



السلكة المغربية



فقت الرعاية السامية لصاحب الجلالة الملك محمد السادس  
⊙ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ  
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI

الجمعية المغربية  
لمؤتمرات الطرق  
L'Association Marocaine  
Permanente des Congrès de la Route

# 11ème مؤتمري الوطني للطرق ⲙⲟⲩⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Ⲛⲉⲗⲉⲗ Congrès National de la Route

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure routière dans le nouveau modèle de développement économique et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية  
الطرقية في تنزيل النموذج  
الجديد للتنمية الإقتصادية  
و الإجتماعية بالمغرب ؟

10/12 Nov. 2022 - Dakhla



المدرسة الحسنية للأشغال العمومية  
ECOLE HASSANIA DES TRAVAUX PUBLICS



الطرق السيارة بالمغرب  
Autoroutes du Maroc

## CARTE DE TEMPÉRATURE ÉQUIVALENTE POUR LE DIMENSIONNEMENT RATIONNEL DES CHAUSSÉES AU MAROC

Présenté par:

Mouncif SARROUKH  
Doctorant Ecole Hassania des  
Travaux Publics &  
Ingénieur LABOTEST

Mohammed KEBIR  
Chef de département  
chaussées ADM Projet

Encadré par :

Pr. Khaled LAHLOU  
Pr. Mounia FARAH

Nabil MEQUEDAD  
ADM Académie

Ecole Hassania des Travaux Publics

Laboratoire d'accueil :



## Problématique

### Structure de chaussée



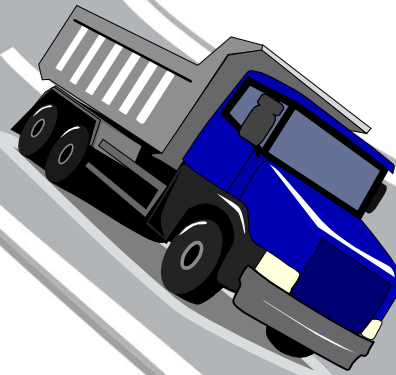
Température équivalente

$$\theta_{eq} = 15, 19, 25 \text{ } ^\circ\text{C} ?$$



Matériaux et types  
de structure

Trafic



Méthode rationnelle de dimensionnement



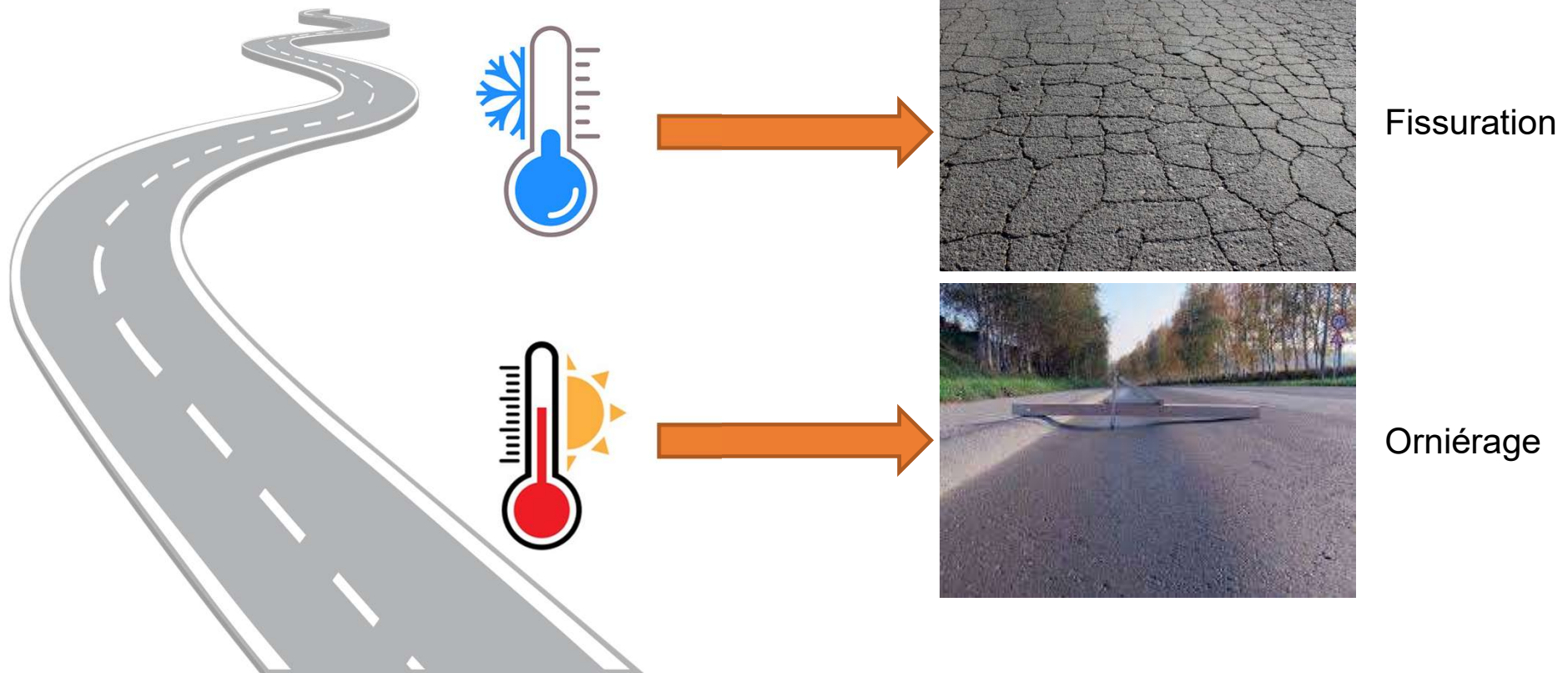
## Objectifs

- Détermination du profil de la température dans la chaussées et son validation expérimentale.
- Calcul de la température équivalente pour plusieurs sites à travers le royaume.
- Etablissement d'une carte de température équivalente par interpolation spatiale.

# Plan de l'exposé

- Introduction
- Profil de la température dans la chaussée
- Carte de la température équivalente au Maroc
- Conclusion et perspectives

## Effets de la température sur les chaussées



Fissuration

Orniérage

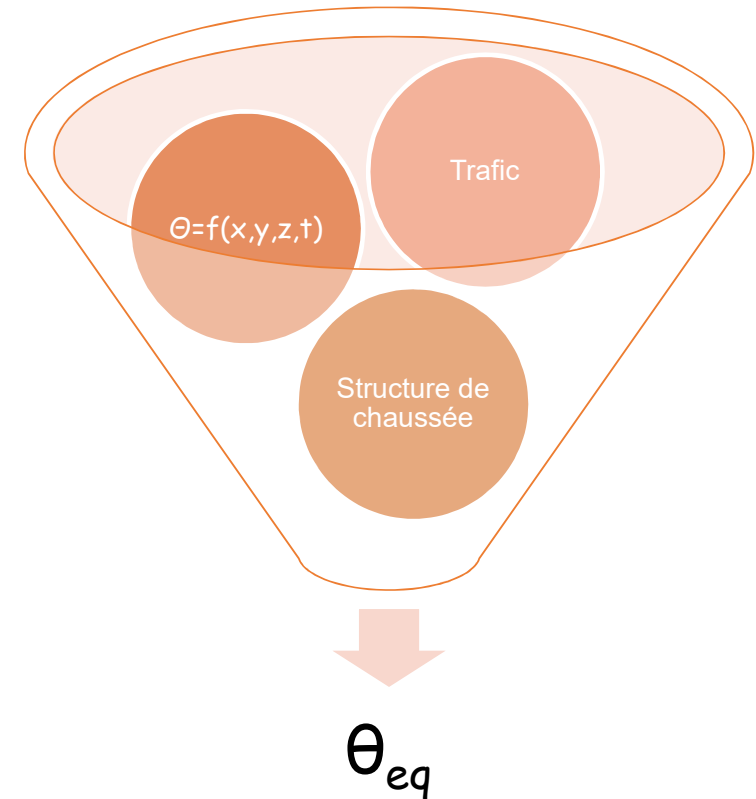


## Définition de la température équivalente

### ➤ Température équivalente =

Température constante conduisant au même dommage en fatigue que les variations de température réelles dans la chaussée pendant une année.

$$d(\theta_{eq}) = \frac{1}{N(\theta_{eq})} = \frac{1}{\sum_i n(\theta_i)} \left[ \sum_i n_i(\theta_i) \left( \frac{\varepsilon_6(\theta_i)}{\varepsilon(\theta_i)} \right)^{\frac{1}{b}} \cdot 10^{-6} \right]$$



## Résultats récents de calcul de la température équivalente

### ➤ France:

$\theta_{eq} = 15 \text{ °C}$  (Guide Setra, 1994).

$13,5 \leq \theta_{eq} \leq 20,8 \text{ °C}$  en fonction des régions (Ktari et al., 2019).

### ➤ Algérie:

$20 \leq \theta_{eq} \leq 30 \text{ °C}$  en fonction des régions (Catalogue de dimensionnement algérien, 2011).

### ➤ Sénégal:

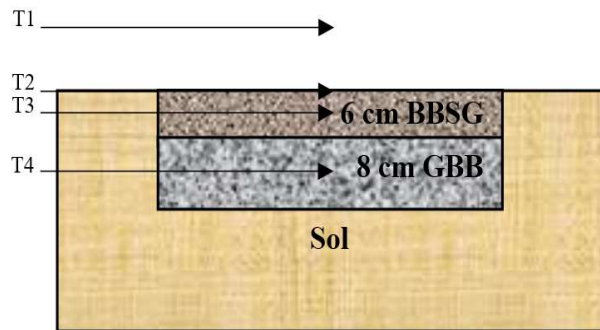
$\theta_{eq} = 34 \text{ °C}$  à Dakar (Bourdon et al, 2019).

### ➤ Maroc:

$\theta_{eq} = 15, 19, 25... \text{ °C?}$



## Validation par modèle réduit au laboratoire



- T1 : Température extérieure.
- T2 : Température de la surface.
- T3 : Température de la couche de roulement.
- T4 : Température de la couche de base.

$$\theta_{\text{air}} = f(t)$$

Mesure au  
laboratoire

Validation  
du modèle

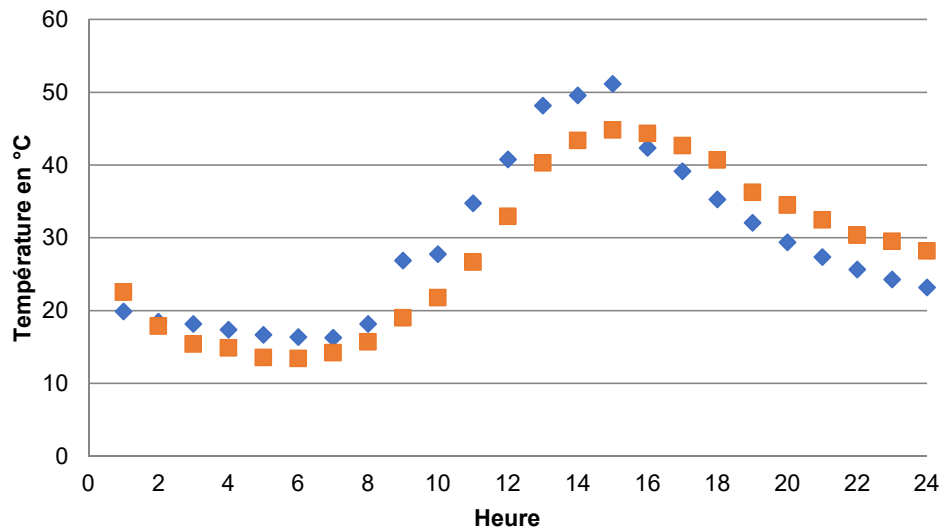
$$\theta_{\text{enrobé}} = f(t)$$

$$\theta_{\text{eq}}$$

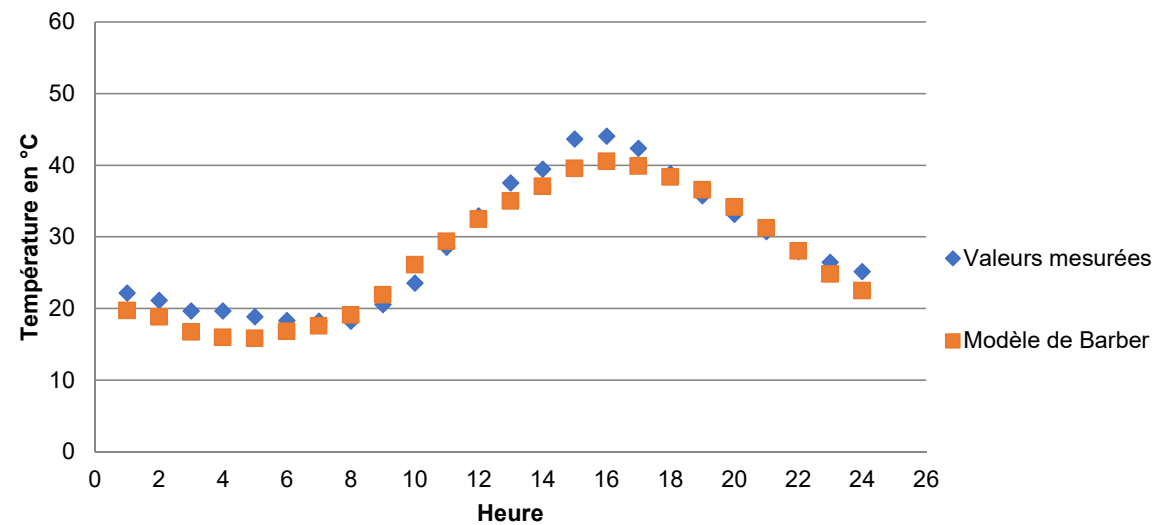


Acquisition de la température du  
modèle réduit au laboratoire  
LABOTEST à Kénitra

## Validation par modèle réduit au laboratoire

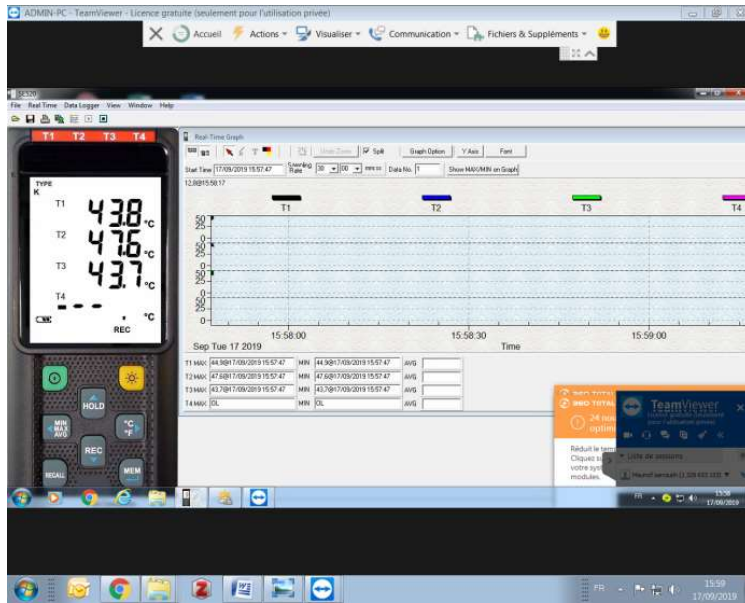


Comparaison entre le modèle de Barber et les valeurs mesurées au milieu du BBSG le 19/05/2019 à Kénitra



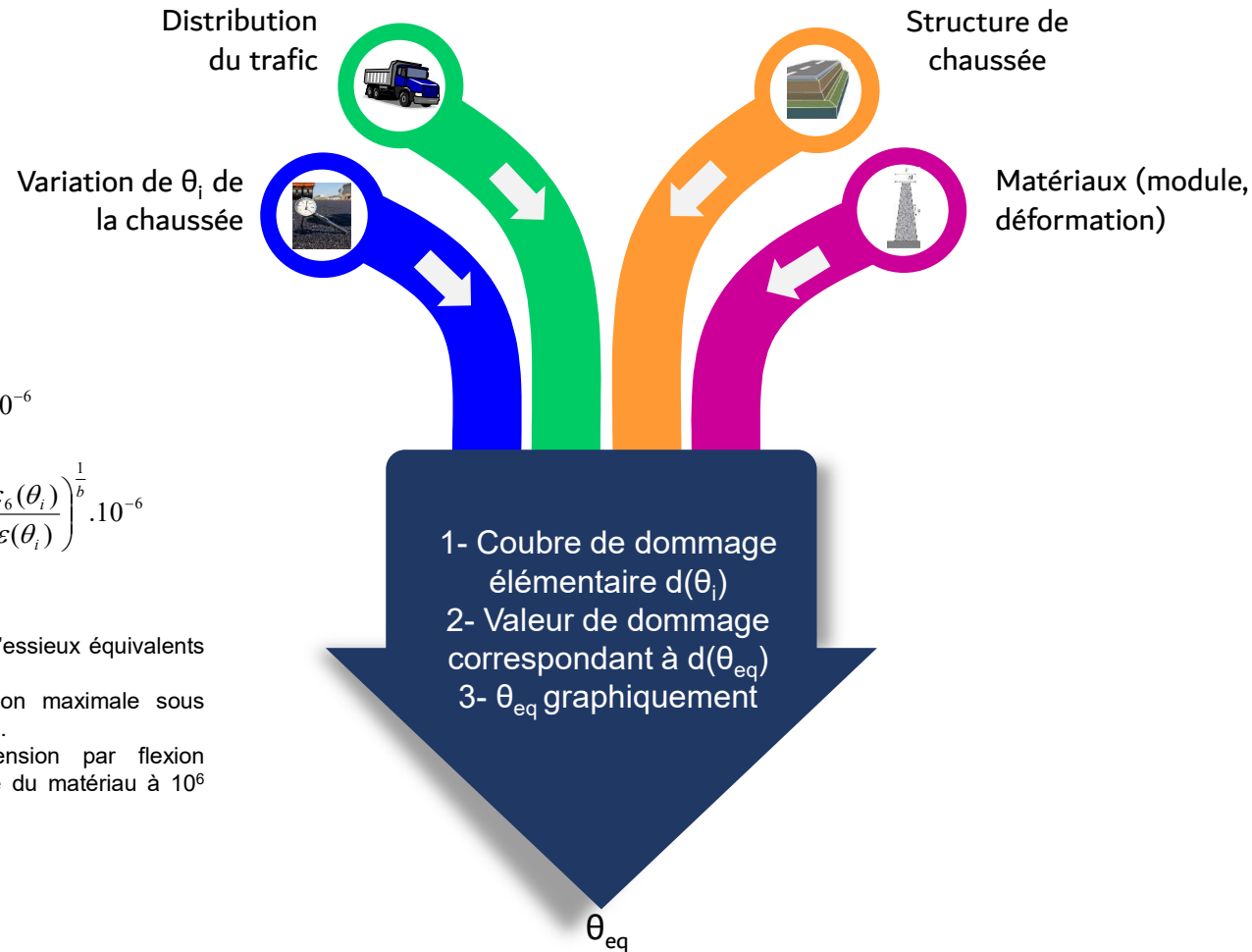
Comparaison entre le modèle de Barber et les valeurs mesurées au milieu de la GBB le 19/05/2019 à Kénitra

## Station de mesure des données



Installation de l'appareillage sur l'autoroute Rabat-Kénitra

# Démarche de calcul de la température équivalente

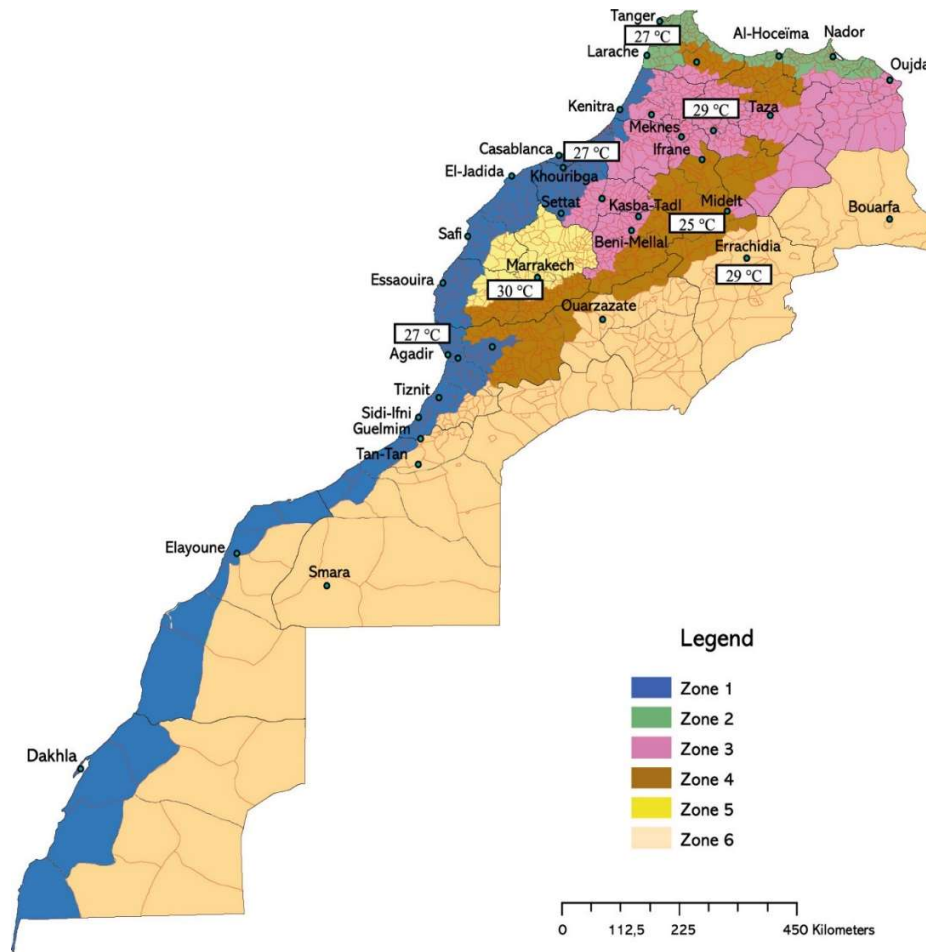


Où :

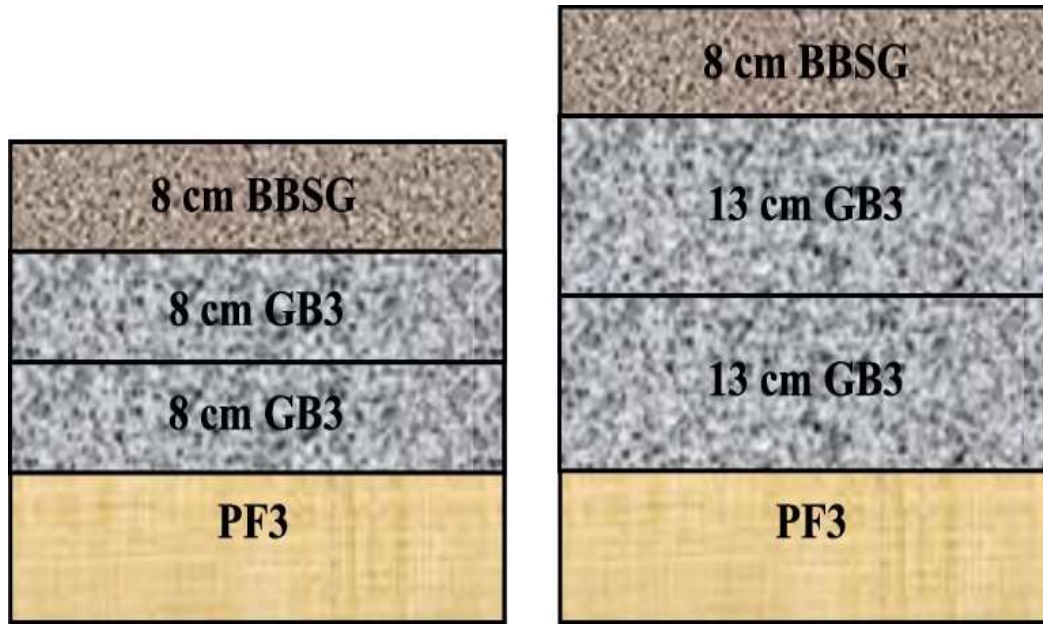
- $n_i(\theta_i)$  est le nombre de passages d'essieux équivalents durant la période de température  $\theta_i$ .
- $\varepsilon(\theta_i)$  est la déformation d'extension maximale sous l'essieu standard à la température  $\theta_i$ .
- $\varepsilon_6(\theta_i)$  est la déformation d'extension par flexion conduisant à la rupture par fatigue du matériau à  $10^6$  cycles à la température  $\theta_i$ .



## Carte de la température équivalente du Maroc selon le zonage RTCM



Zone	Trafic uniforme	Trafic variable
Zone 1 (Agadir & Casablanca)	25 à 28 °C	26 à 28 °C
Zone 2 (Tanger)	25 à 27 °C	26 à 28 °C
Zone 3 (Fez)	26 à 28 °C	26 à 29 °C
Zone 4 (Midejt)	20 à 25 °C	20 à 26 °C
Zone 5 (Marrakech)	27 à 29 °C	28 à 30 °C
Zone 6 (Errachidia)	26 à 29 °C	26 à 30 °C

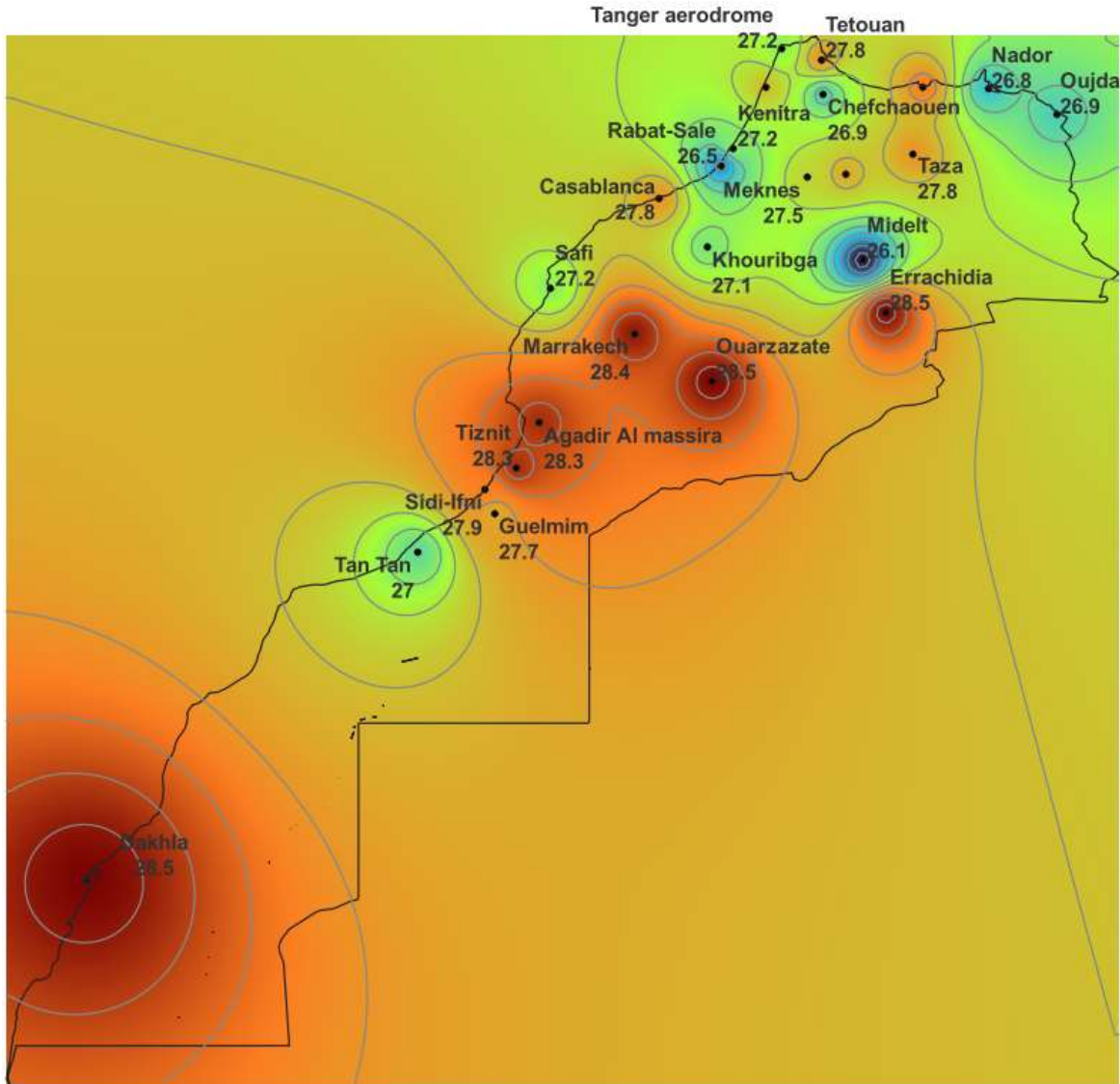


Structures de chaussées pour le calcul de  $\theta_{eq}$

## Calcul de la température équivalente à travers le territoire marocain

- $\theta_{eq}$  a été calculée pour **25 villes** réparties sur tout le royaume.
- Le calcul de  $\theta_{eq}$  a été réalisé à l'aide d'un code Python développé pour le projet.

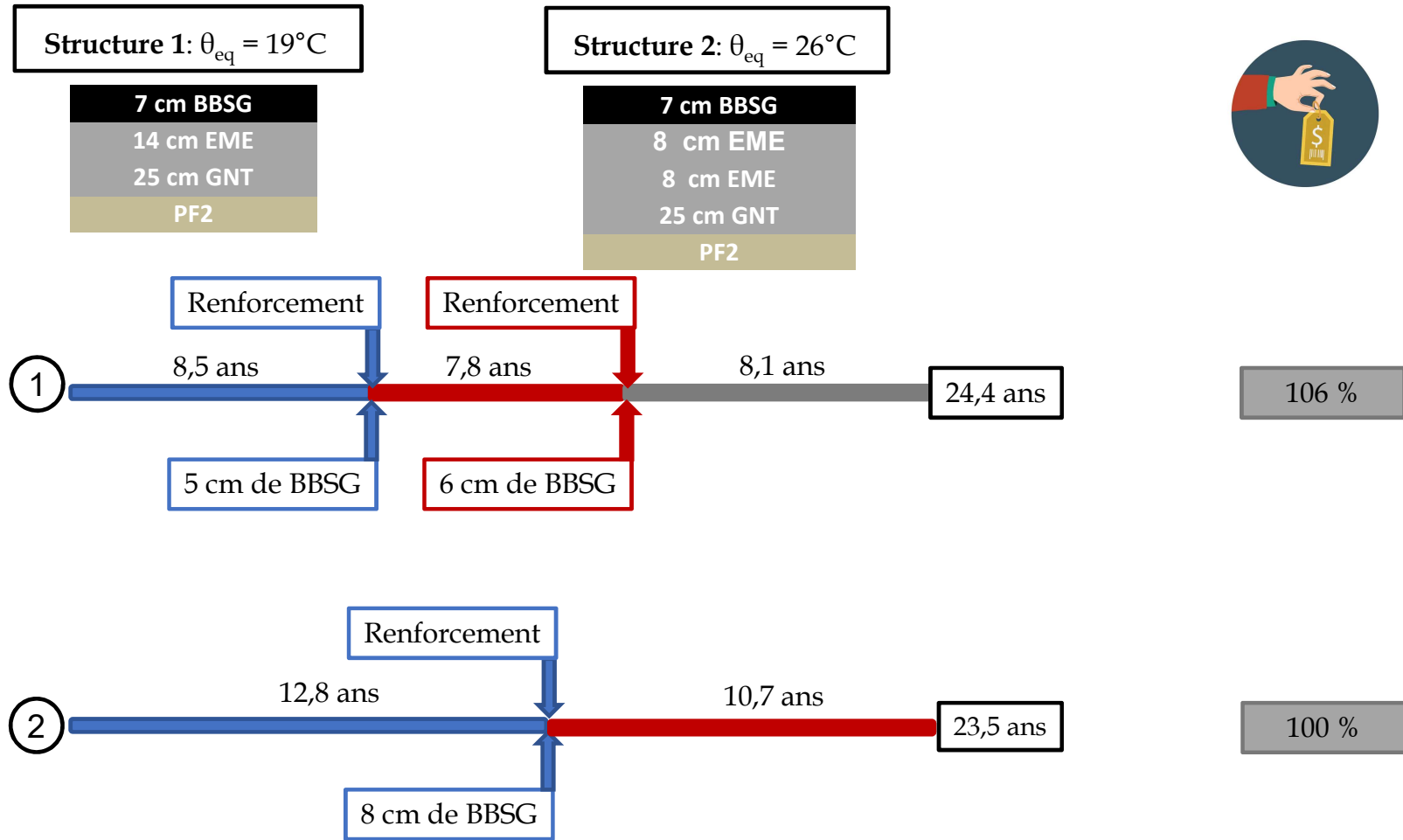




## Carte de la température équivalente

- Nord du Royaume →  $26,1 \leq \theta_{eq} \leq 27,9$  °C.
- Sud du Royaume →  $27,0 \leq \theta_{eq} \leq 28,5$  °C.
- Concentrations de valeurs moins importantes en zones côtières.

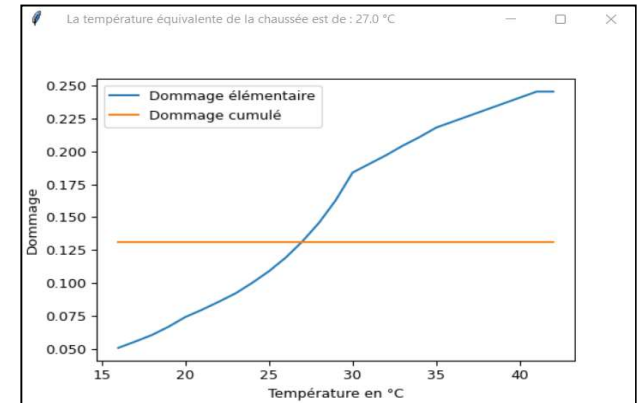
# Etude technico-économique





## Conclusions :

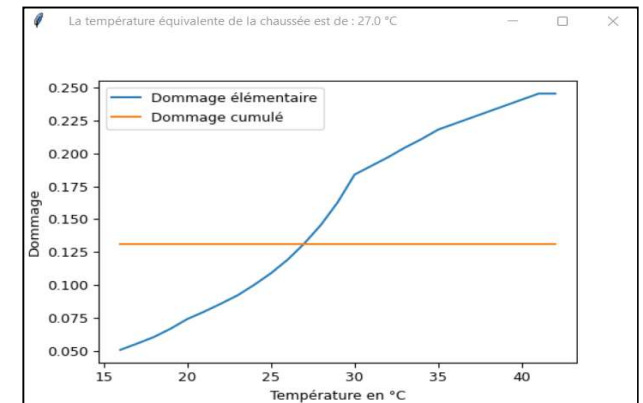
- $25,8 \leq \theta_{eq} \leq 29,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- $\theta_{eq}$  : 4 à 10  $^\circ\text{C}$  >> valeurs adoptées forfaitairement.
- $\theta_{eq}$  forfaitaire → surcoût de 6 %.





## Perspectives :

- Une validation de la présente carte est en cours de développement et ce à partir de l'instrumentation de plusieurs sites à travers le royaume et l'acquisition de données météorologiques plus fines.
- Les effets du réchauffement climatique, du type de structures et du comportement des matériaux constitutifs sont aussi en cours d'analyse.



11<sup>ème</sup> المؤتمر الوطني للطرق  
ⵏⵓⵎⵎⴰⵎ ⵙⵉⵎⵎ ⵏ ⵏⵓⵎⵎⴰⵎ ⵙⵉⵎⵎ  
Congrès National de la Route

MERCI

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure  
routière dans le nouveau modèle  
de développement économique  
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية  
الطرقية في تنزيل النموذج  
الجديد للتنمية الاقتصادية  
و الاجتماعية بالمغرب ؟

10 / 12  
نوفمبر NOV  
DAKHLA 2022

الداخلة  
DAKHLA