



YVES KAZEMI

Direction Générale de l'Environnement canton de Vaud – Inspecteur des Forêts

« Forêts urbaines et services écosystémiques » : contribution des infrastructures vertes à l'adaptation des villes aux changements climatiques

L'ARBRE ET LA CITÉ «Adaptation du végétal aux changements climatiques»
Journée Technique Plante & Cité Suisse du 9 octobre 2019, HEPIA, Genève

Forêts urbaines et services écosystémiques

Contribution des infrastructures vertes à
l'adaptation des villes aux changements climatiques

Yves Kazemi, Inspecteur des forêts, Direction générale de l'environnement (DGE)

Les défis urbains du changement climatique

Constat (UN 2015 et OFS 2014)

- **84%** de la population suisse vit dans les centres urbains
- **60%** de la population mondiale habitera l'espace urbanisé à l'horizon 2030
- Les espaces urbains représentent moins de **3%** de la surface émergée du globe
- Les villes produisent plus de **70%** des émissions globales de CO₂ liées à l'énergie

Effets (EBP 2012)

- accentuation des fortes températures (**îlot de chaleur urbain**)
- perturbation du régime des précipitations (**crues et sécheresses**)
- fréquence et puissance accrues des **événements extrêmes** (inondation du 12.06.18)

Impacts

- **Santé** humaine et sociale (mentale et physique)
- **Ecosystème** et ressources naturelles (eaux, biodiversité, agriculture, etc.)
- **Infrastructures** et bâtiments (événements majeurs)
- **Economie** et finance (consommation, productivité, etc.).

➤ **Les infrastructures vertes contribuent de manière significative à l'adaptation des villes aux changements climatiques (viabilité et résilience)**

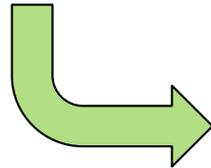
De l'espace "naturel" à l'infrastructure « verte & brune & bleue »



Composantes, principes et définition

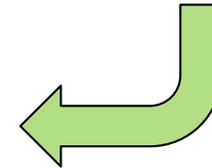
vert & brun & bleu

éléments et/ou milieux naturels fournissant des services écosystémiques et/ou environnementaux



infrastructure

ensemble d'ouvrages, d'équipements et/ou de services interdépendants organisé en réseau



Réseau interconnecté de milieux naturels et d'aménagements semi-naturels stratégiquement disséminé dans l'espace urbain afin de produire une large gamme de services écosystémiques permettant de renforcer la viabilité et la résilience des villes.

Services écosystémiques urbains des infrastructures «vertes & brunes & bleues»

Écologie

diversité biologique
biomasse & biotopes
paysages naturels
résilience biologique

Économie

finances publiques
productivité & rendement
économie locale/circulaire
benchmarking urbain

Environnement

climat & température
qualité air & sol & eau
imissions & pollutions
dangers naturels

Société

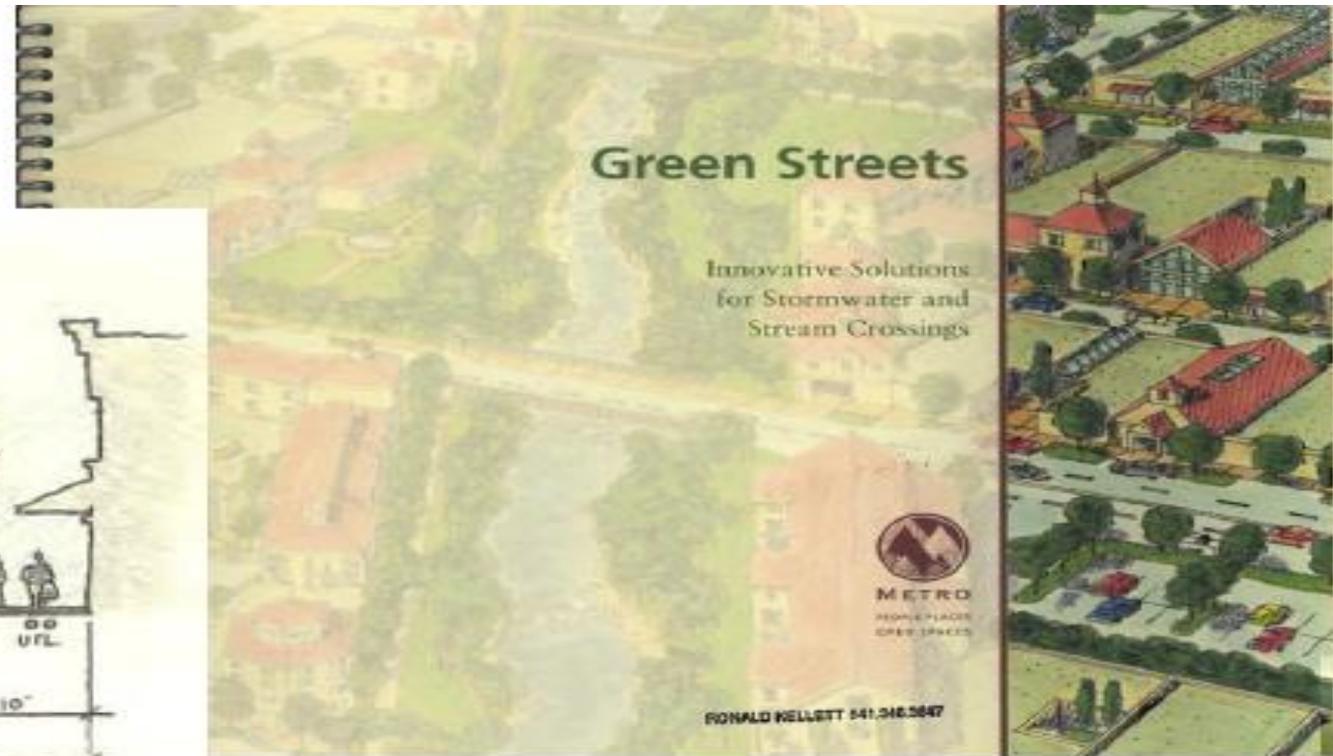
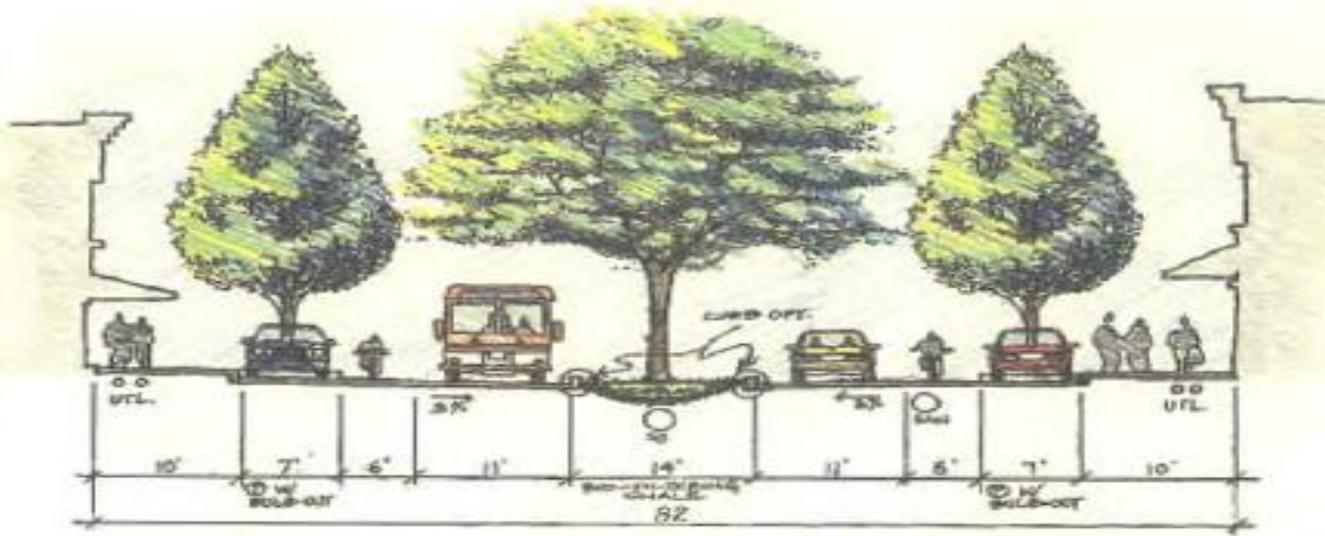
éducation & apprentissage
alimentation & nutrition
santé/cohésion sociales
incivilités & violences

Bien-être & santé

qualité/espérance de vie
santé mentale/psychique
condition physique/obésité
sports & loisirs & détente



PORTLAND GREEN STREETS



2002 Green Streets: innovative solutions for stormwater and stream crossings, Metro Portland

Figure 6-3
Community Boulevard with Median Bio-Filtering Swale

Portland Bureau of Environmental Services 2002 (slide courtesy of Cynthia Griling, LARC 553, UBC, 2017)

Gestion des eaux de ruissellement en ville

Réseaux routiers urbains

- ~ 20% de la surface du territoire urbain
- ~ 50% des surfaces imperméables
- ~ 50% des eaux de ruissellement
- ~ 65 % des polluants dans les eaux claires



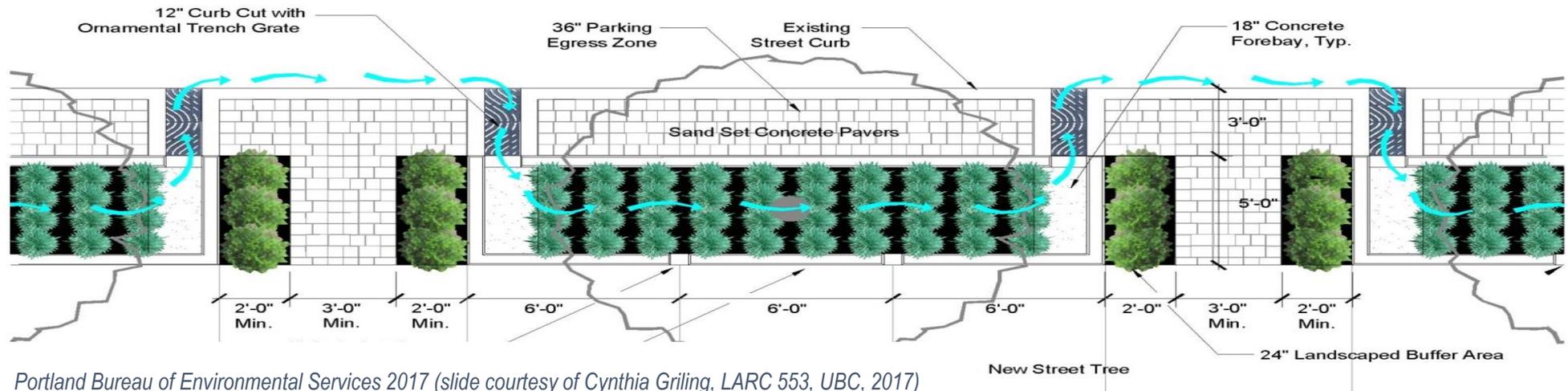
Polluants classiques des eaux

Particules fines	Cadmium
Poussières & Suies	Cuivre
Herbicides organiques	Plomb
Aromatiques polycycliques	Zinc
Hydrocarbures	Chlorures de sel

SW 12th Avenue Green Street (Portland/USA)

Caractéristiques

- 4 bio-plantages de 6.7 m² (5.5m*1.8m*0.3 m)
- Réalisé en 2005 pour un coût ~ 38'000 \$
- Surface de drainage ~ 700 m²
- Limite les débits de pointe ~ 80% ($T=25$ -ans/6-h)
- Réduit le volume d'écoulement annuel ~ 70%
- Bio-dépollue les eaux de surface ~ 80%
- Utilise/Valorise les espaces résiduels des voiries



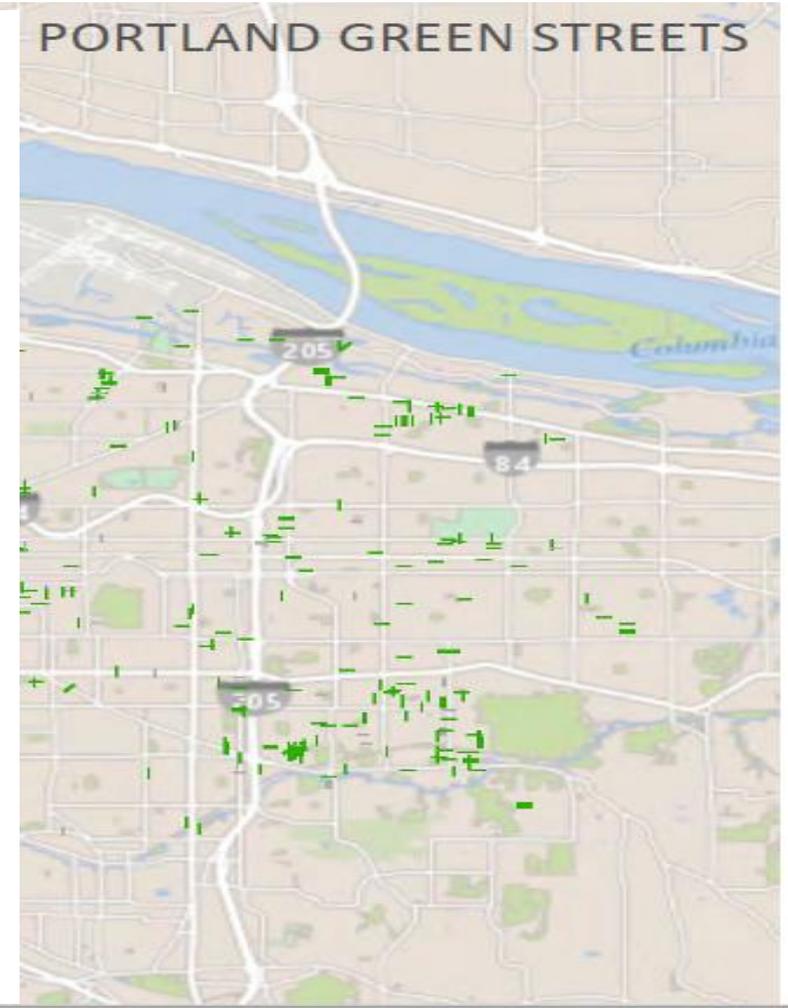
Portland Bureau of Environmental Services 2017 (slide courtesy of Cynthia Griling, LARC 553, UBC, 2017)

From "Storm" to "Rain" Water Management



Principes et stratégies

- Paysager urbain «water friendly»
- Ecoulement pluviale capté à la source
- Infiltrations naturelles et semi-naturelles
- Localisation stratégique et mixité spatiale
- Design compact, multifonctionnel, performant
- Produits et bénéfices induits maximums
- Effets et impacts indésirables limités
- Connectivités et synergies avec l'existant
- **Eaux pluviales comme une ressource**



Ratio "coûts/bénéfices" entre infrastructures traditionnelles et infrastructures vertes

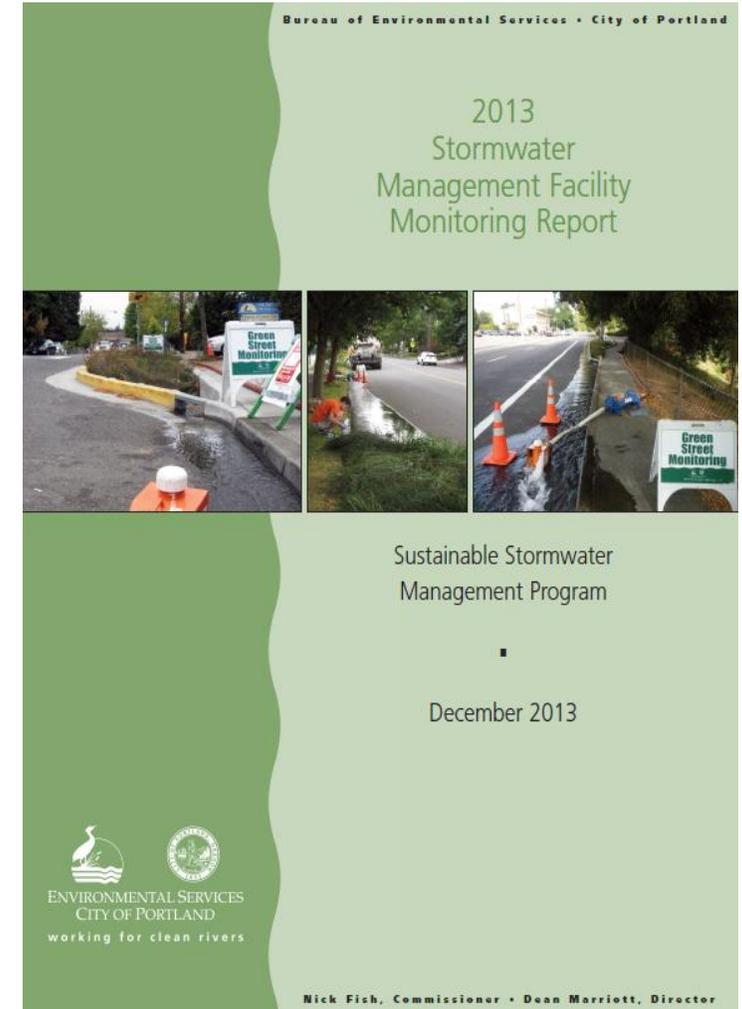
Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices (EPA 2007, p. 12)

Project	Conventional Development Cost	LID Cost	Cost Difference ^b	Percent Difference ^b
2 nd Avenue SEA Street	\$868,803	\$651,548	\$217,255	25%
Auburn Hills	\$2,360,385	\$1,598,989	\$761,396	32%
Bellingham City Hall	\$27,600	\$5,600	\$22,000	80%
Bellingham Bloedel Donovan Park	\$52,800	\$12,800	\$40,000	76%
Gap Creek	\$4,620,600	\$3,942,100	\$678,500	15%
Garden Valley	\$324,400	\$260,700	\$63,700	20%
Kensington Estates	\$765,700	\$1,502,900	-\$737,200	-96%
Laurel Springs	\$1,654,021	\$1,149,552	\$504,469	30%
Mill Creek ^c	\$12,510	\$9,099	\$3,411	27%
Prairie Glen	\$1,004,848	\$599,536	\$405,312	40%
Somerset	\$2,456,843	\$1,671,461	\$785,382	32%
Tellabs Corporate Campus	\$3,162,160	\$2,700,650	\$461,510	15%

Portland Green Street Program 2002-2013

Storm Water Management Facility Monitoring Report 2013^[1]

- Réduit ~ 90% des **débits de pointe** ($T=25$ -ans/6-h)
- Absorbe > 80% du **volume d'écoulement** annuel
- Capture > 90% des **polluants** dans les eaux d'écoulement (particules fines, hydrocarbures, métaux lourds, etc.)
- Réduit ~ 40% les **coûts d'aménagement** par rapport aux infrastructures traditionnelles d'évacuation des eaux^[2]
- Utilise et valorise les **espaces résiduels** et/ou sous-utilisés
- Renforce la **sécurité** des piétons et des cyclistes
- Augmente les **espaces verts** et la **biodiversité** urbaine
- Améliore la **qualité de l'air** et diminue la **température**



[1] Portland Bureau of Environmental Services 2013, [2] City Parks Alliance as of May 2019 www.cityparksalliance.org

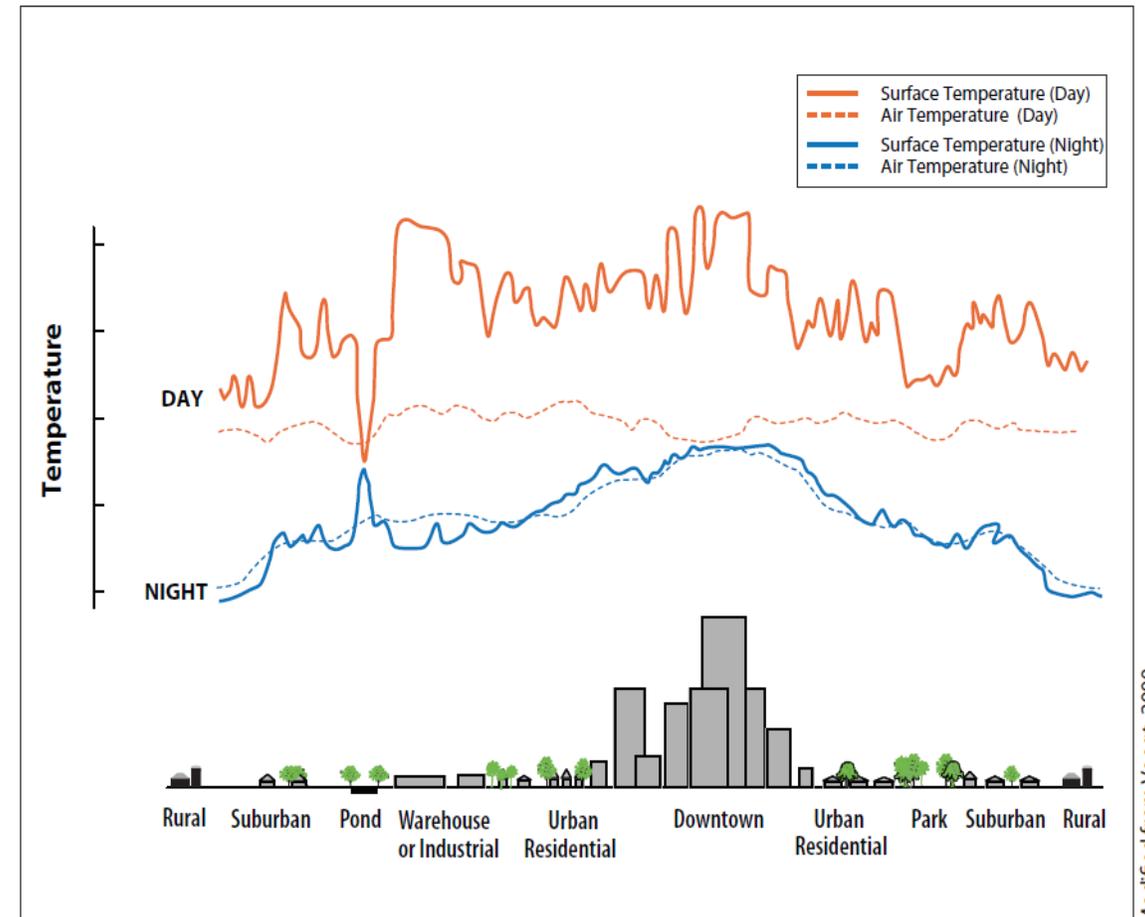
Ilot de chaleur urbain (ICU)

Principes

- Zone urbaine où la température ambiante est supérieure à celle des zones périurbaines et rurales environnantes.^[1]
- Rétention de chaleur qui accentue le réchauffement en journée et réduit le rafraîchissement nocturne.^[2]

Facteurs^[2/3]

- Conditions atmosphériques et climatiques
- Production de chaleur anthropique
- Morphologie urbaine et architecturale
- Piégeage thermique et aération perturbée
- Augmentation des surfaces **imperméables**
- Diminution des surfaces **perméables/vertes**
- Pollution de l'air et effet de serre local



[1] GIEC 2013, [2] OFEV 2018, [3] Camponovo 2019 (non publié)

EPA 2008 (p.4)

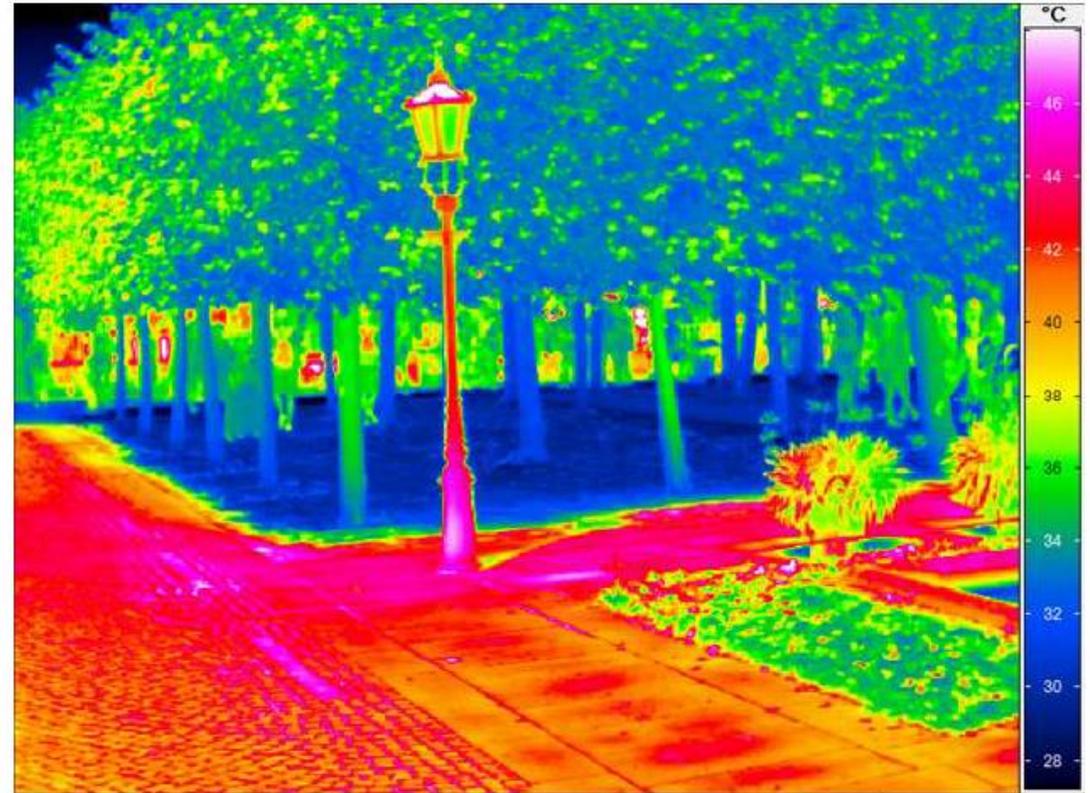
Effets microclimatiques de la végétation arborée sur la température urbaine

Effets^[1]

- Réflexion (**albédo**) et absorption (**photosynthèse**) du rayonnement solaire
- Diminution de la température du sol et de la température ambiante (**ombrage**)
- Diminution de la chaleur sensible et de la température de l'air (**évapotranspiration**)

Bénéfices^[2]

- Modération de la **température** ambiante et réduction de l'îlot de chaleur urbain
- Diminution de la consommation et des besoins **énergétiques** (chauffage, climatisation, etc.)
- Diminution de la **pollution** de l'air et des émissions de gazes à effet de serre
- Amélioration de la **qualité de vie** et de la **santé** de la population résidente et pendulaire

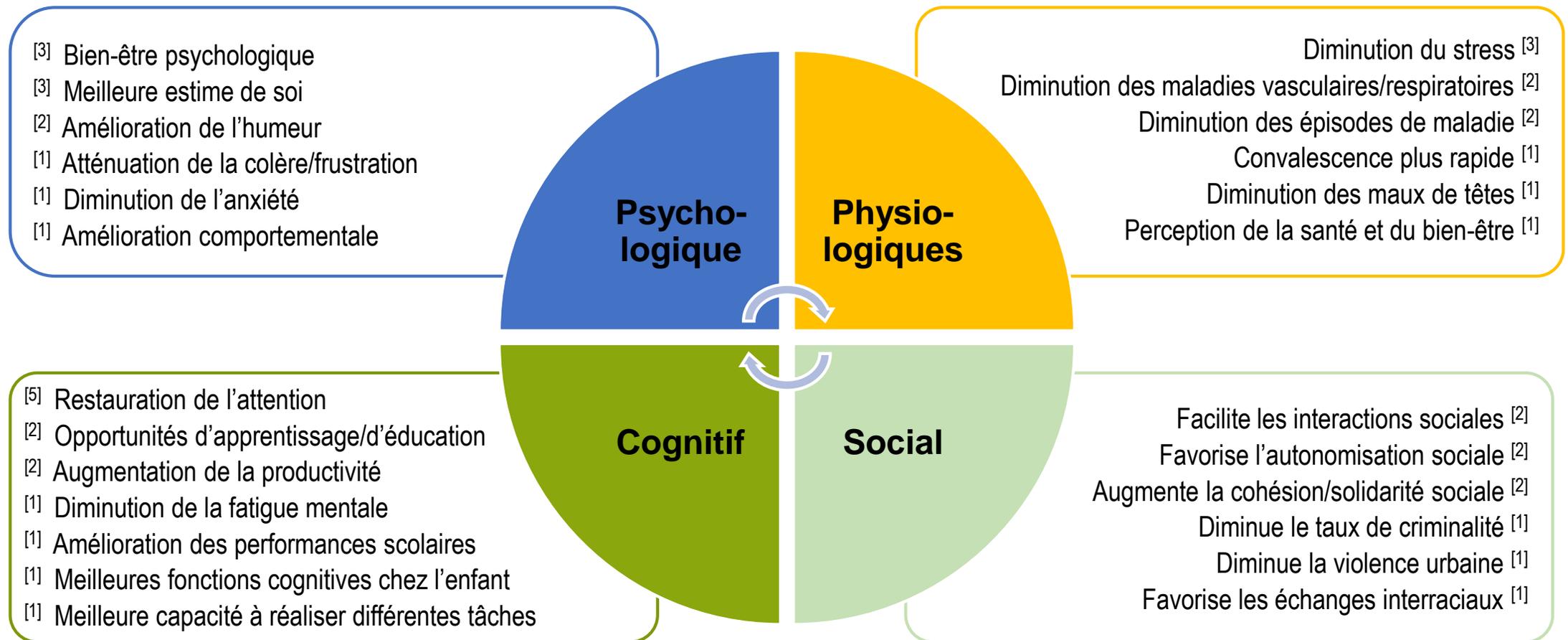


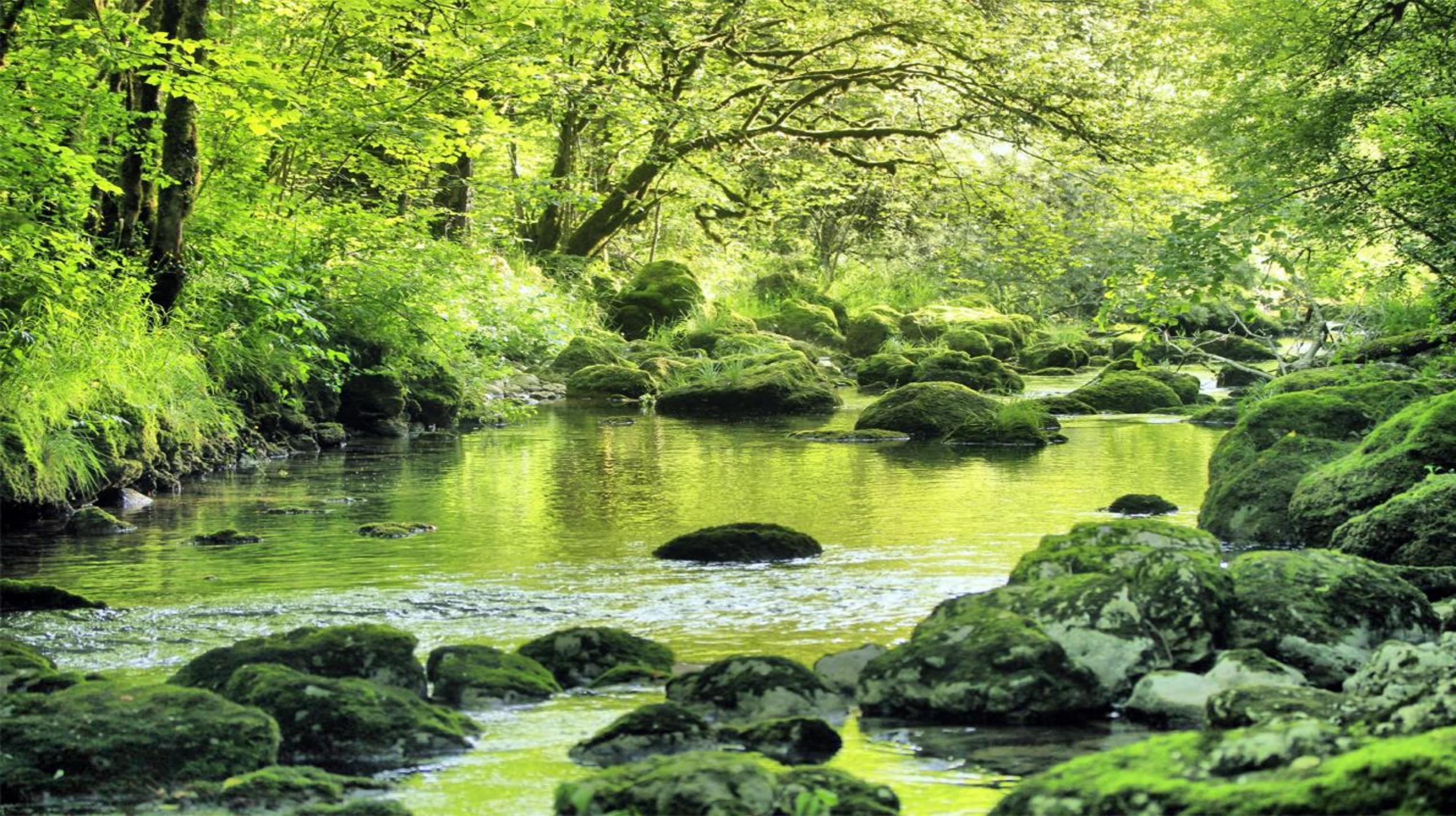
Cooling effects of street trees in Dresden, Germany, Summer 2013
($T_{\min} 28^{\circ}$ $T_{\max} 46^{\circ}$ $T_{\Delta} 18^{\circ}$) courtesy of Gillner et al. (EFUF 2014 n.p.)

[1] Gunawardena et al. 2017, [2] EPA 2008

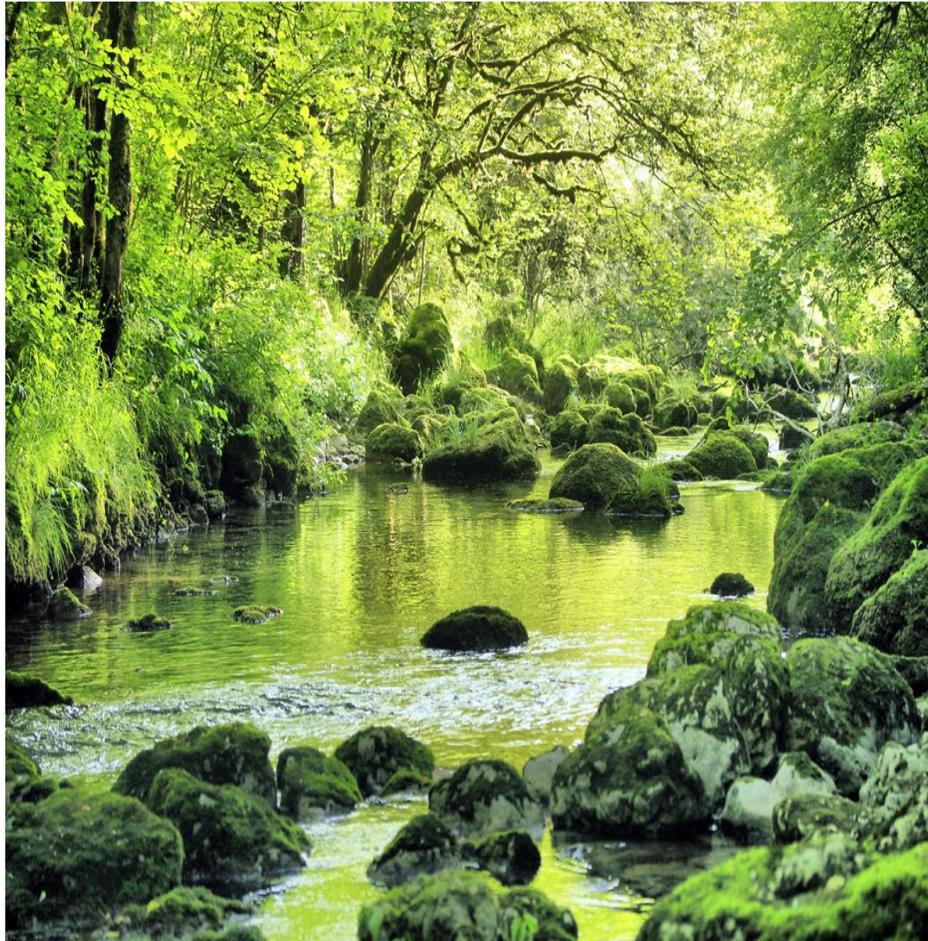
Bénéfices psychologiques, physiologiques, cognitifs et sociaux en interaction avec la nature

Méta-analyse de 57 études scientifiques publiées entre 1973-2011 (Lucy et al. 2013, p.917-918)

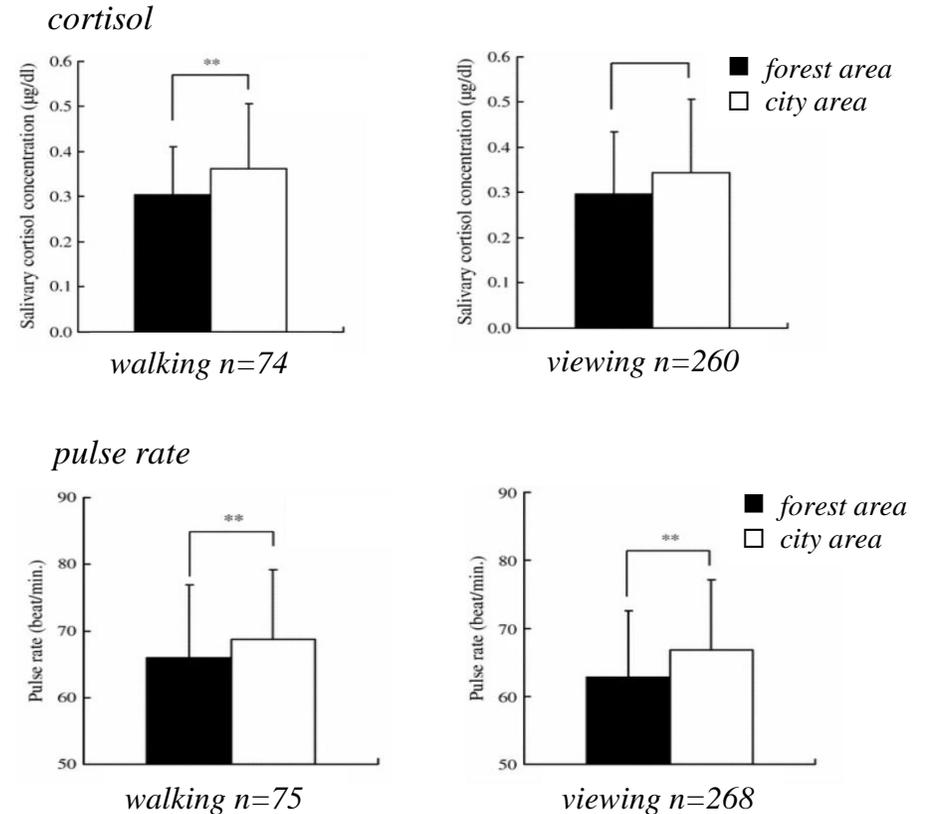




Effets de la nature sur le métabolisme et les biomarqueurs du stress

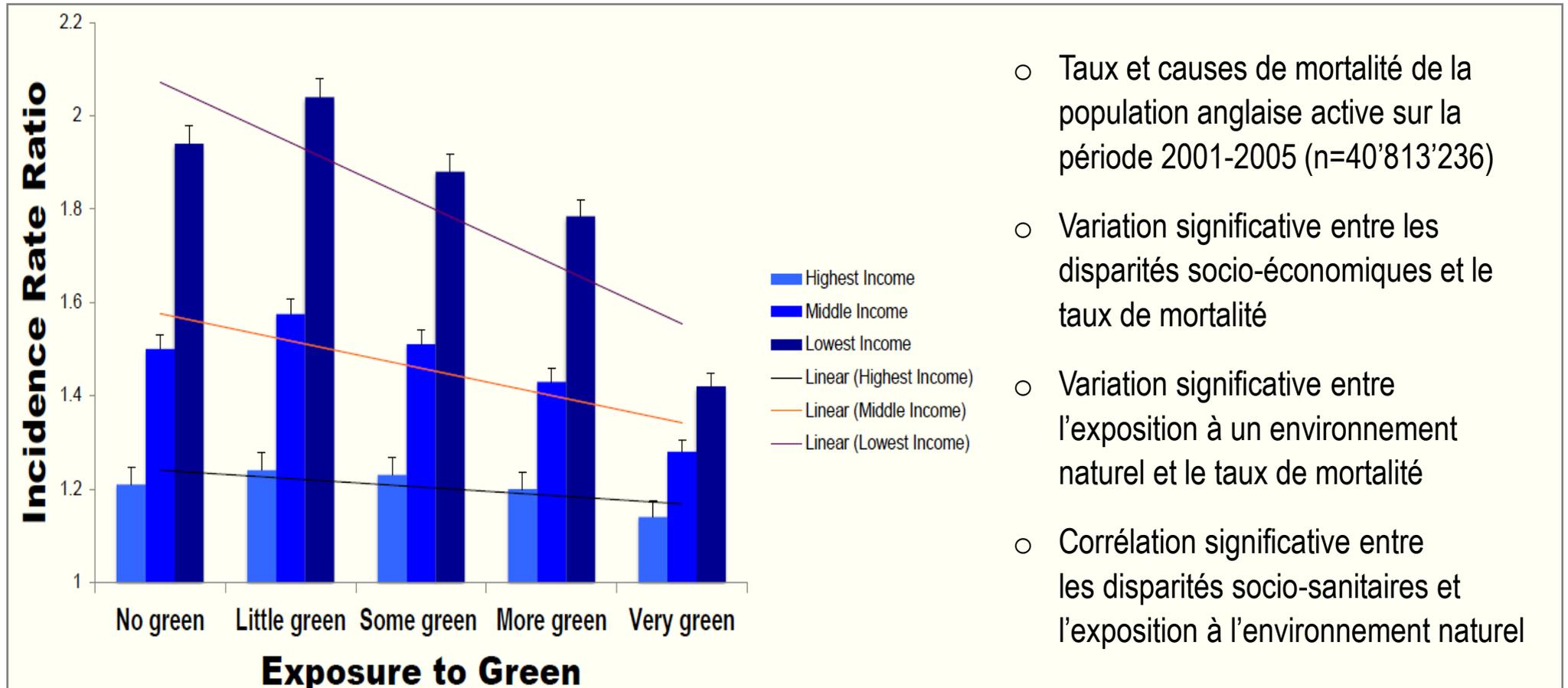


Change in salivary cortisol concentration and in pulse rate after forest walking and viewing (Bum Jin Park et al. 2009)



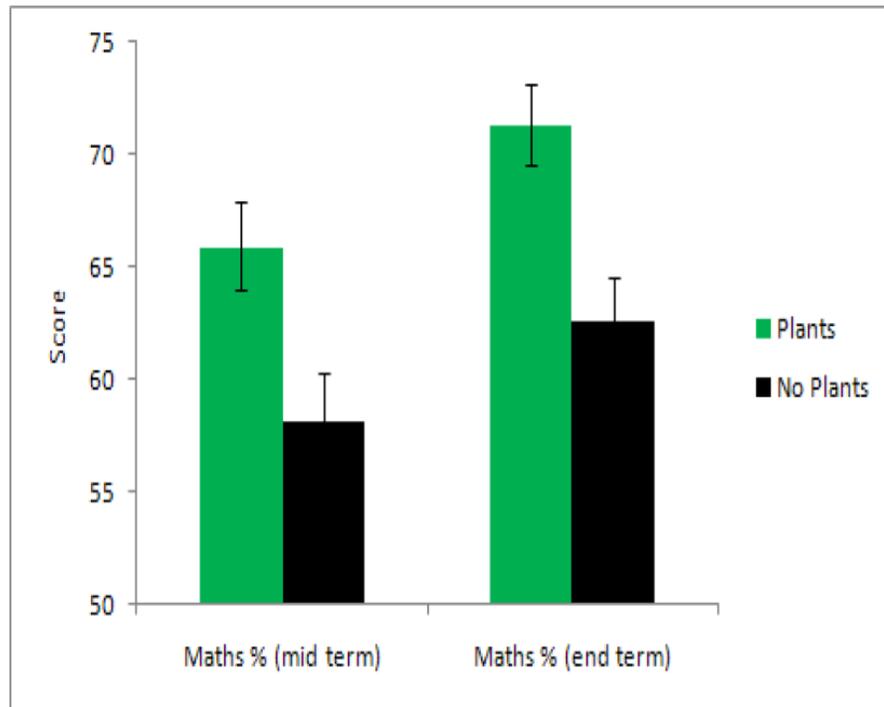
Influence l'environnement naturel sur la santé et les disparités socio-sanitaires

Effect of Exposure to Natural Environment on Health Inequalities (Mitchell and Popham 2008)



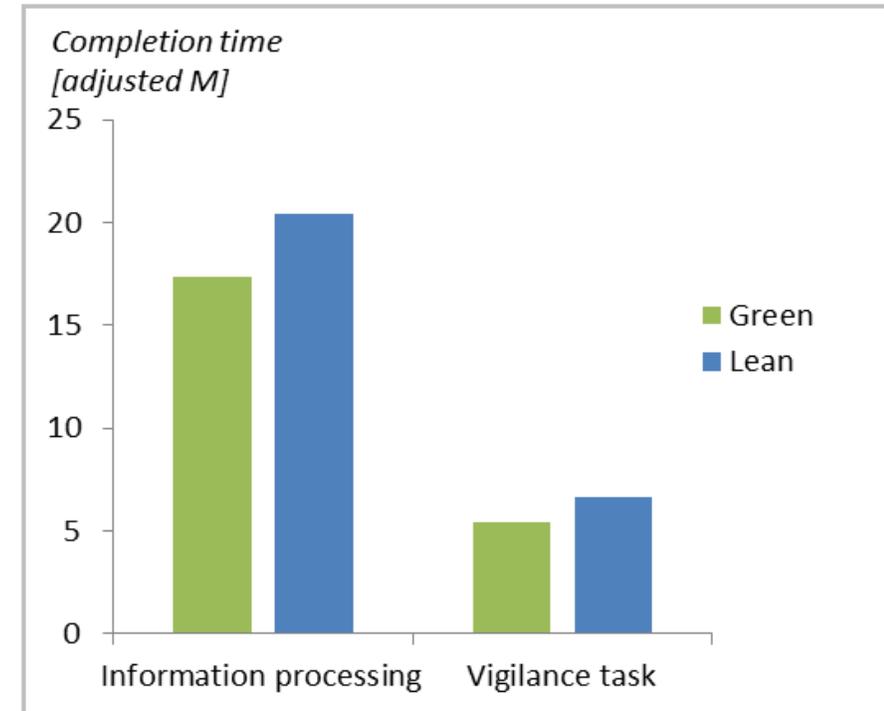
Effets de la nature sur les fonctions et les performances cognitives ou productives

“Significant **learning improvement** were found in classes with plants with increases of 10 to 14%”
(Daly et al. 2010, p.4)



[n=360 year 6-7 students]

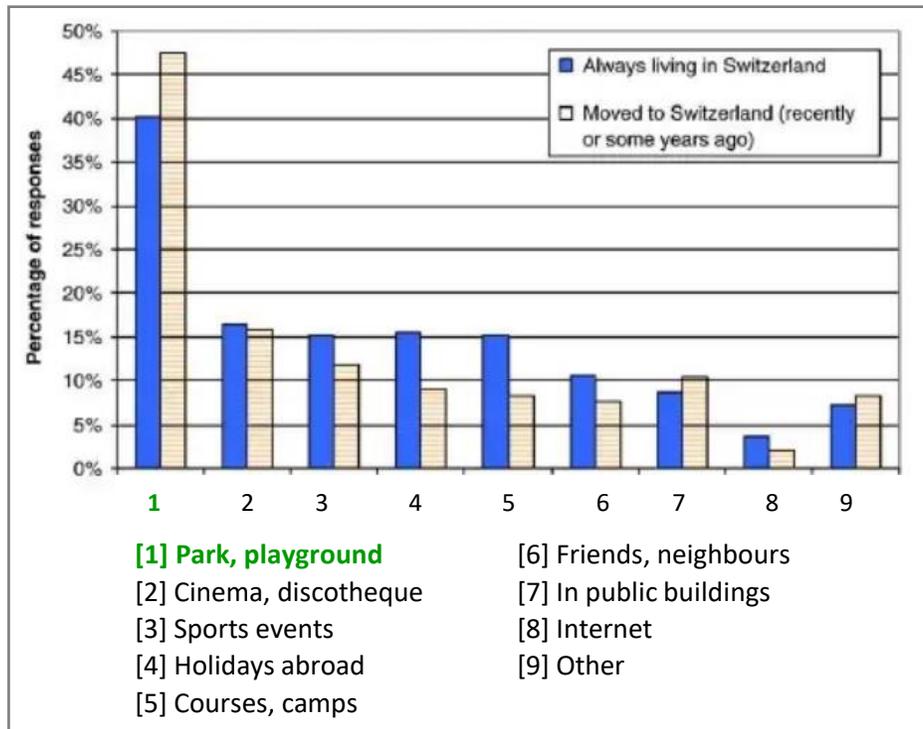
“Enriching a previously spartan space with plants served to **increase productivity** by 15%”
(Allen et al. 2016, p.12)



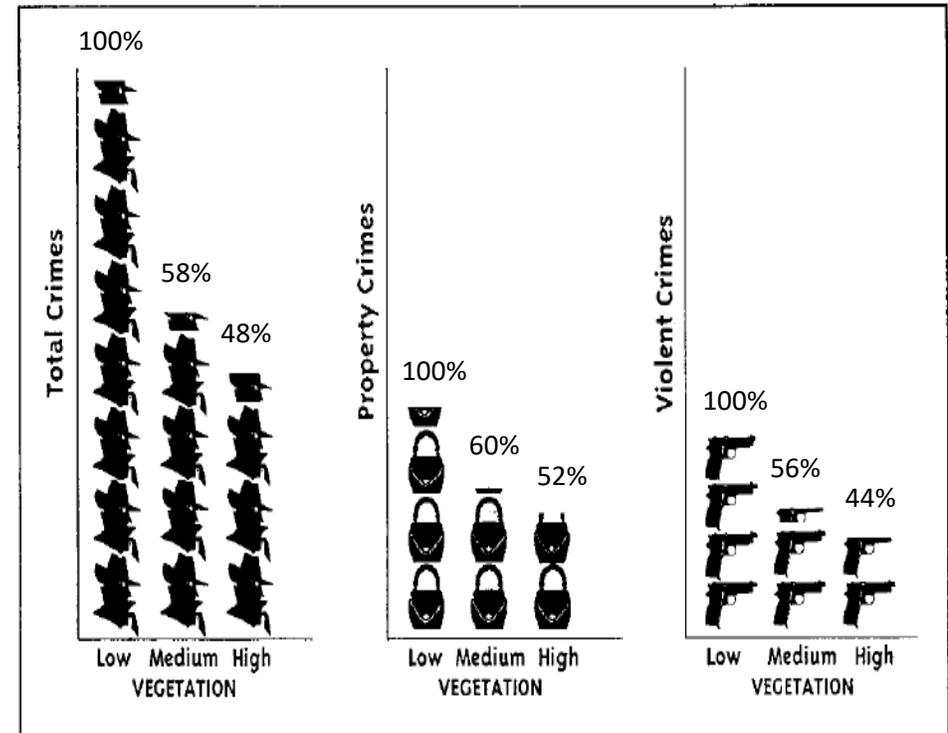
[n= 24 employees]

Influence des espaces verts urbains sur la cohésion sociale et la sécurité publique

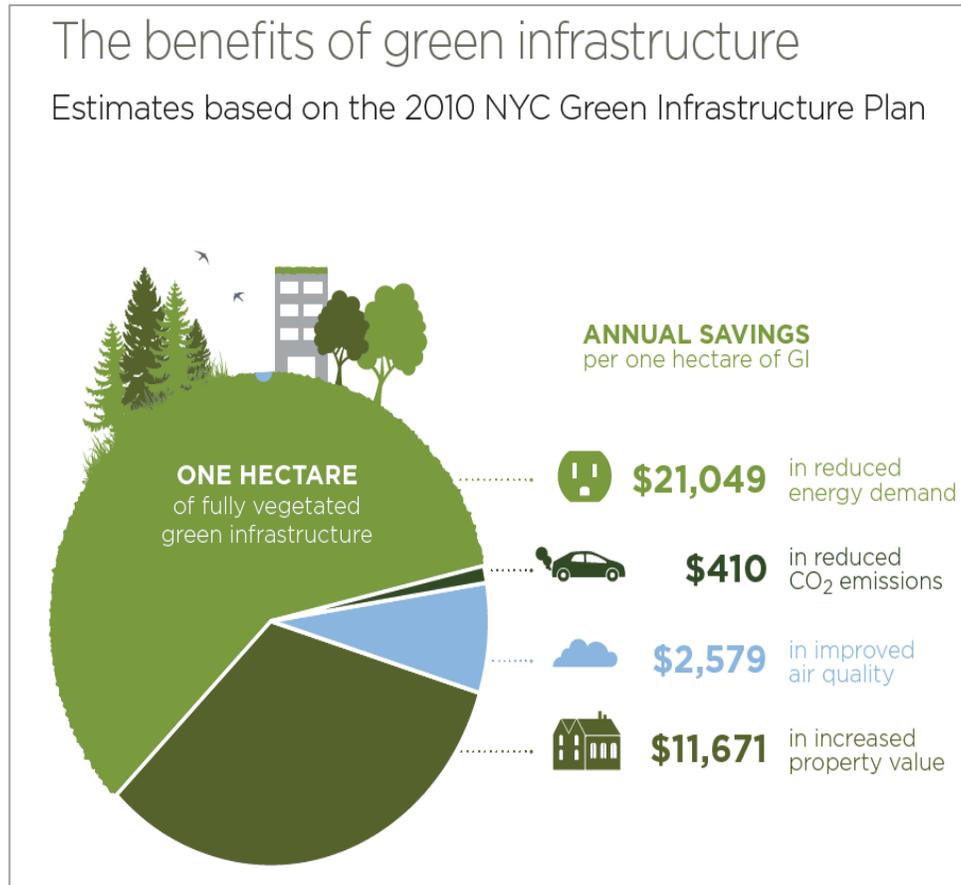
The role of public green space for **social inclusion** of youths from different cultures (Seeland 2008, p.13)



Environment and crime in the inner city. Does vegetation **reduce Crime**? (Kuo et al. 2009, p. 355)



Valeurs économiques et financières des infrastructures «vertes & brunes & bleues»



Metro Vancouver n.d. p.12

Outside our Doors. The benefits of cities where people and nature thrive (Israel and Wolf, 2016)

- Les **prédisposition d'achats** individuelles peuvent augmenter de 9 à 12% dans les zones commerciales ayant une arborisation de qualité (Joye et al. 2010)
- La **valeur immobilière** d'un bien résidentiel peut augmenter jusqu'à à 20% s'il se trouve à proximité d'un parc ou d'un espace vert (Geoffrey et al. 2010)
- Une **place de travail** peut être jusqu'à 33% plus attractive selon la qualité de vie et l'environnement naturel du lieu où elle se trouve (Sears 1998)
- La présence d'espaces verts et de zones de loisirs en plein air sont des critères clés pour le **développement économique** d'une région (Crompton 2007)

An aerial photograph of a dense urban skyline, likely Hong Kong, featuring numerous high-rise buildings. A semi-transparent white rectangular box is overlaid on the upper portion of the image, containing the text 'Y-a-t'il encore de la place pour la nature dans les villes de demain ?' in a bold, red, sans-serif font. The background shows a mix of modern glass skyscrapers and older, more densely packed residential buildings. A construction site with green safety netting is visible in the lower-left corner.

Y-a-t'il encore de la place pour la nature dans les villes de demain ?

Le nouvel **OR VERT** des villes !



Bosco Verticale, Milan, Italy

Le nouvel **OR VERT** des villes !



Garden by the Bay, Singapour

Le nouvel **OR VERT** des villes !



Liuzhou Forest City, région autonome du Guangxi, Chine
(ville-forêt de 3'750'000 habitants conçue par Stefano Boeri)