



ombrage

Fiches techniques

WE ARE BXL



CATALOGUE DE SOLUTIONS POUR LIMITER L'EFFET D'ILOT DE CHALEUR URBAIN

TABLE DES MATIERES




Solutions d'ombrage pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	3
Aperçu et éléments comparatifs des solutions d'ombrage	4
Outils et guides techniques pour aller plus loin	5
1. Voiles d'ombrage	6
<i>Fiche technique</i>	6
<i>Comparaison des différents matériaux de voile d'ombrage</i>	10
2. Abris, ombrières et pergolas	11
<i>Fiche technique</i>	11
<i>Comparaison des différentes pergolas</i>	15
Comparaison des différents matériaux de mâts et des fixations au sol	16
3. Protections solaires sur façades & ouvertures	18
<i>Fiche technique</i>	18
<i>Comparaison des différentes structures de protection solaire</i>	21
Annexe	25
Arbre décisionnel : quel type de solution d'ombrage privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?	25

SOLUTIONS D'OMBRAJE POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR UR- BAIN

Les solutions d'ombrage jouent un rôle-clé dans la lutte contre les îlots de chaleur urbains, en réduisant la température ambiante tout en améliorant le confort thermique et l'efficacité énergétique des espaces urbains. Ces solutions peuvent être envisagées dans le cas où la plantation d'arbres n'est pas possible, mais l'effet de rafraîchissement reste toutefois inférieur à celui d'un arbre.



Aperçu et éléments comparatifs des solutions d'ombrage

	 Voiles d'ombrages	 Abris, ombrières et pergolas	 Protections solaires sur façades et ouvertures
Stratégie(s)	Ombre ; réflexion	Ombre ; réflexion	Ombre ; réflexion
Potentiel de rafraîchissement	0,2 °C (air) ; 2°C jusqu'à 10 °C (ressenti)	0,2 °C (air) ; 2°C jusqu'à 10 °C (ressenti)	0,2 °C (air extérieur) ; 3,5°C - 10°C (air intérieur) ; 10 °C (ressenti intérieur)
Délai d'installation¹	< 3 semaines (installations temporaires) ; 2-6 mois (installations définitives)	2-6 mois	< 1 mois
Durée de vie	3-15 ans (installations temporaires) ; 15 ans (installations définitives)	10-40 ans	15-30 ans
Coûts	- Fourniture & installation : 10-60 €/m ² pour un voile entre deux façades ; 80-1 500 €/m ² pour une tente de réception sur structure ; - entretien : 10-30 €/m ² /an.	- Fourniture & installation : 200-900 €/m ² ; - entretien : 10-30 €/m ² /an.	- Fourniture & installation : 150-900 €/m ² ; - Entretien : 10-80 €/m ² /an.
Contraintes techniques et limites	Entretien ; utilisation saisonnière ; Sensibilité aux vents & intempéries	Travail de diagnostic important ; travaux lourds pour fixation au sol	Incompatibilité avec certains bâtiments

¹ Hors permis, délais de conception, commande et production du dispositif si sur mesure.

Outils et guides techniques pour aller plus loin

- AdaptaVille. Installer des solutions d'ombrage en ville. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-403.pdf>
- AdaptaVille. Les solutions d'ombrage en ville. <https://www.adaptaville.fr/media/article/guide-adaptaville-ombrieres-vf.pdf>
- AdaptaVille. Le brise-soleil <https://www.adaptaville.fr/le-brise-soleil-fixe-une-protection-contre-le-soleil-et-la-chaueur>
- AdaptaVille. Installer des protections solaires extérieures <https://www.adaptaville.fr/installer-des-protections-solaires-mobiles-exterieures>
- ADEME. (2021, mai). Rafraîchir les villes : des solutions variées. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafraichir-les-villes.html>
- EnvirobatBDM. Conception des protections solaires : principes généraux et retours d'expérience. <https://www.enviro-boite.net/IMG/pdf/rexprotectionssolairesvl-web-3.pdf>
- Guide Bâtiment Durable. Protections solaires extérieures. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/protections-solaires-exterieures>
- Règles de l'Art Grenelle Environnement. Brise-soleil métalliques rapportés - Conception et mise en œuvre. <https://www.pro-reno.fr/storage/media/shares/pdf/00722/guide-rage-brise-soleil-metalliques-neuf-2014-04.pdf>
- Plus fraîche ma ville. Structure d'ombrage. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/structure-ombrage>
- Plus fraîche ma ville. Structure d'ombrage en façade. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/facade-structure-ombrage>

1. Voiles d'ombrage

L'installation de voiles d'ombrage peut offrir une solution immédiate pour rafraîchir les passants lors des chaudes journées d'été. En période de canicule, ces structures légères & modulables, auto-portées ou sur des façades, constituent une alternative aux arbres et une réponse efficace au phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Fiche technique

Description	<p>Cette mesure consiste à fixer un voile (entre deux façades ou sur une structure) qui crée de l'ombre, ce qui permet de <u>limiter le stockage de la chaleur</u> par les matériaux ombragés. Les tissus reflètent les rayons du soleil et fournissent de l'ombre, ce qui permet de faire diminuer la température localement. Ces installations sont complémentaires à des installations de rafraîchissement plus efficaces en termes de rafraîchissement et de durabilité, telles que l'augmentation du couvert végétal en ville.</p> <p>Les voiles d'ombrages peuvent également être installés & fixés au pied d'immeubles (comme des auvents) pour limiter les pièges radiatifs. En effet, les pieds d'immeubles ensoleillés constituent des points chauds car les rayons thermiques se réfléchissent successivement entre la chaussée et la façade. Ces auvents devraient donc limiter ce phénomène en créant de l'ombre à cet endroit.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>L'installation de voiles d'ombrage permet de diminuer la température de l'air de <u>0,2 °C</u>, avec une <u>baisse ressentie de 2°C jusqu'à 10 °C</u>, selon plusieurs facteurs comme l'intensité de l'ensoleillement, le type de matériau utilisé et l'orientation de l'installation.</p>
Illustrations	 <p>Espagne (source : © unsplash.com)</p> <p>Valence, Espagne (source : Marion Julien)</p> <p>Tente de réception - Guinguette Maurice à Bruxelles, Belgique (source : Bruxelles Environnement)</p>
Délai d'installation	<ul style="list-style-type: none">- <u>Moins de 3 semaines</u> pour des installations temporaires (tentes & parasols) ;- <u>2-6 mois</u> pour des installations définitives.

Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> - <u>3-15 ans</u> pour des installations temporaires entre façades utilisées pendant l'été (ex. ciel de rue) si elles sont stockées dans de bonnes conditions et selon la qualité des matériaux, l'exposition aux intempéries et la solidité des fixations ; - <u>15 ans</u> pour des installations définitives (les structures porteuses durent plus longtemps).
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas de voiles suspendus, la <u>force de portance des murs</u> et la <u>résistance des points d'attache</u> doivent être suffisamment importantes (les fixations déjà présentes en façade qui servent de support aux décorations de Noël, ne sont pas adaptées aux voiles d'ombrages traditionnels mais peuvent convenir aux ciels de rue légers) ; - L'entretien <u>est important</u> - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous ; - Pour les structures auto-portées, une <u>préparation du sol</u> peut être nécessaire afin qu'il soit capable de supporter le poids de la tente ; - Les installations doivent respecter les <u>standards de sécurité des pompiers</u> si elles sont installées à proximité de bâtiments : (1) accessibilité des façades pour les camions échelles (respecter une distance minimale de 4 m) ; (2) incombustibilité ; (3) dégagement de fumée ; (4) résistance du matériau choisi.
Coûts²	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Préparation du sol et fixations</u> - pour les structures auto-portées : 50-150 €/m² couvert - cf. Comparaison des différents matériaux de mâts et des fixations au sol ; 2. <u>Voile</u> (fourniture & pose) : 10-60 €/m² - cf. Comparaison des différents matériaux de voile d'ombrage ; <u>tente de réception</u> : 80-1 500 €/m² 3. <u>Entretien</u> : 10-30 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) choix du site selon sa vulnérabilité à l'effet d'ICU, sa proximité à des espaces de rafraîchissement, et son exposition au vent (cf. GIS, cartes de cumul d'ensoleillement et des espaces verts) ; (b) évaluation de la solidité des façades ou de la présence éventuelle d'impétrants si ancrage au sol ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection de la solution (autoportée, suspendue) ; (b) planification de l'implantation (orientation, fixation, matériau, etc.) ; (c) demande de permis ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) préparation du sol si nécessaire ; (a. bis) vérification & renforcement des éléments porteurs ; (b) fixation/pose du voile ;

² Les structures auto-portées définitives peuvent avoir des coûts très variables selon que la structure soit réalisée en interne, par un prestataire et en fonction des contraintes (dimension architecturale & artistique, matériaux utilisés, etc.) ; les coûts peuvent ainsi être en 80-1 500 €/m².

	4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage des surfaces, inspection des fixations, traitement du voile et des supports, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.
Règlementation en vigueur	<p>Le demandeur est une autorité publique communale :</p> <p>Première étape : demande d'occupation du domaine à la Région (via Osiris) si voirie régionale (surplomb). Deuxième étape : demande de permis d'urbanisme auprès d'Urban.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>1^{er} cas : installation saisonnière ou cyclique</u> : permis d'urbanisme à durée limitée (maximum 6 ans) en vertu de l'article 1.3. de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif aux permis d'urbanisme à durée limitée du 17/03/2022 : « <i>installations présentant un caractère cyclique ou saisonnier, telles que les installations événementielles, foraines, structures gonflables de tennis, guinguettes, terrasses saisonnières, installations pour l'accueil de jour et/ou de nuit des personnes sans-abri</i> ». • <u>2^{ème} cas : installation permanente</u> : permis d'urbanisme classique à durée indéterminée. <p>Troisième étape : accord du propriétaire du bâtiment requis (par une convention) pour la fixation si point d'ancrage au mur.</p>
Modalités d'entretien	<p>Au moins une fois par an, les tissus doivent être <u>nettoyés</u>, traités <u>contre les moisissures</u> et <u>imperméabilisés</u> le cas échéant. La <u>tension</u> - face au poches d'eau ou au vent - doit être vérifiée plusieurs fois par saison (voire semaine) ; les <u>fixations</u> au mur doivent être vérifiés au moins tous les cinq ans ; les <u>supports</u> doivent être vérifiés & entretenus annuellement (humidité, fissures, etc.). Des contrats d'entretien sont possibles. Ces installations sont prévues pour être <u>démontées & stockées en hiver</u>.</p>
Recommandations de mise en place	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser des <u>études héliodons</u>³ pour anticiper l'ombre projetée et maximiser l'efficacité du dispositif ; - Privilégier ces installations dans des <u>zones piétonnes ou à faible circulation</u> et éviter de les placer dans des sites avec de nombreuses climatisations pour limiter l'accumulation de quelconque pollution ; - Prévoir des <u>installations faciles à démonter chaque saison</u> et qui peuvent être stockées au sec et à l'abri de l'humidité et de la pollution ; - Assurer une <u>tension & torsion</u> permettant une moindre prise au vent et une évacuation de l'eau de pluie - certaines coupes sont plus ou moins adaptées à résister au vent ;

³ Une étude héliodon est une simulation & observation de l'ensoleillement d'un bâtiment ou d'un espace tout au long de l'année.

	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier des <u>toiles aux bords renforcés</u> (double bande ou ourlets) et au grammage élevé (250-300 g/m²) et éviter les voiles à œillets ; - <u>Éviter les voiles en matière plastique</u> (polyéthylène, polyester, PVC, etc.), peu écologiques et plus fragiles sur le long terme ; - Pour des structures auto-portées, vérifier les <u>impétrants présents</u> et ajuster l'installation de la structure en fonction pour éviter d'endommager les impétrants avec les fondations ; - Penser à des <u>assises</u> sous les installations ; - Privilégier des voiles de <u>seconde main</u>.
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les voiles d'ombrage sont une solution de rafraîchissement passif (contrairement à des solutions comme les brise-soleils qui peuvent être orientables et donc mécanisés) ; - Des matériaux réutilisés, recyclés ou biosourcés peuvent être utilisés pour la fabrication.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les voiles d'ombrage ne peuvent pas être installés dans des <u>zones trop venteuses</u> et doivent être démontées en cas d'<u>intempéries sévères</u> ; - Des zones de rétention d'eau et de dépôts sur les structures peuvent augmenter le risque de <u>corrosion</u> pour certains matériaux ; - Les tentes, peu adaptées au vent et aux conditions hivernales, sont souvent <u>retirées durant l'hiver</u>.

Comparaison des différents matériaux de voile d'ombrage

	Matériaux					
	Polyéthylène	Polyester	Acrylique	Lycra ⁴	Rubans (ciel de rue)	PVC
Densité	<u>0,91-0,97 g/cm³</u>	<u>1,38 g/cm³</u>	<u>1,1-1,2 g/cm³</u>	<u>1,1 g/cm³</u>	<u>1,38 g/cm³</u>	<u>1,2-1,4 g/cm³</u>
Coûts (fourniture)	<u>10-25 €/m²</u>	<u>10-30 €/m²</u>	<u>15-40 €/m²</u>	<u>15-60 €/m²</u>	<u>15-40 €/m²</u>	<u>10-30 €/m²</u>
Durée de vie	<u>3-5 ans</u>	<u>5-10 ans</u>	<u>7-15 ans</u>	<u>5-10 ans</u>	<u>3 ans</u>	<u>10-30 ans</u>
Caractéristiques & spécificités	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Imperméabilisable</u> pour des petites pluies ; - <u>Léger</u> ; - <u>Sensible aux UV</u> sans traitement. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Imperméabilisable</u> pour des petites pluies. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Imperméabilisable</u> pour des petites pluies ; - Conserve les <u>couleurs</u> sur la longue durée. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Imperméabilisable</u> pour des petites pluies (coût plus élevé). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ne protège pas des UV</u> ; - Permet la <u>circulation de l'air</u> ; - <u>Peu sensible à la prise au vent</u> ; - <u>Ne peut être imperméabilisé</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protège <u>complètement des UV</u> ; - <u>Empêche l'air de circuler</u> ; - Très sensible à la <u>prise au vent</u> ; - Est totalement <u>imperméable</u>.

⁴ Les installations dans l'espace public semblent privilégier le lycra.

2. Abris, ombrières et pergolas

Les abris & pergolas offrent des solutions efficaces pour lutter contre l'effet ICU. En créant des zones ombragées et ventilées, ils réduisent la température ressentie et améliorent le confort des passants. Conçus avec des matériaux adaptés, ces structures favorisent également un espace extérieur durable, tout en s'intégrant harmonieusement dans le paysage urbain.

Fiche technique

Description	<p>Les pergolas, en tant que structures d'ombrage, <u>bloquent directement les rayons du soleil</u>, réduisant ainsi la température ressentie par les piétons. Cet ombrage permet de créer des zones plus fraîches & confortables dans les espaces publics, surtout pendant les périodes de forte chaleur. Ces installations sont pensées comme des structures pérennes de rafraîchissement, bien qu'elles puissent être posées sur des plots pour plus de flexibilité.</p> <p>Les pergolas peuvent également être installées & fixées au pied d'immeubles (comme des auvents) pour <u>limiter les pièges radiatifs</u>. En effet, les pieds d'immeubles ensoleillés constituent des points chauds car les rayons thermiques se réfléchissent successivement entre la chaussée et la façade. Ces auvents limitent ce phénomène en créant de l'ombre à cet endroit.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Des dispositifs d'ombrage autoportés peuvent faire diminuer la température de l'air de <u>0,2 °C</u>, avec une <u>baisse ressentie de 2°C jusqu'à 10 °C</u>, selon plusieurs facteurs comme l'intensité de l'ensoleillement, le type de matériau utilisé et l'orientation de la façade.</p>
Illustration	 <p>(source : © unsplash.com)</p>  <p>Ombrière à Paris, France (source : adaptaville.fr)</p>  <p>Ombrière à Valence, Espagne (source : Marion Julien)</p>  <p>Auvent au Botanique, Bruxelles (source : © unsplash.com)</p>

Délai d'installation	<u>2-6 mois</u> selon la taille de la pergola et les travaux préparatoires nécessaires (création de fondations, terrassement, etc.)
Durée de vie	<u>10-40 ans</u> selon les types de matériaux, l'exposition aux intempéries et la solidité des fondations
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Une <u>préparation du sol</u> peut être nécessaire : le sol doit être capable de supporter le poids de la tente ; des chevilles adaptées doivent être utilisées pour la fixation au sol et un scellement chimique ou une plaque de béton peut être nécessaire pour assurer la stabilité de la structure ; - La force de <u>portance des murs</u> doit être suffisamment importante ; - L'<u>inclinaison du toit</u> doit être considérée car celle-ci influence l'importance de l'ombre qui sera produite mais également la capacité de l'ouvrage à capter les courants d'air et les rabattre au sol (circulation de l'air) ; - L'<u>entretien doit être régulier et est important</u> - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous ; - Les installations doivent respecter les <u>standards de sécurité des pompiers</u> : (1) accessibilité des façades pour les camions échelles (respecter une distance minimale de 4 m) ; (2) incombustibilité ; (3) dégagement de fumée ; (4) résistance du matériau choisi.
Coûts	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Préparation du sol et fixations</u> - pour les structures auto-portées : 50-150 €/m² - cf. Comparaison des différents matériaux de mâts et des fixations au sol ; ; 2. <u>Structure</u> (fourniture & pose) : 200-1000 €/m² selon la taille de la pergola, l'aspect sur mesure et les travaux préparatoires nécessaires (création de fondations, terrassement, etc.) - cf. Comparaison des différentes pergolas ; 3. <u>Entretien</u> : 10-30 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) choix du site selon sa vulnérabilité à l'effet d'ICU, sa proximité à des espaces de rafraîchissement et son exposition au vent (cf. GIS, cartes de cumul d'ensoleillement et des espaces verts) ; (b) évaluation de la solidité des façades ou de la présence éventuelle d'impétrants si ancrage au sol ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection de la solution ; (b) planification de l'implantation ; (c) demande de permis ; 3. <u>Mise en œuvre</u> (préparation du sol, pose) ; 4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage des surfaces, traitement du voile et des supports, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.

Règlementation en vigueur	<p>Le demandeur est une autorité publique communale :</p> <p>Première étape : demande d'occupation du domaine à la Région (via Osiris) si voirie régionale.</p> <p>Deuxième étape : demande de permis d'urbanisme auprès d'Urban.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>1^{er} cas : installation saisonnière ou cyclique</u> : permis d'urbanisme à durée limitée (maximum 6 ans) en vertu de l'article 1.3. de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif aux permis d'urbanisme à durée limitée du 17/03/2022 : « installations présentant un caractère cyclique ou saisonnier, telles que les installations événementielles, foraines, structures gonflables de tennis, guinguettes, terrasses saisonnières, installations pour l'accueil de jour et/ou de nuit des personnes sans-abri ». • <u>2^{ème} cas : installation permanente</u> : permis d'urbanisme classique à durée indéterminée. <p>N.B. : le type d'ancrage au sol n'impacte pas la procédure de demande de permis, que l'ombrière soit ancrée au sol ou non-ancrée mais destinée à rester en place (support autoporté).</p>
Modalités d'entretien	<p>Les structures d'ombrières nécessitent peu d'entretien. Certains matériaux comme le bois résisteront moins dans le temps et peuvent nécessiter plus d'entretien ou un remplacement de certaines pièces au fil du temps, il est donc important de privilégier une structure avec des pièces facilement démontables et remplaçables. Les <u>supports</u> devront alors être vérifiés & entretenus (humidité, fissures, etc.) : entretien annuel conseillé mais pas indispensable.</p>
Recommandations de mise en place	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier ces installations dans des <u>zones piétonnes</u> ou à <u>faible circulation</u> et éviter de les placer dans des sites avec de nombreuses climatisations pour limiter l'accumulation de quelconque pollution ; - Si installation saisonnière : prévoir des <u>installations faciles à démonter chaque saison</u> et qui peuvent être stockées au sec et à l'abri de l'humidité et de la pollution ; - Prévoir un <u>système de drainage</u> pour éviter l'accumulation d'eau ; - <u>Vérifier le sol préalablement</u> : l'installée d'une structure autoportée ne doit pas endommager les impétrants présents et devra être déplacée dans les cas où elle demande des fondations trop profondes ; - Penser à des <u>assises</u> sous les installations.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les abris & pergolas sont une solution de rafraîchissement passif (contrairement à des solutions comme les brise-soleils) ;




	<ul style="list-style-type: none"> - Des matériaux réutilisés, recyclés ou biosourcés peuvent être utilisés pour la fabrication ; - Ces pergolas peuvent servir de potentiel support à la biodiversité local en étant végétalisées - cf. fiches « Végétation ».
<p>Points de vigilance et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les matériaux, notamment le bois ou le métal, nécessitent des <u>traitements réguliers contre la corrosion ou la moisissure</u> ; - Les pergolas sont peu adaptées au <u>vent</u> et aux <u>conditions hivernales</u> et sont souvent retirées durant l'hiver.

Comparaison des différentes pergolas

	Pergola				
	En bois	En acier	En aluminium	En PVC	Bioclimatique
Description, caractéristiques et spécificités	Naturelle & chaleureuse, est idéale pour un style rustique ou classique, mais nécessite un <u>entretien régulier contre les intempéries</u> .	Structure <u>robuste & durable</u> , au design moderne, adaptée pour les environnements nécessitant une <u>résistance</u> maximale.	<u>Légère</u> , durable et <u>résistante à la corrosion</u> , avec un design contemporain et peu d'entretien.	Option <u>économique</u> , légère et <u>facile à entretenir</u> , mais <u>moins résistante</u> face aux conditions extrêmes.	Pergola <u>haut de gamme</u> avec <u>lames orientables</u> qui permet un confort modulable en toute saison.
Illustration					
Coûts (fourniture)	<u>40-250 €/m²</u>	<u>70-400 €/m²</u>	<u>80-450 €/m²</u>	<u>40-250 €/m²</u>	<u>375-850 €/m²</u>
Durée de vie	<u>10-30 ans</u>	<u>20-40 ans</u>	<u>20-40 ans</u>	<u>15-30 ans</u>	<u>15-30 ans</u>

Comparaison des différents matériaux de mâts et des fixations au sol

Matériaux de mât				
	Acier	Aluminium	Inox	Bois
Illustration				
Coûts (fourniture)	<u>5-12 €/m²</u>	<u>2-5 €/m²</u>	<u>6-12 €/m²</u>	<u>2-30 €/m²</u>
Durée de vie	<u>10-20 ans</u>	<u>25-50 ans</u>	<u>20-50 ans</u>	<u>10-50 ans</u>
Caractéristiques & spécificités	<ul style="list-style-type: none"> - Résistant aux <u>charges élevées</u> et <u>aux vents forts</u> ; - <u>Durable</u> avec un traitement <u>anti-corrosion</u> (galvanisé/thermolaqué). 	<ul style="list-style-type: none"> - Léger & facile à installer - <u>idéal pour les structures temporaires</u> ; - <u>Chauffe moins</u> que l'acier. 	<ul style="list-style-type: none"> - Très <u>résistant aux intempéries</u> et à la <u>corrosion</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ne retient pas la chaleur</u> ; - Nécessite un <u>entretien régulier</u>.

Ancrage			
	Mât à sceller	Mât à visser	Mât à lester
Description, caractéristiques et spécificités	<p>Ce type de mât est conçu pour être scellé dans une base en béton. Il nécessite un trou dans le sol où le mat est placé, puis le béton est versé autour pour le maintenir en place. Ce type de mat est généralement plus <u>stable & durable</u>, ce qui le rend idéal pour des installations permanentes.</p>	<p>Ce mât est équipé d'une base qui se visse directement dans le sol. Il est <u>plus facile et rapide à installer</u>, ce qui est favorisé pour des installations temporaires ou des terrains où le percement de béton n'est pas souhaitable.</p>	<p>Dans ce cas, le mât est renforcé à sa base par un poids (un bloc de béton souvent). L'installation est donc relativement <u>mobile & temporaire</u>, mais plus <u>volumineuse</u>.</p>
Illustration			
Type(s) de sols	<p><u>Sols durs</u> (béton, bois, asphalte, ciment, etc.)</p>	<p><u>Sols durs</u> (béton, bois, asphalte, ciment, etc.)</p>	<p><u>Sols instables</u> (sable) et <u>durs contraints par impétrans</u></p>

3. Protections solaires sur façades & ouvertures

L'ensoleillement est une source potentielle de gêne en été s'il n'est pas correctement géré. Dans cette optique, les dispositifs d'ombrage installés sur les façades ou ouvertures des bâtiments jouent un rôle essentiel en interceptant le rayonnement solaire avant qu'il ne pénètre à travers les surfaces vitrées, prévenant ainsi la surchauffe des pièces.

Fiche technique

Description	<p>Les structures de protection solaire bloquent une partie de l'énergie solaire directe, ce qui diminue la température des façades et réduit la charge thermique interne, contribuant ainsi à abaisser la température ambiante et à limiter l'effet de surchauffe dans les zones urbaines.</p> <p>Les structures fixes comme les brise-soleils ou auvents protègent les façades sud en été et laissent passer le soleil l'hiver pour réduire les besoins en énergie (elles sont moins utiles sur les façades est/ouest).</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Sur les façades fortement exposées au soleil, l'installation de brise-soleil en extérieur offre la possibilité de diminuer la température de <u>3,5 à 10°C en intérieur</u>, tout en assurant un apport adéquat de lumière naturelle tout au long de l'année ; la baisse locale de température peut être de <u>0,2 °C en extérieur</u>, selon plusieurs facteurs comme l'intensité de l'ensoleillement, le type de matériau utilisé et l'orientation de la façade.</p>
Illustrations	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"><div style="text-align: center;"><p>Volets (source : © unsplash.com)</p></div><div style="text-align: center;"><p>Brise-soleil & auvent au Centre administratif Brucity à Bruxelles, Belgique (source : b2ai.com)</p></div><div style="text-align: center;"><p>Protections solaires à la maison de repos & soins La Bouvière à Vielsalm, Belgique (source : archipelago.be)</p></div></div>
Délai d'installation	<p><u>≤ 1 mois</u> (hors procédure audit, permis, marché public).</p>
Durée de vie	<p><u>15-30 ans</u></p>

Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - La conception doit être adaptée en fonction de la <u>résistance au vent</u>, aux <u>intempéries</u> (p. ex., neige) et à l'<u>usure des matériaux</u> ; - Une étude préalable doit vérifier que les façades peuvent supporter la <u>charge des structures d'ombrage</u> ; - Les installations ne doivent pas pouvoir entraver l'<u>intervention des pompiers</u> ; - La <u>conception bioclimatique</u> doit être prise en compte : un dispositif d'ombrage peut s'échauffer et renvoyer de la chaleur vers les usagers en fonction des matériaux et de la forme de l'aménagement.
Coûts	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & pose</u> : 150-900 €/m² - cf. Comparaison des différentes structures de protection solaire ; 2. <u>Entretien</u> : 10-80 €/m²/an.
Aides financières (en Région Bruxelles-Capitale)	<p>Les <u>Primes RENOLUTION</u> (<i>actuellement suspendues</i>) proposent des aides pour la rénovation des bâtiments ; des primes peuvent être accordées pour des travaux améliorant la performance énergétique ou l'esthétique des façades (p. ex., les primes F4 & F5 concernent l'embellissement des façades)⁵.</p>
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) audit thermographique du bâtiment et de son environnement ; (b) étude d'optimisation (selon l'orientation du bâtiment, ses ouvertures, etc.) ; (c) diagnostic de la portance de la façade ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection de la solution - cf. Comparaison des différentes structures de protection solaire ; (b) planification de l'implantation (c) demande permis ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) vérification & renforcement des éléments porteurs ; (b) fixation/pose ; 4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage des surfaces, inspection des fixations, vérification des mécanismes mobiles) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.
Règlementation en vigueur	<p>Sur un bâtiment existant, l'ajout de structures d'ombrage, en tant que modification visible depuis l'espace public, requiert un <u>permis d'urbanisme</u> pour la façade avant. Les règlements d'urbanisme locaux peuvent imposer des contraintes sur le type de matériaux, les couleurs, les dimensions et l'alignement des structures par rapport à l'espace public.</p>
Modalités d'entretien	<p>Le bon fonctionnement des dispositifs d'ombrage doit être vérifié régulièrement. Il est possible de <u>prévenir l'apparition de corrosion</u> pour les éléments métalliques en jouant sur le choix du matériau (aluminium, aciers inoxydables, aciers auto-patinables) ou par l'application d'un revêtement (peinture, galvanisation).</p>



⁵ Cf. Renolution. Les Primes RENOLUTION. <https://renolution.brussels/fr/les-primes-renolution>.

Recommandations de mise en place	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser des <u>études héliodons</u>⁶ pour anticiper l'ombre projetée et maximiser l'efficacité du dispositif ; - Privilégier des <u>matériaux & formes adaptés</u> : solutions opaques et de couleur claire ; matériaux peu émissifs (p. ex., bois, brique) ; pièces facilement remplaçables ; - Opter pour des <u>solutions ajourées ou rétractables</u> la nuit pour éviter l'accumulation de chaleur et les détournements d'usage.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfice environnemental</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'ajout de structure d'ombrage peut permettre de diminuer la consommation énergétique des bâtiments pour la climatisation (jusqu'à 40 % selon le climat). <p><u>Co-bénéfice social</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le confort thermique des occupants du bâtiment sur lequel est installé des structures d'ombrage est amélioré.
Points de vigilance et limites	<ul style="list-style-type: none"> - Les installations d'ombrage sur façade peuvent donner lieu à des <u>détournements d'usage</u> (p. ex. escalade) qui endommagent les structures et mettent en danger ceux qui les pratiquent ; - Les structures d'ombrage installées sur une façade existantes peuvent nécessiter de vérifier la <u>comptabilité avec l'architecture et la réglementation en vigueur</u> (p. ex., en centre-ville) ; - Des zones de rétention d'eau et de dépôts sur les structures peuvent augmenter le risque de <u>corrosion</u> pour certains matériaux. - Peut engendrer en fonction du type d'installation un plus grande <u>difficulté d'accès au bâtiment</u> (plus grandes nacelles nécessaires, placement d'échafaudages compliqués...) - Il est important d'assurer une protection solaire homogène ou d'utiliser des vitrages adaptés, faute de quoi peut survenir un risque de choc thermique sur vitrages, lorsque l'ensoleillement d'un vitrage est inégal - avec une partie à l'ombre et l'autre exposée. Des écarts de température peuvent alors provoquer un choc thermique, risquant de fissurer le verre.

NB : Pour aller plus loin, Bruxelles Environnement dédie un article aux protections solaires extérieures dans son « Guide Bâtiment Durable » : <https://guide-batimentdurable.brussels/protections-solaires-exterieures>.

⁶ Une étude héliodon est une simulation & observation de l'ensoleillement d'un bâtiment ou d'un espace tout au long de l'année.

Comparaison des différentes structures de protection solaire

		Solutions (1)	
		Brise-soleil	Auvents-casquettes
Description	Lames horizontales/verticales installées sur les façades.	Avancées rigides/semi-rigides installées au-dessus des ouvertures ou le long des façades.	>> >
Illustration technique	 <p>© unsplash.com</p>	 <p>© unsplash.com</p>	>> >
Matériaux/types (et caractéristiques)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Aluminium</u> (léger, résistant, durable) ; - <u>Bois</u> (esthétique, naturel, mais entretien nécessaire) ; - <u>Acier</u> (solide, mais sujet à la corrosion). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Aluminium</u> (léger, résistant à la corrosion si thermolaqué) - <u>Polycarbonate</u> (léger, bon filtrage UV, mais moins résistant) ; - <u>Acier galvanisé</u> (robuste, durable) - <u>Bois</u> (esthétique, naturel, mais entretien nécessaire). 	>> >
Coûts (fourniture & pose)	<u>200-400 €/m²</u>	<u>150-900 €/m²</u>	>> >


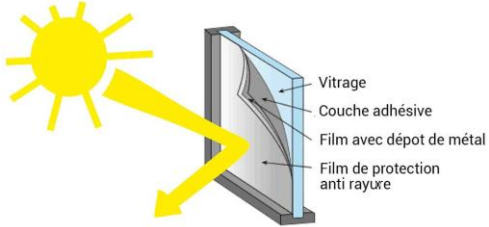
Solutions (1)			
	Brise-soleil	Auvents-casquettes	>> >
Spécificités & limites	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Filtre la lumière</u> sans bloquer la <u>ventilation naturelle</u> ; - <u>Ajustable</u> pour contrôler la lumière (lames orientables) ; - Nécessite des <u>systèmes de fixation solides</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Idéal pour protéger de la <u>chaleur directe</u> en été ; - Bon pour des zones spécifiques nécessitant une couverture continue ; - <u>Pas de flexibilité</u> en termes d'ajustement de l'ombre ; - Peut-être <u>vulnérable aux vents forts</u> si non correctement fixés. 	>> >

Solutions (2)				
	<<<	Stores en toile	Claustras	>> >
Description	<<<	Toiles tendues ou stores enroulables placés à l'extérieur des fenêtres ou façades.	Panneaux perforés/ajourés fixés sur la façade pour filtrer la lumière et créer des jeux d'ombres.	>> >
Illustration technique	<<<			>> >

Solutions (2)			
	<<<	Stores en toile	Claustras >>>
		© unsplash.com	© unsplash.com
Matériaux/types (et caractéristiques)	<<<	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Toile acrylique</u> (résistante aux UV et intempéries, durable) ; - <u>Polyester</u> (léger, économique, mais moins durable) ; - <u>PVC</u> (imperméable, entretien facile, mais moins respirant). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Bois</u> (esthétique, naturel, entretien nécessaire) ; - <u>Aluminium</u> (léger, résistant, durable, sans entretien) ; - <u>Acier</u> (robuste, mais sujet à la corrosion) ; - <u>Verre</u> (lumineux, mais fragile et coûteux).
Coûts (fourniture & pose)	<<<	<u>250-850 €/unité</u> <u>260-560 €/m² (si à commande électrique)</u>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>50-180 €/m²</u> (bois) ; - <u>200-300 €/m²</u> (aluminium, verre, etc.).
Spécificités & limites	<<<	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Flexibilité</u> d'ajustement selon les besoins en lumière ; - Moins durable que d'autres solutions, notamment face aux <u>intempéries</u> (durée de vie entre 10 et 20 ans). - Prône aux <u>dégradations</u> sous vents forts (> 70 km/h) ou conditions climatiques sévères. 	<ul style="list-style-type: none"> - Crée des <u>ombres esthétiques</u> ; - Moins efficace dans la gestion de la lumière directe comparé à d'autres solutions.

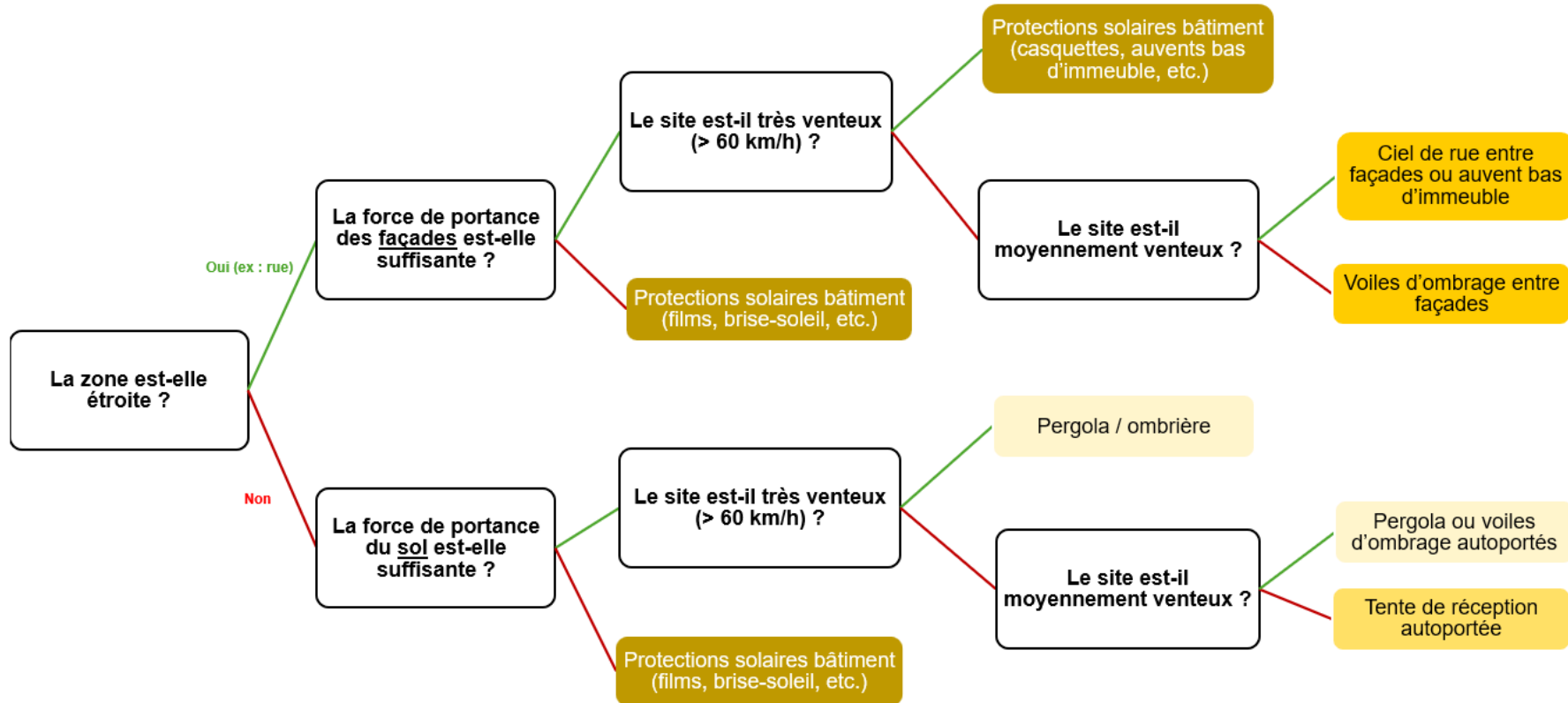
Solutions (3)			
	<<<	Volets	Films solaires anti-chaueur >>>
Description	<<<	Dispositifs de protection placés devant les ouvertures (fixes, coulissants ou pliants) pour assurer l'occultation, l'isolation thermique et la sécurité.	Couches composées d'aluminium appliquées sur les surfaces vitrées offrant une défense contre les effets néfastes du soleil.

Solutions (3)

	Volets	Films solaires anti-chaueur
Illustration technique	 <p>© unsplash.com</p>	
Matériaux/types (et caractéristiques)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Bois</u> (esthétique, naturel, entretien nécessaire) ; - <u>PVC</u> (léger, économique, entretien facile, mais moins robuste) ; - <u>Aluminium</u> (léger, résistant, durable, sans entretien, mais moins isolant) ; - <u>Acier</u> (sécurisé, robuste, mais lourd et sujet à la corrosion). 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Réfléchissants</u> (protègent des UV mais avec un aspect métallique) ; - <u>Absorbants</u> (moins performants mais plus transparents) ; - <u>Céramiques</u> (non métalliques et très performants) ; - <u>À faible émissivité</u> (reflètent de la chaleur radiante).
Coûts (fourniture & pose)	<p>250-850 €/unité 430-450 €/m²</p>	<p>20-60 €/m²</p>
Spécificités & limites	<ul style="list-style-type: none"> - Haute <u>sécurité</u> et protection contre l'intrusion ; - <u>Occultation totale</u> ; - Doivent être de préférence <u>de couleur claire</u> ; - <u>Isolation thermique limitée</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plus ces films sont performants (et épais) en bloquant la chaleur, plus ils réduisent la lumière naturelle qui entre à l'intérieur (<u>équilibre entre la protection solaire et la luminosité naturelle</u>) ; - Bloquent une grande partie des <u>rayons UV nocifs</u>.

ANNEXE

Arbre décisionnel : quel type de solution d'ombrage privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?





Végétalisation

Fiches techniques

WE ARE BXL

TABLE DES MATIERES

Arbre décisionnel : quelle solution de végétation privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?.....	4
Solutions de végétation de pleine terre pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	5
<i>Aperçu et éléments comparatifs des solutions de végétation de pleine terre.....</i>	<i>6</i>
<i>Outils et guides techniques pour aller plus loin</i>	<i>8</i>
<i>Guides pour sélectionner les essences</i>	<i>9</i>
<i>Les listes ci-dessous constituent un support à la décision. Elles ne sont pas exhaustives et il reste essentiel de diversifier les essences plantées..</i>	<i>9</i>
1. Arbres.....	11
Fiche technique.....	11
Comparaison des plantations d'arbres.....	16
2. Buissons et herbes hautes	20
Fiche technique.....	20
3. Plantes grimpantes sur pergola	24
Fiche technique.....	24
Recommandations d'installation de nichoirs en combinaison de la pergola.....	28
4. Façades végétalisées	29
Fiche technique.....	29
Comparaison des techniques de végétalisation de façade	34

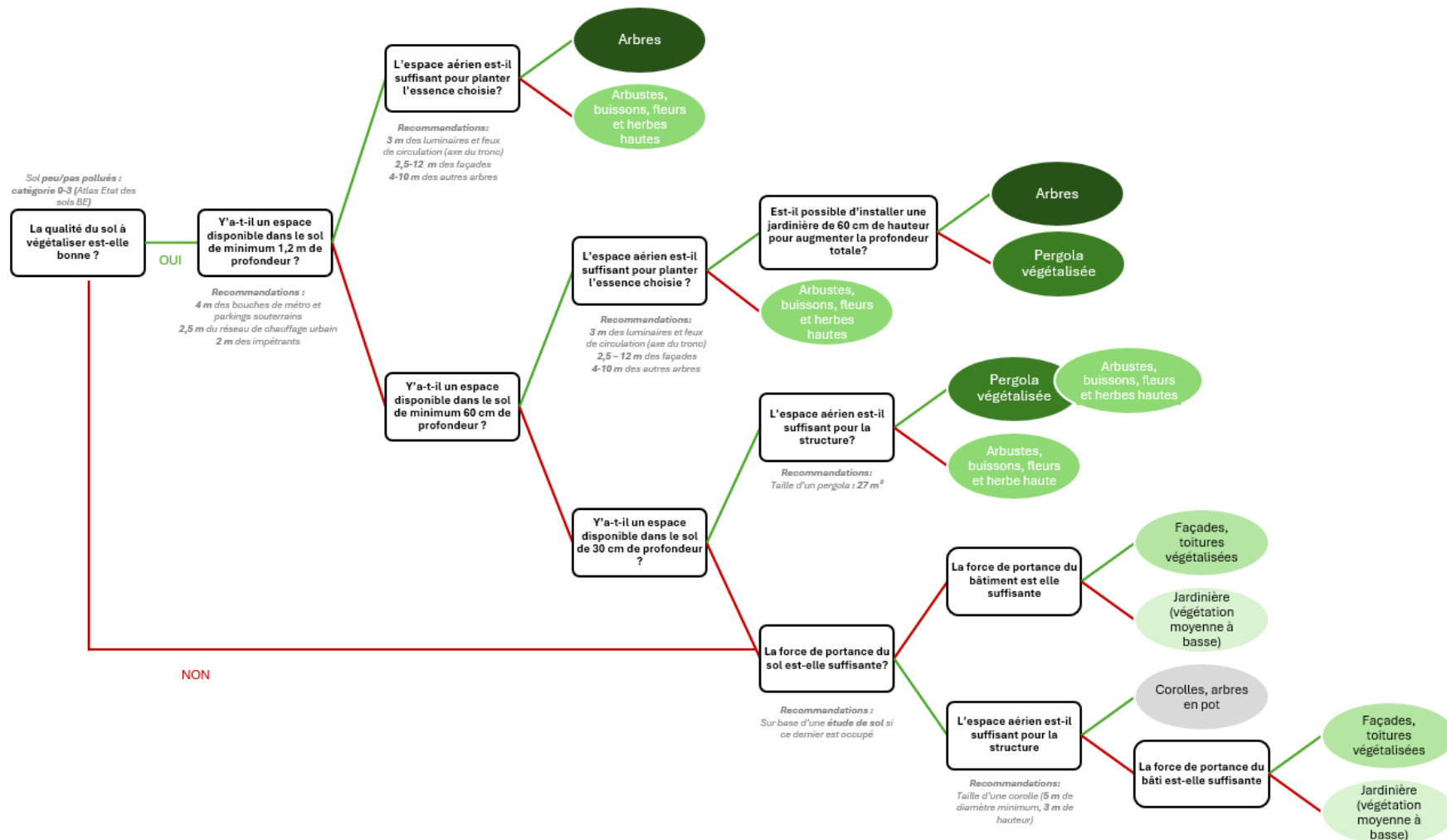


	<i>Comparaison des différentes plantes grimpantes sur façade et leurs supports</i>	<i>36</i>
	Solution de végétation hors-sol pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	37
	Aperçu et éléments comparatifs des solutions de végétation hors-sol.....	38
5. Arbres en pot.....		41
<i>Fiche technique.....</i>		<i>41</i>
6. Corolles en pot		45
<i>Fiche technique.....</i>		<i>45</i>
7. Jardinières.....		49
<i>Fiche technique.....</i>		<i>49</i>
8. Toitures végétalisées		52
<i>Fiche technique.....</i>		<i>52</i>
Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation.....		62
Mise en œuvre		62
Modalités d'entretien.....		67

Note : cette fiche a pour but d'aider à mieux comprendre les solutions de végétation à privilégier pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain. Le service des Espaces verts et Aménagements urbains doivent toutefois toujours être consultés pour les différentes étapes de choix et mise en œuvre.

ARBRE DÉCISIONNEL : QUELLE SOLUTION DE VÉGÉTATION PRIVILÉGIER AFIN DE LIMITER L'EFFET D'ICU ?

1



¹ Les recommandations en matière de distances à respecter sont principalement basées sur celles de l'APUR (Paris) (source Livrable 4 ICU). En l'absence de normes/jurisdiction belges/bruxelloise en la matière. Seules les distances à respecter entre les arbres et les façades proviennent des recommandations du Manuel Espace Public bruxellois.

SOLUTIONS DE VÉGÉTATION DE PLEINE TERRE POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

La végétalisation du milieu urbain constitue une solution essentielle pour atténuer l'effet îlot-de-chaueur [ICU]. En intégrant des arbres, des toitures végétalisées ou des façades végétales, elle favorise l'évapotranspiration et l'ombrage, limitant ainsi l'accumulation de chaleur dans les espaces bâtis. Ces aménagements améliorent le confort thermique en rafraîchissant l'air ambiant tout en renforçant la biodiversité et la résilience climatique des villes face aux vagues de chaleur.

Arbres

Mont des Arts, Bruxelles
(source : © unsplash.com)



Buissons et herbes hautes

© unsplash.com



Plantes grimpantes sur pergola

© unsplash.com







Façades végétalisées

Valence, Espagne
(source : Marion Julien)



Aperçu et éléments comparatifs des solutions de végétation de pleine terre

	 Arbres	 Buissons et herbes hautes	 Plantes grimpantes sur pergola	 Façades végétalisées
Stratégie(s) de rafraîchissement	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation
Potentiel de rafraîchissement	2-4 °C (air) ; 10 °C (ressenti)	0,1-1 °C (air) ; 0-5 °C (ressenti)	0,2 °C (air) ; 3,5 °C (ressenti)	4 °C (si combinaison toitures et façades végétalisées dans une rue) ; 1,5°C à 5°C (température intérieure) ; réduction de moitié les fluctuations de température de surface du mur
Délai d'installation <i>Ces délais ne comprennent pas le temps préparatoire (analyse sous-sol, choix essences, permis, etc.)</i>	< 1 mois	0-2 semaines	2-6 mois	3-6 mois
Temporalité de l'effet de rafraîchissement	10 ans après la plantation (en fonction de l'âge de l'arbre au moment de la plantation)	> 2 ans	2 mois à 1 an après la plantation	> 2 ans
Durée de vie	20-50 ans	3->10 ans	10-30 ans	10-30 ans

Coûts estimés	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture & plantation : 300-1 000 €/unité ; - Entretien : 40-50 €/unité/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture & plantation : 100-200 €/m² ; - Entretien : 10-30 €/m²/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture & plantation : 150-750 €/m² ; - Entretien : 40-50 €/m²/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture & plantation : 10-50 €/m² (plantes grimpantes) ; 400-1 500 €/m² (mur végétalisé) ; - Entretien : 70 à 150€/m²/an
Contraintes techniques et limites communes	Travail de diagnostic et de sélection de essences en amont ; Entretien nécessaire (arrosage, suivi phytosanitaire, taille, ...) ; Pas d'effet de rafraîchissement immédiat			
Contraintes techniques et limites spécifiques	Espace nécessaire hors & dans le sol	travaux de déminéralisation du sol ; généralement plus faible résistance aux sécheresses	Espace hors-sol important ; Travaux de voirie nécessaires	Besoin d'un bâti de qualité ; support de la végétation par le mur nécessaire ; Vérification que la plante ne dégrade pas certains éléments du bâtiment ; enjeu de compatibilité avec le patrimoine historique ; Durée de vie des murs-jardinières et mur vivants moins importante
Co-bénéfices	Biodiversité ; gestion des eaux ; séquestration de CO ₂ ; résilience des écosystèmes ; santé & bien-être	Biodiversité ; gestion des eaux ; santé & bien-être	Biodiversité ; gestion des eaux ; séquestration de CO ₂ ; santé & bien-être	Biodiversité ; gestion des eaux ; séquestration de CO ₂ ; isolation thermique ; santé & bien-être



Outils et guides techniques pour aller plus loin

Pour les arbres

- Arbres et arrêts de transports publics : modalités d'intégration (Bruxelles Mobilité, STIB). https://data.mobility.brussels/home/media/filer_public/d3/db/d3db42ff-3a86-4fa2-ae81-168f2bbcd2c2/32_arbres_et_arrets_de_transports_publics_-_pdf
- Manuel de l'arbre en milieu minéralisé (Bruxelles Environnement). https://renature.brussels/file/pdf/trees_in_hard_landscapes_renaturebrussels_fr.pdf
- Renature.Brussels. Plantez des arbres d'avenir (Bruxelles Environnement). <https://renature.brussels/fr/actions/ville-foret/plantez-des-arbres-d-avenir>
- Renature.brussels. Protéger les arbres pendant un chantier (Bruxelles Environnement). <https://renature.brussels/fr/actions/ville-foret/protegez-les-arbres-pendant-un-chantier>
- Plus fraîche ma ville. Planter un arbre. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/planter-un-arbre>

Pour la végétation basse/moyenne

- Plus fraîche ma ville. Jardin suspendu sur dalle. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/jardin-suspendu>

Pour les plantes grimpantes et façades végétalisées

- Saint-Gilles. Les plantes grimpantes – Guides des bonnes pratiques. <https://quartiers1060.brussels/wp-content/uploads/2021/05/PLANTES-GRIMPANTES.pdf>
- Union Nationale des Entreprises du Paysage. Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par bardage rapporté. <https://documents.lesentreprisesdupaysage.fr/pub/documents/unep-bc3-r0-bd.pdf>
- Ville de Strasbourg. Guide de végétalisation – Façades. https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2022-01/guides_vegetalisation_strasbourg.pdf

Pour les toitures et façades végétalisées

- Guide Bâtiment Durable. Réaliser des toitures vertes. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/realiser-toitures-vertes> & façades vertes <https://guidebatimentdurable.brussels/realiser-facades-vertes>
- Homegrade. Toiture végétalisée – Impact et installation. Bruxelles Environnement. https://homegrade.brussels/wp-content/uploads/2023/10/Homegrade_brochure_durabilite_toiture-vegetalisee_FR.pdf
- Ville de Paris. Toitures végétalisées – Cahier technique. <https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2022-01/cahier-technique-des-toitures-vegetalisees-15-fiches-pratiques-ville-de-paris1.pdf>
- Ville de Paris. Guide des toitures végétalisées et cultivées. <https://cdn.paris.fr/paris/2022/09/07/8bdb613b3fc1e082b409a7a6fa0d28fb.pdf>



Guides pour sélectionner les essences

Les listes ci-dessous constituent un support à la décision. Elles ne sont pas exhaustives et il reste essentiel de diversifier les essences plantées.

Pour tout type de végétalisation

- Liste des essences indigènes de Bruxelles Environnement. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/IF_2017_LIST_EspecesVegetales_indigenes_conseillees_fr
- Liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'Union Européenne (Bruxelles Environnement) <https://www.health.belgium.be/fr/animaux-et-vegetaux/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/liste-europeenne-des-especes>
- Renature.brussels. Fiches des espèces <https://renature.brussels/fr/hotel/plantes>
- CAUE de Paris. Catalogue des végétaux des cours OASIS. https://cdn.s-pass.org/SPASSDATA/attachments/2022_08/23/129550-recommandations-vegetauxoasis.pdf

Pour les arbres

Guide Bâtiment Durable. Principes de choix des végétaux. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/favoriser-biodiversite/principes-choix-vegetaux>.

Renature Bruxelles. Guide de sélection des essences d'arbres. <https://renature.brussels/fr/actions/quartiers/choisissez-les-essences-d-arbres-pour-l-infrastructure-verte#:~:text=Une%20aide%20pour%20choisir%20les%20arbres%20de,appropri%C3%A9es%20%C3%A0%20divers%20sc%C3%A9narios%20de%20plantation%20contrast%C3%A9s>

Pour la végétation basse/moyenne

Végétage. Habiller sa façade de plantes grimpantes. Bruxelles Environnement. <https://vegetage.brussels/fiches-pratiques/habiller-sa-facade-de-plantes-grimpantes>.

De la Renaudie, V. Jardinons nos rues ! - Pour une ville nature admise. Bruxelles Environnement. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/BRO_Jardinons_straattuun_FR.

Pour les toitures végétalisées

Ville de Paris. Toitures végétalisées - Cahier technique. <https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2022-01/cahier-technique-des-toitures-vegetalisees-15-fiches-pratiques-ville-de-paris1.pdf>.

Ville de Paris. Guide des toitures végétalisées et cultivées. <https://cdn.paris.fr/paris/2022/09/07/8bdb613b3fc1e082b409a7a6fa0d28fb.pdf>.

Pour les plantes grimpantes et façades végétalisées

Champagne-Caron, J., Hénault-Éthier, L., & Grégoir, G. Les murs végétalisés. Société québécoise de phytotechnologie. https://www.phytotechno.com/wp-content/uploads/2022/05/SQP_Murs-Vegetalise%CC%81s_Web.pdf.

Union Nationale des Entreprises du Paysage. Liste de plantes pour façades végétalisées. <https://documents.lesentreprisesdupaysage.fr/pub/documents/unep-bc3-021216-annexe.pdf>.

Ville de Bruxelles. Guide pratique des plantes grimpantes. <https://www.bruxelles.be/sites/default/files/bxl/Mail-lage%20Vert%20>



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. Sésame, outil pour intégrer l'arbre dans vos projets de renaturation urbaine.

<https://sesame.cerema.fr/>.

ADEME. ARBOClimat.

<https://data.ademe.fr/datasets/arboclimat-choix-des-essences>.

renature.brussels. Plantez des arbres d'avenir. <https://renature.brussels/fr/actions/ville-foret/plantez-des-arbres-d-avenir>.

Plan canopée de Liège. Choisir le bon arbre. <https://canopee.liege.be/conseils/comment-choisir>

Wallonie Environnement SPW. Fichier écologique des essences.

<https://www.fichierecologique.be/#!/>

[%20Guide%20pratique%20des%20plantes%20grim-pantes.pdf](#).

1. Arbres

Les arbres jouent un rôle clef dans la régulation thermique des espaces urbains en offrant des espaces d'ombrage importants et en favorisant l'évapotranspiration. Grâce à leur feuillage et à leur enracinement profond, ils réduisent l'accumulation de chaleur au sol tout en améliorant l'infiltration de l'eau de pluie. Placés stratégiquement le long des voiries et dans les espaces publics, ils créent des îlots de fraîcheur naturels et renforcent la résilience des villes face aux vagues de chaleur.

Fiche technique

<p>Description</p>	<p>Les arbres diminuent la température ambiante par deux mécanismes principalement : <u>l'ombrage</u> et <u>l'évapotranspiration</u>. Le feuillage de l'arbre reflète une partie de la lumière (amélioration de l'albédo) et limite le rayonnement du soleil sous ce dernier, ce qui fait diminuer la température ambiante. De plus, l'arbre évapotranspire afin de se nourrir et de se rafraîchir, ce qui permet de maintenir l'humidité de l'air et de lutter contre le dessèchement. Ces mécanismes sont néanmoins variables selon les essences et les conditions météorologiques, notamment en période sèche.</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>Planter un arbre est une des solutions de rafraîchissement les plus efficaces et peut faire baisser la <u>température de l'air de 2 à 4 °C</u> pour un <u>ressenti de 10 °C</u> (PET) dans une zone de 10-15 m autour de l'arbre adulte. L'effet de rafraîchissement est d'autant plus marqué lorsqu'un groupement d'arbres est planté plutôt qu'un arbre isolé, la relation étant non linéaire. Le rafraîchissement reste variable selon les essences et dépend partiellement de la disponibilité en eau.</p>
<p>Illustrations</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="432 1023 734 1396"> <p>Avenue Louis Lepoutre, Ixelles (source : Manuel Espaces Publics)</p> </div> <div data-bbox="770 1023 1368 1396"> <p>Bruxelles (source : renature.brussels)</p> </div> <div data-bbox="1391 1023 1921 1396"> <p>Parvis des Saints-Michel-et-Gudule à Bruxelles, Belgique (source : visit.brussels)</p> </div> </div>

<p>Délai d'installation <i>Ces délais ne comprennent pas le temps préparatoire (recherches/investigations sous-sol, choix essences, permis, etc.)</i></p>	<p>< 1 mois en moyenne ; le temps des travaux est principalement dépendant de la taille de l'arbre, de la préparation du sol nécessaire en amont (terrassment, nécessité d'aménager des espaces d'enracinement, restauration/apport de substrat adapté, protection des réseaux enterrés etc.), de la technique de plantation choisie (plantation en tranchée ou en bandes continues peuvent être plus rapides et sont écologiquement plus pertinentes), et de la logistique (disponibilité, transport des arbres et du matériel).</p>
<p>Temporalité de l'effet de rafraîchissement</p>	<p>L'arbre planté produira un effet de rafraîchissement significatif en moyenne <u>10 ans après sa plantation</u>. Passé cette période, le houppier et le système racinaire de l'arbre se seront développés de manière suffisamment importante afin qu'il soit en capacité de produire un rafraîchissement significatif. Ce délai dépend de l'essence choisie et de l'âge de l'arbre au moment de la plantation (habituellement entre 3 et 8 ans). Plus l'arbre sera planté jeune, plus il aura de chances de survie, mais plus il aura besoin de temps pour se développer et produire un effet d'ombrage significatif.</p>
<p>Durée de vie² <i>L'objectif est de pousser la durée de vie par de meilleurs choix de conception et un meilleur suivi/entretien</i></p>	<p>20-50 ans³</p>
<p>Exigences techniques</p>	<p>Les exigences techniques générales d'une plantation en pleine terre sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation. La plantation d'arbres présente toutefois certaines spécificités supplémentaires, qui varient selon la taille de l'arbre - cf. Comparaison des plantations d'arbres.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'espace <u>minimal en sous-sol</u> (volume & de l'espace d'enracinement) est important pour les arbres mais varie selon les essences (cf. Comparaison des plantations d'arbres)

² NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

³ Les arbres d'avenir, ou centenaire peuvent vivre jusqu'à plus de 100 ans

	<ul style="list-style-type: none"> - Les arbres doivent être <u>espacés</u> de : 4 m des bouches de métro et aires de stationnement souterraines ; 2,5 m du réseau de chaleur urbain ; 2 m des réseaux enterrés divers ; 3 m des luminaires et feux de circulation ; 2,5- 12m des façades ; 4-10 m d'un autre arbre. <i>Distances par rapport à l'axe du tronc.</i>
<p>Coûts estimés</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & plantation</u> : <ul style="list-style-type: none"> - 300-1 000 €/unité selon le choix des essences de plantes et les travaux de préparation du sol ; - 7-10 €/m² pour la fosse de l'arbre ; - 40-100 €/m pour un système de protection de tronc (barrières, bordures surélevées, corsets métalliques, etc.) ; - 150-200 €/m³ pour le substrat ; 2. <u>Entretien</u> : 40-50 €/unité/an.
<p>Mise en œuvre et travaux</p>	<p>Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétalisation sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation.</p>
<p>Règlementation en vigueur</p>	<p>En voirie, un permis d'urbanisme est requis si la plantation d'arbres fait partie d'un projet global de réaménagement de voirie ou fait l'objet d'une répétition sur une voirie. En revanche, est dispensé de permis : la plantation d'un arbre dans une fosse existante, la plantation dans des parterres existants (travaux d'aménagement ou d'agrandissement des espaces réservés aux plantations) (AGRB du 13/11/2008 tel que modifié le 17/03/2022, article 6, 10°).</p> <p>En zone privée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bien non protégé : non-soumis à permis d'urbanisme en zone privée. - Partie non-protégée d'un bien protégé : soumis à permis d'urbanisme (uniquement dispenses procédurales) en vertu de l'article 35/35/2, 3° de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 : « <i>Sont dispensés de l'avis de la Commission royale des Monuments et des Sites ainsi que de l'avis de la commune, des mesures particulières de publicité et de l'avis de la commission de concertation, les actes et travaux suivants : (...) la plantation d'arbres hors massif</i> ».

Recommandations de mise en place

Des recommandations générales pour la plantation en pleine terre sont reprises dans [Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation](#); auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la plantation d'arbres :

- Une attention particulière doit être portée à certains critères dans la sélection des essences d'arbres :
 - o Tenir compte des des contraintes spatiales de l'espace urbain, comme la largeur de la rue - cf. [Comparaison des plantations d'arbres](#) ;
 - o Préférer les arbres à feuillage dense qui procurent un effet de rafraîchissement plus important ;
 - o sélectionner les essences d'arbres selon les potentiels allergènes (planter davantage de femelles pour améliorer le "sex-ratio" - voir les recommandations dans le Manuel de l'arbre en milieu minéralisé (Bruxelles Environnement) et les [Guides pour sélectionner les essences](#);
- Privilégier un espace d'enracinement continu pour les plantations d'alignement quand c'est possible
- Mettre en place des systèmes afin de protéger les réseaux enterrés des racines (distance, dévoiement des réseaux enterrés, gaines techniques, barrières/géotextiles anti-racines, etc.) ;
- Associer l'arbre à la plantation de certaines plantes qui permettent également un apport de nutriments à ce dernier (p. ex., les légumineuses peuvent fixer l'azote de l'air dans le sol et représentent une végétation qui favorise le développement de les micro-faune & micro-flore du sol, lesquels qui contribuent à la richesse de la matière organique). Certaines essences sont toutefois sensibles à la compétition racinaire pendant leurs premières années d'installation.
- Adapter l'aménagement pour éviter les dégâts liés aux voitures (ornières, chocs avec les attache-remorques, etc.)

Co-bénéfices



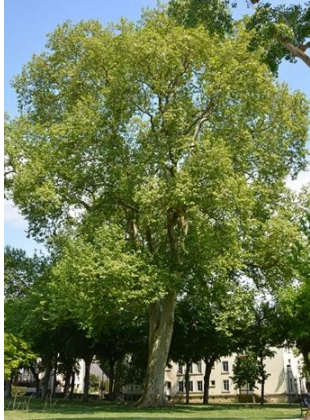

Co-bénéfices environnementaux :

- Les arbres peuvent servir d'habitats ou de corridors pour une variété d'espèces animales ou végétales ;
- Les arbres peuvent permettre d'augmenter la matière organique du sol (débris végétaux et animaux), source de nourriture de différentes espèces animales et végétales du milieu (les micro-organismes décomposeront cette matière en humus, essentielle afin de retenir l'eau et les nutriments dans le sol);
- L'arbre et la zone perméable à son pied, a fortiori si l'aménagement est bien conçu pour récupérer une partie des eaux de la voirie (arbre de pluie), permettent de temporiser (interception par le feuillage), de stocker et d'infiltrer

	<p>l'eau de pluie (rétention pouvant aller jusqu'à 25 % des eaux pluviales), ce qui contribue à réduire le risque d'inondations en cas de fortes pluies. De plus, cette infiltration contribue à recharger les nappes phréatiques ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les arbres absorbent le CO₂ (en moyenne 25 kg/an) dans le cadre de la photosynthèse, ce qui contribue à lutter contre le changement climatique. <p><u>Co-bénéfices sociaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Élément décoratif & agréable de l'espace public, les arbres réduisent le stress et l'anxiété ; et sont associés à une réduction de la mortalité urbaine • Les arbres atténuent partiellement le bruit ambiant et améliorent le confort acoustique et la perception du bruit • La filtration des polluants atmosphériques (piégeage d'en moyenne 100 g de particules fines par an) prévient les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<p>Les points de vigilance généraux relatifs aux solutions de végétalisation sont repris dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation. certains concernent toutefois spécifiquement les arbres.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eviter de planter des arbres nectarifères et fruitiers dans les sols pollués.

Désignation	Arbres			
	Petits arbustes ou grands arbustes	Arbres moyens	Grands arbres	Très grands arbres
Description	Ces arbres sont parfaits pour les rues étroites, les petits jardins urbains ou les cours d'immeubles. Ils conviennent bien aux zones où les infrastructures souterraines (réseaux, canalisations) limitent l'enracinement profond.	Idéals pour les avenues, parcs et grandes places, ces arbres offrent un bon compromis entre ombrage et intégration dans l'espace urbain. Résistants à la pollution et aux conditions climatiques variées, ils demandent un entretien modéré et peuvent structurer un paysage tout en laissant passer la lumière.	Ces arbres sont privilégiés pour les grands boulevards et les parcs urbains. Leur ample couronne fournit un ombrage efficace contre l'îlot de chaleur urbain. Leur capacité à absorber la pollution en fait un allié pour l'amélioration de la qualité de l'air en ville.	
Hauteur (adulte)	<u>2-10 m</u>	<u>10-15 m</u>	<u>15-25 m</u>	<u>> 25 m</u>

Arbres

	Arbres			
Désignation	Petits arbustes ou grands arbustes	Arbres moyens	Grands arbres	Très grands arbres
Illustration	 <p>Arbre de Judée (source : georgesdelbard.com)</p>	 <p>Micocouliers de Provence (source : ville-bron.fr)</p>	 <p>Platane commun (source : ville-gif.fr)</p>	 <p>Pin sylvestre (source : vdberk.fr)</p>
Largeur de la couronne	<u>1-5 m</u>	<u>5-10 m</u>	<u>5-15 m</u>	<u>> 20 m</u>

Désignation	Arbres			
	Petits arbustes ou grands arbustes	Arbres moyens	Grands arbres	Très grands arbres
Volume minimal de l'espace d'enracinement : Sol naturel (contact avec la nappe phréatique)	<u>12 m³</u>	<u>20 m³</u>	<u>28 m³</u>	<u>36 m³</u>
Volume minimal de l'espace d'enracinement : Sol structural (mélange terre-pierre), compacté, appauvri et/ou sans contact avec la nappe	<u>16 m³</u>	<u>26 m³</u>	<u>36 m³</u>	<u>48 m³</u>
Profondeur	<u>1,5 m maxi</u>	<u>1,5 m maxi</u>	<u>1,5 m maxi</u>	<u>1,5 m maxi</u>

Désignation	Arbres			
	Petits arbustes ou grands arbustes	Arbres moyens	Grands arbres	Très grands arbres
Besoin en largeur de rue	<u>< 11 m</u>	<u>11-19 m</u>	<u>> 19 m</u>	/
Distance minimale tronc-façade	<u>2,5 à 4 m</u>	<u>6 m</u>	<u>8 m</u>	<u>12 m</u>
Distance minimale entre deux troncs	<u>4-6 m</u>	<u>6-8 m</u>	<u>8-10 m</u>	/

2. Buissons et herbes hautes

La végétation moyenne et basse joue un rôle essentiel dans la lutte contre l'ICU en couvrant le sol, limitant ainsi son échauffement, et grâce à l'évapotranspiration. Leur diversité structurelle permet d'améliorer la gestion des eaux pluviales, de filtrer les polluants et de renforcer la biodiversité urbaine en attirant insectes pollinisateurs et oiseaux. En massif, en haies ou en prairies urbaines, ils créent des îlots de fraîcheur tout en apportant une dimension esthétique et naturelle aux espaces publics.

Fiche technique

<p>Description</p>	<p>Tout comme les arbres, les arbustes, vivaces et herbes hautes contribuent à rafraîchir l'environnement par <u>amélioration de l'albédo</u> et <u>évapotranspiration</u>. Cependant, cet effet de rafraîchissement est <u>moins efficace</u>, d'autant que cette végétation n'offre pas d'ombre aux usagers.</p> <p>Cette mesure est toutefois intéressante à envisager, notamment en pied d'arbres (lorsque l'essence le permet, ou au pied d'arbres bien installés) afin de permettre un meilleur stockage et une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, et de développer la biodiversité locale. Les sols plantés ont également l'avantage de <u>ne pas retenir la chaleur</u> pour la restituer la nuit, comme les revêtements minéraux.</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>La végétation basse peut permettre de <u>rafraîchir l'air entre 0,1 et 1 °C</u> pour un <u>ressenti jusqu'à 5 °C</u>.</p>
<p>Illustrations</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="432 1002 748 1425"> <p>Rue de Laeken à Bruxelles, Belgique (source : Marion Julien)</p>  </div> <div data-bbox="779 1002 1151 1425"> <p>Parc de la Senne, Bruxelles (source : Manuel Espaces Publics)</p>  </div> <div data-bbox="1182 1002 1800 1425"> <p>Jardin High Line à New York, États-Unis (source : houseandgarden.co.uk)</p>  </div> </div>

Délai d'installation <i>Ces délais ne comprennent pas le temps préparatoire (recherches/investigations sous-sol, choix essences, permis, etc.)</i>	Plus ou moins 2 semaines selon la taille de la surface à planter, la préparation du sol nécessaire en amont (terrassement, nécessiter de créer des espaces d'enracinement, apport de terre végétale, protection des réseaux enterrés, etc.) et la logistique (transport des plantes et du matériel)
Temporalité de l'effet de rafraîchissement	> 2 ans après la plantation ; ce délai varie selon qu'il s'agisse de plantations directes (vivaces ou arbustes) ou de semis (pelouses, prairies fleuries).
Durée de vie⁴	3->10 ans
Exigences techniques	Les exigences techniques génériques d'une plantation de pleine terre sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; la végétation basse/moyenne présente toutefois certaines spécificités additionnelles : <ul style="list-style-type: none"> - Bien que la végétation basse/moyenne présente l'avantage de ne pas avoir besoin d'un espace aussi important que l'arbre (tant dans le sol que dans la rue), un volume d'enracinement de 30-60 cm de <u>profondeur</u> lui est quand même nécessaire pour se développer correctement ; - Elle offre généralement une plus <u>faible résistance aux sécheresses</u>, ce dont il faut tenir compte lors du choix des essences.
Coûts estimés	1. <u>Fourniture & pose</u> : 100-200 €/m ² ; 2. <u>Entretien</u> : 10-30 €/m ² /an.
Mise en œuvre et travaux	Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétalisation sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation .

⁴ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

Règlementation en vigueur

En voirie : dispensé de permis : la plantation dans une fosse existante, la plantation dans des parterres existants (travaux d'aménagement ou d'agrandissement des espaces réservés aux plantations) (AGRB du 13/11/2008 tel que modifié le 17/03/2022, article 6, 10°).

Zone privée :

- Bien non protégé : non-soumis à permis d'urbanisme en zone privée.
 - Partie non protégée d'un bien protégé : soumis à permis d'urbanisme (uniquement dispenses procédurales) en vertu de l'article 35/35/2, 1°, a) de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 : « Sont dispensés de l'avis de la Commission royale des Monuments et des Sites ainsi que de l'avis de la commune, des mesures particulières de publicité et de l'avis de la commission de concertation, les actes et travaux suivants :

1° dans la zone de cours et jardins et dans la zone de recul et pour autant qu'il ne s'ensuive aucune modification du relief du sol supérieure à 20 cm :

a) les aménagements tels que les chemins, les terrasses, les clôtures, ainsi que le placement d'équipements à usage récréatif ou décoratif, conformes à la destination de ces zones tels que balançoires, petits bacs à sable, **aménagement de parterres (plantes annuelles, vivaces)**, de barbecues, de mares et de refuges naturels pour la faune mais à l'exclusion de piscines, terrains de sport ou de tennis et de garages et pour autant

* que, dans la zone de recul, leur hauteur totale n'excède pas 1 mètre ;

* que, dans la zone de cours et jardins, leur hauteur totale n'excède pas 3 mètres ni ne dépasse le plan incliné à 45° par rapport à l'horizontale, plan prenant naissance au sommet des murs mitoyens ou, en absence de mur, à une hauteur d'1,50 mètre au droit de la limite mitoyenne ;

* que, dans le cas d'une mare, elle soit située dans la zone de cours et jardins, que sa superficie n'excède pas 20 m² et qu'elle soit située à une distance minimum de 2 mètres des propriétés voisines ; »

Recommandations de mise en place




Des recommandations générales pour la plantation de pleine terre sont reprises dans [Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation](#).

<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices environnementaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · La végétation basse/moyenne permet de soutenir le développement de la biodiversité (la qualité écologique d'une prairie fleurie est par ailleurs généralement meilleure que celle d'une pelouse) ; cependant, la combinaison de cette végétation avec des strates arbustives ou arborées reste la plus intéressante pour développer la biodiversité locale ; · La zone de végétation plantée au sol permet de temporiser - de manière moins importante qu'un arbre - de stocker et d'infiltrer l'eau de pluie, ce qui réduit le risque d'inondations en cas de fortes précipitations. De plus, cette infiltration contribue à recharger les nappes phréatiques. <p><u>Co-bénéfice social :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Élément décoratif & agréable de l'espace public, les arbres réduisent le stress et l'anxiété.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<p>Les points de vigilance généraux relatifs aux solutions de végétalisation sont repris dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation</p>

3. Plantes grimpantes sur pergola

En recouvrant les pergolas, ces plantes limitent le rayonnement solaire tout en laissant circuler l'air, offrant ainsi un confort thermique optimal. Leur feuillage dense absorbe une partie des polluants et favorise la biodiversité en servant d'abri aux insectes et aux oiseaux. Adaptées aux places publiques, aux cours intérieures et aux rues piétonnes, elles allient performance climatique et qualité esthétique dans l'aménagement urbain.

Fiche technique

Description	<p>Ces structures combinent l'effet de rafraîchissement fourni par l'<u>évapotranspiration</u> des plantes grimpantes et l'<u>ombrage</u> créé par les pergolas⁵ (et le feuillage de la grimpante). Par conséquent, la température ambiante diminue à proximité de ces pergolas végétalisées. En hiver, si les plantes sont caduques, elles laissent passer la lumière, optimisant ainsi le confort saisonnier.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Les plantes sur pergola peuvent créer un effet de rafraîchissement de <u>0,2 °C</u> de la température de l'air pour un <u>ressenti qui peut aller jusqu'à 3,5 °C</u> selon la couverture de la rue ou de l'espace.</p>
Illustrations	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="432 826 882 1209">  <p>Jardins des Grands-Moulins – Abbé-Pierre à Paris, France (source : cdn.paris.fr)</p> </div> <div data-bbox="913 842 1379 1209">  <p>Wroclaw, Pologne (source : © unsplash.com)</p> </div> <div data-bbox="1402 842 2018 1209">  <p>Place de l'Église à Ambrumesnil, France (source : area.fr)</p> </div> </div>
Délai d'installation	<p><u>2-6 mois</u> selon les travaux de préparation du sol nécessaires et la taille de la pergola</p>

⁵ NB : les pergolas sont présentées dans les fiches « Ombrage ».

<p>Ces délais ne comprennent pas le temps préparatoire (recherches/investigations sous-sol, choix essences, permis, etc.)</p>	
<p>Temporalité de l'effet de rafraîchissement</p>	<p><u>2 mois à 1 an après la plantation</u>, le temps que la végétation grimpante développe un feuillage suffisant afin de limiter les rayonnements du soleil sur le sol et d'évapotranspirer</p>
<p>Durée de vie⁶</p>	<p><u>10-30 ans</u></p>
<p>Exigences techniques</p>	<p>Les exigences techniques générales d'une plantation en pleine terre sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation. La végétation grimpante présente toutefois certaines spécificités supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bien qu'elle présente l'avantage de ne pas avoir besoin d'un espace aussi important que l'arbre (tant dans le sol que dans la rue), elle nécessite tout de même un espace d'enracinement de 30-60 cm de <u>profondeur</u> pour se développer correctement et peut occuper jusqu'à 27 m² dans l'espace urbain (30 cm à 2,5 m de largeur de feuillage) ; - Une surface d'au moins 50 cm de côté doit être déminéralisée pour <u>l'infiltration de l'eau dans le sol</u>.
<p>Coûts estimés</p>	<p>1. <u>Fourniture & plantation</u> : 150-750 m² ; 2. <u>Entretien</u> : 40-50 €/m²/an.</p>
<p>Mise en œuvre et travaux</p>	<p>Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétation sont reprises dans Mise en œuvre. Ces étapes sont dans ce cas complétées par celles de l'installation d'une pergola et les contraintes associées.</p>

⁶ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

Règlementation en vigueur	Dispense de permis (bac à plantations), que la plante soit hors ou dans le sol.
Recommandations de mise en place	<p>Des recommandations génériques relatives à la plantation de pleine terre sont reprises dans Modalités d'entretien ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la plantation de plantes grimpantes au pied de pergola :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planter au pied des plantes grimpantes de la <u>végétation basse/moyenne</u> afin de maintenir l'humidité du sol, de protéger ses racines contre la sécheresse, d'enrichir le sol en matière organique et nutriments, de développer un sol aéré et d'améliorer la biodiversité ; - <u>Choisir des pergolas ou supports propices au développement du végétal</u> : matériaux qui ne s'échauffent pas et de forme treillis ou câble conducteur.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Les plantes grimpantes servent souvent d'habitat et de source de nourriture aux oiseaux et insectes pollinisateurs ; · Des nichoirs peuvent être installés sur les pergolas végétalisées - cf. Recommandations d'installation de nichoirs ; · La zone perméable au pied de la plante permet de stocker voire d'infiltrer l'eau de pluie, ce qui réduit le risque d'inondations en cas de fortes pluies. De plus, cette infiltration contribue à recharger les nappes phréatiques ; · La végétation absorbe le CO₂ dans le cadre de sa photosynthèse (quoiqu'en moindre quantité qu'un arbre), ce qui contribue à lutter contre le changement climatique. <p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> · Élément décoratif & agréable de l'espace public, les plantations réduisent le stress et l'anxiété ; · Les plantations atténuent partiellement le bruit ambiant et améliorent le confort acoustique et la perception du bruit ;




- La filtration des polluants atmosphériques contribue à lutter contre les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution.

**Points de vigilance
et limites**

Les points de vigilance généraux relatifs aux solutions de végétalisation sont repris dans [Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation](#).

Recommandations d'installation de nichoirs en combinaison de la pergola

Pour les moineaux ou mésanges, un nichoir (en bois ou béton de bois) de L12 × P12 × H25 cm doit être placé entre 2 à 5 m au-dessus du sol. Les nichoirs doivent idéalement faire l'objet d'un nettoyage annuel en automne (contre les parasites) au vinaigre ou à l'eau chaude, à l'aide d'une brosse.

	Oiseaux		
	Mésange bleue	Mésange charbonnière	Moineau domestique
Description	Très agile, elle affectionne les forêts et jardins, où elle se suspend aux branches pour picorer insectes et graines. C'est une espèce très répandue à Bruxelles.	Adaptable, elle fréquente aussi bien les bois que les parcs urbains et défend vigoureusement son territoire. C'est une espèce très répandue à Bruxelles.	Oiseau sociable et opportuniste, il vit en groupe près des habitations, se nourrit souvent de miettes et de déchets humains. C'est une espèce en grand déclin à Bruxelles. Il a besoin de végétation basse dense (buissons) et d'accès à un sol naturel (plutôt sablonneux). Il est associé aux milieux plus ouverts (moins arborés).
Illustration	 <p>(Source : quebecscience.qc.ca)</p>	 <p>(Source : oiseaux.natagora.be)</p>	 <p>(Source : oiseaux.natagora.be)</p>
Diamètre de l'ouverture	<u>2,8 cm</u>	<u>3,2 cm</u>	<u>3,5 cm</u>
Distance entre les nids	<u>15-20 m</u>	<u>40-50 m</u>	Aucune - les individus vivent en colonies, plusieurs nichoirs sont requis

4. Façades végétalisées

Les façades végétalisées offrent une solution efficace pour réguler la température urbaine et améliorer le confort thermique. L'évapotranspiration des grimpantes contribue à rafraîchir l'air ambiant, tandis que l'ombre qu'elles créent empêche les murs d'emmagasiner trop de chaleur. Ainsi, les bâtiments restituent moins de chaleur la nuit, et les températures intérieures restent plus agréables.

Fiche technique

<p>Description</p>	<p>La végétalisation des façades diminue la température ambiante par deux mécanismes principaux, à savoir l'<u>ombrage des surfaces verticales</u> et l'<u>évapotranspiration</u>. La végétation évapotranspire dans le cadre de la photosynthèse, ce qui contribue à rafraîchir l'air ambiant ; de plus, elle crée de l'ombre sur les bâtiments, ce qui empêche les murs d'emmagasiner trop de chaleur. Par conséquent, la température à l'intérieur est moins élevée, et les matériaux des bâtiments ne restituent pas la chaleur la nuit, ce qui diminue l'effet ICU.</p> <p>Les façades végétalisées peuvent être réalisées avec des plantes grimpantes (en pot ou en pleine terre), par un mur vivant ou par un mur modulaire (« mur-jardinière ») (voir Tableau de comparaison des techniques de végétalisation de façade) - ce type de dispositif reste toutefois plus complexe à mettre en œuvre et n'est donc pas à prioriser-</p> <p>Le choix du type de plante (à tiges volubiles, à vrilles ou à racines-crampons) est déterminé par le type de support et de mur (voir Comparaison des différentes plantes grimpantes sur façade et leurs supports).</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>Les façades végétalisées peuvent faire <u>baisser la température extérieure de l'air</u> jusqu'à 4 °C si combinée avec plusieurs façades et toitures végétalisées dans une rue ; la <u>température intérieure</u> peut baisser de <u>1,5°C à 5°C</u> ; les façades végétalisées permettent de <u>réduire de moitié</u> les fluctuations de <u>température de surface du mur</u>.</p>

<p>Illustrations</p>	 <p>Façade végétalisée à Saint-Gilles (source : Manuel Espaces Publics)</p>  <p>Façade végétalisée à Bruxelles (source : brussels.be)</p>  <p>Façade végétalisée à Valence (source : Marion Julien)</p>
<p>Délai d'installation <i>Ces délais ne comprennent pas le temps préparatoire (recherches/investigations sous-sol, choix essences, permis, etc.)</i></p>	<p><u>3-6 mois</u> selon les travaux de préparation du sol nécessaires et le temps d'installation d'un/de supports.</p>
<p>Temporalité de l'effet de rafraîchissement</p>	<p><u>> 2 ans après la plantation</u> : période nécessaire pour que la végétation développe un feuillage suffisant afin de limiter les rayonnements sur une portion suffisante des murs et façades, et d'évapotranspirer</p>
<p>Durée de vie⁷</p>	<p><u>10-30 ans</u> - cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.</p>
<p>Exigences techniques</p>	<p>Les exigences techniques générales d'une plantation en pleine terre sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; la végétation sur façade présente certaines spécificités additionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La végétation de pleine terre (plantes grimpantes) aura besoin de 30-60 cm de <u>profondeur</u> (pour un volume de 30 L) pour se développer correctement et d'une surface déminéralisée d'au moins 50 cm de côté ;

⁷ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

	<ul style="list-style-type: none"> - La végétation sur façade peut <u>s'écarter de la façade de 50 cm au maximum sur les 2 premiers mètres de hauteur et éventuellement venir en surplomb du trottoir</u>. Un passage 2 m <u>de hauteur</u> doit rester dégagé sur <u>les trottoirs</u> pour les passants. Un passage dégagé <u>d'au-moins 1.5 m de largeur</u> doit être <u>garantie</u>. - L'espace d'enracinement doit être aménagé de manière à ne pas augmenter le risque de chute - idéalement, un rebord continu doit garantir une ligne guide pour les personnes atteintes d'un handicap visuel - La force de portance du mur doit être suffisante afin de supporter le <u>poids</u> de la grimpanche et/ou de son support ou de la structure du mur végétalisé ; - Pour les murs végétalisés, le mur porteur du bâtiment doit être <u>isolé</u> (bâche imperméabilisante en EPDM) ; - Le <u>support de la plantation</u> doit être adapté à cette dernière - éviter un support trop petit, mal fixé ou trop proche du mur qui permettrait aux plantes de s'introduire dans les fissures du mur et de le fragiliser.
<p>Coûts estimés</p>	<p>1. <u>Fourniture & pose</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10-50 €/m² pour les plantes grimpanches et 400-1 500 €/m³ pour un mur végétalisé - cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable. ; - 150-200 €/m³ pour le substrat, que ce soit pour des plantes grimpanches ou un mur végétalisé ; <p>2. <u>Entretien</u> : 70-150 €/m²/an.</p> <p><i>Il s'agit d'une moyenne : l'entretien d'un mur modulaire ou végétal est généralement plus coûteux que celui d'une plante grimpanche.</i></p>
<p>Mise en œuvre et travaux</p>	<p>Les étapes de mise en œuvre de solution de végétation sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation. Dans le cas de façades végétalisées, <u>l'espace disponible sur le bâtiment</u> (distance aux câbles électriques, transformateurs, gouttières et descente d'eau, tuiles & ardoises, conduits d'aération, VMC et fenêtres & ouvertures) devra être pris en compte dans le diagnostic. La conception de la solution devra inclure la question de la <u>fixation au mur, ainsi que celle de l'isolation thermique (existante ou à venir) de la façade</u>.</p>
<p>Règlementation en vigueur</p>	<p>Un permis d'urbanisme est requis si la façade végétalisée est prévue dans la conception du bâtiment.</p> <p>L' article 21, 3° de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi</p>

que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 prévoit une dispense de permis d'urbanisme pour les supports de plantes grimpantes ou les bacs à plantes : « Pour autant qu'ils n'impliquent aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, un règlement d'urbanisme ou à un permis de lotir, les actes et travaux suivants sont dispensés de permis d'urbanisme : (...) le placement en façade de dispositifs techniques ou décoratifs usuels à usage domestique tels que les numéros de police, sonnettes, les boîtiers divers d'une superficie verticale inférieure à 0,1 m², **les supports de plantes grimpantes ou les bacs à plantes**, les dispositifs d'éclairage extérieur, les boîtes aux lettres, les cendriers, les plaques pour professions libérales, les plaques commémoratives ou historiques, pour autant que la saillie de tous ces dispositifs soit inférieure à 12 cm; »

Recommandations de mise en place

Des recommandations générales pour la plantation sont présentées dans [Modalités d'entretien](#) ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la végétalisation des façades

- Planter au pied des plantes grimpantes de la végétation basse/moyenne afin de maintenir l'humidité du sol, de protéger ses racines contre la sécheresse, d'enrichir le sol en matière organique et nutriments, de développer un sol aéré et d'améliorer la biodiversité ;
- Préférer les plantes à feuillage dense qui procurent un effet de rafraîchissement plus important ;
- Adapter le choix des plantes selon le mur : si le mur est en mauvais état (joints, enduit), il est préférable d'éviter les plantes grimpantes à crampons qui s'y fixent directement et d'opter pour des plantes à vrilles ou volubiles qui s'enroulent sur un support ; également, les murs maçonnés à la terre ou la chaux hydraulique peuvent être fragilisés par le développement des racines, il convient ainsi d'éviter les plantes grimpantes dans ce cas ;
- Anticiper les travaux de rénovation potentiels, car ces derniers seront beaucoup plus complexes une fois la façade végétalisée ;
- Adapter le support de la grimpanche à cette dernière - éviter un support trop petit, mal fixé ou trop proche du mur qui permettrait aux plantes de s'introduire dans les fissures du mur et de le fragiliser ;
- Le mur-porteur doit être en bon état (joints, enduit) pour être le support de plantes grimpantes à crampons ; il est préférable pour les murs en mauvais état d'opter pour des plantes à vrilles ou volubiles qui s'enroulent sur un support.

Co-bénéfices

Co-bénéfices environnementaux :

- Les plantes grimpantes peuvent servir d'habitat et de source de nourriture aux oiseaux et aux insectes pollinisateurs ;
- La zone perméable au pied de la plante permet de stocker voire d'infiltrer l'eau de pluie, ce qui réduit le risque d'inondations en cas de fortes pluies. De plus, cette infiltration contribue à recharger les nappes phréatiques ;
- La végétation absorbe le CO₂ dans le cadre de sa photosynthèse (quoiqu'en moindre quantité qu'un arbre), ce qui contribue à lutter contre le changement climatique ;
- Les plantes grimpantes protègent les murs des rayons du soleil, réduisant ainsi la température intérieure en été. Elles agissent comme un isolant, réduisant l'impact du vent et les pertes de chaleur en hiver (si elles sont persistantes). Les besoins en termes de climatisation ou chauffage sont donc également réduits, ce qui limite la consommation énergétique.

Co-bénéfices sociaux :

- Éléments décoratifs & agréables de l'espace public, les façades végétalisées réduisent le stress et l'anxiété ;
- La végétation atténue partiellement le bruit ambiant et améliore le confort acoustique et la perception du bruit
- La filtration des polluants atmosphériques prévient les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution ;
- Les racines des grimpantes peuvent contribuer à assécher les fondations du bâtiment et ainsi à déshumidifier l'air.

Points de vigilance et limites

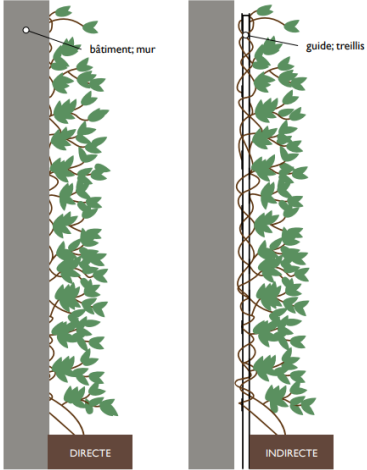
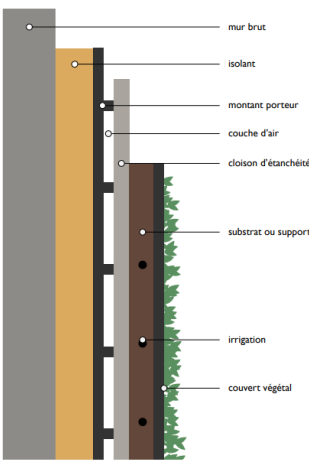
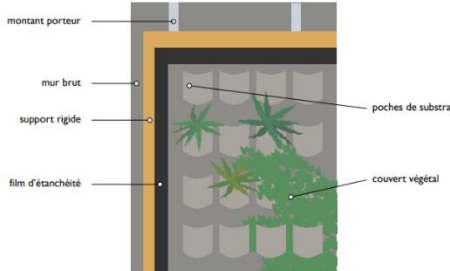
Les points de vigilance généraux concernant la végétation sont présentés dans [Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation](#). Certains concernent toutefois spécifiquement la végétalisation de façades.

- Les façades végétalisées peuvent nécessiter un entretien important ;
- Les systèmes de culture hors-sol sont très consommateurs d'eau- mais aussi d'engrais dans les options les moins écologiques -et nécessitent un entretien régulier afin de subsister dans le temps.

NB : pour aller plus loin, la société québécoise de phytotechnologie a réalisé un dossier important sur la mise en œuvre de façades végétalisées : Champagne-Caron, J., Hénault-Éthier, L., & Grégoir, G. (2022, 4 mai). Les murs végétalisés. Société québécoise de phytotechnologie. https://www.phytotechno.com/wp-content/uploads/2022/05/SQP_MursVegetalise%CC%81s_Web.pdf.




Comparaison des techniques de végétalisation de façade

Façades végétalisées			
	Plantes grimpantes	Mur modulaire (« mur vivant »)	Mur végétal hors-sol (« mur-jardinière »)
Description	La végétalisation plus traditionnelle par grimpantes permet de développer le couvert végétal à faible coût, et pour un entretien réduit. Les plantes peuvent prendre pied en pleine terre ou en bacs, suivant les besoins et les essences choisies. Nombre d'entre-elles nécessitent un support pour être guidées sur la façade (claustra, filet, tuteur ou fil tendu).	Un mur modulaire se monte en assemblant des bacs ou des cellules. Un maillage en acier galvanisé contient le substrat dans lequel se développeront les plantes. Son épaisseur peut varier de 10 à 30 cm environ. Les modules seront ensuite fixés sur une structure métallique verticale (qui offre au mur un caractère autoportant).	Ces murs se constituent de végétaux à petit développement plantés dans une nappe horticole (feutre très résistant dont les fibres retiennent l'humidité).

<p>Illustration technique (source : phytotechno.com)</p>	 <p>Diagram illustrating two types of vertical greening: DIRECTE (Direct) and INDIRECTE (Indirect). The direct method shows plants growing directly on a building wall. The indirect method shows plants growing on a trellis structure (guide; treillis) attached to a building wall (bâtiment; mur).</p>	 <p>Diagram illustrating a wall-mounted system with the following components: mur brut (raw wall), isolant (insulation), montant porteur (support frame), couche d'air (air layer), cloison d'étanchéité (waterproofing partition), substrat ou support (substrate or support), irrigation, and couvert végétal (vegetal cover).</p>	 <p>Diagram illustrating a modular system with the following components: montant porteur (support frame), mur brut (raw wall), support rigide (rigid support), film d'étanchéité (waterproofing film), poches de substrat (substrate pockets), and couvert végétal (vegetal cover).</p>
<p>Coûts estimés (fourniture & pose)</p>	<p><u>10-50 €/m²</u> selon l'essence et le support</p>	<p><u>400-800 €/m²</u></p>	<p><u>500-1 500 €/m²</u></p>
<p>Durée de vie⁸</p>	<p><u>10-30 ans</u></p>	<p><u>10 ans</u></p>	<p><u>7-15 ans</u></p>
<p>Caractéristiques & spécificités</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ne peuvent couvrir qu'une <u>hauteur</u> jusqu'à 20 m ; - <u>couverture lente</u> de la surface verticale. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Arrosage nécessairement automatisé</u> par tuyaux (complexe) ; - <u>taille des bacs</u> adaptable en fonction de la portance du mur (90x43 cm ; 30x20 cm) ; - <u>substrat léger</u> possible, pour ne pas se tasser et retenir l'eau et les sels nutritifs. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Arrosage nécessairement automatisé</u> par tuyaux (complexe).

⁸ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

Comparaison des différentes plantes grimpantes sur façade et leurs supports

Plantes grimpantes			
	À tiges volubiles	À vrilles	À racines-crampons
Illustration (source : strasbourg.eu)			
Exemples d'essences voir Guides pour sélectionner les essences	<u>Chèvrefeuille ; glycine ; houblon commun.</u>	<u>Clématite ; vigne vierge tricuspidata (vrilles adhésives).</u>	<u>Lierre grimpant, Hydrangea grimpant ; bignone commune.</u>
Support(s) adapté(s)	<u>Tuteurs verticaux (poteau, corde, fil tendu)</u>	<u>Treillage ou filet</u>	<u>Mur rugueux (pierre, brique, ciment ou crépi)</u> Mais déconseillé pour un mur en <i>crépi sur isolant</i> , qui risque de s'effriter avec le poids de la plante.

SOLUTION DE VÉGÉTATION HORS-SOL POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Arbres en pot

Arbres en pots
(Bruxelles Environnement,
jardinons nos rues)



Corolles en pot

Hôtel de Ville de Metz,
France (source : landezine.com)



Jardinières

Rue Corvetto à Paris,
France (source : paris.fr)







Toitures végétalisées

source : © unsplash.com



Aperçu et éléments comparatifs des solutions de végétation hors-sol

	 Arbres en pot	 Corolles en pot	 Jardinières	 Toitures végétalisées
Stratégie(s) de rafraîchissement	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation	Ombre ; réflexion ; évaporation ; ventilation
Potentiel de rafraîchissement	<i>Effet de rafraîchissement non quantifié dans la littérature</i>	<i>Effet de rafraîchissement non quantifié dans la littérature</i>	0,1-1 °C (air) 5°C (ressenti)	0,5°C, et jusqu'à 1 °C pour une toiture intensive (air extérieur) ; 4 °C (ressenti extérieur) ; 3 °C (température intérieure)
Délai d'installation	2-4 semaines	2-4 semaines	2-4 semaines	3-6 mois
Temporalité de l'effet de rafraîchissement	3-4 ans après la plantation	2 mois à 1 an après la plantation	10 mois après la plantation	10 mois après la plantation
Durée de vie	5-20 ans	3-7 ans	1-10 ans	3-10 ans (végétation basse) ; 5-20 ans (végétation moyenne)
Coûts estimés	- Fourniture & plantation : 10-100 €/unité - entretien : 250-400 €/unité/an.	- Fourniture & plantation : 20 000 €/unité ; - entretien : 250-400 €/unité/an.	- Fourniture & plantation : 100-1 600 €/m ² ; - Substrat : 150-200 €/m ³ - entretien : 70-90 €/m ² /an.	- Fourniture & plantation : 25-100 €/m ² (toiture extensive) ; 100-200 €/m ² (toiture semi-intensive) ; 150-300 €/m ² (toiture intensive) ; - entretien : 5-20 €/m ² /an

Contraintes techniques et limites	Entretien important ; arrosage nécessaire ; vandalisme ; espace hors-sol important ; pas de contribution à la lutte contre les inondations, bilan écologique défavorable , peu adapté aux lieux venteux	Entretien important ; arrosage nécessaire ; vandalisme ; peu adaptées aux lieux venteux ; espace hors-sol important ; pas de contribution à la lutte contre les inondations ; mesure temporaire ; bilan écologique défavorable	Entretien important ; arrosage nécessaire ; vandalisme ; pas de contribution à la lutte contre les inondations ; contamination possible par des pesticides ; bilan écologique très défavorable	Travaux sur la structure portante ; entretien important ; qualité du bâtiment
Co-bénéfices	Biodiversité ; séquestration de CO ₂ ; santé & bien-être ; sécurisation de certaines voiries	Biodiversité ; séquestration de CO ₂ ; santé & bien-être ; sécurisation de certaines voiries	Santé & bien-être	Biodiversité ; gestion des eaux ; séquestration de CO ₂ ; isolation thermique ; santé & bien-être



5. Arbres en pot

Note : Solution de dernier recours, si aucune solution de végétalisation de pleine terre ne peut être envisagée

Les arbres en pot constituent une solution flexible pour intégrer la végétation en milieu urbain. Bien qu'ils ne disposent pas d'un espace d'enracinement important, ils peuvent contribuer à la régulation thermique en apportant ombre & fraîcheur aux espaces minéralisés. Leur caractère mobile facilite leur déplacement stratégique sur les places, terrasses et voiries. Adaptés aux environnements contraints, ils améliorent le cadre de vie, tout en offrant une alternative précieuse pour verdifier les villes, afin de faire face aux défis climatiques.

Fiche technique

<p>Description</p>	<p>Cette solution consiste à installer des arbres individuels en pot (le plus souvent déplaçable), afin de rafraîchir l'air via l'ombrage & l'évapotranspiration de ces derniers. L'effet de rafraîchissement des arbres en pot est moindre en raison de la petite taille de leur volume racinaire, et de leur houppier (il s'agit principalement de petits arbres/arbustes), mais également en raison de la quantité limitée d'eau stockable dans le volume de substrat de la jardinière.</p> <p>Il est conseillé d'utiliser cette solution uniquement dans le cas où la plantation de pleine terre est impossible (réseaux enterrés, caves, métro, aires de stationnement, etc.). Ces arbres en pot peuvent également être utilisés comme solutions intermédiaires afin de convaincre et sensibiliser les habitants à la plus-value d'installer plus d'arbres en ville, ou lors d'un changement de marquage de circulation dans l'espace public.</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>Moins efficaces que les arbres en pleine terre, les arbres en pot permettent toutefois d'apporter de l'ombre et un rafraîchissement par évapotranspiration. L'effet de rafraîchissement n'a pas encore été quantifié dans la littérature.</p>

Illustrations

Esp. de la Sainte-Gudule à Bruxelles (source : © unsplash.com)



(source : Bruxelles Environnement, jardinons nos rues)



Rue à Bruxelles (source : Manuel Espaces Publics)

Délai d'installation

2-4 semaines

Temporalité de l'effet de rafraîchissement

3-4 ans après la plantation ; passé cette période, le houppier et le système racinaire de l'arbre se seront développés de manière suffisamment importante afin qu'il soit en capacité de produire un effet de rafraîchissement minimal (selon l'essence).

Durée de vie⁹

5-20 ans

Exigences techniques

Les exigences techniques générales d'une plantation hors sol sont reprises dans [Modalités d'entretien](#); les arbres en pot présentent certaines spécificités additionnelles :

- Les arbres plantés en pot (mesureront < 10 m de hauteur à l'âge adulte) ont besoin de minimum 1 m de profondeur et de 7 m³ de volume afin d'assurer leur bon développement racinaire ;
- Le houppier de l'arbre occupera un certain espace hors sol (bien qu'inférieur à celui d'un arbre planté en pleine terre), ce dont il faut tenir compte pour éviter l'envahissement des bâtiments & chemins à proximité ;

⁹ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

	<p>- Il est possible de <u>renforcer la structure du sol</u> en amont pour augmenter la portance au-dessus des infrastructures souterraines - une telle opération représente un prix et un coût supplémentaire.</p> <p>NB : Assurer l'étanchéité n'est pas nécessaire dans les plantations en pot.</p>
Coûts estimés	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & plantation</u> : 10-100 €/unité 2. <u>Entretien</u> : 250-400 €/unité/an.
Mise en œuvre et travaux	<p>Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétation sont reprises dans <u>Mise en œuvre</u>.</p>
Règlementation en vigueur	<p>Les arbres/ corolles en pot sont dispensés de permis car considérés comme bac à plantations, pour autant que ça ne constitue pas le complément de travaux soumis à permis.</p>
Recommandations de mise en place	<p>Des recommandations générales pour une plantation hors sol sont reprises dans <u>Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation</u> ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la plantation d'arbres en pot :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Préférer les arbres à feuillage dense qui procurent un effet de rafraîchissement plus important¹⁰.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> · La végétation absorbe le CO₂ dans le cadre de la photosynthèse, toutefois la part de CO₂ captée par cette végétation n'a pas réellement d'impact significatif sur le réchauffement climatique. De plus, le bilan carbonique global peut toutefois s'avérer mauvais si les pots sont régulièrement déplacés, fertilisés et arrosés (via citernes mobiles en particulier). <p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p>

¹⁰ Pour la sélection d'arbres en pot, voir : Guellier, N. (2023, 1er décembre). *Top 10 des arbres à cultiver en pot*. Le Monde. <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-5291-top-10-arbres-cultiver-pot.html>.

- Élément décoratif & agréable de l'espace public, les arbres réduisent le stress et l'anxiété ;
- La filtration des polluants atmosphériques prévient les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution ;
- La sécurisation de certaines voiries.

Points de vigilance et limites

Les points de vigilance généraux concernant la végétation sont présentés dans [Mise en œuvre](#). Certains concernent toutefois spécifiquement les arbres en pot.

- Le volume racinaire est contraint par la taille du pot, ce qui rend plus difficile le bon développement de l'arbre et limite les options des essences à planter ;
- Ils ne contribuent pas à la gestion de l'eau de pluie (peu d'espace pour stocker l'eau et pas d'infiltration dans le sol possible) ;
- Ils nécessitent un arrosage plus important ;
- L'apport en termes de biodiversité reste plus limité que celui offert par des arbres plantés en pleine terre. Le caractère restreint et isolé du substrat limite la qualité et l'intérêt des ressources (habitat, nourriture) pour la faune. Finalement, le caractère temporaire de ces arbres peut éventuellement poser problème, dans la mesure où les espèces animales qui utilisent ces arbres comme ressources seront privés de ces dernières lorsque l'arbre disparaîtra ou sera déplacé ;
- Ils sont peu adaptés aux lieux très venteux ;
- Ils peuvent plus facilement être vandalisés (vols).

6. Corolles en pot

Note : Solution de dernier recours, si aucune solution de végétalisation de pleine terre ne peut être envisagée

Les corolles en pot constituent en une solution modulable afin d'introduire la nature en ville. Leur structure surélevée favorise l'ombrage local et le rafraîchissement par évapotranspiration. Faciles à installer et à déplacer, elles sont adaptées aux espaces contraints comme les trottoirs, esplanades ou cours intérieures.

Fiche technique

<p>Description</p>	<p>Ces structures combinent l'effet de rafraîchissement fourni par l'évapotranspiration des plantes grimpantes, et l'ombrage créé par ces dernières. Par conséquent, la température ambiante diminue à proximité de ces corolles végétalisées.</p> <p>Ces structures peuvent être plantées en plein terre ou dans des pots. Bien que l'entretien et l'effet de rafraîchissement des corolles en pot soit moindre par rapport à sa solution équivalente en pleine terre, elles peuvent être envisagées en cas de sous-sol contraint. De plus, ces dernières peuvent même être préférées à certains arbres en pot, qui sont principalement des petits arbres au houppier limité, produisant donc peu d'ombre & d'évapotranspiration.</p> <p>Finalement, ces corolles peuvent également être utilisées comme solutions intermédiaires afin de convaincre et sensibiliser les habitants de la plus-value de développer la végétation en milieu urbain.</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>Les corolles en pot permettent d'apporter de l'ombre peuvent être assimilées à une pergola avec plante grimpante. L'effet de rafraîchissement n'a toutefois pas encore été quantifié dans la littérature.</p>
<p>Illustrations</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="432 1082 842 1396">  <p>Hôtel de Ville de Metz, France (source : landezine.com)</p> </div> <div data-bbox="869 1082 1272 1396">  <p>Place Saint-Lambert, Woluwé-Saint-Lambert, Bruxelles (source : Marion JULIEN)</p> </div> </div>

Délai d'installation	<u>2-4 semaines</u>
Temporalité de l'effet de rafraîchissement	<u>2 mois à 1 an</u> ; période nécessaire à ce que la végétation grimpante développe un feuillage suffisant afin de limiter les rayonnements du soleil sur le sol et d'évapotranspirer.
Durée de vie¹¹	<u>3-7 ans</u>
Exigences techniques	<p>Les exigences techniques génériques d'une plantation hors sol sont présentées dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; les corolles en pot requièrent toutefois certaines spécificités supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le <u>dimensionnement des pots</u> doit être d'au moins 30 L ; - La corolle occupera un <u>espace important hors sol</u> d'un diamètre de 3 m minimum et de 3-5 m de hauteur, ce dont il faut tenir compte pour éviter l'envahissement des bâtiments & chemins à proximité ; - Il est possible de <u>renforcer la structure du sol</u> en amont pour augmenter la portance au-dessus des infrastructures souterraines - une telle opération représente un prix et un coût supplémentaire. <p>NB : Assurer l'étanchéité n'est pas nécessaire dans les pots des corolles.</p>
Coûts estimés	<p>3. <u>Fourniture & installation</u> : 20 000 €/unité ;</p> <p>4. <u>Entretien</u> : 250-400 €/unité/an.</p>
Mise en œuvre et travaux	Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétation sont reprises dans Mise en œuvre .

¹¹ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

Règlementation en vigueur	<p>Les arbres/ corolles en pot sont dispensés de permis car considérés comme bac à plantations, pour autant que ça ne constitue pas le complément de travaux soumis à permis.</p>
Recommandations de mise en place	<p>Des recommandations générales pour une plantation hors sol sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la plantation de corolles en pot :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Préférer les <u>essences à feuillage dense</u> et adaptées aux corolles en pot (p. ex., clématite, ipomée, houblon) ; - Installer des <u>assises</u> sous l'ombre créée par la corolle ; - <u>Coupler différentes corolles</u> pour un ombrage encore plus grand.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les plantes grimpantes peuvent servir d'habitat et de source de nourriture aux oiseaux et aux insectes pollinisateurs ; • La végétation absorbe le CO2 dans le cadre de la photosynthèse, toutefois la part de CO2 captée par cette végétation n'a pas réellement d'impact significatif sur le réchauffement climatique. De plus le bilan carbonique global peut toutefois s'avérer mauvais si les pots sont régulièrement déplacés, fertilisés et arrosés (via citernes mobiles en particulier). <p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Élément décoratif & agréable de l'espace public, les jardinières réduisent le stress et l'anxiété ; • La filtration des polluants atmosphériques contribue à prévenir les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution ; • La sécurisation de certaines voiries.
Points de vigilance et limites	<p>Les points de vigilance généraux concernant la végétation sont présentés dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation. Certains concernent toutefois spécifiquement les corolles en pot.</p>

- Elles ne contribuent pas significativement à la gestion de l'eau de pluie (peu d'espace pour stocker l'eau et pas d'infiltration dans le sol possible)
- Elles nécessitent un arrosage plus important ;
- L'apport en termes de biodiversité reste plus limité que celui offert par des arbres plantés en pleine terre. Le caractère restreint et isolé du substrat limite la qualité et l'intérêt des ressources (habitat, nourriture) pour la faune. Finalement, le caractère temporaire de ces arbres peut éventuellement poser problème, dans la mesure où les espèces animales qui utilisent ces arbres comme ressources seront privés de ces dernières lorsque l'arbre disparaîtra ou sera déplacé.
- Ils sont peu adaptés aux lieux très venteux ;
- Ils peuvent plus facilement être vandalisés (vols).

7. Jardinières

Note : Solution de dernier recours, si aucune solution de végétalisation de pleine terre ne peut être envisagée (à éviter !)

Les jardinières apportent une touche de verdure aux espaces urbains tout en jouant un rôle fonctionnel -quoique modestes- dans la lutte contre l'effet ICU. En favorisant l'évapotranspiration et en réduisant la réflexion des surfaces minéralisées, elles peuvent contribuer au rafraîchissement local. Leur facilité d'installation permet de végétaliser rues, places et trottoirs sans travaux lourds, tout en s'adaptant aux contraintes des environnements denses. Elles permettent d'introduire une diversité de plantes, des arbustes aux vivaces en passant par les herbes aromatiques, contribuant en même temps à la biodiversité et à l'amélioration du cadre de vie.

Fiche technique

Description	<p>Cette solution est à privilégier dans le cas où le sous-sol est occupé par des réseaux enterrés, un stationnement souterrain, une ligne de métro, etc. et où la plantation en pleine terre pourrait donc s'avérer trop chère & complexe. Il est envisageable de recourir à cette solution en dernier recours si la plantation d'arbres ou de corolles en pot n'est pas possible (dans des zones où le sol ne peut pas supporter un poids aussi important, ou dans des zones où l'espace disponible hors sol ne peut accueillir un arbre ou une corolle en pot).</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Les corolles en pot permettent de <u>rafraîchir l'air de 0,1-1 °C</u> pour un <u>ressenti jusqu'à 5 °C</u> (PET), à l'instar des buissons et herbes hautes.</p>
Illustrations	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="432 962 904 1230"> <p>Place Saint-Boniface à Ixelles, Belgique (source : rtbf.be)</p>  </div> <div data-bbox="931 962 1229 1230"> <p>Jardinière à Uccle, Belgique (source : florissteyaert.be)</p>  </div> <div data-bbox="1256 962 1532 1230"> <p>Rue Wayez, Anderlecht (source : Manuel Espaces Publics)</p>  </div> </div>
Délai d'installation	<p><u>2-4 semaines</u></p>

Temporalité de l'effet de rafraîchissement	<p><u>Une dizaine de mois après la plantation</u> ; période nécessaire à ce que la végétation en pot développe un feuillage suffisant afin de limiter les rayonnements du soleil sur le sol et d'évapotranspirer.</p>
Durée de vie¹²	<p><u>1-10 ans</u></p>
Exigences techniques	<p>Les exigences techniques générales d'une plantation hors sol sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; les plantations en jardinière présentent certaines spécificités additionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le <u>dimensionnement des pots</u> doit être d'au moins 30 L ; - La jardinière occupera un certain <u>espace hors sol avec</u> des plantes (plantation herbacée, petits arbustes) entre 50 cm et 1 m de hauteur, et une profondeur de terre de 30-80 cm (au-delà, le poids est trop important) ; - Il est possible de <u>renforcer la structure du sol</u> en amont pour augmenter la portance - une telle opération représente un prix et un coût supplémentaire. <p>NB : Assurer l'étanchéité n'est pas nécessaire dans les jardinières plantées.</p>
Coûts estimés	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & installation</u> : <ul style="list-style-type: none"> - 100-1 600 €/m² pour les plantes ; - 150-200 €/m³ pour le substrat ; 2. <u>Entretien</u> : 70-90 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<p>Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétation sont reprises dans Mise en œuvre.</p>

¹² NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

Règlementation en vigueur	Dispense de permis car considérés comme bac à plantations, pour autant que ça ne constitue pas le complément de travaux soumis à permis.
Recommandations de mise en place	Des recommandations générales pour une plantation hors sol sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la plantation de jardinières : <ul style="list-style-type: none"> - Préférer les <u>essences à feuillage dense</u> (petits arbustes, plantation herbacée).
Co-bénéfices	<u>Co-bénéfice social</u> : <ul style="list-style-type: none"> · Élément décoratif & agréable de l'espace public, les arbres réduisent le stress et l'anxiété.
Points de vigilance et limites	Les points de vigilance génériques quant à la végétation sont repris dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; les corolles en pot ont cependant des différences avec d'autres solutions de végétation : <ul style="list-style-type: none"> · Elles ne contribuent pas à la <u>gestion de l'eau de pluie</u> (peu d'espace pour stocker l'eau et pas d'infiltration dans le sol possible) ; <ul style="list-style-type: none"> · Elles nécessitent un <u>arrosage plus important</u> ; · Elles sont peu adaptés aux <u>lieux très venteux</u> ; · Elles constituent des ressources limitées pour la biodiversité ; · Elles peuvent plus facilement être <u>vandalisés</u> (vols). · Leur bilan carbone est souvent défavorable

8. Toitures végétalisées

Les toitures végétalisées transforment les surfaces minérales en zones vivantes capables de rafraîchir l'air urbain et le bâti. L'évapotranspiration des toitures végétalisées contribue à rafraîchir l'air ambiant, tandis que l'ombre qu'elles créent empêche les murs d'emmagasiner trop de chaleur. Ainsi, les bâtiments restituent moins de chaleur la nuit, et les températures intérieures restent plus agréables. Installées en toiture, cette végétation permet de valoriser des surfaces souvent inutilisées, sans emprise au sol. Particulièrement adaptées aux milieux denses, elles contribuent également à développer la biodiversité et améliorer le cadre de vie.

Fiche technique

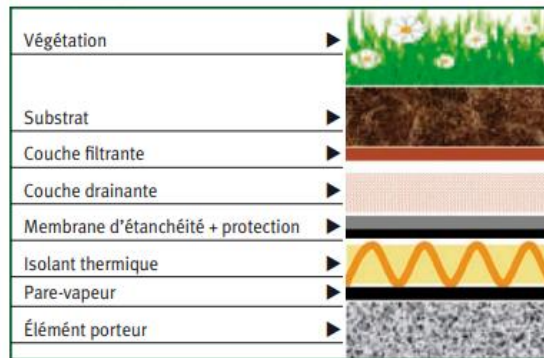
<p>Description</p>	<p>La végétalisation des toitures diminue la température ambiante par deux mécanismes principalement : l'ombrage et l'évapotranspiration. Les plantes évaporent dans le cadre de la photosynthèse, ce qui contribue à rafraîchir l'air ambiant. De plus, elles créent de l'ombre sur les bâtiments, ce qui empêche les toitures d'emmagasiner trop de chaleur. Par conséquent les matériaux les bâtiments ne restituent pas la chaleur la nuit, ce qui diminue l'effet d'ICU, et la température à l'intérieure est moins élevée.</p> <p>Il existe trois types de toiture végétalisée : la toiture extensive, semi-intensive et intensive, cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.</p>
<p>Potentiel de rafraîchissement</p>	<p>Les toitures végétalisées permettent de <u>rafraîchir l'air de 1 °C</u> pour un <u>ressenti de 4 °C (PET)</u> ; la température à l'intérieur du bâtiment peut quant à elle être réduite de 3 °C. La température à l'intérieur du bâtiment peut également être réduite de deux degrés. Il est possible de classifier les différents types de toitures végétalisées, selon leur efficacité à rafraîchir (de la plus à la moins efficace) - cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable. - : (1) toiture intensive ; (2) toiture semi-intensive ; (3) toiture extensive.</p>

Illustrations	<p>Toit de l'école Adolphe Max à Bruxelles, Belgique (source : construbel.be)</p> 	<p>Toiture végétalisée combinée à du photovoltaïque, IRM Uccle (source : Marion Julien)</p> 	<p>Toiture extensive, Projet Hoppa, Berchem-Sainte-Agathe © Bernard Boccara (source : ranture.brussels)</p> 
Délai d'installation	<p><u>3-6 mois</u> selon la nature du substrat et des plantations</p>		
Temporalité de l'effet de rafraîchissement	<p><u>Une dizaine de mois après la plantation</u> ; période nécessaire à ce que la végétation basse développe un feuillage suffisant afin de limiter les rayonnements du soleil sur le substrat et d'évapotranspirer.</p>		
Durée de vie¹³	<ul style="list-style-type: none"> • <u>3-10 ans</u> pour les plantes basses ; • <u>5-20 ans</u> pour les plantes moyennes voire arbustives. 		
Exigences techniques	<p>Les exigences techniques générales d'une plantation hors sol sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; les toitures végétalisées présentent certaines spécificités additionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La <u>force de portance du toit, son matériau ainsi que son inclinaison</u> déterminent le type de plantation possible - cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable. ; - Le toit doit être protégé par une <u>membrane étanche et résistante à la poussée de racines</u> ; - L'épaisseur de la <u>couche drainante</u> doit être adaptée à la végétation plantée ; - Les réseaux enterrés doivent être protégés des racines (<u>barrières/géotextiles anti-racines</u>) ; 		

¹³ NB : cette durée de vie est principalement dépendante de l'essence, des conditions de croissance (qualité du sol, accès à l'eau, exposition au soleil, présence de polluants atmosphériques) et d'un entretien et d'une gestion adéquats (arrosage, protection contre les maladies, etc.).

- Différentes charges sont à prendre en compte dans le calcul de la force de portance du toit : les charges permanentes (couches de plantation) ; les charges d'entretien ; les charges climatiques (neige) ; les charges d'exploitation - en cas d'accessibilité au public ;
- Les toitures végétalisées doivent répondre aux normes incendie ;
- Dans le cas d'une toiture accessible au public :
 - o Des mesures de protection contre les chutes (1 m de hauteur) doivent être installées (peu importe la hauteur du bâtiment) ;
 - o La toiture végétalisée doit être protégée du piétinement, des arrachages, des déchets, des défections animales, etc. liées au passage (au moins 30 cm de hauteur autour des espaces plantés).

Illustration technique



(Source : paris.fr)

Coûts estimés

1. Fourniture & plantation : 25-300 €/m² - cf. [Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#) ;
2. Entretien : 5-20 €/m²/an.

Mise en œuvre et travaux

Les étapes de mise en œuvre d'une solution de végétation sont reprises dans [Mise en œuvre](#). L'installation de toitures végétalisées doit prendre en compte la force de portance et l'état de la toiture. Il est important d'intégrer la réflexion globale d'isolation thermique et d'étanchéité de la toiture avant de poser une toiture végétalisée.

Règlementation en vigueur

En bref, si le bien n'est pas protégé, alors dispensé de permis si pas de travaux de stabilité, si bien protégé alors soumis à permis (avec des dispenses procédurales).

- Bien non-protégé : dispensé de permis d'urbanisme si les conditions de l'article 21/1, 2° de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 sont remplies : « *Pour autant qu'ils n'impliquent aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, à un règlement d'urbanisme ou à un permis de lotir, les actes et travaux suivants sont dispensés de permis d'urbanisme pour autant **qu'ils n'impliquent pas de travaux de stabilité** :*

(...)

La modification du revêtement d'une toiture plate, ainsi que sa rehausse éventuelle, pour permettre l'installation d'un isolant, d'une toiture stockant temporairement l'eau pluviale, ou d'une toiture verte extensive non accessible ».

- Partie non-protégée d'un bien protégé : soumis à permis d'urbanisme (uniquement dispenses procédurales) en vertu de l'article 35/23, 5° de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 : « *Pour autant qu'ils n'impliquent aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, à un règlement d'urbanisme ou à un permis de lotir, les actes et travaux suivants portant sur les parties non protégées d'un bien protégé sont dispensés de l'avis de la commune, des mesures particulières de publicité et de l'avis de la commission de concertation :*

(...)

	<p>5° la modification du revêtement d'une toiture plate ainsi que sa rehausse éventuelle pour permettre l'installation d'un isolant ou d'une toiture verte pour autant que cela n'entraîne ni le rehaussement des rives de la toiture, ni le rehaussement des murs acrotères ».</p> <p>Obligations de performance énergétiques des bâtiments à Bruxelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au plus tard le 01/01/2033, tous les logements devront avoir une consommation totale d'énergie primaire maximum de 275 kWh/m²/an, ce qui correspond actuellement à une classe énergétique E maximum. • Au plus tôt le 31/12/2045 (le gouvernement doit encore fixer cette date), l'objectif PEB sera relevé à 150 kWh/m²/an, ce qui correspond actuellement à une classe énergétique C maximum. Les logements appartenant à un opérateur immobilier public devront quant à eux atteindre cet objectif 150 au plus tard en 2040. <p>Toutes les informations sont reprises sur le site de Bruxelles Environnement et Rénolution. L'isolation de la toiture d'un bâtiment contribue à l'atteinte de ces objectifs.</p>
<p>Recommandations de mise en place</p>	<p>Des recommandations générales pour une plantation hors sol sont reprises dans Caractéristiques techniques et d'entretien de solutions de végétation ; auxquelles peuvent s'ajouter certaines indications spécifiques à la végétalisation des toitures :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Éviter les <u>plantes sensibles au vent, à la sécheresse, au gel</u> ; - Prendre en compte l'exposition au soleil ainsi que l'épaisseur et la composition du substrat dans le <u>choix de la végétation à planter</u> ; - Disposer des petits abris, du bois mort, des nichoirs, des substrats de nature différente (dont des zones de sable), ainsi que des plantes de différentes sortes & tailles afin de garantir une <u>diversité d'espèces</u> d'insectes et de petits animaux.
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les toitures végétalisées servent d'habitat et de source de nourriture aux oiseaux et aux insectes pollinisateurs ; selon l'épaisseur et la nature du substrat, l'exposition et la hauteur de la toiture, et bien sûr le type de végétation,

	<p>les différentes toitures végétalisées ont un impact différent sur la biodiversité et peuvent bénéficier à différentes communautés d’invertébrés et d’oiseaux ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les toitures végétalisées participent à la régulation des précipitations en capturant une partie des pluies et en étalant dans le temps leur évacuation vers les réseaux d’eaux pluviales, évitant ainsi leur saturation. La capacité d’abattement des eaux pluviales par les toitures varie grandement en fonction de la composition & épaisseur du substrat et de la palette végétale (de la plus à la moins grande : (1) toiture intensive ; (2) toiture semi-intensive ; (3) toiture extensive) ; • La végétation des toitures absorbe le CO₂ dans le cadre de la photosynthèse (quoiqu’en moindre quantité qu’un arbre), ce qui contribue à lutter contre le changement climatique ; toutefois ce gain s’envisage à long terme, car les émissions nécessaires à la fabrication ou l’extraction des matériaux, leur transport et leur installation entachent le bilan carbone global. • Les plantes et le substrat protègent la toiture des rayons du soleil, réduisant ainsi la température intérieure en été ; elles agissent comme un isolant, réduisant l’impact du vent et les pertes de chaleur en hiver. Les besoins en termes de climatisation/chauffage sont donc réduits, ce qui limite la consommation énergétique. <p><u>Co-bénéfices sociaux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la végétation est bien développée, la filtration des polluants atmosphériques contribue à prévenir les maladies cardiovasculaires & respiratoires liées à la pollution ; • Les toitures végétalisées atténuent partiellement le bruit ambiant en ville (affaiblissement de 30-50 dB en fonction du type de toiture).
<p>Points de vigilance et limites</p>	<p>Les points de vigilance généraux relatifs aux solutions de végétalisation sont repris dans Caractéristiques techniques et d’entretien de solutions de végétation certains concernent toutefois spécifiquement les toitures végétalisées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans le cadre d’une rénovation, l’installation d’une toiture végétalisée nécessitera la consultation d’un ingénieur en stabilité qui déterminera les <u>travaux supplémentaires nécessaires</u> afin que la structure portante supporte la charge du complexe ;








- Une toiture végétalisée n'apporte qu'un gain limité en isolation thermique et ne dispense pas de la pose d'un isolant¹⁴ ;
- L'installation d'une toiture végétalisée peut compliquer des actions d'entretien ou de correction sur le toit comme la détection de fuites.



NB : pour aller plus loin, consultez le guide du bâtiment durable, mis à jour et adapté au contexte bruxellois <https://guidebatimentdurable.brussels/realiser-toitures-vertes>.

La Ville de Paris propose également un guide des toitures végétalisées & cultivées, qui prend les éléments à prendre en compte pour un tel projet, les conseils de mise en place, les comparaisons entre différentes toitures et les modalités d'entretien : Ville de Paris. (2022, 7 septembre). Guide des toitures végétalisées et cultivées. <https://cdn.paris.fr/paris/2022/09/07/8bdb613b3fc1e082b409a7a6fa0d28fb.pdf>.

¹⁴ NB : l'isolation thermique par l'extérieur est étudiée dans les fiches « Matériaux ».

Comparaison des différents types de toitures végétalisées

Toitures végétalisées				
	Toiture extensive	Toiture semi-intensive	Toiture intensive	
Description	Les toitures extensives sont composées de végétation rase voire très basse (type sedum, lichens, succulentes, etc.), avec un aspect tapisant. Ce type de toiture a la particularité de ne pas nécessiter d'irrigation (sauf en cas de sécheresse grave).	Les toitures semi-intensives permettent le développement d'arbrisseaux, en plus de strates muscinales & herbacées qui peuvent déjà se développer sur une toiture extensive.	Les toitures intensives sont constituées de végétaux à enracinement profond, nécessitant souvent un renforcement de la structure du bâtiment car elle requiert la mise en œuvre d'une épaisse couche de terre. Ce type de toiture est souvent multifonctionnel et accessible au public.	
Illustration technique				
Illustration (source : paris.fr)				
Efficacité contre l'ICU				++ +

Réduction de l'albédo	+ 			++ +
Biodiversité	+ 			++ +
Végétation	Plantes succulentes, lichens, algues et mousses...	Plantes vivaces, herbacées, aromatiques, potagères, lichens, gazon...	Arbres, arbustes, plantes vivaces, herbacées, aromatiques, potagères, lichens, gazon	
Rétention des eaux pluviales	<u>4-8 mm</u>	<u>8-19 mm</u>	<u>19-38 mm</u>	
Coûts estimés (fourniture & plantation)	- <u>Fourniture & plantation</u> : 25-100 €/m ² ; - <u>Entretien</u> : 1-3 €/m ² /an.	- <u>Fourniture & plantation</u> : 100-200 €/m ² ; - <u>Entretien</u> : 10-15 €/m ² /an.	- <u>Fourniture & plantation</u> : 150-300 €/m ² ; - <u>Entretien</u> : 15-20 €/m ² /an.	
Épaisseur de substrat	<u>5-10 cm</u>	<u>10-25 cm</u>	<u>> 25 cm</u>	
Charge induite quand gorgée d'eau	<u>30-100 kg/m²</u>	<u>100-400 kg/m²</u>	<u>> 400 kg/m²</u>	
Pente du toit¹⁵	<u>2-70 %</u>	<u>2-58 %</u>	<u>2-10 %</u>	

¹⁵Plus une pente est forte, plus la mise en œuvre est complexe, le prix élevé, la rétention en eau moins forte et l'exposition (ensoleillée/ombragée) orientera le choix de la gamme végétale.

<p>Caractéristiques, spécificités et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Ne sont pas <u>accessibles</u> au public ; · Effet presque nul sur l'<u>isolation du bâtiment</u> ; · Ne nécessite <u>pas/peu d'entretien et d'arrosage</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Accessible au public - Arrosage nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> · <u>Accessible au public</u> · <u>Bonne rétention en eau et faible dessèchement</u> ; · <u>Arrosage nécessaire</u> · <u>Pas compatible avec des toits en bois ou acier</u> ; · L'installation nécessite par défaut des <u>renforts et modifications structurelles</u> préalables.
---	--	---	--

N.B. : Pour approfondir, brochure Homegrade : Durabilité_Toitures végétalisées (https://homegrade.brussels/wp-content/uploads/2023/10/Homegrade_brochure_durabilite_toiture-vegetalisee_FR.pdf)

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET D'ENTRETIEN DE SOLUTIONS DE VÉGÉTATION

Mise en œuvre¹⁶

Exigences techniques

- Une couche drainante (billes d'argile, graviers, briques concassées) d'au moins 20 cm en fond de plantation permet de stocker l'eau dans le sol/pot sans pour autant noyer les racines et les asphyxier ; la couche drainante peut éventuellement être associée à une couche filtrante en géotextile afin d'éviter le mélange du substrat à la couche drainante et faciliter la récupération des matériaux au besoin (notamment dans les cultures hors sol. En pleine terre, le géotextile n'est pas recommandé.
- Un substrat de qualité, riche en matières organiques et dépourvu de polluants, d'éléments grossiers ou de fragments de végétaux doit en général être utilisé. Ce n'est pas le cas notamment pour la mise en place de bandes et prairies fleuries, où des sols pauvres sont recherchés.

+ , pour végétation de pleine terre :

- Une préparation du sol est nécessaire, ce qui peut rendre la plantation de la végétation (arbres, pelouse) complexe & coûteuse :
 - o La présence de réseaux enterrés appelle à une protection (p. ex., barrières/géotextiles anti-racines) ou un dévoiement de ces derniers ;
 - o En présence de dalle enterrée, parking souterrain, station de métro, fondations de bâtiments, etc., la plantation devra être déplacée, surélevée ou plantée en pot (en dernier recours) ;
 - o L'étanchéification de la plantation (avec drain relié au réseau d'égouttage) sera essentielle si le sous-sol est occupé ;
- Un espace minimal en sous-sol (volume & profondeur) est à prévoir pour le bon développement de la plante et de son système racinaire (la végétation basse/moyenne nécessite moins d'espace qu'un arbre) ;

¹⁶ NB : les éléments repris ici sont génériques à la végétation pleine terre et détaillés si besoin est dans les fiches de chaque solution.

	<ul style="list-style-type: none"> - Un espace d'enracinement avec ouverture de surface suffisamment large, ou une désimperméabilisation d'une large surface au pourtour de l'espace d'enracinement doit être réalisé pour permettre l'infiltration de l'eau dans le sol et permettre la fonction de rafraîchissement de l'air par évapotranspiration¹⁷. - Les espaces plantés doivent être <u>protégés du piétinement, des arrachages, des déchets, des défections animales, des voitures et stationnement, etc.</u> liés au passage (barrières d'au moins 30 cm de hauteur autour de la plantation) ; - Le fond de l'espace d'enracinement doit être <u>étanche</u> si le sous-sol est occupé afin d'éviter une infiltration non désirée (bâche imperméable en plastique, éthylène-propylène-diène monomère [EPDM], résines ou enduits spécifiques) avec drains et évacuation vers le réseau d'égouttage afin de limiter l'engorgement <p>+, pour la végétation hors-sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une <u>préparation du sol ou un renforcement de la portance</u> peut être nécessaire pour s'assurer que le sol soit capable de supporter le poids de plantes en pot (une fois arrosées).
<p>Mise en œuvre et travaux</p>	<p>1. <u>Diagnostic</u> : (a) contact avec le service Aménagement urbain ou les Espaces verts de la Ville de Bruxelles ; (b) identification de la végétation déjà présente sur le site (à préserver/renforcer en priorité) ; (c) choix du type de végétation sur le site selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La vulnérabilité du site à l'effet ICU (cf. couche GIS ICU) ; - Sa proximité avec d'autres espaces de rafraîchissement (cf. carte des espaces verts, étude du cumul d'ensoleillement) ; - La pollution de l'air (cf. carte de qualité de l'air de Bruxelles Environnement¹⁸) ; - L'espace hors-sol disponible (cf. carte du bâti classé) pour des plantations importantes ; - etc. ; <p>+, pour la végétation de pleine terre :</p>

¹⁷ Les dimensions exactes de profondeurs et de volumes d'enracinement à respecter sont indiquées pour chaque solution de végétalisation, dans la section "Exigences techniques"

¹⁸ IQAir. Carte de la qualité de l'air de Région Bruxelles-Capitale. <https://www.iqair.com/fr/air-quality-map/belgium/brussels-capital/brussels>.

	<ul style="list-style-type: none"> - La pollution du sol (cf. l'atlas de l'état des sols de Bruxelles Environnement), notamment pour exclure les essences comestibles/fruitières évidentes - L'espace souterrain - réseaux enterrés, métro, etc. ; <p>+, pour la végétation hors-sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La force de portance du sol, au-dessus d'infrastructures souterraines - La vulnérabilité aux vents ; <p>2. <u>Conception de la solution</u> : (a) planification de l'implantation (surfaces, creusement, essences, etc.) ; (b) demandes de permis et d'autorisation si nécessaires ;</p> <p>3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) préparation du sol ; (b) fixation au mur, à la pergola, au sol, etc. si nécessaire ; (c) plantation ;</p> <p>4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage, arrosage, suivi phytosanitaire, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.</p>
<p>Recommandations de mise en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sélectionner les <u>essences de plantes</u>¹⁹ : <ul style="list-style-type: none"> o Indigènes si possibles, mais les conditions très contraintes peuvent orienter la sélection vers des essences exotiques (pour autant qu'elles ne soient pas envahissantes/invasives) en particulier pour les arbres ; o Adaptées au microclimat local et aux variations hydriques (en prenant en compte le réchauffement d'ici à la maturité de la plante ou de l'arbre), notamment pour les dispositifs GIEP ; o De manière à réduire la concentration de pollens allergènes (panachage, amélioration du sex ratio...) et éventuelle toxicité²⁰; o Diversifiées afin d'augmenter la résilience face aux maladies, parasites ou événements météorologiques extrêmes ; o Produisant des fruits comestibles si la typologie des lieux et la (non) pollution du sol le permet. - Assurer les soins de parachèvement et confortement des arbres sur au moins 2 ans, idéalement 3 : arrosage régulier jusqu'à la reprise (y compris de manière plus ponctuelle lors de sécheresses hivernales, hors périodes

¹⁹ NB : des outils disponibles pour aider à la sélection des essences des plantes sont présentés dans [Guides pour sélectionner les essences](#) en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

²⁰ voir liste des essences toxiques ; https://www.centreatipoisons.be/sites/default/files/imce/agc_brochure_A5_low%20FR.pdf

de gel), tuteurage et vérification des liens, protections (toile de jute par ex.), taille de formation (si nécessaire), etc.

- Veiller à ce que le collet des plantations ligneuses soit bien positionné et dégagé, non enseveli ou couvert de paillis.
- Surveiller l'état hydrique du sol en période de sécheresse particulièrement (sondes tensiométriques) ;
- Préférer des systèmes d'arrosage économes en eau : récupération des eaux pluviales ; arrosage intelligent (avec capteurs) ; arrosage goutte-à-goutte (moins de pertes par évaporation) ;
- Installer un paillage organique (feuilles mortes, bois raméal fragmenté, paille, etc.) permet de limiter l'évaporation de l'eau du sol et donc de maintenir l'humidité dans le sol et peut améliorer la fertilité du sol ;
- Respecter les périodes de plantation optimales (mi-octobre à mi-mars) ;
- Adapter les plantations dans les zones trop polluées (sols, air) pour des essences réputées résistantes, afin de laisser à la végétation une chance de survie ;
- Favoriser la circulation de l'air & eau avec un sol non compacté ;
- Prioriser les aménagements végétalisés à d'autres aménagements fonctionnels (choisir un arbre plutôt qu'une place de stationnement) ;
- Associer l'arbre à la plantation de certaines plantes qui permettent également un apport de nutriments à ce dernier (p. ex., les légumineuses peuvent fixer l'azote de l'air dans le sol, sauf cas spécifiques d'arbres intolérants à la compétition racinaire lors de leurs premières années ;
- évaluer les risques pour les plantations (collisions, compaction...) et pour les usagers de la voirie notamment (visibilité aux carrefours et passages piétons par ex.)

+ , pour la végétation hors-sol :

- Privilégier des pots en matériaux peu effusifs (bois, brique, pierre) et à albédo élevé pour limiter le réchauffement du substrat et des racines dans le pot²¹ ;
- Planter de la végétation basse au pied des plantations (p. ex., arbres) afin de préserver l'humidité du sol.

²¹ NB : les caractéristiques des matériaux pour lutter contre les îlots de chaleur urbains sont détaillées dans les fiches « Matériaux ».

Points de vigilance et limites

- La végétation ne produit pas un effet de rafraîchissement immédiat : il faut attendre un certain nombre de mois/années que leurs racines et leur houppier se soient suffisamment développés. Il faut donc anticiper ce délai dans la mise en œuvre, et également prévoir des mesures de rafraîchissement complémentaires en attendant (p. ex., solutions d'ombrage) ;
- L'entretien est important & coûteux - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous et « Coûts » dans les fiches techniques de chaque solution ;
- Les facteurs d'ensoleillement, de disponibilité en eau et de température sont des facteurs généralement très limitants, qui impactent négativement le développement de la végétation et doivent être pris en compte dans le choix des essences et la localisation des plantations. En période chaude, la disponibilité en eau devient critique ; les périodes sèches limitent donc fortement les capacités de rafraîchissement. Une approche raisonnée et systématique de l'arrosage doit s'envisager dans les zones les plus critiques.

+, pour la végétation hors-sol :

- Ces différentes solutions hors sol sont peu adaptées aux lieux très venteux.
- Dans les lieux très exposés à l'ICU, la disponibilité en eau devient très vite critique - l'arrosage doit être régulier et peut faire peser une lourde charge de gestion (passages réguliers avec citernes mobiles). Le substrat doit permettre une bonne rétention d'eau par des moyens non fossiles²² (perlite, vermiculite, argile expansée, fibre de bois...), les pots doivent être adaptés pour limiter la surchauffe (matériaux, couleurs), le substrat doit être paillé pour limiter l'évaporation.

²² Pas de tourbes, ni hydrogel



Modalités d'entretien

Les plantations de pleine terre (et encore plus hors-sol) ont des besoins en entretien importants et relativement partagés, mais leur fréquence peut varier ;

- L'arrosage peut être nécessaire pour des jeunes plantes mais devient superflu pour des arbres adultes ; l'arrosage va dépendre des conditions climatiques (p. ex., sécheresse), du type d'essence, de la quantité de substrat disponible et de si la plantation est en pleine terre ou dans un pot (arrosage plus fréquent alors pour compenser le volume de substrat limité) ;
- Le suivi phytosanitaire permet de détecter les maladies & parasites et d'anticiper en partie les risques ;
- La taille de la plante permet de contrôler le gabarit & la forme de celle-ci et d'éliminer, si nécessaire, les branches mortes ; la taille permet également de protéger les façades & dégager les chemins éventuels à proximité de la végétation ;
- Le paillage à l'approche de l'été permet de préserver la plante de dessèchement et en automne permet de la protéger du gel ;
- Un nettoyage du plant & feuillage libère la plante des déchets divers qui peuvent s'accumuler au quotidien ;
- La fertilisation apporte de l'engrais pour la croissance des plantes-la fertilisation organique est privilégiée ;
- Le décompactage du sol pourra être occasionnel afin de permettre à l'oxygène & eau de s'infiltrer correctement ;
- Pour les plantes en jardinière (selon le type d'aménagement) : un rempotage devra être effectué au printemps pour remplacer le substrat et éventuellement donner plus d'espace à la plante. En outre, étant donné que le substrat est déconnecté du sol, riche en micro-organismes nécessaires au bon développement de la végétation, un amendement superficiel de compost pourra être occasionnellement réalisé entre deux rempotages (en prenant garde à ne pas enterrer le collet).

Solutions de pleine terre				
	Arbres	Buissons, fleurs et herbes hautes	Plantes grimpantes sur pergola	Façades végétalisées
Fréquence d'intervention	<u>1-2 fois/an</u>	<u>2-6 fois/an</u>	<u>2-4 fois/an</u>	- <u>2 fois/an</u> pour un mur végétal ; - <u>1 fois/an</u> pour des plantes grimpantes.
Arrosage	- <u>6-7 fois la première année</u> - 100 L/passage ; - <u>4-5 fois la deuxième</u> - 150 L/passage ; - <u>1-2 fois la troisième</u> - 150 L/passage.	<u>1-2 fois/sem.</u> et selon les espèces	- <u>5 L 1 fois/sem.</u> pendant deux ans ; - Uniquement <u>en période de sécheresse</u> ensuite.	- <u>1-3 fois/sem.</u> pour des plantes hors-sols ; - <u>200 L/m²/an</u> pour un mur végétalisé.
Suivi phytosanitaire	- <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u>	- <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u>	- <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u>	- <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u>
Fauchage/taille	<u>1 fois/an</u> (si requis)	<u>1-2 fois/an</u>	<u>2 fois/an</u>	- <u>2 fois/an</u> pour un mur végétalisé ; - <u>1 fois tous les deux ans</u> pour une jeune plante grimpante puis <u>1 fois/an.</u>
Paillage	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été)

Solutions de pleine terre				
	Arbres	Buissons, fleurs et herbes hautes	Plantes grimpantes sur pergola	Façades végétalisées
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades.
Fertilisation	<u>Tous les 1-2 ans</u>	<u>Tous les 1-2 ans</u>	<u>1 fois/an</u>	<u>1 fois/an</u>
Décompactage du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol

	Solutions hors-sol			
	Arbres en pot	Corolles en pot	Jardinières	Toitures végétalisées
Fréquence d'intervention	<u>2-4 fois/an</u>	<u>4-6 fois/an</u>	<u>4-8 fois/an</u>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>2 fois/an</u> pour une toiture extensive ; - <u>2-4 fois/an</u> pour une toiture semi-intensive ; - <u>> 4 fois/an</u> pour une toiture intensive.
Arrosage	<u>1-3 fois/sem.</u>	<u>5 L 1-2 fois/sem.</u>	<u>1-2 L pour 10 L de substrat ;</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Tous les jours en été ;</u> - <u>1-2 fois/mois en hiver.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Pendant la première année ; - <u>Uniquement en cas de sécheresse</u> et en fonction de l'effet esthétique désiré ensuite.
Suivi phytosanitaire	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Visuel 2 fois/an</u> (automne & printemps) ; - <u>Approfondi par un professionnel 1 fois/an.</u>
Fauchage/taill e	<ul style="list-style-type: none"> - <u>2 fois/an</u> pour le feuillage ; - <u>Tous les 4-5 ans</u> pour les racines. 	<u>1 fois/an</u>	<u>1 fois/an</u>	<u>1 fois/an à partir de la 2^e année</u>
Paillage	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été)	<u>2 fois/an</u> (automne & été) pour les toitures semi-intensives et intensives

Solutions hors-sol				
	Arbres en pot	Corolles en pot	Jardinières	Toitures végétalisées
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>Annuel</u> pour enlever les feuilles & branches mortes/malades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Ponctuel</u> pour nettoyer les déchets ; - <u>3 fois/an pour désherber (manuellement)</u>.
Fertilisation	<u>Tous les 1-2 ans</u> (arbre adulte)	<u>Tous les 1-2 ans</u>	<u>Tous les 1-2 ans</u>	<u>1-2 fois/an</u> (en particulier pour les toitures extensives)
Décompactage du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	<u>Occasionnel</u> selon l'état du sol	∅
Rempotage	<u>Tous les ans</u> tant que l'arbre est jeune, puis tous les 2-3 ans avec renouvellement partiel du substrat	∅	∅	<u>Remplacement EVENTUEL après au min. 1 an</u> en l'absence de résultats satisfaisants



Eau

Fiches techniques

WE ARE BXL



CATALOGUE DE SOLUTIONS POUR LIMITER L'EFFET D'ILOT DE CHALEUR URBAIN

TABLE DES MATIÈRES

Solutions d'eau pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	3
Aperçu et éléments comparatifs des solutions d'eau	4
Outils et guides techniques pour aller plus loin.....	6
1. Fontaines et miroirs d'eau	7
<i>Fiche technique</i>	7
2. Jeux d'eau et systèmes de brumisation	11
<i>Fiche technique</i>	11
<i>Présentation des différentes installations de brumisation</i>	15
Annexe.....	16
Arbre décisionnel : quel type de solution d'ombrage privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?.....	16

Note : cette fiche a pour but d'aider à mieux comprendre les solutions en lien avec l'eau à privilégier pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain. Il est toutefois recommandé de consulter le référent Eau et Fontaines de la Ville de Bruxelles pour les différentes étapes de choix et mise en œuvre.

SOLUTIONS D'EAU POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Eau

La présence de l'eau permet aux usagers de se rafraîchir de manière très efficace ; c'est une des mesures les plus plébiscitées lors des enquêtes publiques auprès des habitants, travailleurs sociaux, enfants et adolescents. Lors d'une journée caniculaire, quand même l'ombre ne suffit plus, seul le recours à l'eau permet de se rafraîchir.

Fontaines et miroirs d'eau

(source : © unsplash.com)



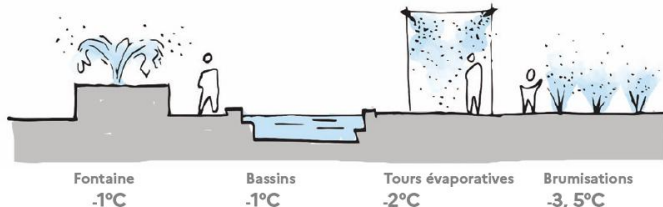


Jeux d'eau et systèmes de brumisation

(source : Adobe stock)



Aperçu et éléments comparatifs des solutions d'eau

	 Fontaines et miroirs d'eau	 Jeux d'eau et systèmes de brumisation
Stratégie(s) de rafraîchissement	Évaporation ; réflexion	Évaporation
Potentiel de rafraîchissement	1 °C (fontaine et bassin - air) ; 5 à 7 °C (miroir/plan d'eau - air)	1 - 2 °C (jeux d'eau - air) ; 3,5 à 4°C (brumisation - air) ; 7,9°C (brumisation - ressenti)
	<p>Effet de rafraîchissement localisé moyen relevé (Santamouris, 2017)</p>  <p>Fontaine -1°C Bassins -1°C Tours évaporatives -2°C Brumisations -3, 5°C</p>	
Délai d'installation	3-6 mois (fontaine) ; 1-2 ans (miroirs d'eau)	1-6 mois
Durée de vie	20-50 ans	15-25 ans (jeux d'eau) ; 10-15 ans (systèmes brumisation)
Coûts estimés	<ul style="list-style-type: none"> - Raccordement aux réseaux d'eau : 800-1 500 €/m ; - fourniture et installation : 1 000-1 200 €/m² (fontaine) ; 1 500-2 000 €/m² (miroir d'eau) ; - consommation d'eau : 4-5 €/m³/an ; - Entretien : 200-800 €/m²/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raccordement aux réseaux d'eau : 800-1 500 €/m ; - fourniture et installation : 500-600 €/m² (jeux d'eau) ; 5 000-10 000 €/m² (systèmes de brumisation) ; - Entretien : 20-350 €/m²/an.

Contraintes techniques et limites	Entretien régulier ; installation lourde ; consommation d'eau importante	Effet conditionné par la météo ; contrôles sanitaires réguliers ; consommation d'eau importante
-----------------------------------	--	---

Outils et guides techniques pour aller plus loin

Global

- E6-consulting. (2021, avril). Quelles solutions de rafraîchissement basées sur l'eau en ville ? https://www.e6-consulting.fr/wp-content/uploads/2021/02/VISION_RAPPORT_WEB.pdf

Fontaines et miroirs d'eau

- Plus fraîche ma ville. Fontaines et réseaux de fontainerie. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/fontaines-reseau-fontainerie>


Jeux d'eau et systèmes de brumisation

- AdaptaVille. Rafraîchir l'espace urbain avec des miroirs d'eau brumisants. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-165.pdf>
- Plus fraîche ma ville. Jeux d'eau. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/jeux-eau>
- Baron, Ch. (2018, août). Guide pour l'implantation d'aires de jeux d'eau. Conseil Sport Loisir de l'Estrie. <https://loisirslarentides.com/wp-content/uploads/2020/11/guide-dimplantation-daires-de-jeux-deau-1.pdf>

1. Fontaines et miroirs d'eau

Les fontaines et miroirs d'eau participent activement au rafraîchissement urbain en favorisant l'évaporation de l'eau et en abaissant la température ambiante. Ces aménagements, intégrés au cœur de l'espace public, créent des zones de fraîcheur tout en améliorant le cadre de vie. En diffusant de fines particules d'eau dans l'air ou en offrant de larges surfaces réfléchissantes, ils optimisent le confort thermique et renforcent la résilience des villes face aux épisodes de chaleur extrême.

Fiche technique

Description	<p>Les fontaines et les miroirs d'eau permettent d'offrir un <u>accès visuel & auditif à l'eau</u> et une <u>sensation de fraîcheur</u>. Décorative, la fontaine dite « ornementale » constitue souvent un <u>élément central dans un espace urbain</u>. En revanche, sa zone d'effet est restreinte. Idéalement, à coupler avec des espaces ombragés ou végétalisés car une fontaine ou ses abords en plein soleil, sans ombre, perd de son pouvoir rafraichissant.</p> <p>Le miroir d'eau (ou fontaine sèche) - grande surface recouverte d'une fine couche d'eau - est également un élément central du paysage urbain et peut avoir <u>plusieurs usages</u> : il peut se transformer en aire de jeux aquatiques brumisée (cf. Jeux d'eau et systèmes de brumisation) ou, à l'arrêt, constituer un <u>espace piétonnier</u> qui peut accueillir différents événements (foires, marchés, expositions, activités ludiques & culturelles, événements, manifestations, etc.).</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>L'eau libre réduit la température de l'air par évaporation et absorption de chaleur. L'eau courante (jets d'eau, comme ceux des fontaines) est plus efficace que l'eau immobile grâce à sa grande surface de contact avec l'air, stimulant l'évaporation : les fontaines et bassins peuvent abaisser la température de l'air de <u>-1°C</u>, avec un effet ressenti jusqu'à 35 m. En revanche, cet effet est très ponctuel et <u>rapidement dissipé</u> en présence de vent. Les plans d'eau et miroirs d'eau peuvent quant à eux procurer un effet de rafraîchissement avoisinant les <u>-5 à -7°C</u> dans la zone brumisée.</p>
Illustrations	 <p>Le Miroir d'eau à Bruxelles, la Bourse (source : istock)</p> <p>Fontaine au Parc de Bruxelles à Bruxelles, Belgique (source : Le Soir)</p>

Délai d'installation	<ul style="list-style-type: none"> - <u>3-6 mois</u> pour les fontaines ornementales modestes ; - <u>1-2 ans</u> pour les installations lourdes comme les miroirs d'eau (p. ex. le miroir d'eau de Bordeaux a été construit en 14 mois). <p>Note : Ces délais ne prennent pas en compte le temps préparatoire (conception, commande, permis, etc.).</p>
Durée de vie ¹	<u>20-50 ans</u>
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Les équipements nécessitent des <u>installations complexes</u> : pompes, buses, bassins, sondes, capteurs, et systèmes automatisés, avec un entretien régulier indispensable ; - L'eau utilisée doit être de <u>qualité suffisante</u>, avec des traitements réguliers de filtration, désinfection et contrôle (pH, chlore) pour éviter la prolifération de bactéries ou d'algues ; - Les miroirs d'eau nécessitent une <u>sous-station technique conséquente</u>, augmentant l'empreinte carbone et les coûts d'installation ; - L'installation doit être reliée à un <u>réseau d'alimentation en eau stable</u> et un système de drainage efficace pour éviter les inondations ou stagnations.
Coûts estimés	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Raccordement aux réseaux d'eau</u> : 800-1 500 €/m ; 2. <u>Fourniture & installation</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Miroir d'eau : 1 500-2 000 €/m² ; - Fontaine ornementale : 1 000-1 200 €/m² ; 3. <u>Consommation d'eau</u> : 300-500L/m²/an (environ 4-5 €/m³/an) d'eau potable pour une fontaine (et plus pour des miroirs d'eau, mais ces derniers intègrent un recyclage de l'eau) ; 4. <u>Entretien</u> : 200-800 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) état des lieux des points d'eau (localisation, typologie, usages, etc.)² et de l'état des réseaux de fontainerie ; (b) définition des besoins ; (c) étude de faisabilité (paramètres techniques, sanitaires, environnementaux et climatiques) ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection de la solution ; (b) planification de l'implantation ; (c) demande de permis ;

¹ NB : estimations pour une utilisation principalement en été, un entretien régulier et un temps de maintenance prévu en hiver (cf. « Modalités d'entretien »).

² Cf. Liste des bornes d'eau potable dans la Ville de Bruxelles : <https://www.bruxelles.be/bornes-eau-potable>.

	<p>3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) excavation ; (b) mise en place ; (c) connexion aux points d'eau ;</p> <p>4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage des fontaines, vérification périodique, traitement de l'eau, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.</p>
Règlementation en vigueur	<ul style="list-style-type: none"> - Des modifications de l'espace public, que représentent les fontaines et les miroirs d'eau, sont soumises à une demande de <u>permis d'urbanisme</u> ; - À Bruxelles, la gestion de l'eau est encadrée par la Directive Cadre Eau européenne, transposée en droit bruxellois dans le <u>Plan de gestion de l'eau</u> [PGE] (mis à jour pour 2022-2027), qui vise à assurer la bonne qualité des masses d'eau. Le PGE met notamment en avant le principe de gestion intégrée des eaux de pluie [GIEP].
Modalités d'entretien	<p>Les fontaines ou les systèmes de brumisation nécessitent une <u>surveillance et un entretien réguliers de la qualité de l'eau, des filtres, des pompes et des buses de pulvérisation</u>. Pour les systèmes alimentés en eau non-traitée, une visite hebdomadaire est suffisante. Dans les régions sujettes au gel, l'<u>hivernage</u> est recommandé, impliquant la purge des conduites à la fin de l'automne et un nettoyage en profondeur à haute pression pour éliminer les mousses et les dépôts éventuels.</p>
Recommandations de mise en place	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier des <u>espaces publics fréquentés</u>, tels que des places, parcs ou zones piétonnes, en évitant les zones exposées au vent pour limiter les pertes d'eau par évaporation ; - Intégrer un <u>système de collecte et de réutilisation de l'eau</u> pour réduire la consommation, en prévoyant des caniveaux autour de la structure pour récupérer l'eau débordante des miroirs d'eau ; - Assurer la mise en place de <u>mesures de sécurité</u> pour les usagers, notamment en garantissant une accessibilité adaptée et en informant le public des éventuels risques liés à l'utilisation de la fontaine ou du miroir d'eau.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les points d'eau et les fontaines sont souvent situés sur des places et favorisent la convivialité et le lien social ; - Les miroirs d'eau ont une double utilisation et peuvent être utilisés pour des spectacles, expositions ou événements locaux en hiver notamment. <p><u>Co-bénéfice environnemental</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les installations d'eau peuvent servir d'habitat (dans le cas des fontaines) ou de point d'eau pour les oiseaux & insectes.

Points de vigilance
et limites

- La phase de conception est primordiale pour assurer le succès des installations, faute de quoi les installations tombent en panne ou ne peuvent pas être entretenues dans le temps ;
- Ces équipements sont fragiles et difficiles à maintenir en service, notamment car ils sont soumis à une pollution urbaine importante (déchets, papiers, etc.) ;
- Les étendues d'eau stagnante dans les fontaines peuvent poser des risques sanitaires, (maladies, espèces nuisibles comme le moustique tigre) ;
- Les fontaines consomment 300 à 500 L/m² d'eau potable par an (hors bassins avec recyclage), ce qui peut être une contrainte en cas de restrictions d'eau ou de sécheresse ;
- Le système doit respecter les normes environnementales, notamment en matière de consommation d'énergie et de gestion des ressources en eau ;
- L'utilisation publique des miroirs d'eau impose des contrôles de qualité réguliers pour garantir la sécurité sanitaire ;
- La mobilisation de personnel et de matériel pour assurer la qualité et le bon fonctionnement peut représenter une charge significative ;
- Les pertes d'eau dues à l'évaporation et à la brumisation sont importantes, surtout sur de larges plateaux d'eau comme les miroirs d'eau (même pour ses systèmes en circuit fermé - eau stockée dans des bassins sous l'installation) ;
- Certaines installations peuvent nécessiter un arrêt en hiver, que ce soit pour les protéger des intempéries comme le gel (notamment pour les installations intégrant des brumisateurs) ou pour effectuer une maintenance.

2. Jeux d'eau et systèmes de brumisation

Le contact avec l'eau peut apporter une solution immédiate pour rafraîchir les passants lors des chaudes journées d'été. Pendant les vagues de chaleur, des jeux d'eau ou des systèmes de brumisation peuvent être une alternative aux fontaines et une solution au phénomène de street-pooling³.

Fiche technique

Description	<p>Les installations aquatiques & aqualudiques offrent une <u>expérience interactive & ludique</u> qui permet un <u>contact direct</u> avec l'eau, apportant une sensation immédiate de fraîcheur. Ces installations jouent un rôle essentiel pour rafraîchir efficacement les habitants, en particulier les <u>enfants</u>, pendant les vagues de chaleur. En période estivale, leur mise en place dans les espaces publics contribue à renforcer l'attractivité des villes tout en répondant aux enjeux d'adaptation au changement climatique.</p> <p>Les systèmes de brumisation, que les jeux ou miroirs d'eau contiennent souvent, rafraîchissent l'air ambiant - et les passants - par diffusion de fines gouttelettes d'eau. À haute pression⁴, un système de brumisation plonge localement l'atmosphère dans une sorte de brouillard rafraîchissant, sans toutefois mouiller.</p> <p>La plupart des métropoles décident de faire fonctionner ces installations pendant l'été, soit de juin à septembre, et en journée (p. ex., 10h-22h). Les systèmes de brumisation et les jeux d'eau peuvent être programmés pour ne fonctionner que lorsque certaines conditions sont remplies (p. ex., une température supérieure à 28 °C).</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Les jeux d'eau peuvent avoir un effet rafraîchissant important par l'évaporation de l'eau, favorisée par l'humidité du sol, mais leur efficacité est limitée à une <u>zone restreinte</u> et dépend fortement des <u>conditions météorologiques</u>, notamment de la présence de vent, qui peut rapidement disperser la fraîcheur. En moyenne, les jeux d'eau en action peuvent ainsi avoir un effet de rafraîchissement aux alentours de <u>1-2 °C</u> (dans un rayon de 5 m autour du dispositif).</p> <p>Les systèmes de brumisation procurent une <u>sensation de fraîcheur par contact</u> avec l'eau immédiate & importante mais l'effet sera moins ressenti au soleil qu'à l'ombre. Dans une zone très réduite (environ un mètre autour de la zone d'aspersion), et selon l'humidité ambiante, les systèmes de brumisation peuvent faire baisser la température de l'<u>air</u></p>

³ Le *street-pooling* désigne la pratique consistant à ouvrir illégalement les bouches d'incendie dans les espaces urbains pour créer des jeux d'eau improvisés, souvent lors de fortes chaleurs.

⁴ Les systèmes à basse pression, c'est-à-dire qui génèrent des grosses gouttelettes pouvant humidifier les surfaces, sont interdits dans les milieux accueillant du public (normes d'hygiène).

	<p>jusqu'à <u>4°C</u> et la température <u>ressentie</u> jusqu'à <u>-7,9°C</u>- lorsque les conditions climatiques sont extrêmes ou en temps de canicule, le rafraîchissement est plus efficace.</p>
Illustrations	 <p>Place Reine Astrid à Jette (source : fountainfactory.be)</p>  <p>Système de brumisation (source : Adobe stock)</p>  <p>Jeu d'eau Place de Houffalize, Schaerbeek (source : Manuel Espaces Publics)</p>  <p>Place Communale, Molenbeek-Saint-Jean (source : Manuel Espaces Publics)</p>
Délai d'installation	<p><u>1-6 mois</u> selon la taille de l'installation Note : Ce délai ne prend pas en compte le temps préparatoire (conception, commande, permis, etc.).</p>
Durée de vie ⁵	<ul style="list-style-type: none"> - <u>10-15 ans</u> pour les systèmes de brumisation ; - <u>15-25 ans</u> pour les jeux d'eau.
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Les brumisateurs ou jeux d'eau nécessitent une <u>source d'eau potable</u> et une <u>alimentation électrique permanente</u> ; - Des <u>travaux de terrassement</u> peuvent être nécessaires pour acheminer eau & énergie vers l'armoire de commande ; - Les systèmes de brumisation doivent inclure un <u>réseau d'eau</u>, un <u>automate de contrôle</u>, un <u>filtre</u>, un <u>réacteur photo-catalytique</u> à lampes UV, une <u>pompe</u>, et un <u>réseau d'air comprimé</u> ; - Les <u>conditions météorologiques</u> (vent, pluie, température) doivent être mesurées & contrôlées pour un fonctionnement optimal des brumisateurs ; - Les jeux d'eau nécessitent un <u>réseau de plomberie fiable</u> et des <u>équipements bien fixés</u> (scellement ou vissage).
Coûts estimés	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Raccordement aux réseaux d'eau</u> : 800-1 500 €/m ; 2. <u>Fourniture & installation</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Jeux d'eau : 500-600 €/m² ;

⁵ NB : estimations pour une utilisation principalement en été, un entretien régulier et un temps de maintenance prévu en hiver (cf. « Modalités d'entretien »).

	<ul style="list-style-type: none"> - Système de brumisation à haute pression : 5 000-10 000 € - cf. Présentation des différentes installations de brumisation ; 3. <u>Entretien</u> : 20-350 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) analyse des points d'eau existants (localisation, typologie, usages, état des réseaux hydrauliques) ; (b) identification des besoins spécifiques (taille de l'installation, objectifs, fréquentation) ; (c) étude de faisabilité (paramètres techniques, sanitaires, environnementaux et climatiques) ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection de la solution ; (b) planification de l'implantation ; (c) demande de permis ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) excavation ; (b) installation des équipements (pompes, buses de brumisation, systèmes de filtration, etc.) ; (c) connexion aux réseaux d'eau, à l'électricité et, si nécessaire, à un système de gestion automatisée ; 4. <u>Suivi & maintenance</u> (nettoyage des installations, vérification périodique, traitement de l'eau, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous ; 5. <u>Sensibilisation & sécurité</u> : (a) mise en place de panneaux d'information pour les usagers (règles d'utilisation, précautions) ; (b) vérification des dispositifs de sécurité (arrêt d'urgence, conformité sanitaire).
Règlementation en vigueur	<ul style="list-style-type: none"> - Des modifications de l'espace public comme des installations d'aires de jeu sont soumises à une demande de <u>permis d'urbanisme</u> ; - À Bruxelles, la gestion de l'eau est encadrée par la Directive Cadre Eau européenne, transposée en droit bruxellois dans le <u>Plan de gestion de l'eau</u> [PGE] (mis à jour pour 2022-2027), qui vise à assurer la bonne qualité des masses d'eau. Le PGE met notamment en avant le principe de gestion intégrée des eaux de pluie [GIEP] ; - Les jeux d'eau doivent respecter des <u>normes sanitaires strictes</u> (cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous), et il est impératif de les concevoir en tenant compte de la durabilité de la ressource en eau à long terme.
Modalités d'entretien	<p>Les installations aquatiques requièrent une maintenance régulière. Les aires aquatiques en circuit fermé doivent respecter les normes des piscines, ce qui exige une <u>surveillance quotidienne</u> et des <u>analyses d'eau régulières</u> effectuées par un laboratoire indépendant. Pour les aires utilisant de l'eau recyclée, une filtration et un traitement similaires à ceux des piscines sont nécessaires, avec des équipements tels que la lampe UV et la chloration, généralement situés dans un local technique. Dans les régions sujettes au gel, l'<u>hivernage</u> est recommandé, impliquant la purge des conduites à la fin de l'automne et un nettoyage en profondeur à haute pression pour éliminer les mousses et les dépôts éventuels.</p>

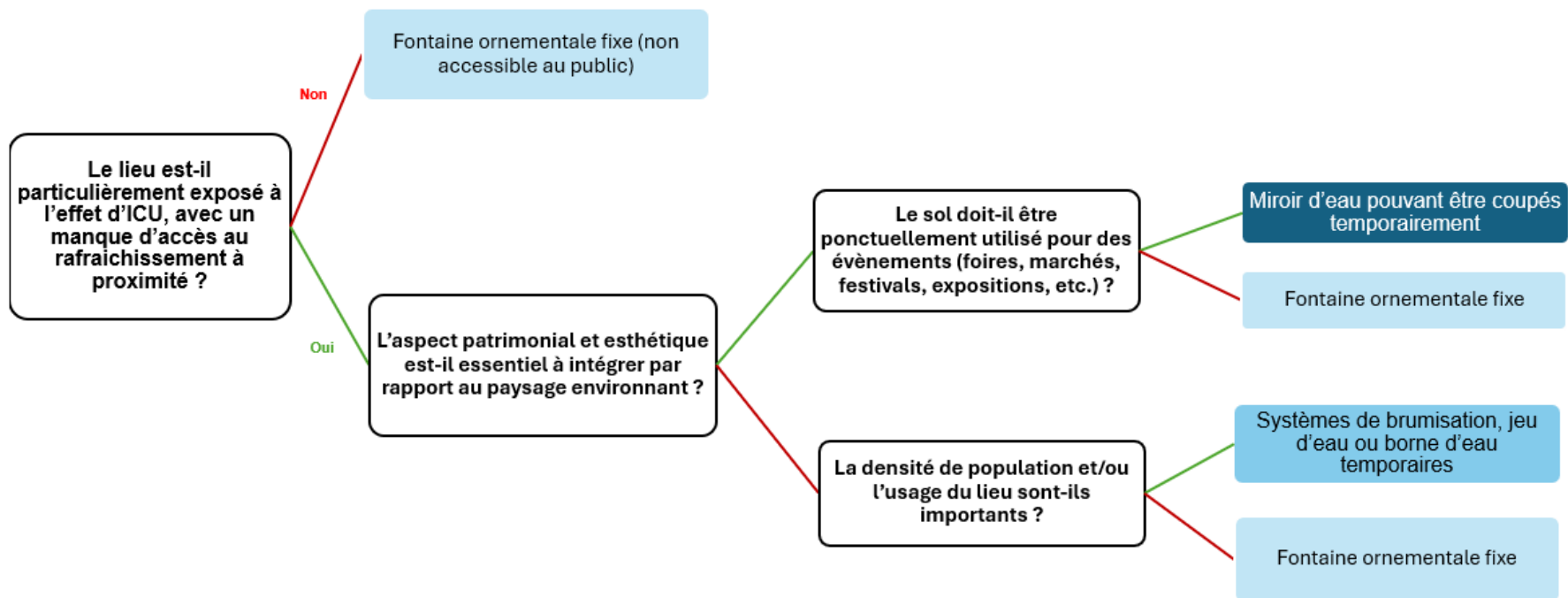
<p>Recommandations de mise en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir l'<u>emplacement en fonction des objectifs</u> : grands espaces (parcs, jardins) pour des installations ludiques et interactives, petits espaces urbains (places, centres commerciaux) pour des installations plus architecturales et sobres ; - Prévoir une <u>dalle en béton</u> de 20 cm d'épaisseur pour supporter les équipements et intégrer le réseau de plomberie, drains, et raccordements électriques ; - Coupler la dalle à un <u>revêtement antidérapant</u> (béton balayé, peintures avec silice, sols coulés étanches) pour éviter les glissades ; - Réfléchir à des <u>systèmes de drainage/ruissèlement</u> vers des jardins de pluie pour une utilisation par exemples dans des espaces verts ; - Installer des <u>programmeurs</u> et des horloges intégrées pour limiter les consommations d'eau et d'énergie ; - Envisager l'<u>intégration de brumisateurs</u> dès la conception ou la rénovation d'un espace pour réduire les travaux ultérieurs ; - Renvoyer le trop-plein vers des espaces verts/d'infiltration.
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantir l'accès à l'eau pour se rafraîchir en ville lors des périodes de canicule permet d'éviter les manifestations spontanées de détournement de ressources en eau potable comme le <i>street-pooling</i> ; - Les jeux d'eau peuvent être des lieux d'amusement en été.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ces équipements sont <u>fragiles</u> et nécessitent un <u>entretien régulier</u> pour rester opérationnels ; - Les jeux d'eau peuvent représenter un <u>poste de consommation d'eau potable important</u> ; en cas de sécheresse, la réglementation peut entraîner l'interdiction de fonctionnement de ces équipements, ce qui pose des défis de gestion ; - La brumisation consomme peu d'eau (0,5 L/min) mais celle-ci n'est pas récupérable - tout comme pour les jeux d'eau ; cette <u>consommation d'eau non récupérable</u> peut poser problème d'un point de vue écologique ; - Les <u>risques sanitaires</u> doivent être surveillés : la qualité de l'eau est essentielle pour éviter les infections (légionellose, ingestion accidentelle par les enfants) ; - Les endroits venteux réduisent l'<u>efficacité</u> des brumisateurs et des miroirs d'eau ; - Les installations comme les jeux d'eau et les systèmes de brumisation ont un usage <u>saisonnier</u> et doivent être arrêtés en hiver pour éviter les dommages liés à un gel potentiel.

Présentation des différentes installations de brumisation

	Installations de brumisation		
	Brumisateur-ventilateur	Rampe de brumisation fixe	Mobilier urbain de brumisation
Description	Un brumisateur-ventilateur est composé d'une tête de brumisation, d'un mat et une base (ou sont mobiles). La tête de brumisation diffuse l'air tout en produisant d'une fine brume sur une surface jusqu'à 50 m ² , et ce avec un mouvement rotatif pendulaire.	Une rampe de brumisation est constituée de buses haute pression alignées sur une structure linéaire. Ces rampes permettent de couvrir de larges superficies en diffusant uniformément une brume fine, souvent installées sous des auvents, le long des façades ou au-dessus des espaces publics.	Le mobilier urbain de brumisation projette grâce à un groupe haute pression une importante brume fine. Ces installations peuvent avoir des formes & esthétiques différentes selon les espaces (arches, mâts, totems, palmiers, bancs, etc.).
Illustration(s)	 <p>(Source : e6-consulting.fr)</p>	 <p>(Source : © Guillaume Bonnaud / MAXPPP)</p>	 <p>(Sources : Adobe stock / brumisol.com)</p>
Coûts estimés (fourniture & pose)	<u>7000 €/unité</u>	<u>50-150 €/m</u>	<u>5 000-15 000 €/unité</u> selon la complexité de l'installation

ANNEXE

Arbre décisionnel : quel type de solution d'ombrage privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?





Perméabilisation

Fiches techniques

WE ARE BXL



CATALOGUE DE SOLUTIONS POUR LIMITER L'EFFET D'ILOT DE CHALEUR URBAIN

TABLE DES MATIERES

Solutions de perméabilisation pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	3
Aperçu et éléments comparatifs des solutions de perméabilisation.....	4
Outils et guides techniques pour aller plus loin.....	5
1. Jardins de pluie.....	7
<i>Fiche technique</i>	7
2. Revêtements & pavés perméables.....	14
<i>Fiche technique</i>	14
<i>Comparaison des différents pavés & dalles perméables</i>	18
<i>Comparaison des différents revêtements perméables</i>	21

Note : cette fiche a pour but d'aider à mieux comprendre les solutions en lien avec la perméabilisation à privilégier pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain. Il est toutefois recommandé de consulter le référent Eau de la Ville de Bruxelles et le service Aménagements Urbains pour les différentes étapes de choix et mise en œuvre.



SOLUTIONS DE PERMÉABILISATION POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Perméabilisation

La perméabilisation des sols offre une réponse directe pour atténuer l'effet d'îlot-de-chaueur urbain [ICU]. En remplaçant les surfaces imperméables par des revêtements drainants ou des espaces végétalisés, elle permet à l'eau de pluie de s'infiltrer naturellement, réduisant la chaleur emmagasinée par les sols et les risques d'inondation. Pendant les périodes de chaleur intense, ces solutions participent à rafraîchir les espaces urbains tout en améliorant leur résilience climatique.



Aperçu et éléments comparatifs des solutions de perméabilisation

	 Jardins de pluie	 Revêtements & pavés perméables
Stratégie(s)	Évaporation ; réflexion ; ventilation	Évaporation
Potentiel de rafraîchissement	1,1-2 °C (air) ; 0-5 °C (ressenti)	0,1-2,1 °C (air) ; 0-5 °C (ressenti)
Délai d'installation	1-3 mois	1-2 mois
Durée de vie	20-30 ans	20-40 ans (pavés) ; 5-40 ans (revêtements)
Coûts	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et installation : 50-300 €/m² ; - entretien : 8 €/m²/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et installation : 20-160 €/m² (pavés) ; 5-160 €/m² (revêtements) ; - Entretien : 1-2 €/m²/an
Contraintes techniques et limites	Effet de rafraîchissement limité localement ; qualité & pollution du sol ; sélection des essences ; travaux de préparation du sol ; entretien d'un espace vert	Travaux de préparation du sol ; travail de diagnostic important

Outils et guides techniques pour aller plus loin

Global

Vade-mecum sur la gestion des eaux pluviales en milieu urbain (Bruxelles Environnement et Bruxelles Mobilité) :

https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/BRO_Gestion_des_eaux_pluviales_23_FR_WEB.pdf

Infiltrasoil - Outil pour évaluer les possibilités d'infiltration de l'eau de pluie (Bruxelles Environnement) : <https://geodata.environnement.brussels/client/infiltrasoil/home>

ADEME. (2021, mai). Rafrâchir les villes : des solutions variées. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafrachir-les-villes.html>

Jardins de pluie

Bruxelles Environnement - Guide Bâtiment Durable : <https://guidebatimentdurable.brussels/jardins-pluie> & <https://guidebatimentdurable.brussels/bandes-filtrantes>

AdaptaVille - Aménager ou créer un jardin de pluie alimenté par les eaux pluviales. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-219.pdf>

AdaptaVille - Créer des bandes végétalisées ou des noues urbaines. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-140.pdf>

Revêtements perméables

Bruxelles Environnement - Guide Bâtiment Durable : <https://guidebatimentdurable.brussels/revetements-permeables>

Bruxelles Environnement - Midi de l'eau. Revêtements perméables : https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/r1174-w048-midi_revetements-fr.pdf

Bruxelles Environnement - Formation bâtiment durable. Revêtements drainants en pavés de béton : https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres-190328-gepp-2-2-pava-fr.pdf

Urban - Manuel Espaces Publics : <https://urban.brussels/fr/pages/le-manuel-espaces-publics-en-region-de-bruxelles-capitale>

Cahier de charges type relatif à l'infrastructure routière en Région de Bruxelles-Capitale : <https://data.mobility.brussels/fr/info/fb4e7ff4-fb6f-4b7d-a9eb-abd8c8fa6ee2/>

Plante & Cité - guide technique sur les revêtements perméables pour les aménagements publics : https://www.ressources.plante-et-cite.fr/GEIDFile/Revetements_web2.pdf?Archive=192616891089&File=Guide_Revetements_permeables_des_amenagements_urbains;

AdaptaVille - Revêtements et changement climatique : choisir le bon matériau au bon endroit : https://www.apc-paris.com/app/uploads/2025/02/GUIDE-REVETEMENT-ADATAVILLE_WEB.pdf.

AdaptaVille - Désimperméabiliser la voirie : les pavés perméables (enherbés, à larges joints, en béton perméable, ...). <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-372.pdf>

AdaptaVille - Installer des revêtements alvéolaires pour infiltrer les eaux pluviales dans les parkings. <https://www.adaptaville.fr/pave-drainant>

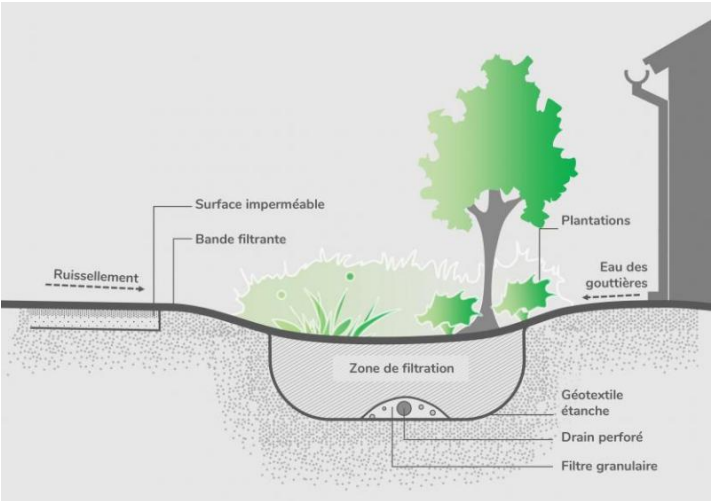
Primes de la Ville de Bruxelles pour perméabiliser, permettre à l'eau de pluie de s'infiltrer ou végétaliser sa toiture : <https://www.bruxelles.be/primes-climat>

1. Jardins de pluie

Les jardins de pluie favorisent l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol et contribuent ainsi à recharger les nappes phréatiques. Ces espaces verts, conçus en contrebas des zones environnantes, permettent aux arbres et plantes d'avoir un accès optimal à l'eau, assurant une évapotranspiration efficace et un refroidissement naturel de l'air. Contrairement aux espaces verts surélevés, les jardins de pluie maximisent à la fois l'effet rafraîchissant et améliorent la résilience urbaine face aux inondations.

Fiche technique

Description	<p>Les jardins de pluie sont des espaces en creux, de pleine terre et végétalisés, conçus pour recueillir, <u>stocker temporairement et infiltrer les eaux de pluie</u>. Ils ralentissent et diminuent donc les flux d'évacuation des eaux pluviales vers les réseaux d'égout.</p> <p>En plus de permettre l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui permet <u>l'alimentation des nappes phréatiques</u> et de limiter la saturation des égouts lors de pluies importantes, ces ouvrages rafraîchissent l'air en créant des milieux qui favorisent l'évaporation et l'évapotranspiration des végétaux.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Un jardin de pluie favorise l'évaporation, ce qui peut permettre de diminuer la température de l'air de <u>1,1-2 °C</u>, avec une <u>baisse ressentie entre 0 et 5 °C</u>.</p>
Illustrations	 <p>Square Auguste Lumière à Forest, Belgique (source : forest.brussels)</p> <p>Avenue Victor Rousseau, Forest (source : Manuel Espaces Publics)</p> <p>Quai des Usines, Bruxelles (source : Manuel Espaces Publics)</p>
Délai d'installation	<p><u>1-3 mois</u> selon les travaux de préparation du sol préalables nécessaires et l'envergure du jardin de pluie</p>

Temporalité de l'effet de rafraîchissement	<p><u>Quelques mois à deux ans</u> peuvent être nécessaires avant qu'un jardin de pluie ne devienne pleinement fonctionnel (temps de développement racinaire).</p>
Durée de vie	<p><u>20-30 ans</u></p>
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Une <u>préparation du sol</u> peut être nécessaire ; - Un <u>trop-plein</u> (vers des zones temporaires et sans risque) peut être nécessaire pour éviter les conséquences d'un événement pluvieux dépassant les capacités d'infiltration du jardin de pluie ; - L'entretien <u>consiste en celui d'un espace vert planté</u> et peut être plus important s'il y a un débit de fuite et/ou trop plein sont installés - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous ; - Un <u>décaissement</u> (creusement et abaissement du niveau du sol) est nécessaire pour créer une zone en contrebas - ce qui est peut-être une étape plus ou moins complexe en fonction de la présence de réseaux souterrains (p. ex., métro, impétrants) ou d'éléments comme des dalles ; - Les jardins de pluie doivent être protégés de dégâts (piétinement, chiens) par des <u>bordures/clôtures</u> surtout lors des premières années avant le développement complet de la végétation ; - La <u>plantation</u> peut n'être effectuée que de mi-octobre à mi-mars (selon les essences sélectionnées).
Illustration technique	 <p>Le diagramme illustre la coupe transversale d'un jardin de pluie. À gauche, une flèche indique le 'Ruissellement' qui s'écoule sur une 'Surface imperméable'. Cette surface est recouverte d'une 'Bande filtrante' (végétation). À droite, l' 'Eau des gouttières' est collectée par une gouttière et s'écoule dans le jardin. Le sol est composé d'une 'Zone de filtration' (couche de terre et de végétaux) au-dessus d'un 'Géotextile étanche'. En dessous du géotextile se trouve un 'Drain perforé' qui collecte l'eau, et un 'Filtre granulaire' pour empêcher le passage de particules. Des 'Plantations' (arbres et arbustes) sont représentées au-dessus du sol.</p> <p>(Source : guidebatimentdurable.brussels)</p>

Coûts	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & installation</u> : 50-300 €/m² selon le choix des essences de plantes, les travaux de préparation du sol et la complexité pour la partie dédiée à la gestion des eaux pluviales ; 2. <u>Entretien</u> : 8 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) choix du site selon : <ul style="list-style-type: none"> - Sa vulnérabilité aux inondations et ses possibilités d'infiltration de l'eau de pluie (cf. Infiltrasoil proposé par Bruxelles Environnement¹) ; - Son ensoleillement (cf. cartes de cumul d'ensoleillement du service des espaces verts) ; - Sa topographie (cf. GIS) ; - etc. ; (b) évaluation des caractéristiques du sol (présence d'impétrants, pollution du sol, qualité) ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) contact avec le service Aménagement urbain ou les espaces verts de la Ville de Bruxelles ; (b) planification de l'implantation (essences, surfaces, creusement, etc.) ; (c) demande de permis - si nécessaire ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) préparation du sol ; (b) plantation ; 4. <u>Suivi & maintenance</u> (suivi phytosanitaire, fauchage, etc.) - cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.
Règlementation en vigueur	Pour les espaces privés :

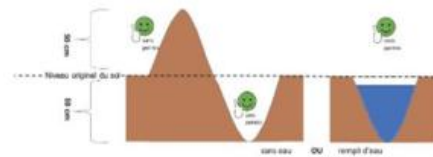
¹ Bruxelles Environnement. (2022, 2 novembre). *Infiltrasoil*. <https://environnement.brussels/pro/outils-et-donnees/sites-web-et-outils/infiltrasoil>.

Que peut-on faire sans permis ?

☰ Modifications, profondeurs, ...

Modification du relief inférieure à 50cm

On peut creuser ou créer des buttes pour une différence de hauteur ne dépassant pas de 50cm le niveau originel du sol.



Mare d'une profondeur supérieure à 50cm

Pas de permis non plus si :

- L'eau est présente en permanence (= mare, étang)
- La surface de plus de 50cm de profondeur doit être inférieure à 20m²
- Les zones plus profondes que 50cm sont situées à 2m des parcelles voisines
- Pas du côté de la rue (jardin avant)

Modification du relief supérieur à 50cm sans eau

Un permis est toujours nécessaire

■ Autorisé sans permis ■ Permis nécessaire



Jardin arrière

Zone de recul
entre le trottoir
et la maison



Dans le cas d'une **mare décorative** non soumise à permis, sa superficie n'excède pas 20 m².
Pour plus d'infos, se référer au **chapitre VII, article 21 de l'arrêté de minime importance**.

Pour les voiries et espace publics, se référer à l'arrêté de minime importance pour les actions sans PU et spécifiquement aux **chapitre III article 6 et chapitre X article 32**. Les textes légaux donnent un cadre général mais laissent une marge d'interprétation aux équipes techniques et autorités urbanistiques.

a) Noues et aménagements de déminéralisation ponctuels en voirie

- Dispense de PU si :
 - **Renouvellement de revêtements**

- Chaussées, trottoirs, bernes, bordures.
- Conditions :
 - Pas de pierres naturelles.
 - Pas de modification des fondations.
 - Profondeur ≤ 20 cm.
 - Profil en travers de la voirie inchangé.
- **Espaces de stationnement**
 - Remplacement pour améliorer la **perméabilité**.
 - Condition : profil en travers inchangé.
- **Aménagements pour piétons et cyclistes**
 - Petits travaux pour créer/agrandir des espaces, améliorer confort, sécurité ou aspect esthétique.
 - Condition : passage libre obligatoire.
- **Espaces de plantations**
 - Aménagement ou agrandissement autorisé.
 - Condition : au moins **1/3 de largeur libre** pour circulation, minimum 2 m d'un seul tenant.
- b) Noues et aménagements de déminéralisation ponctuels en espace public/espace verts/cimetières :**
 - Travaux dispensés de PU si les *dispositifs de gestion des eaux qui ne créent pas d'imperméabilisation, permettent le stockage temporaire et la perméabilité des sols, en priorité de manière végétalisée ou, à défaut, de manière minérale.*

Modalités d'entretien

L'entretien des jardins de pluie consiste en celui d'un espace vert planté². Un curage du jardin de pluie est recommandé dès 20% de dépôt.

Une tonte et un entretien des végétaux sont conseillés 2 à 6 fois/an. Il est conseillé d'aérer la couche superficielle tous les 5 à 10 ans.

Les végétaux pourront être remplacés tous les cinq ans si nécessaire.

En cas de point d'entrée (tuyau d'arrivée) et de sortie (trop-plein) : curage des ouvrages d'entrée et sortie tous les 2 à 5 ans si nécessaire.

Les filtres doivent être nettoyés (filtre secoué et lavé à l'eau claire) une fois tous les 3 mois et changer tous les ans.

Pour plus de détail, se référer à la fiche technique du filtre choisi. Vérification et entretien régulier (au minimum après

² NB : les modalités d'entretien de la végétation sont détaillées dans les fiches « Végétation ».

	<p>de grosses pluies et au moment de l'automne) des entrées et sorties d'eau pour éviter toute obstruction (embâcles, végétation, etc.).</p> <p>Une fois par an au minimum, une <u>inspection phytosanitaire approfondie</u> sera réalisée.</p>
<p>Recommandations de mise en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sélectionner les <u>essences de plantes</u>³ : <ul style="list-style-type: none"> o Indigènes si possibles ; o Vivaces ; o Adaptées au climat local et aux variations hydriques (en prenant en compte le réchauffement d'ici à la maturité de la plante ou de l'arbre) ; o Selon les allergènes ; o <u>Diversifiées</u> afin d'augmenter la résilience face aux maladies, parasites ou catastrophes naturelles et de rendre le lieu plus accueillant pour la biodiversité ; - <u>Prévoir l'étanchéité et le drainage</u> selon les contraintes du sol (impétrants, pollution, caves, proximité à des nappes phréatiques, etc.) avec un géotextile, une couche drainante et une zone de drainage vers le réseau d'assainissement ; - Anticiper 30-60 cm de <u>substrat</u> (sable, graviers, terre, pierre, remblai, etc.), dépourvu d'éléments grossiers et de polluants ; - <u>Dimensionner le jardin de pluie</u> pour avoir des surfaces collectrices intéressantes et résistantes à l'érosion (seulement 5 à 10 % de la surface sera collectrice) ; - Favoriser la <u>circulation de l'air & eau</u> avec un sol non compacté et en privilégiant des plantes à développement racinaire important.
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les milieux semi-humides sont favorables à la <u>biodiversité</u> ; - Les jardins de pluie aident à la <u>gestion de l'eau</u> en rechargeant les nappes phréatiques et en limitant la surcharge du réseau d'égouttage et donc les inondations en milieu urbain ;

³ (1) Cf. Guide Bâtiment Durable. *Principes de choix des végétaux*. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/favoriser-biodiversite/principes-choix-vegetaux> ;

(2) NB : des outils d'aides à la sélection des essences des plantes sont présentés dans les fiches « Végétation ».

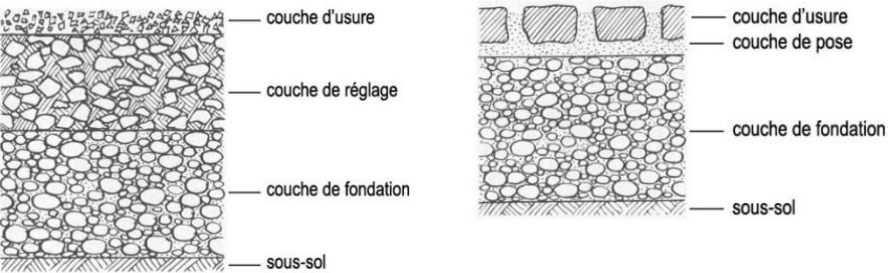
	<ul style="list-style-type: none"> - La végétation aide à <u>dépolluer</u> l'eau qu'elle infiltre, filtre les polluants atmosphériques et aide également à la dépollution des sols. <p><u>Co-bénéfice social :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Élément décoratif & agréable de l'espace public, le jardin de pluie réduit le stress et l'anxiété.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un jardin de pluie ne peut être installé dans un <u>sol trop pollué ou dégradé</u> (déchets, fragments végétaux importants, risque de migration de certains polluants, etc.) ; - L'effet <u>de rafraîchissement</u> en période de sécheresse, pendant laquelle un jardin d'eau n'est plus alimenté en eau, est fortement réduit.

2. Revêtements & pavés perméables

La déminéralisation permettra à l'eau de pluie de pénétrer dans le sol. Le sol préserve ainsi son humidité, qui peut s'évaporer sous l'effet de la chaleur et rafraîchir l'air. L'infiltration de l'eau dans le sol est une mesure qui est indissociable des mesures vertes : elle est nécessaire à la survie des végétaux.

Fiche technique

Description	<p>L'installation de revêtements perméables au sol (trottoirs, aires de stationnement, etc.), permet l'<u>infiltration</u> et le stockage de l'eau dans la structure de ces derniers. Cette dernière est ensuite redistribuée progressivement vers les nappes ou les points de déversements spécifiques.</p> <p>Par conséquent, ces revêtements permettent d'éviter une saturation des réseaux d'égouts, mais également de conserver le sol humide. Cette humidité pourra s'évaporer sous l'effet de la chaleur afin de rafraîchir l'air, et/ou être utilisée par les végétaux à proximité (<u>évapotranspiration</u>). Contrairement aux revêtements imperméables traditionnels (asphalte & bitume), ces revêtements perméables ne retiennent pas la chaleur du soleil.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Les revêtements perméables peuvent avoir un effet de rafraîchissement entre 0,1°C jusqu'à <u>2,1 °C</u> selon le degré d'humidité de l'environnement, avec une <u>baisse ressentie entre 0 et 5 °C</u>. Il peut y avoir une différence de température de l'air de 1,6 (1) à 2,6°C (2) par exemple au moment le plus chaud de la journée entre des pavés poreux à joints enherbés non arrosés (1) ou de l'asphalte (2).</p>
Illustrations	 <p>Pavés perméables au Parc de la Fonderie à Molenbeek (source : sites.heritage.brussels)</p> <p>Place de Ninove à Bruxelles, Belgique (source : brussels.be)</p> <p>Maison unifamiliale à Laeken, Belgique (source : Ville de Bruxelles)</p>
Délai d'installation	<u>1-2 mois</u>

Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> - <u>20-40 ans</u> pour les pavés/dalles ; - <u>5-40 ans</u> pour les revêtements - cf. Comparaison des différents revêtements perméables.
Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Une <u>préparation du sol</u> est souvent nécessaire (décompaction, etc.) ; - <u>Différentes couches</u> doivent être posées selon des contraintes différentes - cf. « Illustrations techniques » ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"> o Une couche de fondation en matériau filtrant ; o Une couche de réglage d'environ 5 cm pour les revêtements drainants ; une couche de pose en sable ou gravillons d'entre 3 et 5 cm pour les surfaces pavées ou en dalles alvéolées ; o Une couche de surface - cf. Comparaison des différents pavés & dalles perméables et Comparaison des différents revêtements perméables.
Illustrations techniques	 <p>(Source : nature-en-ville.com)</p>
Coûts	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & pose</u> : <ul style="list-style-type: none"> - 5-160 €/m² pour un revêtement - cf. Comparaison des différents revêtements perméables ; - 20-160 €/m² pour des pavés/dalles - cf. Comparaison des différents pavés & dalles perméables ; 2. <u>Entretien</u> : 1-2 €/m²/an.
Mise en œuvre et travaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) étude & analyse du sous-sol (proximité à une nappe phréatique, pollution, perméabilité, infiltration) ; (b) étude de faisabilité (besoins, environnement, coûts, etc.) ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) contact avec le service Aménagement urbain ou les espaces verts de la Ville de Bruxelles ; (b) planification de l'implantation (matériaux, arrivés/sorties de l'eau, etc.) ; (c) demande de permis ;

	<p>3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) terrassement (excavation & nivellement) ; (b) pose de la couche de fondation ; (c) installation de bordures ; (d) installation du lit de pose ; (e) pose des pavés ou du revêtement ;</p> <p>4. <u>Suivi & maintenance</u> (désherbage, nettoyage, réparation des joints, tonte/fauchage, etc.) – cf. « Modalités d'entretien » ci-dessous.</p>
<p>Règlementation en vigueur</p>	<p>Dispense de permis d'urbanisme si les conditions de l'article 6, 10° de l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 13 novembre 2008 déterminant les actes et travaux dispensés de permis d'urbanisme, de l'avis du fonctionnaire délégué, de la commune, de la commission royale des Monuments et des Sites, de Bruxelles Mobilité, de Bruxelles Environnement, de la commission de concertation ainsi que des mesures particulières de publicité ou de l'intervention d'un architecte du 13/11/2008 sont remplies : « <i>Pour autant qu'ils n'impliquent aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, à un règlement d'urbanisme, à un permis de lotir ou au volet réglementaire du plan régional de mobilité, et qu'ils ne constituent pas le complément de travaux soumis à permis d'urbanisme, les actes et travaux de voirie suivants sont dispensés de permis d'urbanisme : (...) pour autant que les actes et travaux ne modifient pas les caractéristiques essentielles du profil en travers, le renouvellement [...] du revêtement des chaussées, bermes, bordures et trottoirs, à l'exception des changements de revêtements constitués principalement de pierres naturelles, pour autant qu'il ne nécessite pas de toucher aux fondations et que la profondeur de creusement ne dépasse pas 20 cm</i> ».</p>
<p>Modalités d'entretien</p>	<p>L'entretien des pavés & revêtements est important pour préserver leur capacité de drainage notamment mais diffère selon les installations (regarnissage, désherbage, tonte, nettoyage à eau à haute pression, etc.) – cf. Comparaison des différents pavés & dalles perméables et Comparaison des différents revêtements perméables.</p>
<p>Recommandations de mise en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier quand les usages le permettent l'utilisation (1) de revêtements perméables puis si ce n'est pas possible (2) de revêtements imperméables ; - Penser aux pavés perméables donc des <u>zones où l'espace n'est suffisant pour gérer l'eau avec des dispositifs végétalisés</u>, comme les zones piétonnes, les aires de stationnement, les voies pompiers, etc. ; - Favoriser la <u>circulation de l'air & eau</u> avec un sol non compacté dans le cas de joints végétalisés ; - Privilégier des matériaux recyclés (comme le béton coquiller) ou réutilisés (p. ex., anciens pavés posés avec des joints poreux) pour réduire l'<u>impact environnemental</u> des pavés ;

	<ul style="list-style-type: none"> - Privilégier des revêtements/pavés avec un <u>coefficient de perméabilité</u>⁴ important (> 10⁻⁴ m/s).
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les revêtements perméables sont un outil de la gestion de l'eau en (1) réduisant les risques d'inondation, (2) alimentant les nappes phréatiques et (3) diminuant la pollution des nappes & cours d'eau en évitant le ruissellement dans les rues ; - Les revêtements & pavés perméables favorisent la biodiversité en ville s'ils sont végétalisés ; - Des matériaux réutilisés, recyclés ou biosourcés peuvent être utilisés.
<p>Points de vigilance et limites</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les dalles et pavés perméables ne sont pas préconisés pour des fortes pentes, des zones de giration, des zones à très forte fréquentation et des zones traversées par des véhicules lourds (possibilité de <u>formation d'ornières</u>). Pour ces cas-là, peuvent être envisagés soit des asphaltes perméables, soit la possibilité d'injecter de manière indirecte (bouche d'injection) dans une sous-fondation stockante/infiltrante, mais cela augmente les coûts ; - Les pavés perméables peuvent aussi être moins praticables pour les piétons. Des revêtements perméables lisses sont donc à privilégier pour des accès à des bâtiments ou pour des zones de jeux (p.e. vélo/roller, jeux de ballon, etc.). - Un revêtement de sol trop clair peut avoir un <u>effet réfléchissant</u> qui renvoie la chaleur & luminosité aux usagers en journée ; - La <u>pose d'un revêtement</u> ne peut se faire en conditions de gel ou par forte chaleur ; - Le sous-sol peut représenter une contre-indication à un revêtement perméable de voirie, <u>si le sol n'est pas propice à la présence d'eau (pollution de sol, zone de protection de captage, présence d'impétrants, etc.)</u> - dans ce cas, il est nécessaire d'étanchéifier l'aménagement, ce qui complexifie la mise en œuvre. Si le sol est pollué, le coût de dépollution peut être important ; - Un revêtement de sol perméable n'est <u>pas suffisant pour gérer les eaux pluviales en milieu urbain en cas d'épisode orageux</u>- la mise en place de réseaux de noues (fossés plantés) et autres bassins d'orage permettra une meilleure gestion, infiltration et rétention globale des eaux pluviales.

⁴ Le coefficient de perméabilité exprimé en millimètres par seconde (mm/s) représente la vitesse d'infiltration de l'eau à travers le matériau ; plus la valeur est grande, plus l'eau s'infiltrate rapidement. Une perméabilité trop faible peut entraîner du ruissellement et une saturation du sol.

Comparaison des différents pavés & dalles perméables

	Pavés & dalles		
	Pavés perméables	Pavés à joints élargis	Dalles alvéolaires
Description	Les pavés perméables sont <u>poreux</u> et ne nécessitent pas de larges joints. La structure ouverte du béton ou de la pierre suffit pour laisser l'eau s'infiltrer dans les pavés.	Ces pavés sont imperméables, <u>mais l'eau peut s'infiltrer dans les espaces entre eux</u> , permettant de perméabiliser environ 10 % de la surface d'un ouvrage. Les joints sont élargis & remplis de gravier fin, de sable grossier ou d'un mélange organo-minéral pour y <u>faire pousser de la végétation</u> (pavés enherbés) comme des graminées ou du thym.	Ce sont des <u>structures ouvertes</u> , souvent en béton ou en plastique, conçues pour être remplies de gravier ou de végétation. Leur taux de perméabilité dépend du matériau de remplissage, mais elles permettent généralement de perméabiliser 30 à 50 % de la surface couverte.
Illustration	 <p>(Source : Urban, Manuel Espaces Publics)</p>	 <p>(Source : Urban, Manuel Espaces Publics)</p>	 <p>(Source : Bruxelles Environnement)</p>
Matériau(x)	<u>Béton</u> coquiller ou drainant ; <u>pierre naturelle</u> .	<u>Béton</u> ; <u>pierre naturelle</u> ; <u>terre cuite</u> .	<u>Béton</u> ; <u>plastique</u> (polyéthylène/polypropylène) ; <u>terre cuite</u> .
Coût (fourniture & pose)	<u>20-60 €/m²</u>	<u>25-60 €/m²</u> si béton <u>50-160 €/m²</u> si pierre naturelle	<u>40-150 €/m²</u>

	Pavés & dalles		
	Pavés perméables	Pavés à joints élargis	Dalles alvéolaires
Modalités d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Nettoyage/balayage et désherbage</u> 2-4 fois/an ; - <u>Réparation/garnissage des joints</u> tous les 2 à 3 ans ; - Un <u>décolmatage</u>⁵ tous les 10 ans environ. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Nettoyage/balayage et désherbage</u> 2-4 fois/an ; - <u>Réparation/garnissage des joints</u> tous les 2 à 3 ans ; - Si végétalisés et jugé nécessaire, un <u>arrosage</u> en été et une <u>tonte</u> peuvent être prévus. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Désherbage</u> 2-4 fois/an ; - <u>Réparation/garnissage</u> une fois par an ; - Si végétalisées, <u>arrosage</u> (en été) <u>tonte et semis</u> (printemps/automne) plusieurs fois par an.
Usages	<u>Trottoirs</u> ; <u>pistes cyclables</u> ; <u>parkings</u> ; <u>pieds d'arbres</u> .	<u>Trottoirs</u> ; <u>pistes cyclables</u> ; <u>parkings</u> ; <u>pieds d'arbres</u> .	<u>Voies de tramway</u> ; <u>cheminements piétonniers</u> (parcs, jardins, etc.) ; <u>parkings</u> .
Efficacité contre l'ICU			
Caractéristiques & spécificités	<ul style="list-style-type: none"> - Sans joint, sont davantage adaptés pour les <u>personnes à mobilité réduite</u> et les <u>mobilités douces</u> ; - <u>Plus grande surface d'absorption</u> que les pavés à joints poreux ; - <u>Facilité d'ouverture</u> pour des travaux souterrains. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Surface potentiellement irrégulière</u>, ce qui rend la <u>circulation moins aisée</u> pour les utilisateurs de fauteuils roulants et autres aides à la mobilité (canne, déambulateur, etc.) ; - <u>Facilité d'ouverture</u> pour des travaux souterrains ; - Nécessite un <u>entretien doux</u> (pas de nettoyage à eau à haute pression) pour éviter d'endommager les joints, ce qui le rend plus coûteux ; 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Bonne résistance mécanique</u> (adaptée aux parkings, accès pompiers, voies piétonnes et pistes cyclables) ; - <u>Inconfortables pour les utilisateurs de fauteuils roulants</u> ; - Nécessite un <u>entretien</u> pour éviter le compactage ou la repousse excessive de végétation.

⁵ Le colmatage est le bouchage des pores qui réduit peu à peu la perméabilité d'un revêtement.

Pavés & dalles			
	Pavés perméables	Pavés à joints élargis	Dalles alvéolaires
		- Nécessite une <u>terre non argileuse</u> et peu compacte si les joints si végétalisés.	

Comparaison des différents revêtements perméables⁶

	Revêtements			
	Mélange minéral/organique	Platelage en bois	Résine drainante	Béton drainant
Description, caractéristiques et spécificités	Un mélange de matières organiques (p. ex., compost, écorces de bois) et/ou minérales (graviers, granite concassé, etc.) donne un revêtement reste souple & modulable mais nécessite un entretien plus fréquent pour éviter le compactage et la dispersion des matériaux.	Constitué de lames de bois espacées, il permet un écoulement partiel de l'eau vers un support drainant sous-jacent. Par rapport aux revêtements minéraux, il stocke moins de chaleur.	La résine offre une haute résistance mécanique tout en maintenant des vides pour l'infiltration de l'eau. Contrairement au béton drainant classique, elle est plus souple, plus esthétique, ainsi que facile à réparer.	Béton poreux composé de ciment, granulats et peu/pas de sable. Le béton drainant crée une structure très perméable permettant une infiltration rapide de l'eau, et est plus rigide que le béton de résine.
Illustration	 <p>(Source : pixabay.com)</p>	 <p>(Source : bois-loisirs-creations.com)</p>	 <p>(Source : gardenparkconcept.com)</p>	 <p>(Source : creations-paysage.be)</p>
Durée de vie	<ul style="list-style-type: none"> - <u>2-4 ans</u> pour de l'organique ; - <u>10-20 ans</u> pour du minéral. 	<u>15-25 ans</u>	<u>20-30 ans</u> selon l'intensité du trafic	<u>20-30 ans</u>

⁶ NB : outre la nature du revêtement, la couleur de celui-ci jouera également un rôle important dans la limitation de l'effet ICU. Les revêtements de couleur clair sont à favoriser car leur albédo est élevé, ce qui évitera l'échauffement de la surface. Les caractéristiques des matériaux et leur rôle dans la lutte contre l'effet ICU sont détaillées dans les fiches « Matériaux ».

	Revêtements			
	Mélange minéral/organique	Platelage en bois	Résine drainante	Béton drainant
Coût (fourniture & pose)	- <u>5-20 €/m²</u> pour de l'organique ; - <u>10-30 €/m²</u> pour du minéral.	<u>50-160 €/m²</u>	<u>40-100 €/m²</u>	<u>30-60 €/m²</u>
Modalités d'entretien	- <u>Désherbage & regarnissage</u> 2 fois/an ; - <u>Ratissage/hersage</u> une fois par an.	- <u>Inspection</u> des systèmes de fixation au moins deux fois par an ; - <u>Balayage</u> (brosse à poils durs) au moins une fois par an ; - <u>Entretien contre le vieillissement et le glissement</u> dû à l'humidité.	- <u>Balayage</u> une fois par an ; - <u>Réparation/garnissage des joints</u> selon l'usure.	- <u>Inspection</u> des débris en surface et de l'infiltration de l'eau ; - <u>Balayage</u> une fois par an ; - <u>Décolmatage</u> par pression/aspiration environ tous les 10 ans.
Usages	<u>Aires de jeu</u> ; <u>pieds d'arbres</u> ; <u>cheminements piétonniers</u> ; <u>cours d'école</u> .	<u>Zones piétonnes</u> ; <u>aires de jeu</u> .	<u>Trottoirs</u> ; <u>pistes cyclables</u> ; <u>aires de jeu</u> ; <u>voirie</u> (à faible vitesse de circulation).	<u>Zones de circulation</u> (piétons, voitures, poids lourds, etc.) ; <u>pieds d'arbres</u> (si très perméable).
Efficacité contre l'ICU	<u>Modérée</u> (selon teinte & humidité) - bon en zone ombragée	<u>Modérée</u> - stockage thermique faible, bon en zone ensoleillée	<u>Faible à modérée</u> (selon couleur) - moins inertiel que béton classique	<u>Faible</u> - surface claire possible, mais chauffe vite et stocke la chaleur



Matériaux

Fiches techniques

WE ARE BXL



CATALOGUE DE SOLUTIONS POUR LIMITER L'EFFET D'ILOT DE CHALEUR URBAIN

Matériaux utilisés dans les bâtiments

TABLE DES MATIERES

Outils et guides techniques pour aller plus loin.....	3
<i>Global</i>	3
<i>Isolation thermique par l'extérieur</i>	3
<i>Toitures blanches</i>	3
Caractéristiques des matériaux pour limiter l'effet d'îlot de chaleur urbain	4
1. Albédo	4
2. Capacité thermique	4
3. Effusivité	4
Tableau comparatif de matériaux selon leurs caractéristiques liées à l'ICU.....	6
Applications de matériaux contre les îlots de chaleur urbains	8
Aperçu et éléments comparatifs des applications de matériaux	9
1. Isolation thermique par l'extérieur.....	10
<i>Fiche technique</i>	10
2. Toitures blanches	14
<i>Fiche technique</i>	14
Annexe Arbre décisionnel : quel type de valorisation de toiture privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?.....	18

Outils et guides techniques pour aller plus loin

Global

Plus fraîche ma ville. Revêtements à albédo élevé : <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/revetement-albedo-eleve>

AdaptaVille. (2025, février). Revêtements et changement climatique : choisir le bon matériau au bon endroit. Agence Parisienne du Climat. https://www.apc-paris.com/app/uploads/2025/02/GUIDE-REVETEMENT-ADATAVILLE_WEB.pdf

ADEME. (2021, mai). Rafraîchir les villes : des solutions variées. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique/4649-rafraichir-les-villes-9791029717475.html>

Isolation thermique par l'extérieur

Bruxelles Environnement - Guide Bâtiment Durable : <https://guidebatimentdurable.brussels/isolation-dun-mur-lexterieur> & <https://guidebatimentdurable.brussels/choix-durable-materiaux-disolation-thermique>

Buildwise. Checklist – Entretien d'une façade enduite (ETICS) : <https://www.buildwise.be/media/fs2n05xj/bw-checklist-5-onderhoud-buitengevel-werken-fr.pdf>

Plus fraîche ma ville. Isolation thermique. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/isolation-thermique>

Toitures blanches

AdaptaVille. Les peintures anti-chaueur pour améliorer le confort thermique. <https://www.adaptaville.fr/peinture-anti-chaueur-toit>

Note : Les informations sur les différents types de revêtements et pavés perméables sont reprises dans la section Perméabilisation.

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX POUR LIMITER L'EFFET D'ILOT DE CHALEUR URBAIN

1. Albédo

L'albédo correspond au taux de **réflexion d'une surface exposée à la lumière**. Il est compris **entre 0 et 1** (une surface qui réfléchit 100 % du rayonnement solaire ayant un albédo de 1). Cette valeur dépend des caractéristiques de surface du matériau : notamment de la couleur, de la texture et de la rugosité de la surface.

Pour lutter contre l'effet ICU, une stratégie souvent employée est d'augmenter l'albédo des revêtements, généralement en optant pour des revêtements plus clairs (cf. graphique ci-dessous) - les toitures blanches et les revêtements perméables sont des solutions qui reposent sur ce principe. Un revêtement à l'albédo très élevé absorbe moins de chaleur quand il est au soleil (p. ex., un matériau d'albédo 0,8 n'absorbera sous forme de chaleur que 20 % de l'énergie du rayonnement), sa température de surface reste moins élevée, et il libère donc moins de chaleur pendant la nuit - par rapport à un matériau semblable soumis aux mêmes conditions. Cette solution est surtout efficace dans des lieux dégagés, où le rayonnement est renvoyé vers le ciel et non vers les bâtiments alentours ou les usagers (auquel cas un usager sera la

2. Capacité thermique

La capacité thermique d'un matériau reflète sa **capacité à stocker & restituer la chaleur absorbée** en fonction des variations de température ambiante. Un matériau ayant une forte capacité thermique absorbe & emmagasine une grande quantité de chaleur dans peu de matière et avec une faible augmentation de sa température, puis la restitue progressivement. L'interaction entre la capacité thermique et l'albédo d'un matériau est ainsi la principale cause de l'effet ICU.

La lutte contre l'effet ICU passe donc par le choix de matériaux plus légers (et donc avec une capacité thermique faible) pour les sols ou les bâtiments exposés au soleil (cf. isolation thermique par l'extérieur et revêtements & pavés perméables dans les fiches « Perméabilisation ») ; à l'ombre, les matériaux lourds ont un meilleur potentiel de rafraîchissement.

3. Effusivité

L'effusivité thermique d'un matériau représente sa **capacité à échanger plus ou moins rapidement de la chaleur avec son environnement**. Avec la température, elle détermine la sensation thermique d'une surface au contact humain et joue un rôle-clef dans le confort des usagers.

Un matériau avec une forte effusivité (p. ex., pierre, béton, métal) possède par définition une grande capacité thermique massique combinée à une bonne conductivité thermique. Cela lui permet d'échanger rapidement une grande quantité de chaleur par simple contact, dès lors qu'il existe une différence de température entre les deux corps. Ainsi, si vous touchez un banc en bois à 25 °C ou à 50 °C, vous le trouverez simplement tiède, car le bois, peu effusif, échange lentement la chaleur avec votre peau. En revanche, si le banc est en pierre, à 25 °C, il absorbera très rapidement la chaleur de votre corps (à 37 °C), provoquant un rafraîchissement cutané effectif et sensible ; à 50 °C, il vous transmettra sa chaleur tout aussi rapidement, au point de risquer une brûlure.

Dans le cadre de la lutte contre l'effet d'ICU, les matériaux avec une faible effusivité (et un albédo élevé) sont à privilégier pour les espaces piétonniers exposés au soleil (afin d'éviter les brûlures) ; les matériaux comme l'asphalte ou les dalles en pierre sombre sont à éviter mais peuvent procurer une sensation de

victime de l'éblouissement par le sol - ce qui apporte de la désorientation et de l'inconfort).



Stabilité renforcé beige doré (A'URBA)



Asphalte clair (A'URBA)



Béton hydraulique gris clair (A'URBA)



Granit gris foncé (A'URBA)



Asphalte gris foncé (A'URBA)



Béton bitumineux noir (A'URBA)

Albédo élevé
Matériau clair et lisse
Réfléchit les rayons solaires
Température de surface peu élevée (mais éblouissement et réflexion solaire)
Lutte contre ICU



Albédo faible
Matériau foncé et rugueux
Absorbe les rayons solaires
Temp de surface élevée
Aggrave l'ICU



Béton



Briques



Gravier



Terre



Bois



Isolant

Matériau lourd (kg/m³)
Capacité thermique élevée
Temp. évolue lentement
Accumule la chaleur le jour et la restitue la nuit (aggrave l'ICU)



Matériau léger (kg/m³)
Capacité thermique faible
Temp. évolue rapidement
N'accumule presque pas de chaleur
Matériau isolant

fraîcheur dans les espaces à l'ombre (lorsque leur température ne risque pas de dépasser celle du corps).

Métaux
Très grande émissivité
À proscrire dans une zone ensoleillée, danger de brûlure

Matériaux lourds
Sensation de frais à l'ombre (+)
Sensation de chaud au soleil (-)

Matériaux légers (bois)
Pas de sensation de « froid » ni « chaud ». Approprié pour endroit ensoleillé (pas de brûlure, pas de sensation de « chaud »).



Revêtement de façade en cuivre à proscrire si la façade est ensoleillée (danger de brûlure). (photo : © Eckhart Matthaeus / www.em-foto.de)



Le mobilier urbain en matériaux lourds, fort émissifs, peuvent apporter une sensation de fraîcheur s'il n'a pas été ensoleillé



Au soleil, privilégier du mobilier urbain en bois, peu émissif, donc sans sensation de chaleur ni danger de brûlure. Dans les structures de jeux, attention au toboggan en métal qui peut être très chaud.

Tableau comparatif de matériaux selon leurs caractéristiques liées à l'ICU

Ce tableau présente plusieurs propriétés physiques de matériaux, utilisées pour analyser leur comportement thermique dans un bâtiment et/ou l'espace public. Ces critères permettent d'évaluer leur influence sur le confort thermique, l'inertie et la sensation de chaleur ou de fraîcheur ;

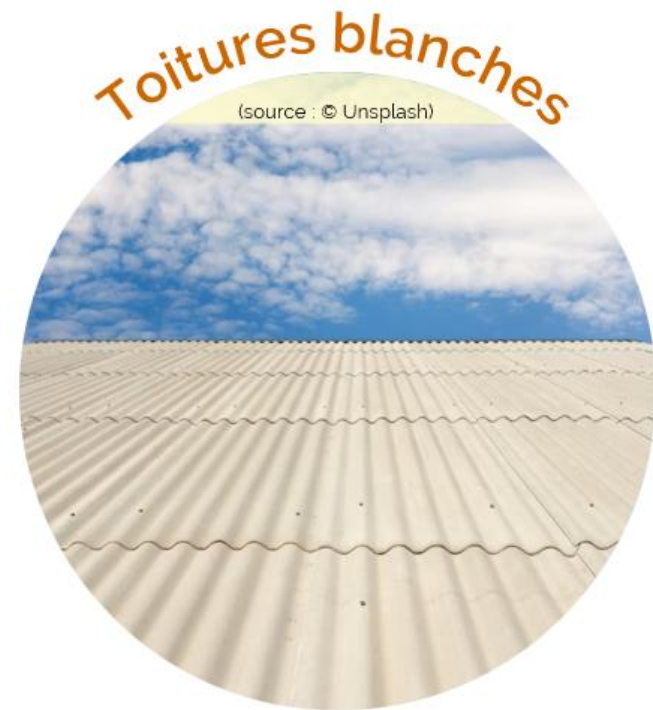
- **Albédo** : indique la capacité d'un matériau à réfléchir le rayonnement solaire ; une valeur proche de 1 (blanc) reflète bien la lumière, tandis qu'une valeur proche de 0 (foncé, béton) absorbe davantage de chaleur ;
- **Conductivité** (λ , en W/mK) : mesure la capacité d'un matériau à conduire la chaleur ; plus λ est faible, meilleure est l'isolation ;
- **Densité** (masse volumique ρ , en kg/m³) : renseigne sur la densité du matériau ; un matériau lourd a une masse volumique élevée et une meilleure inertie thermique ;
- **Accumulation de chaleur** (capacité thermique volumique c , en MJ/m³K) : exprime la quantité de chaleur qu'un matériau peut stocker par unité de volume et de température ; plus c est élevé, plus le matériau peut accumuler de la chaleur ;
- **Sensation chaud/froid** (effusivité thermique E , en J/m²K√s) : mesure la capacité d'un matériau à échanger de la chaleur avec la peau ou l'air ; plus l'effusivité est élevée, plus un matériau semblera « froid » ou « chaud » au toucher selon la température.

	Albédo	Conductivité	Densité	Accumulation de chaleur	Sensation chaud /froid
	<i>Échelle de 0 (béton) à 1 (peinture blanche)</i>	<i>Conductivité thermique λ (W/m.K)</i>	<i>Masse volumique ρ (kg/m³)</i>	<i>Capacité thermique volumique c (MJ/m³.K)</i>	<i>Effusivité E (J/m²K√s)</i>
Métaux	∅	17-380	2700 à 10 000	2,4-3,6	7 100-37 000
Pierre (granit, marbre, etc.)	Gris clair, beige : 0,45	2,9-3,5	2 700	2,7-3	2 800-3 200
Béton	0,25	1,7-2,2	2 400	2,4	2 000-2 300
Asphalte coulé	0,05	0,7	2 100	2,1	1 200
Sable sec, gravier	0,15	0,3-0,4	1 600-1 800	1,4-1,6	650-800



	Albédo	Conductivité	Densité	Accumulation de chaleur	Sensation chaud /froid
	<i>Échelle de 0 (béton) à 1 (peinture blanche)</i>	<i>Conductivité thermique λ (W/m.K)</i>	<i>Masse volumique ρ (kg/m³)</i>	<i>Capacité thermique volumique c (MJ/m³.K)</i>	<i>Effusivité E (J/m²K^{1/2}s)</i>
Terre (sèche/humide)	0,2	0,75-2	1 250	1,35	1 000-1 600
Briques en terre cuite	0,2 à 0,4	0,22-0,8	700-2 100	0,7-2,1	400-1 300
Bois	0,35	0,13-0,20	600	1,1	350-450
Isolant	∅	0,02-0,06	50-150	0,1	50-80

APPLICATIONS DE MATERIAUX CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Les matériaux utilisés dans les bâtiments influencent le confort thermique des occupants, mais également la façon dont la chaleur est absorbée, stockée ou renvoyée, ce qui peut aider à limiter les effets des îlots de chaleur urbains.




Aperçu et éléments comparatifs des applications de matériaux

	 Isolation thermique par l'extérieur	 Toitures blanches Error! Reference source not found.
Stratégie(s)	Ventilation ; réflexion	Réflexion
Potentiel de rafraîchissement	1,4 °C (air extérieur) ; 2,3 °C (intérieur)	2-4 °C (air extérieur) ; 2-6 °C (intérieur)
Délai d'installation	0-2 mois	< 1 mois
Durée de vie	20-30 ans : pour l'isolant, le revêtement de finition +/-10 ans	20-30 ans
Coûts	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et installation : 100-400 €/m² ; - entretien : 10-30 €/m²/an. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et installation : 20-30 €/m² peinture blanche ; 70-100 €/m² remplacement revêtement sur immeuble existant - Entretien : 10-50 €/m²/an.
Contraintes techniques et limites	Incompatibilité avec certains bâtiments anciens/classés	Entretien régulier ; impact limité pour les bâtiments bien isolés

1. Isolation thermique par l'extérieur

Les matériaux urbains comme la brique ou le béton, ayant une grande inertie thermique, accumulent le rayonnement solaire en journée pour le restituer la nuit, provoquant l'ICU. Une isolation peut permettre de lutter contre celui-là en réduisant la capacité thermique du mur.

Fiche technique

Description	L'isolation thermique par l'extérieur a pour but d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et de renforcer le confort en intérieur en été comme en hiver en limitant le recours à la climatisation et au chauffage. Avec un isolant appliqué sur tous les murs d'un bâtiment, l'isolation par l'extérieur assure une isolation homogène et supprime les ponts thermiques ¹ .
Potentiel de rafraîchissement	Les murs extérieurs, exposés au rayonnement solaire, stockent une quantité importante de chaleur. L'isolation thermique vise à réduire les échanges de chaleur et permet de faire baisser la température ambiante de <u>1,4 °C dans les rues</u> et de réduire ainsi la surchauffe urbaine en journée, tout en réduisant la température <u>à l'intérieur jusqu'à 2,3 °C</u> .
Illustration	 <p>Pose d'une couche d'isolation thermique par l'extérieur (source : © Unsplash)</p>
Délai d'installation	<u>0-2 mois</u> selon la complexité et la dimension de la façade
Durée de vie	<u>20-30 ans</u> selon (1) le choix des matériaux, (2) la qualité de la pose et (3) les conditions climatiques

¹ Un pont thermique est une zone localisée d'une enveloppe de bâtiment où la résistance thermique est réduite, provoquant une perte de chaleur ponctuellement plus importante ; il se forme généralement aux jonctions entre différents éléments (murs, planchers, poutres, colonnes, toitures) qui interrompent l'isolation.

Exigences techniques	<ul style="list-style-type: none"> - L'isolation par l'extérieur d'un bâtiment ancien (avec des murs en matériaux poreux - p. ex., pierre, brique) doit se faire en considérant les <u>transferts de vapeur d'eau</u> qui régulent naturellement l'humidité et un isolant perméable doit être choisi afin d'éviter des risques de condensation et de dégradation du bâti (moisissures, altération des murs) ; - L'isolant doit être <u>protégé de l'eau</u> qui peut tomber du toit ou des corniches (p. ex., par une coulisse pour drainer l'eau) ; - Les installations d'isolation doivent, sinon être résistantes au feu, limiter la <u>propagation du feu</u>.
Coûts	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & pose</u> : <ul style="list-style-type: none"> - 20-100 €/m² pour l'isolant ; - 80-300 €/m² pour la finition ; 2. <u>Entretien</u> : 10-30 €/m²/an.
Aides financières	<p>En Région de Bruxelles-Capitale, les <u>Primes RENOLUTION</u> (<i>actuellement suspendues</i>) proposent des aides pour la rénovation des bâtiments ; des primes peuvent être accordées pour des travaux améliorant la performance énergétique des façades (primes F1, F2 et F3)².</p>
Mise en œuvre et travaux (et services concernés)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) audit énergétique (état des lieux, estimation de la performance) ; (b) étude de faisabilité (paramètres techniques, environnementaux et climatiques) ; 2. <u>Conception de la solution</u> : (a) sélection des matériaux ; (b) planification de l'implantation ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) nettoyage des murs et traitement des éléments en bois ; (b) pose de l'échafaudage ; (c) pose de l'isolant (chevillage, fixation mécanique ou par adhésif) ; (d) pose du revêtement de finition ; (e) peinture décorative - optionnelle.
Règlementation en vigueur	<p>Sur un bâtiment existant, une isolation par l'extérieur représente une modification visible depuis l'espace public, laquelle requiert un <u>permis d'urbanisme côté rue</u>. Les règlements d'urbanisme locaux peuvent imposer des contraintes supplémentaires (p. ex., couleur).</p> <p>Obligations de performance énergétiques des bâtiments à Bruxelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au plus tard le 01/01/2033, tous les logements devront avoir une consommation totale d'énergie primaire maximum de 275 kWh/m²/an, ce qui correspond actuellement à une classe énergétique E maximum.

² Cf. Renolution. Les Primes RENOLUTION. <https://renolution.brussels/fr/les-primes-renolution>.

	<ul style="list-style-type: none"> • Au plus tôt le 31/12/2045 (le gouvernement doit encore fixer cette date), l'objectif PEB sera relevé à 150 kWh/m²/an, ce qui correspond actuellement à une classe énergétique C maximum. Les logements appartenant à un opérateur immobilier public devront quant à eux atteindre cet objectif 150 au plus tard en 2040. Toutes les informations sont reprises sur le site de Bruxelles Environnement et Rénolution. L'isolation d'un bâtiment contribue à l'atteinte de ces objectifs.
<p>Modalités d'entretien</p>	<p>Une isolation extérieure nécessite peu d'entretien à long terme mais doit néanmoins être surveillée au moins annuellement. Cette inspection inclut : (1) un <u>contrôle de l'aspect</u> (mousse, couleur, pollution, etc.) ; (2) une <u>inspection de dégâts potentiels</u> (fissures, gonflements, dégâts mécaniques, etc.) ; une <u>vérification des joints</u> (étanchéité, fissures, dégâts, etc.). Le cas échéant – selon les dégradations et les caractéristiques de l'isolation –, un nettoyage avec de l'eau sous haute pression, un traitement anti-mousse ou des réparations concentrées devront être entrepris.</p>
<p>Recommandations de mise en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Associer l'isolation thermique par l'extérieur avec un projet de ravalement de façade</u> afin de réduire les coûts ; - Privilégier la <u>rénovation thermique globale</u> d'un bâtiment afin d'assurer la continuité de l'isolation et de l'étanchéité à l'air – les rénovations partielles ou réalisées par étapes sont beaucoup moins efficaces car elles génèrent bien souvent des ponts thermiques à chaque interfaces (toiture, paroi verticale, plancher bas) ; - Veiller à ce que l'isolant soit <u>placé sans interruption</u>, y compris avec les autres parois et autour des ouvertures ; - Assurer une <u>bonne ventilation</u> du bâtiment ; - <u>Préférer l'isolation par l'extérieur à celle par l'intérieur</u>, cette dernière étant moins intéressante sur différents points – et doit rester une solution de dernier recours : plus complexe ; plus de ponts thermiques ; risque de condensation ; moins bonne isolation ; moins d'inertie ; moins de réduction de l'effet ICU ; plus de variation de la température dans la façade (qui entraîne des dégradations).
<p>Co-bénéfices</p>	<p><u>Co-bénéfices sociaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'isolation permet d'insonoriser les bâtiments et réduire les nuisances sonores ; - Le confort des usagers d'un bâtiment isolé est amélioré. <p><u>Co-bénéfice environnemental</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'isolation réduit les besoins en énergie, en été & hiver ; - Un bâtiment isolé par l'extérieur conserve sa masse thermique à l'intérieur, ce qui améliore le confort d'été en limitant les surchauffes et en permettant un rafraîchissement nocturne efficace. - Contribue à l'atteinte des objectifs de performance énergétique fixés par la Région Bruxelles-Capitale.

**Points de vigilance
et limites**

- L'isolation par l'extérieur n'est pas possible pour tous les types de bâtiments : si le bâtiment est classé, si l'architecture est compliquée et que la bâtisse est très « découpée », la mise en œuvre sera plus difficile (elle reste toutefois à préférer dès que possible à l'isolation par l'intérieur) ;
- L'isolation thermique par l'extérieur nécessite une emprise au sol plus grande et change l'aspect architectural d'un bâtiment ;
- La pose doit être faite par un professionnel de cette technique afin d'éviter tout risque de pont thermique ou d'infiltration d'eau.

2. Toitures blanches³

Appliquer une peinture ou un revêtement de finition clair sur les toitures permet de réfléchir les rayons du soleil vers le ciel, limitant ainsi leur échauffement et contribuant à la réduction des îlots de chaleur urbains. Elles permettent également de réduire la surchauffe intérieure du bâtiment.

Note : Les informations sur les toitures végétalisées sont reprises dans la section Végétation.

Fiche technique

Description	<p>L'effet d'ICU est notamment aggravé par les matériaux de construction foncés qui ont un albedo faible, dont les revêtements de toiture. Au contraire des <i>roofings</i> sombres, un toit blanc [cool roof] reflète les rayons du soleil (effet albedo), ce qui limite ainsi l'échauffement de la toiture et réduit également la chaleur qui pénètre dans les bâtiments, améliorant le confort thermique à l'intérieur et réduisant les besoins en climatisation. Deux possibilités existent : soit la pose d'un revêtement clair au moment de l'isolation de la toiture, soit l'application d'une peinture blanche sur le roofing existant si le bâtiment ne doit pas refaire sa toiture à court terme. En plus de contribuer à limiter l'effet d'ICU, les toitures claires/blanches permettent de réduire les amplitudes thermiques et protègent mieux les matériaux contre les UV et les amplitudes thermiques, ce qui prolonge leur durabilité.</p> <p>Pour réduire l'effet d'ICU, l'optimum est de combiner isolation de la toiture et d'y apposer une couche blanche ou végétale (voir fiche « toiture végétalisée ») - la toiture végétalisée est à privilégier quand la structure le permet ou que des travaux permettent un renforcement de la structure.</p>
Potentiel de rafraîchissement	<p>Plus la surface est foncée, plus celle-ci va s'échauffer. Les surfaces blanches peuvent refléter jusqu'à 90 % de la lumière du soleil (contre 4 % pour l'asphalte) : la <u>température de l'air</u> peut baisser de <u>2 à 4 °C</u> grâce à un revêtement à albédo élevé. La température <u>intérieure</u> peut également baisser de <u>2 à 6 °C</u>, en été.</p> <p>Plus la différence de réflectivité entre la toiture avant et après l'application d'une peinture blanche est grande, plus le gain est important ; l'effet est aussi d'autant plus important que le bâtiment a peu d'étages et est peu isolé (p. ex., un entrepôt). Le rafraîchissement réel est donc à mesurer au cas par cas.</p>

³ NB : les mesures de toitures vertes sont détaillées dans les fiches « Végétation ».

<p>Illustrations</p>	 <p>Palais du Midi à Bruxelles, Belgique (source : rtbf.be)</p> <p>Toiture blanche Rue des Halles, Bruxelles (source : Marion JULIEN)</p> <p>Application d'une peinture blanche (source : Adobe stock)</p>
<p>Délai d'installation</p>	<p><u>≤ 1 mois, ou plus en fonction de la superficie à couvrir</u></p>
<p>Durée de vie</p>	<p><u>20-30 ans pour la pose d'un revêtement clair, durée inférieure pour l'application d'une peinture blanche</u></p>
<p>Exigences techniques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un revêtement de toiture ne peut être appliqué que dans des <u>conditions optimales</u> (température, vent, humidité, etc.) pour éviter toute dégradation de l'installation à terme. Conditions météorologiques pour l'application d'une peinture blanche : <ul style="list-style-type: none"> ○ Température de l'air comprise entre 10 (ou 15 selon les fournisseurs) et 35°C ○ Humidité relative inférieure à 80 % ○ Pas de risque d'averse dans les 24h suivant la pose ○ Vitesse du vent inférieure à 50 km/h pour l'application par pulvérisation) - L'intégration du revêtement doit être coordonnée avec les <u>autres éléments de l'enveloppe du bâtiment</u> comme l'isolation, l'étanchéité et la ventilation.
<p>Coûts</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Fourniture & pose</u> : 20-30 €/m² pour appliquer une peinture blanche (pour des surfaces accessibles & sécurisées) ; 70-100 €/m² pour le remplacement sur immeuble existant pour la pose d'un revêtement clair 2. <u>Entretien</u> : 10-50 €/m²/an.
<p>Aides financières</p>	<p>Dans la Région de Bruxelles-Capitale, les <u>Primes RENOLUTION</u> (<i>actuellement suspendues</i>) proposent des aides pour la rénovation des bâtiments ; des primes peuvent être accordées pour des travaux sur toiture (primes E)⁴.</p>

⁴ Cf. Renolution. Les Primes RENOLUTION. <https://renolution.brussels/fr/les-primes-renolution>.

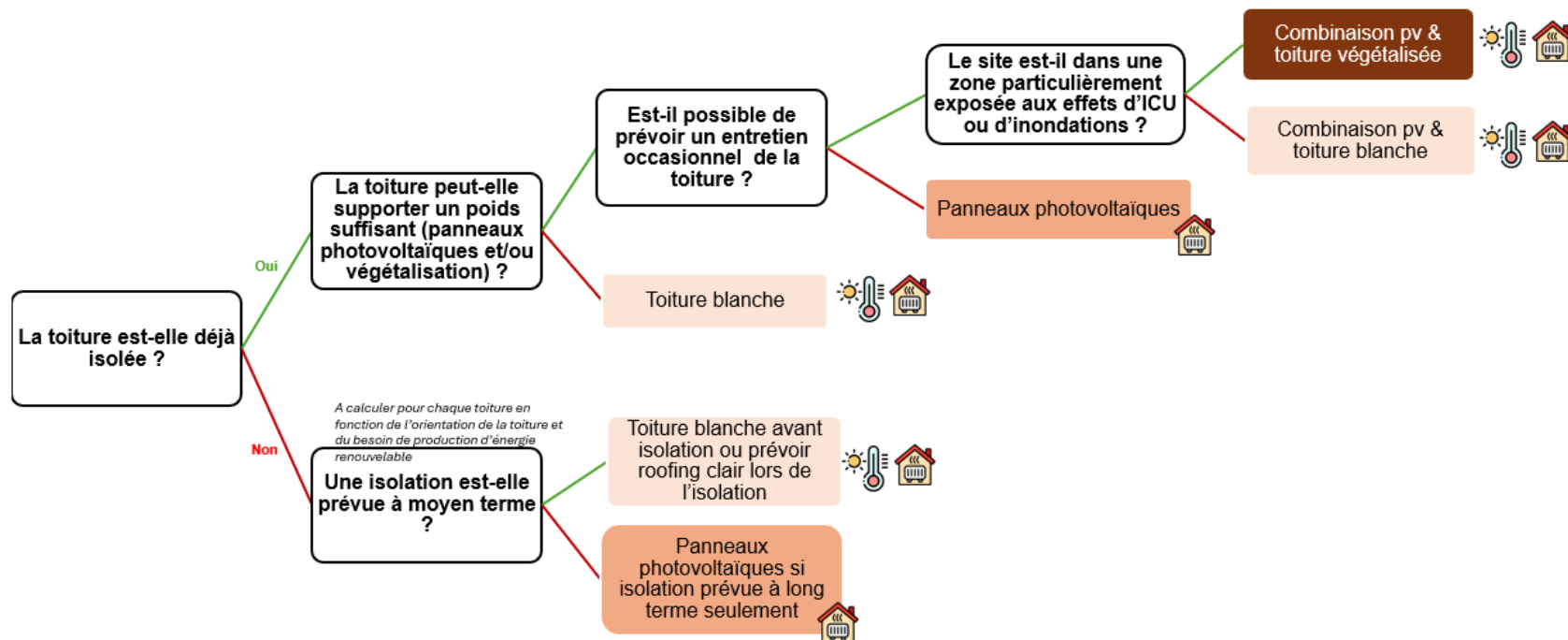
Mise en œuvre et travaux (et services concernés)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Diagnostic</u> : (a) étude de la toiture (état des lieux, estimation de la performance) ; (b) étude de faisabilité (paramètres techniques, environnementaux et climatiques) ; 2. <u>Conception de la solution</u> (choix de peinture) ; 3. <u>Mise en œuvre</u> : (a) nettoyage de la toiture (humidité, saleté, champignons, etc.) ; (b) pose des deux couches du revêtement (au rouleau ou pulvérisateur) ; (c) séchage.
Règlementation en vigueur	<p>Soumis à permis d'urbanisme pour modification de l'aspect architectural du bâtiment (modification extérieure) (article 98, §1, 2° du COBAT).</p>
Modalités d'entretien	<p>Pour maintenir les propriétés réfléchives et prévenir la salissure et le vieillissement de l'albédo du matériau, il est nécessaire de procéder à un <u>nettoyage annuel</u> de la surface, à l'eau, en basse pression ou à l'aide d'une brosse si nécessaire. Une peinture trop soumise à la pollution pourrait nécessiter une nouvelle application de peinture pour garder tous ses bénéfices.</p>
Recommandations de mise en place	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir un revêtement avec un <u>indice de réflectance solaire [IRS] important</u> (> 100) ; certains matériaux proposés par des fournisseurs professionnels peuvent être colorés pour des préférences esthétiques mais celles-ci ont généralement un IRS moins intéressant pour lutter contre l'ICU ; - Préférer la toiture blanche pour des <u>bâtiments bas et mal isolés</u>, comme des entrepôts ou des bâtiments commerciaux, lesquels bénéficieront au mieux des effets de la toiture blanche ; - Vérifier la <u>compatibilité</u> du revêtement avec le support existant pour assurer une bonne adhérence et éviter tout risque de dégradation prématurée.
Co-bénéfices	<p><u>Co-bénéfice social</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le confort des usagers est amélioré. <p><u>Co-bénéfices environnementaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'augmentation de la réflectivité d'un toit asphalté de 10-20 % à environ 60 % avec une toiture blanche peut réduire les coûts de climatisation de plus de 20 % en été ; - La combinaison d'une toiture blanche et de panneaux solaires permet d'<u>augmenter le rendement des panneaux</u> (jusqu'à plus de 7 %).

Points de vigilance et limites

- Dans les bâtiments en hauteur, seuls les derniers étages sous le toit seront vraiment impactés par un gain de confort thermique estival ;
- Une toiture blanche n'aura pas d'effet significatif sur la consommation d'énergie liée à la climatisation si le bâtiment est déjà très bien isolé ;
- Les peintures blanches peuvent vite griser notamment à cause de la pollution, ce qui réduit leur effet ;
- Les toitures blanches combinées à des panneaux solaires produisent moins de co-bénéfices que l'association entre toiture verte et panneaux solaires (gestion des eaux pluviales, préservation de la biodiversité, etc.). Si la toiture peut supporter un poids suffisant, il est toujours recommandé de privilégier la combinaison toiture verte et panneaux photovoltaïques ;
- Risque de réverbération et d'aveuglement : à éviter sur des bâtiments bas entourés de bâtiments plus hauts.

ANNEXE

Arbre décisionnel : quel type de valorisation de toiture privilégier afin de limiter l'effet d'ICU ?⁵



Agit sur l'effet d'ICU



Agit sur la surchauffe intérieure du bâtiment

Note : dans tous les cas, si la toiture est entourée par d'autres bâtiments plus élevés, éviter la toiture blanche, qui risquerait de créer un problème de réverbération et d'aveuglement

⁵ Le placement de panneaux photovoltaïques peut aider à réduire la surchauffe à l'intérieur du bâtiment car ils ombragent les toitures, mais attention, placés seuls sans combinaison avec un revêtement de toiture clair ou une toiture végétalisée, ils participent à l'effet d'ICU car leur albedo est faible.



Bibliographie

WE ARE BXL



CATALOGUE DE SOLUTIONS POUR LIMITER L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Bibliographie¹

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

Documents-ressources et guides

AdaptaVille. (2025, février). *Revêtements et changement climatique : choisir le bon matériau au bon endroit*. Agence Parisienne du Climat. https://www.apc-paris.com/app/uploads/2025/02/GUIDE-REVETEMENT-ADATAVILLE_WEB.pdf.

ADEME. (2024, mai). *Comment garder son logement frais tout l'été ?*. <https://librairie.ademe.fr/ged/8818/guide-comment-garder-logement-frais-tout-ete.pdf>.

Amos, E., Betti, Ch., Legros, R., Verhille, A., & Wälchli, G. (2017, novembre). *Guide des aménagements extérieurs*. Ville de Sion. https://www.sion.ch/docn/3736604/Acclimatation_guide_amenagements_exterieurs.pdf.

Atelier parisien d'urbanisme. (2020, mars). *Atténuer les îlots de chaleur urbains - Méthodes et outils de conception des projets*. https://www.apur.org/sites/default/files/icu_cahier5.pdf.

Dagorn, G., & Durand, A.-A. (2023, 25 août). *Ilots de chaleur urbains : à quoi ce phénomène est-il dû ? Quelles villes sont les plus touchées ?*. Le Monde. https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/08/25/ilots-de-chaleur-urbain-a-quoi-ce-phenomene-est-il-du-quelles-villes-sont-les-plus-touchees_6186542_4355770.html.

Dedieu, S., Garrigou, S., Insergueix, C., Jouvin, V., Le Fur, P., Paugam, J., Rigault, S., & Vergeylen, M. (2022, juin). *Comment s'adapter au changement climatique ?* AREC Île-de-France, ADEME Île-de-France, AMIF. <https://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/assets/articles/documents/comment-s-adapter-au-changement-climatique.pdf>.

¹ Les sources citées dans cette bibliographie ont été consultées et étaient accessibles le 20 juin 2025 (sauf pour les entrées surlignées en jaune). Des sauvegardes au format .pdf ont été réalisées.

Ecologic Institute and Sendzimir Foundation. (2019). *Addressing climate change in cities: catalogue of urban nature-based solutions*. [ENG]. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2020/02/ClimateNBS_catalogue_web.pdf.

Plus fraîche ma ville. *Aide à la décision*. <https://plusfraichemaville.fr/aide-decision>

Nantes Métropole. (2023). *Guide "Rafraichir l'espace publique"*. https://metropole.nantes.fr/files/pdf/espace-public/0_Guide_RafraichirNM_V050723.pdf.

RESIN. (2018). *Resin Adaptation Options Library*. [ENG]. <https://resin-aol.tecnalia.com/apps/adaptation/v4/#!/app/summary>.

Ville de Bruxelles. (2023, décembre). *Proposition de mesures d'atténuation et recommandations générales pour lutter contre les ICU*. <https://www.bruxelles.be/sites/default/files/bxl/Livvable%20ICU.pdf>.

Ville de Paris. (2021). *L'adaptation aux vagues de chaleur à Paris*. <https://cdn.paris.fr/paris/2021/05/12/92b8f55c368b25f126cd870d2343210b.pdf>.

urban.brussels. (2024, 31 mai). *Manuel espaces publics en Région de Bruxelles-Capitale*. https://urban.brussels/public_space_fr.pdf.

urban.brussels. (2022). *Les actes et travaux temporaires - Vade-mecum*. <https://urbanisme.irisnet.be/publications/publications-1/2022/vade-mecum-les-actes-et-travaux-temporaires-v2.pdf>.

World Bank. (2021, 8 novembre). *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*. [ENG]. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/502101636360985715/pdf/A-Catalogue-of-Nature-based-Solutions-for-Urban-Resilience.pdf>.

Ville de Bruxelles. (2025, juin). *CityGIS - Indicateurs de vulnérabilité à l'effet d'ICU*.

OMBRAGE

AdaptaVille. *Installer des solutions d'ombrage en ville*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-403.pdf>.

AdaptaVille. *Les solutions d'ombrage en ville*. <https://www.adaptaville.fr/media/article/guide-adaptaville-ombrieres-vf.pdf>.

EnvirobatBDM. *Conception des protections solaires : principes généraux et retours d'expérience*. <https://www.enviroboite.net/IMG/pdf/rexprotections-solaires-vl-web-3.pdf>.

Guide Bâtiment Durable. (2021, 20 avril). *Protections solaires extérieures*. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/protections-solaires-exterieures>.

Maanta. *Kit Fixation Murale Tendeur*. <https://www.maanta.fr/ancrages-murales/62-kit-ancrage-paroi-simple-tendeur-inox.html>.

Maanta. *Voiles d'ombrage ajourées : bouclier thermique, protection contre le vent et la grêle.* <https://www.maanta.fr/22-voiles-d-ombrage-ajourees>.

Makoto, I. (2018, 1^{er} août). *Bien choisir une voile d'ombrage.* Gerbeaud.com. <https://www.gerbeaud.com/jardin/amenagement/voile-ombrage,1395.html>.

Makoto, I. (2018, 1^{er} août). *Voile d'ombrage : où et comment l'installer ?.* Gerbeaud.com. <https://www.gerbeaud.com/jardin/amenagement/voile-ombrage-installation,1394>.

Oody. (2023, 22 novembre). *Qu'est ce que l'acrylique : Un guide complet sur cette matière synthétique.* <https://oody.fr/blogs/les-matieres/quest-ce-que-lacrylique-un-guide-complet-sur-cette-matiere-synthetique>.

Plus fraîche ma ville. *Structure d'ombrage.* <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/structure-ombrage>.

Plus fraîche ma ville. *Structure d'ombrage en façade.* <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/facade-structure-ombrage>.

Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012. (2013, 20 décembre). *Brise-soleil métalliques rapportés - Conception et mise en œuvre.* <https://www.proreno.fr/storage/media/shares/pdf/00722/guide-rage-brise-soleil-metalliques-neuf-2014-04.pdf>.

Rennes Métropole. (2024, mai). *Rues d'Estrées et le Bastard - installation du « ciel de rue ».* <https://travaux.rennesmetropole.fr/wp-content/uploads/2024/05/ciel-de-rue.pdf>.

RMG Signalétique. *Protégez votre espace avec style : notre avis sur les films solaires anti-chaueur.* <https://www.rmg-signalétique.fr/details-protégez-votre-espace-avec-style-notre-avis-sur-les-films-solaires-anti-chaueur-255.html>.

Soloven. *Matériaux technique pour équipement de voiles.* <https://soloven.fr/materiaux/>.

UPA-BUA Union Royale Professionnelle d'Architectes-Koninklijke Beroepsunie van Architecten (2024). *Bordereau des prix unitaires 2024.* <https://upa-bua-arch.be/fr/informations/actualites/bordereau-des-prix-unitaires-2024>

VEGETALISATION

Documents-ressources

Action-Climatique.com. *Les îlots de fraîcheur urbains : comment végétaliser sa ville pour lutter contre les îlots de chaleur urbains.* <https://www.action-climatique.com/urbanisme-durable/villes-vertes/les-ilots-de-fraicheur-urbains-comment-vegetaliser-sa-ville-pour-lutter-contre-les-ilots-de-chaleur-urbains/>.

AdaptaVille. *Apaiser et végétaliser les rues : l'exemple de Vincennes*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-252.pdf>.

AdaptaVille. *Végétaliser les abords des immeubles sur dalle : l'exemple de la dalle de Beaugrenelle*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-164.pdf>.

AdaptaVille. *Végétaliser une dalle à l'occasion de la réfection d'étanchéité : l'exemple du bailleur social Paris Habitat*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-254.pdf>.

ADEME. (2019, 9 décembre). *Comment faire du paillage ?*. <https://agirpoulatransition.ademe.fr/particuliers/maison/jardinage/comment-faire-paillage>.

EcoTree. *Combien de CO₂ absorbe un arbre ?*. <https://ecotree.green/combien-de-co2-absorbe-un-arbre>.

Jardin Couvert. *Quel paillage pour un massif de fleurs ?*. <https://blog.jardincouvert.com/paillage/quel-paillage-pour-un-massif-de-fleurs/>.

L'écologie des jardiniers. *Le fauchage des prairies*. <https://ecologiedesjardiniers.fr/blog/techniques/le-fauchage-des-prairies/>.

Le musée du quai Branly - Jacques Chirac. *Le mur végétal*. <https://www.quaibrantly.fr/fr/les-espaces/le-mur-vegetal/>.

Neogarden. (2022, 18 décembre). *Faire un mur végétal : tout ce qu'il faut savoir*. <https://neogarden-mursvegetaux.com/installer-un-mur-vegetal/>.

Plus fraîche ma ville. *"Verdissons nos murs", le programme de Lille pour végétaliser ses façades*. <https://plusfraichemaville.fr/projet/verdissons-nos-murs-lille>.

Plus fraîche ma ville. *Façade végétalisée*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/facade-vegetalisee>

Plus fraîche ma ville. *Jardin suspendu sur dalle*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/jardin-suspendu>.

Plus fraîche ma ville. *Planter un arbre*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/planter-un-arbre>.

Plus fraîche ma ville. *Saint-Michel-de-Lanès investit les pieds de murs pour rafraîchir ses rues*. <https://plusfraichemaville.fr/projet/st-michel-de-lanes-rue-de-l-eglise>.

Plus fraîche ma ville. *Toiture végétalisée*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/toiture-vegetalisee>

Smart-city.eco. (2024, 15 mars). *6 raisons qui rendent les arbres indispensables en ville et tous milieux urbains*. <https://smart-city.eco/bien-vivre-en-ville/pourquoi-les-arbres-sont-importants-en-ville-6-raisons/>.

Urban Canopee. *Brochure « Créateur d'îlots de fraîcheur - Corolles végétalisées »*. <https://www.urbancanopee.com/solutions/>.

Ville de Paris. (2024, 4 juillet). *Végétaliser les toits et les murs*. <https://www.paris.fr/pages/la-vegetalisation-du-bati-21439>.

Guides, outils et bases de données

Bruxelles Environnement. (2017) *Espèces végétales indigènes et conseillées*. https://document.environnement.brussels/opac_css/elec-file/IF_2017_LIST_EspecesVegetales_indigenes_conseillees_fr

Deshaies, Ph.-D., Rouyère, N., & Larochelle, A. (2021). *Guide de plantation d'arbres en milieu urbain*. Nature Québec. <https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2024/08/GU-ENVUR-plantation-arbre-202105-lo.pdf>.

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. *Sésame, outil pour intégrer l'arbre dans vos projets de renaturation urbaine*. <https://sesame.cerema.fr/>.

Guide Bâtiment Durable. *Réaliser des toitures vertes*. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/realiser-toitures-vertes>.

Guide Bâtiment Durable. *Principes de choix des végétaux*. Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/favoriser-biodiversite/principes-choix-vegetaux>.

Homegrade. (2019). *Toiture végétalisée - Impact et installation*. Bruxelles Environnement. https://homegrade.brussels/wp-content/uploads/2023/10/Homegrade_brochure_durabilite_toiture-vegetalisee_FR.pdf.

renature.brussels. *Plantez des arbres d'avenir*. <https://renature.brussels/fr/actions/ville-foret/plantez-des-arbres-d-avenir>.

Saint-Gilles. (2020). *Les plantes grimpanes - Guides des bonnes pratiques*. <https://quartiers1060.brussels/wp-content/uploads/2021/05/PLANTES-GRIMPANTES.pdf>.

Ville de Bruxelles. *Adoptez une plante grimpante*. <https://vegetalisons.bruxelles.be/construire-mon-projet/adoptez-une-plante-grimpante>.

Ville de Bruxelles. *Guide pratique des plantes grimpanes*. <https://www.bruxelles.be/sites/default/files/bxl/Maillage%20Vert%20-%20Guide%20pratique%20des%20plantes%20grimpanes.pdf>.

Ville de Paris. (2012, septembre). *Toitures végétalisées - Cahier technique*. <https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2022-01/cahier-technique-des-toitures-vegetalisees-15-fiches-pratiques-ville-de-paris1.pdf>.

Union Nationale des Entreprises du Paysage. (2016, septembre). *Conception, réalisation et entretien de solutions de végétalisation de façades par bardage rapporté*. <https://documents.lesentreprisesdupaysage.fr/pub/documents/unep-bc3-r0-bd.pdf>.

Union Nationale des Entreprises du Paysage. (2016, novembre). *Liste de plantes pour façades végétalisées*. <https://documents.lesentreprises-dupaysage.fr/pub/documents/unep-bc3-021216-annexe.pdf>.

De la Renaudie, V. (2020, mars). *Jardinons nos rues ! - Pour une ville nature admise*. Bruxelles Environnement. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/BRO_Jardinons_straattuin_FR.

Végétage. (2020, juillet). *Habiller sa façade de plantes grimpantes*. <https://vegetage.brussels/wp-content/uploads/2020/07/Vegetage-Habiller-sa-fa%C3%A7ade-de-plantes-grimpantes.pdf>.

Département de la Seine-Saint-Denis. (2020, décembre). *Guide technique - Fiche technique n°1 : protéger les arbres lors des chantiers*. https://cdn.s-pass.org/SPASSDATA/attachments/2023_07/25/154709-plan-canopee-guide-technique-fiche1-def.pdf.

Ville de Paris. (2021, février). *Créer un mur végétalisé de plantes grimpantes*. <https://cdn.paris.fr/pa-ri-s/2021/02/01/590db2b821326d13a6b47ddd316e09fa.pdf>.

ADEME. (2021, mai). *Rafraîchir les villes : des solutions variées*. <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafraichir-les-villes.html>.

Ville de Strasbourg. (2022, janvier). *Guide de végétalisation - Façades*. https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2022-01/guides_vegetalisation_strasbourg.pdf.

Champagne-Caron, J., Hénault-Éthier, L., & Grégoir, G. (2022, 4 mai). *Les murs végétalisés*. Société québécoise de phytotechnologie. https://www.phytotechno.com/wp-content/uploads/2022/05/SQP_MursVegetalise%CC%81s_Web.pdf.

CAUE de Paris. (2022, août). *Catalogue des végétaux des cours OASIS*. https://cdn.s-pass.org/SPASSDATA/attachments/2022_08/23/129550-re-commandations-vegetauxoasis.pdf.

Guellier, N. (2023, 1^{er} décembre). *Top 10 des arbres à cultiver en pot*. Le Monde. <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-5291-top-10-arbres-cultiver-pot.html>.

toit-vegetalise.fr. (2024, novembre). *Fiche de préconisations d'entretien de votre toiture végétalisée*. <https://www.toit-vegetalise.fr/wp-content/uploads/2024/11/FICHE-DE-PRECONISATIONS-D-ENTRETIEN-DES-TOITURES-VEGETALISEES-.pdf>.

Ville de Paris. (2022, 7 septembre). *Guide des toitures végétalisées et cultivées*. <https://cdn.paris.fr/pa-ri-s/2022/09/07/8bdb613b3fc1e082b409a7a6fa0d28fb.pdf>.

PERMEABILISATION

AdaptaVille. *Aménager ou créer un jardin de pluie alimenté par les eaux pluviales.* <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-219.pdf>.

AdaptaVille. *Créer des bandes végétalisées ou des noues urbaines.* <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-140.pdf>.

AdaptaVille. *Désimperméabiliser la voirie : les pavés perméables (enherbés, à larges joints, en béton perméable, ...).* <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-372.pdf>.

AdaptaVille. *Installer des revêtements alvéolaires pour infiltrer les eaux pluviales dans les parkings.* <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-142.pdf>.

Beeldens, A., De Myttenaere, O., & Perez, S. Centre de recherches routières. (2008). *Revêtement drainants en pavés de béton.* Centre de recherches routières. <https://brrc.be/sites/default/files/2019-10/dossier05Fr.pdf>.

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. (2022, novembre). *La désimperméabilisation des sols : du principe à la mise en œuvre.* https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/11/2022_plaquette_desimpermeabilisation.pdf.

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. (2020, mars). *Sol et végétal : au cœur des aménagements urbains - Le renouvellement du quartier Victor Hugo à Bagneux.* <https://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/assets/articles/documents/sol-et-vegetal-au-coeur-des-amenagements-urbains.pdf>.

Cheval, H, & Dagois, R. (2021, avril). *Guide. Revêtements perméables des aménagements urbains : Typologie et Caractéristiques techniques.* Plante & Cité. https://www.ressources.plante-et-cite.fr/GEIDFile/Revetements_web2.pdf?Archive=192616891089&File=Guide_Revetements_perméables_des_amenagements_urbains.

Guide Bâtiment Durable. (2019, 16 octobre). *Jardins de pluie.* Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/jardins-pluie>.

Guide Bâtiment Durable. (2019, 17 octobre). *Revêtements perméables.* Bruxelles Environnement. <https://guidebatimentdurable.brussels/revetements-permeables>.

Nature en ville. (2004). *Les revêtements perméables : conseils pour la réalisation et l'entretien.* https://www.nature-en-ville.com/sites/nature-en-ville/files/document/2020-02/Guide_Rev%25C3%25AAtements-2004Neufchatel.pdf.

Plus fraîche ma ville. *Revêtement drainant / perméable.* <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/revetement-drainant>.

Smets, S. (2019). *Revêtements drainants en pavés de béton*. Bruxelles Environnement. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres-190328-gepp-2-2-pava-fr.pdf.

Truong S. (2021). *Revêtements perméables*. Bruxelles Environnement. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/r1174-w048-midi_revetements-fr.pdf

EAU

AdaptaVille. *Installer des brumisateurs sur les candélabres d'un jardin : retour d'expérience dans le 10^e arrondissement de Paris*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-78.pdf>.

AdaptaVille. *Rafraîchir l'espace urbain avec des miroirs d'eau brumisants*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-165.pdf>.

alfe-eau. *FOIRE AUX QUESTIONS : Questions les plus fréquentes au sujet de la brumisation*. <https://alfe-eau.com/faq-questions-les-plus-frequentes-au-sujet-de-la-brumisation/>.

Ardaillon, C. (2024, décembre). *Avis sur l'usage rafraichissant de l'eau lors des pics de chaleur*. Bruxelles Environnement.

Atelier parisien d'urbanisme. (2019, mars). *Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole – Acteurs et retours d'expériences*. https://www.apur.org/sites/default/files/documents/publication/etudes/referentiel_gestion_eaux_pluviales_metropole_cahier3.pdf.

Baron, Ch. (2018, août). *Guide pour l'implantation d'aires de jeux d'eau*. Conseil Sport Loisir de l'Estrie. <https://loisirslarentides.com/wp-content/uploads/2020/11/guide-dimplantation-daires-de-jeux-deau-1.pdf>.

BRUMEXPERT. (2019, 14 août). *5 idées reçues complètement fausses sur la brumisation*. <https://www.brumexpert.com/5-idees-recues-sur-la-brumisation/>.

Bruxelles Environnement. (2023, 4 juillet). *Plan de gestion de l'eau*. <https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/plans-et-politiques-regionales/plan-de-gestion-de-leau>.

Climate-ADAPT. (2024). *Utilisation de l'eau pour faire face aux vagues de chaleur dans les villes*. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/fr/meta-data/adaptation-options/water-uses-to-cope-with-heat-waves-in-cities>.

E6-consulting. (2021, avril). *Quelles solution de rafraichissement basées sur l'eau en ville ?* https://www.e6-consulting.fr/wp-content/uploads/2021/02/VISION_RAPPORT_WEB.pdf.

Placedupro.com. (2019, 15 octobre). *Choisir et entretien des jeux d'eau*. <https://www.placedupro.com/articles/267/choisir-et-entretenir-des-jeux-deau->.

Placedupro.com. (2021, 5 février). *Implantation des jeux d'eau pour un maximum de fraîcheur*. <https://www.placedupro.com/articles/899/implantation-des-jeux-deau-pour-un-maximum-de-fraicheur->.

Placedupro.com. (2021, 8 juillet). *Le principe de la brumisation*. <https://www.placedupro.com/articles/1146/le-principe-de-la-brumisation->.

Plus fraîche ma ville. *Fontaines et réseaux de fontainerie*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/fontaines-reseau-fontainerie?etapeAideDecision=rafraichir-rue-eau->.

Plus fraîche ma ville. *Jeux d'eau*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/jeux-eau->.

MATERIAUX

AdaptaVille. *Les peintures anti-chaueur pour améliorer le confort thermique*. <https://www.adaptaville.fr/pdf/adaptaville-34.pdf>.

Architectura. (2019, 4 juillet). *Le Centre de soins Ravelijn, un exceptionnel havre de paix et d'harmonie*. <https://www.architectura.be/fr/actualite/le-centre-de-soins-ravelijn-un-exceptionnel-havre-de-paix-et-d-harmonie/>.

Bobex.be. *Quel est le meilleur isolant thermique pour votre habitation ?*. <https://www.bobex.be/fr-be/isolation/types-d-isolants/meilleur-isolant-thermique/>.

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement. (2023). *Bâtiments publics, prévenir les coups de chaleur*. <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/595611/batiments-publics-prevenir-les-coups-de-chaleur->.

Conseils Thermiques. *L'isolation par l'extérieur des murs de votre maison*. <https://conseils-thermiques.org/contenu/isolation-exterieure.php>.

Graziani, Sc. (2023, 24 août). *Des toits blancs contre la chaleur, une stratégie efficace ?*. Reporterre. <https://reporterre.net/Des-toits-blancs-contre-la-chaleur-une-strategie-efficace->.

Lewis, D. (2017, 13 avril). *Cool roofs: beating the midday sun with a slap of white paint*. [ENG]. The Guardian. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/apr/13/cool-roofs-beating-the-midday-sun-with-a-slap-of-white-paint->.

Meier, H. *Comment Mesure-t-on l'Efficacité Énergétique des Toitures Froides ?*. Sika. <https://bel.sika.com/fr/knowledge-center/cool-roofs-and-energy-efficiency.html>.

Pearce, Fr. (2018, 7 mars). *Urban Heat: Can White Roofs Help Cool World's Warming Cities?*. [ENG]. Yale Environment 360. <https://e360.yale.edu/features/urban-heat-can-white-roofs-help-cool-the-worlds-warming-cities>.

Plus fraîche ma ville. *Isolation thermique*. <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/isolation-thermique>.

POINT.P. *L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE)*. <https://www.pointp.fr/conseils-experts/tout-sur-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite>.

Préservation du Patrimoine Français. (2019, 3 décembre). *L'isolation thermique par l'extérieur, tout ce qu'il faut savoir*. <https://ppf.fr/renovation-energetique/isolation-thermique-par-l-exterieur/>.

UPA-BUA Union Royale Professionnelle d'Architectes-Koninklijke Beroepsunie van Architecten (2024). *Bordereau des prix unitaires 2024*. <https://upa-bua-arch.be/fr/informations/actualites/bordereau-des-prix-unitaires-2024>

Uniso. (2024, 30 juillet). *Quelle est la durée de vie d'une isolation thermique par l'extérieur ?*. <https://uniso-isolation.fr/fr/blog/quelle-est-la-duree-de-vie-d-une-isolation-thermique-par-l-exterieur-255.html>.

WeCover. (2023). *Foire aux questions*. <https://www.wecover-belgium.be/faq>.

Wallonie. (2019, mars). *Guide pratique - Isoler les murs par l'extérieur*. <https://www.wallonie.be/sites/default/files/2019-03/fiche7.pdf>.

Xthermo.be. (2020, mai). *Manuel ETICS - Système d'isolation thermique extérieure*. https://www.xthermo.be/media/yaf132qy/handboe-ketics_a4_fr_web_v4.pdf.

Zaffini, S. (2025, 15 janvier). *Prix Isolation Extérieur : Le Guide Complet 2024*. Prix Pose. <https://www.prix-pose.com/isolation-exterieur>.