

FORMATION BATIMENT DURABLE

GESTION DES SURCHAUFFES ESTIVALES

PRINTEMPS 2025

Retour d'expérience

Changement climatique et conception de bâtiments

Mirjana VELICKOVIC

MK Engineering



- ▶ **Données climatiques futures:** comment sont-elles produites?
Comment le climat va-t-il changer?
- ▶ **Etudes de cas:** comment concevoir les bâtiments avec la STD,
avec prise en compte du changement climatique ?

⇒ **Comment concevoir les bâtiments de demain?**



CLIMAT

- ▶ **Passé, présent, futur**
- ▶ **Prédire le climat futur**
- ▶ **Données météo: analyse**

ETUDES DE CAS

- ▶ Logements
- ▶ Kots étudiants
- ▶ Ecole
- ▶ Bureaux
- ▶ Analyse transversale

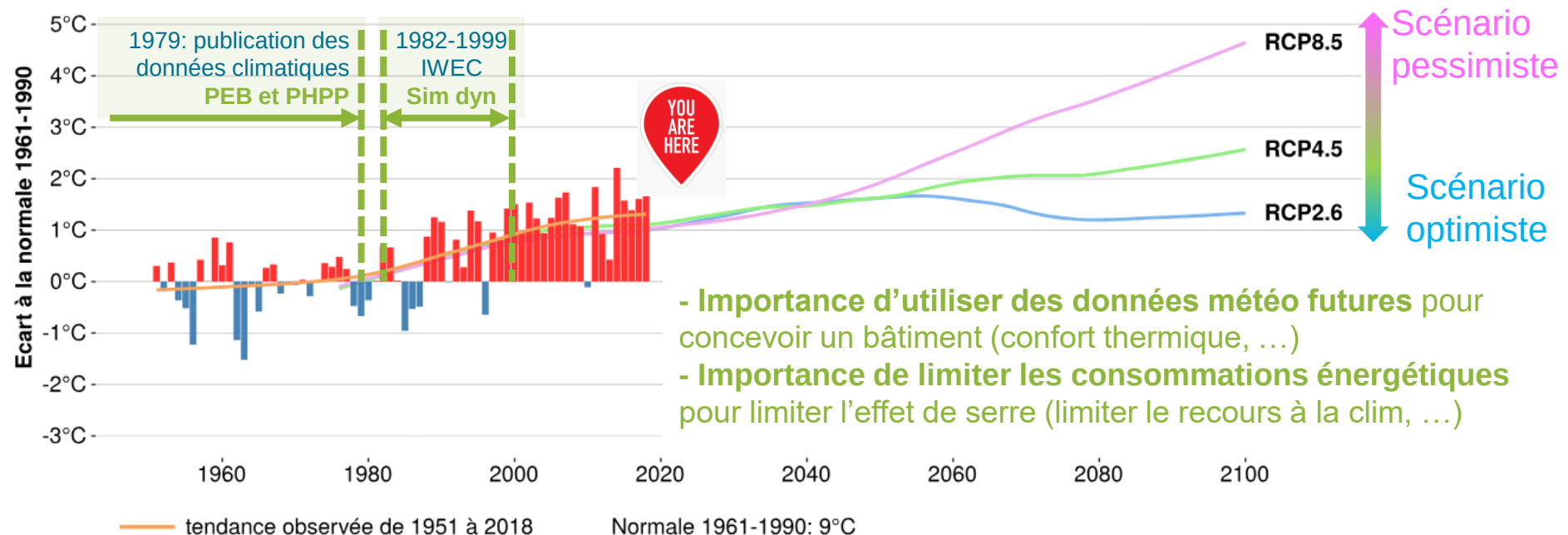
CONCEVOIR LES BÂTIMENTS DE DEMAIN



4 CLIMAT PASSÉ, PRÉSENT, FUTUR

 Evolution de la température annuelle moyenne en Belgique

Projections climatiques jusqu'à 2100 selon 3 scénarios d'émission de GES (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5).
Observations de 1951 à 2018 (moyenne de 8 stations historiques)



Source: IRM (Institut Royal Météorologique), www.meteo.be

**Concevoir avec fichiers météo représentant le climat actuel et le climat futur:
Année moyenne et année extrême**



5 CLIMAT PASSÉ, PRÉSENT, FUTUR

Conséquence du réchauffement climatique:

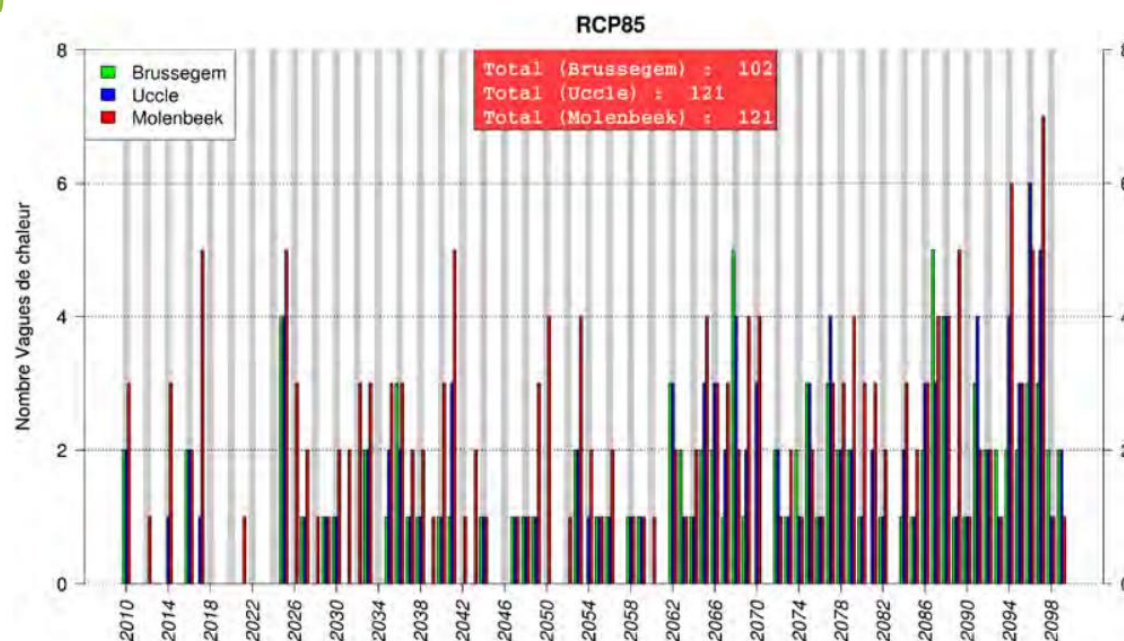
- Augmentation des phénomènes météo extrêmes

Entre autres: vagues de chaleur plus fréquentes et intenses

« On peut s'attendre pour le centre-ville de Bruxelles en 2100 à ce que :

- le nombre de vagues de chaleur ait triplé ;
- l'intensité des vagues de chaleur ait doublé ;
- la durée des vagues de chaleur ait augmenté de 50% »

(IRM 2020)



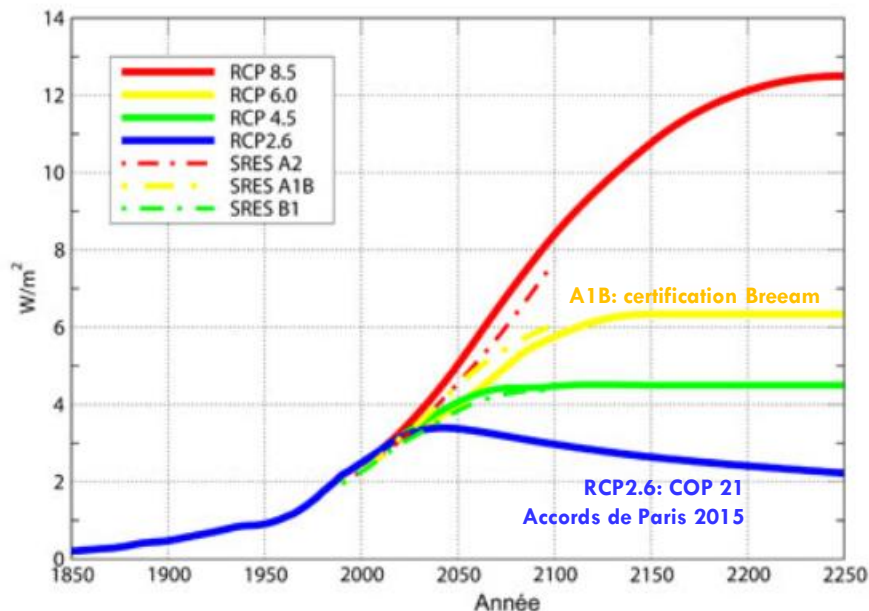
Évolution du nombre de vagues de chaleur selon le scénario le plus pessimiste (RCP 8.5) pour trois types d'environnements à Bruxelles : un rural (Brussegem en vert), un suburbain (Uccle en bleu) et un urbain (Molenbeek en rouge). Source: IRM.



Prévisions du GIEC (*fonction de différents scénarios d'évolution socio-économique*)

- ▶ 1^{er} rapport (1990): scénarios dits « SRES » (special report on emissions scenarios)
- ▶ 5^{ème} rapport (2014): scénarios dits « RCP » (representative concentration pathways)
- ▶ 6^{ème} rapport (2022): scénarios dits « SSP » (Shared Socioeconomic Pathways)

Quantification de
l'effet de serre
(« Bilan radiatif ») →



Scénario
pessimiste

Scénario
optimiste

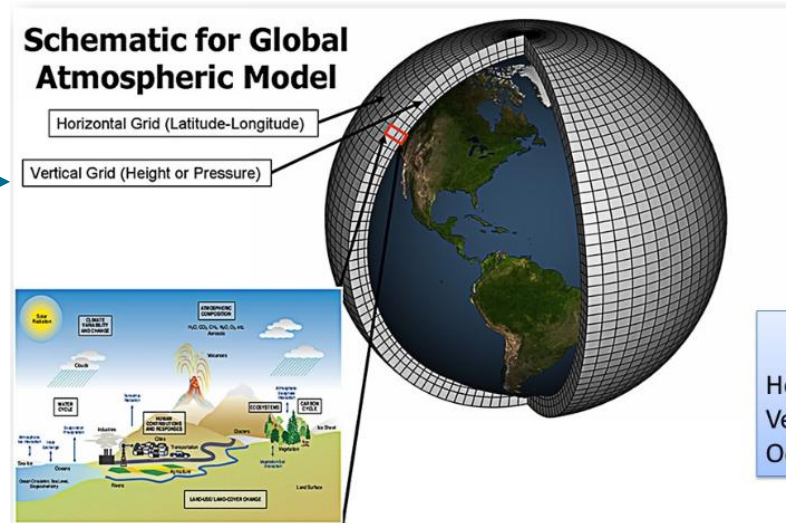
Figure 3 : Après 2006, les traits continus correspondent aux scénarios dits RCP (Representative Concentration Pathways) et les traits pointillés aux scénarios SRES – source : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/le-giec-groupe-dexperts-intergouvernemental-sur-levolution-du-climat/les-scenarios-du-giec> (d'après S. Planton)



7 PRÉDIRE LE CLIMAT FUTUR

Modélisation du climat futur à l'échelle de la planète (GIEC)

- **Modélisation** de l'interaction entre l'atmosphère, les océans, la cryosphère et la surface terrestre en fonction de l'effet de serre.
- **Pas directement exploitable pour STD** (trop grande échelle spatiale, données mensuelles et non horaires)
- **Nécessite une mise à l'échelle** spatiale et temporelle (« downscaling »)



Grid spacing

Horizontal: 100 – 250Km
Vertical: 1Km
Ocean: 100m

Résolution spatiale des GCM (General Circulation Model) - source : <http://climateilluminated.com>



Mise à l'échelle (« downscaling »)

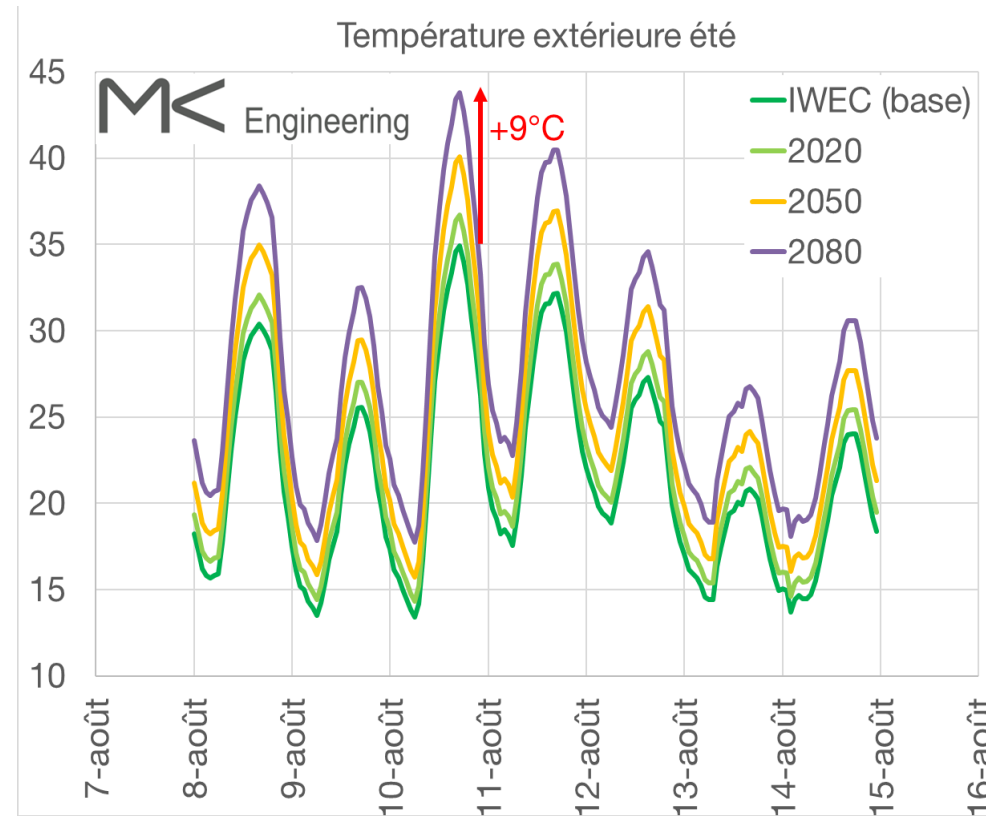
► Downscaling statistique

- **Morphing**: sur base de données existantes passées. Outil Excel open source et facile d'utilisation.
- **Stochastique**: génération aléatoire sur base de données statistiques. Logiciel payant.



- **Downscaling dynamique**
Simulations détaillées réalisées par un consortium d'unités de recherche au niveau européen et mondial.

+ précis
↓



Température extérieure lors d'une vague de chaleur, comparaison entre données historiques (IWEC), actualisées (2020) et futures (2050 et 2080) selon la technique de morphing - source : MK Engineering

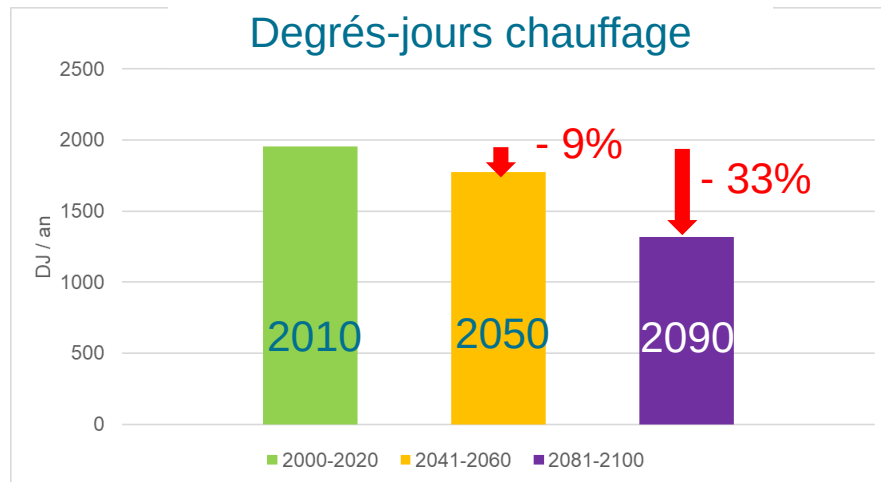
CSTC: accès restreint, sur demande

ULg: libre accès <https://doi.org/10.5281/zenodo.5606983>



Downscaling dynamique: à quoi ressemble le climat futur?

	Référence IRM 1961- 90	IWEC 1982- 1999	2010	2050	2090
T°moy annuelle Uccle	9,8	10,29	10,77	11,58	13,41
Augmentation de T°moy	+ 0,0°C	+ 0,49°C	+ 0,97°C	+ 1,78°C	+ 3,61°C



source : MK Engineering



FORMATION BATIMENT DURABLE – GESTION DES SI

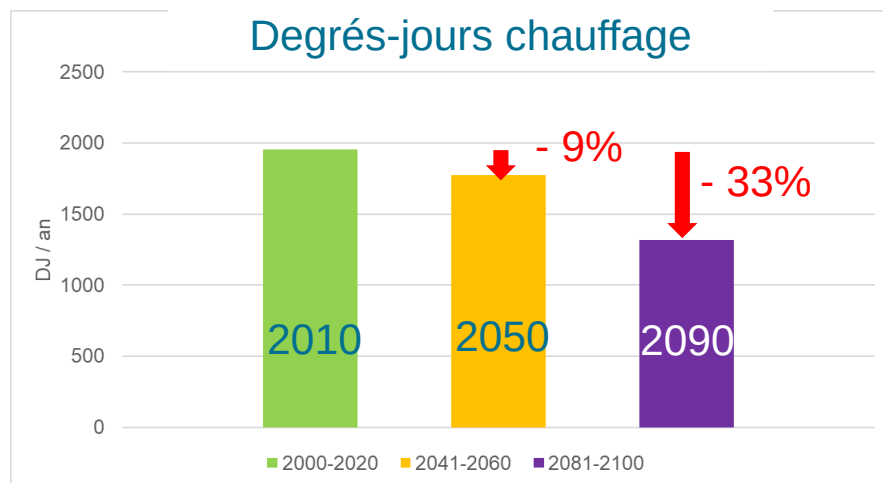
Notion de « degrés-jours »:

Différence entre la température extérieure et une température de référence qui permet de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique pour maintenir un bâtiment confortable en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été.

Nous utilisons ici la notion de « degrés-jours » pour quantifier la sévérité du climat.

Downscaling dynamique: à quoi ressemble le climat futur?

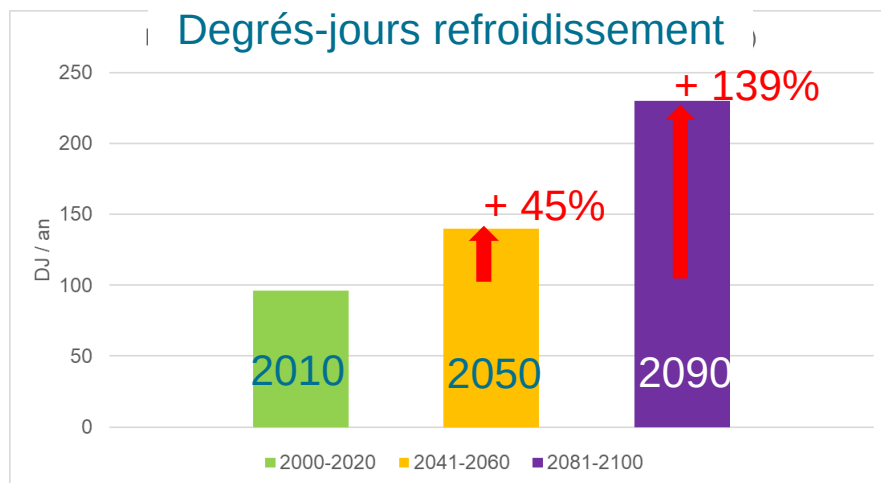
	Référence IRM 1961- 90	IWEC 1982- 1999	2010	2050	2090
T°moy annuelle Uccle	9,8	10,29	10,77	11,58	13,41
Augmentation de T°moy	+ 0,0°C	+ 0,49°C	+ 0,97°C	+ 1,78°C	+ 3,61°C



source : MK Engineering



FORMATION BATIMENT DURABLE – GESTION DES SURCHAUFFES ESTIVALES – PRINTEMPS 2025



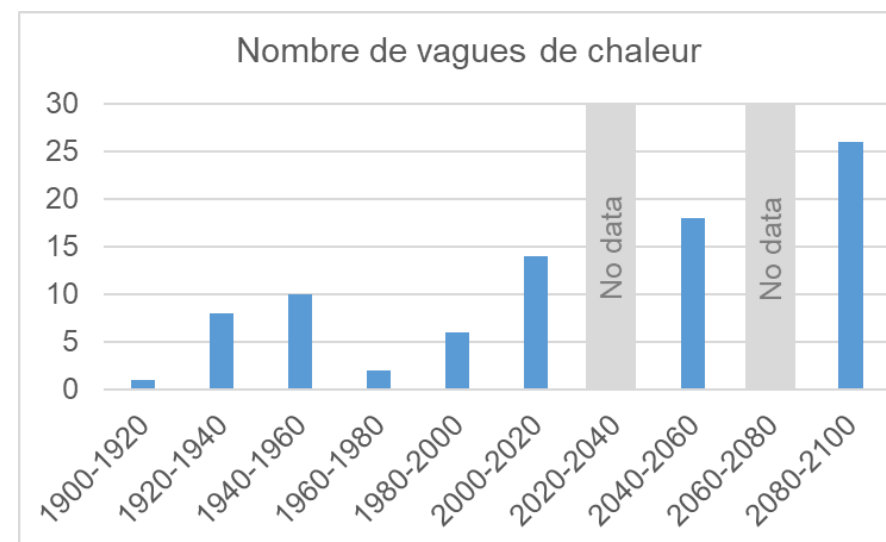
source : MK Engineering

Downscaling dynamique: à quoi ressemble le climat futur?

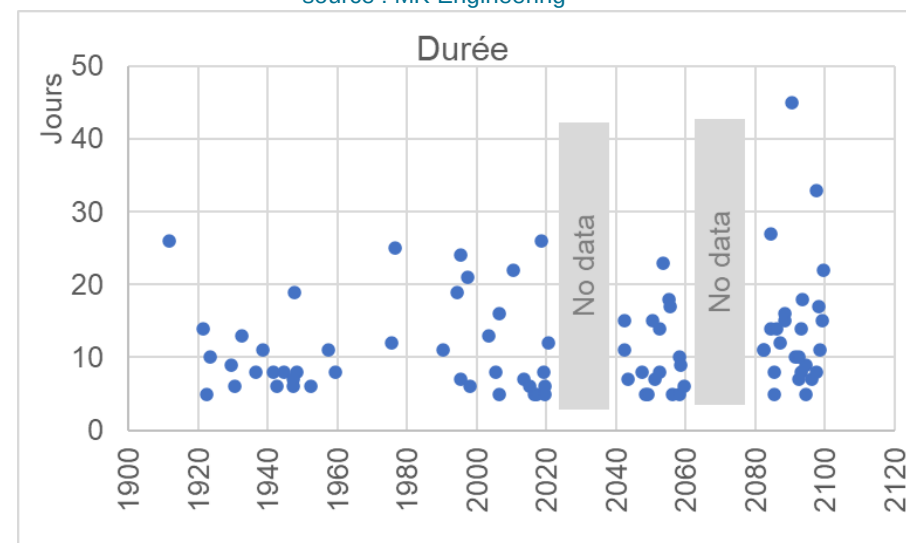
Vague de chaleur:

Min 5 jours > 25°C dont au moins 3 jours > 30°C

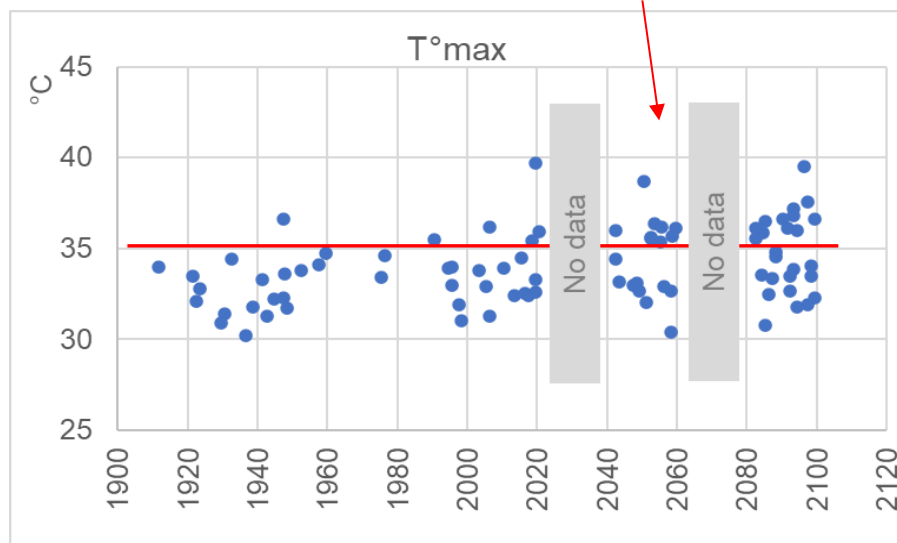
T° max moins élevée à l'avenir?? Données à prendre avec précaution.



source : MK Engineering



source : MK Engineering



source : MK Engineering



CLIMAT

- Passé, présent, futur
- Prédire le climat futur
- Données météo futures

ETUDES DE CAS

- Logements
- Kots étudiants
- Ecole
- Bureaux
- Analyse transversale

OBJECTIF: épingler des tendances pour différentes affectations

(les conclusions ne peuvent être considérées comme des vérités absolues)

CONCEVOIR LES BÂTIMENTS DE DEMAIN



Plan des études de cas

		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements 2019
		/	2 Kots étudiants 2019
Météo future	Morphing	3 Ecole 2010 – 2050 – 2090	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux 2000-2000; 2040-2060; 2080-2100	

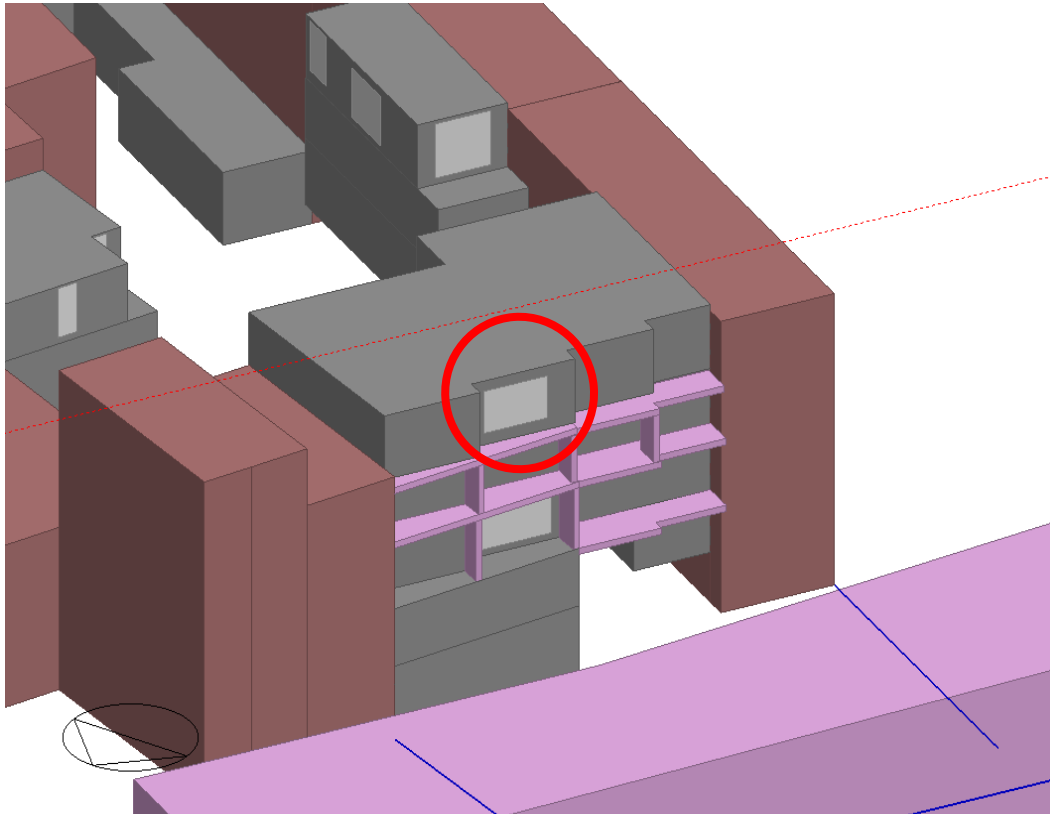


1 – Appartements – année 2019

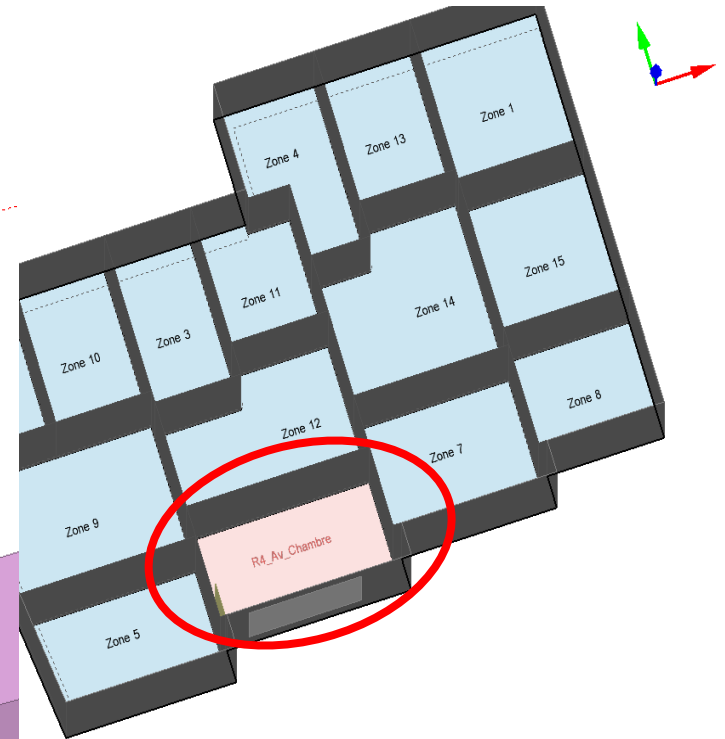
		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements 2019
		/	2 Kots étudiants 2019
Météo future	Morphing	3 Ecole 2010 – 2050 – 2090	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux 2000-2000; 2040-2060; 2080-2100	



Chambre orientée ouest



source : MK Engineering

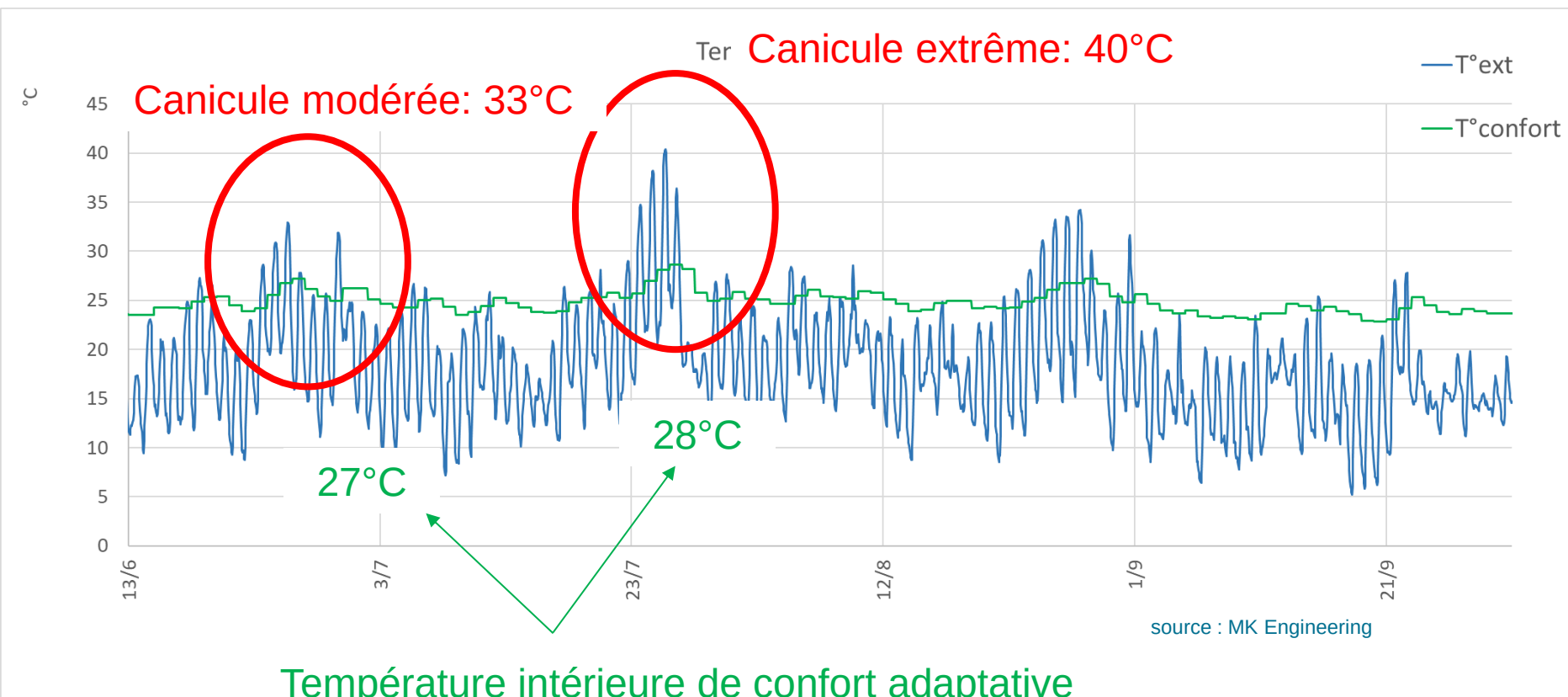


source : MK Engineering

Projet « chaussée d'Anvers ». Architecte: Pierre Blondel. Maîtrise d'ouvrage conjointe CLTB et Bruxelles Environnement.



Données météo utilisées: année 2019



Température intérieure de confort adaptative
= temp « idéale » en fonction de la météo des 5 derniers jours
(normes NBN EN 16798-1:2019)

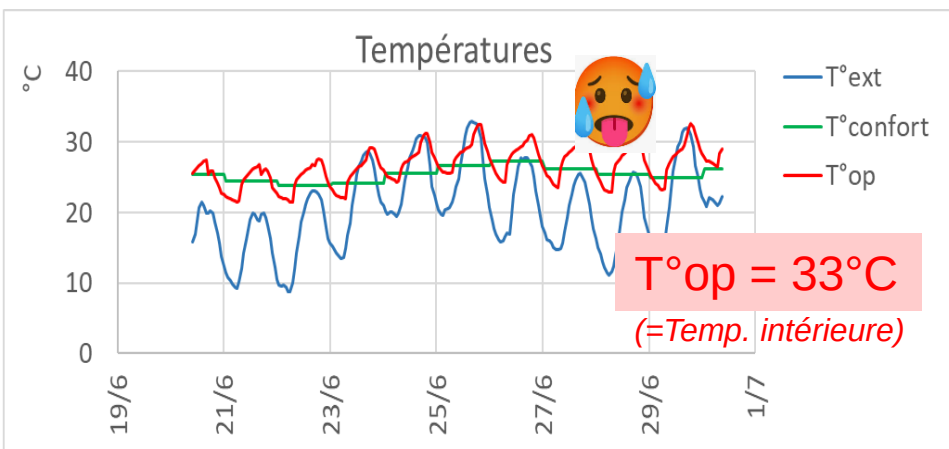


**Sans stores
extérieurs**

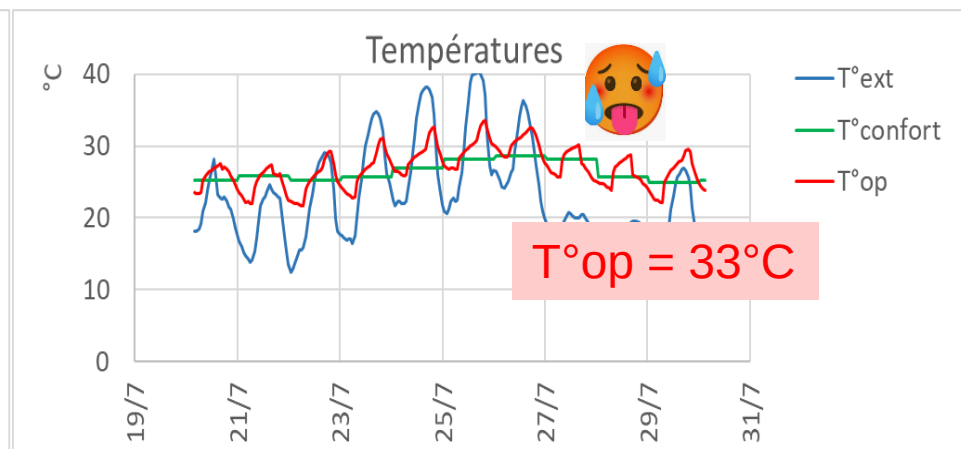
$T^{\circ}op$ = température intérieure opérative (température ressentie, calculé ici comme étant la moyenne entre température de l'air et des parois)

Vague de chaleur
modérée (33°C)

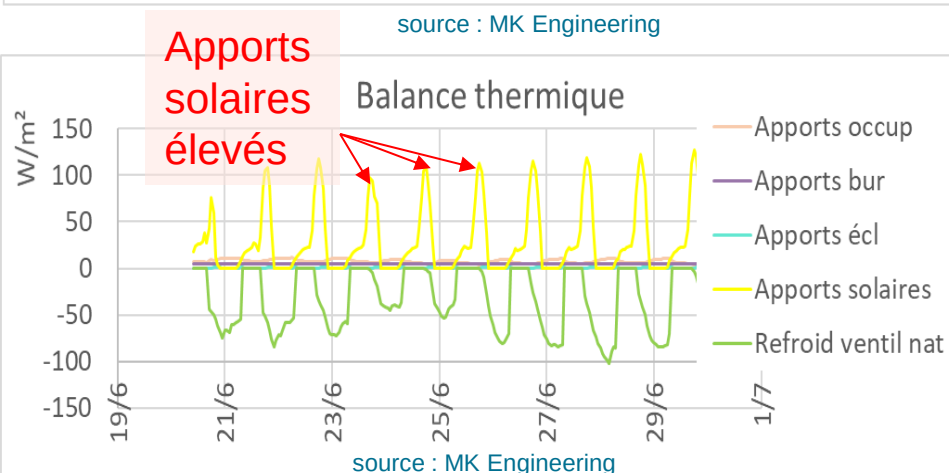
Vague de chaleur
extrême (40°C)



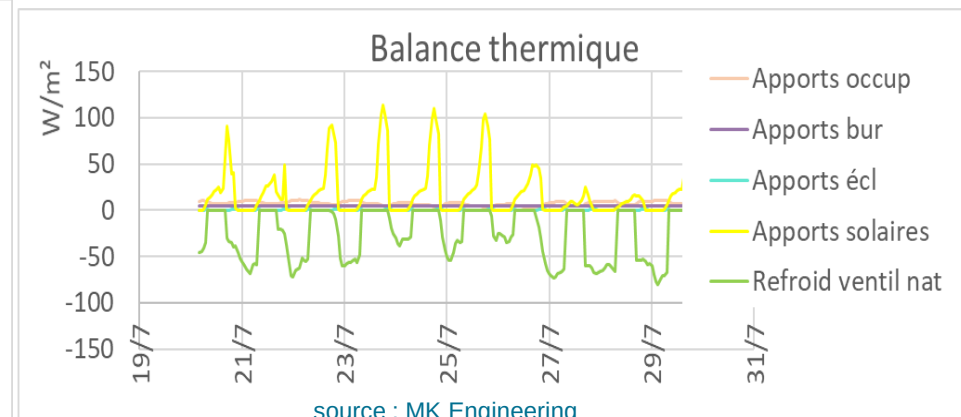
source : MK Engineering



source : MK Engineering



source : MK Engineering



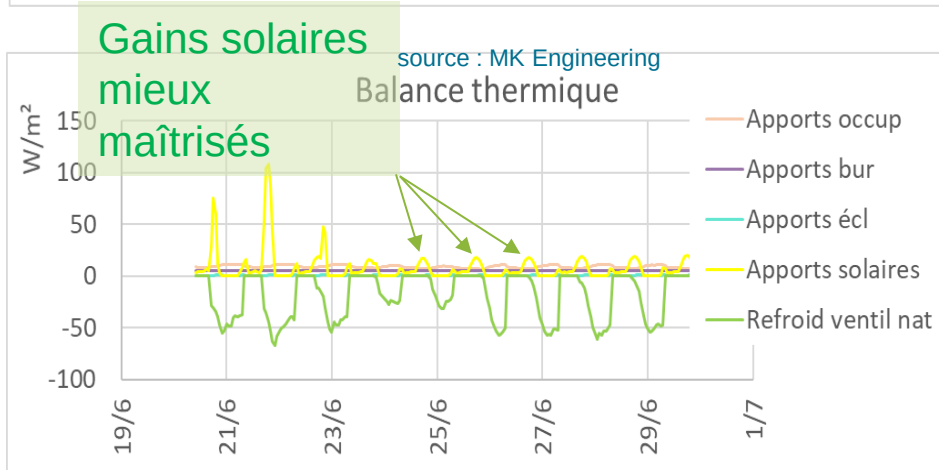
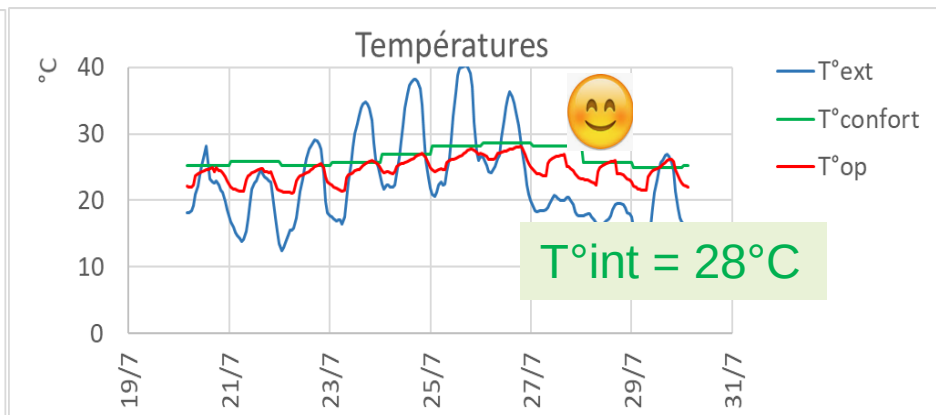
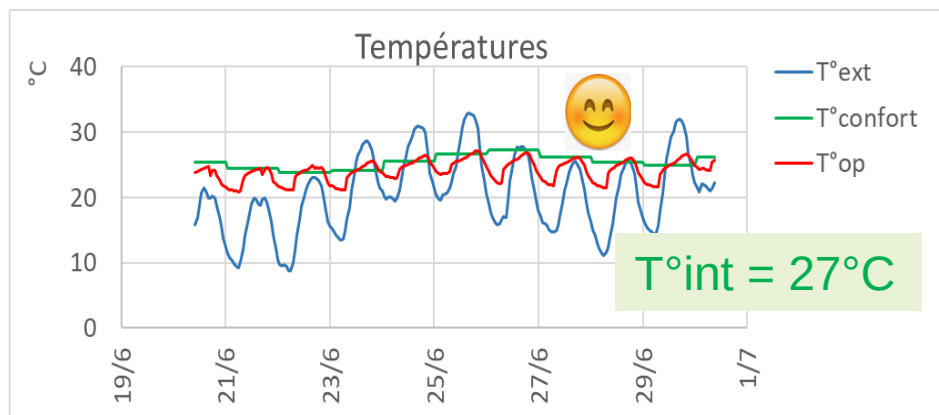
source : MK Engineering



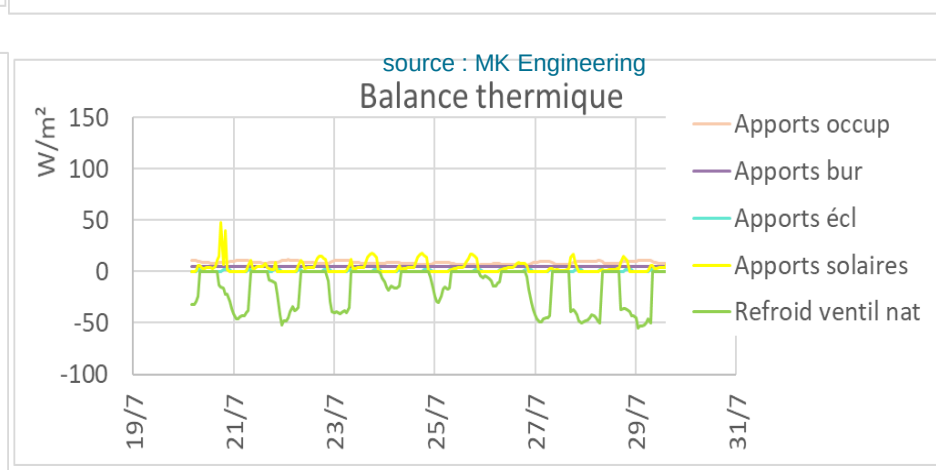
Avec stores
extérieurs

Vague de chaleur
modérée (33°C)

Vague de chaleur
extrême (40°C)



source : MK Engineering



source : MK Engineering



Comparaison STD versus PEB

	STD <i>Analyse sur 1 seule zone</i> <i>Année 2019 (extrême)</i> <i>Calcul horaire</i> <i>Heures d'inconfort</i>	PEB <i>Calcul sur duplex entier</i> <i>Année typique 1979 + 1°C</i> <i>Calcul mensuel</i>
Sans store ext	$1229 \text{ h} / 8760 \text{ h} =$ 14,0%	Surchauffe (%)  3,46 [5]
Avec store ext	$313 \text{ h} / 8760 \text{ h} =$ 3,6%	Surchauffe (%)  2,44 [5]



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

PRINCIPE DE CONCEPTION APPARTEMENTS

- **Ratio de fenêtre/façade optimisé**
(façades trop vitrées = inconfort en été et déperditions en hiver)
- **Protections solaires extérieures** (adaptées à l'orientation) **au sud, est et ouest si fenêtres ensoleillées**
(même si ce n'est pas « obligatoire » pour la PEB)
- **Logements traversants pour une ventilation efficace**
(et anti-intrusion si fenêtres accessibles depuis l'extérieur, ...)
- **Occupant: accepter un léger inconfort en cas de vague de chaleur + gérer efficacement son logement**
(ventilation, protections solaires, limiter apports internes, ...)

➡ **si ces principes sont respectés, le refroidissement actif n'est généralement pas nécessaire.**

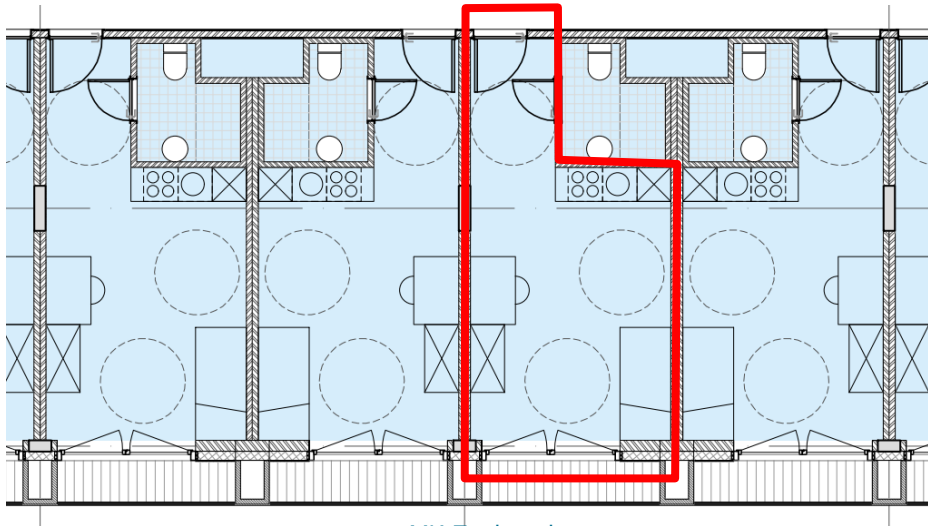


2 – Kots étudiants, année 2019

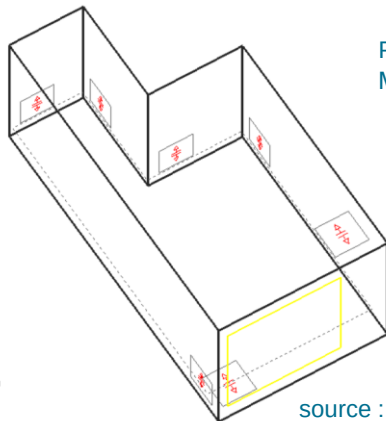
		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements 2019
		/	2 Kots étudiants 2019
Météo future	Morphing	3 Ecole 2010 – 2050 – 2090	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux 2000-2000; 2040-2060; 2080-2100	



Chambre étudiant orientée SUD-OUEST Mono-façade

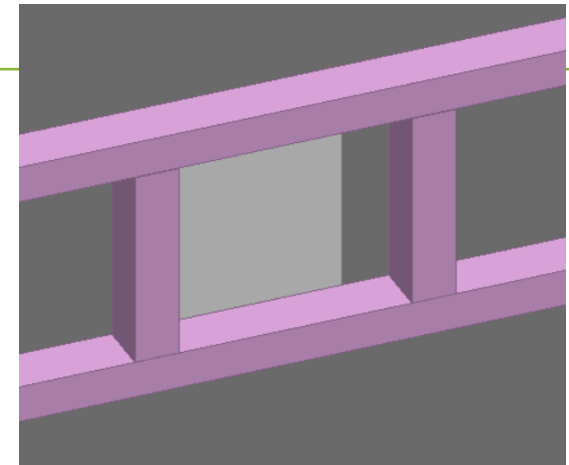


source : MK Engineering



Projet « Demets ». Architecte: Dierendonckblancke.
Maîtrise d'ouvrage: Fjordred.

source : MK Engineering



source : MK Engineering

Protection solaire fixe
architecturale: « **Cadres** »
(balcons + caissons verticaux
entre studios, 75 cm de
profondeur). **Efficacité ?**

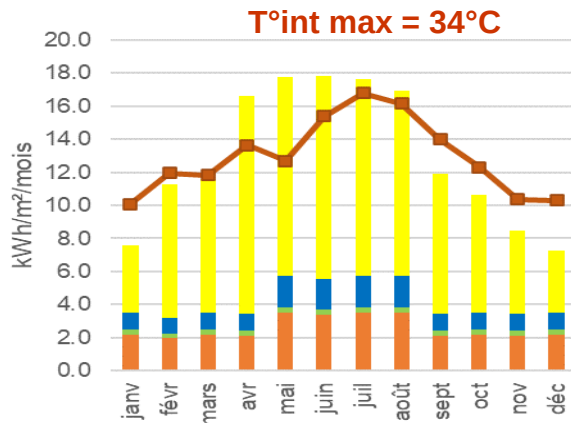


source : <http://www.conseils-store.com/>

Est-ce nécessaire de prévoir
des **stores banne**, en plus
des cadres?

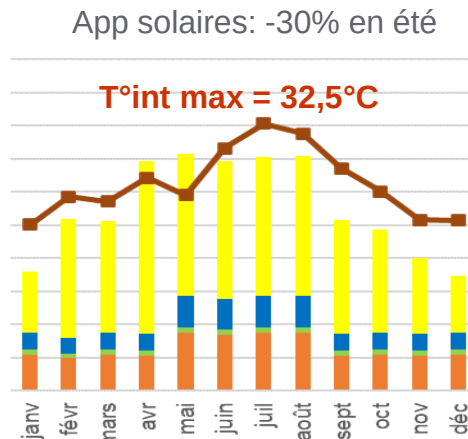
Apports solaires et internes mensuels + T° intérieure max mensuelle

Aucune stratégie



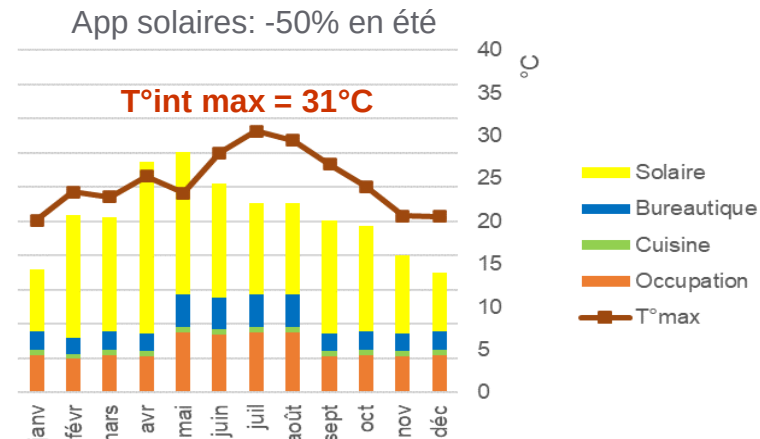
source : MK Engineering

Cadre



source : MK Engineering

Cadre + store



source : MK Engineering

- **Gains internes / m² élevés** (occupation h24/7 en été + bureautique, dans un petit espace)
- L'espace **reste inconfortable** même avec store
- **Sensibilité occupant**: besoin de concentration pour étudier



**Store +
Refroidissement
actif conseillés**



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

PRINCIPE DE CONCEPTION KOTS, STUDIOS

- Petits espaces, donc apports internes élevés /m²
 - Ventilation transversale impossible (mono-façade)
 - Protections solaires indispensables (est, ouest, sud)
 - Ratio fenêtre / façade raisonné
 - Kots étudiants: occupant sensible (besoin de concentration)
Besoin de confort ++, surtout en été
- ➡ Refroidissement actif peut être opportun dans certains cas



3 – Ecole, climat futur

		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements 2019
		/	2 Kots étudiants 2019
Météo future	Morphing	3 Ecole 2010 – 2050 – 2090	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux 2000-2000; 2040-2060; 2080-2100	



Classe orientée sud

Auvents

Night-cooling mécanique, pas de froid actif



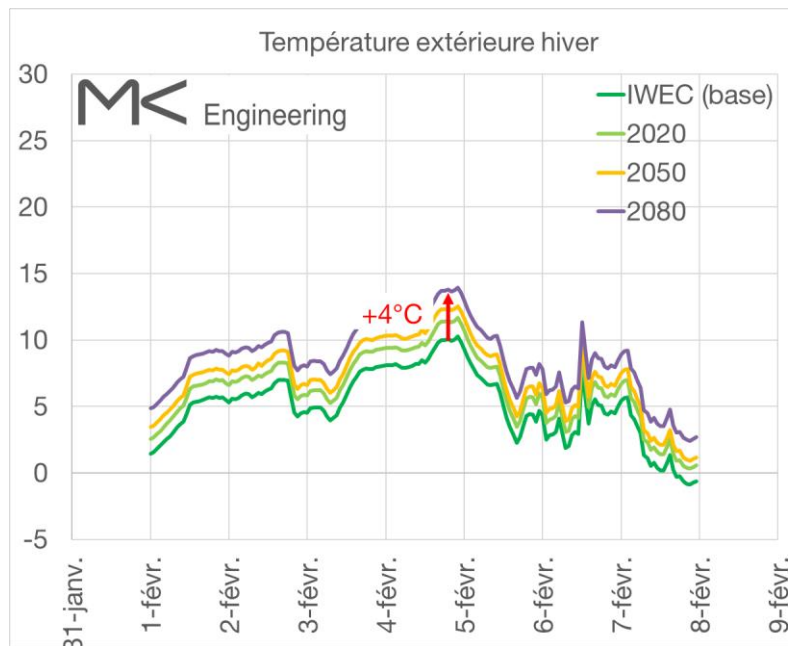
source : MK Engineering

Projet « Don Bosco ». Architecte: Archeops. Maîtrise d'ouvrage: Institut Don Bosco.

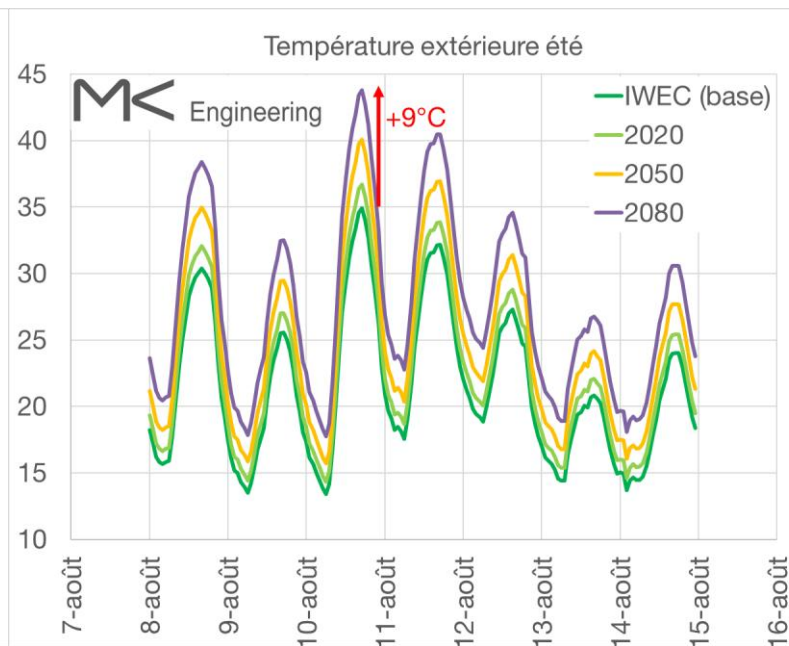


Données météo futures (morphing)

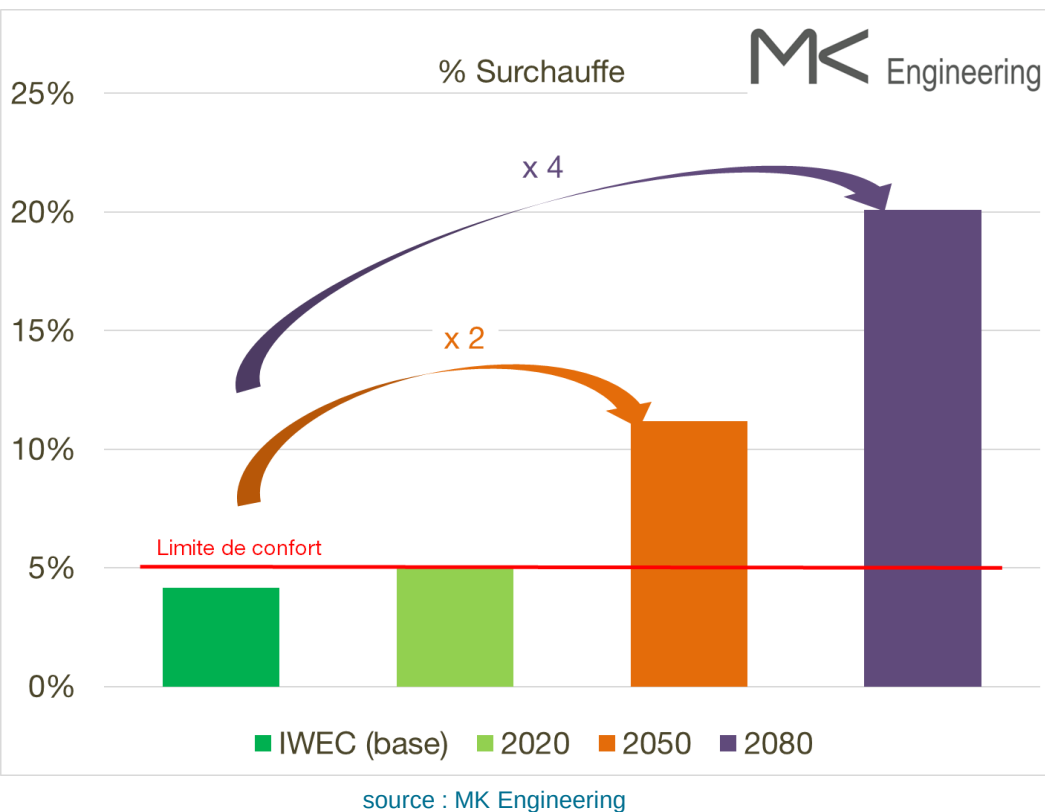
T°ext hiver



T°ext été



Critère de confort: % surchauffe > 25°C



- IWEK (météo par défaut dans le logiciel de simulation) : confort **OK**
- 2020: confort est **limite**
- 2050 et 2090 : confort **NOK**

La prise en compte du changement climatique peut influencer la décision de prévoir d'autres stratégies passives, voire du refroidissement actif



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

PRINCIPE DE CONCEPTION ECOLE

- Apports internes élevés (occupation + éclairage)
- Protections solaires indispensables (est, ouest, sud)
- Fenêtres ouvrantes et ratio fenêtres / façade raisonné
- Attention aux salles informatiques (apports internes élevés)
A placer au nord si possible + fenêtres ouvrantes + froid actif local
- Faible occupation juillet/août (certains locaux pour stages, ...)
Définir au début du projet les périodes d'occupation et exigences de confort de chaque espace

➡ **Refroidissement actif: évaluer la nécessité au cas par cas. Peut être nécessaire ou pas. Prévoir de toutes façons une manière de l'intégrer facilement à moyen terme.**



4 – Bureaux, climat futur

		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements 2019
		/	2 Kots étudiants 2019
Météo future	Morphing	3 Ecole 2010 – 2050 – 2090	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux 2000-2000; 2040-2060; 2080-2100	



Façade 100% vitrée + masque solaire en béton architectural Etude sur 1 étage type



source : <https://www.a2m.be/>

Architecte: A2M

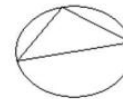
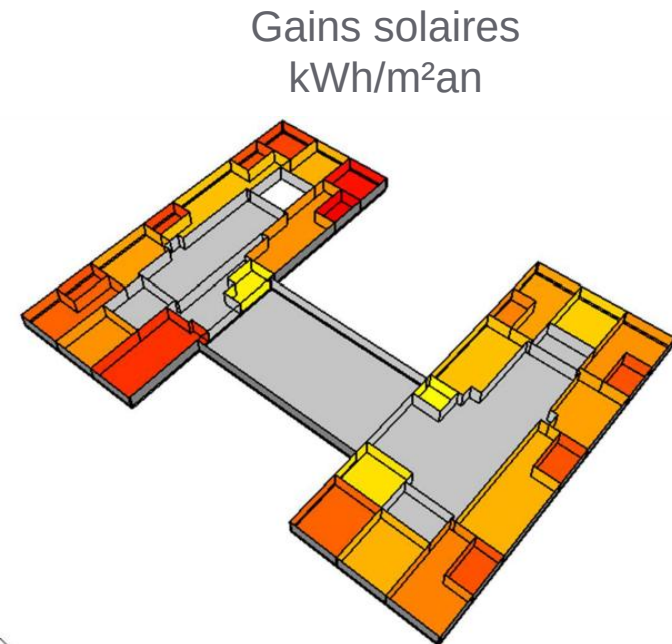
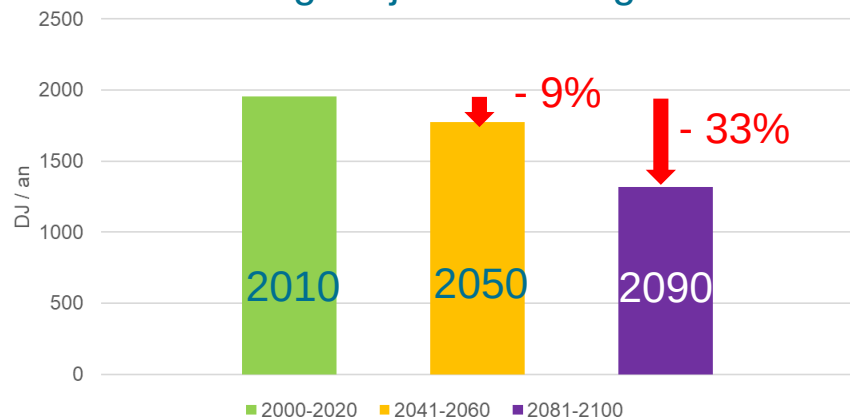


Figure 27 : Gains solaires par m² pour chaque zone (kWh/m²an)

source : MK Engineering

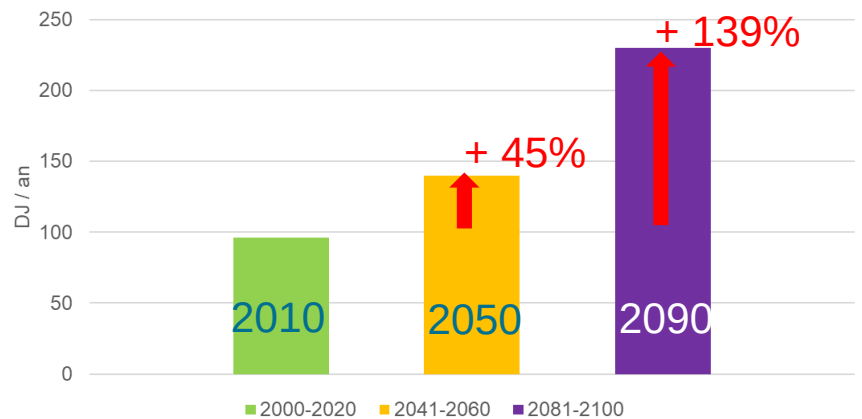


Degrés-jour chauffage



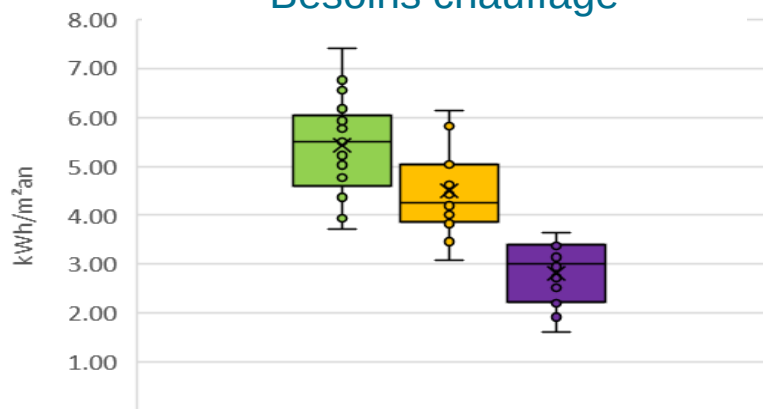
source : MK Engineering

Degrés-jour refroidissement



source : MK Engineering

Besoins chauffage



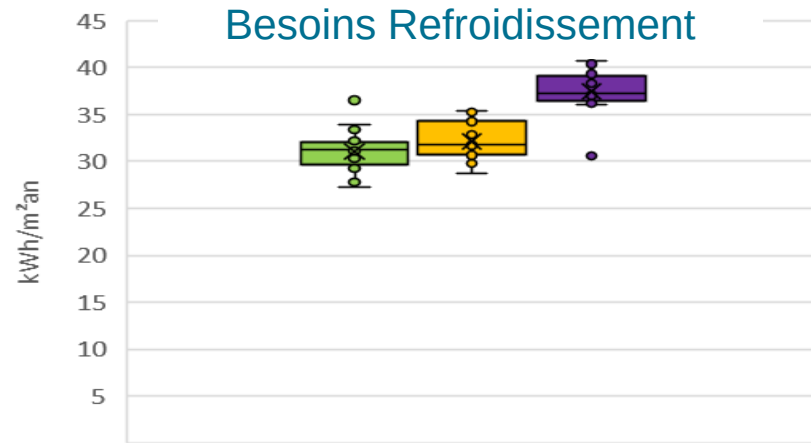
2000-2020 2041-2060 2081-2100

source : MK Engineering



FORMATION BATIMENT DURABLE – GESTION DES SURCHAUFFES ESTIVALES – PRINTEMPS 2025

Besoins Refroidissement



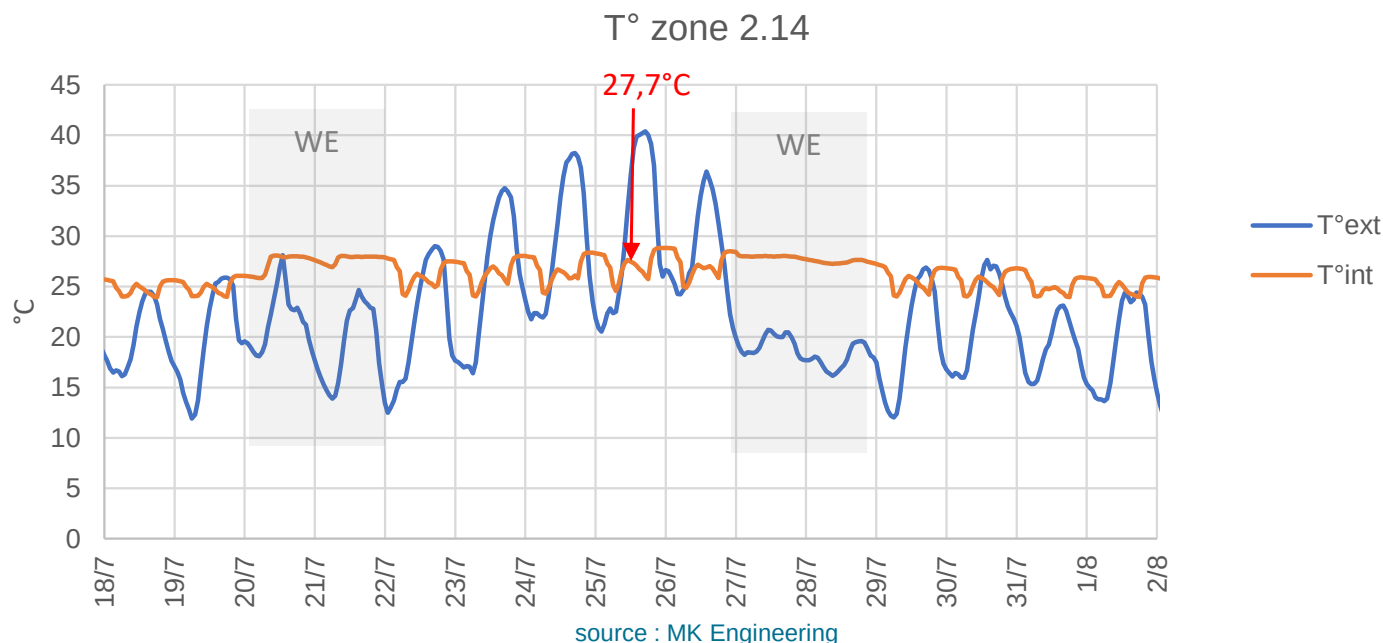
2000-2020 2041-2060 2081-2100

source : MK Engineering

images : MK Engineering

T° intérieure dans la zone la plus critique

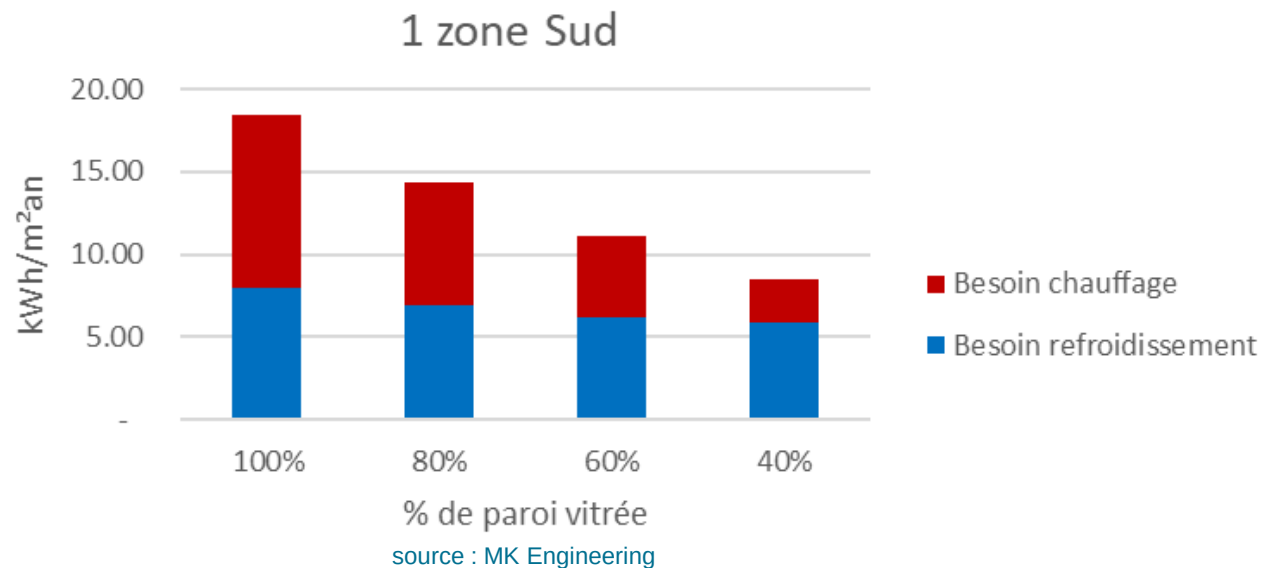
Année 2019



Observation: en cas de vague de chaleur extrême (40°C à l'extérieur), le dimensionnement des installations technique permet de maintenir le bâtiment à **27,7°C, ce qui est tout à fait acceptable** dans ces conditions extrêmes.



Influence du ratio de façade vitrée (1 zone orientée sud), année 2019

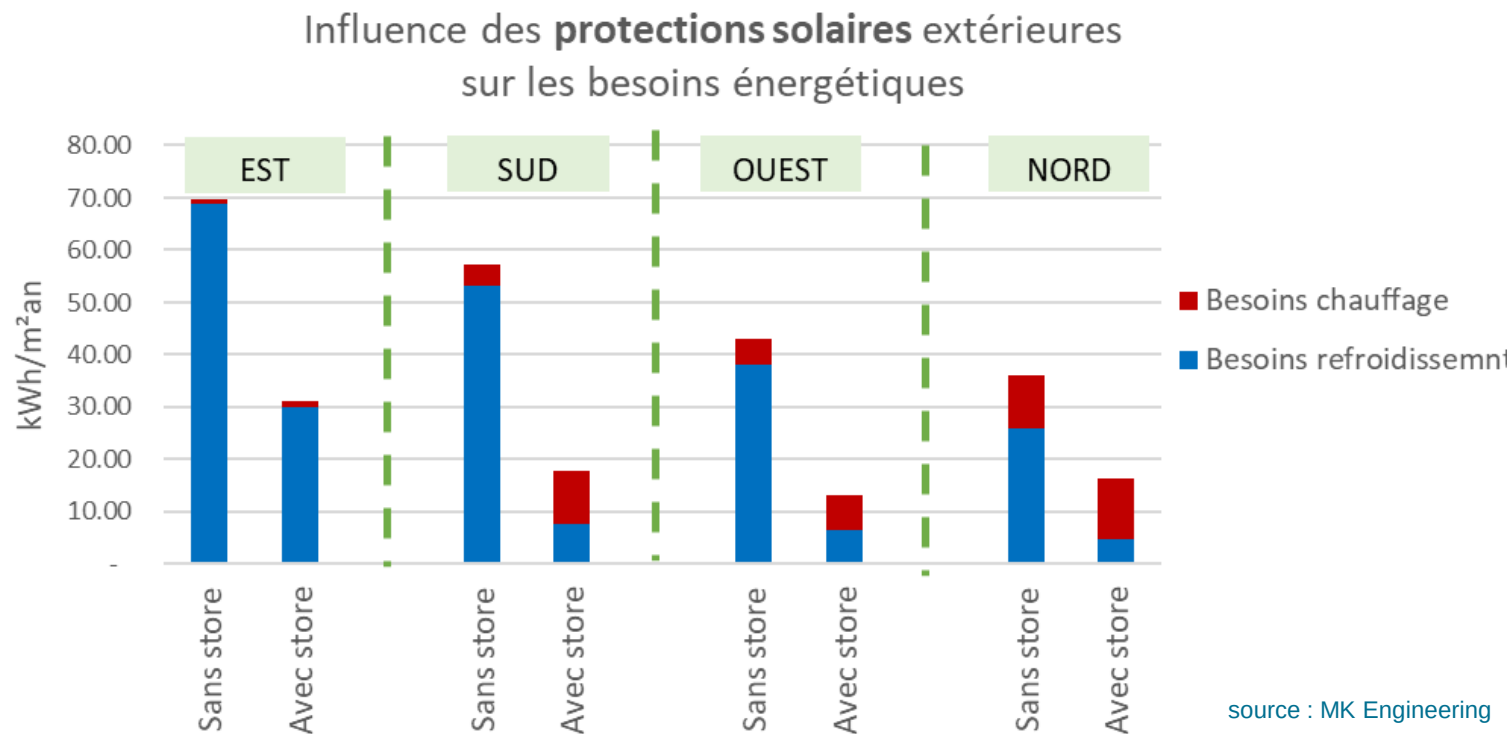


Optimum énergétique = 40 à 60% de façade vitrée



Influence des protections solaires extérieures (façade 100% vitrée)

Rem: *les protections solaires intérieures ont très peu d'effet* sur les consommations et le confort thermique



Les protections extérieures (fixes ou mobiles) sont favorables pour:

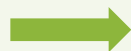
- limiter les consommations énergétiques (besoins divisés par 2 à 3!)
- diminuer la taille des équipements de chauffage et refroidissement (et leur coût)



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

PRINCIPE DE CONCEPTION BUREAU

- **Apports internes très élevés (occupation + bureautique + éclairage)**
- **Protections solaires indispensables (est, ouest, sud)**
même si refroidissement actif
- **Fenêtres ouvrantes pour diminution des besoins en refroidissement**
(si le contexte le permet)
Fortement apprécié par les occupants
- **Eviter les façades trop vitrées**
Optimum énergétique: 40% à 60% de façade vitrée



Refroidissement actif généralement indispensable

Et pourquoi pas?

Ce type de brasseur d'air permet de diminuer le besoin en refroidissement



Source: <https://www.kaiserkraft.be/>

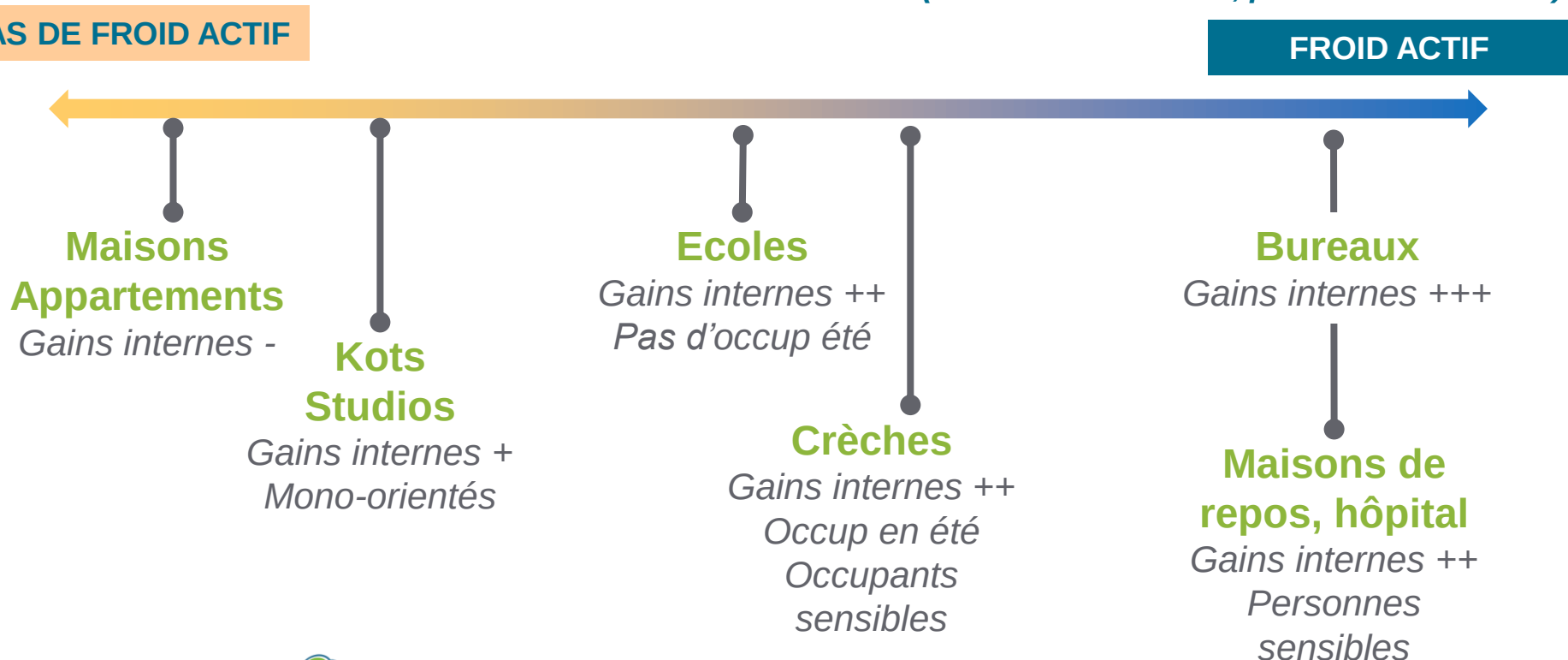


Refroidissement actif ou pas? Dépend de:

Il n'y a pas de réponse tranchée mais des tendances. Chaque cas est unique.

- apports internes
- occupation en été ou pas
- sensibilité / tolérance des occupants (personnes âgées, jeunes enfants, ...)
- ...

***Pas de refroidissement actif sans mesures passives !
(ventilation naturelle, protections solaires)***



Débat: qu'est-ce qu'un refroidissement « actif »?

	Protections solaires, ouverture fenêtres	Free ou night-cooling	Géocooling	Batterie froide sur ventilation mécanique	Ventilo-convecteurs, plafonds froids, ...
Efficacité	-	+-	+	++	+++
Source froide	Air extérieur	Air extérieur	Sol	Air extérieur (ou sol, ...)	Air extérieur (ou sol, ...)
Conso élec	Aucune	+ Ventilateurs	+ Pompes	++ Machine frigorifique	+++ Machine frigorifique
Passif			Actif		

Remarque: tableau de principe, non exhaustif

Pour aller plus loin:

- « Comparaison de systèmes de climatisation durables », J. Van der Veken, CSTC-Contact 2021/4
- Choisir parmi les différents systèmes de refroidissement - Energie Plus Le Site (energieplus-lesite.be)
https://energieplus-lesite.be/concevoir/climatisation3/choisir-un-systeme-de-refroidissement-d1/#Le_tableau_de_synthese



CLIMAT

- Passé, présent, futur
- Prédire le climat futur
- Données météo: analyse

ETUDES DE CAS

- Logements
- Kots étudiants
- Ecole
- Bureaux
- Analyse transversale

CONCEVOIR LES BÂTIMENTS DE DEMAIN





- ▶ **Changement climatique** : augmentation des phénomènes extrêmes (vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses...)
- ▶ **Importance des protections solaires**, même lorsque pas indispensables pour la réglementation PEB d'application
- ▶ **Données météo à utiliser?** Données futures reçues jusqu'à présent : de plus amples recherches sont nécessaires. Les années 2018 et 2019 sont considérées comme extrêmes. Utiliser une année typique pour les consommations et extrême pour le dimensionnement. L'effet d'îlot de chaleur (non abordé ici) devrait idéalement être pris en compte (night-cooling moins efficace en milieu urbain...)
- ▶ **Refroidissement actif ou pas?** Dépend des apports internes, solaires, sensibilité de l'occupant, ... Les études de cas de cet exposé donnent des tendances mais ne doivent pas être considérées comme des vérités absolues.
 - Froid actif: dans ce cas, des protections solaires efficaces sont nécessaires pour limiter le dimensionnement et la consommation en refroidissement, et améliorer le confort.
 - Si techniques uniquement passives: dans ce cas, il peut être opportun de concevoir les installations de manière à pouvoir intégrer un système actif dans un avenir proche ou lointain si cela s'avère nécessaire. Le climat est imprévisible.
- ▶ **Dimensionnement du refroidissement actif** : faut-il absolument surdimensionner les systèmes? Ou plutôt s'adapter...





Sites internet

- ▶ « *Project SurChauffe: Overheating indicator and calculation method for Walloon buildings* »
- https://www.sbd.uliege.be/cms/c_10798226/en/project-surchauffe-overheating-indicator-and-calculation-method-for-walloon-buildings
- Projet de recherche financé par SPW & MK Engineering (BEWARE Fellowship)



Ouvrages

- ▶ Bill Gething, 2013, Design for Climate Change, Riba Publishing, Londres
Conception des bâtiments avec prise en compte du changement climatique



Formations et séminaires

- ▶ Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>

Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



Mirjana VELICKOVIC

project manager | engineer

MK Engineering

☎ + 32 2 340 65 00

✉ m.velickovic@mkengineering.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

