

Évaluation des apports solaires dans un quartier urbain en période de chauffe

[1^{er} décembre 2014]

Session B1 - Projets urbains durables

Frédéric MONETTE, ing., Ph.D., École de technologie supérieure

Laurent CHÉNARD, ing. jr., M. ing., Ecosystem

(en collaboration avec **Benoit BECKERS**, Université de technologie de Compiègne, France)

INFRA 2014 CONGRÈS | 20^E ÉDITION



Vers une nouvelle dynamique municipale
pour une urbanité durable

1^{ER} AU 3 DÉCEMBRE | PALAIS DES CONGRÈS DE MONTRÉAL

ÉTS

Le génie pour l'industrie

MILIEUX URBAINS

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



(Source : <http://ocpm.qc.ca/hauteurs-densites>)

Population

- Depuis 2008, 50% de la population mondiale se concentre dans les villes
- Proportion augmentera jusqu'à l'horizon 2050 et +

Énergie

- Ville responsable de 60% de la consommation énergétique

Réponses : - densification des villes (vs l'étalement urbain)
- capitalisation sur l'apport solaire

CONSIDÉRATION DU GISEMENT SOLAIRE

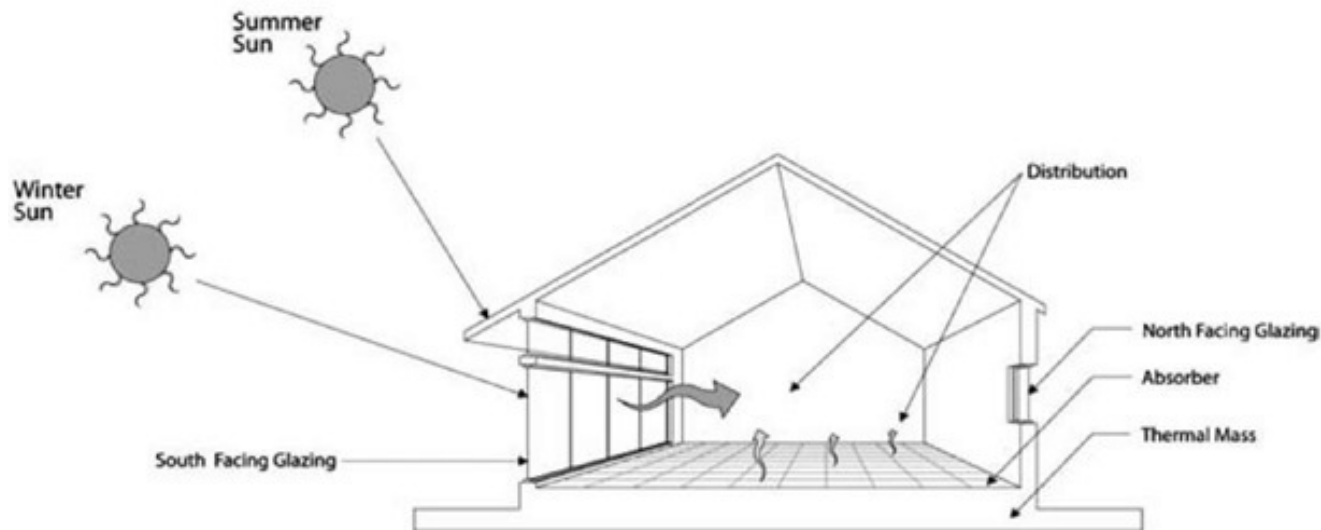
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Principe simple pour un immeuble



Maison passive

(Source : <http://what-when-how.com/>)

CONSIDÉRATION DU GISEMENT SOLAIRE

Contexte

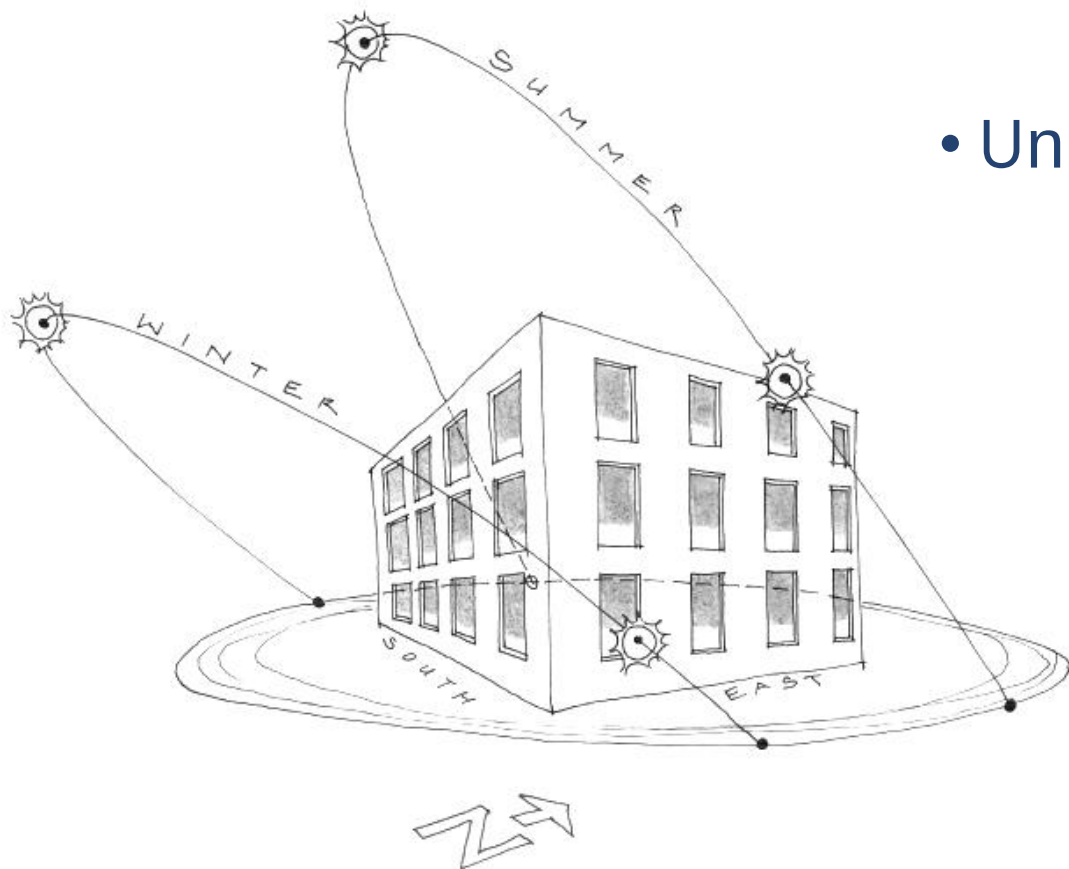
Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Calcul détaillé (ex. : période complète de chauffe)

- Un seul immeuble :
moyennement complexe
- Un quartier complet : **complexe!**



Impact du trajet solaire

(source : <http://inhabitat.com/nyc/>)

CONSIDÉRATION DU GISEMENT SOLAIRE

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



**Complexe *Sun Ship* à énergie positive
Freiburg, Allemagne**

(source : Wikipédia)

CONSIDÉRATION DU GISEMENT SOLAIRE

Contexte

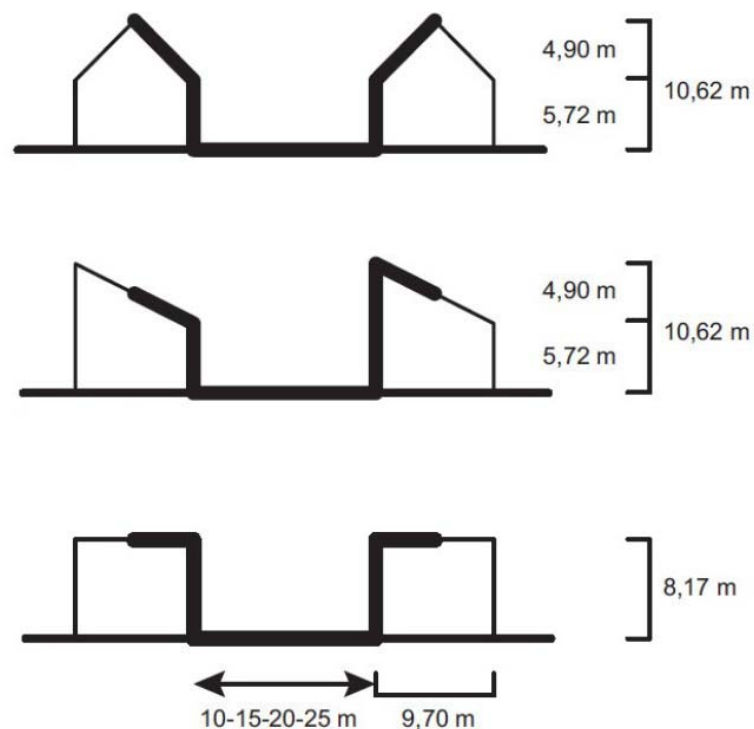
Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

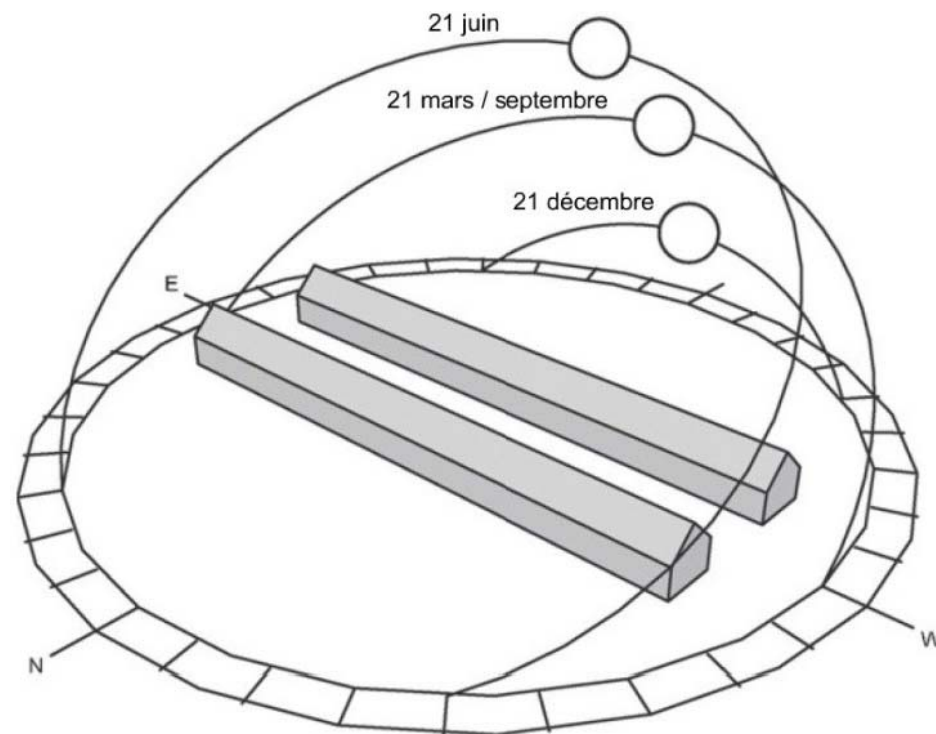
Travaux de van Esch et al. (2012)

Apport solaire sur le chauffage



Vue en coupe des canyons urbains étudiés

(Figures adaptées de van Esch, Looman et Bruin-Hordijk, 2012)



Impact du trajet solaire

OBJECTIFS (QUESTIONS)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

- ✧ **Quelle est l'importance de l'orientation générale d'un quartier sur l'apport solaire reçu et la satisfaction des besoins en chauffage?** (selon un niveau de détail raisonnablement élevé)
- ✧ **L'importance de l'orientation est-elle comparable pour des villes situées à une même latitude géographique et sous différents climats? Quand est-il à d'autres latitudes?**
- ✧ **Quel est l'impact de la densification de la ville sur l'apport solaire?**
- ✧ **Les besoins en chauffage des habitations actuelles ou futures peuvent-ils être satisfaits par l'apport solaire?**

RECONSTITUTION D'UN QUARTIER MODÈLE

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

- ✧ Considération de **3 quartiers/villes** de densité de population, de typologie (hauteurs des bâtiments, largeurs de rues, etc.) et de latitudes géographiques comparables
- ✧ Aussi considéré : **1 ville située au Nord** + **1 ville située au Sud**

Ville	Latitude	Climat
Montréal, Canada	45°30'	Continental humide
Bordeaux, France	44°40'	Méditerranéen/Océanique
Lyon, France	45°45'	Semi-continental
Stockholm, Suède	59°21'	Continental humide/Océanique
San-Francisco, É-U	37°47'	Méditerranéen/subtropical

RECONSTITUTION D'UN QUARTIER MODÈLE

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Quartiers typiques
(3 villes de même latitude)



RECONSTITUTION D'UN QUARTIER MODÈLE

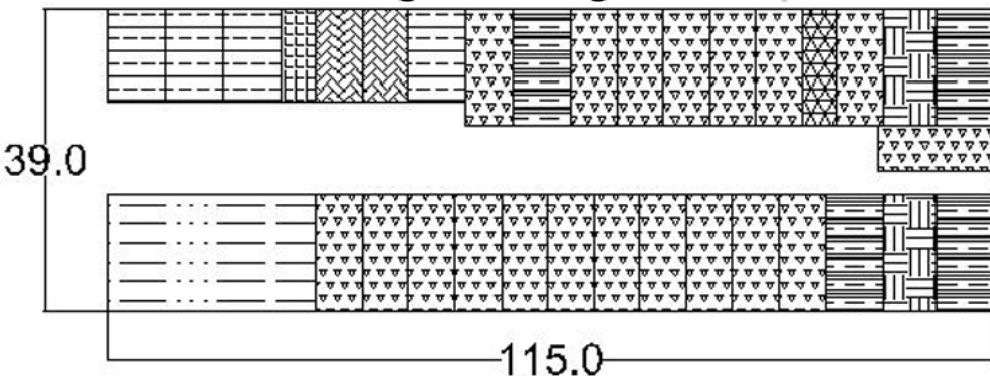
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

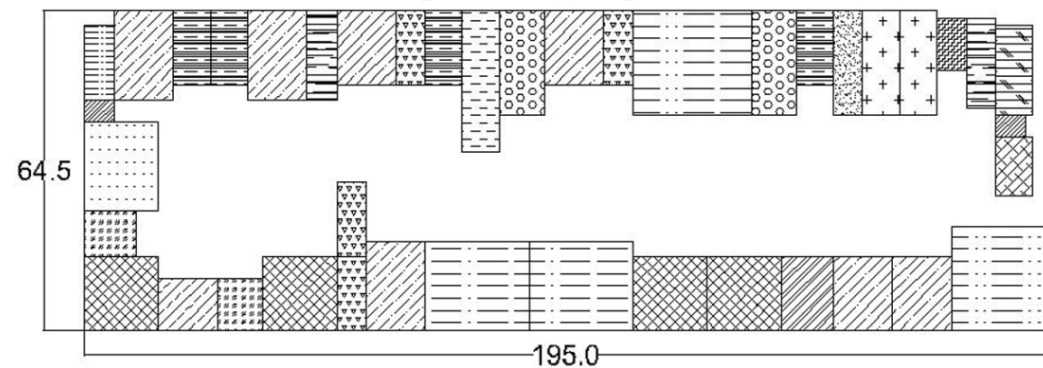
Synthèse

Ratio Longueur/Largeur = 2,88



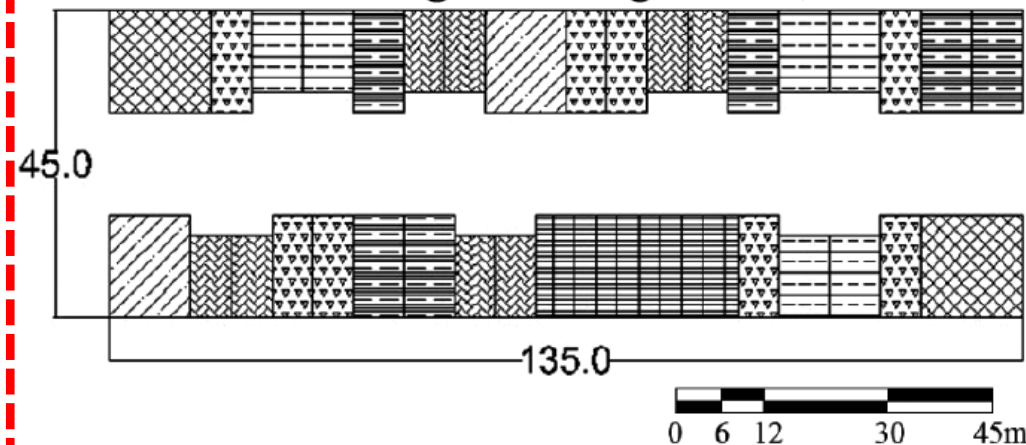
MONTRÉAL

Ratio Longueur/Largeur = 3,00



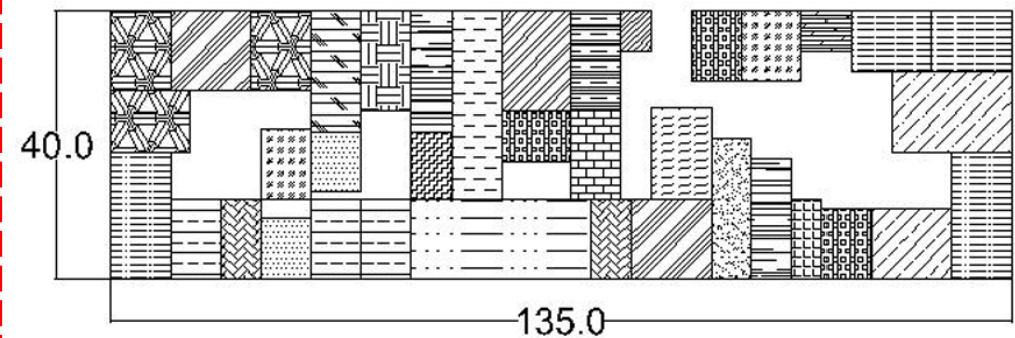
LYON

Ratio Longueur/Largeur = 3,00



QUARTIER MODÈLE

Ratio Longueur/Largeur = 3,38



BORDEAUX

(Figures adaptées de Monette et Beckers, in Beckers, 2012)

ÉTS

Le génie pour l'industrie

RECONSTITUTION D'UN QUARTIER MODÈLE

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

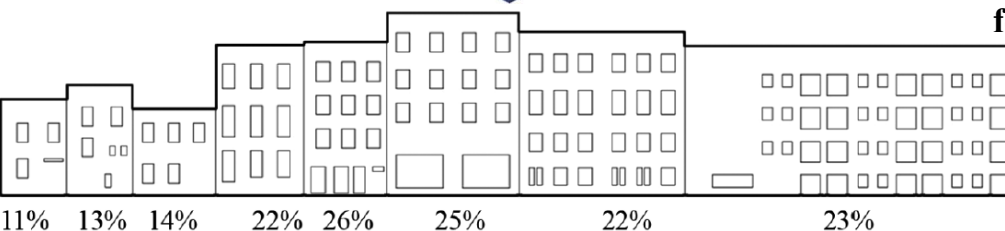


Façades de références



% de
fenestration

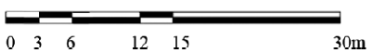
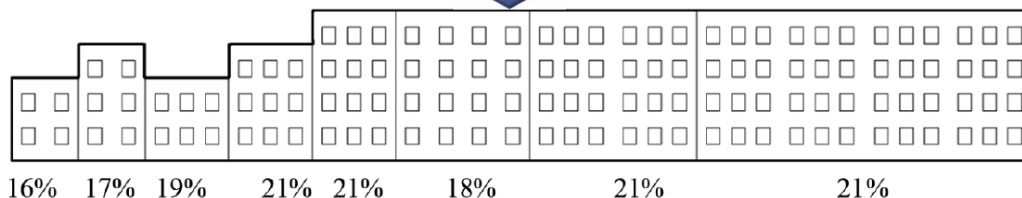
→ 22 %



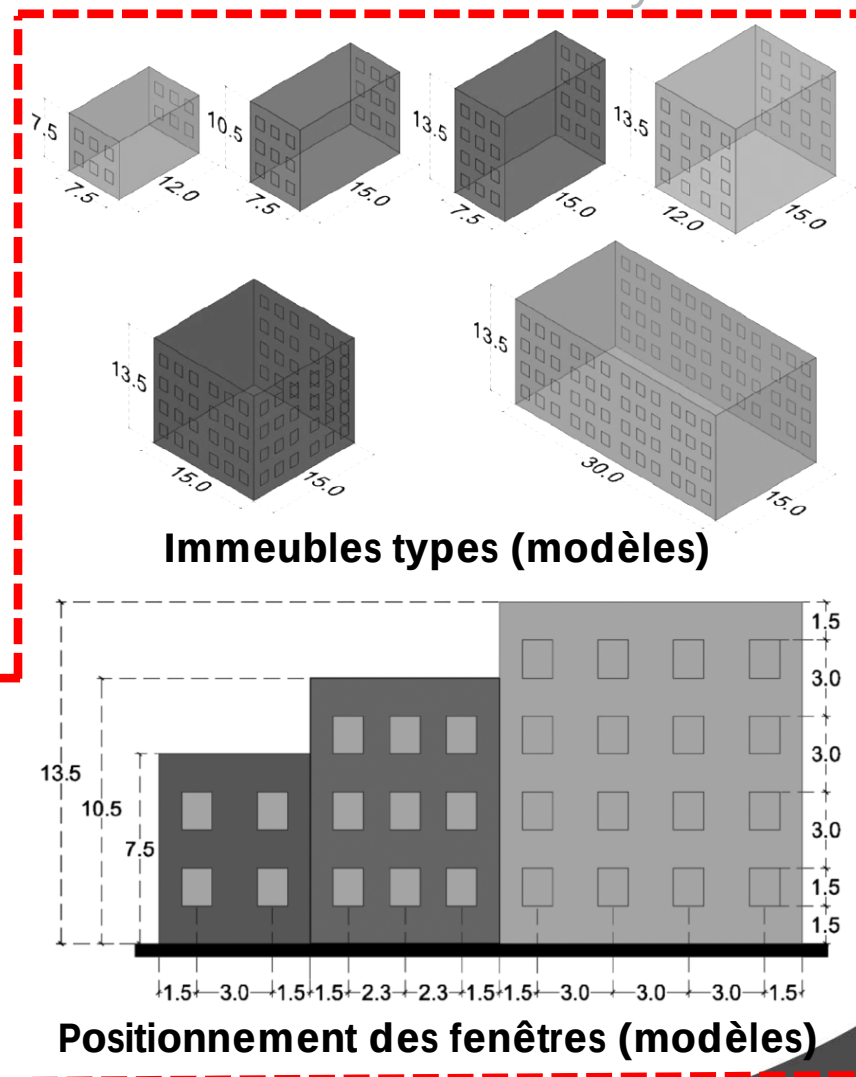
Géométrie des façades de références



→ 20 %



Typologie du modèle de référence retenu



(Figures adaptées de Monette et Beckers, in Beckers, 2012)

ÉTS

Le génie pour l'industrie

ÉTUDE DU QUARTIER (rotation)

Contexte

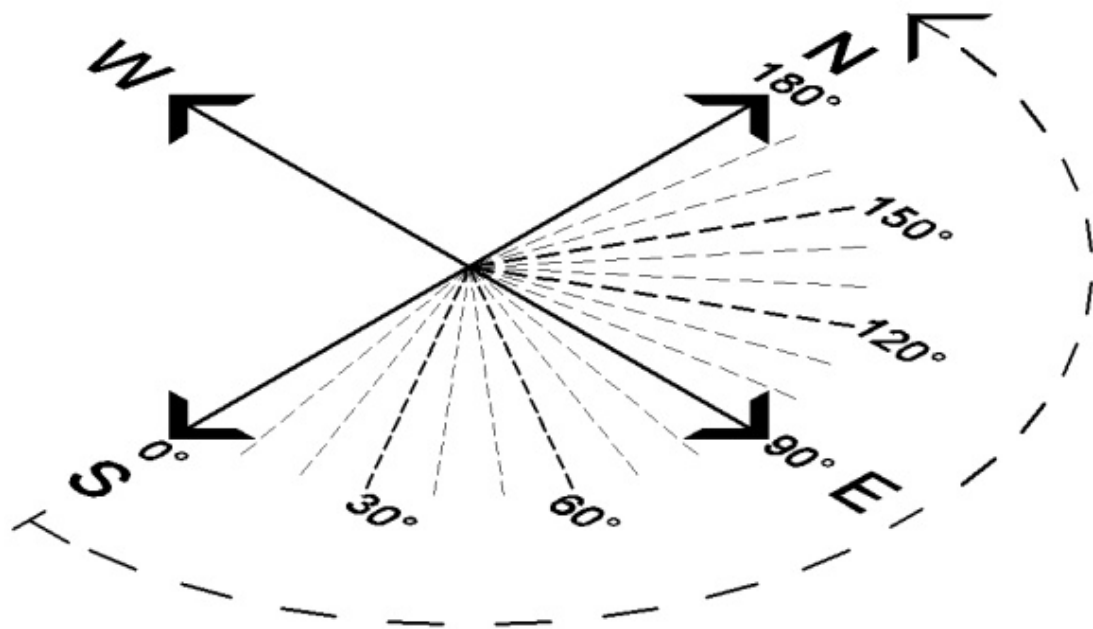
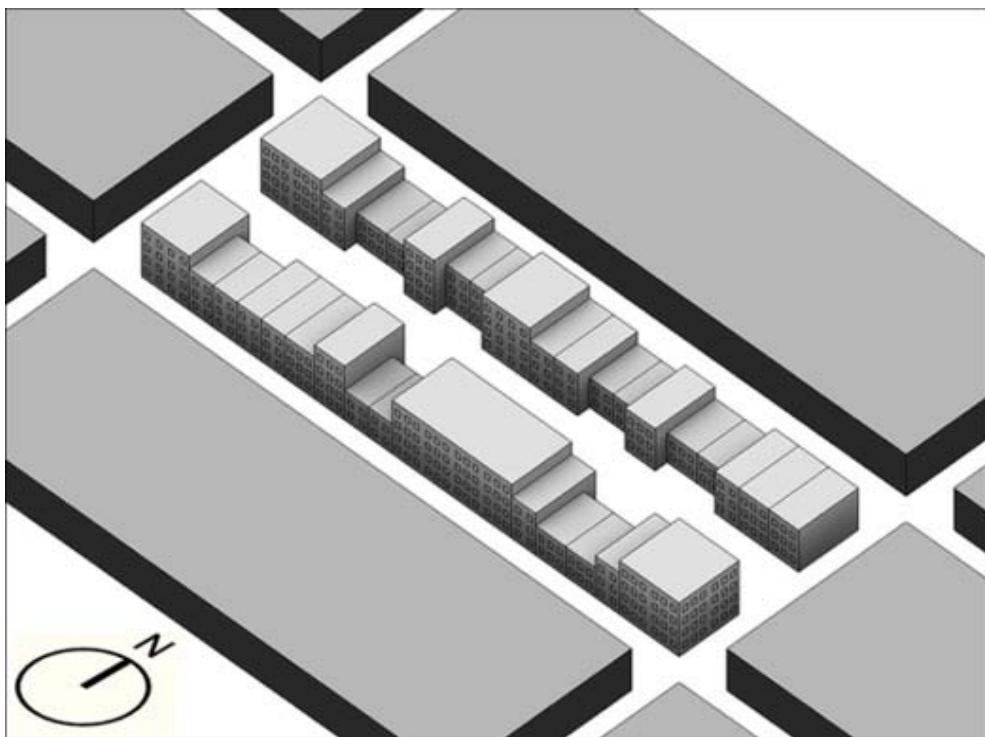
Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

ÉVOLUTION DES APPORTS SOLAIRES

Orientation optimale du quartier?



Rotation de 180° à pas de 10°

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

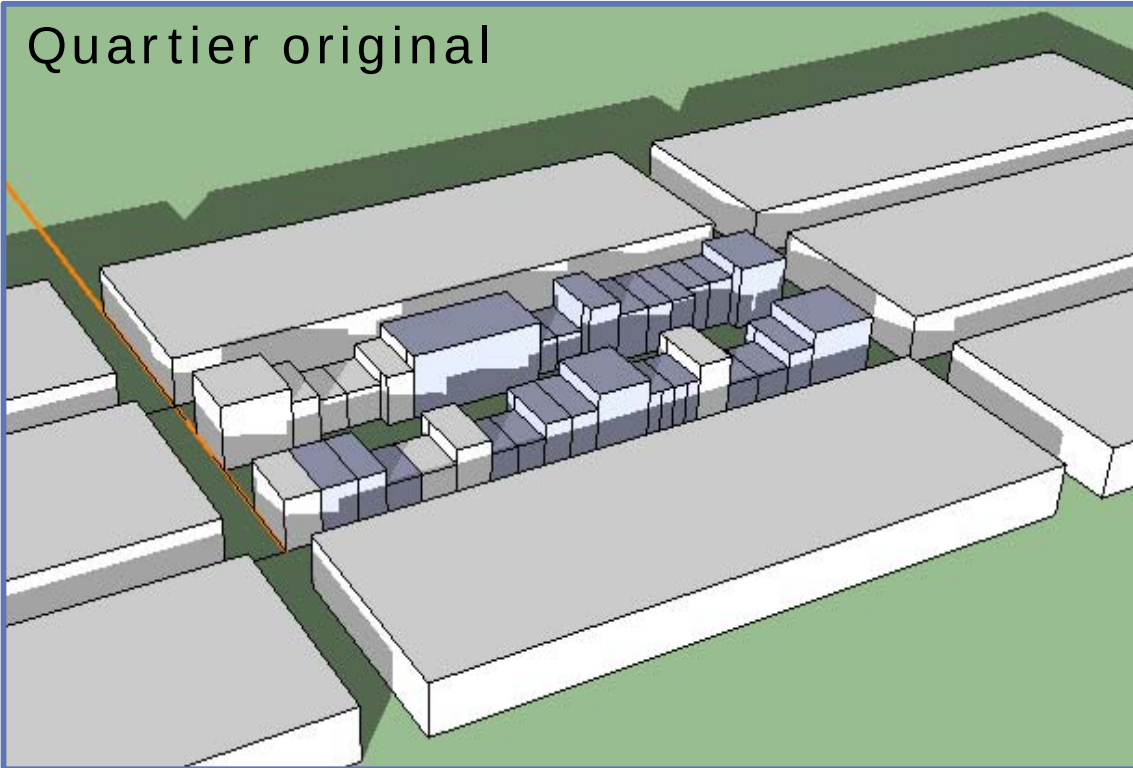
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original



**Quartier densifié à
volumes équivalents :**

- ajout de 1 étage
- ajout de tours

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original

Quartier original + 1 étage

**Quartier densifié à
volumes équivalents :**

- ajout de 1 étage
- ajout de tours

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original

Quartier original + 1 étage

Quartier original + Tours

Quartier densifié à volumes équivalents :

- ajout de 1 étage
- ajout de tours

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

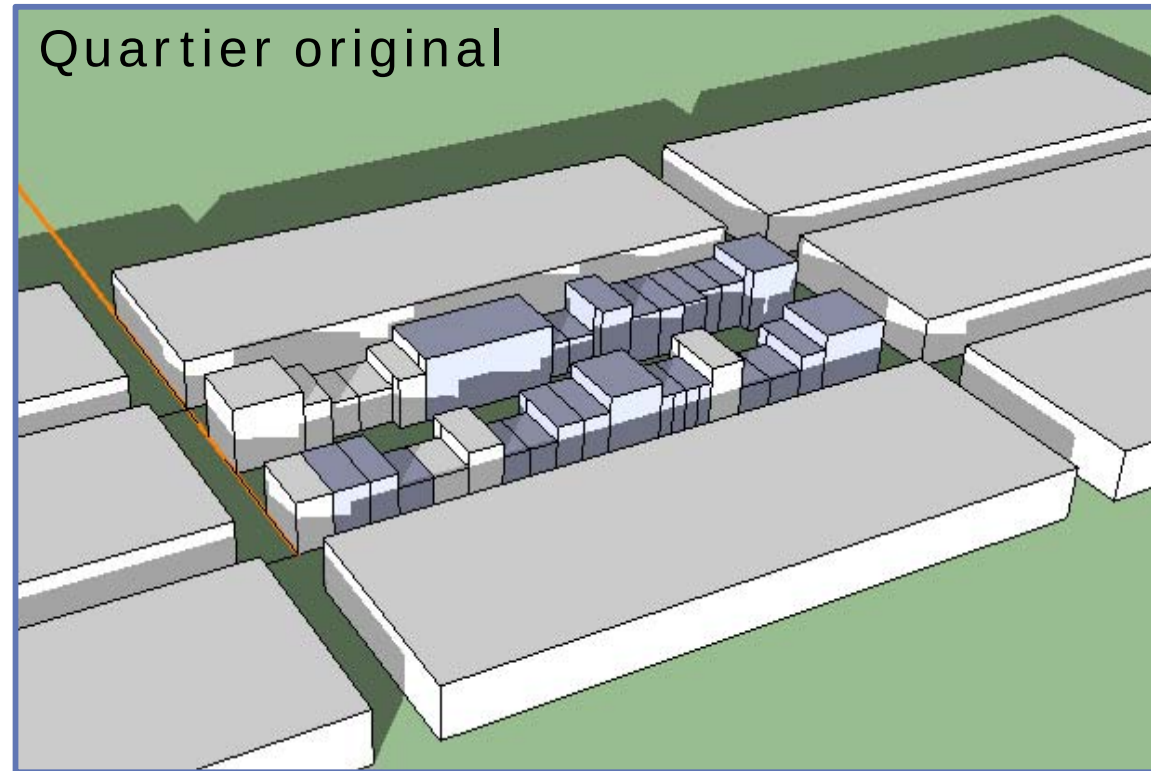
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original



**Quartier densifié
par ajouts d'étages
successifs**

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original

Quartier original + 1 étage

**Quartier densifié
par ajouts d'étages
successifs**

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original

Quartier original + 1 étage

**Quartier densifié
par ajouts d'étages
successifs**

Quartier original + 2 étages

ÉTUDE DU QUARTIER (densification du quartier original)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Quartier original

Quartier original + 3 étages

**Quartier densifié
par ajouts d'étages
successifs**

Quartier original + 2 étages

DÉMARCHE DE CALCUL

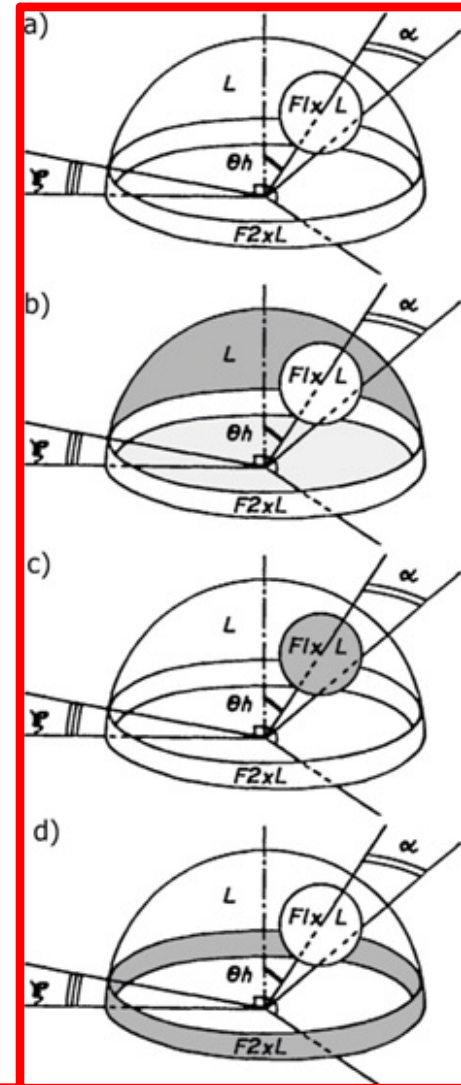
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

- ✧ Calcul horaire de l'irradiation solaire directe et diffuse sur la surface de chacune des fenêtres
→ données d'irradiation solaire directe/diffuse tirées du US Department of Energy (2011)
- ✧ Utilisation du modèle solaire de **Perez**
- ✧ Réflections et arbres négligés
- ✧ Utilisation de la méthode statique ASHRAE (degrés-jours/coefficients de transfert thermique)
→ calcul sur la période de chauffe
- ✧ 2 époques d'isolation (2000 et future 2025)



Légende

F1 : Coefficient d'éclat solaire
F2 : Coefficient d'éclat de l'horizon
 β : Angle solide à l'horizon
 θ_h : Angle au zénith
 α : Angle solide

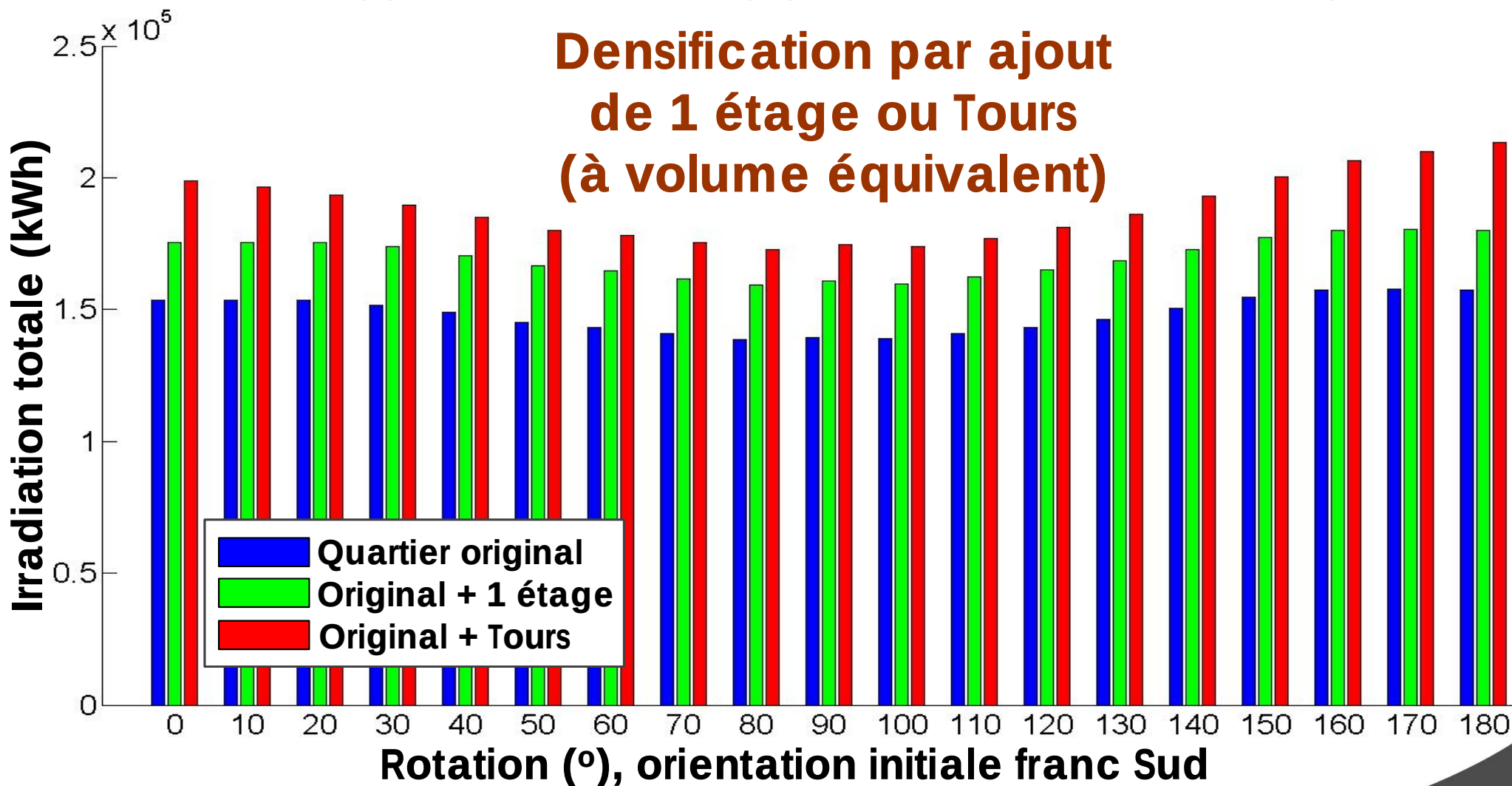
RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

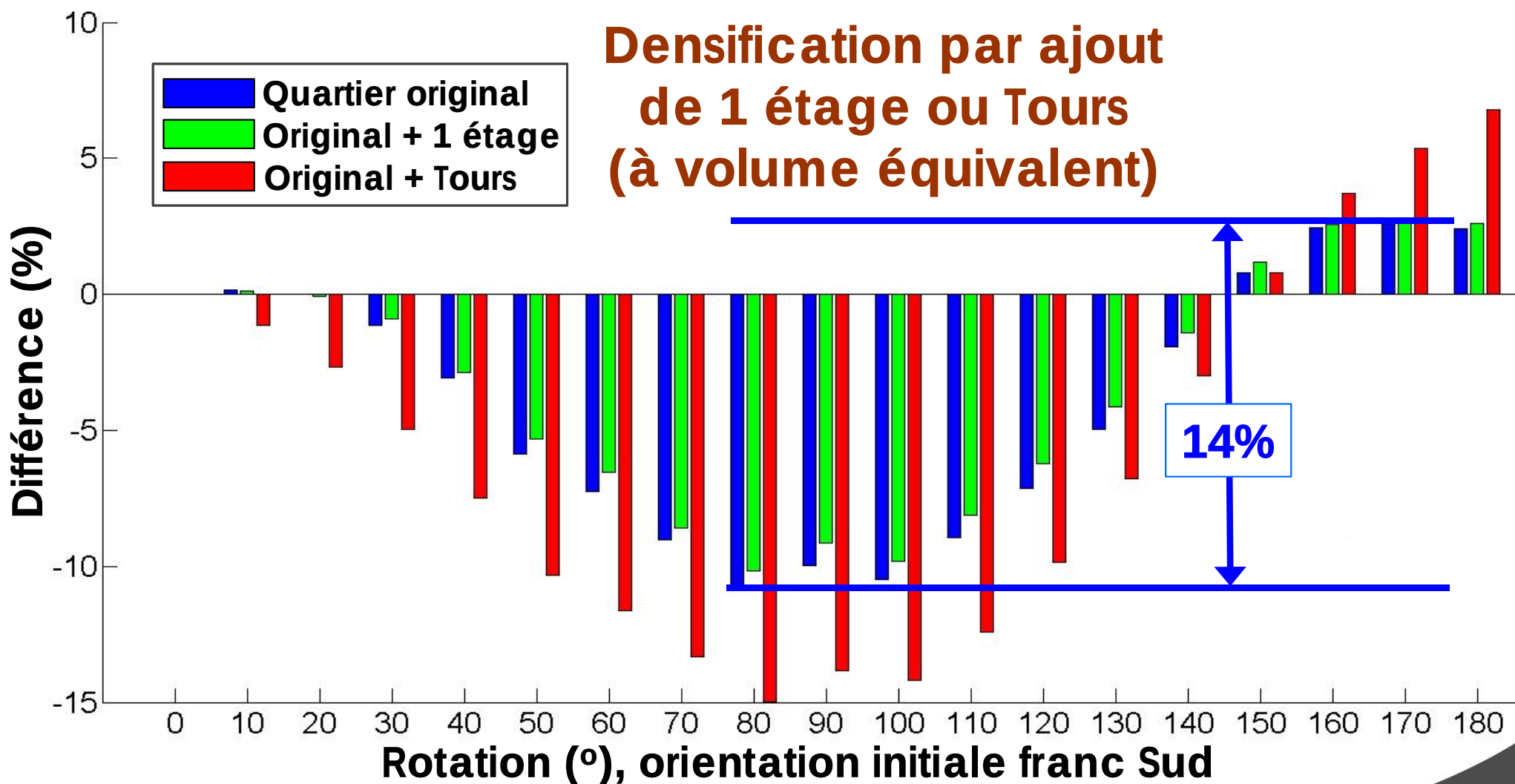
RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

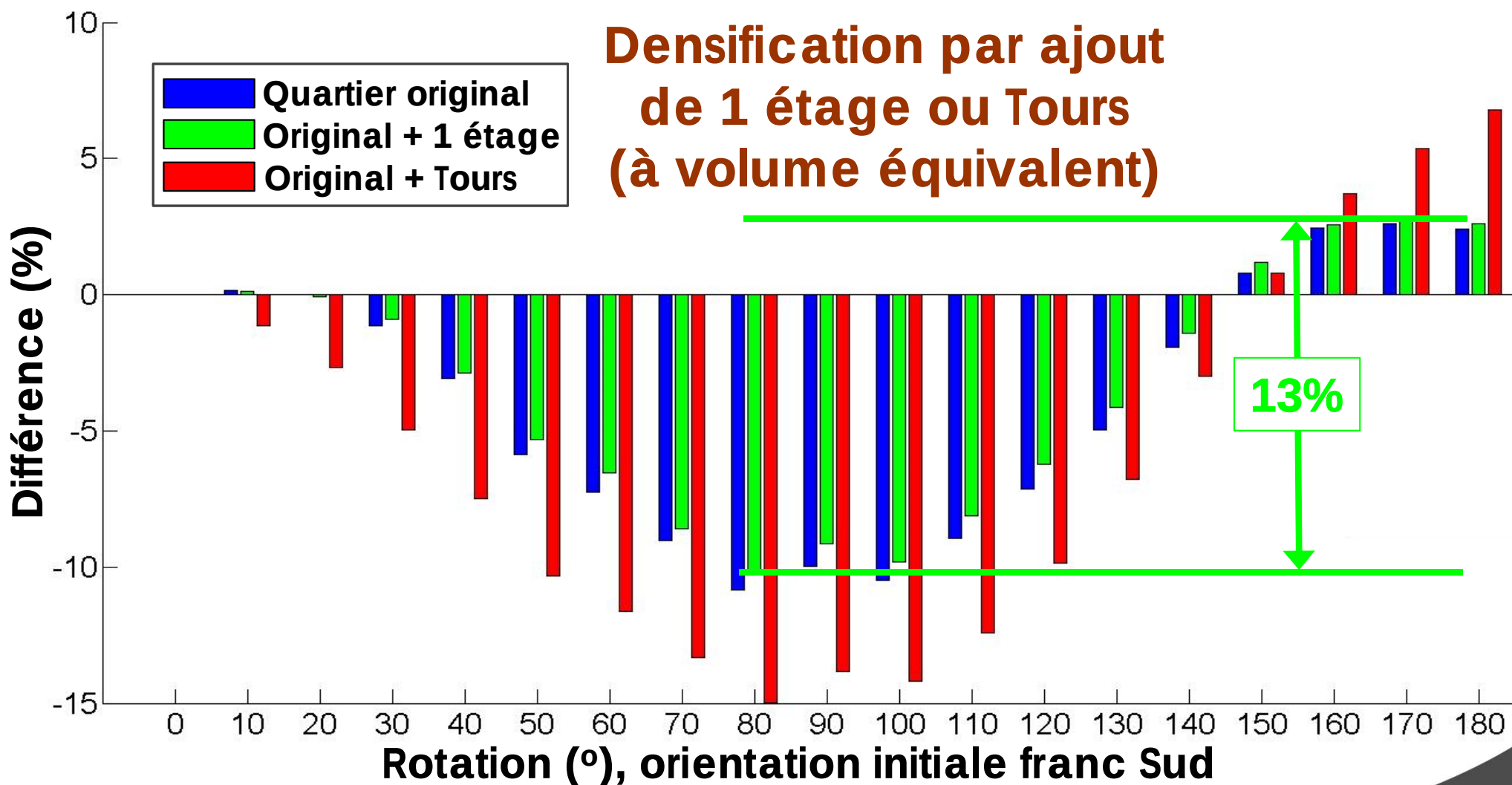
RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

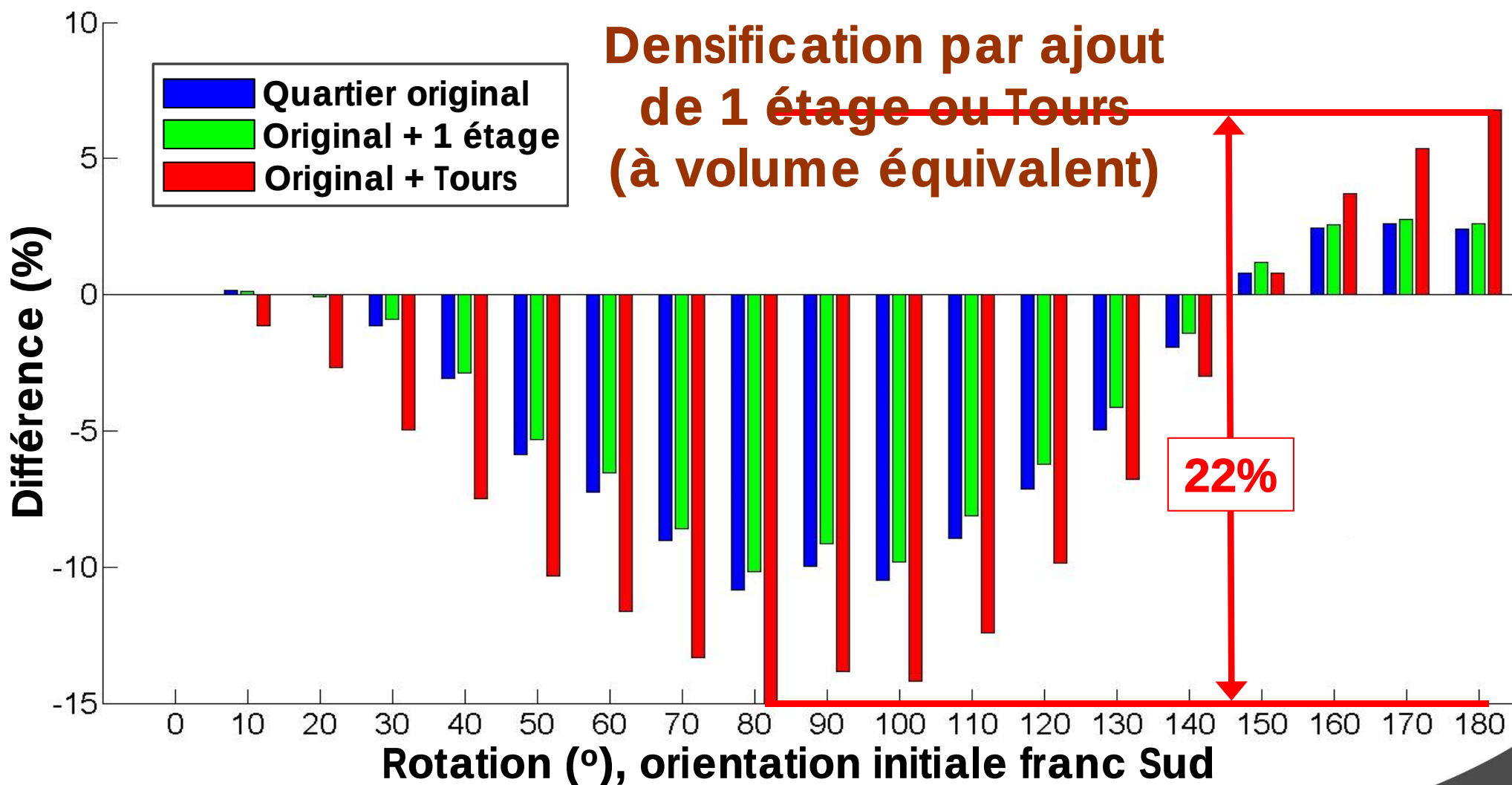
RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (Montréal)

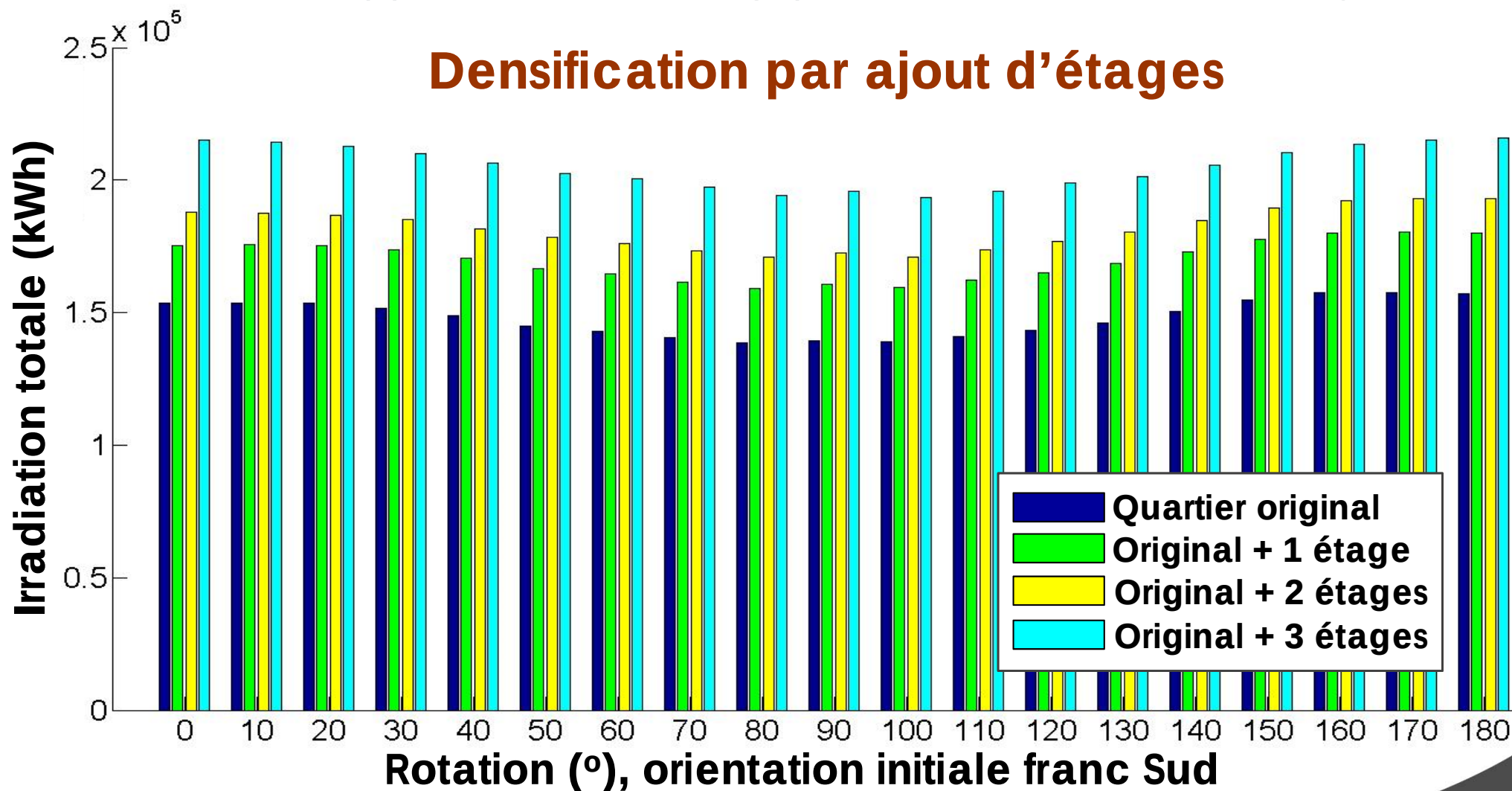
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout d'étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

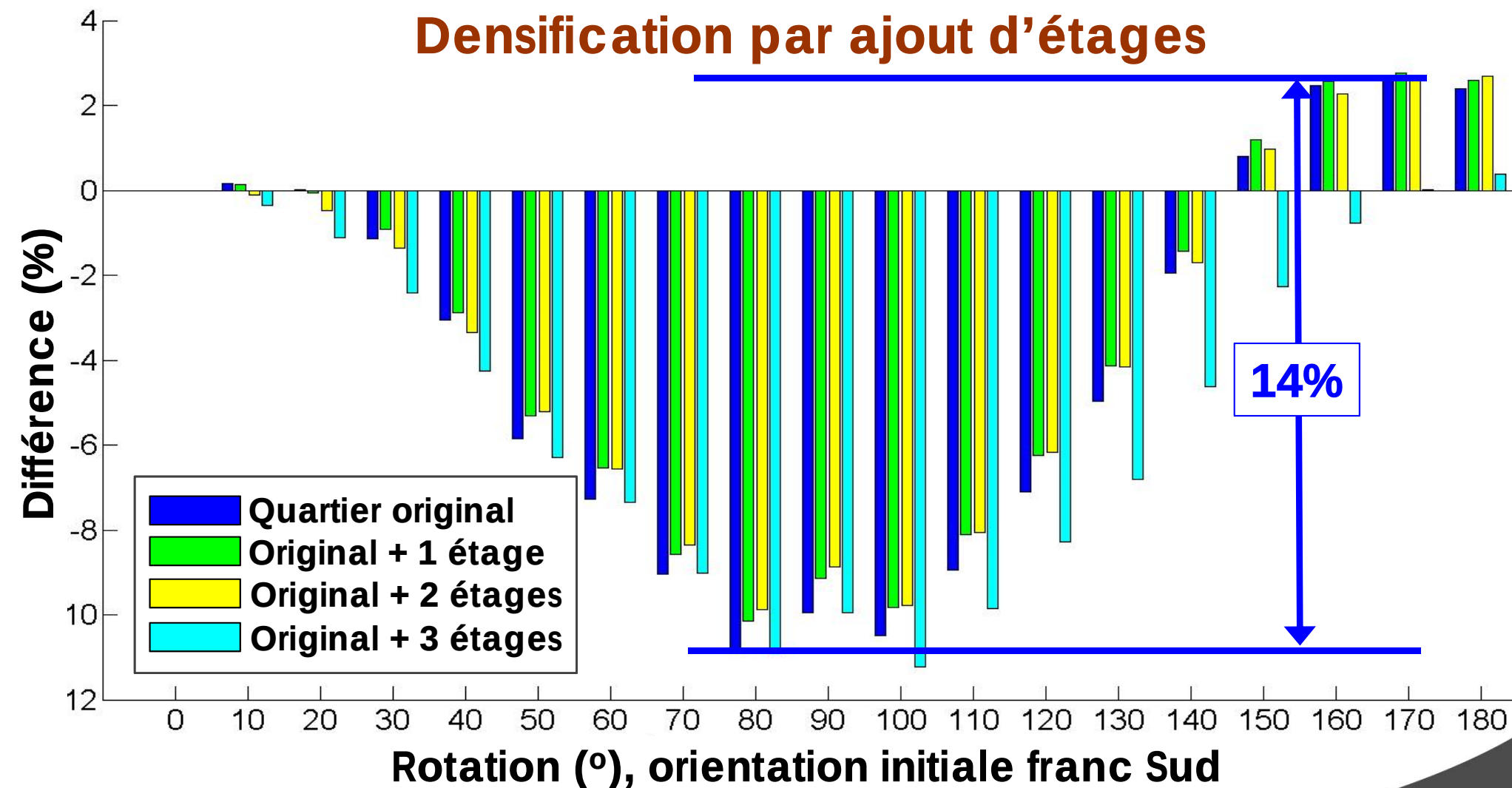
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout d'étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

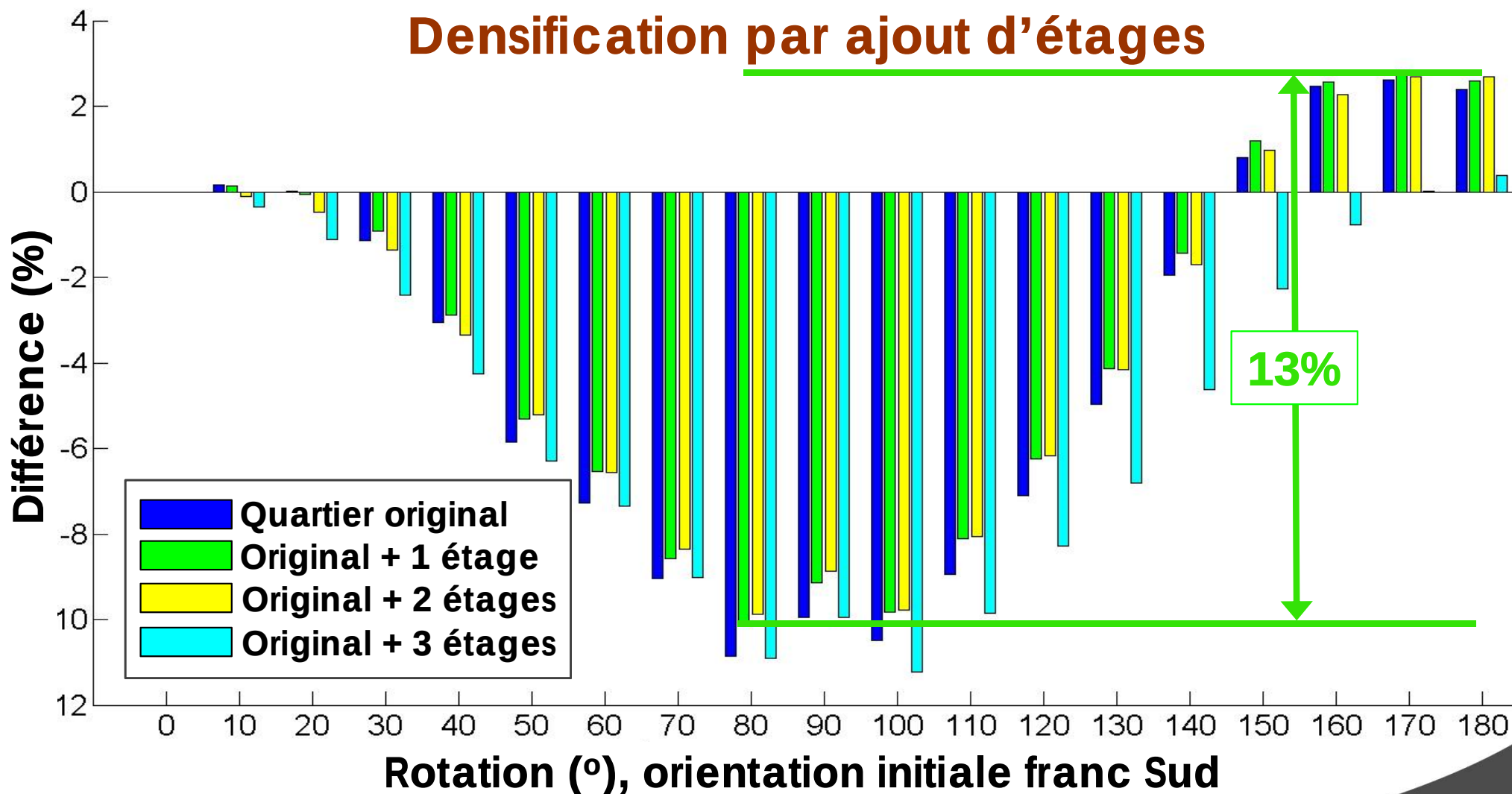
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout d'étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

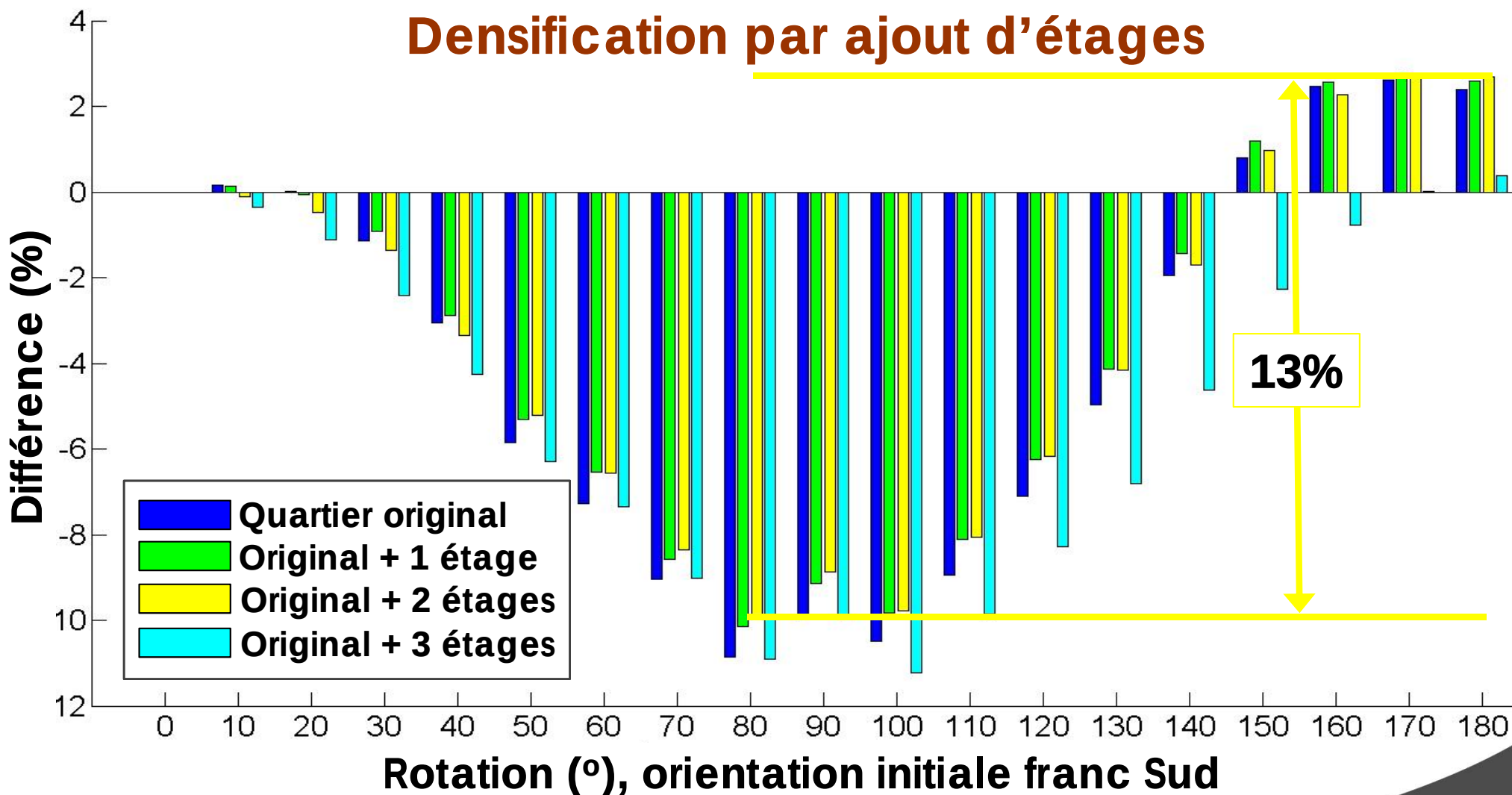
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout d'étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (Montréal)

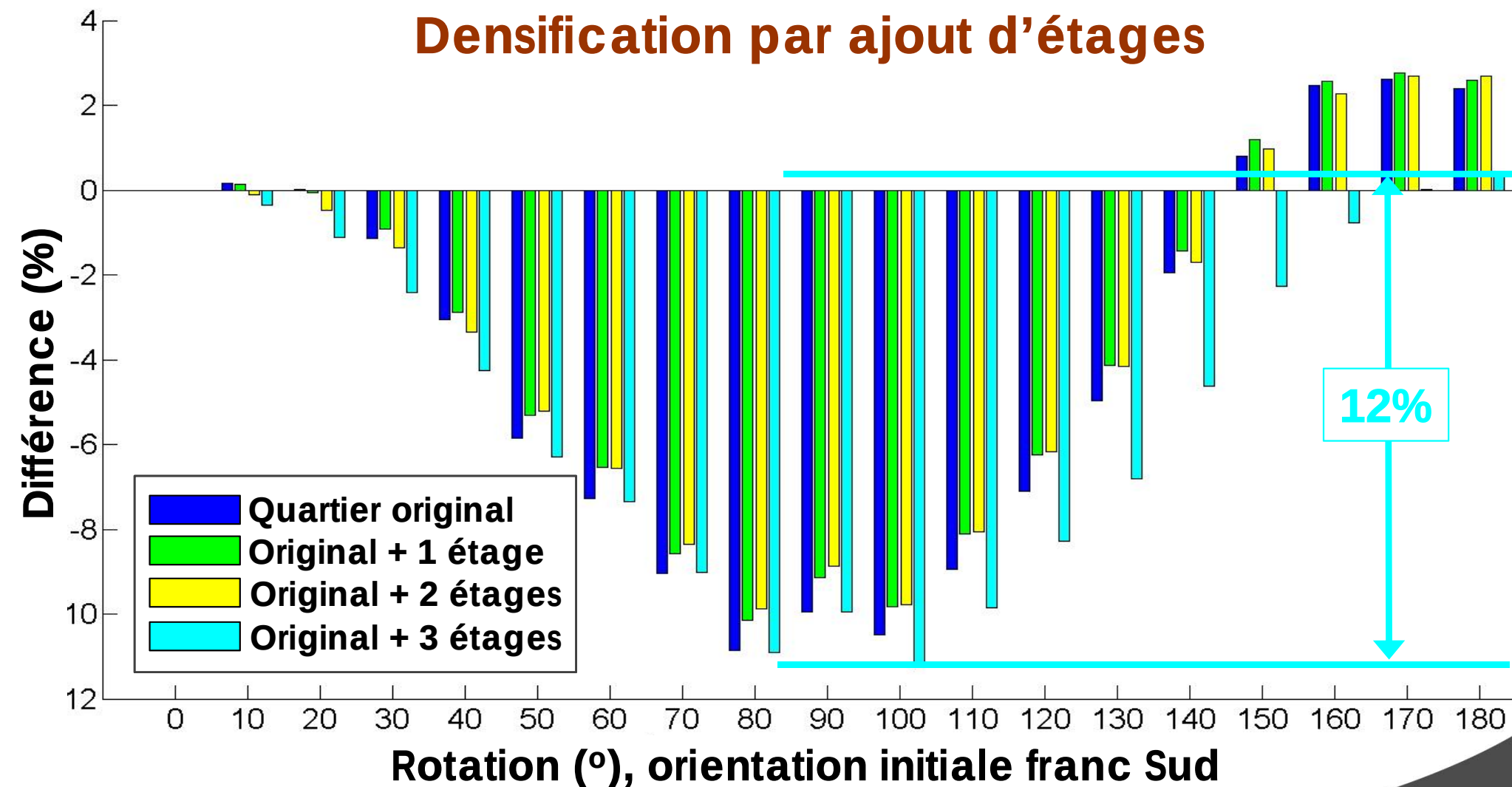
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout d'étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (3 étages)

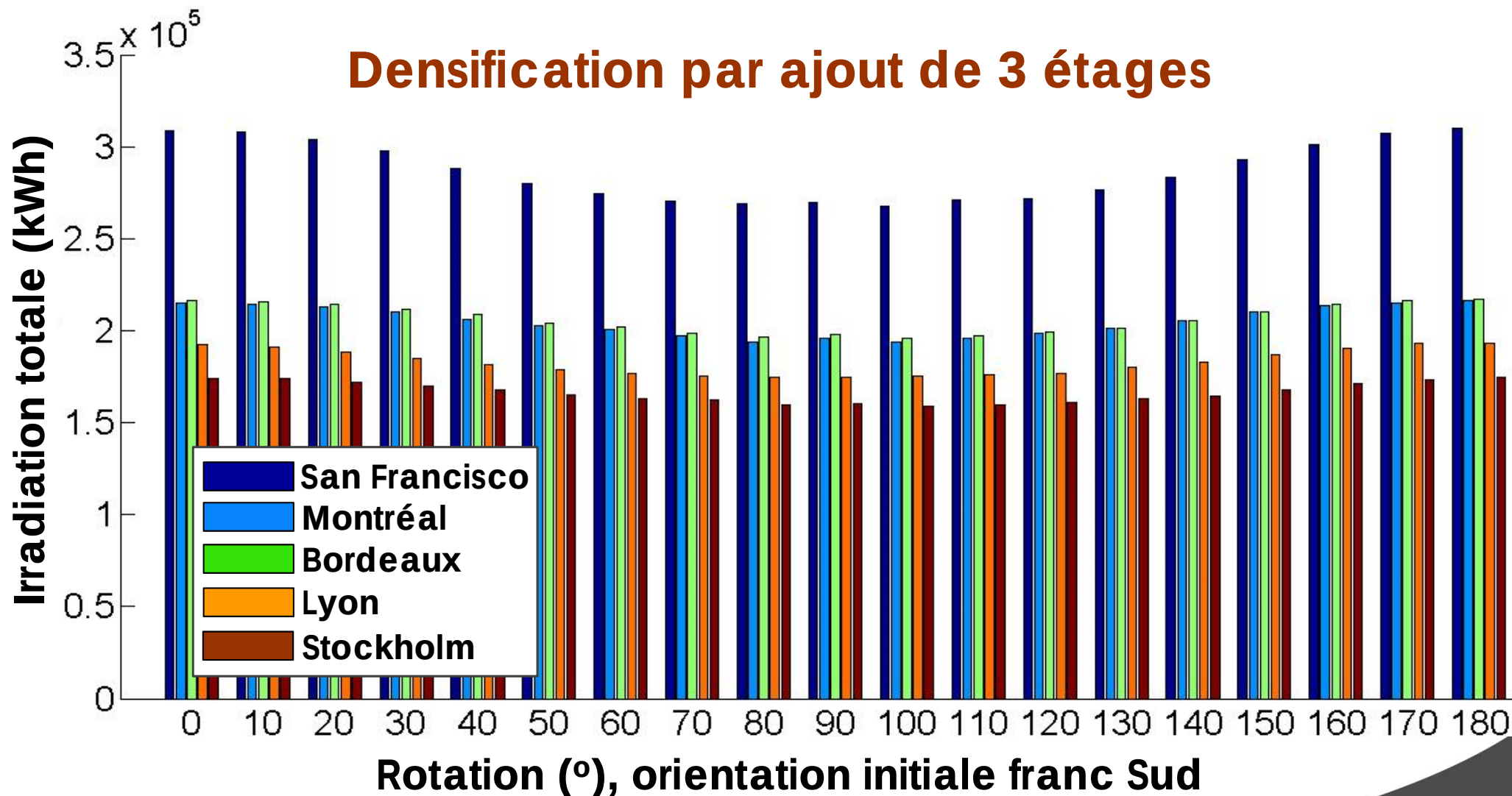
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

ÉTS

Le génie pour l'industrie

RÉSULTATS – Irradiation relative (3 étages)

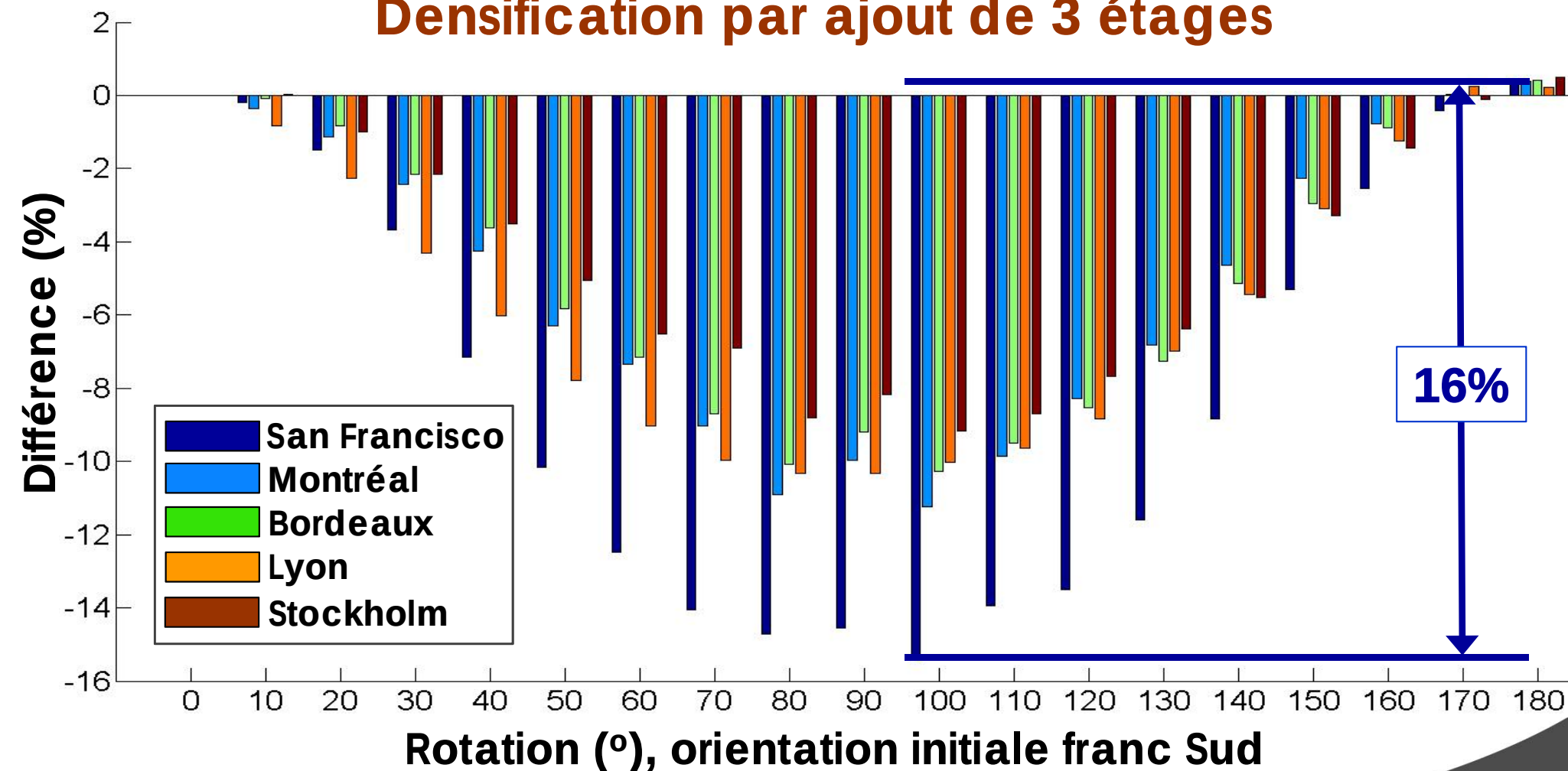
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (3 étages)

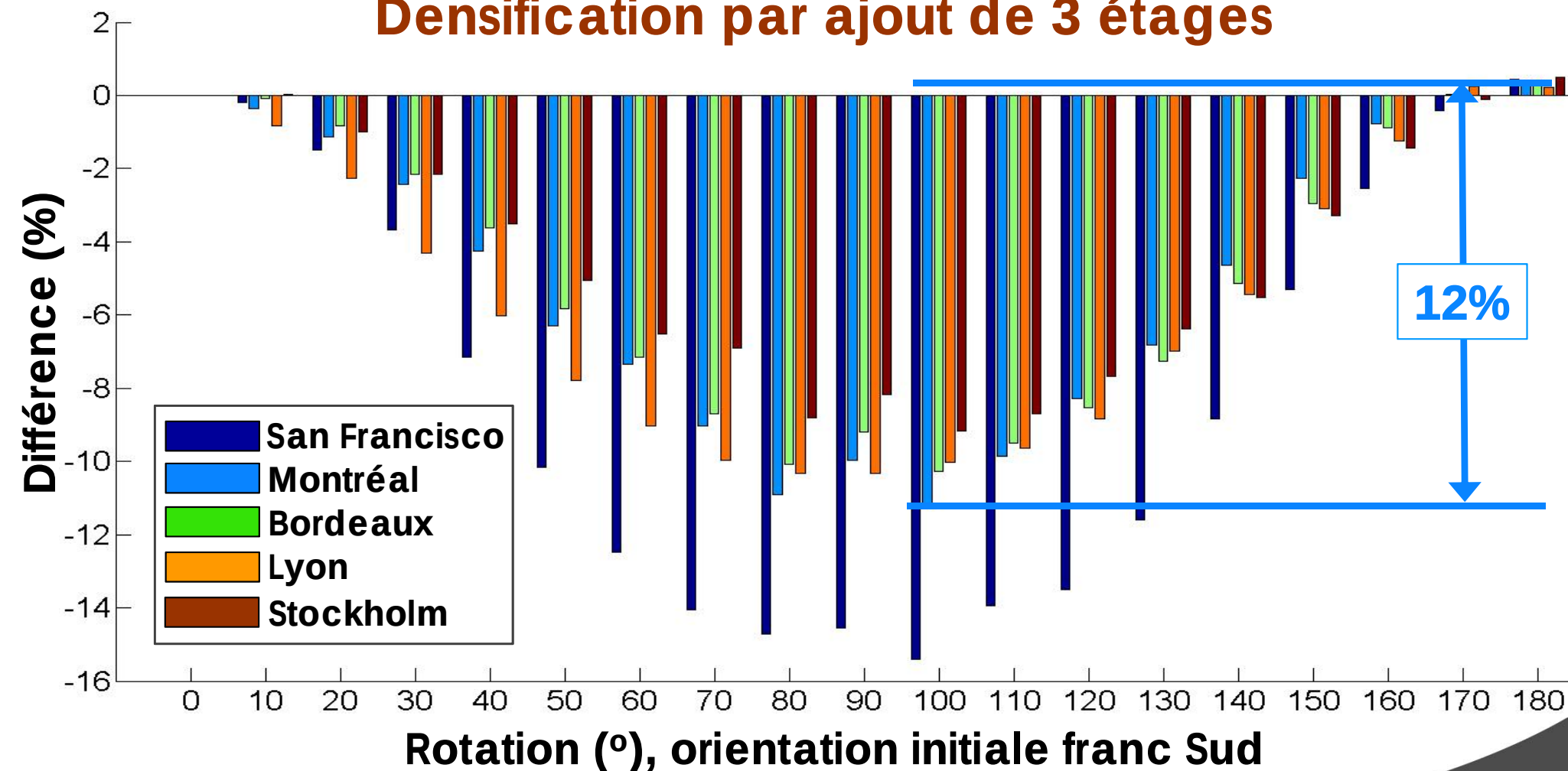
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (3 étages)

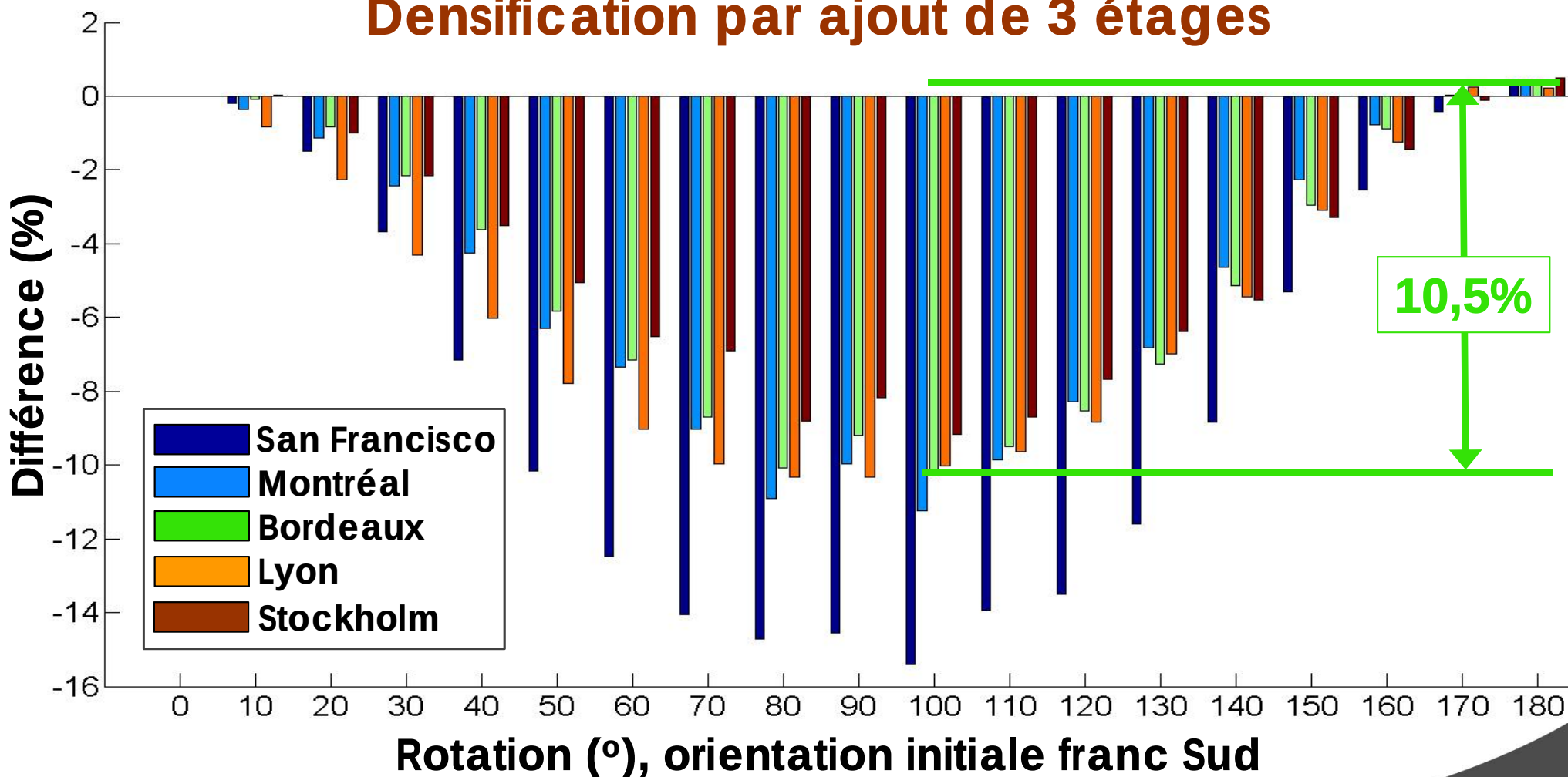
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (3 étages)

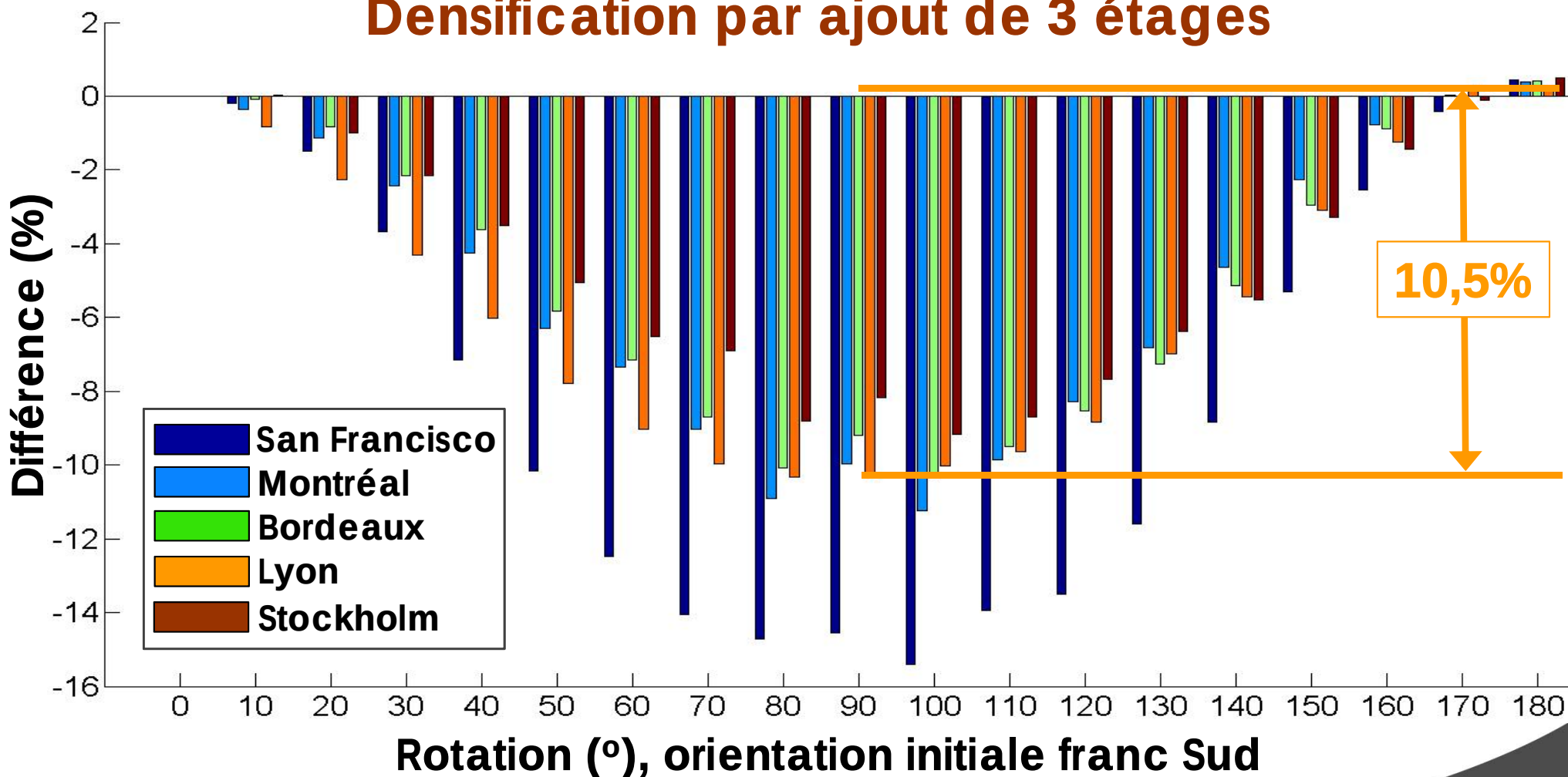
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Irradiation relative (3 étages)

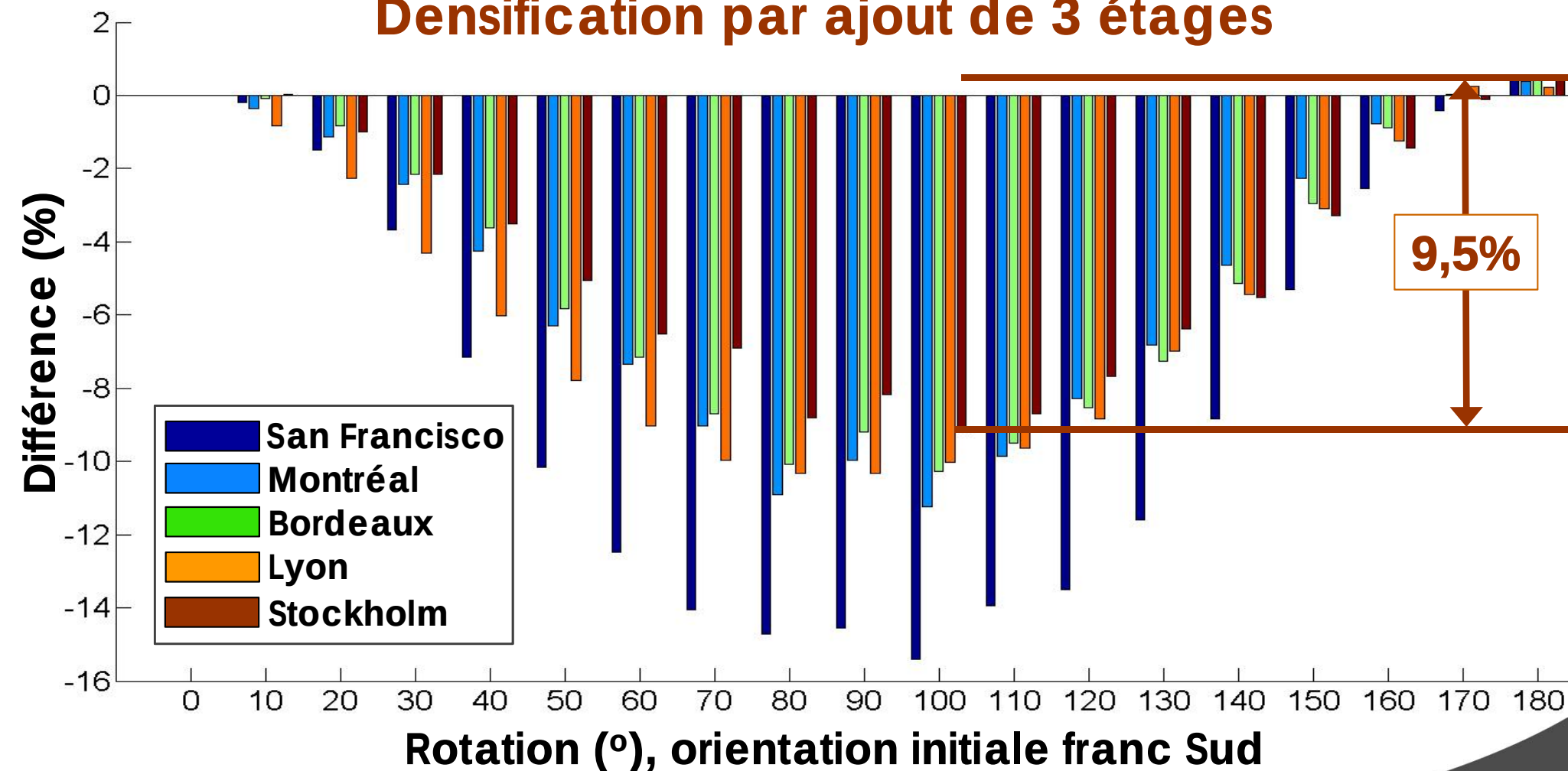
Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Densification par ajout de 3 étages



Totalité de la période de chauffe

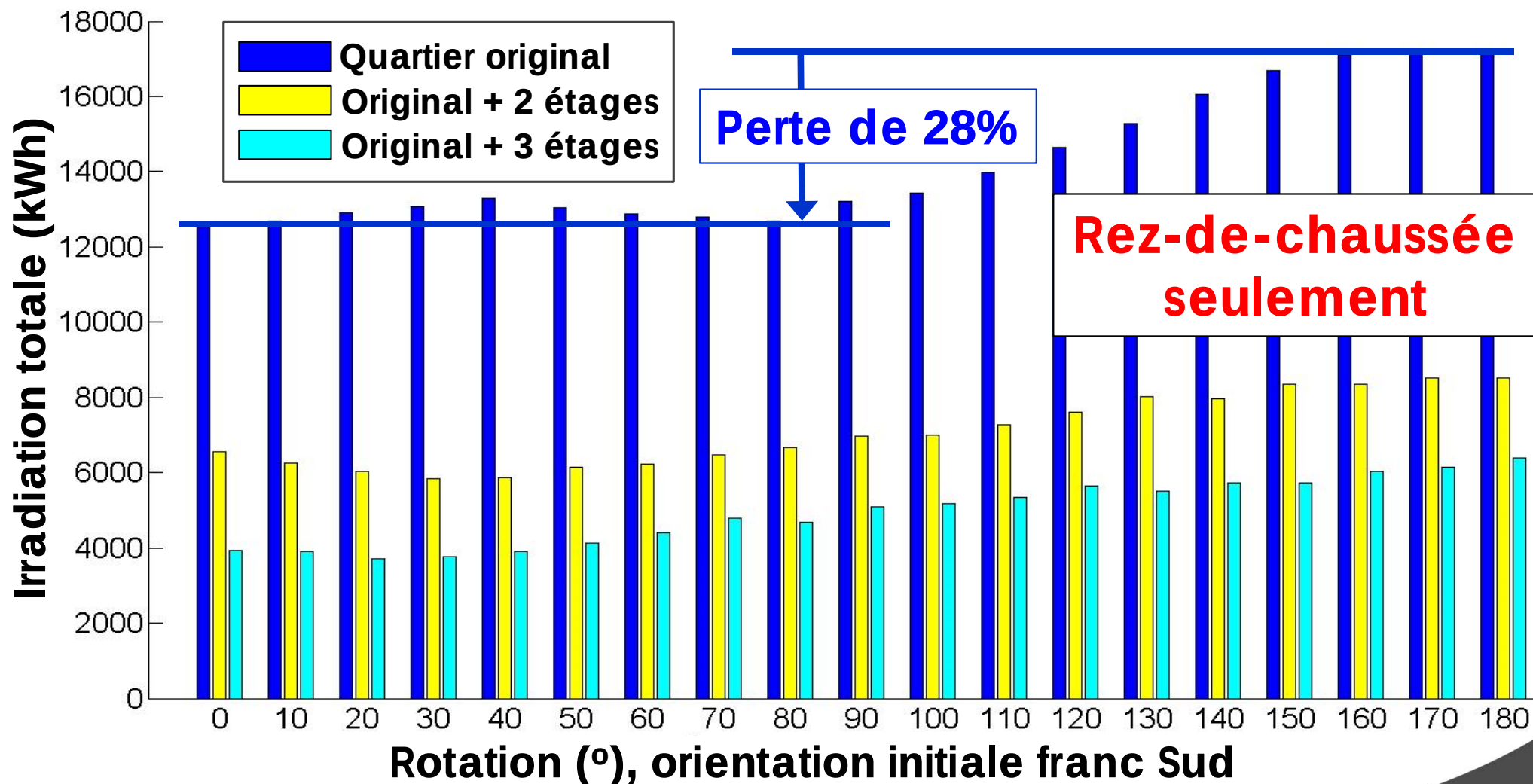
RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

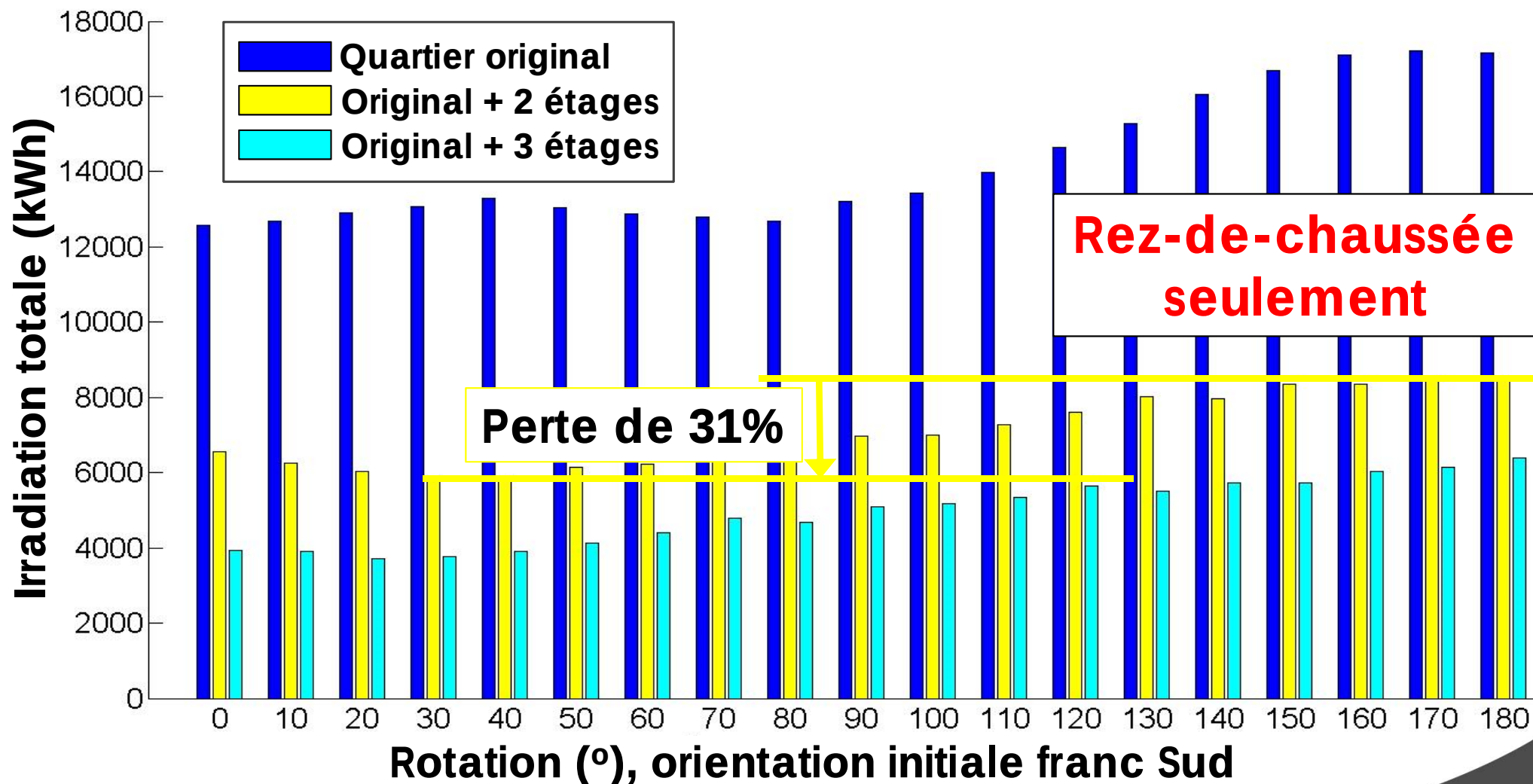
RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

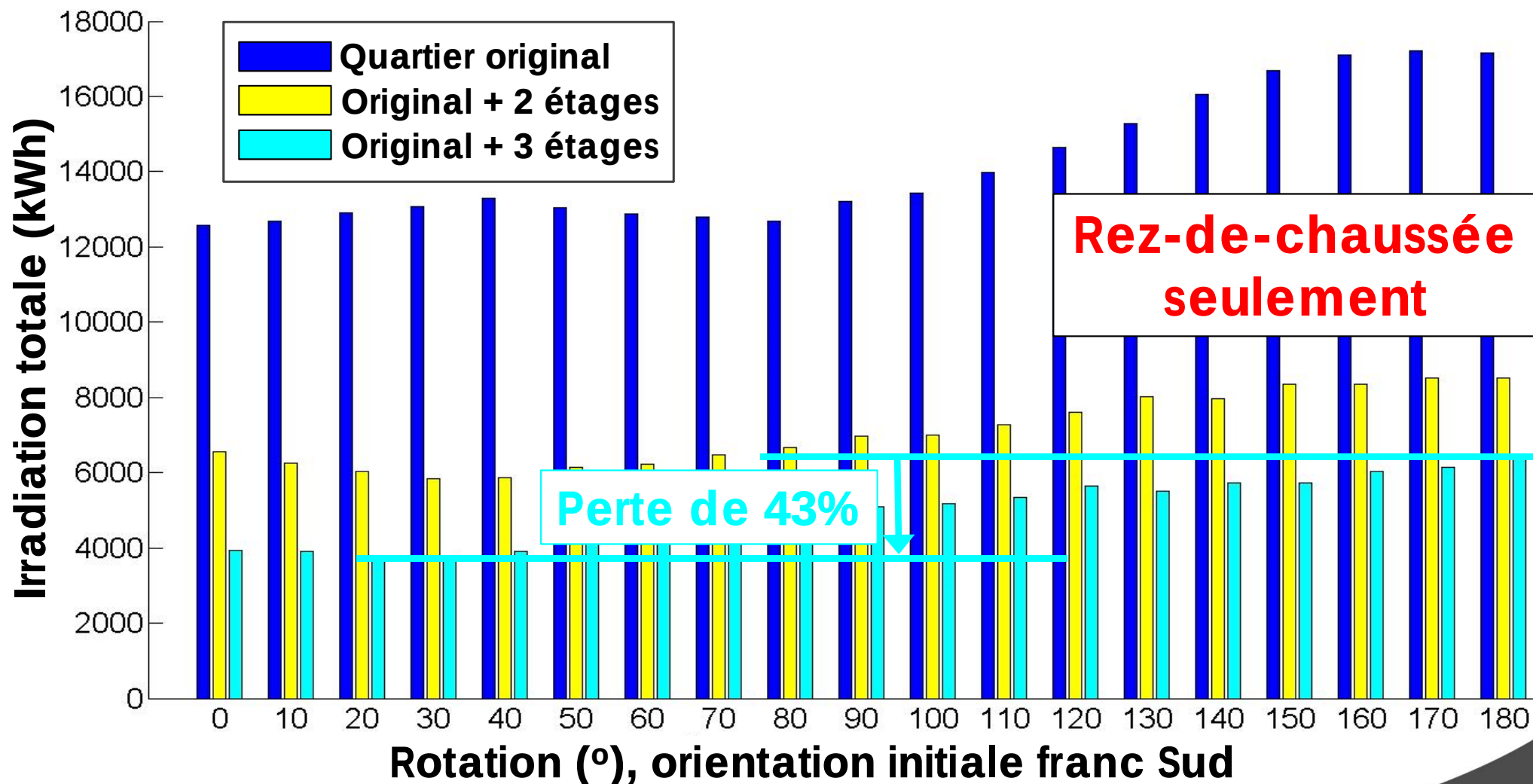
RÉSULTATS – Irradiation totale reçue (Montréal)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

RÉSULTATS – Synthèse par scénario

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

Montréal (orientation initiale franc Sud)

Rang	Irradiation solaire totale			Irradiation solaire par surface de fenestration		
	Scénario / quartier	kWh	%	Scénario / quartier	kWh/m ²	%
1	3 étages supp.	215 000	---	Original	215	---
2	Tours	199 000	-7,4	Tours	204	-5,1
3	2 étages supp.	188 000	-13	1 étage supp.	188	-13
4	1 étage supp.	175 000	-19	2 étages supp.	162	-25
5	Original	153 000	-29	3 étages supp.	139	-35

RÉSULTATS – Synthèse par scénario

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

San Francisco (orientation initiale franc Sud)

Rang	Irradiation solaire totale			Irradiation solaire par surface de fenestration		
	Scénario / quartier	kWh	%	Scénario / quartier	kWh/m ²	%
1	3 étages supp.	309 000	---	Original	309	---
2	2 étages supp.	274 000	-11	Tours	279	-9,7
3	Tours	270 000	-13	1 étage supp.	272	-12
4	1 étage supp.	254 000	-18	2 étages supp.	237	-23
5	Original	220 000	-29	3 étages supp.	200	-35

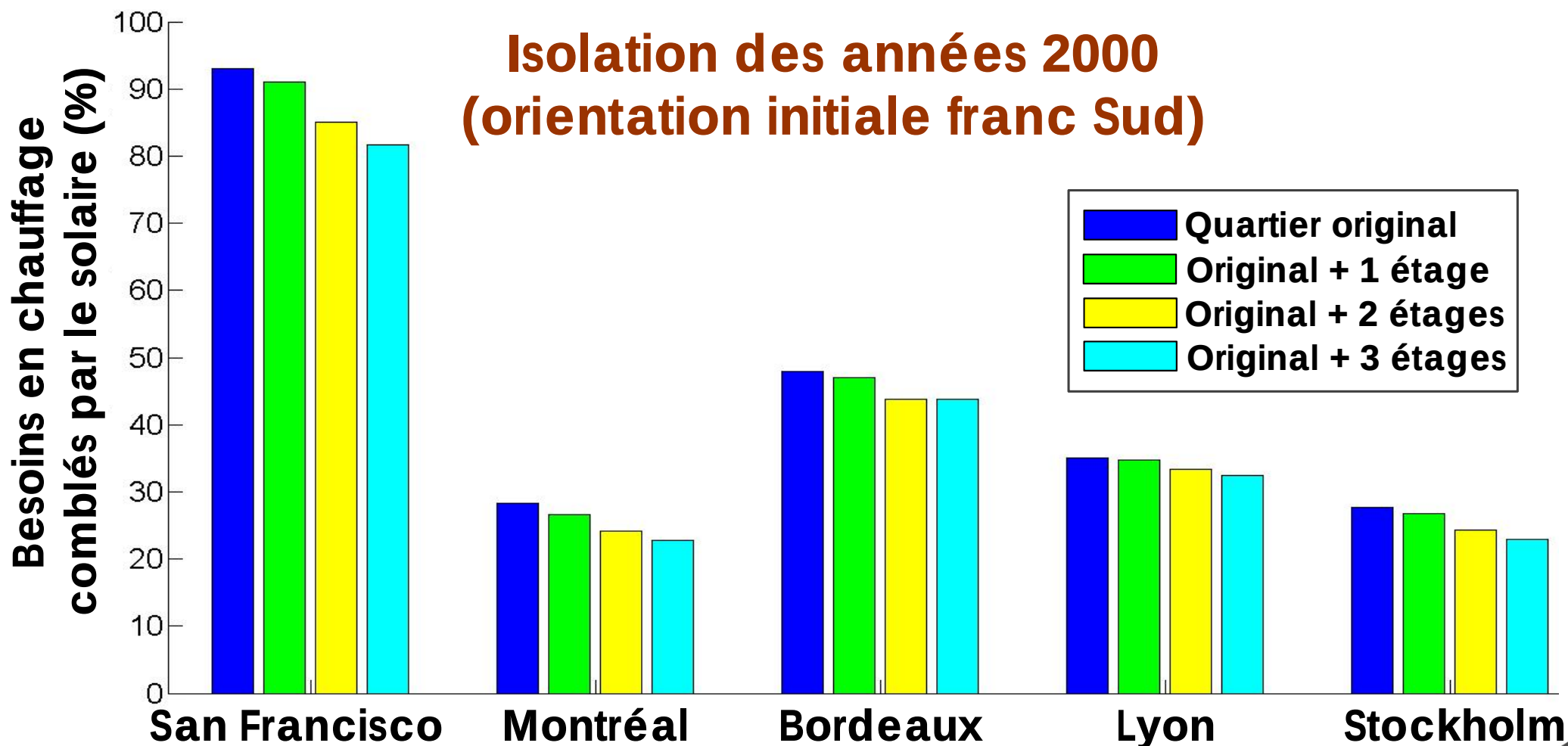
RÉSULTATS – Besoins en chauffage comblés

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

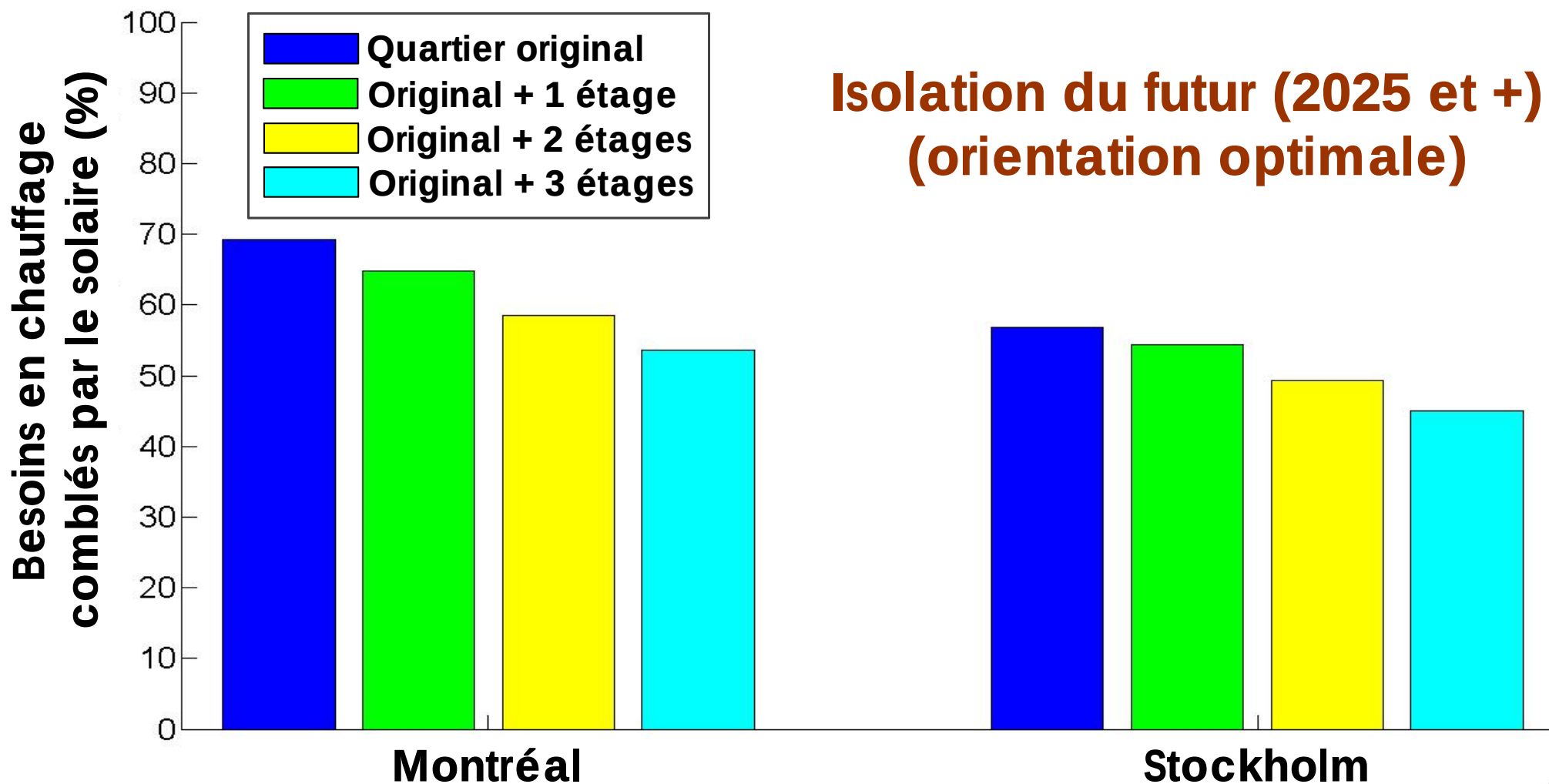
RÉSULTATS – Besoins en chauffage comblés

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse



Totalité de la période de chauffe

CONCLUSION (Faits-saillants)

Contexte

Approche méthodologique

Résultats

Synthèse

- ✧ L'orientation d'un quartier influence l'irradiation totale reçue :
 - pertes de 12 à 14% si mal orienté (scénarios original ou étagés)
 - pertes de près de 22% si mal orienté (scénarios des Tours)
- ✧ Plus la densité est élevée, plus l'irradiation reçue (kWh) est grande, mais moins les gains sont importants par surface vitrée (kWh/m²)
- ✧ Attention aux effets locaux! (rdc, immeubles voisins des Tours...)
- ✧ Le climat influence +/- l'irradiation totale reçue
- ✧ La latitude influence l'irradiation totale reçue, avec pertes significative au Sud (San Francisco) si orientation non optimale
- ✧ Contribution de l'apport solaire au chauffage :
 - significative à San Francisco (isolation 2000 et +)
 - partielle pour les autres villes (isolation récente)
 - significative / villes nordiques (isolation 2025+)

ÉTS

Le génie pour l'industrie