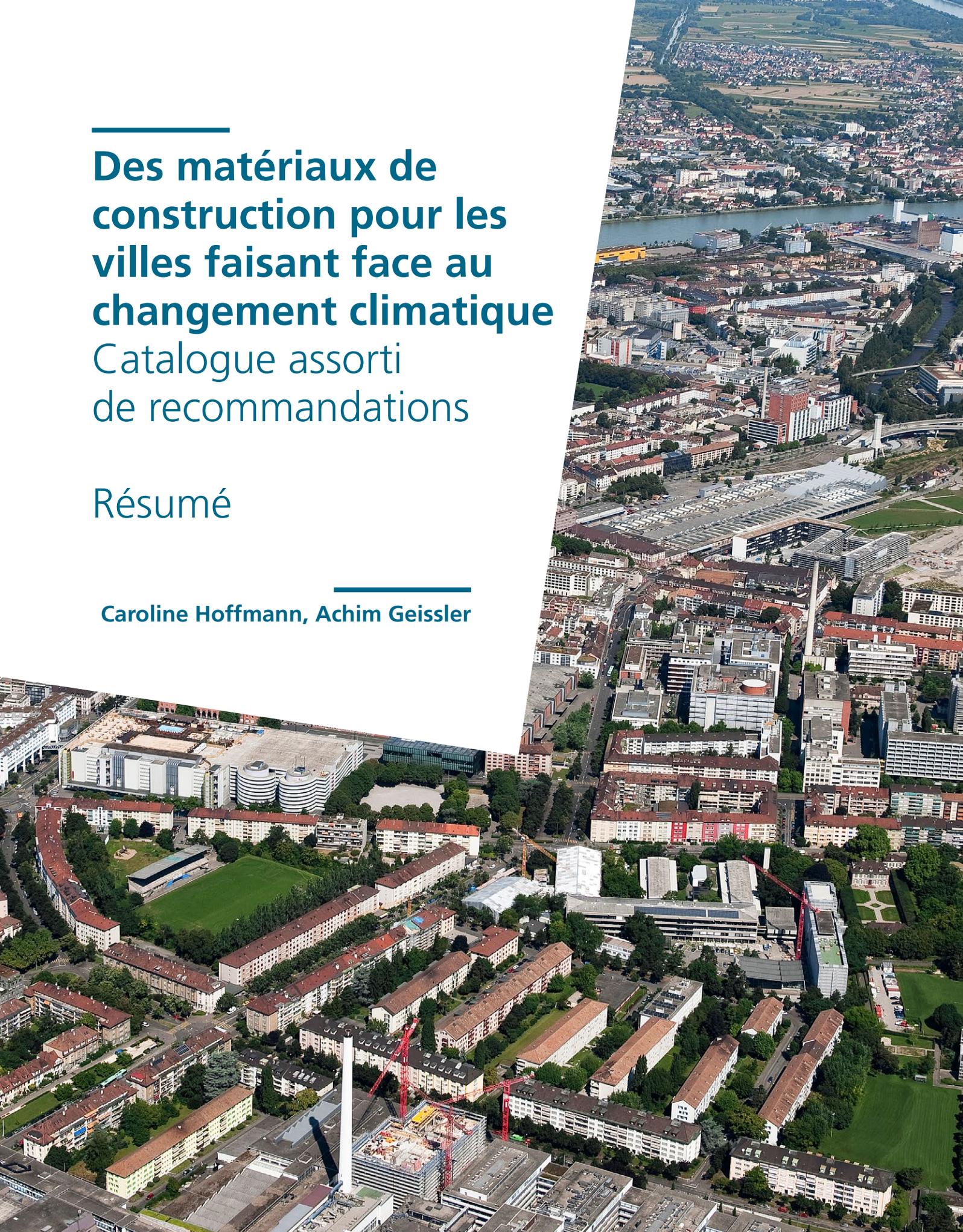

Des matériaux de construction pour les villes faisant face au changement climatique

Catalogue assorti de recommandations

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



Kanton Basel-Stadt

En milieu urbain, la densité du bâti, avec des 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 utilisés pour les façades et les sols proches des bâtiments, du point de vue de leurs effets sur le microclimat urbain. Pour simplifier, on désigne par «matériau» une combinaison entre revêtement, construction et couleur de la surface. Afin de considérer 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 26 matériaux et 19 variantes de couleur. 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:

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

Les effets des matériaux sur le microclimat urbain sont mesurés à l'aide de la PET durant la journée et de la température de l'air pendant la nuit. Les résultats relatifs à ces deux paramètres ont été obtenus au moyen de simulations d'un modèle de microclimat en trois dimensions pour 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 été prises en considération. La température de l'air est évaluée le quatrième jour à 4 h et la PET, le même jour à 14 h. 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 à 10 endroits du site, pour calculer des valeurs moyennes. Le tableau ci-dessous présente les matériaux examinés, classés par PET croissante.

Pour tous les types de murs, la PET la plus basse se situe à 30.1 °C et la plus élevée, à 36.4 °C; l'amplitude est donc de 6.3 K. Le choix d'une couleur claire ou foncée a un effet de 0.2 à 1 K selon le matériau.

En ce qui concerne les trois murs ayant les PET les plus basses, les résultats de la simulation ne peuvent cependant pas être transposés sans réserve à d'autres environnements. En particulier, dans le site étudié, les surfaces métalliques foncées induisent une augmentation de la vitesse du vent. Les températures de surface élevées du métal foncé provoquent donc des turbulences. On ne peut compter sur le fait que, dans toutes les circonstances et surtout dans un autre environnement, des turbulences aussi fortes viennent réduire le stress thermique de manière fiable. C'est la raison pour laquelle, dans le tableau, les résultats concernés figurent en grisé et entre parenthèses.

Les autres murs qui présentent une PET basse sont les façades ventilées avec panneaux photovoltaïques ou bardage en fibrociment et le mur constitué de deux parois en maçonnerie avec isolation intermédiaire. Dans l'ensemble, la PET des constructions ventilées de couleur claire ou moyennement claire est quelque peu plus basse que celle des autres matériaux. 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 différents matériaux n'est que de 0.4 K. Les valeurs moyennes de la PET se situent entre 33.5 °C et 33.9 °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.

Les résultats plutôt mauvais obtenus par les façades végétalisées et le gazon sont à interpréter avec retenue. Ils s'expliquent par le fait que la période prise en considération dans les simulations se situe à la fin d'une vague de chaleur et que l'on part du principe que les couches supérieures du sol et la façade sont sèches. Les paramètres choisis dans le programme de simulation excluent donc l'effet d'évaporation (qui ne serait d'ailleurs pas présent non plus dans la réalité). En ce qui concerne le gazon, le choix d'un terrain de qualité médiocre, dont la capacité d'emménagement est faible, péjore le résultat. Le cas décrit est donc le pire. Les résultats ne sont pas représentatifs pour les façades végétalisées et les gazons bien irrigués, c'est pourquoi ils figurent également entre parenthèses dans le tableau. 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 baisser la PET a déjà été démontrée: selon la littérature, la PET est inférieure de 2.6 à 2.8 K pendant la journée sur une surface de gazon (par rapport à deux places imperméabilisées). La nuit, deux mesures de la température de l'air ont donné une fois une différence de -0.3 K et une fois de $+0.3$ K. Les espaces verts provoquent donc une nette diminution de la PET pendant la journée. L'ombrage renforce encore cet effet. La nuit, toutefois, la réduction de la température est plus faible.

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 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.

Informations concernant le tableau ci-après:

Liste des matériaux par PET croissante (jour)

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

Code couleur: les résultats de la simulation en gris, avec la (valeur) entre parenthèses sont à prendre avec réserve, puisqu'ils sont davantage liés au contexte que ceux des autres matériaux.

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 reflétée.
 - 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)
Murs	°C	°C	–	–
CL_façade_vitrée_protection_solaire_f	(30.1)	21.6	0.08	0
CL_panneau_sandwich_f	(31.0)	21.8	0.08	0
FV_bardage_en_tôle_f	(31.0)	21.8	0.08	0
FV_photovoltaïque	31.7	21.7	0.16	1
FV_bardage_en_fibres-ciment	33.0	21.9	0.63	63
MD_mur_double_isolation_intermediaire	33.1	21.7	0.55	64
CL_façade_vitrée	33.6	21.4	0.31	n. disponible
peinture_refléchissante_f	(33.6)	21.7	0.42	50
CL_façade_vitrée_protection_solaire_c	33.8	21.6	0.68	81
FV_bardage_en_fibres-ciment_f	(33.9)	22.0	0.26	35
FV_bardage_en_pierre	34.1	21.8	0.28	23
FV_bardage_en_bois	34.2	21.7	0.35	38
FV_bardage_en_fibres-ciment_m	34.2	21.9	0.45	53
FV_bardage_en_tôle_c	34.4	21.7	0.68	81
FV_bardage_en_fibres-ciment_c	34.4	21.8	0.75	86
CL_panneau_sandwich_f	34.5	21.7	0.68	81
peinture_refléchissante_m	34.6	21.7	0.69	83
ITEC_façade_compacte_PSE_c	34.8	21.7	0.75	86
MD_mur_double_lame_d'air_c	35.0	21.6	0.75	86
ITEC_façade_compacte_PSE_m	35.0	21.8	0.45	53
ITEC_façade_compacte_PSE_f	35.0	21.9	0.26	35
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_c	35.0	21.6	0.75	86
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_c	35.2	21.5	0.75	86
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_c	35.3	21.5	0.75	86
peinture_refléchissante_c	35.5	21.7	0.81	100
MD_mur_double_lame_d'air_m	35.7	21.8	0.45	53
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_m	35.7	21.7	0.45	53
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_m	35.9	21.7	0.45	53
ITEC_façade_compacte_laine_de_pierre_f	35.9	21.8	0.26	35
FV_élément_de_végétalisation	(35.9)	(21.7)	0.25	27
MD_mur_double_lame_d'air_f	36.0	21.9	0.26	35
MD_mur_en_béton_apparent_isolation_intermediaire	36.1	21.9	0.38	44
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_f	36.1	21.8	0.26	35
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_m	36.1	21.6	0.45	53
ITEC_mur_simple_en_briques_enduit_isolant_aérogel_f	36.4	21.7	0.26	35
CL_panneau_sandwich_mi	n. disponible	n. disponible	0.40	3
FV_bardage_en_tôle_mi	n. disponible	n. disponible	0.36	25
Sol à proximité des bâtiments				
S_revêtement_en_béton	33.5	21.7	0.38	44
S_béton_sur_asphalte_(whitetopping)	33.5	21.7	0.62	75
S_revêtement_pierreux_lié_à_l'eau	33.5	21.7	0.42	71
S_revêtement_gravillonné	33.6	21.7	0.29	28
S_dalles_gazon_en_béton	33.7	21.6	0.25	27
S_pavés_de_béton	33.7	21.7	0.25	28
S_dalles_en_pierre	33.7	21.7	0.45	52
S_asphalte_f	33.7	21.7	0.18	12
S_asphalte_c	33.7	21.7	0.33	37
S_gazon	(33.9)	(21.7)	0.25	25

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 ₂ produit par m ² (en kg)	–
0.10	25	n. disponible	57	n. pertinent
0.10	n. disponible	2.4	53	n. pertinent
0.10	50	n. disponible	20	n. pertinent
0.09	35	1.9	357	n. pertinent
0.30	50	3.2	17	n. pertinent
0.13	50	1.9	61	n. pertinent
0.15	30	1.9	110	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.80	25	n. disponible	57	n. pertinent
0.25	50	3.2	17	n. pertinent
0.23	50	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.30	30	5.1	1	n. pertinent
0.50	50	3.2	17	n. pertinent
0.80	50	n. disponible	20	n. pertinent
0.70	50	3.2	17	n. pertinent
0.80	n. disponible	2.4	53	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.70	30	1.0	29	n. pertinent
0.70	45	1.7	35	n. pertinent
0.50	30	1.0	29	n. pertinent
0.25	30	1.0	29	n. pertinent
0.70	30	1.3	27	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
0.50	45	1.7	35	n. pertinent
0.50	30	1.3	27	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.25	30	1.3	27	n. pertinent
0.25	n. disponible	6.0	n. disponible	n. pertinent
0.25	45	1.7	35	n. pertinent
0.50	50	1.2	56	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.50	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.25	n. disponible	1.7	n. disponible	n. pertinent
0.66	n. disponible	2.4	48	n. pertinent
0.60	50	n. disponible	16	n. pertinent
0.25	35	1.0	42	1
0.25	30	1.0	n. disponible	1
0.34	15	6.0	2	0.6
0.13	15	6.0	4	0.6
0.25	30	n. disponible	19	0.2
0.25	25	4.5	n. disponible	1
0.30	25	1.5	n. disponible	1
0.13	30	1.3	n. disponible	1
0.24	30	1.3	n. disponible	1
0.25	n. disponible	n. disponible	1	0.1



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Un projet mis en oeuvre dans le cadre du programme
pilote Adaptation aux changements climatiques,
soutenu par l'Office fédéral du logement OFL.

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
www.nccs.admin.ch

Equipe du projet

Christian Feigenwinter, Science de l'atmosphère, Université de Bâle
Miriam Mutti, alors Science de l'atmosphère, Université de Bâle
Franziska Schwager, Office de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Ville
Andreas Wicki, GEO Partner AG, alors Science de l'atmosphère, Université de Bâle

Partenaires du projet

Office de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Ville
Science de l'atmosphère, Université de Bâle
Coopérative de construction wohnen&mehr, Bâle

Auteurs

Caroline Hoffmann, Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau de la Haute école spécialisée
de la Suisse du Nord-Ouest (FHNW), Caroline.Hoffmann@fhnw.ch
Achim Geissler, Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau, FHNW, Achim.Geissler@fhnw.ch

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

Financement

Office fédéral du logement (OFL)
Office de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Ville

Graphisme

Hahn+Zimmermann, Bern

Mode de citation

Caroline Hoffmann, Achim Geissler (2022). Des matériaux de construction pour les villes
faisant face au changement climatique. Catalogue assorti de recommandations. 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