

# FORMATION BATIMENT DURABLE

## GESTION DES SURCHAUFFES ESTIVALES

AUTOMNE 2023

**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

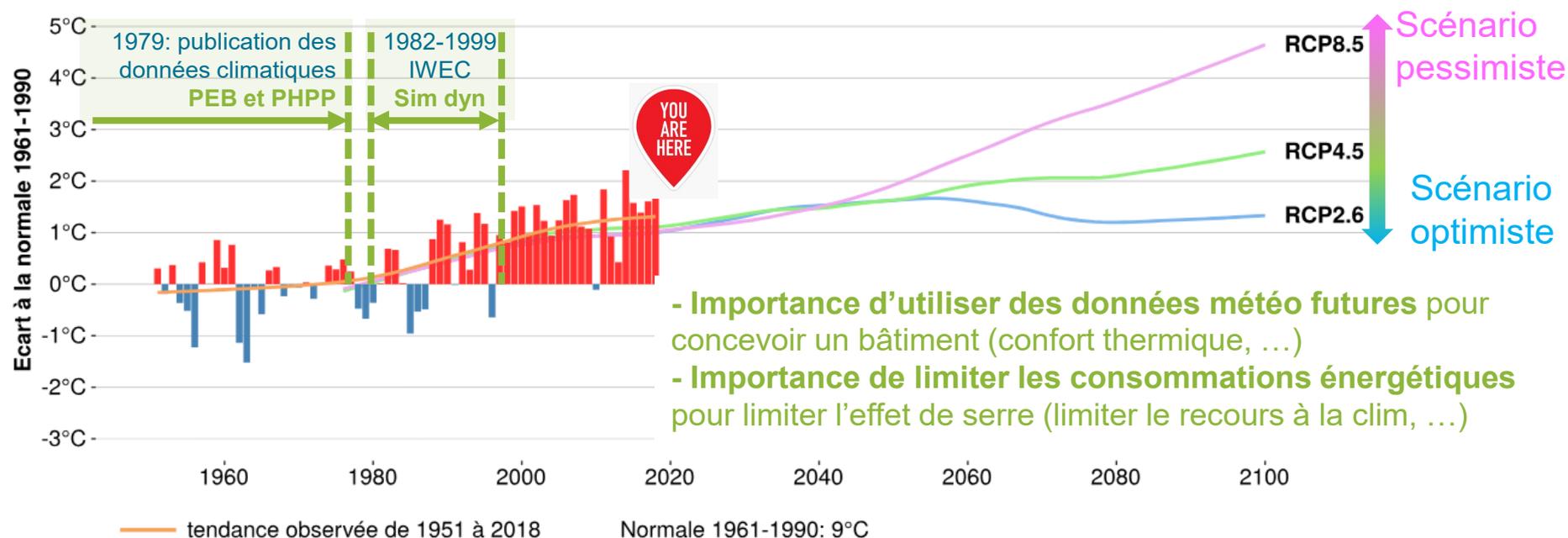


## 4 CLIMAT PASSÉ, PRÉSENT, FUTUR



## 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](http://www.meteo.be)

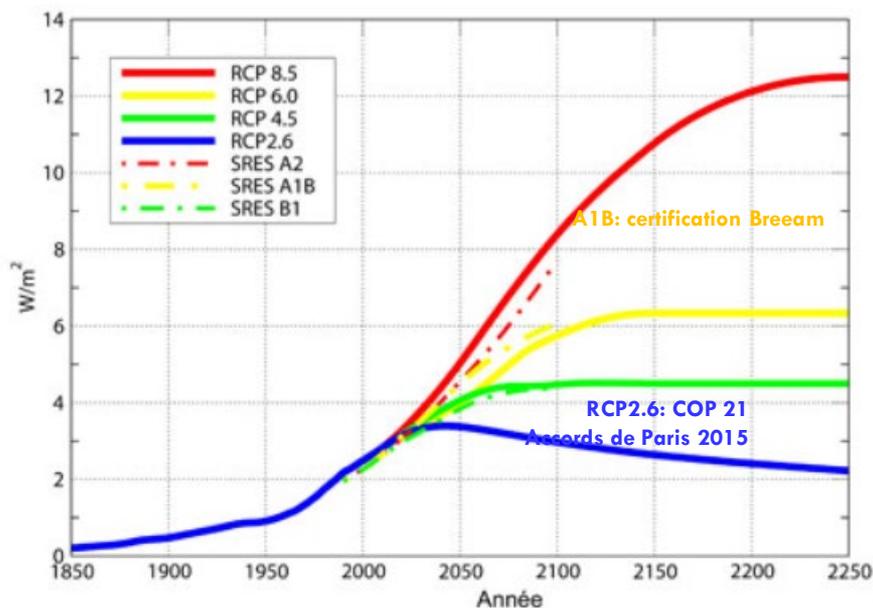
**Concevoir avec fichiers météo représentant le climat actuel et le climat futur:  
Année moyenne et année extrême**



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

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

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



Scénario pessimiste

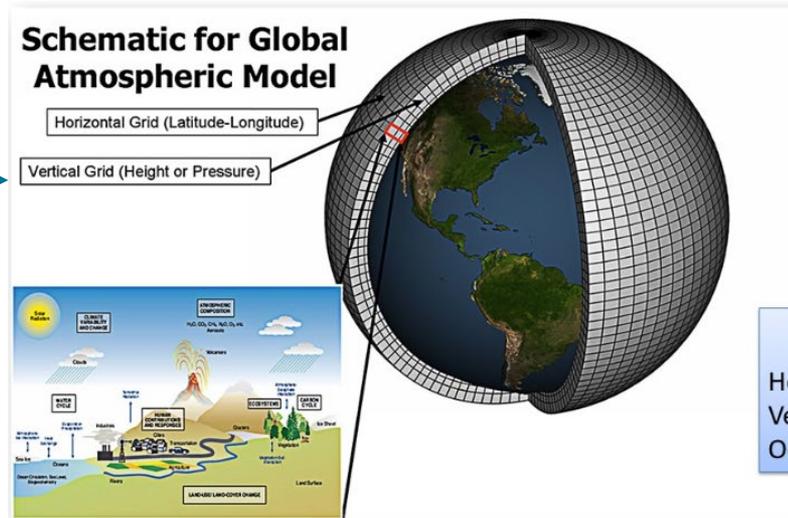
Scénario optimiste

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)



## 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

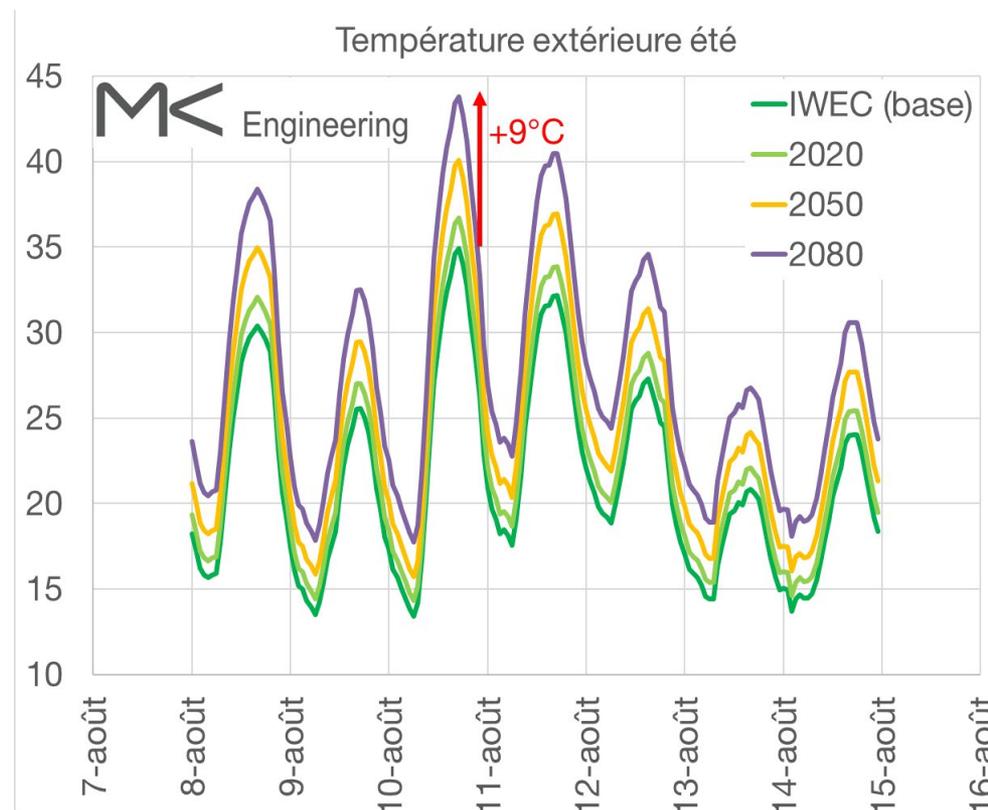
- **Morphing**: sur base de données existantes passées. Outil Excel open source et facile d'utilisation. →
- **Stochastique**: génération aléatoire sur base de données statistiques. Logiciel payant.

### ► Downscaling dynamique

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

CSTC: accès restreint, sur demande

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

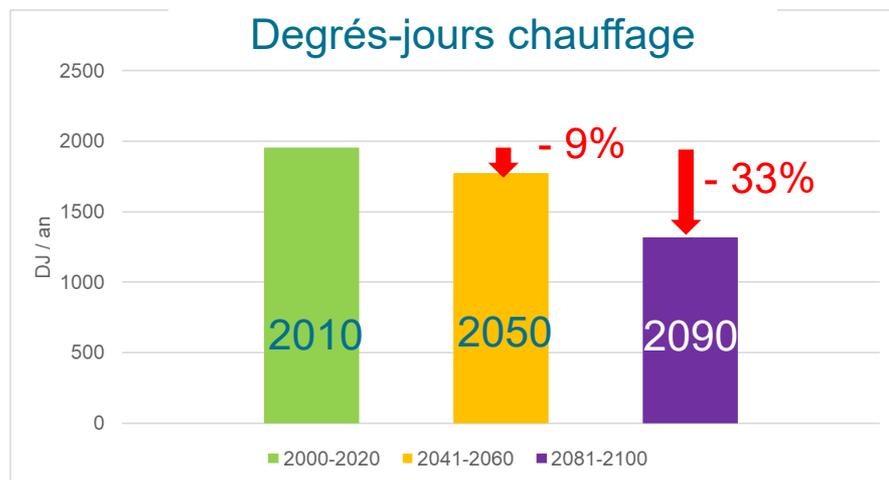


Température extérieure lors d'une vague de chaleur, comparaison entre données historiques (IWEc), actualisées (2020) et futures (2050 et 2080) selon la technique de morphing - source : MK Engineering



## 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

### Notion de « degrés-jours » :

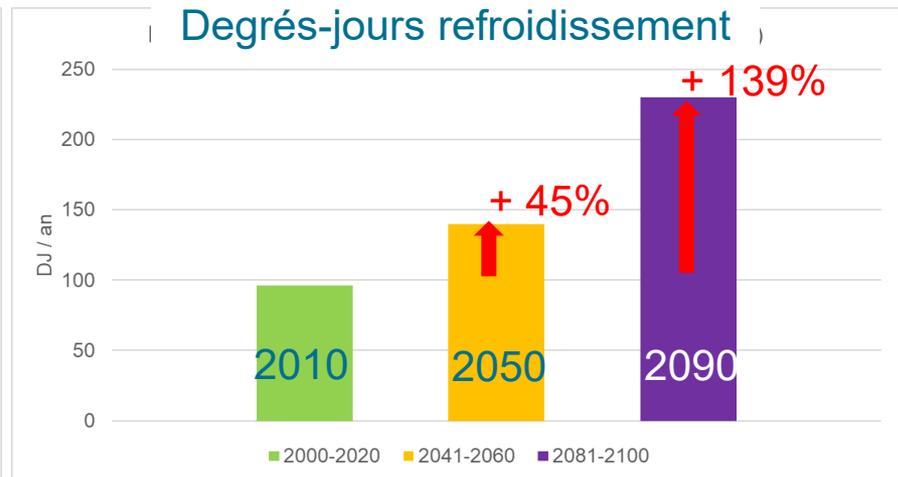
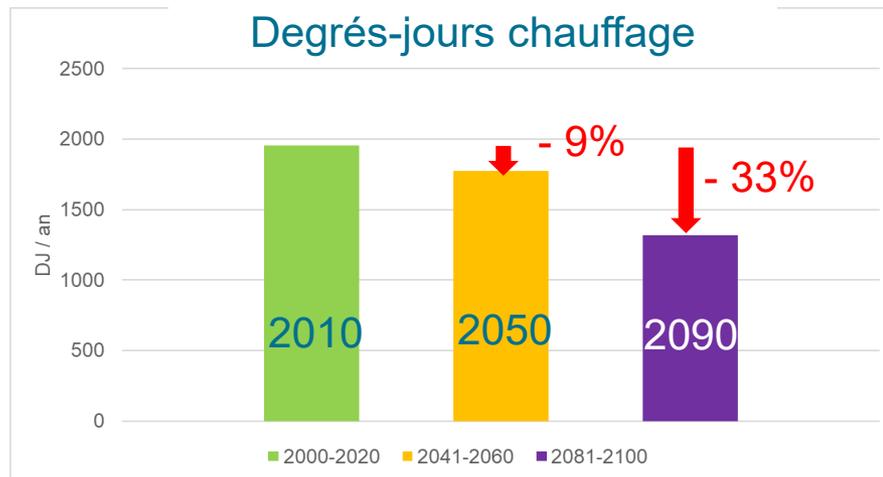
Différence entre la température extérieure et une température de référence qui permet de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique pour maintenir un bâtiment confortable en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été.

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



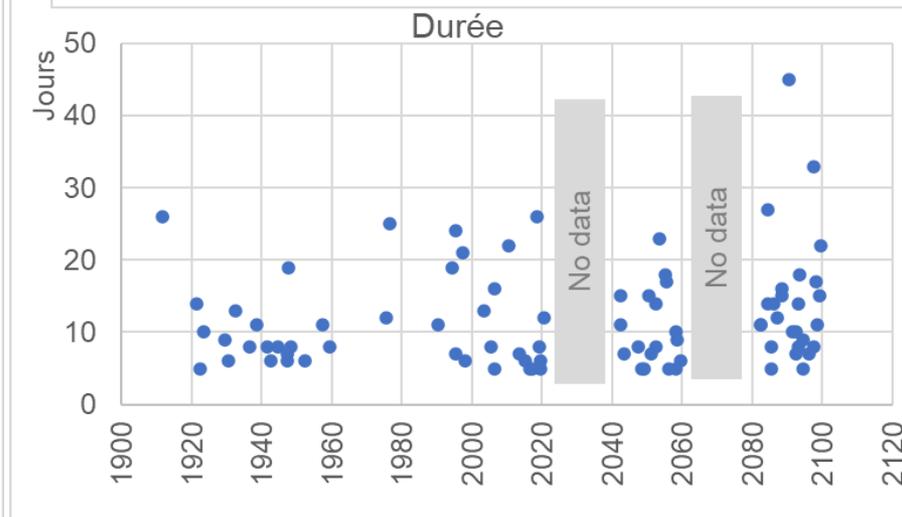
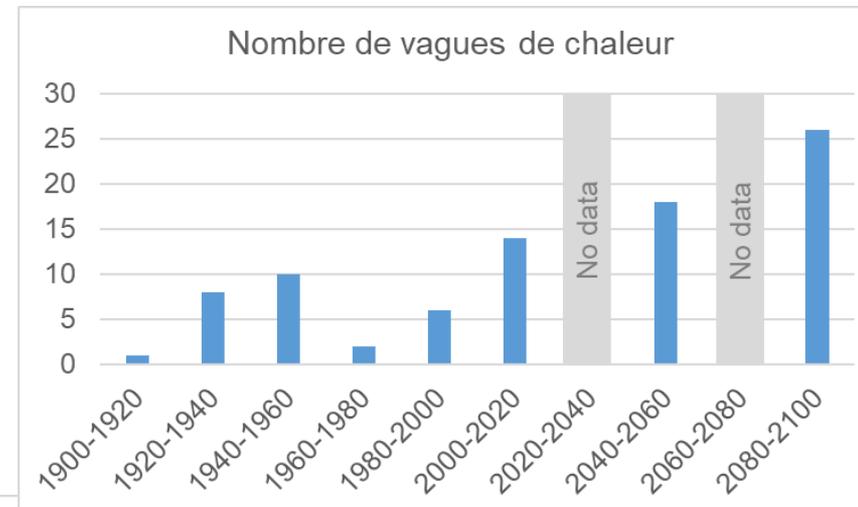
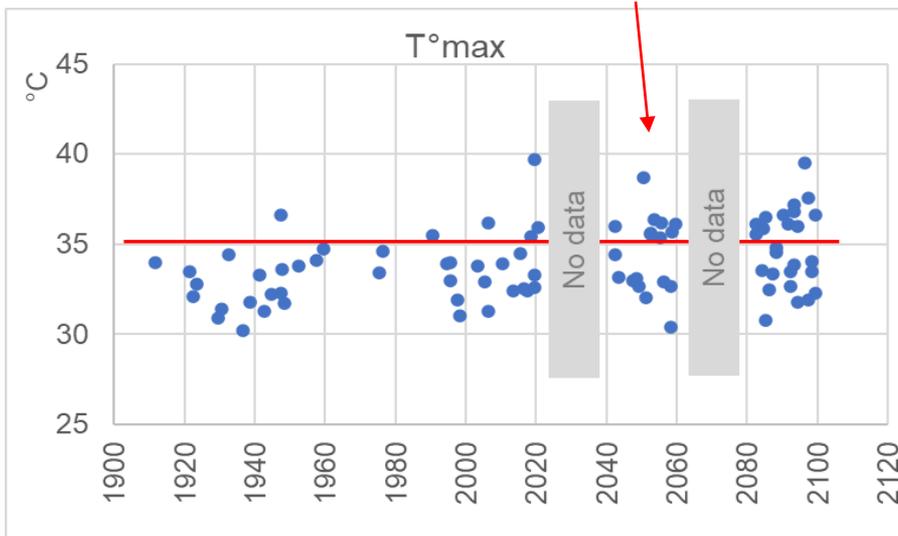
## Downscaling dynamique: à quoi ressemble le climat futur??

### 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.*



## CLIMAT

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

## ETUDES DE CAS

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

## CONCEVOIR LES BÂTIMENTS DE DEMAIN



## Plan des études de cas

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

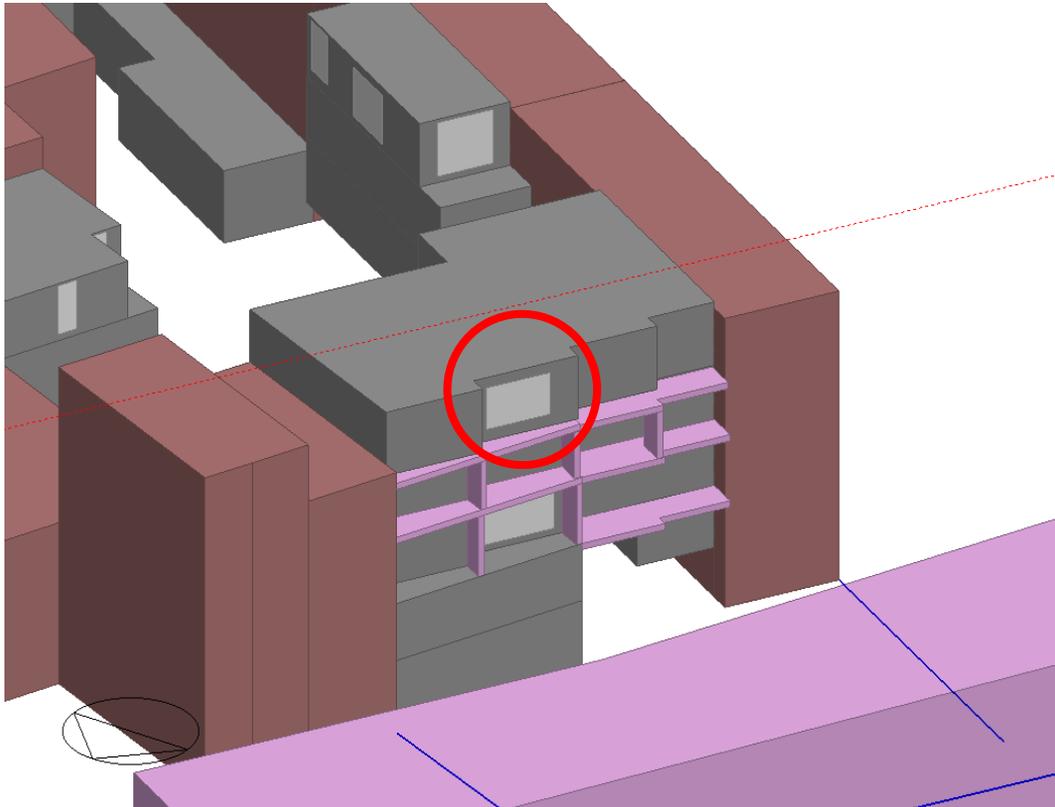


## 1 – Appartements – année 2019

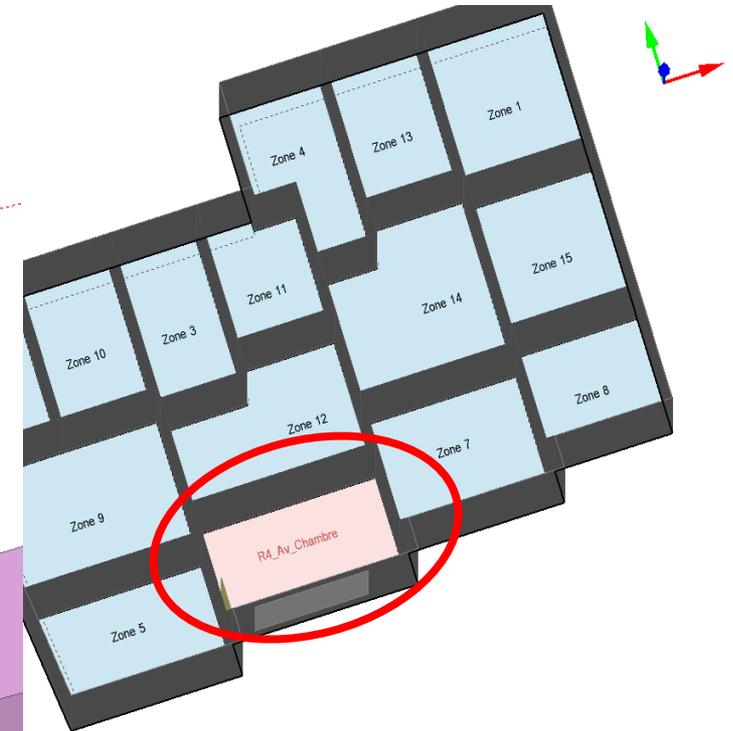
		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements <b>2019</b>
		/	2 Kots étudiants <b>2019</b>
Météo future	Morphing	3 Ecole <b>2010 – 2050 – 2090</b>	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux <b>2000-2000; 2040-2060; 2080-2100</b>	



## Chambre orientée ouest



source : MK Engineering

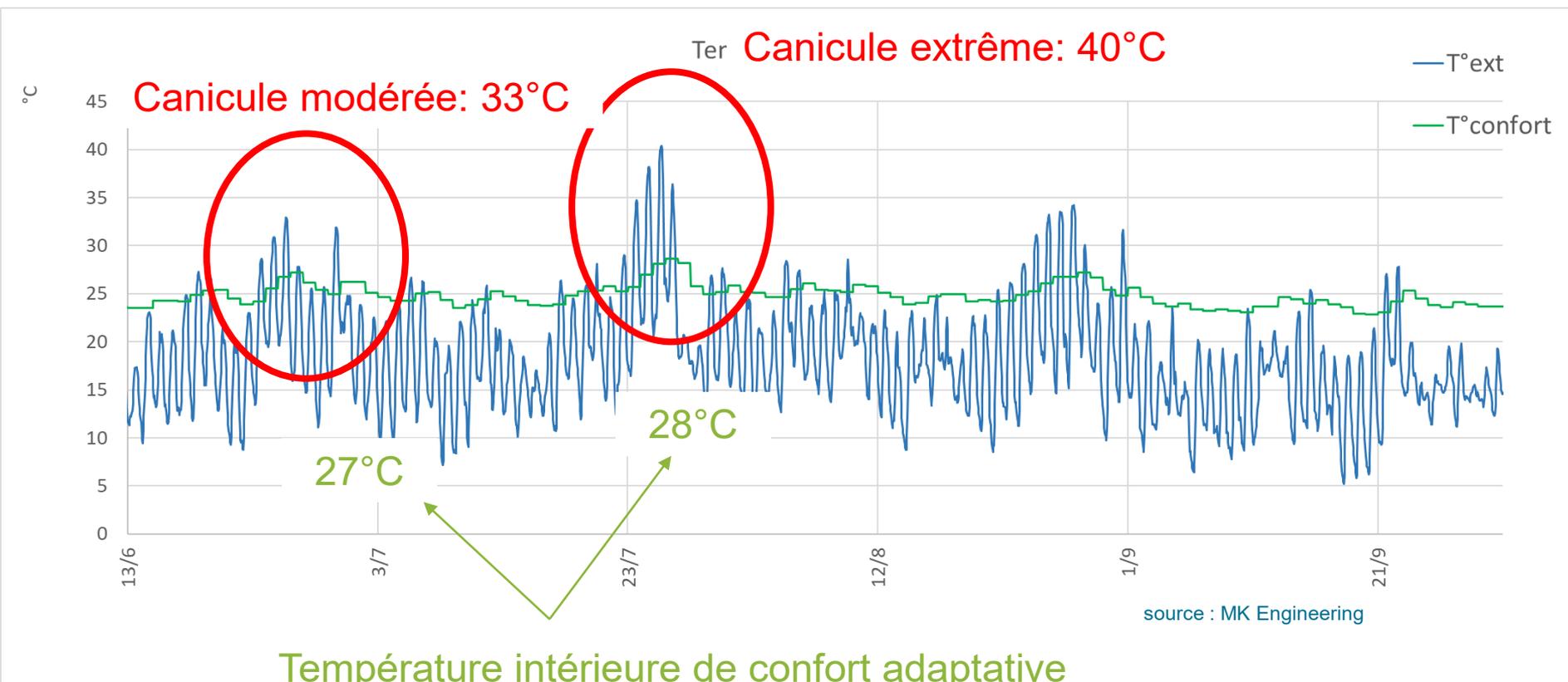


source : MK Engineering

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)

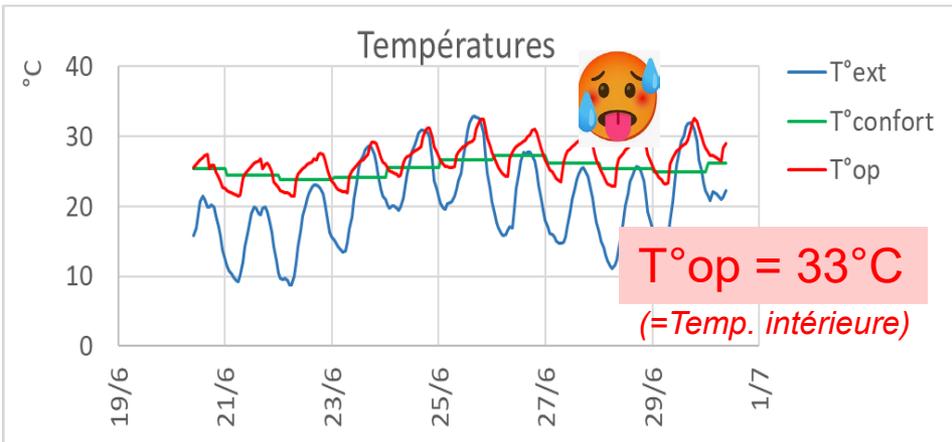


**Sans stores extérieurs**

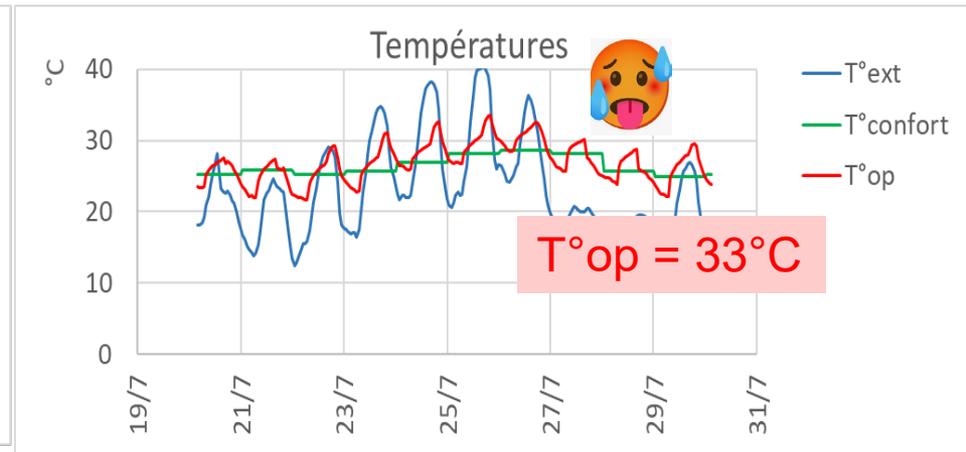
T°op = température intérieure opérative (température ressentie, calculé ici comme étant la moyenne entre température de l'air et des parois)

Vague de chaleur modérée (33°C)

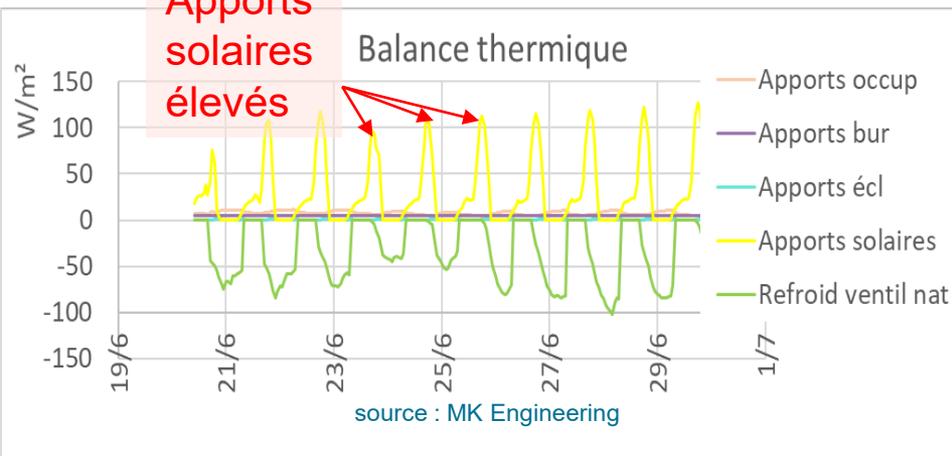
Vague de chaleur extrême (40°C)



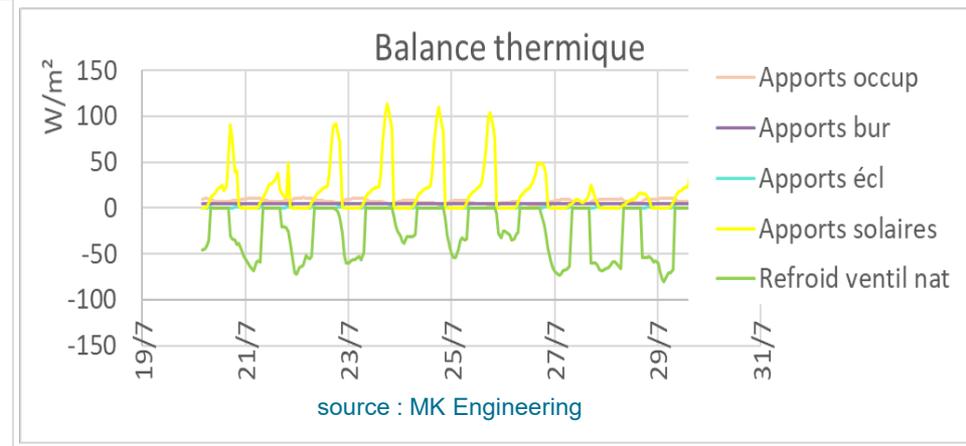
source : MK Engineering



source : MK Engineering



source : MK Engineering



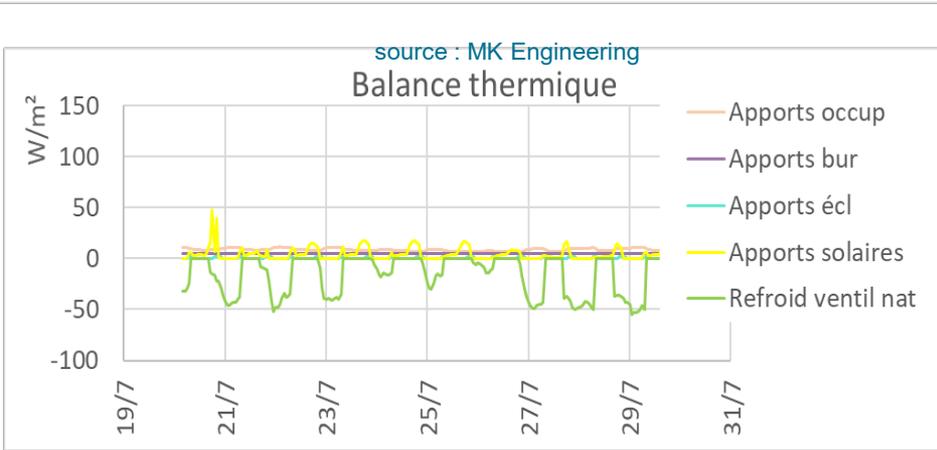
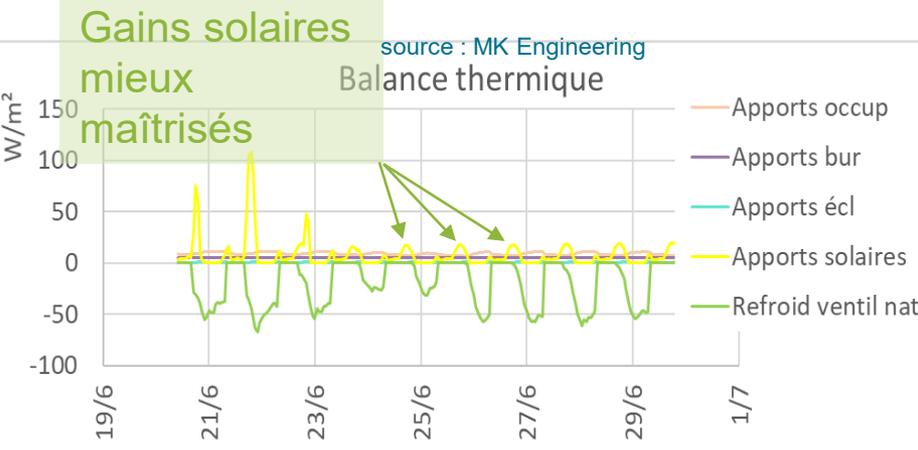
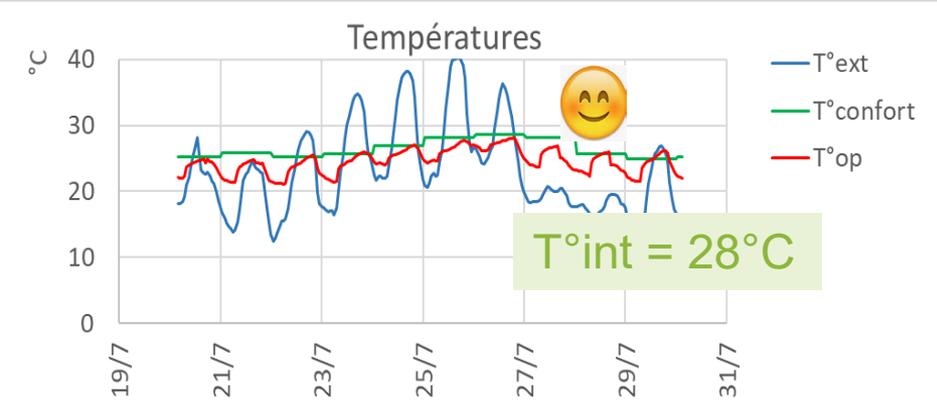
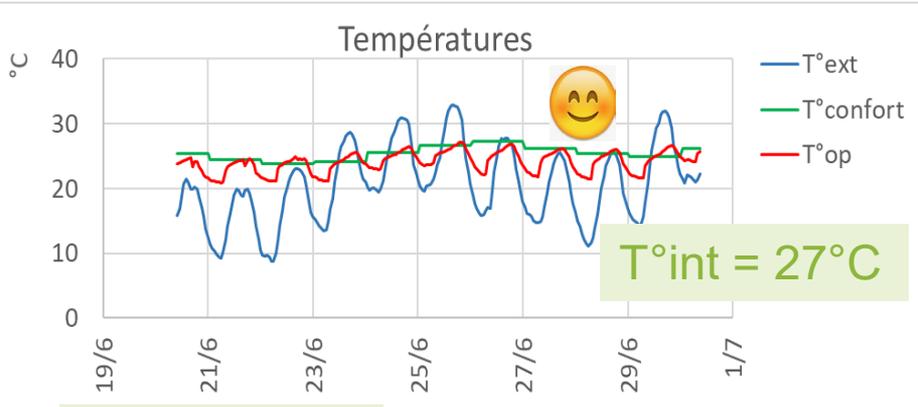
source : MK Engineering



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

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



## 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.**

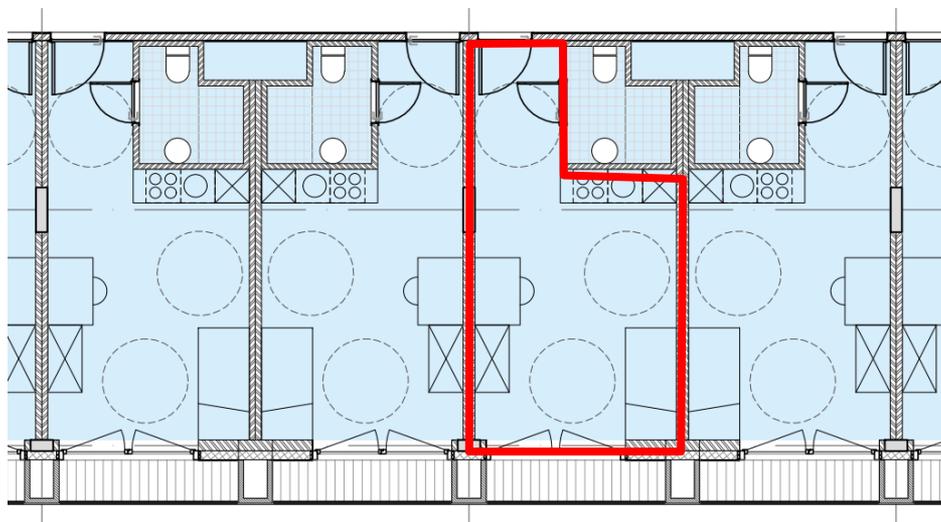


## 2 – Kots étudiants, année 2019

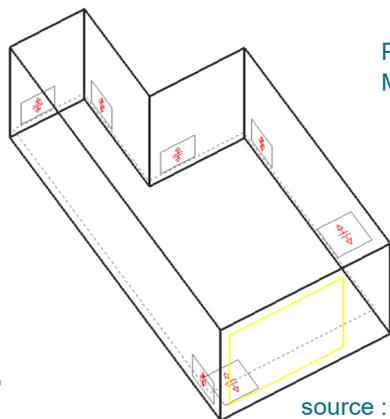
		Année moyenne (TMY)	Année extrême (XMY)
Données passées		/	1 Appartements <b>2019</b>
		/	2 Kots étudiants <b>2019</b>
Météo future	Morphing	3 Ecole <b>2010 – 2050 – 2090</b>	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	/	4 Bureaux <b>2000-2000; 2040-2060; 2080-2100</b>



## Chambre étudiant orientée SUD-OUEST Mono-façade

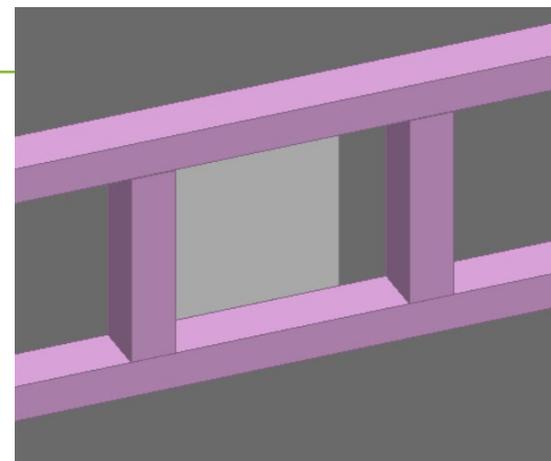


source : MK Engineering



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

source : MK Engineering



source : MK Engineering

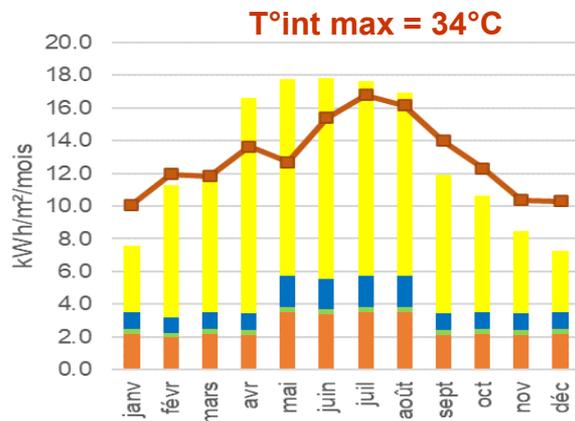
Protection solaire fixe  
architecturale: « **Cadres** »  
(balcons + caissons verticaux  
entre studios, 75 cm de  
profondeur). **Efficacité ?**



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

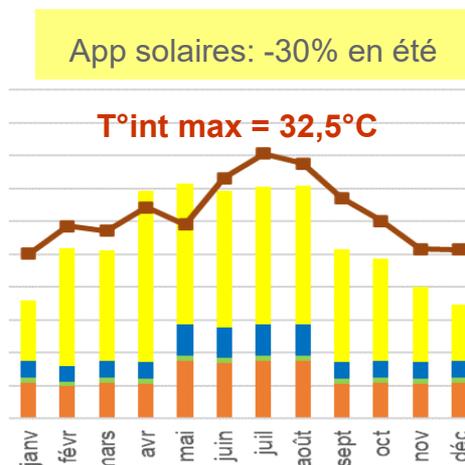
## Apports solaires et internes mensuels + T° intérieure max mensuelle

### Aucune stratégie



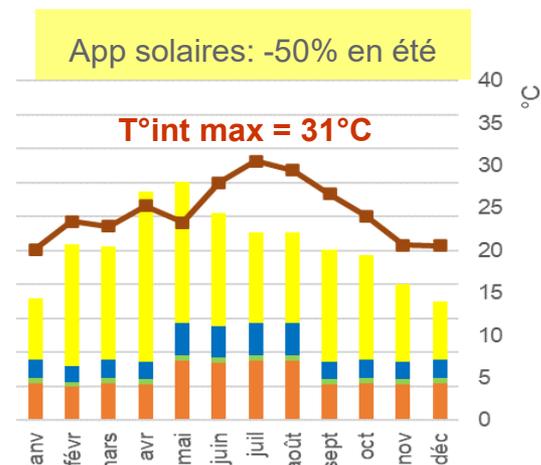
source : MK Engineering

### Cadre



source : MK Engineering

### Cadre + store



source : MK Engineering

- **Gains internes / m<sup>2</sup> 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 /m<sup>2</sup>
  - 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 <b>2019</b>
		/	2 Kots étudiants <b>2019</b>
Météo future	Morphing	3 Ecole <b>2010 – 2050 – 2090</b>	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux <b>2000-2000; 2040-2060; 2080-2100</b>	



**Classe orientée sud**

**Auvents**

**Night-cooling mécanique, pas de froid actif**



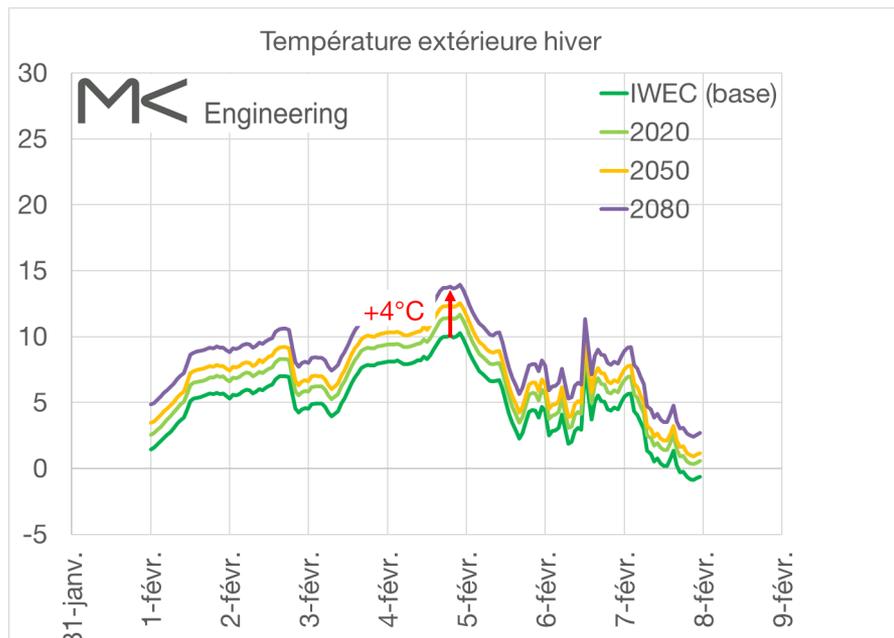
source : MK Engineering

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

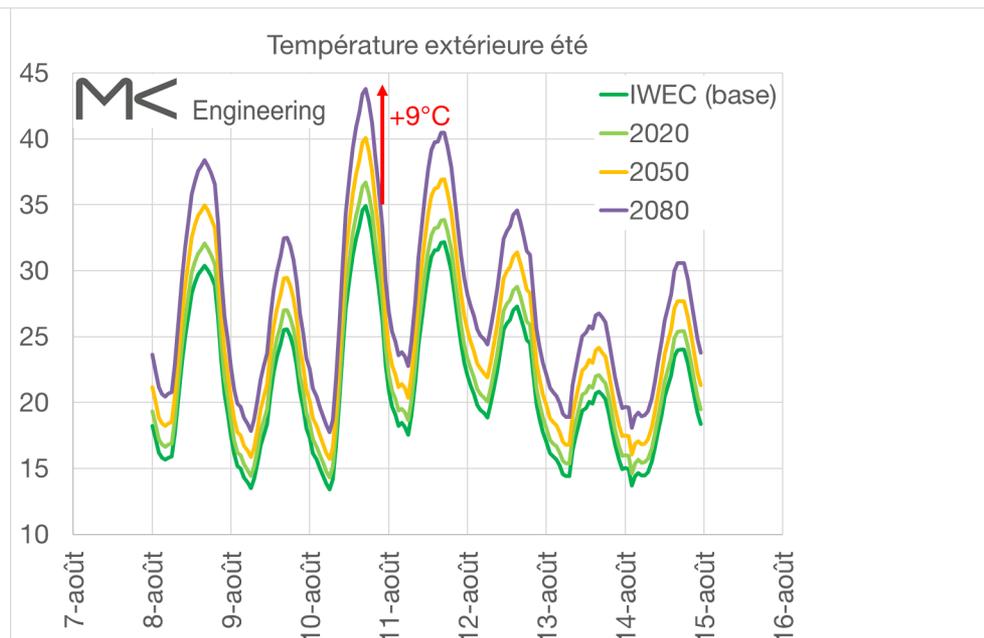


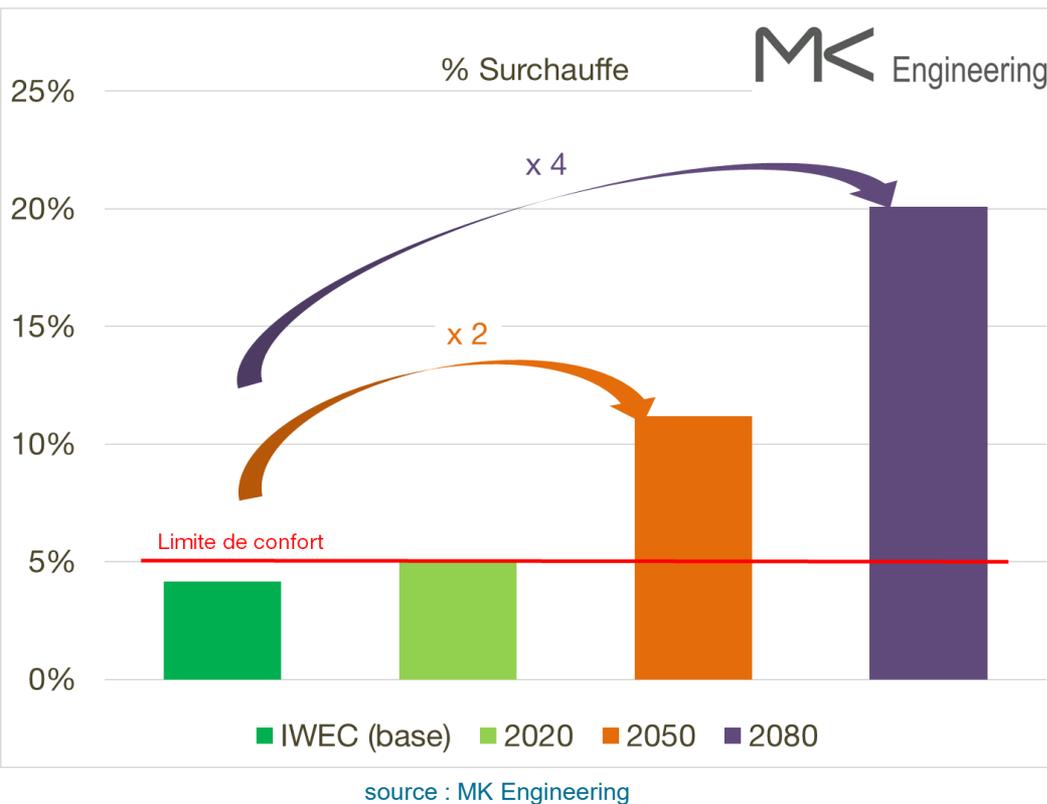
## Données météo futures (morphing)

## T°ext hiver



## T°ext été



**Critère de confort: % surchauffe > 25°C**

- IWEC (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 <b>2019</b>
		/	2 Kots étudiants <b>2019</b>
Météo future	Morphing	3 Ecole <b>2010 – 2050 – 2090</b>	/
	Stochastique	/	/
	Dynamique	4 Bureaux <b>2000-2000; 2040-2060; 2080-2100</b>	



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



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

Architecte: A2M

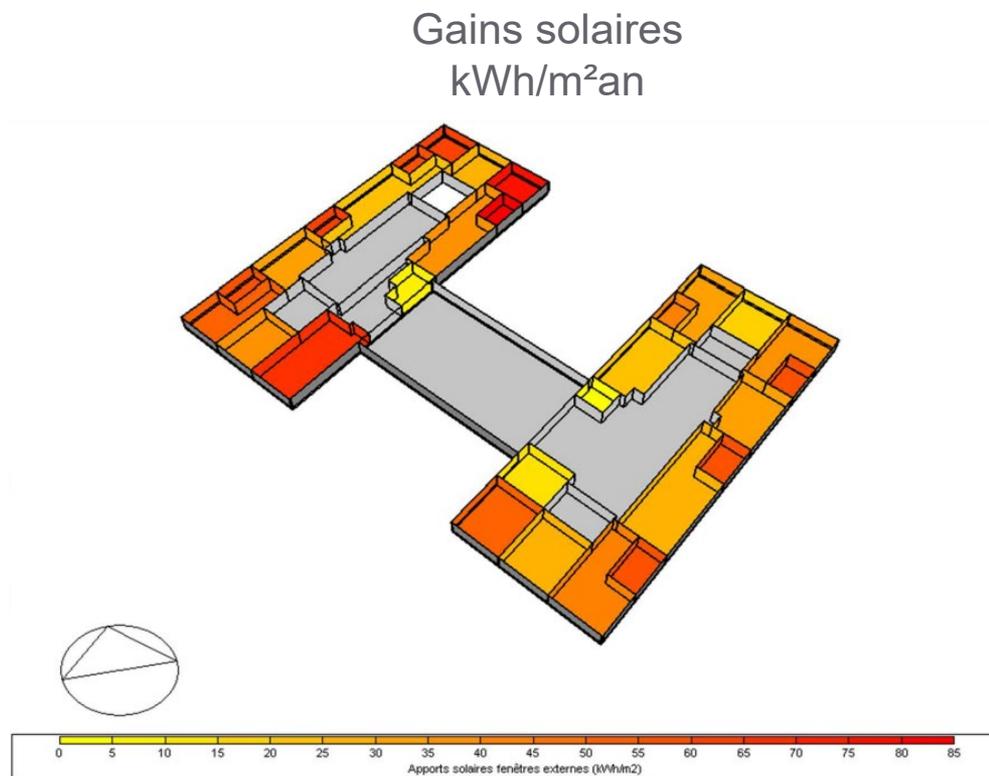
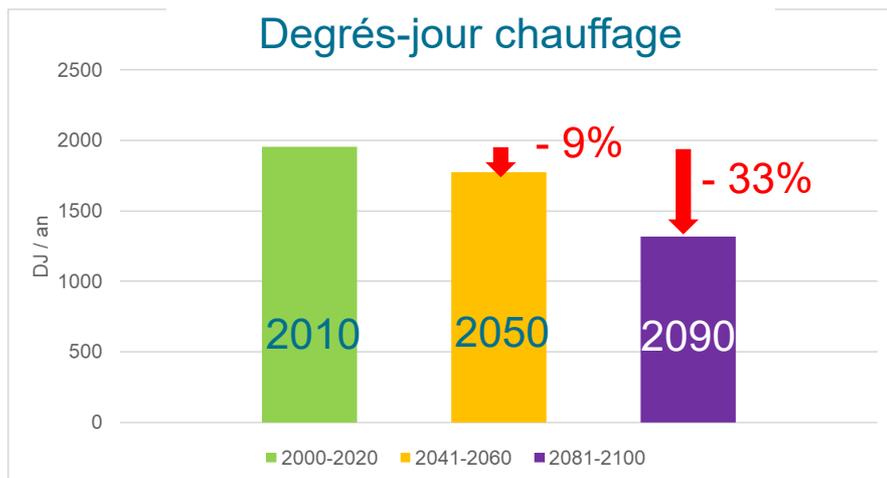


Figure 27 : Gains solaires par m<sup>2</sup> pour chaque zone (kWh/m<sup>2</sup>an)

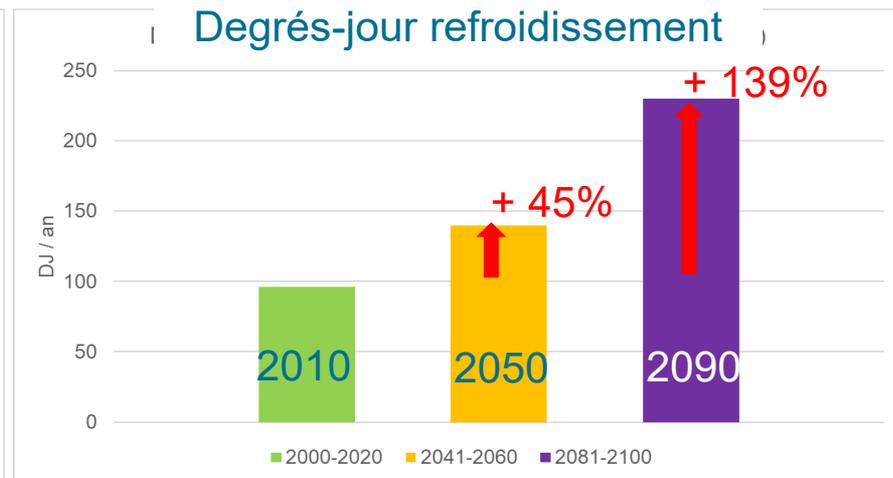
source : MK Engineering



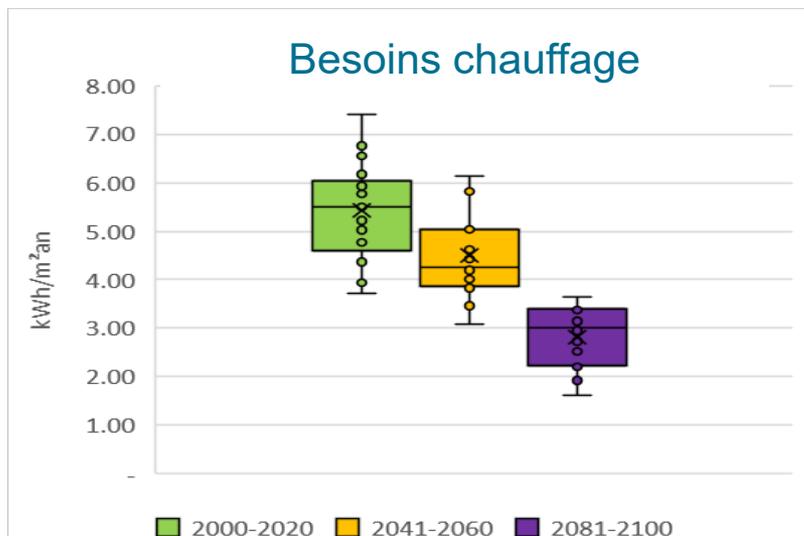
BUREAUX – 2000-2020; 2040-2060; 2080-2100 (DYN)



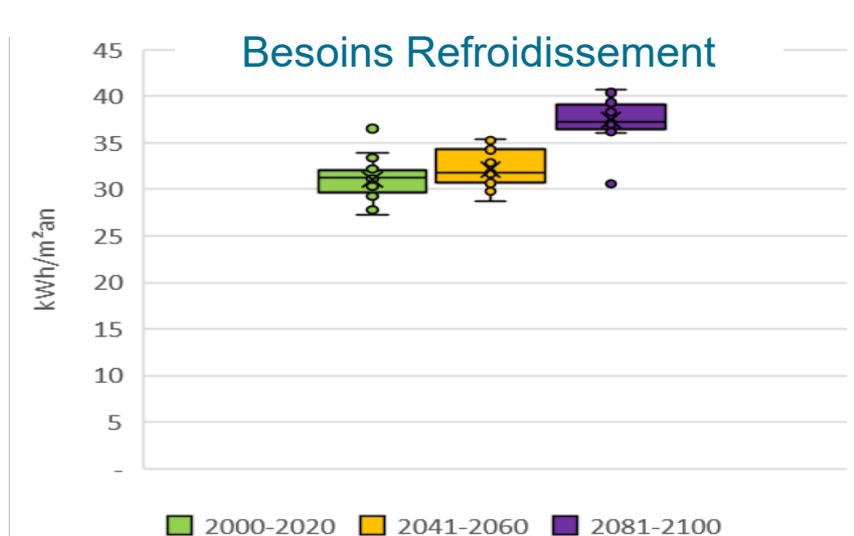
source : MK Engineering



source : MK Engineering



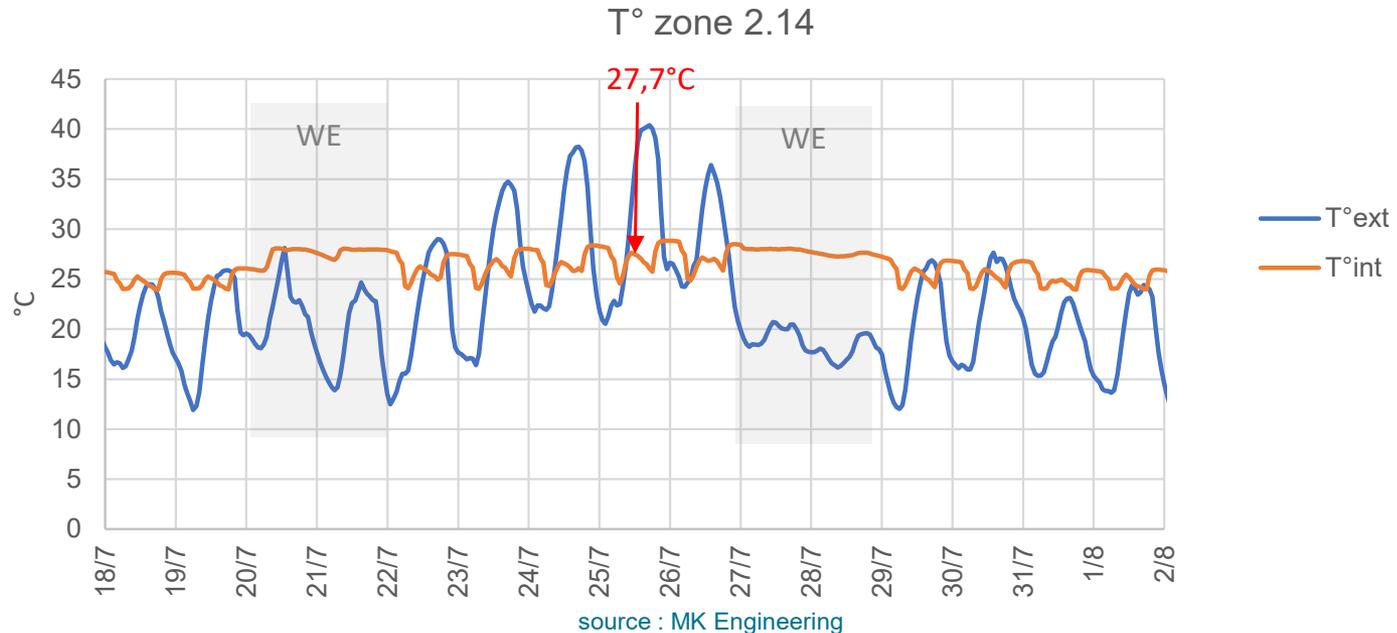
source : MK Engineering



source : MK Engineering



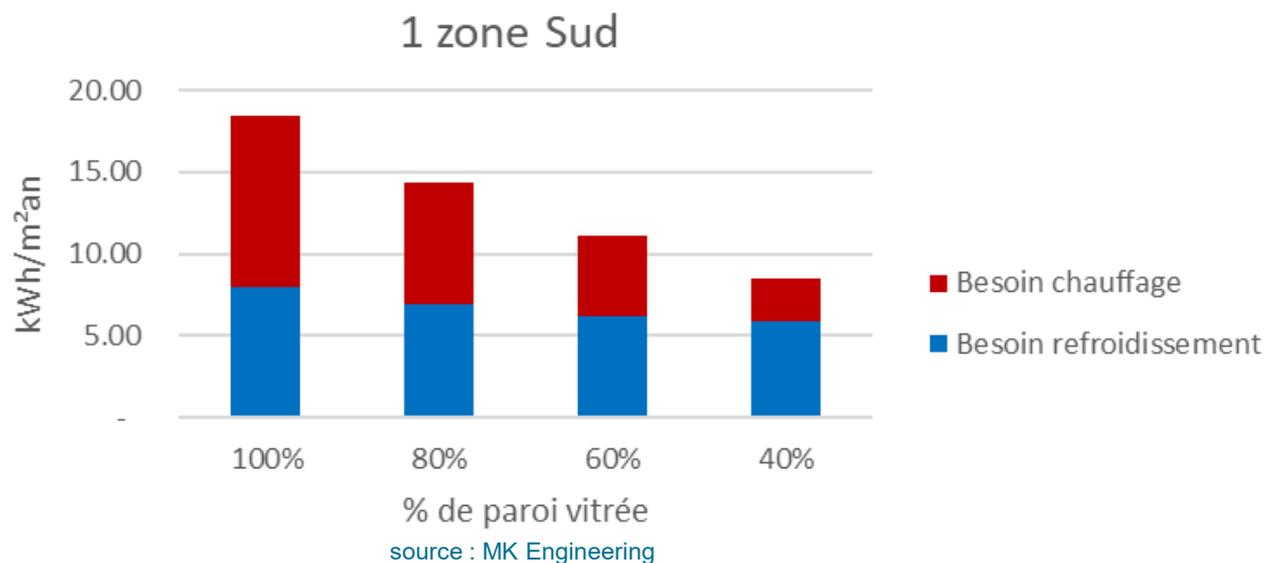
## T° intérieure dans la zone la plus critique Année 2019



**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

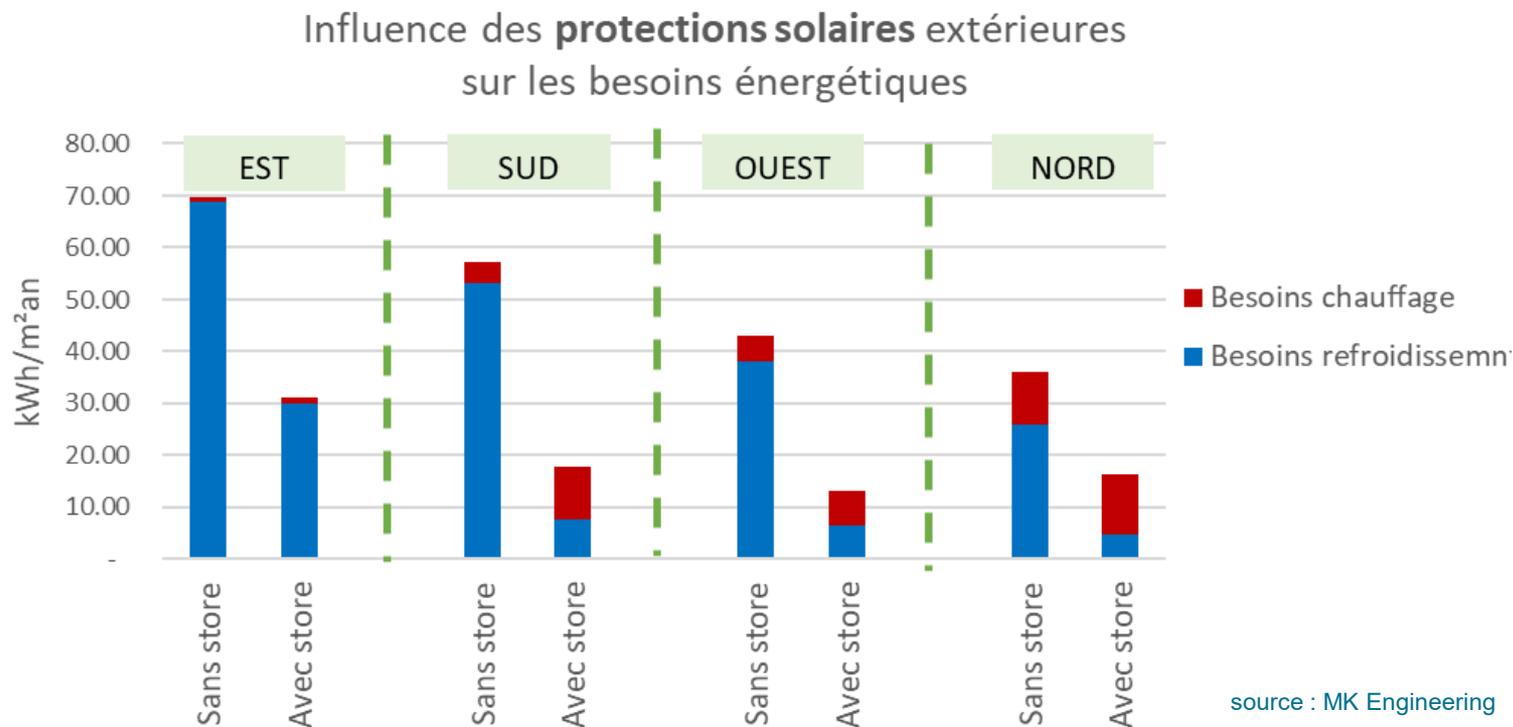


**Optimum énergétique = 40 à 60% de façade vitrée**



## 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:

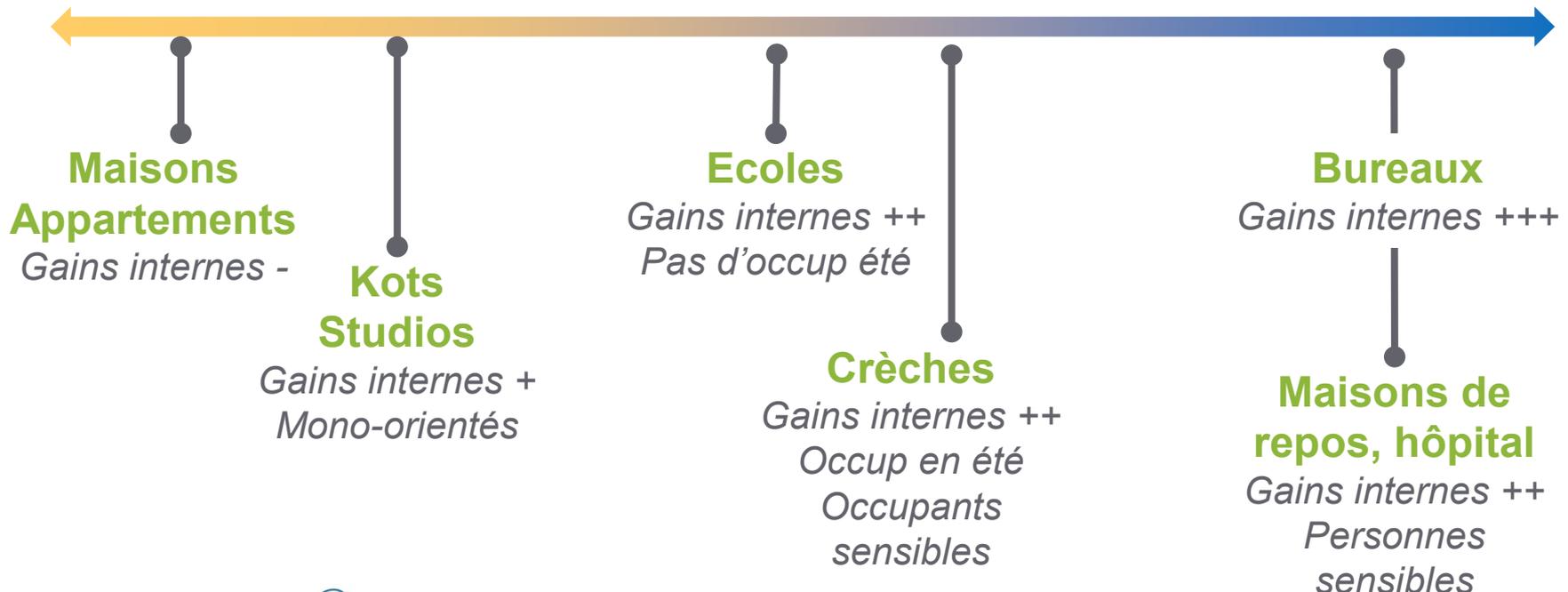
*Il n'y a pas de réponse tranchée mais des tendances. Chaque cas est unique.*

- 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)***

PAS DE FROID ACTIF

FROID ACTIF



## 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, ...
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](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**



## Impact du changement climatique sur la conception des bâtiments

- ▶ **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, ...
  - **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](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](mailto:m.velickovic@mkengineering.be)

**MK** Engineering



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

