

---

# Des matériaux de construction pour les villes faisant face au changement climatique

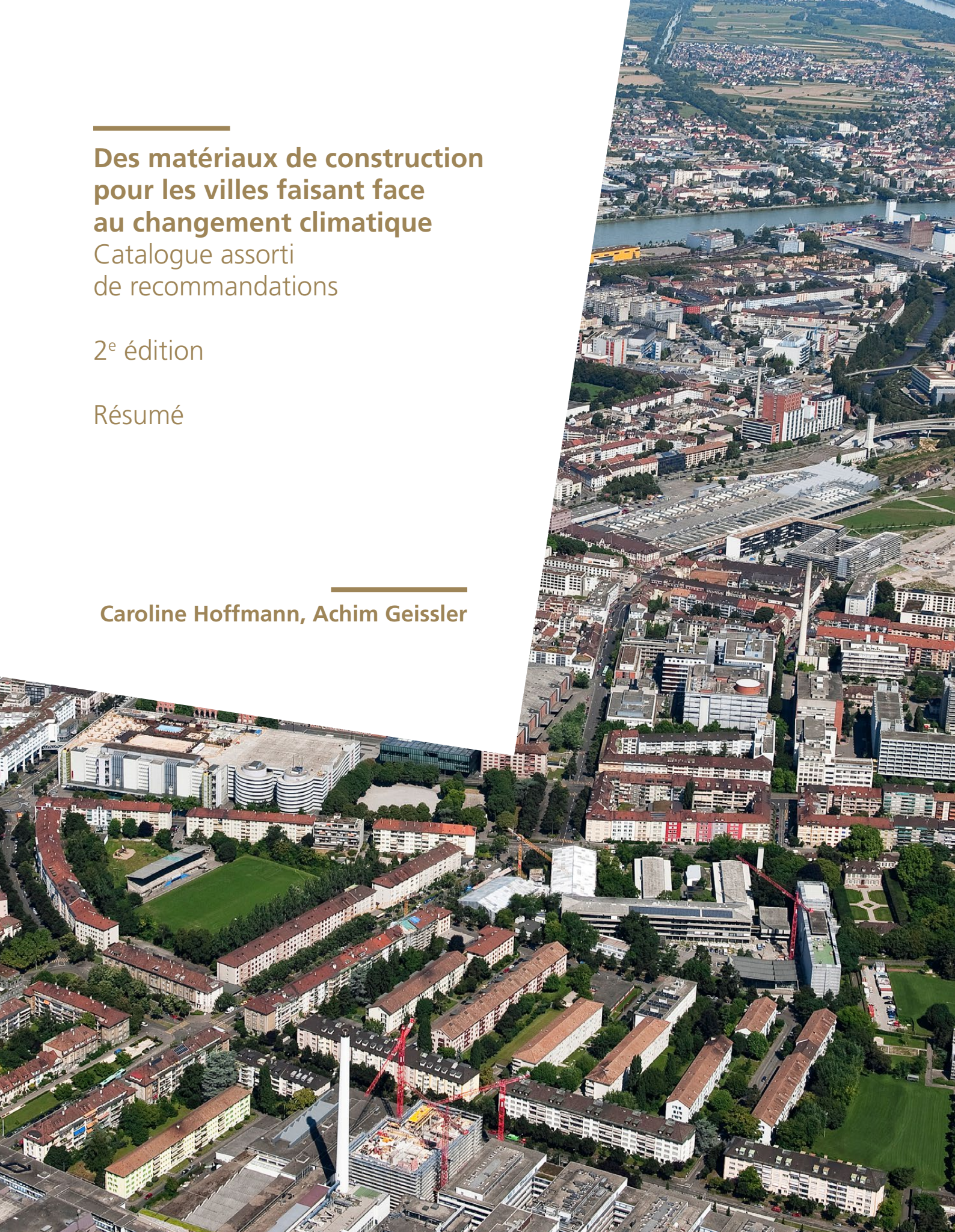
Catalogue assorti  
de recommandations

2<sup>e</sup> édition

Résumé

---

Caroline Hoffmann, Achim Geissler



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR  
**Office fédéral du logement OFL**

En milieu urbain, la densité du bâti, composé de matériaux qui emmagasinent la chaleur, et l'imperméabilisation des surfaces conduisent à un stress thermique en été et réduisent le refroidissement nocturne. Choisir des matériaux de construction adéquats peut contribuer à atténuer ces effets. Le présent catalogue de matériaux propose une évaluation des matériaux et végétalisations utilisés pour les façades, les sols proches des bâtiments et les toits, en fonction de leurs effets sur le microclimat urbain. Pour simplifier, on désigne par «matériau» une combinaison de revêtement ou de végétalisation, de construction et de couleur de surface. Afin d'évaluer le matériau dans sa globalité, on évalue également des aspects comme l'éblouissement, l'acoustique, les émissions de gaz à effet de serre et la durée de vie. Le catalogue comprend 66 matériaux et 17 options de végétalisation pour les façades, les sols et les toits. Les matériaux sont examinés sous différentes perspectives: d'abord par le biais d'une collecte de données portant sur 35 caractéristiques du matériau lui-même, puis par une analyse comparative de certains paramètres. Ces paramètres relèvent de cinq domaines:

- conséquences sur le microclimat urbain: température physiologique équivalente (PET) au niveau des piétons et température de l'air au niveau des toits, le jour; température de l'air, la nuit;
- rayonnement: albédo, indice de réflectance solaire (IRS), réflexion visuelle (éblouissement);
- durabilité: durée de vie, émissions de gaz à effet de serre;
- propriétés acoustiques: coefficient d'absorption acoustique pondéré;
- capacité d'infiltration (sols et toits): indice de ruissellement.

Les effets des matériaux sur le microclimat urbain sont marqués par deux paramètres: la PET et la température de l'air. Pendant la journée, ces effets sont mesurés par la PET pour les sols et les façades, et par la température de l'air pour les toits. Pendant la nuit, c'est la température de l'air qui est déterminante pour toutes les surfaces. Les résultats ont été obtenus au moyen de simulations d'un modèle de microclimat en trois dimensions appliqué à un site de la ville de Bâle. Les données météorologiques de la vague de chaleur de quatre jours enregistrée à Bâle la première semaine d'août 2018 ont servi de base à la simulation. La température de l'air a été évaluée le quatrième jour à 4 h, pour tous les matériaux, et la PET, le même jour à 14 h, pour les sols et les façades, pour lesquels le confort thermique à l'extérieur joue un rôle. En ce qui concerne les toits, pour lesquels le confort thermique n'est en règle générale pas pertinent, c'est la température de l'air extérieur qui est déterminante. D'après les données météorologiques, la température de l'air était de 21.2 °C à 4 h et de 34.8 °C à 14 h. Des capteurs ont été placés en 10 endroits du site, pour calculer des valeurs moyennes. Pour les sols et les façades, des capteurs ont été placés en dix endroits différents, à une hauteur de 1.7 m, également afin d'obtenir une moyenne. Le procédé est similaire en ce qui concerne les toits, avec des capteurs placés à cinq endroits, à une hauteur de 1.6 m au-dessus du toit. Les deux premiers tableaux ci-dessous portent sur les murs et les sols. Ils présentent les matériaux examinés, classés par PET croissante. Dans le troisième tableau, qui concerne les toits, les résultats indiquent la température de l'air extérieur au-dessus des toits pendant la journée et sont également classés par ordre croissant.

Tous types de murs confondus, la PET la plus basse se situe à 32.3 °C et la plus élevée, à 40.6 °C; l'amplitude est donc de 8.3 K. Le choix d'une couleur claire ou foncée a un effet de 2 à 4.1 K selon le matériau. La PET est systématiquement plus élevée pour les matériaux de couleur claire que pour les matériaux foncés. En effet, les premiers reflètent davantage le rayonnement que les deuxièmes, ce qui impacte le confort thermique des personnes se trouvant à proximité. La température de l'air extérieur est par contre en général plus élevée pour les matériaux de couleur foncée.

Les trois murs induisant la PET la plus basse sont des constructions métalliques foncées. Ce résultat s'explique par le fait que la réflexion des rayonnements est plus faible.

Les autres murs présentant une PET basse ont des éléments de végétalisation humide et des façades ventilées avec un bardage en tôle ou en fibrociment, ou des panneaux photovoltaïques. Dans l'ensemble, sur les 16 matériaux conduisant à une PET inférieure à 38 °C, 9 sont des constructions ventilées. Ce résultat est fiable, étant donné que le modèle simplifié disponible pour la ventilation arrière dans l'environnement de simulation sous-estime l'efficacité de la circulation de l'air.

Pour les sols, les résultats de la simulation montrent que la variation de la PET entre les matériaux étudiés est de 1 K. Les valeurs moyennes de la PET se situent entre 37.6 °C et 38.5 °C pour tous les capteurs. La PET étant également influencée par le rayonnement solaire direct et le vent, ces résultats montrent qu'il n'est pas possible d'obtenir une amélioration nette du microclimat uniquement par le choix d'un revêtement de sol. Il s'agit donc de veiller également à ombrager les lieux. En ce qui concerne les associations végétales, l'écart est de 4.7 K, les valeurs moyennes se situant entre 33.3 et 38 °C pour tous les capteurs. L'association d'une végétalisation humide et d'arbres est la plus avantageuse.

En ce qui concerne les matériaux utilisés pour les toits, l'écart de la température de l'air à 1.6 m au-dessus du toit est de 0.3 K à l'exception des toits végétalisés. La température de l'air est plus faible au-dessus des toits clairs que des toits foncés, avec une valeur minimale de 37.6 °C. Cette dernière est légèrement plus basse, à 37.3 °C, pour les toits végétalisés humides.

Les mauvais résultats obtenus par les façades végétalisées sèches, les associations végétales sèches et les toits végétalisés secs s'expliquent par le fait que la période évaluée dans les simulations se situe à la fin d'une vague de chaleur et que les couches supérieures du sol et du mur sont considérées comme asséchées. Dans les paramètres sélectionnés dans le programme de simulation (et également dans la réalité), l'effet d'évaporation n'est donc plus présent.

Dans le contexte du changement climatique et de l'allongement des périodes de sécheresse (avec de possibles interdictions d'arroser), les résultats doivent inciter à intégrer l'ombrage et l'irrigation (au moyen d'eau de pluie) à la planification des surfaces végétales. L'efficacité de ces deux éléments pour réduire la PET est démontrée par les résultats de la simulation, avec une réduction pouvant aller jusqu'à 2.6 K. Les espaces verts provoquent donc une nette diminution du stress thermique pendant la journée. L'ombrage renforce encore cet effet. La nuit, toutefois, la réduction de la température de l'air extérieur est plus faible.

Les résultats de la simulation permettent d'émettre des recommandations en fonction des objectifs visés. Pour réduire l'effet d'îlot de chaleur et améliorer le confort thermique dans les espaces de vie, la végétalisation (irriguée) est la meilleure des options. Pour les sols, l'idéal est de combiner un sol végétalisé humide et des arbres. S'il n'est pas possible de végétaliser le sol, les revêtements moyennement foncés et perméables sont à favoriser (associés à un dispositif d'ombrage efficace). Pour les murs, les façades végétalisées tiennent la première place, suivies des façades ventilées, puis des constructions légères de couleur moyennement foncée. Le choix de surfaces aussi claires que possible permet en règle générale de réduire l'effet d'îlot de chaleur, lié à la fois à la température des surfaces et à celle de l'air extérieur le jour et la nuit.

Le présent catalogue de matériaux s'adresse aux planificateurs et décideurs impliqués dans des projets de construction qui se trouvent au stade de la conception. Il les aide à évaluer les matériaux, en tenant compte, d'une part, des propriétés permettant de réduire au mieux le stress thermique, d'autre part des exigences en termes de physique du bâtiment et d'énergie, et finalement, de la durabilité.

## Liste des matériaux par PET croissante (jour)

	PET le jour	Température de l'air extérieur la nuit	Albédo	Indice de réflectance solaire (IRS)
Murs	°C	°C	–	–
CL_façade_vitrée_protection_solaire_f	32.3	22.0	0.08	0
FV_bardage_en_tôle_f	33.5	22.8	0.08	0
CL_panneau_sandwich_f	33.5	22.8	0.08	0
FV_élément_de_végétalisation_humide	34.6	21.4	0.25	27
FV_bardage_en_tôle_mi	35.0	22.6	0.36	25
FV_bardage_en_fibres-ciment_f	35.3	22.9	0.26	35
FV_photovoltaique	35.8	22.7	0.16	1
CL_façade_vitrée_protection_solaire_c	36.0	22.0	0.68	81
FV_bardage_en_fibres-ciment_m	36.4	22.9	0.45	53
FV_bardage_en_tôle_c	36.9	22.5	0.68	81
ITEC_façade_compacte_PSE_f	36.9	23.1	0.26	35
CL_panneau_sandwich_f	37.0	22.6	0.68	81
FV_bardage_en_pierre	37.0	22.9	0.28	23
MD_mur_en_béton_apparent_isolation_intermédiaire	37.3	22.9	0.38	44
FV_bardage_en_bois	37.4	22.6	0.35	38
CL_panneau_sandwich_mi	37.6	22.7	0.40	3
FV_bardage_en_fibres-ciment	37.7	22.9	0.63	63
ITEC_façade_compacte_PSE_m	37.7	23.1	0.45	53
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_f	37.9	22.7	0.26	35
MD_mur_double_lame_d'air_f	38.0	22.9	0.26	35
peinture_réfléchissante_f	38.1	22.7	0.42	50
FV_élément_de_végétalisation_sec	38.2	22.4	0.25	27
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_f	38.3	22.4	0.26	35
CL_façade_vitrée	38.3	22.1	0.31	n. disponible
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_m	38.6	22.7	0.45	53
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_f	38.6	22.3	0.26	35
MD_mur_double_lame_d'air_m	38.6	22.9	0.45	53
MD_mur_double_isolation_intermédiaire	38.6	22.8	0.55	64
FV_bardage_en_fibres-ciment_c	38.7	22.9	0.75	86
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_m	38.9	22.4	0.45	53
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_m	39.2	22.3	0.45	53
ITEC_façade_compacte_PSE_c	39.5	22.9	0.75	86
peinture_réfléchissante_m	39.5	22.6	0.69	83
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_c	40.1	22.6	0.75	86
MD_mur_double_lame_d'air_c	40.2	22.7	0.75	86
peinture_réfléchissante_c	40.3	22.3	0.81	100
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_c	40.4	22.3	0.75	86
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_c	40.6	22.2	0.75	86

### Informations concernant le tableau

Abréviations:

c clair  
 CL façade vitrée ou construction légère  
 f foncé  
 FV façade ventilée  
 ITEC isolation extérieure crépie  
 m moyen  
 MD mur double  
 mi miroitant

n. non  
 PET température physiologique équivalente,  
 PSE polystyrène expansé  
 S sol  
 min sol comprenant une part minérale importante  
 org sol comprenant une part organique importante  
 T toit

Réflexion (propriétés visuelles)	Durée de vie	Évaluation du coefficient d'absorption acoustique	Total des émissions de gaz à effets de serre	Indice de ruissellement
–	années	–	Équivalent CO <sub>2</sub> produit par m <sup>2</sup> (en kg)	–
0.10	25	n. disponible	60	n. pertinent
0.10	50	n. disponible	18	n. pertinent
0.10	n. disponible	2.4	57	n. pertinent
0.25	n. disponible	6.0	n. disponible	n. pertinent
0.60	50	n. disponible	14	n. pertinent
0.25	50	3.2	16	n. pertinent
0.09	35	1.9	203	n. pertinent
0.80	25	n. disponible	60	n. pertinent
0.50	50	3.2	16	n. pertinent
0.80	50	n. disponible	18	n. pertinent
0.25	30	1.0	29	n. pertinent
0.80	n. disponible	2.4	57	n. pertinent
0.23	50	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.50	50	1.2	57	n. pertinent
0.30	30	5.1	2	n. pertinent
0.66	n. disponible	2.4	52	n. pertinent
0.30	50	3.2	16	n. pertinent
0.50	30	1.0	29	n. pertinent
0.25	30	1.3	21	n. pertinent
0.25	45	1.7	36	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.25	n. disponible	6.0	n. disponible	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.15	30	1.9	111	n. pertinent
0.50	30	1.3	21	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.50	45	1.7	36	n. pertinent
0.13	50	1.9	61	n. pertinent
0.70	50	3.2	16	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.70	30	1.0	29	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.70	30	1.3	21	n. pertinent
0.70	45	1.7	36	n. pertinent
0.70	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.70	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.70	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent

#### Interprétation des valeurs:

- PET la journée: une PET entre 35 et 41 °C indique une forte charge thermique ; entre 29 et 35 °C, une charge thermique modérée.
- Température de l'air extérieur la nuit: une température de l'air élevée fait obstacle au refroidissement nocturne des bâtiments.
- Albédo: un albédo élevé indique qu'une grande partie du rayonnement est réfléchi.
- Indice de réflectance solaire (IRS): plus cette valeur est élevée, plus l'effet de chauffe dû au rayonnement solaire de la surface est bas.
- Réflexion (propriétés visuelles): un taux de réflexion élevé peut provoquer des éblouissements.
- Durée de vie: une longue durée de vie permet d'économiser des ressources, puisqu'elle retarde le moment où un remplacement est nécessaire.
- Évaluation du coefficient d'absorption acoustique: évaluation sur une échelle de 1 à 6. Une valeur élevée indique un effet d'isolation acoustique dans la rue.
- Total des émissions de gaz à effet de serre (production et élimination): une valeur élevée indique des émissions importantes lors de la production et de l'élimination.
- Indice de ruissellement: un faible indice de ruissellement indique une bonne infiltration.

## Liste des matériaux par PET croissante (jour)

	PET le jour	Température de l'air extérieur la nuit	Albédo	Indice de réflectance solaire (IRS)
<b>Sol à proximité des bâtiments</b>	°C	°C	–	–
S_prairie_humide_arbres_sol_part_org	33.3	22.3	0.16	18
S_prairie_humide_arbres_sol_part_min	33.3	22.3	0.16	18
S_gazon_humide_arbres_sol_part_org	33.4	22.3	0.25	25
S_gazon_humide_arbres_sol_part_min	33.4	22.3	0.25	25
S_prairie_sèche_arbres_sol_part_org	34.4	22.3	0.16	18
S_gazon_sec_arbres_sol_part_org	34.5	22.4	0.25	25
S_prairie_sèche_arbres_sol_part_min	35.3	22.5	0.16	18
S_prairie_humide_sol_part_min	35.4	22.4	0.16	18
S_prairie_humide_sol_part_org	35.4	22.4	0.16	18
S_gazon_sec_arbres_sol_part_min	35.4	22.5	0.25	25
S_gazon_humide	35.4	22.4	0.25	25
S_gazon_humide_sol_part_min	35.4	22.4	0.25	25
S_gazon_humide_sol_part_org	35.5	22.4	0.25	25
S_prairie_sèche_sol_part_org	36.8	22.5	0.16	18
S_gazon_sec_sol_part_org	36.9	22.5	0.25	25
S_asphalte_f	37.6	22.9	0.18	12
S_pavés_de_béton	37.7	22.9	0.25	28
S_prairie_sèche_sol_part_min	37.9	22.6	0.16	18
S_revêtement_en_béton	37.9	22.9	0.38	44
S_asphalte_c	37.9	22.9	0.33	37
S_gazon_sec	37.9	22.6	0.25	25
S_gazon_sec_sol_part_min	38.0	22.6	0.25	25
S_dalles_en_pierre	38.2	22.9	0.45	52
S_dalles_gazon_en_béton	38.2	22.7	0.25	27
S_revêtement_gravillonné	38.2	22.7	0.29	28
S_béton_sur_asphalte_(whitetopping)	38.5	22.8	0.62	75
<b>Toits</b>				
T_végétalisation_intensive_humide	33.5	21.7	0.16	18
T_végétalisation_extensive_humide	33.5	21.8	0.20	19
T_végétalisation_intensive_sèche	33.6	21.7	0.16	18
T_métal_c	33.6	22.3	0.68	81
T_métal_mi	33.7	22.3	0.36	25
T_métal_f	33.7	22.4	0.08	0
T_fibre-ciment_c	33.7	22.4	0.75	86
T_végétalisation_extensive_sèche	33.7	21.8	0.20	19
T_fibre-ciment	33.8	22.4	0.63	63
T_panneaux-photovoltaïques_végétalisation_extensive_humide	33.8	22.1	0.18	10
T_tuiles_rouges	33.8	22.4	0.60	59
T_panneaux-photovoltaïques	33.8	22.4	0.16	1
T_fibres-ciment_m	33.8	22.4	0.45	53
T_tuiles_f	33.8	22.4	0.40	37
T_fibres-ciment_f	33.8	22.4	0.26	35
T_panneaux-photovoltaïques_végétalisation_extensive_sèche	33.9	22.1	0.18	10
T_gravier	34.2	22.2	0.29	28
T_bitume	34.2	22.2	0.26	24

Réflexion (propriétés visuelles)	Durée de vie	Évaluation du coefficient d'absorption acoustique	Total des émissions de gaz à effets de serre	Indice de ruissellement
–	années	–	Équivalent CO <sub>2</sub> produit par m <sup>2</sup> (en kg)	–
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	n. disponible	0.1
0.13	30	1.3	n. disponible	1.0
0.25	25	4.5	n. disponible	1.0
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	35	1.0	44	1.0
0.24	30	1.3	n. disponible	1.0
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1
0.30	25	1.5	n. disponible	1.0
0.25	30	n. disponible	20	0.2
0.13	15	6.0	6	0.6
0.25	30	1.0	n. disponible	1.0
0.25	30	n. disponible	n. disponible	0.2
0.19	40	n. disponible	n. disponible	0.4
0.25	30	n. disponible	n. disponible	0.2
0.80	50	n. disponible	11	1.0
0.60	50	n. disponible	7	1.0
0.10	50	n. disponible	11	1.0
0.70	50	n. disponible	7	1.0
0.19	40	n. disponible	n. disponible	0.4
0.30	50	n. disponible	7	1.0
0.14	40	n. disponible	n. disponible	0.4
0.13	50	n. disponible	9	1.0
0.09	35	n. disponible	190	1.0
0.50	50	n. disponible	7	1.0
0.10	50	n. disponible	9	1.0
0.25	50	n. disponible	7	1.0
0.14	40	n. disponible	n. disponible	0.4
0.13	20	n. disponible	50	1.0
0.13	20	n. disponible	49	1.0

## **Impressum**

### **Editeur**

Office fédéral du logement OFL  
Hallwylstrasse 4, 3003 Berne  
Tél. +41 58 480 91 11  
info@bwo.admin.ch, www.bwo.admin.ch

### **Téléchargement**

www.ofl.admin.ch

### **Partenaire du projet**

Coopérative de construction wohnen&mehr, Bâle

### **Auteurs**

Caroline Hoffmann, INEB, FHNW, Caroline.Hoffmann@fhnw.ch  
Achim Geissler, INEB, FHNW, Achim.Geissler@fhnw.ch

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau  
Hofackerstrasse 30  
CH-4132 Muttenz  
www.fhnw.ch

### **Conseil technique**

Andreas Wicki, GEO Partner AG, Bâle

### **Financement**

Office fédéral du logement OFL  
Office fédéral de l'énergie OFEN

### **Graphisme**

Hahn+Zimmermann, Bern

### **Mode de citation**

Caroline Hoffmann, Achim Geissler (2026). *Des matériaux de construction pour les villes faisant face au changement climatique. Catalogue assorti de recommandations. 2<sup>e</sup> édition. Résumé.* Office fédéral du logement, Berne.

### **Notes**

Ce résumé est également disponible en allemand et en italien. Le rapport complet est disponible en allemand.

Le rapport expose la vision des auteurs, qui ne correspond pas nécessairement à celle du mandant.

### **Image de couverture**

© DDPS