intérieur d'îlot. La membrane d'étanchéité pourrait être facilement blanchie avant la pose des panneaux afin de diminuer l'effet d'îlots de chaleur urbains.



schéma Archives Tanneurs © ERU & AAC

4.5. Les toits surélevés

Au-delà du focus de valorisation de toiture, nous avons suggéré d'ouvrir la question des opportunités de rehausse. Nous sommes bien conscients que ceci dépasse le champ de l'étude, mais cette réflexion plus globale semble nécessaire dans certains cas. Pour deux sites, les propositions pour les toitures s'imbriquent dans celles de reconfiguration spatiale et de réorganisation du projet dans son ensemble, à l'échelle de la parcelle. Ce sont deux exemples d'écoles qui ont connu un étalement à l'intérieur de la parcelle, avec des extensions successives et où se pose la question de l'articulation des espaces libres entre les bâtiments.

La surélévation permet d'augmenter la capacité d'accueil pour ces écoles et même s'ouvrir à d'autres activités pour le quartier. L'étage supplémentaire peut améliorer les conditions énergétiques et thermiques des bâtiments anciens souvent très énergivores.

C'est aussi une opportunité d'aménager des toitures vertes et/ou accessibles sur des bâtiments dont la structure actuelle ne le permet pas grâce au nouvel aménagement (nouvelle servitude et nouvelle fonction).

L'école Reine Astrid rue **De Wand** est située dans la partie nord de Laeken: les extension en intérieur d'îlot rendent l'articulation des bâtiments difficile et l'usage des espaces extérieurs peu fonctionnels. De nouvelles constructions légères à rue peuvent s'aligner avec les mitoyens en repensant l'accessibilité et la végétalisation de l'ensemble des toitures. Elles permettraient d'agrandir certaines classes trop étroites aux étages.



photo De Wand © ERU & AAC

6/ L'expérimental en toiture

La toiture comme espace de cohésion

La toiture peut aussi devenir un point de rencontre vécu comme une expérience sociale. Les immeubles, tours et barres de logements sociaux de l'après-guerre offrent des espaces privilégiés en toiture, avec des vues à 360°, une pleine lumière et le calme dans des quartiers souvent sous pressions au niveau du sol. Ils mériteraient d'être investis au bénéfice des résidents. De plus, un projet expérimental peut être testé et reconfiguré sur de nombreux autres sites, aux typologies de logements similaires.

Dans le cas de la tour de logements appartenant à la Régie foncière, rue de la **Flèche**, la toiture au dernier étage peut être dédiée à un espace commun pour les locataires, qui répondrait à leur envie. On pense à un espace buanderie, mais sans avoir pu examiner la pertinence de ce besoin, ce qui est une condition indispensable au montage d'un projet. Sinon, un toit-jardin ou toit-terrasse, de loisir ou jeux, peut compenser le manque d'espace dans les logements et les communs. La vue panoramique sur la ville offre une belle qualité spatiale, qui évoque les usages imaginés de la Cité radieuse de Le Corbusier.

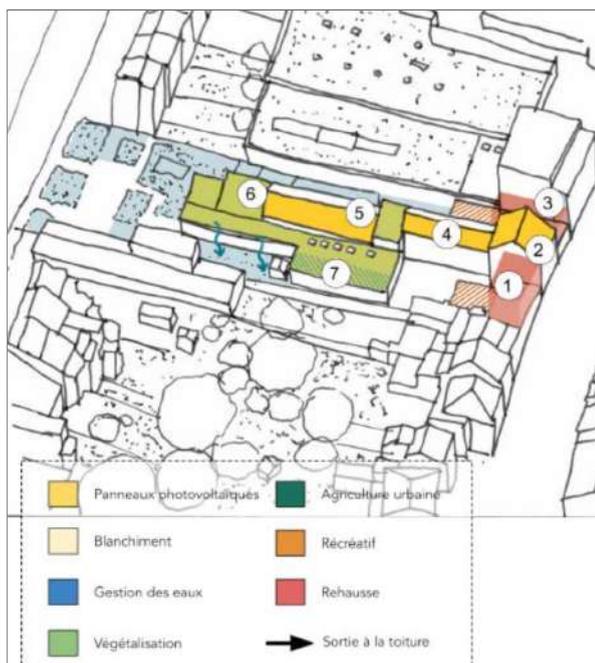


schéma De Wand © ERU & AAC

Le complexe scolaire rue Léopold 1er et rue **Laneau** à côté de la place Bockstaël présente aussi un potentiel de rehausse à front de rue par rapport à la hauteur des mitoyens. Les nouveaux locaux pourraient profiter aux écoles ou aux ASBL du quartier, afin d'ouvrir l'école en dehors des horaires scolaires, tout comme ses grands espaces extérieurs où la configuration se prêterait bien à un « pocket park ».



schéma Laneau © ERU & AAC



photo Flèche © ERU & AAC



©Cité Radieuse, Le Corbusier

Sport /Culture - occupation temporaire

L'étude la « Ville à 10 minutes », démontre que déplacements actifs amènent à repenser les équipements de proximité et espaces récréatifs. Les cartes du maillage socio-récréatif et maillage jeux définissent les endroits où des plaines de jeux sont à renforcer.

Des activités récréatives au-dessus d'un équipement sportif et/ou culturel peuvent devenir des projets phares pour ces modes d'habiter plus locaux, à petite échelle en ville. Une meilleure intégration du bâtiment dans son contexte environnant participe à un projet de revitalisation.

Certains gabarits permettent une grande visibilité depuis la rue et ainsi créer un contact visuel avec le quartier favorisant une meilleure relation entre le toit et l'environnement.

Elles peuvent aussi faire l'objet de projets d'expérimentations temporaires.

C'est le cas du gymnase la **Roue**, dépourvu d'espaces verts et de plaines de jeux alentour et amené à être démoli et relocalisé à court ou moyen terme. Le gabarit permet un accès à sa toiture depuis la rue participant à l'extension de l'espace public comme un lieu favorable aux citoyens, ASBL et habitants du quartier. Un projet pilote avec des aménagements démontables (modules de sports, bac potagers) pourrait enclencher une dynamique, être évalué et éventuellement relocalisé par la suite.



photo la Roue © ERU & AAC

Conclusion

L'abondance des toitures « plates » offre de grandes opportunités pour **valoriser ces espaces qui sont souvent considérés comme des espaces « nus », « non fonctionnels »** et exclusivement techniques, reflétant une image négative peu durable. Comment valoriser cette cinquième façade comme espace disponible, fonctionnel ou paysager au bénéfice des occupants, du quartier ou encore du voisinage ?

La valorisation des toitures au-delà de la réduction d'économie d'énergie permet de nombreuses plus-values environnementales et urbaines dans son ensemble afin de répondre aux enjeux climatiques énoncés en introduction.

L'installation de panneaux solaires et des travaux d'isolation a été le point de départ mené par la Cellule Énergie. Leur mise en place est facilement adaptée à tout type de toiture « en pente ». Afin de ne pas recouvrir l'entièreté des toitures de panneaux photovoltaïques, l'étude envisage de manière plus globale les différentes possibilités d'aménagements. Elle a mis l'accent sur les aspects **environnementaux, urbanistiques, paysagers, sociaux et patrimoniaux**.

De plus, l'étude a pris en compte les différentes **échelles du projet**, depuis l'inscription dans les stratégies régionales, l'articulation entre le projet de la Ville et les cas par cas des sites. Dépendamment du contexte de chacun des sites, des fonctionnalités du bâtiment en lui-même, ainsi que les besoins des occupants et/ou du quartier, une réponse sur mesure pour les cas de figure a été étudiée. La prise en compte des besoins des occupants le plus en amont est aussi impérative à évaluer afin d'éviter les surcoûts par la suite.

Le partenariat ERU-AAC a montré son intérêt d'investiguer et de valoriser la **multifonctionnalité des programmes**, dès que l'espace disponible en toiture le permet. Dans le contexte du parc immobilier de la ville, les complexes de grandes superficies offrent souvent plusieurs entités de toitures (de 1 à 10) avec des morphologies / gabarits diversifiés.

Une analyse fine des types de programmation possibles et complémentaires a été menée et mise en pratique sur 20 cas de figure. L'objectif étant aussi d'extrapoler ces cas de figure sur l'ensemble du parc immobilier de la Ville. Ces cas sont présentés de manière précise dans les 20 fiches où nous avons tiré les enseignements et présenté la synthèse des différents programmes et déclinaisons rencontrés :

- La **végétalisation** s'est présentée comme une évidence pour augmenter la biodiversité en ville surtout pour diminuer les îlots de chaleur dans les

quartiers de forte densité. Une analyse quasi systématique a été envisagée dans les cas de toitures « plates ».

- **L'accessibilité** a été étudiée dès que les conditions techniques y étaient favorables, sous réserve de nombreuses contraintes encore à évaluer. Les espaces récréatifs supplémentaires pour les occupants, dans des bâtiments denses et compacts avec des espaces parfois entièrement minéraux sont aussi des espaces de cohésion sociale par le biais de projets d'agriculture urbaine, ouverts au quartier notamment en zone de carence en espaces verts, accessibles au public.

- **L'eau** a été traitée de manière complémentaire afin de réduire le ruissellement des eaux pluviales dans les zones inondables et intégrée à la parcelle lorsque celle-ci était perméable. Mais aussi comme plus-value paysagère et pédagogique.

- Le **blanchiment** et les **panneaux solaires** ont été proposés le plus souvent comme complémentaires à d'autres programmes et pour les toitures en pente et en zinc.

- La **rehausse / surélévation** a été suggérée par le bureau d'étude pour deux cas de figure rencontrés dans les quartiers en dehors du Pentagone, où une reconfiguration plus globale de l'ensemble a été estimée pertinente.

- Des **programmes plus expérimentaux** ont aussi été proposés dans des cas plus particuliers et atypiques comme opportunité de test et de préfiguration, tel que l'occupation temporaire dans le cas de bâtiment sujet à démolition.

D'un point de vue méthodologique, l'étude souligne l'importance du **travail itératif**, vu le domaine très large, les multiples facteurs entre des enjeux et stratégies globales et le contexte local, les objectifs à atteindre et la réalité du terrain, l'expertise technique, les sources documentaires. Pour cela, la mise en place de différents outils complémentaires permet d'appréhender ces différentes échelles et facteurs.

La base de données offre une vision globale sur les enjeux environnementaux et urbains à l'échelle régionale et communale. Les fiches cas de figure offrent un outil d'analyse pour un site en particulier depuis ces caractéristiques physiques et morphologiques et le tableau décisionnel guide les programmations possibles selon une lecture croisée de l'ensemble des critères. Ces **outils d'aide à la décision** sont à bien prendre en considération en tant que "cadre à penser", sans faire l'impasse d'une contextualisation essentielle à tous les projets. Ils peuvent aussi permettre de guider les différents services et d'évaluer les priorités pour les prochains objectifs du Plan Climat.

