

Étude sur le potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris



Directrice de la publication : Dominique Alba
Étude réalisée par : Méhand Méziani et Yann-Fanch Vauléon
Sous la direction de : Christiane Blancot
Cartographie : Marie-Thérèse Besse
Photos et illustrations : Apur sauf mention contraire
Maquette : Florent Bruneau
www.apur.org

Sommaire

Introduction	1
1 / Diagnostic des toitures à Paris	3
État des lieux des toitures végétalisées à Paris	3
Étude du potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris.....	9
2 / Les objectifs de la végétalisation.....	19
Renforcement de la biodiversité et amélioration du cadre de vie des citoyens.....	20
Amélioration du confort thermique des bâtiments et lutte contre les îlots de chaleur urbain.....	23
Amélioration de la gestion des eaux pluviales.....	25
3 / Pour aller plus loin	29
4 / Annexe	35
Ressource documentaire	39

Introduction

Les toits des bâtiments constituent une composante importante du paysage de la ville dense et une valeur identitaire forte de Paris. Qu'ils soient brisés, mansardés ou plats, couverts d'ardoises, de zinc ou de gravillons, les toits parisiens reflètent l'histoire de l'architecture et les nombreux points de vue sur le vélum de la ville les rendent aisément perceptibles et identifiables.

Les nouveaux enjeux d'adaptation de la ville aux changements climatiques et de réintroduction de la nature en ville (réduction des gaz à effet de serre, valorisation des énergies renouvelables, lutte contre les îlots de chaleur urbains, renforcement de la biodiversité, etc.), invitent à reconsidérer l'approche classique de l'enveloppe du bâtiment et en particulier de la toiture. Dans le contexte parisien où le foncier devient de plus en plus rare et la demande de « nature » de plus en plus forte, les toitures plates représentent un foncier mobilisable pour faire évoluer la ville tout en tenant compte de son contexte particulier, à la fois patrimonial et paysager et des contraintes économiques d'une telle démarche.

Cette réflexion sur l'évolution de la ville prend en compte la valorisation du patrimoine existant et ouvre des voies vers des transformations futures des toits de Paris plus importantes en synergie avec la transformation du bâti parisien pour diminuer sa consommation énergétique.

L'objectif de cette étude, réalisée en relation avec la direction de l'urbanisme (DU) et de la direction des espaces verts et de l'environnement (DEVE), est de fournir à la Ville de Paris des éléments d'appréciation qui lui permettront de :

- compléter la connaissance du patrimoine existant des toitures végétalisées sur son territoire ;
- répondre à l'enjeu multiple des évolutions des toits parisiens ;
- montrer le potentiel que représentent les toitures existantes ;
- contribuer ainsi à la création des 7 hectares de toitures végétalisées inscrits dans le plan biodiversité, à l'horizon de 2020 ;
- définir des cadres pour agir.

Dans un premier temps, un diagnostic des toitures végétalisées existantes à Paris a été établi et complété d'un diagnostic des toitures terrasses présentant un fort potentiel de végétalisation. Puis, les principales contraintes techniques liées à la mise en œuvre d'un système de végétalisation sur des bâtiments existants ont été évaluées. À partir de ces éléments, les différents enjeux auxquels une politique de végétalisation des toitures à Paris serait susceptible de répondre ont été étudiés. En conclusion la question des leviers permettant d'inciter au développement des toitures végétalisées a été abordée : poursuivre et élargir la politique de création de toiture-terrasse végétalisées engagée par la ville depuis 2005, développer des outils et des partenariats avec les bailleurs sociaux, adapter les outils réglementaires pour inciter à la végétalisation des toitures existantes et à venir, mettre en place un dispositif d'incitation financière et développer des outils d'information et de communication.

1 / Diagnostic des toitures à Paris

État des lieux des toitures végétalisées à Paris

44 hectares de toitures sont végétalisées à Paris, ce qui représente une faible part de la végétalisation totale de Paris : à peine 1,4 % des espaces verts en comptabilisant les Bois (soit 3,2 % sans prendre en compte les Bois).

Ces toitures végétalisées se trouvent essentiellement dans les arrondissements périphériques (du 12^e au 20^e) avec 85 % des toitures recensées localisées dans ce secteur. Les 16^e et 19^e arrondissements sont les arrondissements les plus riches en toitures végétalisées avec respectivement 7,5 ha et 6,4 ha, et une forte proportion pour le domaine privé dans le 16^e (5,5 ha). Les quartiers centraux (du 1^{er} au 11^e) ne sont que très ponctuellement végétalisés avec seulement 15 % des toitures végétalisées de Paris.

Cette dichotomie entre centre et périphérie s'explique par plusieurs facteurs. Jusqu'aux années 1930, les toitures des immeubles parisiens, façonnées par les règlements successifs qui ont fabriqués le paysage parisien et particulièrement par celui de 1902, sont constituées quasi exclusivement de toitures en pentes sur charpente en bois ou métalliques. À partir des années 1920, l'utilisation du béton armé va favoriser la réalisation des toit-terrasses et la possibilité de leur végétalisation. Bien qu'expérimenté dès le début

du xx^e siècle, cette nouvelle technique constructive ne va dominer le monde de la construction qu'après 1945. Le toit terrasse en béton devient hégémonique dans les programmes de rénovation urbaines des années 60-70 qui touchent principalement les arrondissements périphériques de Paris permettant l'apparition de toitures végétalisées et en particulier les ensembles immobiliers du boulevard Suchet (16^e), à l'est du parc des Buttes-Chaumont notamment autour de la place des Fêtes (19^e).

Depuis 2005 la Ville de Paris a mis en place une politique de création de toitures-terrasses végétalisées pour chaque projet d'équipement public nouveau ou de réfection d'étanchéité des toitures gravillonnées des équipements publics existants. Cette approche a permis de créer plus de 4 ha de toitures végétalisées entre 2005 et 2010. Aujourd'hui, une politique de toitures végétalisées favorables à la biodiversité est mise en œuvre par la DEVE. Par exemple, une toiture végétalisée expérimentale composée essentiellement d'espèces indigènes a été mise en place au 103, avenue de France (13^e) sur 140 m². Les 15 modules installés accueillent au total 126 carrés différents par leurs supports de culture et les plantes cultivées. Son évolution est suivie afin de faire émerger des méthodes favorables à la biodiversité.

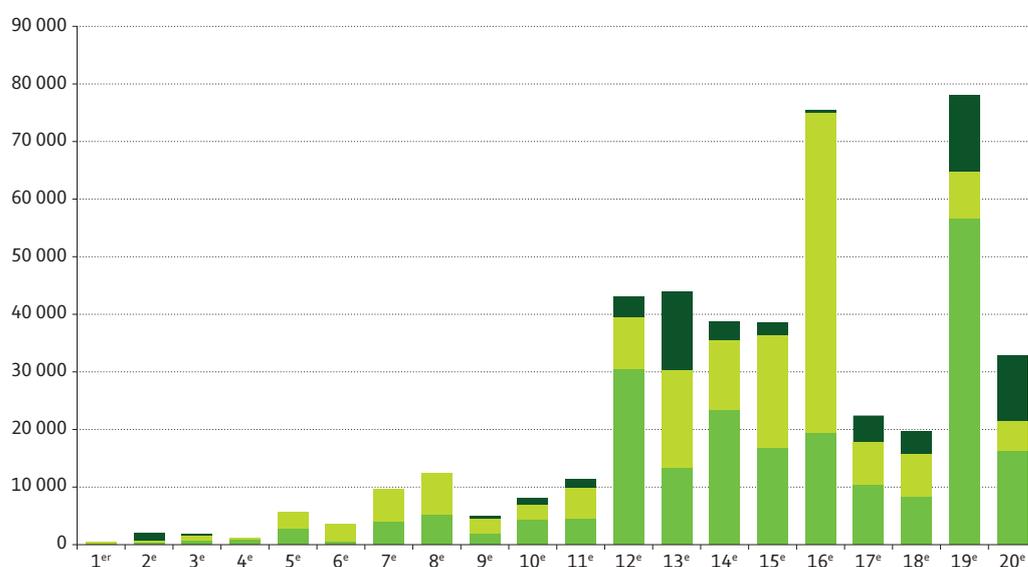


Répartition des toitures végétales par arrondissements et par types (en m²)

- Domaine Ville de Paris (substrat)
- Domaine privé (pot)
- Domaine privé (substrat)

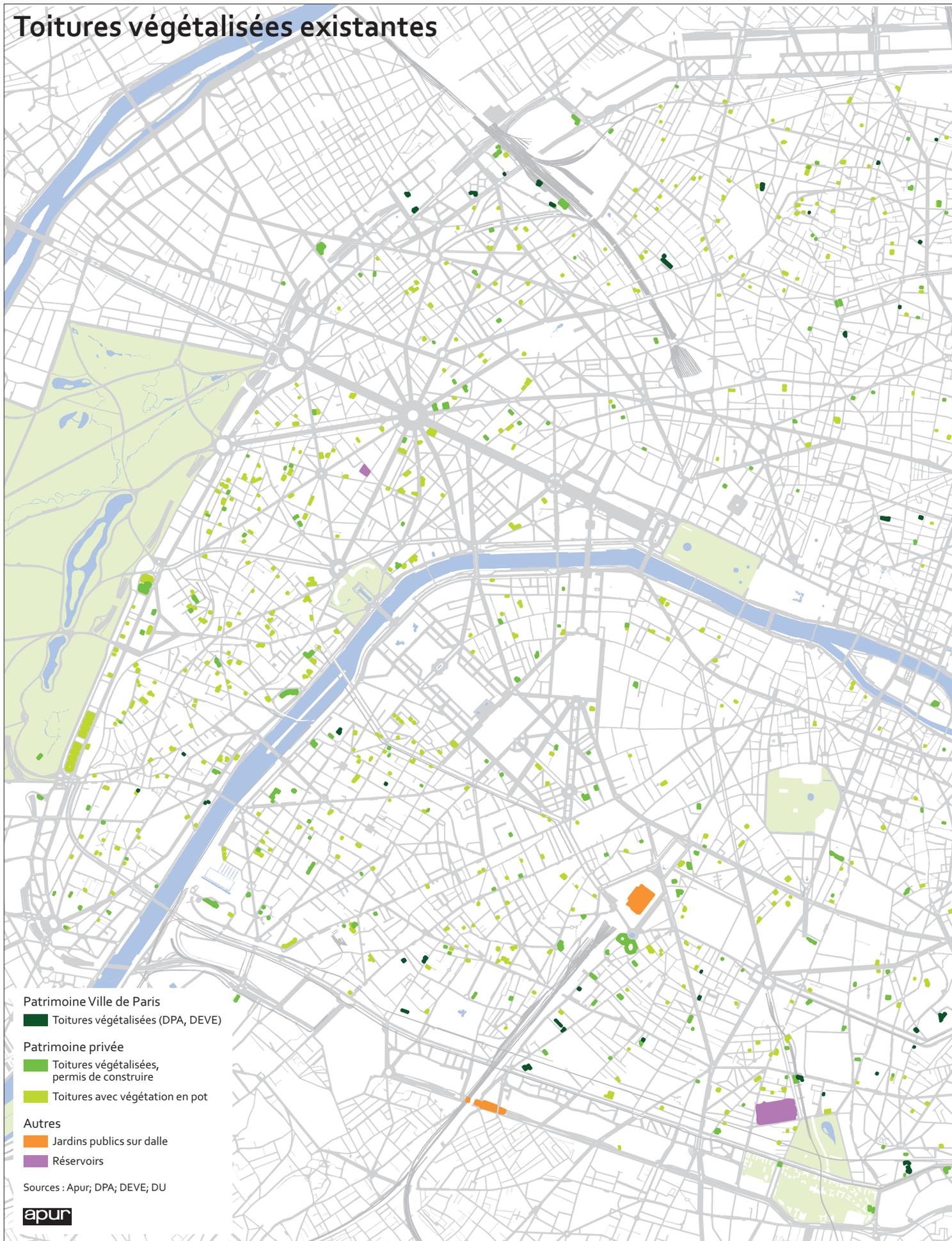
Total : **44 hectares de toitures végétalisées à Paris** (hors jardins sur dalle et réservoirs d'eau)

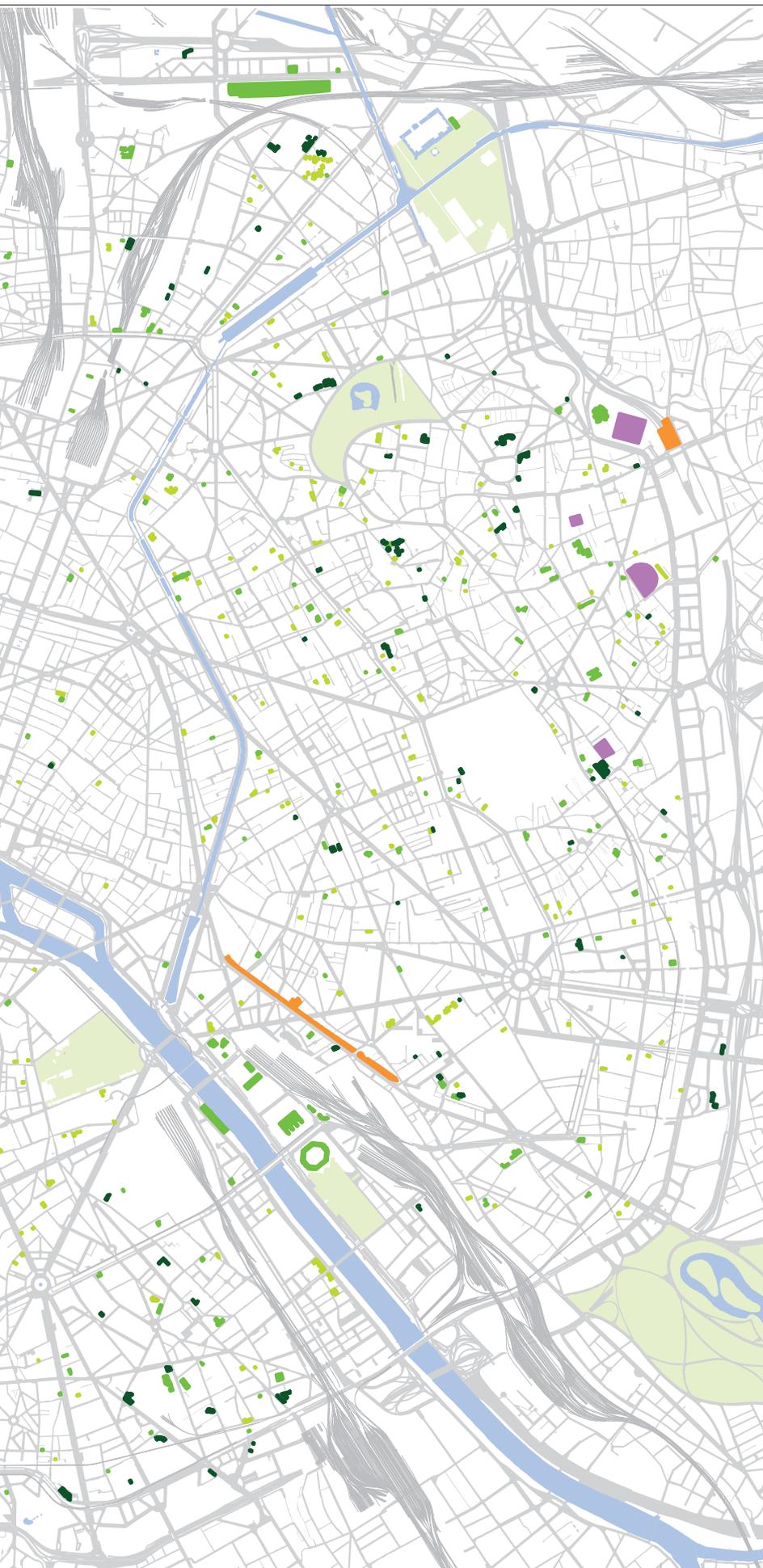
- 1,4 % de la végétalisation totale de Paris (avec les Bois) ;
- 3,1 % de la végétalisation totale de Paris (sans les Bois).



Source : Apur 2011

Toitures végétalisées existantes



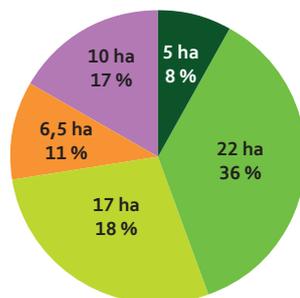


Le diagnostic des toitures végétalisées existantes est le résultat d'un croisement des données sur le patrimoine de la ville, fournies par la DPA et la DEVE, et d'un inventaire du patrimoine privé réalisé par l'Apur.

L'inventaire du patrimoine privé est réalisé par analyse de la photographie aérienne InterAtlas et des permis de construire de la base GERCO. Le traitement de l'image infrarouge (InterAtlas 2008) permet de repérer et d'isoler la strate végétale. Le croisement avec les hauteurs des bâtiments et le nivellement du terrain (MNE/MNT) permet ensuite de sélectionner la végétation située à plus de trois mètres du sol, sur des toits plats. Les erreurs liées à ce traitement automatique sont ensuite repérées et corrigées par un croisement avec l'ortho photo (2008) qui permet également de qualifier ces différentes toitures végétalisées par typologies. Enfin, l'analyse des permis de construire de la base GERCO a permis de compléter l'inventaire pour la période 2008-2011.

À partir de ces données, une cartographie a été réalisée, distinguant le patrimoine appartenant à la Ville de Paris (5 ha) et celui appartenant au domaine privé (39 ha). On distingue également les toitures végétalisées avec une couche de substrat, quelle que soit leur épaisseur, et celles végétalisées avec des plantes en pots, qu'il s'agisse de grands bacs ou de simples jardinières. Pour compléter ce panorama et prendre en compte la totalité des dalles végétalisées, deux autres types de végétalisation sont inventoriés : les jardins publics sur dalle (6,5 ha) et les réservoirs d'eau dont le toit est végétalisé (10 ha).

Répartition des toitures végétales à l'échelle de Paris, par type, incluant les réservoirs d'eau et les jardins sur dalle



- Domaine Ville de Paris (substrat)
- Domaine privé (substrat)
- Domaine privé (pot)
- Jardin sur dalle
- Réservoirs

Typologie des toitures végétalisées existantes



Toiture végétalisée avec substrat :

- végétation arbustive ;
- substrat > 20 cm ;
- entretien et arrosage régulier ;
- confort thermique ;
- rétention d'eau ;
- accès privé.



Toiture végétalisée avec pots :

- végétation arbustive ;
- substrat > 20 cm en bacs ;
- entretien et arrosage régulier ;
- pas de confort thermique ;
- faible rétention d'eau ;
- accès privé.



Toiture végétalisée en sédum :

- végétation rase ;
- substrat < 10 cm ;
- entretien et arrosage restreint ;
- faible confort thermique ;
- faible rétention d'eau ;
- pas d'accès.



Toit enherbé des réservoirs :

- végétation herbacée ;
- substrat entre 10 et 30 cm ;
- entretien et arrosage restreint ;
- confort thermique ;
- rétention d'eau ;
- pas d'accès.



Jardin de la couverture du Boulevard périphérique, porte des Lilas :

- végétation de jardin ;
- substrat > 30 cm en bacs ;
- entretien et arrosage régulier ;
- confort acoustique ;
- rétention d'eau ;
- accès public.



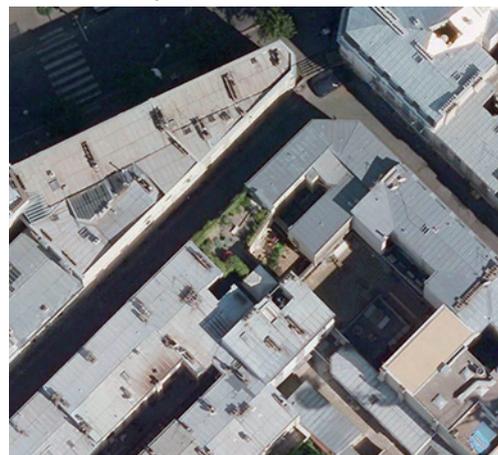
Jardin de la couverture des voies de la gare Montparnasse :

- végétation de jardin ;
- substrat > 30 cm en bacs ;
- entretien et arrosage régulier ;
- confort acoustique ;
- rétention d'eau ;
- accès public.

Quelques exemples de transformation de toitures traditionnelles parisiennes



7 rue du Cygne, 1^{er}



24bis passage Cardinet, 17^e

Toiture en pente (zinc) transformée avec l'installation d'une terrasse accessible (lieu de vie) et d'une végétalisation

Répartition des toitures végétalisées par arrondissement

	Végétation en pot		Substrat	
	Surface en m ²	Nombre	Surface en m ²	Nombre
1 ^{er}	57,59	1	278,27	1
2 ^e	53,80	1	1 910,22	6
3 ^e	862,46	3	848,00	4
4 ^e	212,74	2	1 659,32	9
5 ^e	2 932,84	18	3 237,77	10
6 ^e	2 996,41	10	1 131,63	7
7 ^e	5 732,87	30	3 936,80	14
8 ^e	7 129,88	14	7 123,23	19
9 ^e	2 716,84	14	2 809,32	18
10 ^e	2 737,77	16	6 377,28	21
11 ^e	5 175,32	32	6 415,55	35
12 ^e	8 769,04	24	54 464,54	68
13 ^e	16 992,76	32	30 151,75	73
14 ^e	12 134,61	48	100 400,49	67
15 ^e	19 730,91	85	32 936,25	66
16 ^e	55 653,40	165	24 334,79	60
17 ^e	7 388,81	46	21 360,62	39
18 ^e	7 700,09	40	15 006,00	51
19 ^e	8 167,75	54	152 902,93	58
20 ^e	5 212,86	40	61 372,82	93
Total	172 358,76	675	528 657,60	719

L'école Agro Paris Tech (Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement) a transformé son toit sur une surface de 600 m² pour y mener des expérimentations et tester des solutions innovantes destinées à cultiver de façon durable en milieu urbain. Le niveau de pollution dans les fruits et légumes fait partie des éléments analysés. Il ressort que les taux de métaux lourds

dans les légumes sont de 10 à 100 fois inférieurs à ceux fixés par la réglementation européenne. L'association Potager sur le toit, à l'origine de ce projet, souhaite planter à différents endroits dans Paris, notamment près du boulevard périphérique pour mesurer plus précisément l'impact de la pollution sur les cultures en toitures à Paris.

Étude du potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris

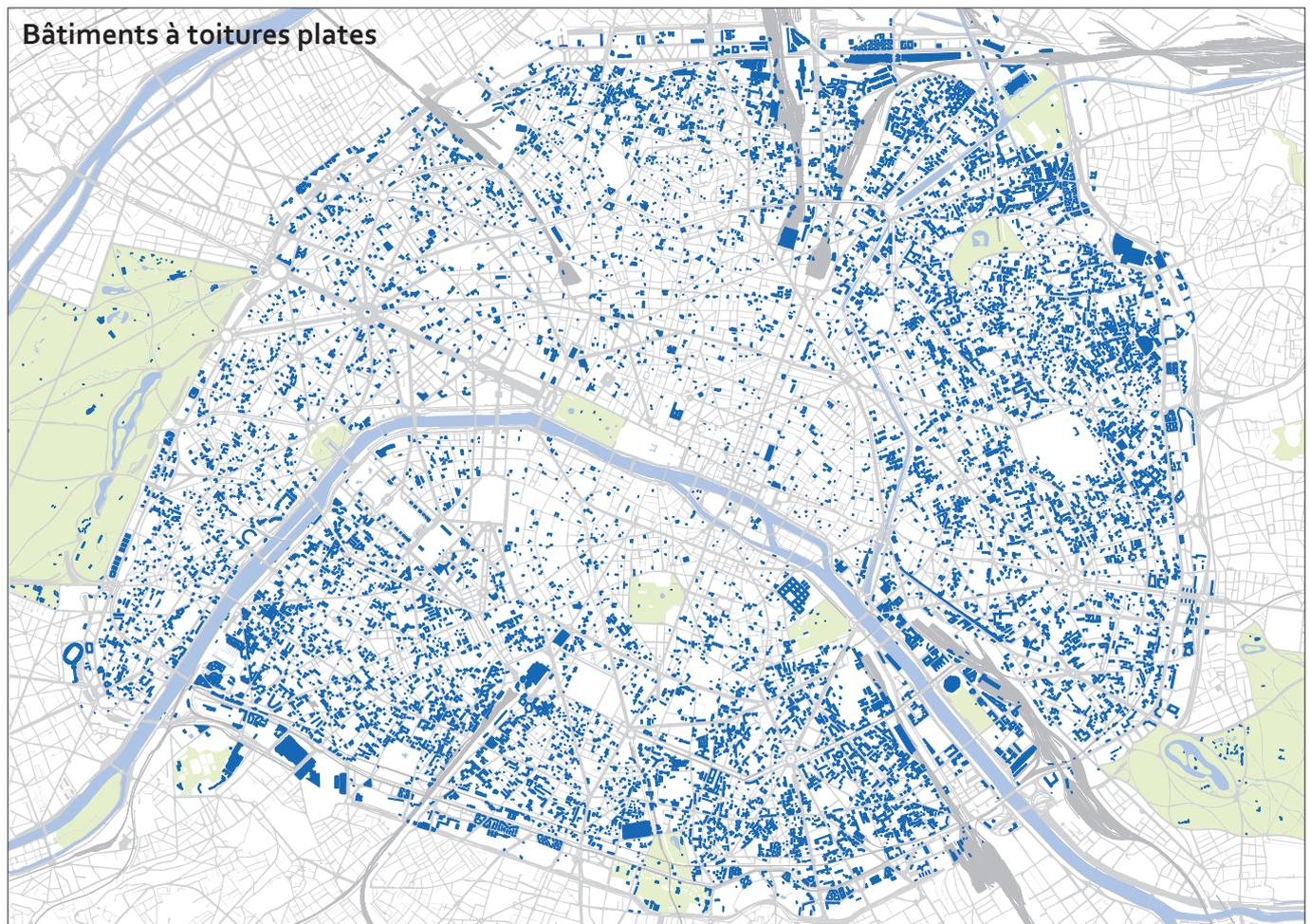
La toiture-terrasse a commencé à se développer au début du XX^e siècle avec l'évolution des techniques constructives liée notamment à l'apparition du ciment armé. Ces toitures devaient, comme le suggérait Eugène Hénard, permettre d'installer sur les toits des bâtiments des jardins fleuris et des treillages verdoyants. Après la deuxième guerre mondiale, la construction en hauteur se développe avec la généralisation de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) qui permet également d'épaissir les bâtiments. Cela a marqué le début de la généralisation des toitures terrasses dans le paysage parisien notamment après les années 1970 avec l'amélioration des solutions techniques et l'arrivée des membranes d'étanchéité légères et résistantes à la pénétration racinaire.

460 hectares de toitures plates non végétalisées ont été recensées à Paris, d'après le traitement des données sur le bâti parisien. Ce potentiel brut des toitures plates et minérales à Paris est majoritairement concentré dans les arrondissements périphériques et particulièrement à l'est et au sud.

À partir de ce potentiel brut, une analyse fine du revêtement et de l'encombrement des toits a permis d'isoler **un patrimoine de 80 hectares de toitures plates présentant un fort potentiel de végétalisation**, soit des toitures plates de plus de 200 m², offrant une pente inférieure à 2 %, présentant un revêtement de surface laissant supposer une structure porteuse en béton et un encombrement minimal. Sa répartition sur le territoire parisien révèle une forte concentration dans les arrondissements périphériques (du

12^e au 20^e) avec 80 % de l'ensemble des toitures recensées. Le 15^e arrondissement est le plus riche en toitures terrasses à fort potentiel avec 13,3 ha soit 17 % du patrimoine total recensé. Les quartiers centraux (du 1^{er} au 11^e) jouissent d'un patrimoine plus réduit, avec 16,3 ha au total, constitué majoritairement de surfaces inférieures à 500 m². Les 1^{er}, 2^e, 3^e et 9^e arrondissements sont les plus pauvres, avec un potentiel de moins d'1 ha chacun.

La rareté des toitures plates dans les quartiers centraux les rend d'autant plus importantes qu'il s'agit des quartiers les plus denses et les plus minéraux. C'est en effet le secteur le plus déficitaire en espace verts de Paris qui couvre 27 % du territoire (hors bois). Il présente une densité bâtie très forte. 60 % du territoire de ce secteur est occupé par des bâtiments contre 40 % environ en moyenne à Paris.

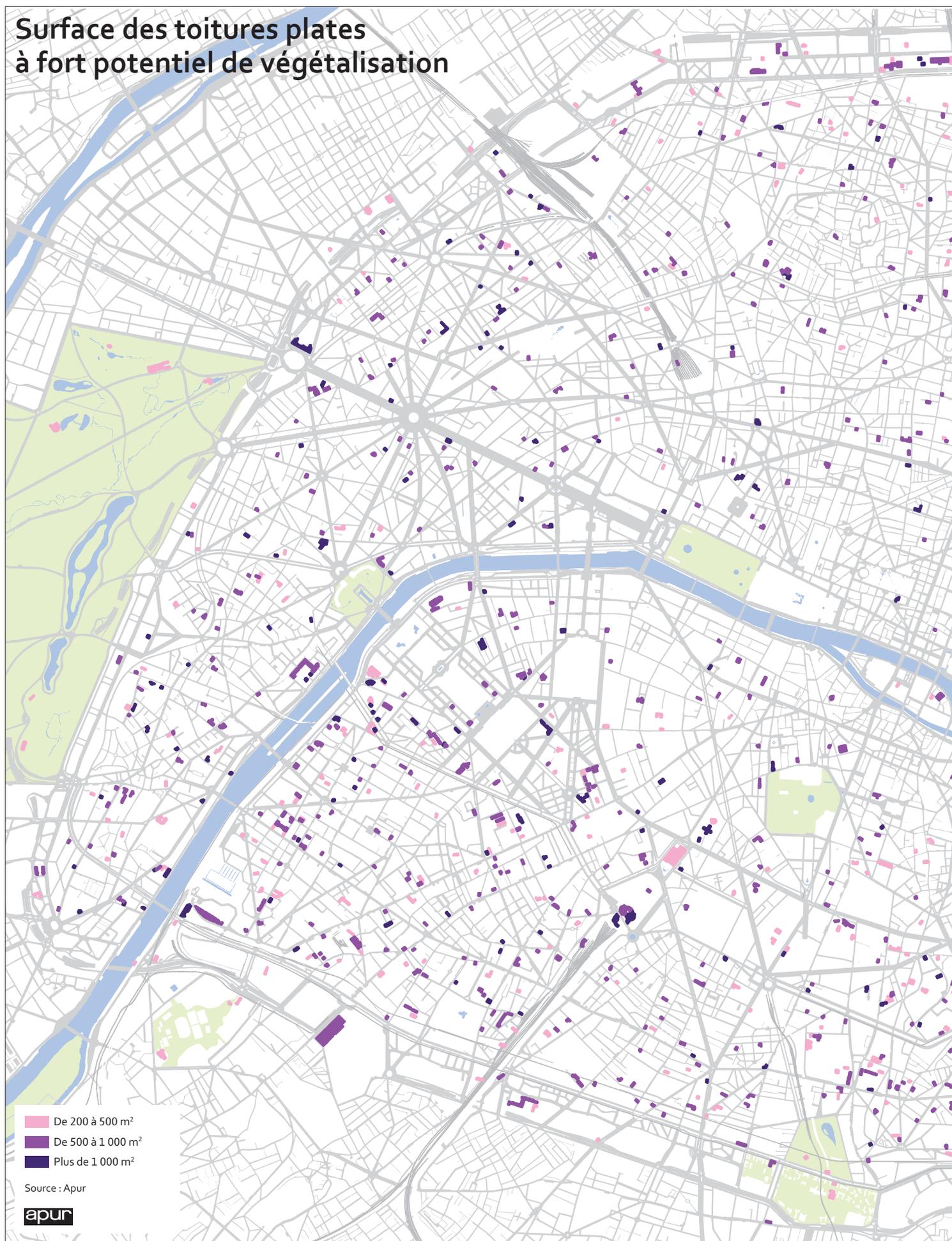


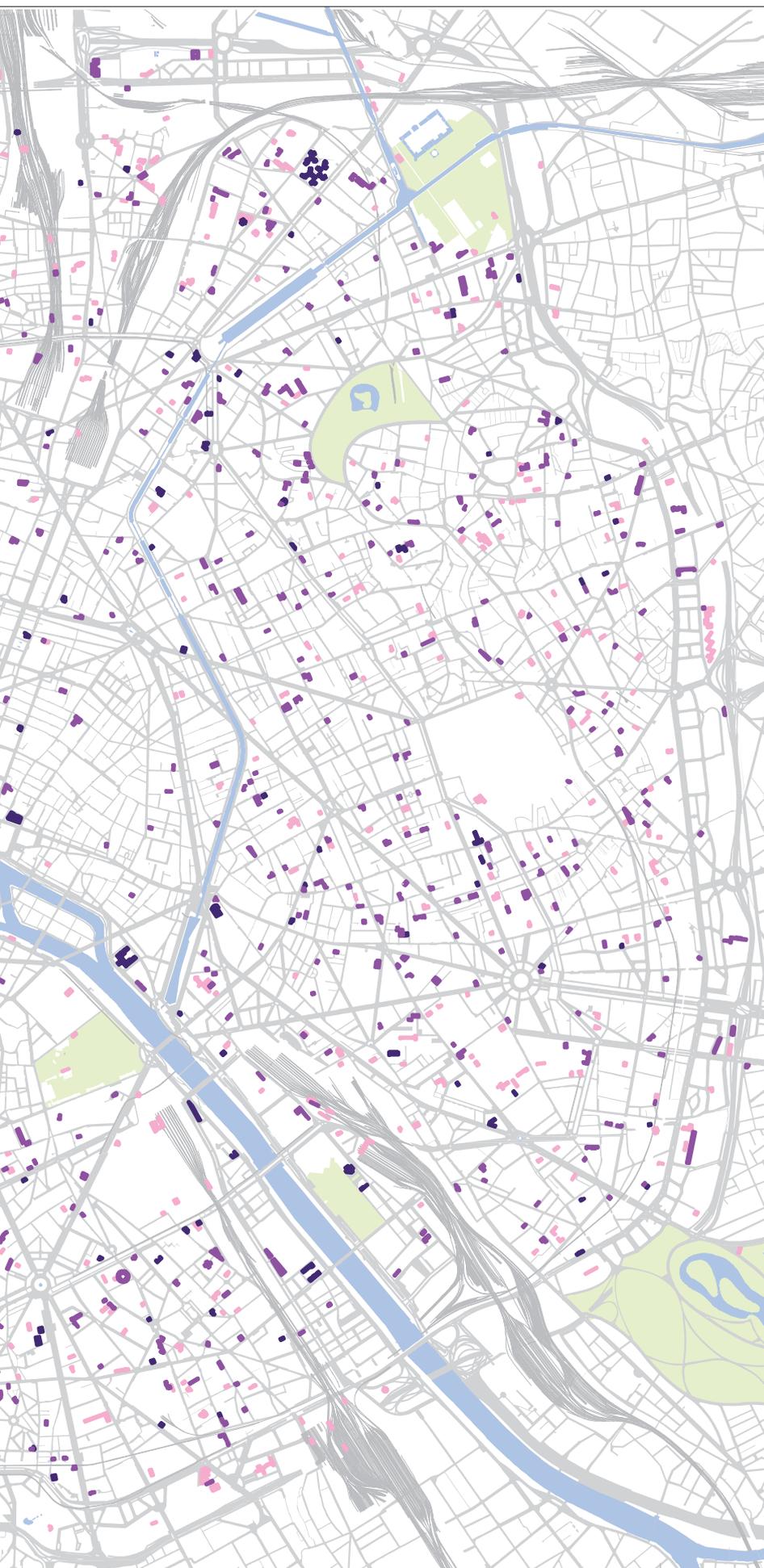
■ Toitures plates minérales

Source : Apur

apur

Surface des toitures plates à fort potentiel de végétalisation

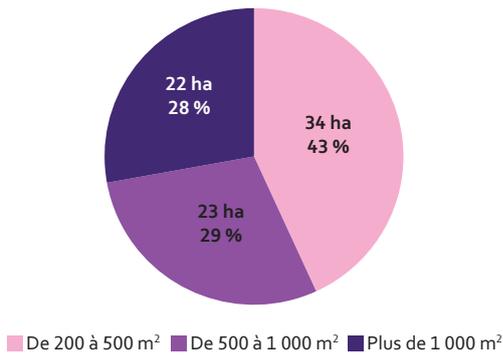




L'identification des toitures plates à Paris repose sur l'analyse du fichier des hauteurs de bâtiment (MNE), pour isoler les toitures présentant une pente inférieure à 2 %. Ce résultat est ensuite croisé avec l'interprétation de l'image proche infrarouge qui permet d'isoler les revêtements de toiture par classe de couleur (béton, graviers). Ce croisement permet de faire ressortir le potentiel brut des toitures terrasses à Paris.

- Rappel :
- 460 ha brut de toitures plates non végétalisées ;
 - 44 ha de toitures végétalisées existantes (privés et publics) ;
 - 80 ha de toitures plates à fort potentiel de végétalisation.

Répartition des toitures à fort potentiel, par surfaces, à l'échelle de Paris



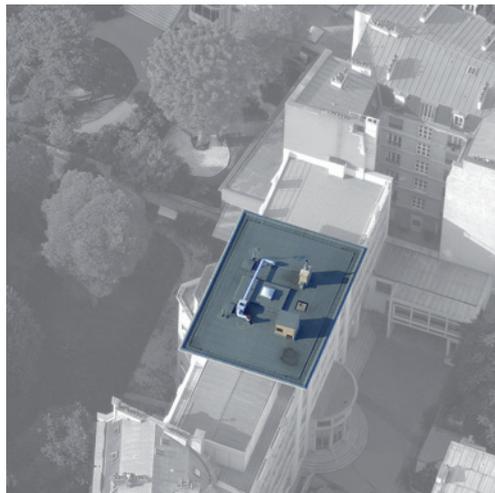
Typologie des toitures plates

Potentiel faible



Matériaux peu résistants : zinc, verre, etc.

© ph.guignard@air-images.net



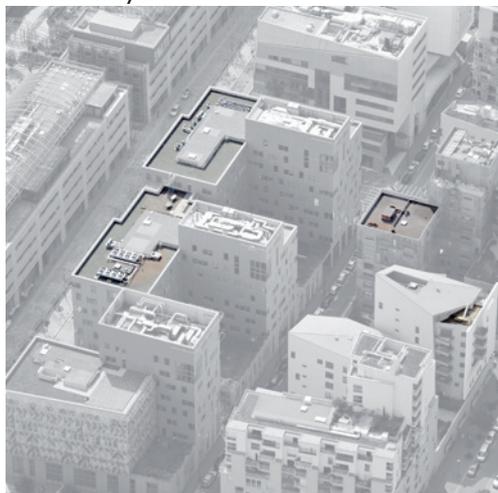
Toits fortement encombrés

© ph.guignard@air-images.net

Des toits à potentiel « faible »

Cette catégorie regroupe toutes les toitures présentant des matériaux incompatibles avec un projet de végétalisation (verrières) ou visiblement peu résistants à la surcharge représentée par la mise en œuvre d'une toiture végétalisée (tôle et zinc), ainsi que toutes les toitures fortement encombrées, notamment par les systèmes techniques liés au fonctionnement du bâtiment. Ces toitures sont donc jugées peu adaptées à recevoir un projet de végétalisation.

Potentiel moyen



Revêtement indicatif d'une dalle béton (gravier...)

© ph.guignard@air-images.net



Toits moyennement encombrés

© ph.guignard@air-images.net

Des toits à potentiel « moyen »

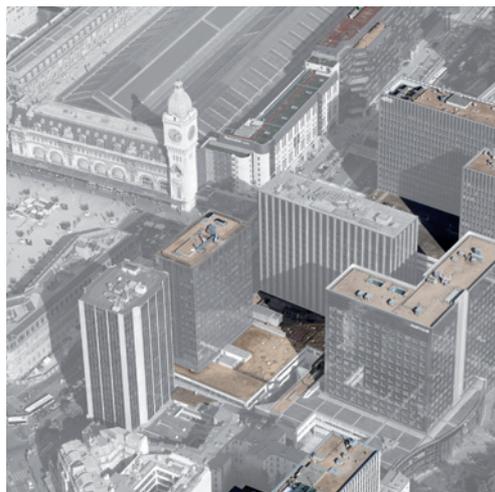
Cette catégorie regroupe les toitures présentant un revêtement visiblement adapté à l'installation d'un complexe de végétalisation (gravier, étanchéité nue, etc.) mais leur encombrement ou leur volumétrie ne facilite pas sa mise en œuvre. Ce type de toitures a été exclu de cette étude car elles présentent une somme de contraintes de mise en œuvre qui réduisent ou limitent leur intérêt dans une première phase de développement de la végétalisation des toitures plates existantes à Paris.

Potentiel fort



Revêtement indicatif d'une dalle béton (gravier...)

© ph.guignard@air-images.net



Toits faiblement encombrés

© ph.guignard@air-images.net

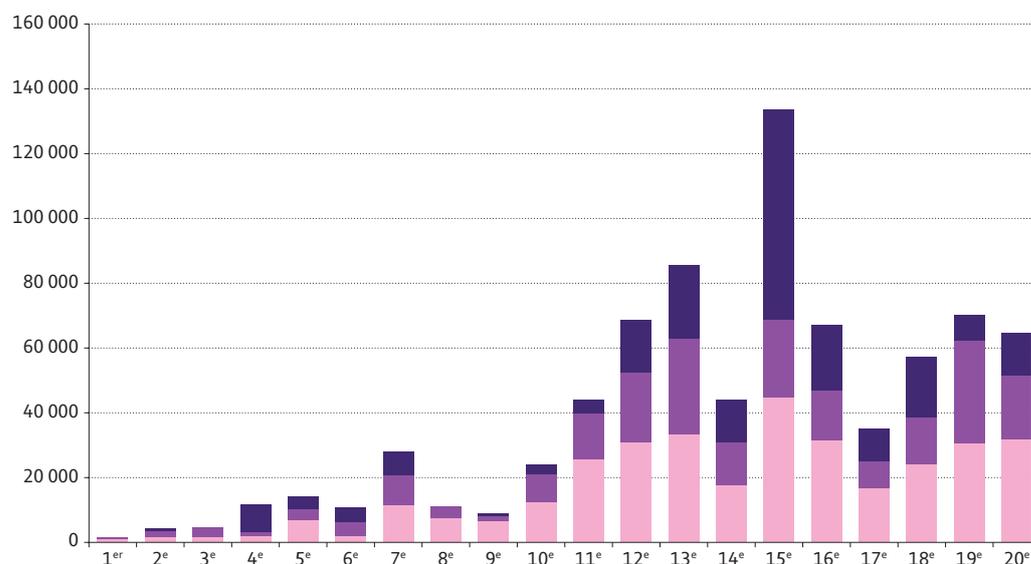
Des toits à potentiel « fort »

Cette catégorie regroupe l'ensemble des toitures plates présentant une surface dégagée et dont le matériau de structure est principalement une dalle en béton armé avec une couche de graviers pouvant a priori supporter la surcharge représentée par la mise en œuvre d'un complexe de végétalisation. Ces toitures représentent un patrimoine de 80 hectares qui constitue le champ de cette étude.

Répartition de toitures plates à potentiel par arrondissements et par surface (en m²)

- De 200 à 500 m²
- De 500 à 1 000 m²
- Plus de 1 000 m²

Total : **80 hectares** de toitures à fort potentiel à Paris
 • **78 %** dans les arrondissements périphériques dont **16 %** dans le 15^e arrondissement.

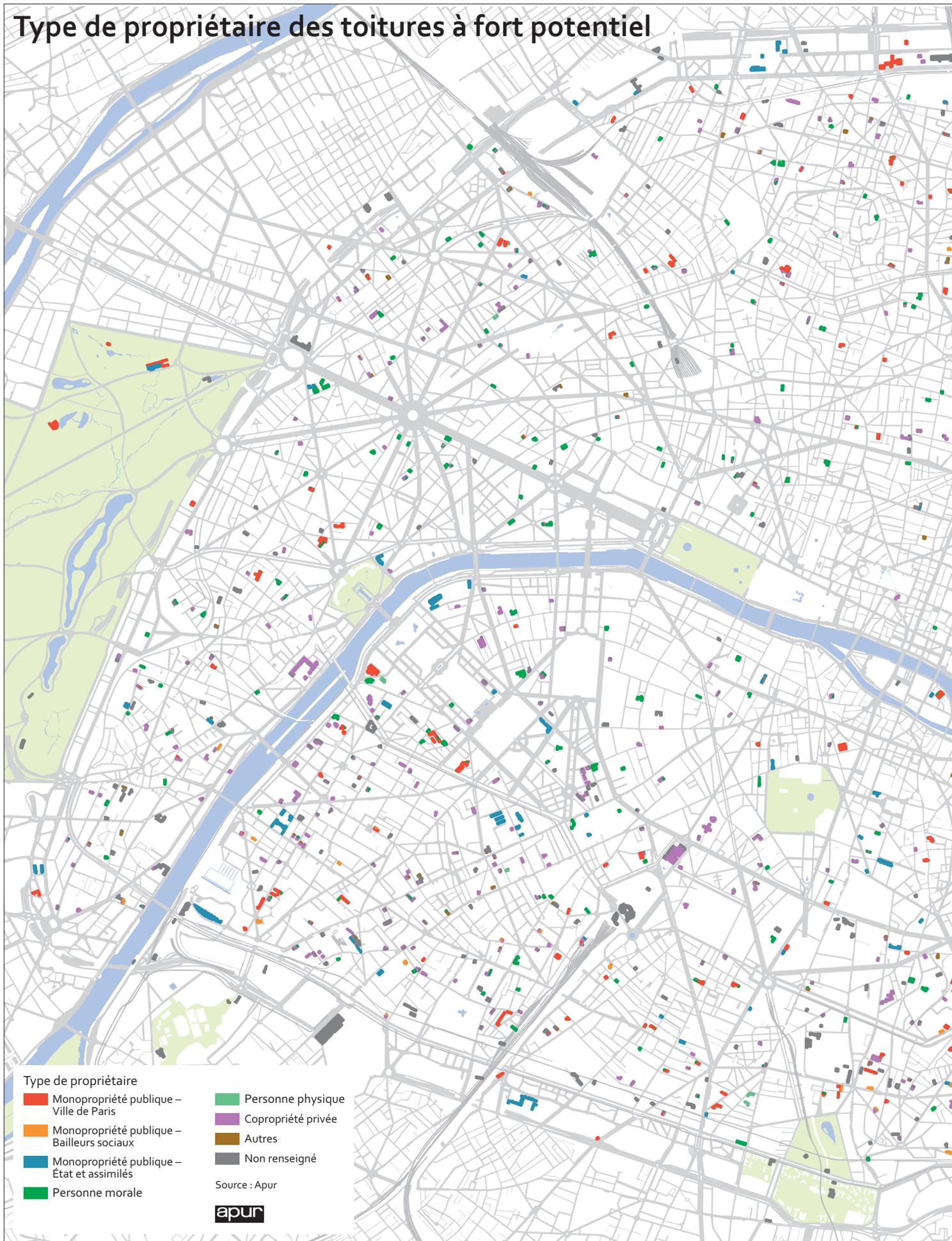


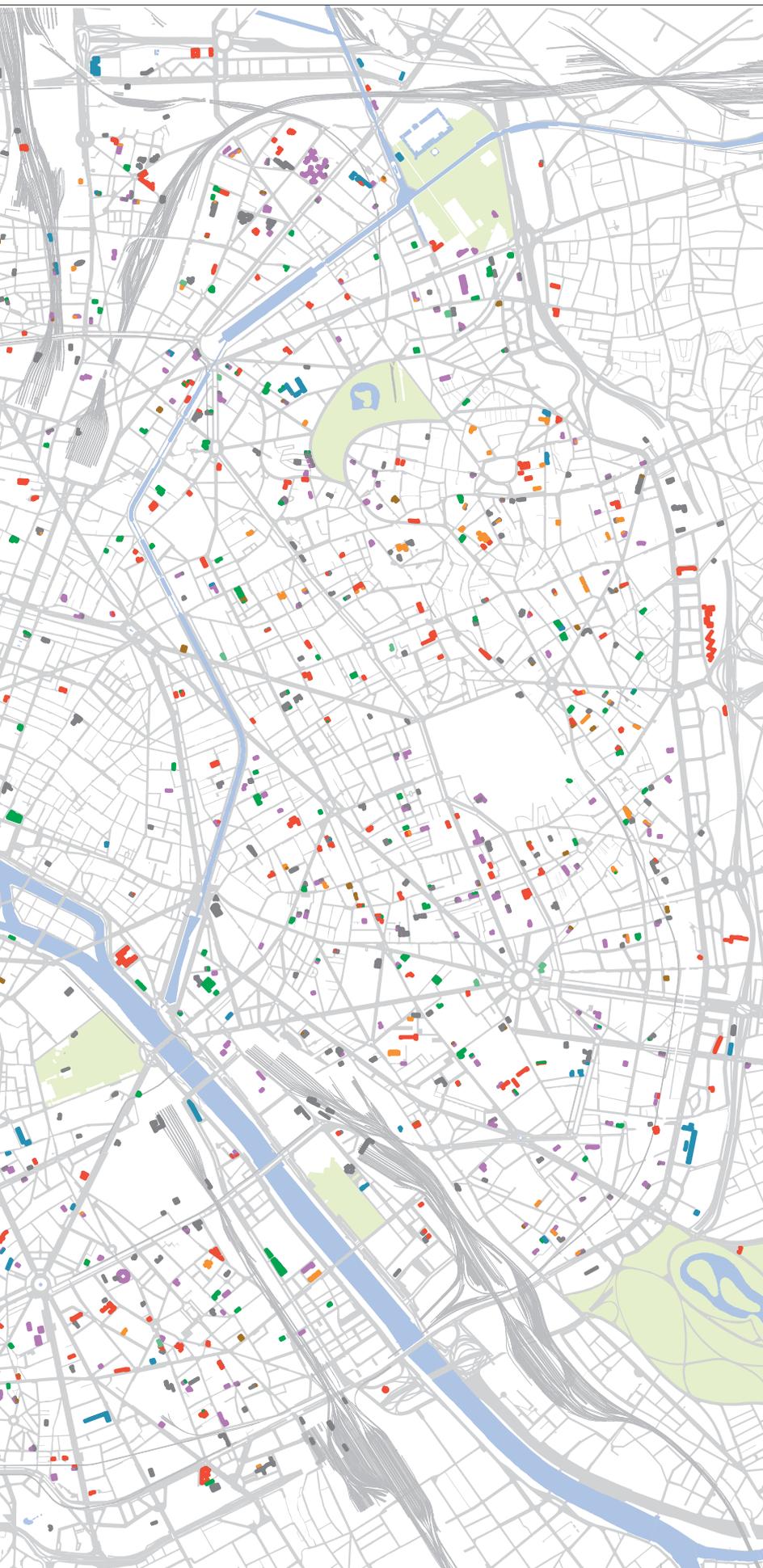
Source : Apur 2011

Répartition des toitures plates à fort potentiel par arrondissement

	Potentiel végétal 200 à 500 m ²		Potentiel végétal 500 à 1 000 m ²		Potentiel végétal plus de 1 000 m ²		Total
	Surface en m ²	Nombre de terrasses	Surface en m ²	Nombre de terrasses	Surface en m ²	Nombre de terrasses	
1 ^{er}	1 121,30	3,00	564,95	1,00	0,00	0,00	1 686,25
2 ^e	1 629,66	5,00	1 702,71	2,00	1 090,26	1,00	4 422,63
3 ^e	1 748,93	6,00	2 981,05	5,00	0,00	0,00	4 729,98
4 ^e	1 990,44	7,00	1 323,19	2,00	8 262,56	3,00	11 576,18
5 ^e	7 052,76	24,00	3 370,33	5,00	3 595,81	2,00	14 018,90
6 ^e	2 102,88	8,00	4 164,64	6,00	4 677,91	3,00	10 945,43
7 ^e	11 354,85	36,00	9 192,96	13,00	7 522,78	4,00	28 070,59
8 ^e	7 880,49	26,00	3 350,87	5,00	0,00	0,00	11 231,36
9 ^e	6 752,32	23,00	1 254,13	2,00	1 036,88	1,00	9 043,33
10 ^e	12 398,22	36,00	8 858,17	12,00	2 797,26	2,00	24 053,65
11 ^e	25 680,31	82,00	13 982,51	20,00	4 363,22	3,00	44 026,05
12 ^e	30 945,30	96,00	21 264,40	30,00	16 171,19	10,00	68 380,88
13 ^e	33 136,07	108,00	29 852,29	42,00	22 428,62	12,00	85 416,98
14 ^e	17 652,26	58,00	13 315,36	19,00	12 852,99	7,00	43 820,62
15 ^e	44 580,88	142,00	24 333,87	34,00	64 566,87	21,00	133 481,62
16 ^e	31 251,64	98,00	15 693,75	24,00	20 426,94	13,00	67 372,32
17 ^e	16 860,13	55,00	7 829,72	12,00	10 302,77	6,00	34 992,62
18 ^e	24 227,11	76,00	14 476,75	20,00	18 669,09	9,00	57 372,95
19 ^e	30 746,62	97,00	31 453,47	45,00	7 931,85	4,00	70 131,94
20 ^e	31 565,91	98,00	19 860,85	30,00	13 021,18	9,00	64 447,93
Paris	340 678,06	1 084,00	228 825,98	329,00	219 718,17	110,00	789 222,21

Type de propriétaire des toitures à fort potentiel





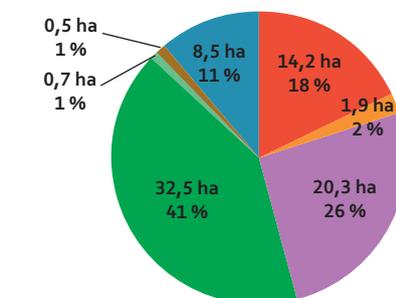
Le fort potentiel de toitures plates végétalisables est constitué de plus de 3 000 bâtiments dont les toitures couvrent une superficie de 80 hectares.

Le croisement de ce potentiel avec la typologie des propriétés foncières a permis de distinguer les principaux groupes de propriétaires. Parmi eux se distinguent les monopropriétés publiques de la Ville de Paris et des bailleurs sociaux qui constituent un levier d'action privilégié pour poursuivre l'action publique en matière de végétalisation des toitures.

Le patrimoine Ville de Paris est réparti de façon relativement homogène sur l'ensemble du territoire, à l'exception des quartiers centraux. Le patrimoine des bailleurs sociaux est quant à lui fortement concentré sur les 12^e, 13^e et 20^e arrondissements, plus faiblement sur les 15^e et 18^e, et plus rarement sur les autres arrondissements parisiens.

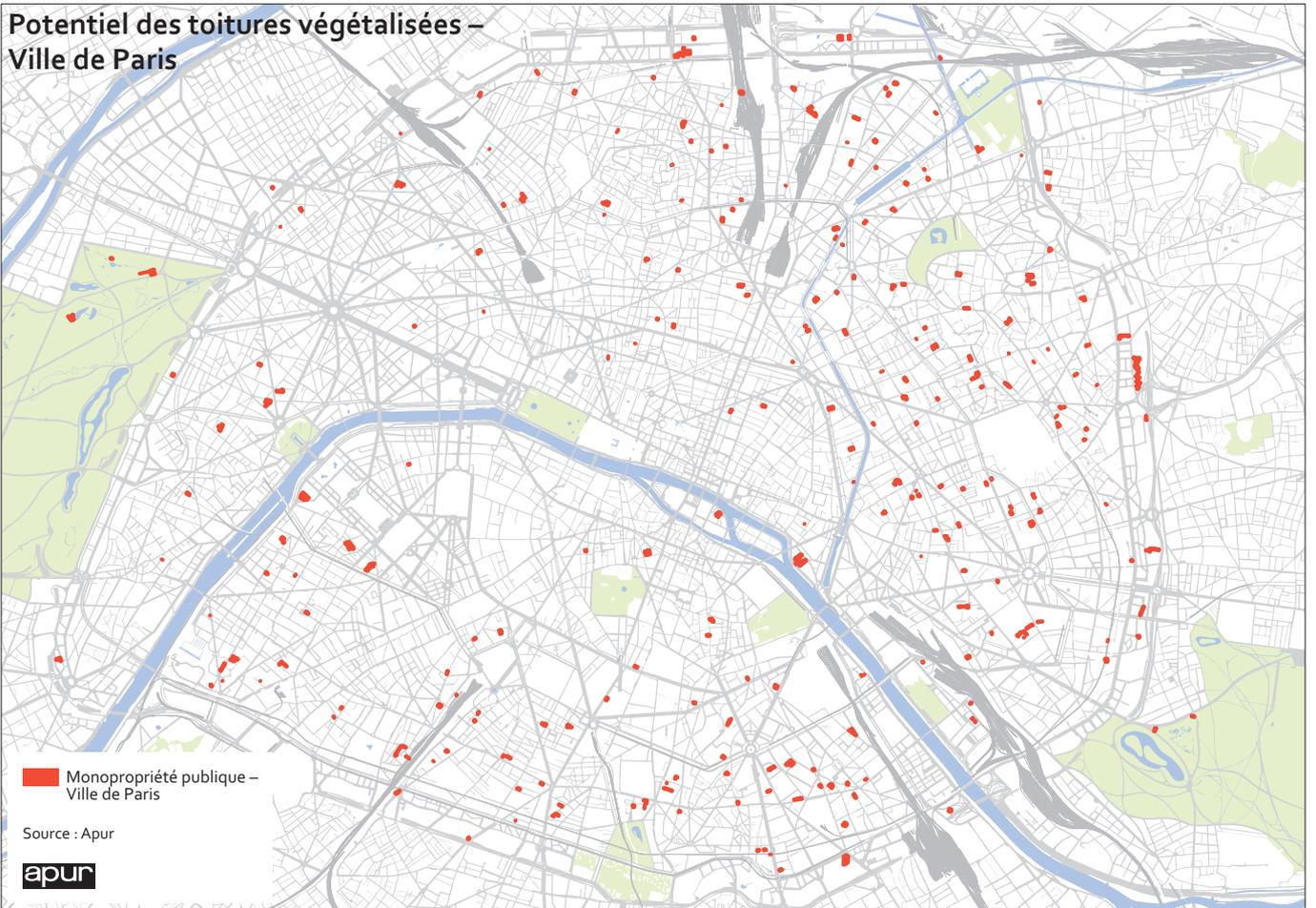
L'approfondissement de l'analyse des 337 terrasses (14 hectares) du domaine de la ville et des 99 toitures (2 hectares) des bailleurs sociaux permettra de cibler avec précision, arrondissement par arrondissement, l'ensemble des toitures pouvant faire l'objet d'un programme de végétalisation dans le cadre des objectifs inscrit dans le plan biodiversité de la Ville de Paris.

Répartition des toitures à fort potentiel, par type de propriétaire

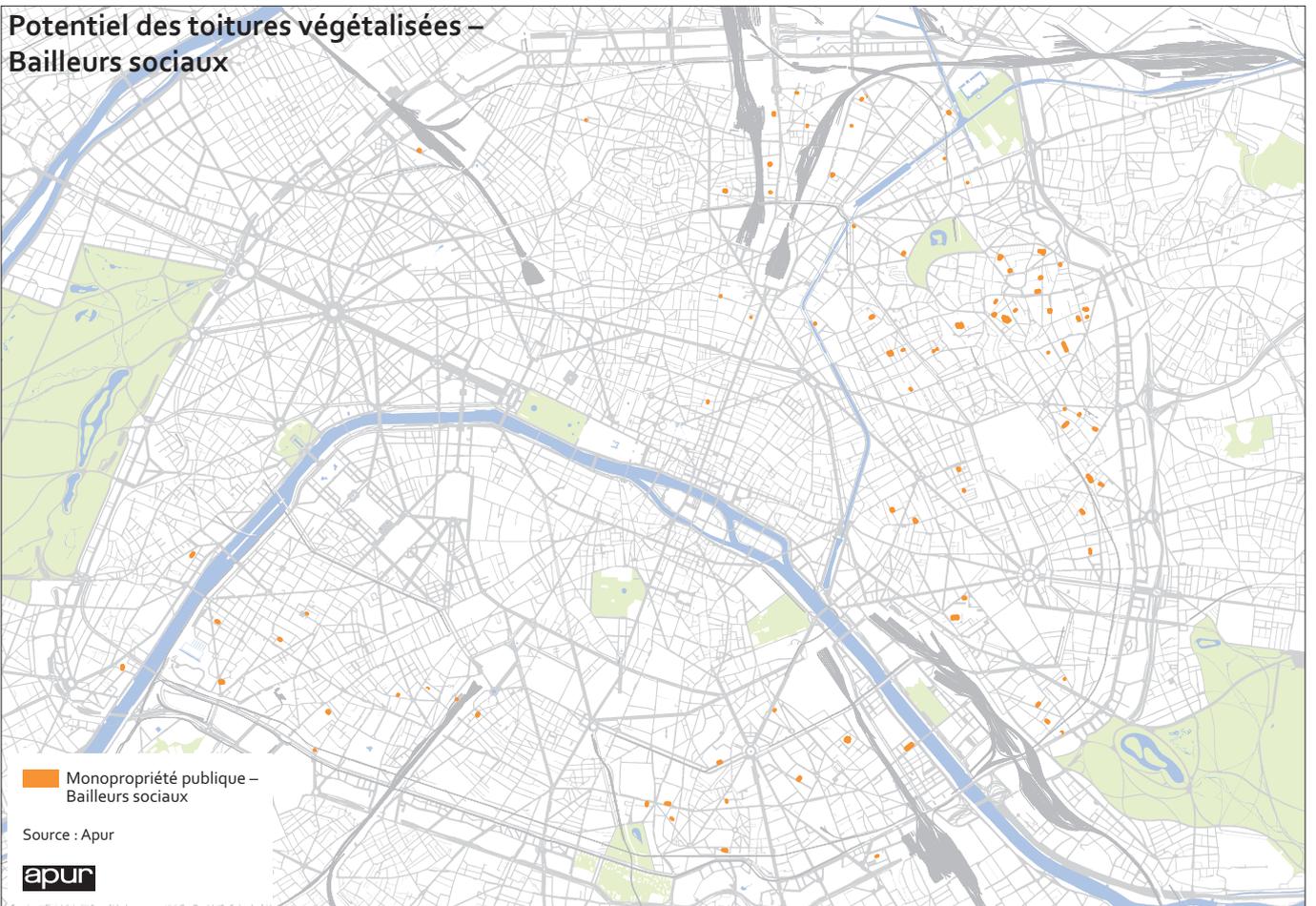


- États assimilés
- Ville de Paris
- Bailleurs sociaux
- Copropriété privé
- Personne morale
- Personne physique
- Autres

Potentiel des toitures végétalisées – Ville de Paris



Potentiel des toitures végétalisées – Bailleurs sociaux



Exemples de toiture à fort potentiel, propriété Ville de Paris



Collège Beaumarchais, 11^e



Bibliothèque municipale de la Goutte-d'Or, 18^e

Exemples de toiture à fort potentiel, propriété bailleurs sociaux



Rues Kuss / Brillat Savarin, 13^e



Rue de Charonne, 11^e

Répartition des toitures par propriétaire et arrondissement

	Ville de Paris		Bailleurs sociaux		États et assimilés		Autres	
	Surface en m ²	Nb.	Surface en m ²	Nb.	Surface en m ²	Nb.	Surface en m ²	Nb.
1 ^{er}							1 686,25	11
2 ^e	0,28	2	1,15	1	0,02	1	4 421,14	20
3 ^e	841,39	2					3 888,58	26
4 ^e	5 591,65	3			616,43	2	5 368,16	30
5 ^e	1 672,10	6			5 913,40	9	6 433,46	49
6 ^e	2 172,05	2			766,60	3	8 006,80	37
7 ^e	253,08	1			6 710,84	5	21 106,62	114
8 ^e	921,79	3			247,11	1	11 055,09	74
9 ^e	1 555,60	5			243,84	1	7 600,48	55
10 ^e	7 153,72	18	345,76	4	0,50	3	16 989,44	94
11 ^e	10 896,37	36	1 097,12	12	0,11	1	31 874,97	235
12 ^e	8 215,99	22	2 043,77	6	13 449,96	20	45 295,26	229
13 ^e	16 773,37	41	3 587,74	11	6 778,65	9	57 841,21	265
14 ^e	6 954,62	23	267,99	2	5 732,02	8	30 030,62	152
15 ^e	17 804,90	29	1 306,27	9	16 481,51	21	94 519,96	376
16 ^e	10 023,63	20	266,62	3	9 372,54	11	47 709,51	262
17 ^e	4 585,46	15	218,90	2	1 063,56	3	29 124,68	157
18 ^e	13 983,48	27	734,78	9	8 775,84	15	33 878,78	180
19 ^e	12 894,48	41	2 737,69	15	8 114,72	17	46 385,00	231
20 ^e	19 465,30	41	6 858,82	25	676,75	2	37 447,02	220
Total	141 759,26	337	19 466,61	99	84 944,40	132,00	540 663,03	2 817

2 / Les objectifs de la végétalisation

La Ville de Paris a inscrit, à travers le Plan Climat, le Livre Bleu et le Plan Biodiversité, ses ambitions en termes de préservation de l'environnement et du cadre de vie des parisiens.

La végétalisation des 80 ha de toitures terrasses recensées ici permettrait de participer activement à la mise en œuvre de certaines de ces actions telles que :

- une nouvelle offre en jardin pour les habitants ;
- la mise en place de nouvelles stratégies de gestion des eaux pluviales ;
- la réduction des gaz à effet de serre ;
- la réduction de la consommation énergétique des bâtiments ; le développement des énergies renouvelables ;
- la lutte contre les îlots de chaleur urbains ;
- la création de 7 hectares nouveaux de toitures végétalisées sur l'ensemble du territoire parisien, dont au moins 15 nouveaux jardins en terrasse (à condition de satisfaire aux capacités de surcharge requises) ;
- le renforcement du maillage vert du territoire parisien ;
- le renforcement des capacités d'accueil de la biodiversité sur les bâtiments ;
- la préservation et la création d'espaces refuges sur l'ensemble du territoire parisien ;
- la création de 40 nouvelles mares ou milieux humides sur l'ensemble du territoire parisien.

Jardin associatif sur le toit du gymnase des Vignolles, 89-91 rue des Haies, 20^e



Le Jardin sur le Toit est un jardin partagé de 800 m² inauguré au printemps 2009 sur le toit du gymnase des Vignolles. L'association La Fayette Accueil accueille des riverains et des personnes dans le cadre d'un parcours d'insertion, permettant de cultiver des projets de vie visant à une meilleure insertion sociale et/ou professionnelle et d'éduquer à l'environnement.

© G. Picard

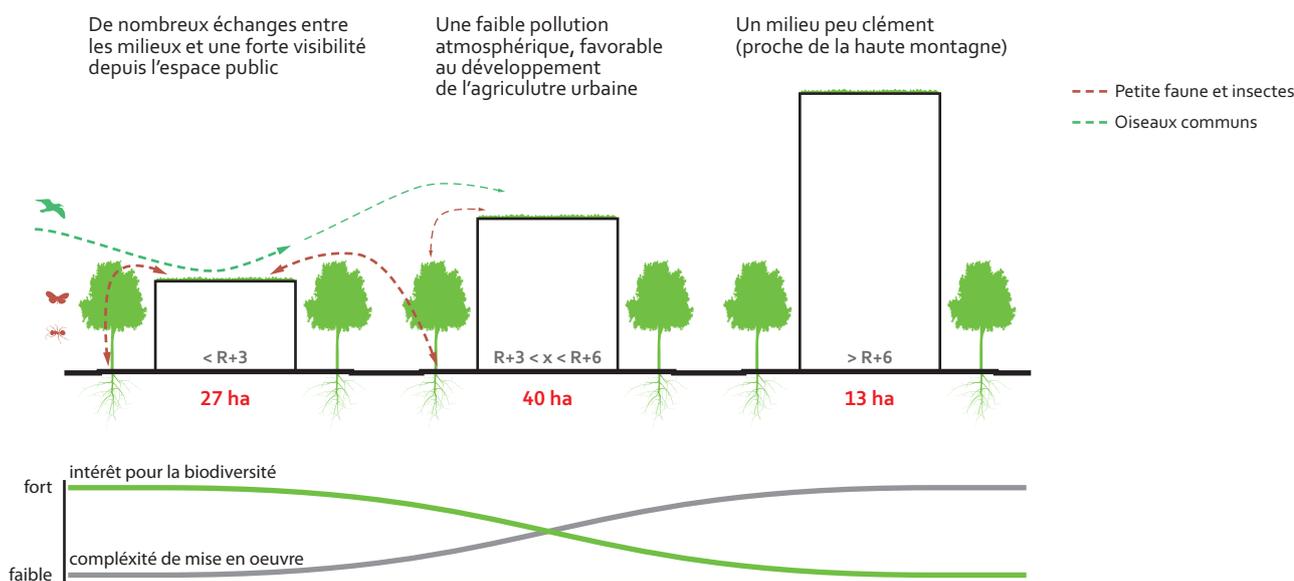
Renforcement de la biodiversité et amélioration du cadre de vie des citoyens

D'un point de vue biologique, les toitures conventionnelles sont des zones désertiques. Leur verdissement extensif peut créer une compensation écologique qui revêt une grande importance pour la protection de la nature et des espèces (Stephan Brenneisen, 2003). **Les 80 ha de toitures plates** recensées par cette étude sur l'ensemble du territoire parisien représentent un foncier peu sollicité et par conséquent mobilisable (sous réserve d'une

étude faisabilité au cas par cas) pour agir en faveur de **plus de nature en ville**, dans le cadre de la politique de préservation de la biodiversité à Paris.

Agir pour plus de nature, c'est aussi donner aux habitants la possibilité de disposer de nouveaux espaces accueillants pour se ressourcer, et développer de nouveaux usages en lien avec la nature.

Principes d'échanges entre les milieux, au sein de la trame verte urbaine



Renforcer le maillage vert du territoire parisien

Les espaces verts ne sont pas seulement de taille réduite dans les milieux urbains denses comme Paris, ils sont également très isolés et éparpillés. Or en ville, les conditions requises pour une mise en réseau de ces espaces sont difficiles à réunir. Les toitures végétales ont par conséquent un rôle majeur à jouer dans la constitution des trames vertes et bleues en milieu urbain, en constituant un vaste réseau de « pas-japonais » réparti sur l'ensemble du territoire et en constituant autant d'espaces refuges précieux pour de nombreuses espèces végétales et animales dans des secteurs dépourvus de végétation. La végétalisation des toitures doit être pensée en complémentarité avec les enjeux mis en relief par le SRCE et le SDRIF, ainsi :

- à proximité des corridors alluviaux en contextes urbains (la Seine et les canaux), les toitures végétales peuvent participer au développement de ces grands corridors écologiques en reconstituant des milieux de plaine alluviale, des milieux humides ou des mares ;

- à proximité des liaisons reconnues pour leur intérêt écologique (la petite ceinture), le long des bermes herbacées de certaines infrastructures de transports (voies ferrées, routes, etc.), dans des secteurs offrant des densités relativement élevées en espaces verts et en friches et à proximité des secteurs reconnus pour leur intérêt écologique (parcs, grands cimetières, espaces naturels d'importance locale...), les toitures végétalisées représentent une offre complémentaire d'habitats préservés des nuisances urbaines, permettant d'étendre le rayonnement de ces espaces et leur mise en réseau.

La création de **15 nouveaux jardins en terrasse** programmés dans le Plan Biodiversité de Paris (action 8), accessibles au public, est fortement contrainte par la capacité de surcharge acceptable des bâtiments. Les données exploitées pour cette étude ne permettent pas d'estimer avec précision la capacité des bâtiments parisiens à recevoir de telles charges, une étude spécifique devra être menée pour déterminer le potentiel de création de tels jardins.



Enjeux des toitures plates dans la mise en œuvre du plan biodiversité de Paris

-  Toitures plates à fort potentiel
-  Zone de déficit de végétation réglementaire renforcé

Actions stratégiques pour la réalisation de la trame verte et bleue

Renforcer la présence végétale

-  Augmenter la perméabilité des sols. Augmenter la surface de plantation. Diversifier les strates végétales. Transformer les systèmes de clôtures : végétalisation des limites.
-  Renforcer et créer des continuités visuelles et des points de vue sur et à travers le paysage de la Ceinture verte. Renforcer les systèmes de plantations. Prendre en compte le grand paysage.

Renforcer les continuités écologiques

-  Aménager / végétaliser la petite ceinture
-  Conforter les liaisons entre la trame verte et les voies d'eau
-  Créer des liaisons vertes avec les grands parcs de l'agglomération parisienne
-  Planter sur les espaces publics
-  Rendre accessible et requalifier les talus du Boulevard périphérique
-  Requalifier les berges ou les quais



Renforcer les capacités d'accueil de la biodiversité sur les bâtiments

Si les substrats techniques développés spécifiquement pour les toits verts, ont de nombreux avantages pratiques en termes de poids, de drainage et d'efficacité d'installation, ils doivent répondre à des spécifications particulières pour contribuer au bon développement de la biodiversité. Cela a été mis en évidence par les programmes de recherche portant sur le potentiel écologique de compensation des toitures végétales à Bâle (Brenneisen, 2003), à Londres (Kadas, 2002 ; Jones, 2002) et à Paris (Madre, 2013), des toitures végétalisées bien conçues peuvent offrir des habitats de compensation pour les espèces rares et menacées.

Les critères de conception à prendre en compte pour la création de ces habitats sont **la variation de l'épaisseur du substrat** (création de micro reliefs et de zones de profondeurs variées) et **de sa granulométrie, l'apport de bois mort, de roches** et d'autres matériaux naturels, **l'utilisation des sols naturels** des régions voisines, **la création de zones différenciées** au regard de l'humidité, du vent et de l'ensoleillement. Les études menées sur les toitures végétales à Zurich

ont montré que les sols naturels peuvent être bénéfiques à la biodiversité grâce à leur capacité d'accueil des espèces en voie de disparition à l'échelle locale et régionale. Dans cette optique des micro-habitats compensatoires ont été construits à Bâle pour les invertébrés associés aux berges, aux rochers et débris de roche, et aux habitats de haute montagne et des prairies sèches.

Les ruches et les « hôtels » à insectes trouvent également leur place sur les toitures plates. Les abeilles jouent un rôle important en termes de biodiversité en transportant le pollen et en assurant la fécondation des plantes et donc la production de fruits.

Ménager des espaces refuges sur l'ensemble du territoire parisien

En Suisse, les découvertes floristiques sur la toiture verte centenaire de l'usine hydraulique de Wollishofen, près de Zurich, par le botaniste Elias Landolt, ont permis de dénombrer 175 espèces végétales sur cette « prairie » dont 9 espèces d'orchidées considérées comme rares ou menacées dans l'est du plateau suisse. Ces découvertes

soulignent le fait que la situation très protégée sur un toit a entraîné l'apparition d'un refuge, qui a permis la sauvegarde de la biodiversité des anciennes prairies humides de la région riches en espèces. L'observation complémentaire d'espèces d'oiseaux actifs sur des toitures vertes a mis en évidence deux utilisations précises : la recherche de nourriture par des espèces naturellement encline aux espaces ouverts et la présence de nids construits par les oiseaux couvant au sol. (Ritte M., Wullschlegler P. et Aeberhard T., 2000).

Si on élargit l'étude à un maillage d'espaces, il est donc possible d'estimer l'impact d'une intégration systématique de ces nouveaux milieux de substitution dans une mosaïque variée d'habitats.

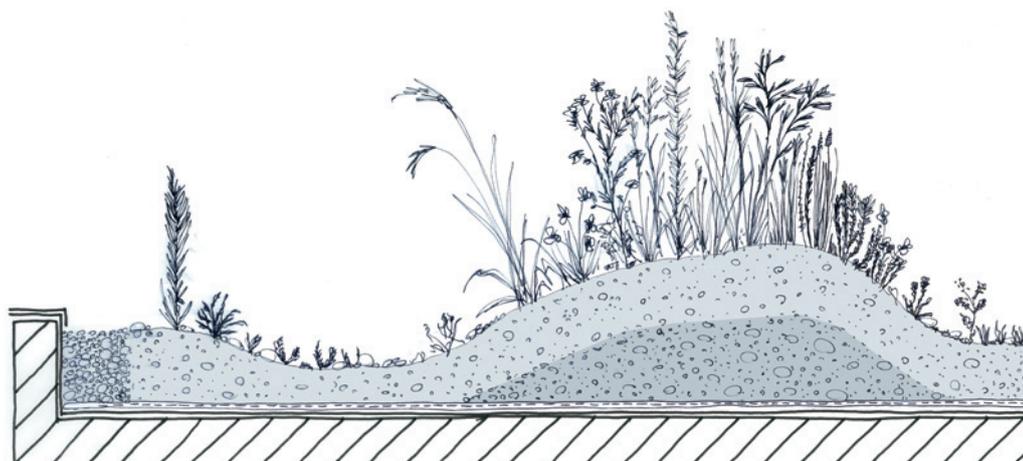
En zone de déficit de végétation, les toitures végétales participent à la création d'habitats compensatoires dans des secteurs fortement minéralisés.

À proximité de la Seine et des Canaux les toitures végétales renforcent l'intérêt de ces cor-

ridors migratoires régionaux en reconstituant des milieux de bord de cours d'eau telle que la gravière, la prairie humide, ou les mares. Ce type d'aménagement demande une étanchéité particulière et une alimentation en eau. L'adduction en eau non potable des toitures est donc à étudier pour reconstituer et gérer des milieux humides. Dans les conditions actuelles et sans sur-presseur, seules les toitures situées à moins de 15 m de hauteur sont concernées.

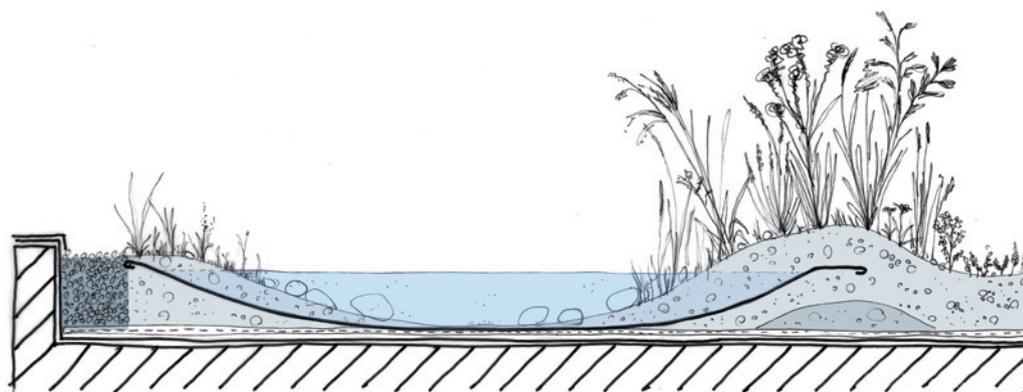
À proximité d'un espace vert les toitures végétales augmentent l'offre d'habitats préservés des nuisances urbaines, éclairage, sur-fréquentation, animaux domestiques, prédateurs urbains, favorables notamment à la reproduction des oiseaux nichant au sol. À ce titre, le bilan de l'Atlas des oiseaux nicheurs de Paris (Malher F., Lesaffre G., Zucca M. et Coatmeur J., 2010) rejoint celui des études réalisées dans toutes les villes d'Europe et confirme que le milieu urbain est peu favorable aux espèces de milieux ouverts, les milieux préservés que représentent potentiellement les toitures végétalisées seraient donc ici du plus grand intérêt.

Coupe de principe d'un substrat d'épaisseur variable en toiture



Source : d'après Brenneisen

Coupe de principe d'une mare en toiture



Source : d'après Brenneisen

Amélioration du confort thermique des bâtiments et lutte contre les îlots de chaleur urbain

Les toitures végétalisées ont pour effet de réduire les besoins en énergie et d'augmenter le confort thermique des bâtiments.

La végétalisation des toitures constitue une bonne protection mécanique et un pare-soleil efficace (protection thermique et UV) qui contribue largement à accroître la pérennité des revêtements d'étanchéité des toitures. Elle permet également le rafraîchissement des toitures en périodes chaudes grâce à l'évapotranspiration qui produit une zone de fraîcheur au-dessus de la surface végétale, jusqu'à 75 % du flux de chaleur entrant est réduit grâce à l'évaporation, ceci participe à la réduction du besoin de rafraîchissement du bâtiment. Elle produit également un complément d'isolation efficace par l'inertie thermique même des matériaux.

Une analyse des déperditions de chaleur des bâtiments dont les toitures représentent un fort potentiel de végétalisation montre que 38 % des toitures terrasses recensées ici présentent une forte déperdition de chaleur. Cette analyse est le

résultat d'une interprétation d'image de l'orthothermoplan (thermographie d'hiver) qui permet de relever les températures sur les toitures afin de les analyser et de les traduire en niveau de déperdition et ainsi de qualifier la qualité thermique des bâtiments. La classe de forte déperdition de chaleur présentée ici correspond à une déperdition supérieure à 5,9 °C.

Différentes études de modélisation et d'expérimentation ont été effectuées pour évaluer l'apport thermique des toitures végétalisées mais il n'existe pas à ce jour de modèle validé qui permette de quantifier leur impact en fonction du type de végétalisation, du mode de construction du bâtiment concerné et de sa situation sur le territoire.

Néanmoins, une étude à Montréal sur la performance énergétique d'une toiture végétalisée démontre que cette technique réduit la consommation d'énergie, de climatisation et de chauffage du bâtiment. Cette recherche porte sur l'étude de la performance thermique d'une toiture végétalisée installée sur un bâtiment résidentiel à

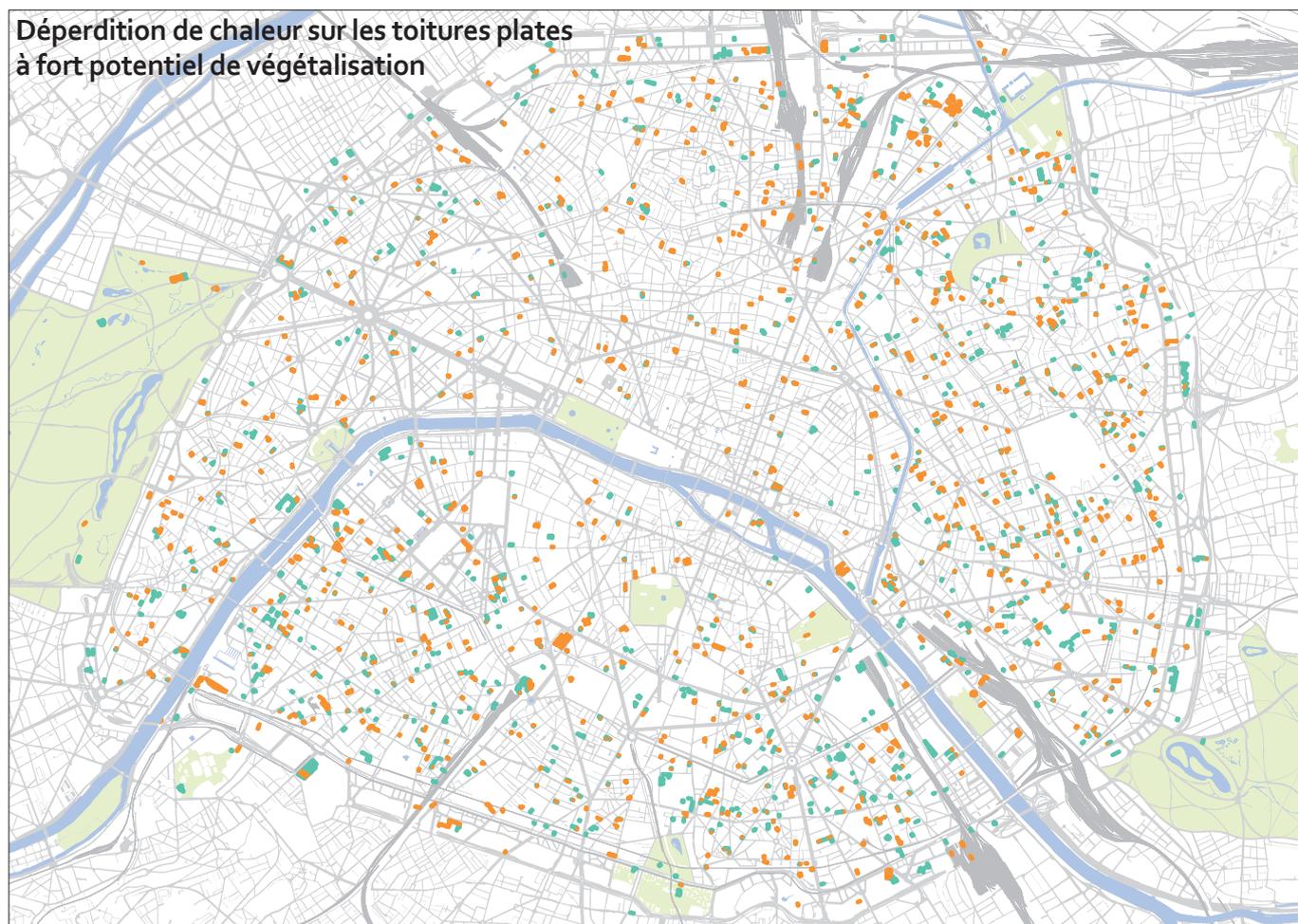
Déperdition thermique

Fort

Faible

Source : Apur

apur



Montréal, selon deux entrées : le vieillissement de la membrane d'étanchéité et les échanges thermiques de la toiture. Cette étude a porté sur une toiture végétalisée d'une superficie de 99 m² dans un quartier central de Montréal. Cette toiture, divisée en deux : une partie irriguée et une partie sèche, a été comparée à une toiture conventionnelle témoin.

Les résultats de cette étude montrent :

- une diminution drastique de la consommation d'énergie de climatisation : l'entrée de chaleur reliée au toit dans le bâtiment a été réduite de 99 % sur le toit irrigué et 91 % sur le toit non irrigué ;
- un gain en énergie de chauffage : les pertes de chaleur reliées au toit enregistrées sont de 38 % et de 27 % inférieures à un toit conventionnel ;
- une prolongation de la durée de vie des toitures : la température enregistrée sur la membrane d'étanchéité d'une toiture verte est beaucoup plus stable (respectivement à 77 % et 66 %) et la température maximale est réduite du quart (27 % et 25 %).

Les deux toitures ont montré des résultats du même ordre que les trois autres études canadiennes menées à Ottawa, Toronto et Vancouver. L'agence « Environnement Canada » a également observé une réduction de 25 % de l'énergie

consommée pour la climatisation estivale d'un immeuble de bureau ayant un toit végétalisé avec un substrat de 10 cm.

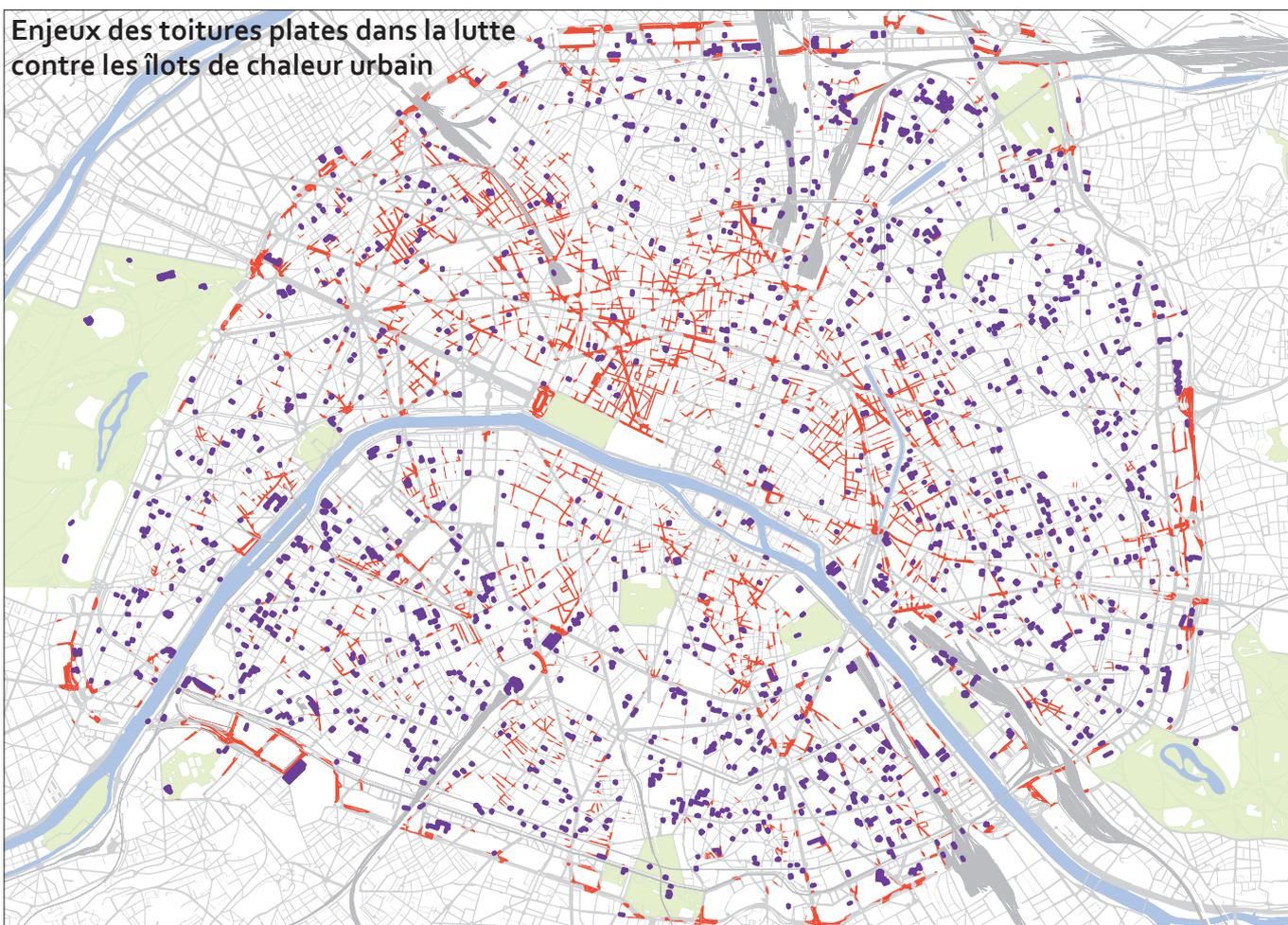
Participation à la lutte contre les îlots de chaleur urbains

D'un point de vue physique, l'urbanisation correspond à la substitution du couvert végétal par des surfaces minérales (bitume, pierre, métal, etc.). Il en résulte une diminution de la capacité d'évapotranspiration de ce territoire contribuant à l'assèchement de l'air ambiant ce qui est un des facteurs contribuant à la création des îlots de chaleur.

Retrouver des surfaces végétalisées dans la ville dense est une des actions mises en œuvre pour lutter contre la formation des îlots de chaleur urbains. Développer les toitures végétalisées à Paris pourrait donc être une action complémentaire à la lutte contre les ICU. En effet, la végétation ne stocke pas l'énergie solaire à la différence des autres matériaux de couverture (graviers, zinc, ardoise, etc.), ce qui réduit d'autant le rayonnement nocturne de ces surfaces. Et l'évapotranspiration (action combinée de l'évaporation de l'eau à la surface des terres et de la transpiration des plantes) consomme de l'énergie, qui est

- Toiture plate à fort potentiel
- Rues chaudes (températures supérieures à 40 °C en été)

Source : Apur



prélevée dans l'environnement, ce qui participe à son refroidissement. Elle libère ainsi une quantité d'eau dans l'atmosphère, ce qui permet son rafraîchissement. Pour cela il est fondamental de s'assurer d'une fraîcheur constante du substrat. La mise en place d'un complexe de végétalisation permettant le stockage des eaux de pluie est donc indispensable et, pour les périodes estivales, l'alimentation en eau non potable des toitures est également envisageable si elles ne dépassent pas une hauteur de 15 m, et avec un dispositif de surpression au-delà.

À Toronto une étude a démontré qu'une végétalisation de 6 % des toitures du centre-ville permettrait de diminuer la température urbaine de 1 à 2 degrés mais aussi limiterait les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants. En effet, comme toutes surfaces plantées, les toitures végétalisées filtrent les particules de l'air, absorbent et transforment des éléments chimiques gazeux, produisent d'oxygène et fixent des poussières.

Amélioration de la gestion des eaux pluviales

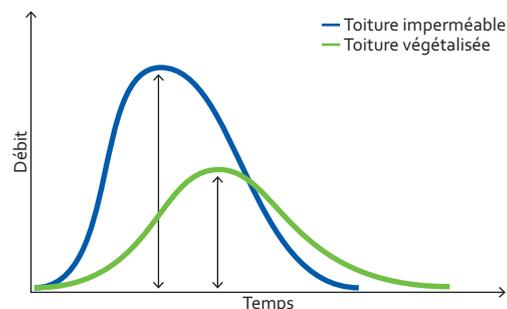
La végétalisation des toitures permet d'optimiser la gestion des eaux pluviales en diminuant significativement le volume d'eau déversé dans le réseau ; jusqu'à 30 % des précipitations annuelles sont restitués au cycle naturel de l'eau par évapotranspiration.

Les capacités de stockage et de temporisation des toitures végétalisées permettent d'atténuer le débit de pointe des averses et ainsi de ne pas surcharger le réseau, de diminuer la fréquence des inondations et la quantité d'eau polluée déversée dans les rivières.

Le stockage et la temporisation des eaux de pluies en toiture permettent également de réduire la consommation d'eau en recyclant l'eau pluviale récupérée.

Enfin les toitures végétales peuvent agir globalement pour une amélioration de la qualité des eaux pluviales évacuées grâce à l'action filtrante des différentes couches du complexe de végétalisation. Il existe encore un grand manque de connaissance des flux de polluants au sein de la structure, des études sont en cours afin d'établir des préconisations dans ce sens.

Capacité de stockage et de temporisation des eaux pluviales par un toiture végétalisée



Réduction du pic de débit (stockage)
Réduction du volume d'eau ruisselée (évapotranspiration)

Une étude du CSTC, menée en Belgique en 2006, sur un échantillon de 11 toitures de substrats et d'épaisseurs différentes, sur une période d'un an, a permis d'analyser le comportement hydraulique des toitures végétalisées. Il en ressort que :

- la rétention dépend des saisons : au printemps (fraction évacuée de 6 à 51 %), les toitures présentent une rétention plus importante qu'en hiver (fraction évacuée de 86 à 98 %), le substrat étant saturé en permanence en hivers ;
- l'épaisseur du substrat a une influence directe sur la fraction évacuée à long terme, un substrat inférieur à 10 cm retient environ 30 % des eaux pluviales sur une année, alors qu'un substrat

Type de toiture végétalisée	Epaisseur minimale de substrat	Hauteur de lame d'eau absorbée (équivalent en terme de pluie de projet d'une durée de 4h)
Extensive	5 cm	4 mm (2 semaines)
Extensive	10 cm	8 mm (2 mois)
Extensive	15 cm	12 mm (3 mois)
Intensive	20 cm	15 mm (5 mois)
Intensive	30 cm	22 mm (1 an)
Jardin suspendu	50 cm	32 mm (3 ans)
Jardin suspendu	80 cm	38 mm (5 ans)
Pleine terre	+	48 mm (10 ans)

Source : Service Technique de l'Eau et de l'Assainissement de la Ville de Paris

compris entre 10 et 30 cm permet une rétention de près de 50 %;

- des matériaux tels que les membranes PVC à relief, le feutre, les billes d'argile, etc. peuvent être utilisés pour améliorer considérablement la rétention en toiture;
- la végétalisation des toitures permet de réduire le débit de pointe en période d'orage de 26 % en moyenne et de le décaler dans le temps.

Le programme de recherche TVGEP (Conception des Toitures Végétalisées pour la Gestion des Eaux Pluviales urbaines) lancé conjointement par le CSTB, le CETE – Ile-de-France, le LEESU, l'ADIVET et la Direction de l'Eau du Conseil Général des Hauts-de-Seine a pour but d'évaluer l'intérêt des toitures terrasses végétalisées pour la gestion quantitative et qualitative des eaux pluviales, en identifiant leurs atouts et limites, tant à l'échelle de la parcelle qu'à l'échelle de la ville. Les résultats de ce programme sont attendus fin 2013.

Gestion alternative des eaux pluviales et zonage pluvial

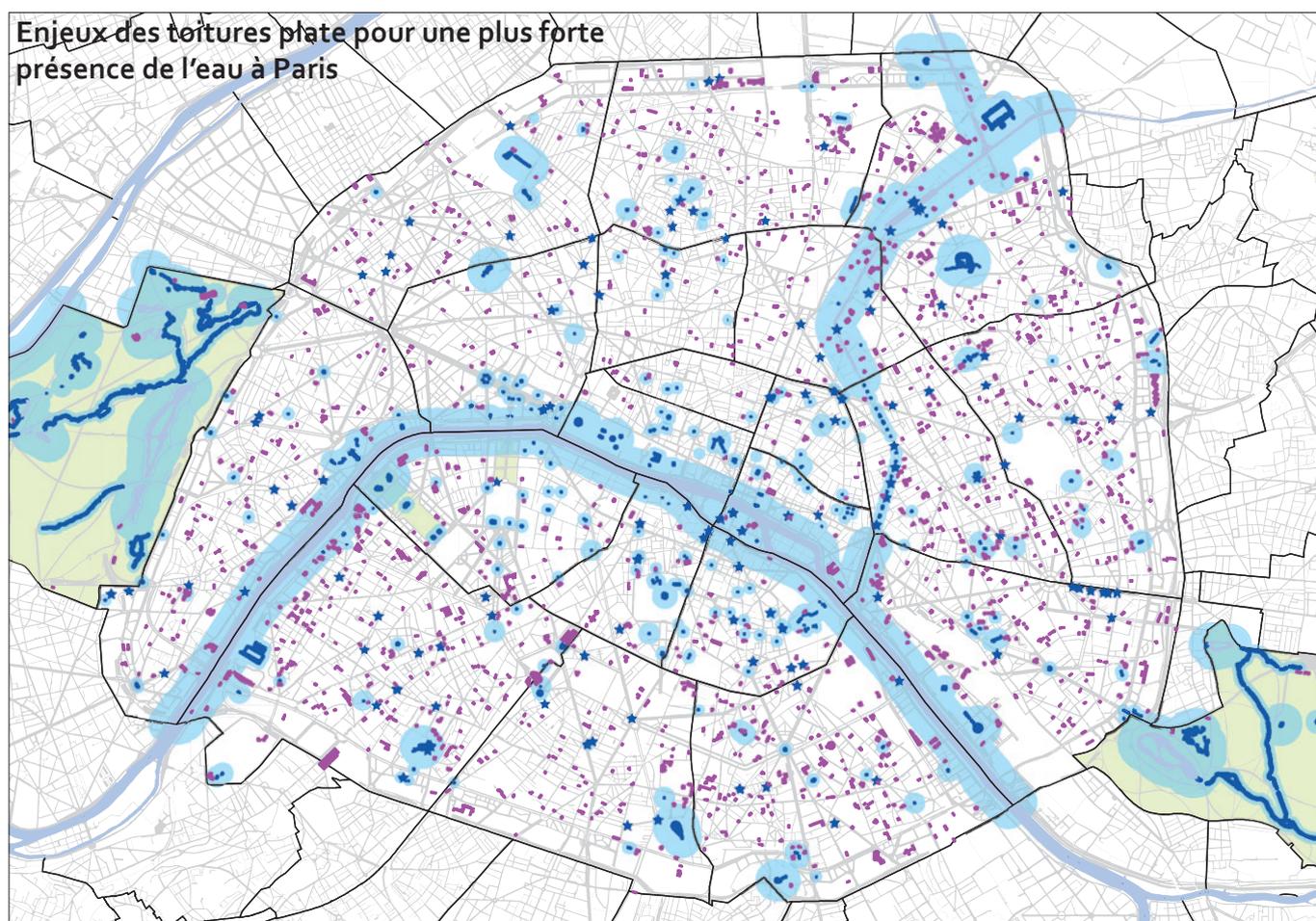
La Ville de Paris a engagé une politique de gestion alternative des eaux pluviales intégrées dans le paysage urbain qui sera mise en œuvre à travers le volet pluvial du projet de zonage d'assainissement de Paris appelé le Zonage Pluvial. Ce document piloté par la DPE sera présenté au conseil de Paris fin 2013. Les dispositions réglementaires prises dans le cadre de ce Zonage Pluvial permettent de limiter les effets dus à un accroissement de l'imperméabilisation.

Ce Zonage Pluvial est un document réglementaire qui sera opposable aux tiers et qui préconisera selon les secteurs de Paris, soit la déconnexion des eaux de pluie du réseau d'assainissement, soit un abattement volumique minimum des premières pluies, soit un stockage local afin de limiter strictement le débit renvoyé à l'égout.

- Toiture plate à fort potentiel
- Présence de l'eau à Paris**
- Seine, canal, rivière, lac, bassin
- ★ Fontaine Wallace
- Distance à l'eau

Source : Apur

apur



Les objectifs du plan de zonage sont d'ordre hydraulique, pour réduire les déversements en Seine, les quantités d'eau pluviale envoyées vers les stations du SIAAP et les débordements sur voirie (régulation du débit de fuite) et d'ordre environnemental pour agir en faveur de la réduction des îlots de chaleur et permettre d'orienter les solutions adoptées vers des procédés végétaux.

Une cartographie du zonage pluvial définit l'abattement demandé selon les secteurs, afin de ne pas envoyer les 4, 8 ou 12 premiers millimètres de pluie au réseau. Lorsqu'on croise cette demande avec la capacité de rétention d'une toiture végétalisée, on prend la mesure du rôle très actif que pourrait avoir une généralisation de cette pratique dans la gestion alternative des eaux pluviales à Paris.

Augmentation et valorisation de la présence de l'eau à Paris

Répondre aux enjeux de l'adaptation de la ville au changement climatique c'est également favoriser la présence de l'eau de surface en ville, que ce soit pour son action sur la régulation thermique par évaporation ou son rôle fondamentale dans le développement de la biodiversité.

À Paris, on dénombre 283 ha d'eau de surface. Cette surface ne représente cependant que 2,6 % de la superficie totale de la ville, et seuls 16,5 ha sont sur l'espace public (places, rues et espaces verts). La majorité de l'eau dans Paris est représentée par la Seine et les Canaux (217,5 ha), ou se trouve dans les Bois (49 ha).

Les 80 ha de toitures plates recensés dans cette étude représentent un foncier mobilisable pour agir activement en faveur de plusieurs objectifs : l'amélioration de la présence de l'eau à Paris et de ses effets bénéfiques sur le climat, la biodiversité et la gestion des eaux de pluies.

À ce titre, il est intéressant de noter que les toitures sont susceptibles de constituer des réservoirs de stockage des eaux de pluie mais aussi, d'être alimentées en eau via le réseau d'eau non potable de la ville de Paris, ce qui représente un intérêt non négligeable pour la création et la régulation de milieux humides en toiture.

3 / Pour aller plus loin

Il ressort de cette étude que Paris dispose de 44 hectares de toitures végétalisées (1,2 % de l'ensemble des toits de la ville) et un potentiel brut de 460 hectares dont 80 hectares à fort potentiel sont disponibles depuis de nombreuses années (bâtiments datant dans l'ensemble des années 1960 à 1980). La présence de ce potentiel n'a donc pas suffi à inciter à la végétalisation. Les raisons qui ont pu freiner le développement des toitures végétalisées sont à chercher sous plusieurs angles :

- le surcoût engendré ;
- la réglementation peu incitative ;
- la rigidité des règlements de copropriété ;
- l'efficacité limitée des principes de subvention ;
- la méconnaissance des bénéfices directs et indirects de la végétalisation ;
- le manque de sensibilisation aux questions environnementales et au développement durable.

Quels leviers actionner pour mobiliser le potentiel disponible des toits plats et mettre en œuvre la végétalisation des toitures à Paris ?

1 – Poursuivre et élargir la politique de création de toitures-terrasses végétalisées engagée par la ville depuis 2005 et développer des outils et des partenariats pour associer les bailleurs sociaux à cette politique ;

La Ville de Paris est propriétaire de 14 des 80 ha recensés comme ayant un fort potentiel de végéta-

lisation. Depuis 2005 la Ville de Paris a mis en place une politique de création de toiture-terrasse végétalisées pour chaque projet d'équipement public nouveau ou de réfection d'étanchéité des toitures gravillonnées des équipements publics existants. Cette approche a permis de créer plus de 4 ha de toitures végétalisées entre 2005 et 2010. Les bailleurs sociaux sont des partenaires sensibilisés par cette problématique dans la mesure où ils gèrent un patrimoine bâti important dont 99 immeubles couvrant 2 ha de toitures plates à fort potentiel. Cependant, les premières analyses notamment de Paris-Habitat semblent montrer des difficultés de mise en œuvre de toitures végétalisées dans leur patrimoine pour des raisons liées essentiellement à la gestion et au surcoût engendré.

La modestie relative de ce patrimoine s'explique par le mode de classification des toitures employé ici, reléguant à un potentiel moyen les toitures encombrées à plus de 30 % par divers éléments (climatisation, ascenseurs, nacelles, etc.). Cet encombrement ne les rend pas prioritaire mais n'exclut pas pour autant de mener une réflexion adaptée à ce contexte particulier.

2 – Adapter les outils réglementaires pour inciter la végétalisation des toitures existantes et à venir ;

La Ville de Chicago a réalisé un bilan de son action

Toiture végétalisée de « Daley environmental school »

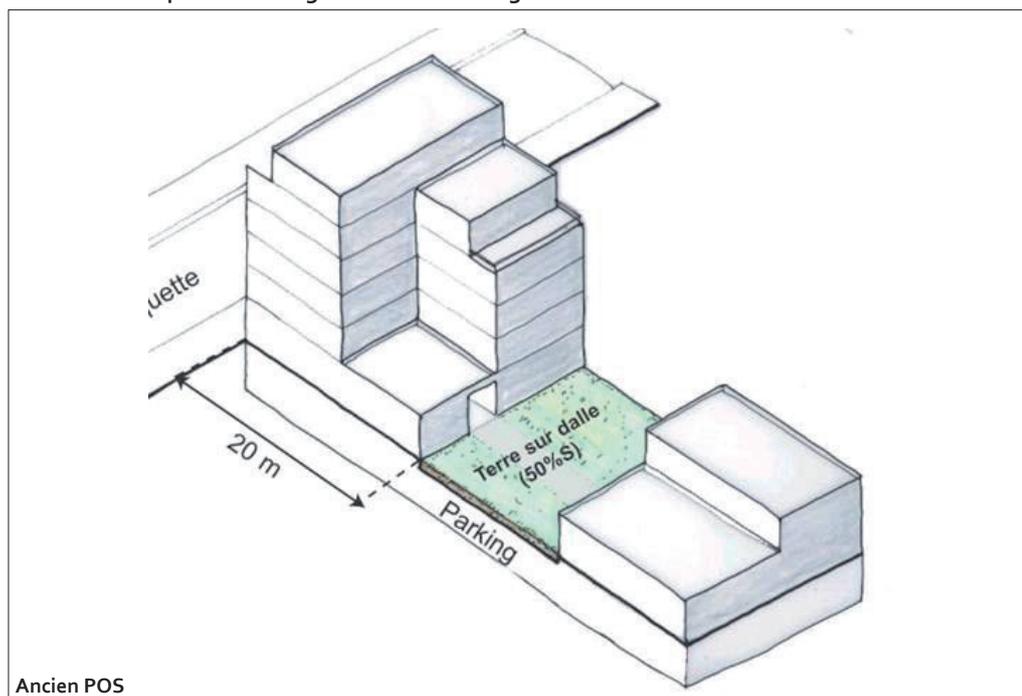


ces dix dernières années sur la végétalisation des toitures. Il en ressort que les motifs de végétalisation tiennent pour plus de 90 % à la mise en place d'une réglementation, environ 5 % pour les incitations financières octroyées et moins de 3 % pour conviction personnelle (symposium international Ville de Paris, nov. 2012).

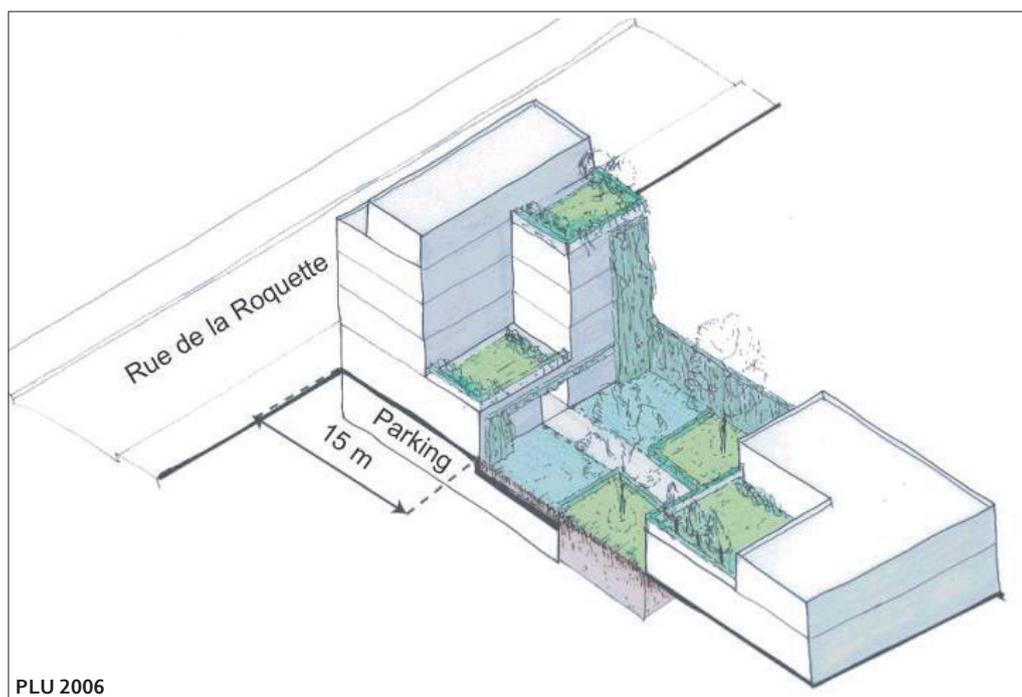
Les avantages évidents offerts par les toitures vertes ont incité de nombreuses communes de Suisse telle que Basel à mettre en application des normes prescrivant un verdissement extensif des toitures plates sur les nouvelles constructions.

La réglementation Suisse stipule que toute interférence avec l'environnement naturel doit être réduite au minimum, et que le sol doit être utilisé de manière durable. La loi fédérale sur la conservation de la nature et du patrimoine culturel exige que les espèces en voie de disparition soient convenablement protégées. En vertu de ces règlements, le canton de Bâle intègre la conception et l'utilisation de substrats pour les toits verts extensifs dans le cadre de sa stratégie actuelle pour la biodiversité. En général, une toiture végétale doit être mise en place sur tous nouveaux bâtiments comprenant un toit plat.

Évolution de la place de la végétation dans les règlements d'urbanisme



Ancien POS



PLU 2006

Sur les toits de plus de 500 mètres carrés, les substrats doivent être constitués à partir des sols naturels de la région environnante et doivent être de différentes profondeurs. (Loi sur la Nature et la conservation du paysage § 9 ; Loi sur la construction et la planification § 72).

La réglementation a un rôle significatif à jouer dans la réalisation des toitures végétalisées. En 2006, l'article 123 du PLU a introduit pour la première fois à Paris la possibilité de réaliser des toitures végétalisées mais n'oblige pas à le faire. La réalisation de 10 ou 15 % de végétalisation supplémentaire dans la zone de déficit (en plus des 20 % de pleine terre) est soit, à réaliser en pleine terre, sur dalle, en mur végétalisé ou en toiture végétalisée avec des coefficients de pondération.

Comment aller plus loin ?

Quelles améliorations du PLU après la création le coefficient de biotope en 2006 et le zonage pluvial en cours de préparation ?

Les exemples mis en place dans d'autres villes peuvent apporter des pistes de réflexions utiles pour la prochaine révision du PLU. Il serait opportun de réfléchir à la mise en place d'un dispositif plus exigeant pour la réalisation de toitures en fonction de paramètre à déterminer (surface de toiture, type de programme, SHON...). Il convient également au-delà de cet aspect quantitatif d'introduire une notion qualitative de la végétalisation avec une pondération selon le type de végétalisation des toitures et leurs capacités de rétention des eaux pluviales.

• Associer la végétalisation à la surélévation

La surélévation d'immeuble est un phénomène ancien dans une ville dense comme Paris. À l'avenir il devrait être systématiquement l'occasion de recréer en couronnement de bâtiments la création d'une toiture végétalisée.

• Déplafonnement potentiel

Pour favoriser la réalisation de toitures terrasse végétalisées, il apparaît nécessaire d'adapter la réglementation à cet objectif pour permettre la mise en œuvre de toitures terrasses végétalisées en substitution à une toiture en pente ou la reprise d'une toiture plate générant un dépassement de hauteur du à l'installation d'émergence (escalier, ascenseur) ou de garde-corps (protection). Cette tolérance mais faible (+ 1 m) est déjà possible dans l'actuel PLU pour des installations de dispositifs d'énergie renouvelables. Il s'agit ici, d'élargir cette souplesse réglementaire aux toitures-terrasses végétalisées.

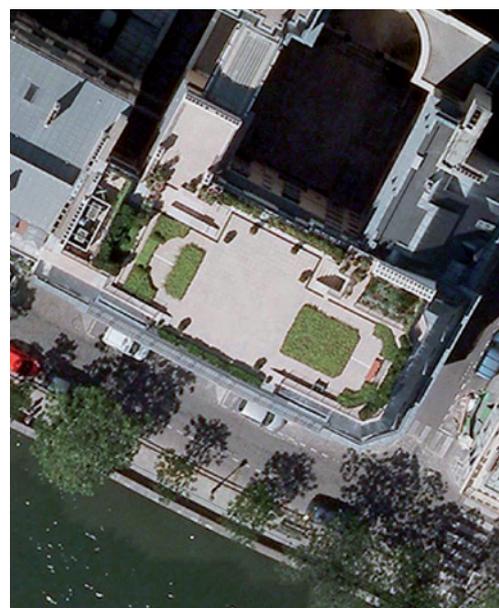
• Prendre en compte la végétalisation des toitures en pente (zinc) paysage. exemples (Île Saint-Louis, Saint-Michel)

Au-delà des toitures plates susceptibles de recevoir de la végétalisation, une autre question plus transversale apparaît, elle a trait au patrimoine et au paysage des rues. Il s'agit des toits en pente (à deux versants), brisés ou courbés suivant la forme. Dès lors que certains d'entre eux connaissent déjà des transformations partielles ou totales en installant soit une végétalisation, soit une terrasse accessible. La problématique des toits se pose en termes de choix esthétique, alors,

Transformation de toitures en pente (zinc) pour installer des terrasses accessibles avec une végétalisation principalement en pot



28 rue du Cardinal Lemoine, 5^e



24 quai de Béthune, 4^e



16 quai d'Orléans, 4^e

jusqu'où peut-on aller dans la transformation des toits de Paris pour intégrer des questions telles que la gestion des eaux pluviales, les énergies renouvelables, la végétalisation en regardant en parallèle la question du contrôle de la forme du paysage des toits de Paris ? Dans certaines parties constituées historiques de la ville cette question du paysage urbain pourrait avoir un impact selon qu'on se place du point de vue du piéton ou d'une vue d'hélicoptère. Néanmoins, on peut considérer que les soupentes inhabitables (combles) des toits peuvent être remaniées en souplesse pour agencer des terrasses côté cour tout en préservant la partie en pente du toit, côté rue. Cette modification pourrait concerner beaucoup de toits dans le centre de Paris où le déficit végétal est plus important.

3 – De nouveaux espaces de nature pour les habitants (jardiner, pique-niquer, se détendre)

La végétalisation des toitures répond à des objectifs environnementaux (biodiversité, ICU), mais au-delà, elle constitue aussi une réponse à la demande sociale de plus de nature, de plus d'usages et de pratiques pour les citoyens. La végétalisation pourrait concerner de nouveaux espaces dans les copropriétés pour des usages privés, mais aussi des espaces accessibles à un large public sous des formes à définir. Si des exemples de terrasses végétalisées ouvertes au public existent déjà (jardin associatif sur le toit du

gymnase de la rue des Haies), l'objectif de réalisation de 15 jardins accessibles prévus par le Plan Biodiversité de Paris reste à concrétiser, tant les enjeux de la demande sociale et de la qualité de vie urbaine restent omniprésents...

4 – Mettre en place un dispositif d'incitation financière pour inciter à la végétalisation des toitures ;

- directs : subvention pour les projets de végétalisation (particuliers, copropriétés) ;
- indirects : réduction des taxes ou impôts pour les gains énergétiques, les avantages de la gestion des eaux de pluie (propriétaires fonciers).

La région Ile-de-France propose aux particuliers propriétaires de leur résidence principale de créer des toitures végétalisées un dispositif d'incitation financière (45 €/m², puis 20 €/m²). Cette aide est assujettie à des conditions pour les demandeurs (ressources), pour les installateurs en charge des travaux (avoir l'appellation Qualit'Enr ou une certification Qualibat en cours de validité concernant l'installation) ; et pour le matériel installé. Aujourd'hui, il convient d'évaluer ce dispositif afin d'optimiser son efficacité et le cas échéant proposer une évolution de ses critères pour le rendre plus attractif.

La Ville de Paris pourrait également étudier la mise en place d'un dispositif complémentaire pour encourager la végétalisation des toitures.

5 – Agir sur les règlements de copropriété ;

À cet égard, il serait judicieux d'inclure dans ce dispositif d'incitation les copropriétés comme cible privilégiée puisqu'elles représentent un fort potentiel en matière de végétalisation des toitures. Les préconisations devraient cibler également différents cas de figure notamment des immeubles de plusieurs étages, en copropriété ou en propriété unique, etc.

6 – Associer végétalisation/surélévation/ installation de panneaux solaires ;

Le dispositif d'incitation devrait prendre en compte les projets multisectoriel qui associeraient par exemple surélévation et végétalisation, ou encore végétalisation et installation de panneaux solaires.

7 – Développer des outils d'information et de communication ;

Quels outils méthodologiques ? Les compétences techniques constituent un critère de réussite des chantiers de végétalisation des toitures et de leur pérennité. Plusieurs corps de métiers sont susceptibles d'intervenir sous la diction d'un maître d'œuvre. Pour assurer la réussite des projets, il s'agit d'instituer une chaîne de compétences spécifiques en matière de végétalisation des toitures. Au-delà des dispositifs existants : « le cahier technique » de la DEVE et « le cahier habiter durable : végétalisation des murs et des toits » de la mairie de Paris, il convient d'imaginer d'autres outils qui favoriseraient la vulgarisation, l'expérimentation et l'échange sur la végétalisation des toitures (fiches, guides, lieu d'information, formation, partenariat...). L'Agence Parisienne du Climat pourrait peut-être être intégrée à la chaîne de compétences.

4 / Annexe

Rappel des contraintes techniques liées à l'intervention sur des bâtiments existants

Contrainte de structure des toitures-terrasses existantes

La végétalisation d'une toiture existante ou projetée est étroitement liée au type de couverture mis en place (matériaux, pente, etc.), à sa charge permanente et sa charge d'exploitation et par conséquent à la surcharge permanente admissible. Les charges permanentes sont considérées comme un poids uniformément réparti (chape, canalisation, revêtement...). Les charges d'exploitation correspondent au mobilier, matières ou matériel en dépôt et personnes occupant de façon normale un local.

Les charges d'exploitation à prendre en compte pour les toitures sont indiquées dans la norme NF P 06-001 aux paragraphes 2.7.3 et suivants. Les valeurs minimales des charges d'exploitation uniformément réparties sont les suivantes :

- toiture-terrasse technique (installations, équipements, charges mobiles) 150 kg/m² ;
- terrasses privées (sans tenir compte des jardinières éventuelles) 150 kg/m² ;
- balcon privé : 350 kg/m² ;
- balcon d'un bâtiment recevant du public : 600 kg/m².

Surcharge admissible sur les toitures terrasses, par typologie de structure

Plages de surcharge permanente admissible (kg/m ²)	0	25 à 50	50 à 70	70 à 110	120 à 180	180 à 350	350 à 1 200	1 200 à 2 400
Support acier ou bois (existant)								
Support acier ou bois (calculé)								
Support béton (existant)								
Support béton (calculé)								

Source : ADIVET

Surcharge induite par un complexe de végétalisation, par strate de végétation

Plages de charge permanente, comprenant l'isolation, le substrat, la végétation et la saturation en eau (kg/m ²)	25 à 50	50 à 70	70 à 110	120 à 180	180 à 350	350 à 1 200	1 200 à 2 400
Revêtement en graviers							
Strate muscinale, épaisseur de substrat : moins de 3 à 10 cm		30 à 100 kg/m ²					
Strate herbacée, épaisseur de substrat : de 10 à 20 cm				100 à 350 kg/m ²			
Strate arbustive, épaisseur de substrat : de 20 à 50 cm						350 à 1 200 kg/m ²	
Strate arborée, épaisseur de substrat : plus de 50 cm							

Tableau récapitulatif élaboré à partir de données provenant de l'ADIVET, de la DEVE, du MNHN et du CSTC

La surcharge permanente admissible sur une toiture technique existante en béton est de l'ordre de 110 kg/m², selon l'ADIVET (association française des toitures et façades végétales). Ceci exclut a priori la possibilité de réaliser des jardins ouverts au public sur des toitures terrasses existantes, la charge foule nécessaire à l'ouverture au public d'un espace sur dalle étant de 500 kg/m². Seule une étude au cas par cas des toitures permettra de définir leur capacité éventuelle à recevoir un jardin public.

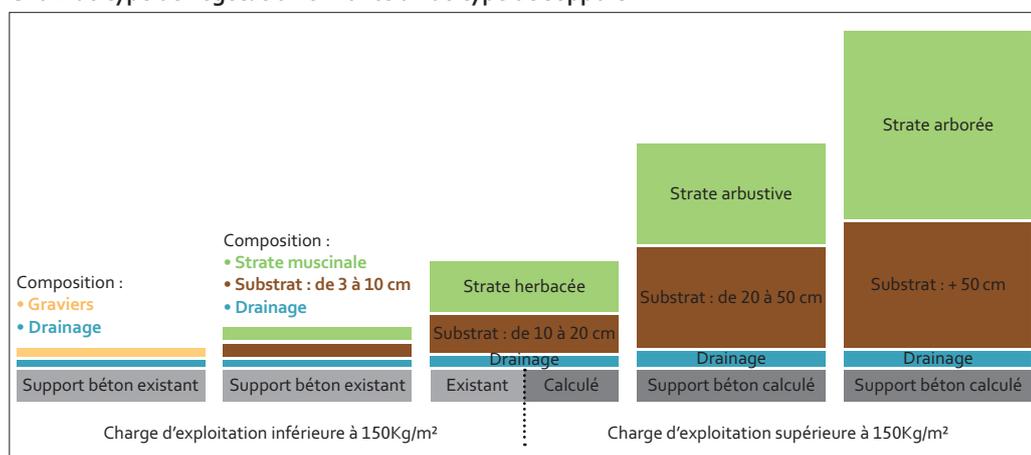
La charge permanente d'un complexe de végétalisation en toiture correspond à la somme des poids du complexe d'isolation-étanchéité, du complexe de végétalisation (couche drainante, couche filtrante, substrat, végétaux) et à la saturation en eau de l'ensemble.

Nous nous sommes affranchis pour cette étude des classifications habituelles qui se basent sur des modes de cultures (extensive, semi-intensive, intensive), auxquelles nous avons préféré une classification par strates végétales, à l'instar du Museum National d'Histoire Naturelle.

La charge permanente d'un complexe de végétalisation en toiture varie donc comme suit :

- strate muscinale: de 30 à 100 kg/m² ;
- strate herbacée: de 100 à 400 kg/m² ;
- strate arbustive: de 400 à 1 200 kg/m² ;
- strate arborée: au-delà de 1 200 kg/m².

Choix du type de végétation en fonction du type de support



Strates végétales et complexes de végétalisation

Strate Muscinale

Les végétaux qui composent la strate muscinale sont des sédums, des mousses et des lichens. Cette strate se développe sur des substrats de faible épaisseur (de 3 à 10 cm). Cette végétation ne demande qu'un entretien minimal. Une à deux visites annuelles sont recommandées pour contrôler l'évolution du ou des milieux mis en place et réaliser les inspections de sécurité et de la membrane nécessaire à ce type d'ouvrage. Il n'est pas nécessaire de prévoir d'arrosage et la gestion de ces milieux ne demande pas l'emploi de produit phytosanitaires ni de fertilisants. Grâce à sa faible charge constante, entre 30 et 100 kg/m², ce complexe de toiture végétalisée peut être installé sur des bâtiments existants, par contre son intérêt pour la biodiversité semble très restreint.

Strate Herbacée

La strate herbacée est la strate dominante des milieux ouverts que sont les pelouses, les landes et les prairies. La formation végétale de ces milieux est composée principalement de plantes herbacées annuelles, dont les rhizomes, les bulbes ou les tubercules peuvent se maintenir pendant de nombreuses années (10 à 20 ans). Elle se développe sur des sols relativement pauvres et peu profonds, ce qui les rend particulièrement intéressants pour la constitution de toitures végétales. Sur un substrat de 10 cm de profondeur, une association de plantes de prairies sèches, plantes vivaces et graminées à port bas, résistantes à la sécheresse, peut se développer. Ce complexe présente une charge permanente comprise entre 100 et 180 kg/m², ce qui le rend parfaitement adapté à la végétalisation des toitures plates des bâtiments parisiens. Un substrat d'une profondeur de 10 à 20 cm permet d'accueillir un mélange de vivaces, graminées et annuelles adaptées aux habitats secs à moyennement secs. Ce complexe présente une charge constante comprise entre 150 et 350 kg/m². La mise en place de ce système sur un bâtiment existant, hormis quelques rares cas de structures surdimensionnées, nécessitera une reprise de la dalle de couverture et/ou des éléments porteurs. Ce système est par contre tout à fait adapté pour des bâtiments neufs. Pour ce type de végétalisation, une à deux visites annuelles sont recommandées pour contrôler l'évolution du ou des milieux mis en place et réaliser les inspections de sécurité et de la membrane nécessaire à ce type d'ouvrage.

Une gestion réduite ou inexistante permet la création d'une plus grande quantité de nourriture (tiges mortes, fruits, graines). L'entretien des toitures ne doit pas être réalisé durant la période de nidification des oiseaux, et en particulier des oiseaux nichant au sol, de mars à juillet.

Strate Arbustive

Sur un substrat de 20 à 40 cm de profondeur, on peut voir se développer des arbustes moyens, des vivaces, des graminées et des plantes comestibles. Au-delà de 40 cm, des petits feuillus caducs et de petits conifères peuvent commencer à faire leur apparition. Cette strate correspond à ce que l'on attend d'une toiture jardinée, qu'il s'agisse d'un jardin potager ou d'un jardin d'ornement, mais elle permet également de reconstituer des milieux préservés à forte valeur écologique en Ile-de-France. La charge constante de ce complexe étant supérieure à 350 kg/m², elle est par conséquent globalement réservée à des structures calculées à cet effet. Cependant, des bacs de grandes dimensions peuvent parfois être installés sur des toitures existantes, après étude de la structure. Ce principe de grands bacs pourrait être utilisé dans le cadre de projets de jardins partagés en toiture par exemple (accès contrôlé, charge répartie sur les points porteurs de la structure, etc.).

Strate Arborée

Cette strate constitue généralement les jardins sur dalle tels que le Jardin Atlantique, qui bénéficie de profondeurs de substrat de près d'1 m et d'apport de terre végétale. Cette strate, trop contraignante dans le cadre des toitures végétalisées ne sera pas étudiée ici.

Frédéric Madre, doctorant au Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), travaille sur la végétalisation du bâti en tant que support de biodiversité urbaine. Son travail identifie les toitures selon les typologies de strates végétales, mieux adaptées au concept de biodiversité que les typologies classiques de végétalisation extensive, semi-intensive, jardin...

Plusieurs études menées en suisse ont permis de démontrer l'importance des surfaces structurellement riches, composées de couches d'épaisseurs variables et de petits reliefs. On peut ainsi accroître sensiblement la diversité des sites, et donc la variété des formes végétales et l'éventail des espèces faunistiques. De plus, en période de sécheresse, ces zones restent plus longtemps humides, permettant ainsi la survie des animaux qui seraient menacés autrement. (Ritte M., Wulschleger P. et Aeberhard T. 2000).

Ressources documentaires

Ouvrages

- ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP (novembre 2007), *Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées*. Édition n° 2;
- APUR (février 2004), *Le verdissement des toits à Paris*;
- CAUE 75 (septembre 2010), *Végétalisation des murs et des toits à Paris*, édition n° 1;
- CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction) (septembre 2006), *Les toitures vertes. Note d'information technique 229*;
- DEVE (septembre 2012), *Toiture végétalisées. Cahier Technique, 15 fiches pratiques*;
- Eranthis, Atelier V. Moineau, Buisson, pour la Communauté Urbaine du Grand Lyon, service études (janvier 2012), *Aménagement et eaux pluviales. Préconisations relatives aux toitures végétalisées*;
- IPO/CAUE Isère (2012), *Guide technique : Biodiversité et bâti*;
- Naturparif, ODBU de la Seine-Saint-Denis, Plante et Cité, Muséum National d'Histoire Naturelle (2010), *Fiche Technique : Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité*, Édition Ophélie Alloitteau.
- Malher F., Lesaffre G., Zucca M. et Coatmeur J. (2010), *Oiseaux nicheurs de Paris. Un Atlas urbain*, CORIF. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Kadas Gyongyver, *Rare Invertebrates Colonizing Green Roofs in London*, Volume 4, n° 1 dec. 2006, www.urbanhabitats.org;
- Köhler Manfred (2006), *Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin*, Volume 4, n° 1 dec. 2006, www.urbanhabitats.org;
- Madre, Frédéric ; Vergnes, Alan ; Machon, Nathalie ; Clergeau, Philippe (2013), A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods, in *Ecological Engineering* 57 (2013) 109-117, www.elsevier.com;
- Ritte M. Wullschleger P. et Aeberhard T. (2000), *Place de la nature en ville. Guide pour la création de réseaux écologiques*, in *Guide de l'environnement n° 8*, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) Ed. 44 pages.

Sites Internet

- <http://reseau-cen.org> (réseau des conservatoires d'espaces naturels);
- www.urbanhabitats.org (Urban Habitats est publié par le Center for Urban Restoration Ecology (CURE), une collaboration entre le Jardin botanique de Brooklyn et l'université de Rutgers.
- <http://www.smartplanet.fr/smart-technology/potager-sur-toit-a-agroparistech-les-toits-vegetalises-poussent-dans-la-capitale-18297/>
- <http://jardinons-ensemble.org>

Articles

- Baumann Nathalie (2006), *Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland : Preliminary Observations*, Volume 4, n° 1 dec. 2006, www.urbanhabitats.org;
- Brenneisen, Stephan (2003), *La nature sur le toit*, in *Hotspot* 8;
- Brenneisen Stephan (2006), *Space for Urban Wildlife : Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland*, Volume 4, n° 1 dec. 2006, www.urbanhabitats.org;
- Dionisi, Adeline (2013), *TTV et biodiversité : des intentions plus que des concrétisations*, in *Étanchéité. info #38*, juin 2013, www.etancheite.com;
- Grant Gary (2006), *Extensive Green Roofs in London*, Volume 4, n° 1 dec. 2006, www.urbanhabitats.org;

Étude sur le potentiel de végétalisation des toitures terrasses à Paris

Au-delà des enjeux relatifs aux envies des citoyens de disposer de plus de nature en ville, la question de la végétalisation représente un enjeu majeur pour Paris à l'aune des engagements pris en matière de développement durable et face à un foncier rare. Cet enjeu est identifié comme un des axes majeur du Plan de Biodiversité et un des leviers d'adaptation de la ville au changement climatique.

Cette étude s'inscrit dans cette démarche globale d'amélioration de la qualité environnementale de Paris. L'objectif est de fournir à la Ville de Paris les éléments techniques qui lui permettront de développer la végétalisation des toitures qui représente un potentiel total de 460 hectares. 80 ha pourraient le devenir rapidement et les 380 restants demandant des adaptations plus conséquentes en complément des 44 ha déjà végétalisés.

Le diagnostic des toitures plates existantes propose une évaluation des principales contraintes techniques liées à la mise en œuvre d'un système de végétalisation sur des bâtiments existants et, à partir de ces éléments réfléchit à différents leviers pour augmenter les surfaces et développer ainsi la trame verte à Paris :

- poursuivre et élargir la politique de création de toitures végétalisées sur le patrimoine de la Ville ;
- développer des outils et des partenariats avec les bailleurs sociaux ;
- adapter les outils réglementaires ;
- mettre en place un dispositif d'incitation financière et développer des outils d'information et de communication.