

Onderzoeksresultaten EcoCities



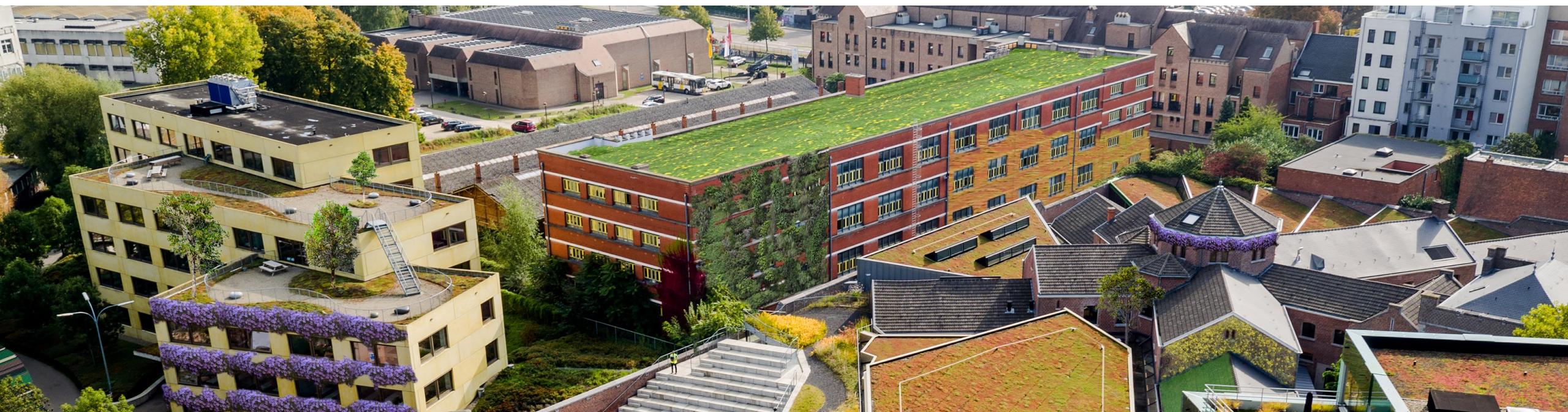


wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

WP5:

Literatuurstudie thermische effecten
groendaken

Edwige Noirfalisse & Nicolas Heijmans, WTCB





Groendaken: wat is hun reële impact?

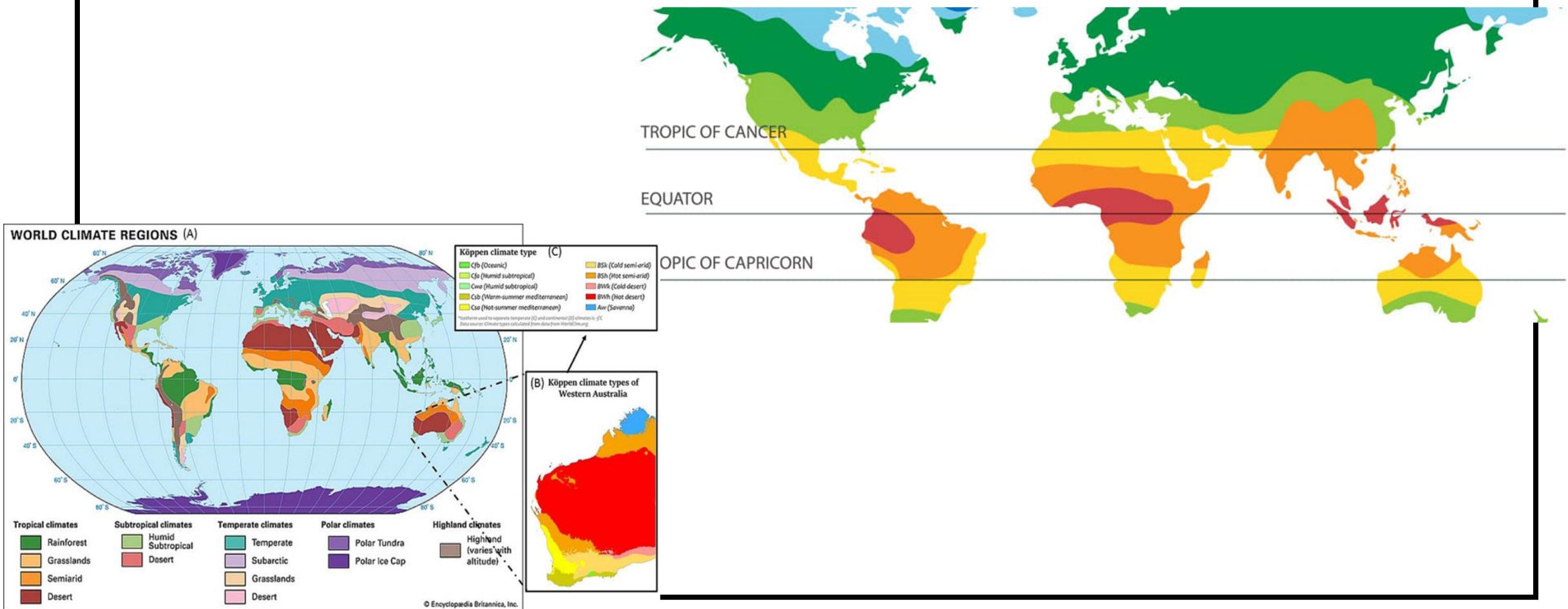
In bepaalde configuraties kunnen groendaken in zekere mate bijdragen tot het zomercomfort in gebouwen en dienstdoen als buffer bij zware regenvval. Ze kunnen echter noch de thermische-isolatielaag vervangen, noch overstromingen zoals we in juli 2021 meegemaakt hebben, voorkomen.

Thermische prestaties / effecten

- 1. Thermische weerstand – U-waarde**
- 2. Zonneprestatie, albedo – g-waarde**
- 3. Oppervlaktetemperatuur / microklimaat rond het dak en mogelijke impact op hitte-eilandeffect**
- 4. Effect op het verbruik voor verwarming en koeling**
- 5. Wat te onthouden?**

Thermische prestaties / effecten

Gebaseerd op een zo volledig mogelijke literatuurstudie; veel studies hierover
Sortering van resultaten voor klimaten die vergelijkbaar zijn met het onze



Thermische prestaties / effecten

- 1. Thermische weerstand – U-waarde**
2. Zonneprestatie, albedo – g-waarde
3. Oppervlaktetemperatuur / microklimaat rond het dak en mogelijke impact op hitte-eilandeffect
4. Effect op het verbruik voor verwarming en koeling
5. Wat te onthouden?

1. Thermische weerstand

Normen [1, 2] en Technische Voorlichting 229 WTCB [3]:

λ -waarden grond/grind tussen 1,5 en 3 (hoger indien nat / winter)

R-waarden groendaken ~0,04 (extensief 8 cm) – 0,13 (intensief 25 cm)

λ thermische geleidbaarheid (W/mK)
R thermische weerstand (m^2K/W)
 $R = d$ (dikte) / λ eis dak $\geq 4,17$
 $U = 1/R$

Wetenschappelijke studies [4-12]:

Ref.	Details	λ
[5]	Lava	0,5
	Expanded clay	0,3
	EPS in grain	0,9
	Sand/pebbles	1,4
[6]	Soil 1100 kg/m ³ 5% - 25% water	0,39 – 0,70
	Soil 1500 kg/m ³ 5% - 25% water	0,73 – 1,26
[7]	Substrate dry - wet	0,045 – 0,92
[10]	Light soil mixture wet to clay	0,4 – 0,5

Ref.	Details	R
[4]	Sedum	30° - 35°C (ext. T°)
	Vinca	30° - 35°C
	Ray-grass	30° - 35°C
[8]	Green roof	0,69
	Green roof with water retention	0,94
[9]	Substrate 100 mm dry - wet	0,400 – 0,063
[11]	Wet expanded clay 5 cm + substrate 10 cm	0,55
[12]	R-values green roofs	0,34 – 0,47

R-waarde groendaken 0,32 à 0,94 m²K/W

→ 8 à 23% van de eis voor daken (U = 0,24 W/m²K; R = 4,17 m²K/W)

→ 1 à 2 cm PU-isolatie (λ 0,025)

→ 1,5 à 4 cm MW-isolatie (λ 0,040)

Maar...

1. Thermische weerstand

Warmtestroom ($\text{W/m}^2 = \text{J/s/m}^2$)

Ook warmtestroom door dak bestudeerd / gemeten

Ref.	Details	Reduction heat transfer gain (summer) / loss (winter)
[13]	Extensive (6,5-8cm) winter – summer	26-52% – 55-90%
	Intensive (20cm) winter – summer	41-52% – 72%
[14]	Cold winter	~25%
	Sunny winter	~14%
	Hot summer	~30%
[15]	75-100mm light substrate summer	70-90%
	winter	10-30%
[10]		60%

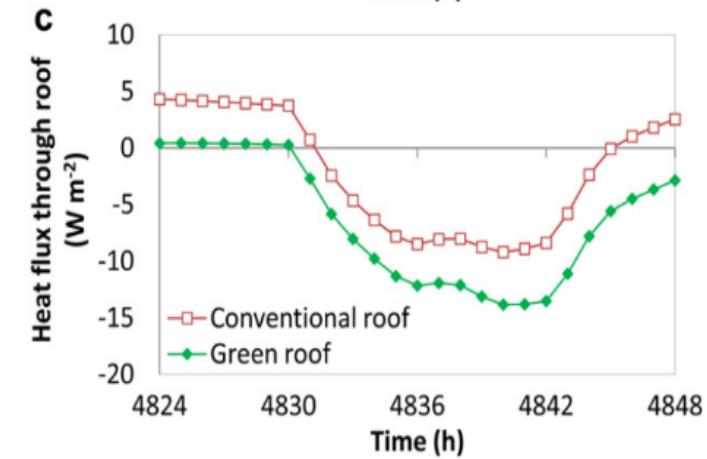


Fig. 5. Heat flux through the roof during three typical days in La Rochelle: (a) cold winter, (b) sunny winter, and (c) hot summer.

Vermindering warmtestroom (zomer) / (winter)
→ 30-90% / 10-50%

1. Thermische weerstand

EPB-regelgeving:

MAXIMAAL TOELAATBARE U-WAARDEN

Constructiedeel	U_{max} (W/m ² K)
1 SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN, met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume	
1.1 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), lichte gevels (zie 1.4), glasbouwstenen (zie 1.5) en scheidingsconstructies andere dan glas (zie 1.6)	1.50 en $U_{g,max} = 1.1$
1.2 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	
1.2.1 daken en plafonds	
1.2.2 muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4	
1.2.3 muren in contact met de grond	
1.2.4 verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	
1.2.5 vloeren in contact met de buitenomgeving	0.24

Isolatiedikte in functie daarvan berekend

→ **Geen rekening gehouden** met mogelijke (beperkte) bijdrage groendak

Zie www.normen.be → Thermische Isolatie en Installaties in Gebouwen → EPB

www.energiesparen.be – <http://energie.wallonie.be> - <https://environnement.brussels/>

Thermische prestaties / effecten

1. Thermische weerstand – U-waarde
2. Zonneprestatie, albedo – g-waarde
3. Oppervlaktetemperatuur / microklimaat rond het dak en mogelijke impact op hitte-eilandeffect
4. Effect op het verbruik voor verwarming en koeling
5. Wat te onthouden?

2. Zonneprestatie – albedo

Albedo = gereflecteerd / invallend

3. Microklimaat – hitte-eilandeffect

Verminderen indirecte zonnewinsten

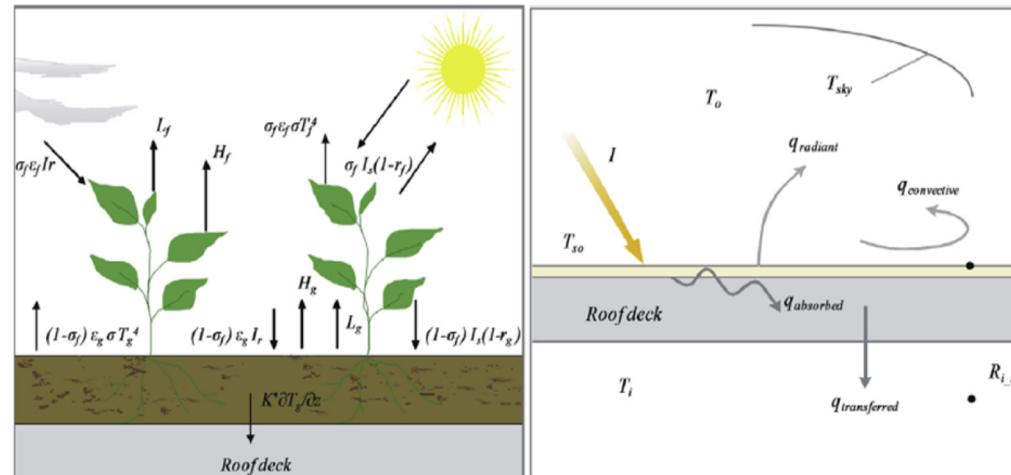
$$g = a * U / h_e$$

Om deze waarde te verminderen:

- Thermische weerstand verhogen (U-waarde verminderen)
- Zonabsorptie verminderen (reflectie vergroten)

Grootste effect = thermische isolatie (met huidige diktes)

Zonabsorptie verminderen = Albedo vergroten



[17]

Fig. 1. Energy balance for a green roof (left) and for a cool or standard roof (right).

g-waarde = X/Y

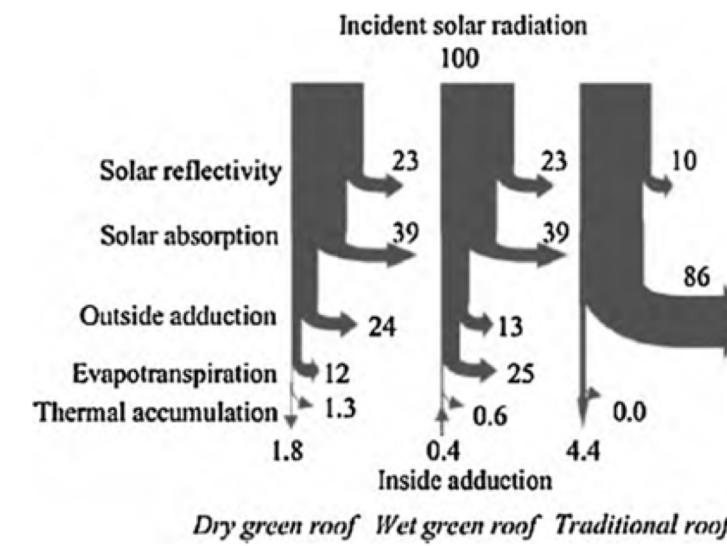
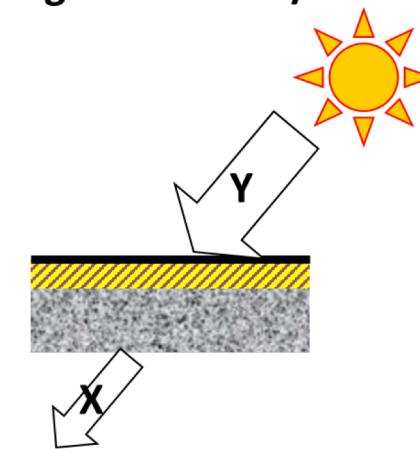


Fig. 3. Comparison of the energetic exchanges of the dry or wet green roof with a traditional roof, summer season.
Source: Lazzarin et al. (2005) [34]

[16]

2. Zonneprestatie – albedo

3. Microklimaat – hitte-eilandeffect

Ref.	Details	Reflected	Absorbed	Transmitted
[19]	Equivalent albedo green roofs gravel roof	70 – 85% 10 – 20%		
[20]	Green roofs (60% absorbed through photosynthesis)	20 – 30%	60%	20%
[21]	70% coverage, 2,25 mm leaf thickness (- 80%)	80%		20%
[22]	canopy	13%	56%	31%
[23]	Lawn layer	77%		
[24]	Black roof Reflective membrane Green roof	5% 60% 20%		

Transmissie 20-30% zonnestraling naar onderliggende lagen

2. Zonneprestatie – albedo

3. Microklimaat – hitte-eilandeffect

Verminderen temperatuurextremen afdichtingsmembraan

Zomer

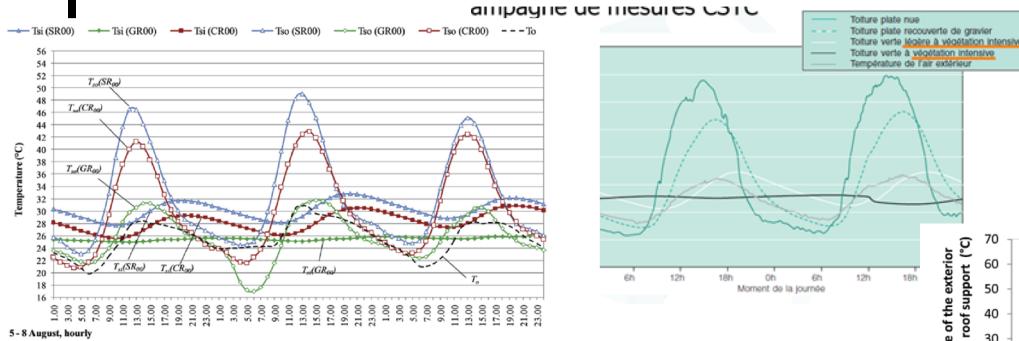
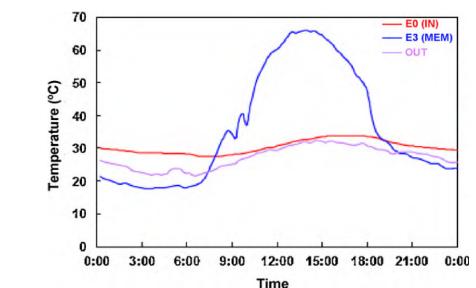
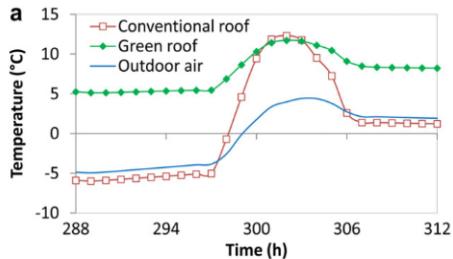


Fig. 6. Hourly profiles of outer and inner surface temperature for the standard (SR), green (GR) and cool roof (CR) with a vegetation layer.



Source: Lui and Minor (2005) [20].

Exemples de résultats

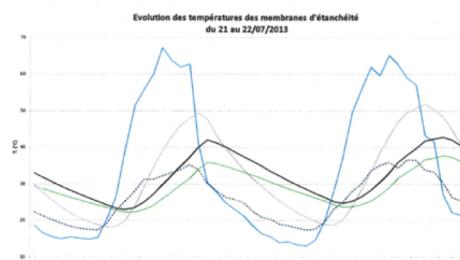


Fig. 3: Graphique de l'évolution des températures des membranes d'étanchéité du 21 au 22/07/2013

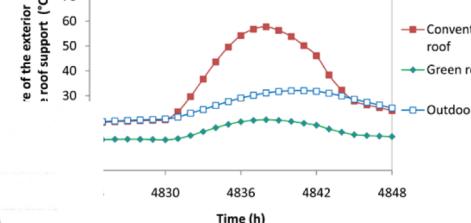
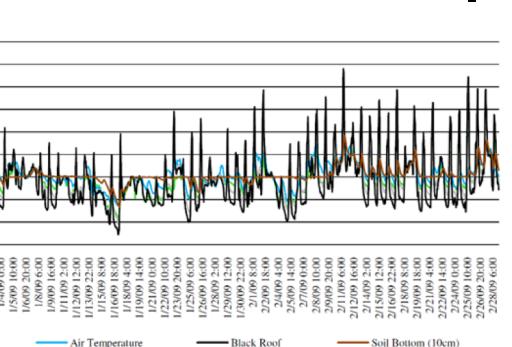
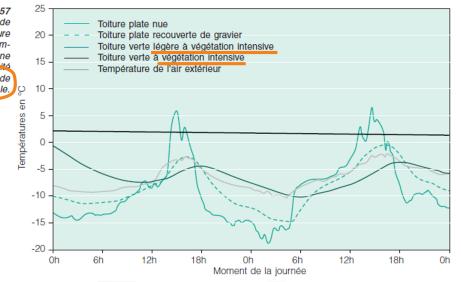


Fig. 3: Evolution of the exterior surface of the roof support during a hot day in La Louvière.

Winter



Temperatuurschommeling

→ zomer -30-45°C winter -10-15°C

Extreme oppervlaktemperaturen

→ zomer -40-50°C winter +5-10°C

2. Zonneprestatie – albedo

3. Microklimaat – hitte-eilandeffect

Verminderen hitte-eilandeffect

- [29] T° above green roof **-0,5°C**
- [30] ↑10% urban greening → **-4K** in 80 years
- [31] Large scale application green roofs → **-0,3 to 3°C**
- [32] Highest impact green roofs in hot-dry climates
 T° decrease hot day
London ~**15°C** < Montreal 20°C < Mumbai 25°C
- [24] In NY-city **-2°C**
- [33] Highest impact at night **-1,58°C**
Monthly t° **-1,06°C** (summer > winter)
- [34] T° decrease hot day up to **24°C**

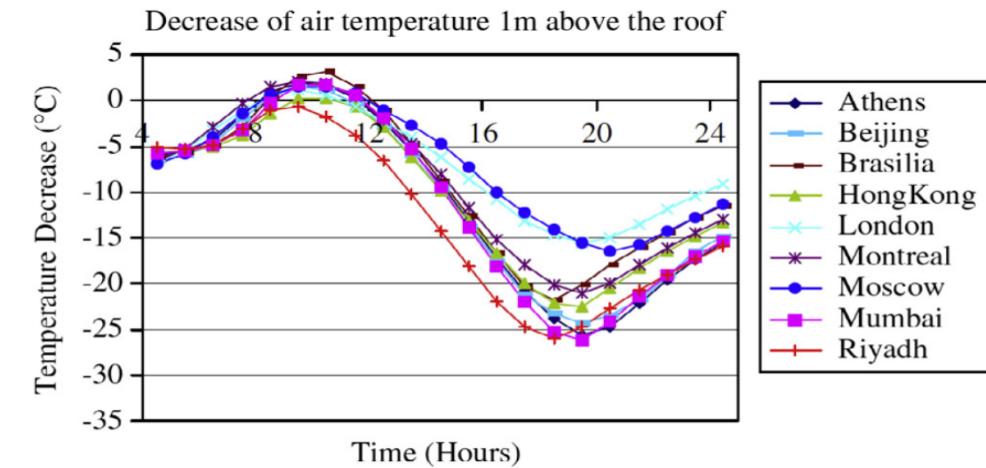


Fig. 9. Air temperature decrease at 1 m above the roof during a hot day once green roofs are extensively implemented in different cities worldwide [84].

Temperatuur bovenop / in de omgeving van groendak
→ Bovenop dak -1,5 to 2°C gemiddeld – tot >20°C bij warme daken
→ In steden -0,3 tot 3°C
→ Grottere impact in warme/droge klimaten, zomer > winter

2. Zonneprestatie – albedo

3. Microklimaat – hitte-eilandeffect

Verminderen hitte-eilandeffect

Zeer gespreide resultaten

Zeer verschillende gebruikte methodologieën

Verschillende schalen: stad / lange periode vs gebouwenblokken/dag

Beperkte impact... maar helpt al!

Bomen lijken meer impact te hebben dan groendaken om het temperatuur op grondniveau te verbeteren

Thermische prestaties / effecten

1. Thermische weerstand – U-waarde
2. Zonneprestatie, albedo – g-waarde
3. Oppervlaktetemperatuur / microklimaat rond het dak en mogelijke impact op hitte-eilandeffect
- 4. Effect op het verbruik voor verwarming en koeling**
5. Wat te onthouden?

4. Verbruik verwarming / koeling

Verminderen energieverbruik

Ref.	Details	Cooling saving	Heating saving	Total saving
[25]		6 – 32%		
[26]		6 – 49%		
[8]		6%	0,5%	1%
[6]	top floor entire building	12 – 87% 6 – 19%	0%	
[24]				40 – 100%
[27]	well insulated U = 0,26-0,4 moderately insulated U = 0,74-0,80 not insulated U = 7,76-18,18	0% 0 – 4% 22 – 45%	8 – 9% 13% 45 – 46%	2% 3 – 7% 31 – 44%
[17]	well insulated U = 0,35 moderately insulated U = 0,61 not insulated U = 2,93	9% 24% 84%	1% 2% 16%	

**Verminderen energieverbruik
zomer (koeling) / winter (verwarming) / totaal
→ 0 - 87% / 0 - 46% / 1 - 44%
→ Afhankelijk van thermische isolatie**

Veel bemoedigende cijfers, maar...

Effect meestal in de zomer, met zeer gespreide resultaten

Zeer gebouw-afhankelijk

Impact kan moeilijk berekend worden, niet genormaliseerd, niet mogelijk binnen EPB-berekening
Modelleren met specifieke software om verder te gaan

5. Wat te onthouden?

Studies en simulaties in vergelijkbare klimaten als het onze :

- Toename thermische isolatie, beperkt in vergelijking met de huidige isolatienniveaus (= **1-2 cm PU-isolatie bv.**) maar niet in aanmerking in de huidige EPB-berekeningen → vervangt of vermindert **niet** de thermische-isolatielaag
- Maximumtemperatuur in ruimten net onder dak bij warme periodes **met 1 à 2 °C kan dalen** → intensieve groendaken kunnen het **zomercomfort verbeteren**, maar de aanwezigheid van een dakvenster zonder zonnewering kan een groot deel van deze winst weer teniet doen
- **Verzachting van de extreme temperaturen** ter hoogte van de **dakafdichting** (\downarrow 40-50°C in zomer, \uparrow 5-10°C in winter) → positief effect op duurzaamheid afdichting (! moet geschikt zijn voor dit gebruik)
- Mogelijke **wijziging temperatuur rond gebouw** (\downarrow tot 3°C boven en/of in buurt van groendak), dus bijdrage tot \downarrow stedelijke **hitte-eilandeffect**, \downarrow koelbehoefte, \downarrow warmteproductie buiten... Impact kan groot zijn voor warme en droge klimaten, beperkter voor ons huidige klimaat.

Zin om te lezen...? 😊

- [1] NBN EN ISO 13370 : Performance thermique des bâtiments - Transfert de chaleur par le sol - Méthodes de calcul (ISO 13370:2017)
- [2] DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden (vormals Wärmeschutz im Hochbau)
- [3] NIT 229 'Les toitures vertes', CSTC, 2006
- [4] Cox BK. The influence of ambient temperature on green Roof R-values. Master Thesis. Portland State University; 2010.
- [5] Eumorfopoulou E., Aravantinos D., The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece, 1998
- [6] Palomo Del Barrio E., Analysis of the green roofs cooling potential in buildings, 1997
- [7] Rodriguez F. et al, Rapport final Projet ANR- 09-VILL-0007 VegDUD Programme Villes Durables 2009
- [8] Alcazar S., Bass B., Energy performance of green roofs in a multi storey residential building in Madrid, 2005
- [9] Wong NH et al, The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore, 2003
- [10] Eggenberger A., Bauphysikalische Vorgänge im begrünten Warmdach, Das Gartenamt, 6/32, 1983
- [11] Häggerle F., Warm unter der grüne Decke, DDH 22 17/2000
- [12] Niachou A. et al, Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, 2001
- [13] BBRI, Green roofs, analysis of the thermal performances – Final report, 2004
- [14] Jaffal I. et al, A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance, 2012
- [15] Lui K., Minor J., Performance evaluation of an extensive green roof, 2005
- [16] Lazzarin RM, Castellotti F, Busato F., Experimental measurements and numerical modeling of a green roof. Energy Build 2005;37:1260–7.
- [17] Gagliano A. et al, A multi-criteria methodology for comparing the energy and environmental behavior of cool, green and traditional roofs, 2015
- [18] Berardi U. et al, State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs, 2014
- [19] Gaffin S.R., Khanbilvardi, R., Rosenzweig, C., 2009. Development of a green roof environmental monitoring and meteorological network in New York City.
- [20] Weng Q, Lu D, Schubring J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies, 2004.
- [21] Sathien K, Techato K, Taweekun J. Using vertical green as material for complying building energy code. Adv Mater Res 2013;622:1035–8.
- [22] D'Orazio M. et al, Green roof yearly performance: A case study in a highly insulated building under temperate climate, 2012
- [23] Onlmura S. et al, Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens, 2000
- [24] Susca T. et al, Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs, 2011
- [25] Belarbi R, Ouldboukhitint SE, AGROnomie et BATiment: incidence des toitures végétalisées sur la performance énergétique des bâtiments selon une approche pluridisciplinaire, 2012
- [26] Santamouris M. et al, Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, 2007
- [27] Castleton HF et al, Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit, 2010
- [28] Ouldboukhitine SE et al, Assessment of green roof thermal behavior: A coupled heat and mass transfer model, 2011
- [29] Qin X, Wu X, Chiew YM, Li Y. A green roof test bed for stormwater management and reduction of urban heat island effect in Singapore, 2012
- [30] Gill SE et al, Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure, 2007
- [31] Santamouris M. Cooling the cities- a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, 2012
- [32] Alexandri E, Jones P., Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, 2008
- [33] Speak AF et al, Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage
- [34] Baryla A. et al, Changes in Temperature and Moisture Content of an Extensive-Type Green Roof, 2019
-