



Sols urbains et îlots de chaleur: concilier densification et confort thermique

Avec le dérèglement climatique, les îlots de chaleur urbains ne relèvent plus d'une réalité localisée, mais constituent désormais un phénomène généralisé touchant l'ensemble du tissu bâti. Cette évolution d'échelle nous force à nous adapter sous l'angle de la planification urbaine. Certaines formes d'urbanisation peuvent cependant exercer une forte pression sur les sols, compromettant leur rôle essentiel de régulation thermique, pourtant crucial pour lutter contre les îlots de chaleur urbains. Il devient donc nécessaire d'articuler préservation des sols et densification vers l'intérieur dès la phase de planification, à la lumière des connaissances pédologiques.

En Suisse, où les températures augmentent à un rythme près de deux fois supérieur à la moyenne mondiale, les îlots de chaleur urbains constituent un phénomène préoccupant, mais bien documenté. Plusieurs facteurs en expliquent les mécanismes. Tout d'abord, certains matériaux utilisés en milieu urbain emmagasinent la chaleur le jour et la restituent la nuit. Leur faible albédo (capacité d'une surface à réfléchir la lumière solaire) accentue l'absorption du rayonnement solaire. La ville souffre également d'une végétation trop peu abondante pour assurer la quantité adéquate d'évapotranspiration naturelle des arbres et des sols. Les activités humaines produisent également de la chaleur qui s'accumule dans l'atmosphère des quartiers. Enfin, la morphologie urbaine joue un rôle clé: les rues étroites et les façades élevées réduisent la circulation de l'air, favorisant la stagnation thermique. Pour atténuer les îlots de chaleur urbains, plusieurs stratégies peuvent être envisagées. Augmenter la végétation est l'une des plus efficaces: plantations d'arbres, création de parcs, développement de façades végétalisées. Ces dispositifs améliorent l'ombre et

l'évapotranspiration. Le recours à des matériaux clairs ou réfléchissants pour les toits et les chaussées peut augmenter l'albédo et limiter l'absorption de chaleur. La désimperméabilisation des sols constitue également une mesure efficace: elle favorise l'infiltration et la rétention de l'eau, et ainsi le rafraîchissement des surfaces. Par ailleurs, l'urbanisme devrait souvent être repensé pour favoriser la ventilation naturelle. Enfin, la réduction des émissions de chaleur liées aux activités humaines apparaît incontournable: meilleure efficacité énergétique des bâtiments, mobilité douce, sobriété dans l'usage du chauffage et de la climatisation. Idéalement combinées, ces mesures permettent de rendre la ville plus résiliente face aux épisodes de chaleur extrême et d'améliorer durablement le confort urbain.

Les îlots de chaleur urbains : défi ou opportunité?

Les îlots de chaleur urbains résultent moins de l'urbanisation en soi que d'une forme particulière de développement urbain. Dans le cadre du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de la

Confédération, la HEIA-FR a mené une étude diagnostique sur les îlots de chaleur urbains en ville de Fribourg et sur leur évolution jusqu'en 2050 selon différents scénarios climatiques¹. Sans grande surprise, la zone centrale et densifiée de la gare a rapidement été identifiée comme l'une des zones les plus concernées. La figure B illustre les températures de surfaces simulées en 2050 à l'heure de l'année où la température moyenne de la ville est la plus élevée, selon deux scénarios. Le premier scénario représente les températures simulées en 2050 à l'heure la plus chaude, dans le quartier de la gare après sa prochaine requalification². Le second scénario représente le même quartier, à la même heure, en 2050, mais en intégrant des mesures de rafraîchissement dans l'aménagement: optimisation de l'albédo, arborisation supplémentaire et désimperméabilisation de surfaces dans les espaces libres. En moyenne, sur l'ensemble du quartier, le second scénario permet un rafraîchissement d'environ 10 °C des températures de surfaces.

Le projet de recherche SWICE (WP5)³ explore les effets de la densification vers l'intérieur sur le confort thermique



des villes. Pour ce faire, des simulations de microclimat ont été réalisées dans le quartier fribourgeois de Schonberg, selon deux scénarios (voir figure C): l'un exposant une urbanisation extrême, l'autre combinant densification et revégétalisation accrue. Les résultats ont ensuite été comparés à la situation actuelle. Cette analyse révèle que dans la plupart des cas, les effets négatifs de la densification et de l'artificialisation sur le confort thermique peuvent être atténués par une végétalisation plus importante. Celle-ci doit être planifiée de façon à disposer des espaces de pleine terre soutenant la croissance des végétaux sans bloquer les couloirs de ventilation. Notons que l'ombrage des bâtiments et la circulation de l'air jouent un rôle clé dans le confort thermique, mais ne sont pas liés à la qualité du sol. A contrario, certains espaces, comme le centre du quartier qui est une place entièrement minérale, ne bénéficient d'aucune amélioration en termes de confort thermique - dans aucun des scénarios. Il doit y être amélioré par d'autres mesures, telles que l'ombrage par toiles, le changement de revêtements ou encore des aménagements avec de l'eau (voir figure A).

Le rôle des sols dans la régulation thermique urbaine

Les sols jouent un rôle fondamental dans la régulation du climat urbain, bien au-delà de la simple présence de végétation. Un sol sain permet le développement de la végétation et régule le cycle naturel de l'eau, grâce à sa porosité qui favorise l'infiltration, la rétention et l'évaporation. Plus il contient de matière organique et d'organismes vivants, plus il est capable de stocker l'eau et de libérer de la fraîcheur, contribuant ainsi à atténuer les îlots de chaleur. Dans les villes, les sols sont souvent compactés et artificialisés, réduisant cette

fonction essentielle. Cet état est notamment dû aux fortes pressions d'utilisation⁴. Le projet de recherche AgriUrbs5 (HEIA-FR) a pu démontrer que préserver et valoriser les sols de pleine terre, notamment dans le cadre d'une densification douce, permet de maintenir leur capacité de régulation et d'améliorer le confort thermique des quartiers. La qualité du sol pour la régulation hydrique a été évaluée, dans les quartiers fribourgeois Chambliaux, Vignettaz et Schonberg (voir figure D). Ils obtiennent des notes de qualité de 1.7 à 3.5, sur une échelle de 1 à 6, avec 6 comme meilleur score. Chambliaux, le quartier bénéficiant de plus de surfaces de pleine terre, obtient logiquement le meilleur score.

La prise en compte des sols dans l'aménagement du territoire - constats Aujourd'hui, la densification vers l'intérieur est un principe admis pour des raisons d'économie de ressource en sols notamment. Mais l'urbanisation génère aussi une artificialisation d'espaces de pleine terre. Pour l'agglomération de Fribourg par exemple, le projet de recherche AgriUrbs montre que sur 250 ha de surfaces reconnues comme densifiables en 2014, plus des 3/4 (190 ha) sont constitués majoritairement de sols de pleine terre. Dix ans plus tard (2024), 53 ha de sols de pleine terre ont déjà été urbanisés et 160 ha restent encore constructibles. Parmi les types de densification vers l'intérieur, deux grandes catégories se distinguent (voir figure F). Il s'agit, d'une part, de l'urbanisation par l'ajout de nouveaux morceaux de ville, comme c'est le cas pour le site de Chambliaux-Bertigny. Des terres jusqu'ici cultivées sont appelées à être urbanisées. D'autre part, il est question de la densification douce qui s'opère dans des quartiers déjà constitués (comme Vignettaz et Schonberg) et faisant l'objet

d'opérations plus mesurées (surélévations ou divisions parcellaires).

Dans les trois quartiers étudiés dans le cadre du projet de recherche AgriUrbs, la densification entraînerait une perte de 5 à 10% de la fonction de régulation thermique du sol (voir figure E). Elle serait due avant tout à la perte de sols de pleine terre et à leur artificialisation. Si un nouveau morceau de ville était réalisé, la perte au niveau de la qualité des sols apparaîtrait plus impactante que pour une densification du bâti existant, dont les sols sont déjà fortement perméabilisés. Préserver les sols pour mieux lutter contre les îlots de chaleur

L'artificialisation excessive des sols urbains conduit aujourd'hui à chercher à restaurer autant que possible leur capacité d'infiltration. Mais sous le bitume, il n'y a plus de sol sain. Alors qu'il faut 1000 ans pour construire 2cm de pleine terre, cette performance est ainsi hors de portée de l'ingénierie humaine. Ce constat plaide pour conserver autant que possible des sols naturels en ville, plutôt que de les remplacer par des substrats moins performants.

La densification peut augmenter l'exposition à des fortes chaleurs si elle va de pair avec une artificialisation accrue des sols, une diminution de la végétalisation et des espaces ouverts perméabilisés et non ombragés.

Néanmoins, les résultats des projets de recherche exposés ci-dessus incitent urbanistes, planificateurs, autorités publiques et scientifiques à réfléchir à des stratégies pour atténuer cet impact négatif. À cette fin, la préservation et valorisation des espaces de pleine terre supporte de multiples fonctions, et la végétalisation apparaît ainsi comme un élément essentiel.

Les projets de recherche AgriUrbs et SWICE ont montré que planifier en amont l'usage des sols non bâties permettait non seulement de réaliser



des mesures de lutte contre les îlots de chaleur urbains, mais également d'améliorer la qualité des sols. Enfin, à l'échelle de la parcelle, les modes d'entretien des sols peuvent influencer positivement ou négativement leur capacité à réguler les températures. Par exemple, des pratiques de gestion des espaces verts qui enrichissent sainement les sols en matière organique, comme les plantations à plusieurs strates végétales ou le maintien sur place de la végétation coupée. La résilience des villes face aux îlots de chaleur urbains dépend largement de la qualité de leurs sols. Préserver et valoriser les sols de pleine terre constitue une stratégie clé pour

maintenir la végétalisation, favoriser l'infiltration et la rétention d'eau, et ainsi réguler la température urbaine. Les projets de recherche menés à Fribourg montrent que la densification douce, combinée à la revégétalisation, permet de limiter les impacts négatifs sur le microclimat et d'améliorer le confort thermique. À l'inverse, l'artificialisation excessive des sols entraîne une perte durable de leur capacité de régulation. Il est donc essentiel d'intégrer dès la planification urbaine des mesures favorisant des sols sains et des espaces verts structurants. En alliant densification et préservation des sols, il devient possible de construire des villes à la fois compactes, durables et résilientes

face aux changements climatiques. • DANS L'ÉTAT ACTUEL DENSIFIÉ DENSIFIÉ ET REVEGÉTALISÉ DANS L'ÉTAT ACTUEL DENSIFIÉ DENSIFIÉ ET REVEGÉTALISÉ Différence en valeur UTC1 à 16 h entre l'état initial et le scénario étudié C État actuel et deux scénarios d'évolution du quartier du Schönenberg à Fribourg et simulation de leurs impacts sur le micro-climat urbain mesuré par l'UTCI (Universal Thermal Climate Index) (© projet de recherche SWICE [WP5] - Scénarios urbains par TR ANSFORM HEIA-Fribourg [S. Vanbutsele, E. Schaffner]. Simulation des microclimats par l'ETHZ, Chair of Building Physics [J. Carmeliet, A. Kubilay])

Mise en place de mesures de rafraîchissement alternatives indépendantes du sol (ombrage, végétation en bac et éclaircissement des surfaces foncées) (© projet SWICE [WP5], chantier participatif O'frais, été 2025, photo: Agnès Collaud)

Marc Vonlanthen est professeur associé et membre de l'institut de recherche appliquée en systèmes énergétiques - ENERGY à la HEIA-FR - Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, HES-SO - Haute école spécialisée de Suisse occidentale. Depuis plusieurs années, il travaille de manière interdisciplinaire à l'adaptation des villes aux dérèglements climatiques. Sérena Vanbutsele est architecte et urbaniste, professeur et responsable de l'institut d'architecture: patrimoine, construction et usages - TRANSFORM à la HEIA-FR. Elle étudie la pression urbaine exercée sur les espaces non construits, tels les friches urbaines et autres espaces de nature, face aux enjeux de la densification. Fabienne Favre Boivin est professeure ordinaire et responsable de l'institut des technologies de l'environnement construit (iTEC) à la HEIA-FR. Spécialiste en sciences du sol, elle travaille sur la mise en valeur et la conservation des fonctions des sols. Géraldine Bullinger est professeure ordinaire et membre de l'institut des technologies de l'environnement construit (iTEC) à la HEIA-FR. Spécialiste en sciences du sol, elle travaille sur la caractérisation et l'évaluation des sols et de leurs fonctions, notamment en milieu urbain. mu 13-15 25-27 35-37 45-47 55-57 ■ 65 - 67 15- 17 27-29 37-39 47 - 49 ■ 57-59 ■ 67 - 70 17-19 29-31 39-41 49-51 ■ 59 - 61 ■ 70 - 75 19-21 31-33 41 - 43 51-53 ■ 61 - 63 ■ 75 - 82 21-23 33-35 43-45 53-55 63-65 B Simulation des températures de surfaces en ville de Fribourg en 2050, selon deux scénarios: avec (à droite) et sans (à gauche) mesures de rafraîchissement.

Différence en valeur UTC1 à 16 h entre l'état initial et le scénario étudié C État actuel et deux scénarios d'évolution du quartier du Schönenberg à Fribourg et simulation de leurs impacts sur le micro-climat urbain mesuré par l'UTCI (Universal Thermal Climate Index) (© projet de recherche SWICE [WP5] - Scénarios urbains par TR ANSFORM HEIA-Fribourg [S. Vanbutsele, E. Schaffner].



Simulation des microclimats par l'ETHZ, Chair of Building Physics [J. Carmeliet, A. Kubilay])

1 Marc Vonlanthen, Jerome Kaempf, Anthony Di Blasi, Donatien Burin des Roziers, îlots de chaleur en ville de Fribourg. Identification, anticipation et stratégie d'adaptation et de valorisation (Rapport final 8T20/18.0111.PJ), 2021. Disponible suraramis.admin.ch 2 Plus d'informations sur ville-fribourg.ch 3 Séréná Vanbutsele, Estela Schaffner, Jan Carmeliet, Dominik André Strebel, Aytac Kubilay, Andréas Rubin, Marlyne Sahakian, Auxane Pidoud, Julien Forbat, Igor Andersen: TheRole of Urban Open Spaces for Energy Transition and Well-Being, HEIA-FR, 2022-2026 4 Projet URBA-SOIL- Géraldine Bullinger-Weber, Renée-Claire Le Bayon, Marie Coudène, Antoine Di Caccia, Philip Brunner, Pascal Turberg, Sols urbains et services écosystémiques dans les villes: évaluation du potentiel de régulation de l'eau et de la chaleur, FNS, 2023-2027, plus d'informations sur snf.ch et sur heia-fr.ch 5 Séréná Vanbutsele, Fabienne Favre Boivin, Géraldine Bullinger, Julie Riondel, Juliette Falque, Eloïse Singer, AgriUrbs, pour une prise en compte de la multifonctionnalité des sols dans l'aménagement du territoire, HEIA-FR, Smart Living Lab, 2024-2025

Sols urbains et îlots de chaleur: concilier densification et confort thermique

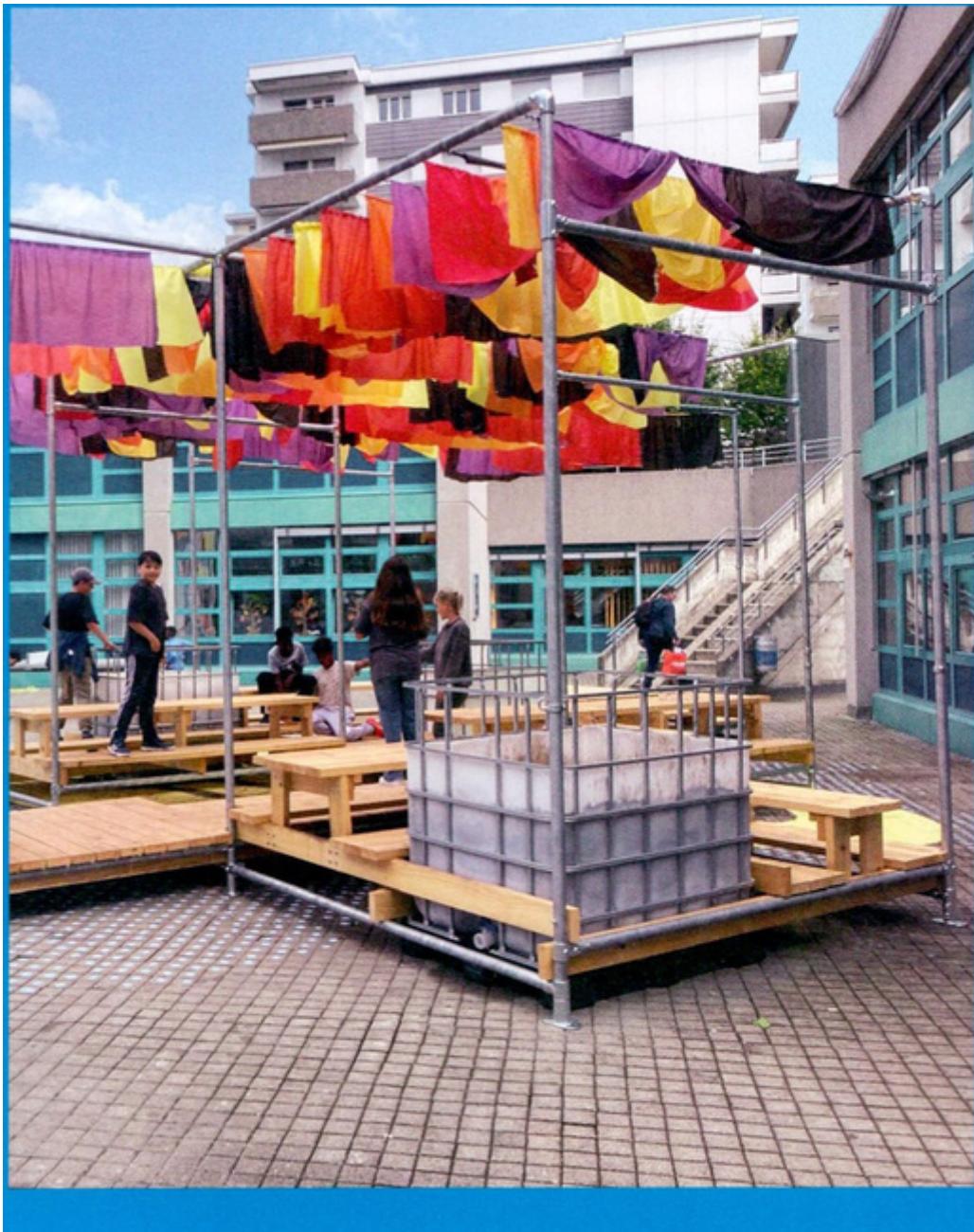
Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier



Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupe Page: 5/12



TRACÉS

Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier

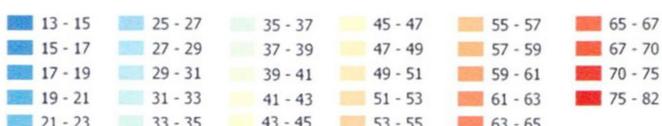


Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Hes•SO

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupure Page: 6/12





B Simulation des températures de surfaces en ville de Fribourg en 2050, selon deux scénarios: avec (à droite) et sans (à gauche) mesures de rafraîchissement.

TRACÉS

Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

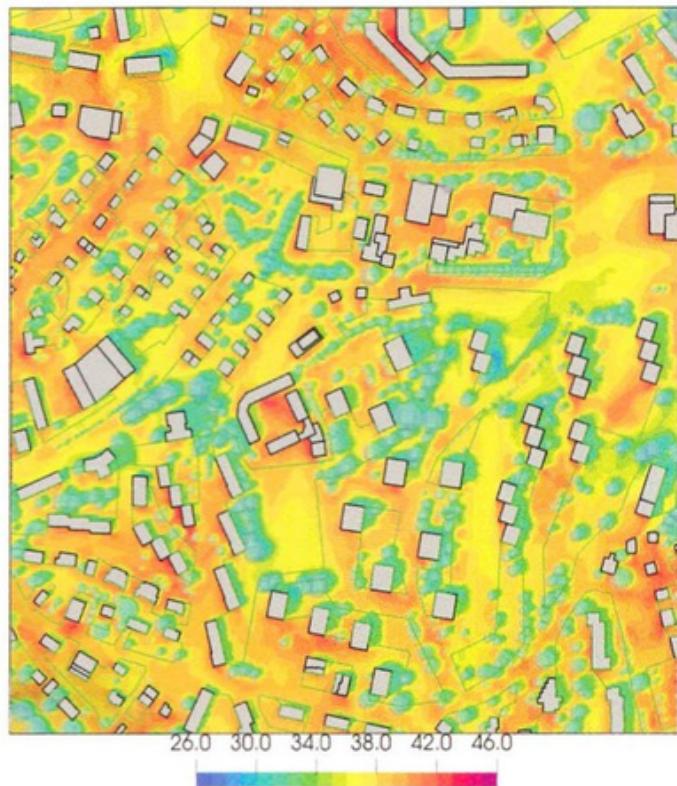
Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier



Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Hes·SO

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupure Page: 8/12



DANS L'ÉTAT ACTUEL DANS L'ÉTAT ACTUEL

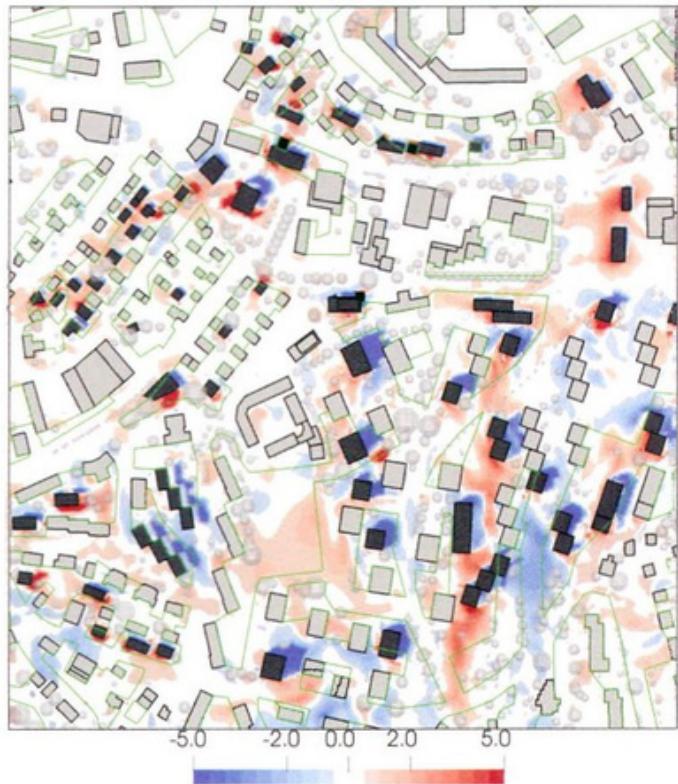
Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier



Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupure Page: 9/12



DENSIFIÉ DENSIFIÉ

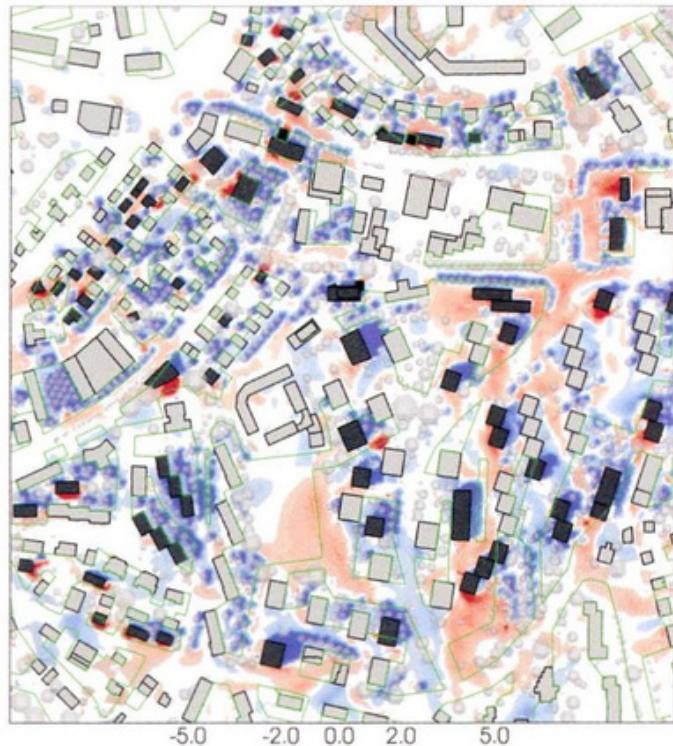
Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier

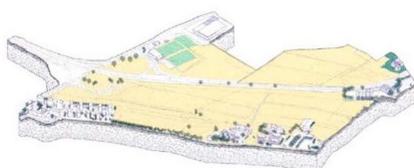


Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupe Page: 10/12



DENSIFIÉ ET REVEGÉTALISÉ / DENSIFIÉ ET REVEGÉTALISÉ



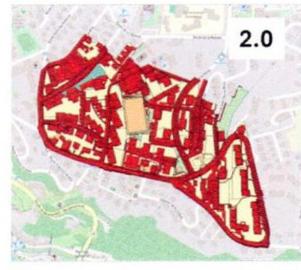
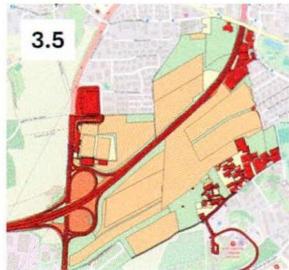
Surface cultivé = 54 ha	Artificiel = 10ha	Bati = 2 ha
Surface verte = 80 ha		



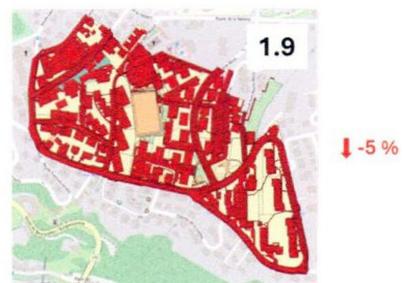
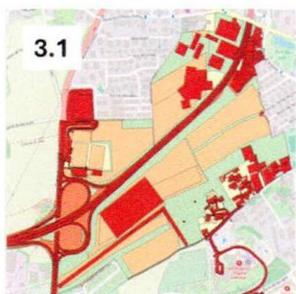
Surface cultivé = 93 ha	Artificiel = 4.7ha
Surface verte = 7.1 ha	Bati = 2.5 ha
Vegetation = 0.6 ha	



Surface cultivé = 13 ha	Artificiel = 7.1ha
Surface verte = 9 ha	Bati = 3.3 ha
Vegetation = 0.6 ha	



D Analyse de la situation existante de trois quartiers fribourgeois en termes d'occupation du sol et de qualité des sols: cartes d'indice de qualité des sols relative à la fonction de régulation hydrique. De droite à gauche: Chamblioux, Vignettaz, et Schönenberg. (© projet AgriUrbs)



ÉTAT DENSIFIÉ E Simulation de scénarios de densification et de leur impact sur la fonction de régulation hydrique, dans trois quartiers fribourgeois: Chamblioux, Vignettaz et Schönenberg (© projet AgriUrbs)

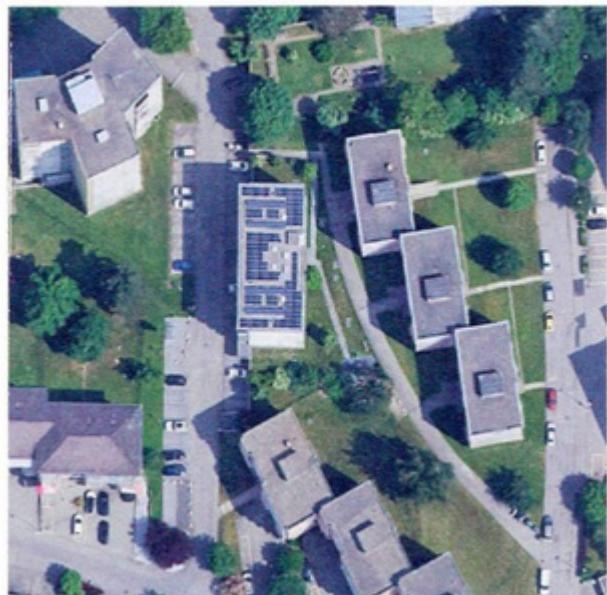
Tracés
8036 Zürich
044/ 380 21 55
<https://www.espazium.ch/traces/>

Genre de média: Imprimé
Type de média: Médias professionnels
Tirage: 4'419
Parution: irrégulier



Page:
17,18,19,20,21,22,23
Surface: 49'290 mm²

Ordre: 1073023
N° de thème: 375009
Référence:
6290e630-82f5-47b7-b7fe-40c0dc366d8f
Coupure Page: 12/12



Deux types de densification menées dans l'agglomération de Fribourg entre 2014 et 2024. Crédit: Projet AgriUrbs d'après SWISSIMAGE et Voyage dans le temps - images aériennes [swisstopo]