

COMPORTEMENT THERMO-HYDRO-MÉCANIQUE DES AGRÉGATS D'ENROBÉS COMPACTÉS NON SATURÉS

Soutenue le 15/11/19

Doctorante : **Laura GAILLARD**¹
laura.gaillard@insa-strasbourg.fr

Directeur : **Cyrille CHAZALLON**¹
Co-directeur : **Pierre HORNYCH**²
Encadrant : **Juan Carlos QUEZADA**¹

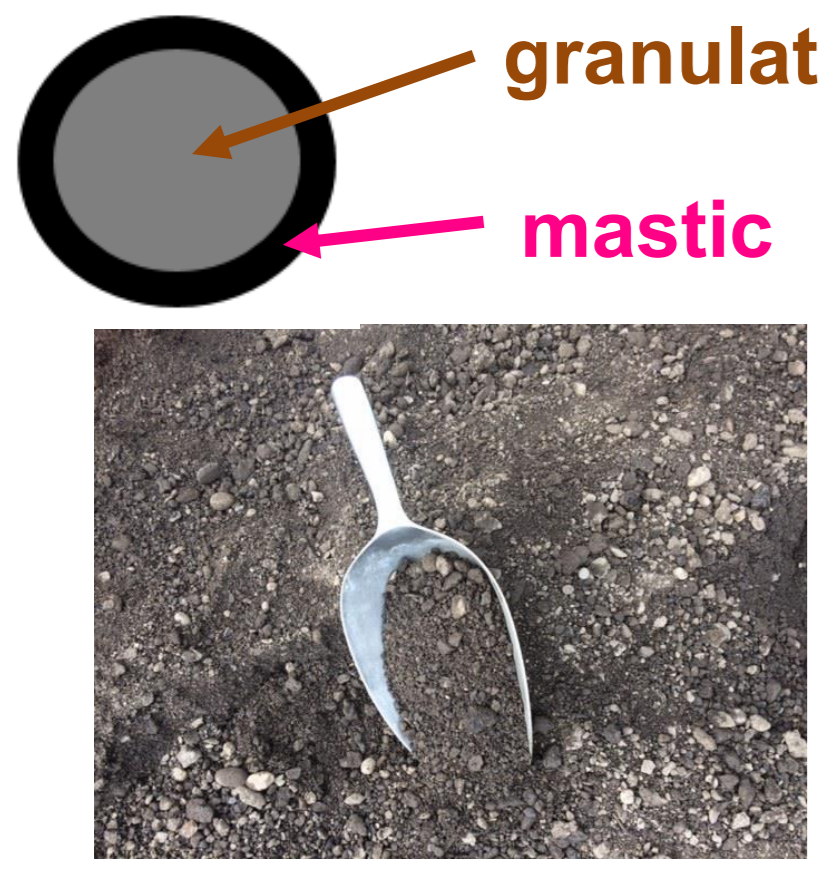
¹ICUBE, UMR 7357, CNRS, INSA de Strasbourg, Université de Strasbourg, 24 Boulevard de la Victoire 67084 Strasbourg Cedex, France

²IFSTTAR, LAMES, Allée des Ponts et Chaussées - Route de Bouaye Bougenais Cedex, France

1. INTRODUCTION

OBJECTIF : Recyclage des **Agrégats d'Enrobés (AE)** à **froid sans addition de liant** dans les couches d'assises des chaussées à faible trafic ($\leq T3$)

AE issus de la démolition des couches de surface



AE ciblés : à forte teneur en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Taux de HAP [mg/kg]	0 < T < 50	0 < T < 500	T > 500
Procédure	Recyclage à chaud	Recyclage à froid	Evacuation en décharge

- Enjeux** :
- Réduire l'impact environnemental
 - Valoriser le recyclage des AE
 - Développer une alternative aux matériaux vierges

Structure conventionnelle



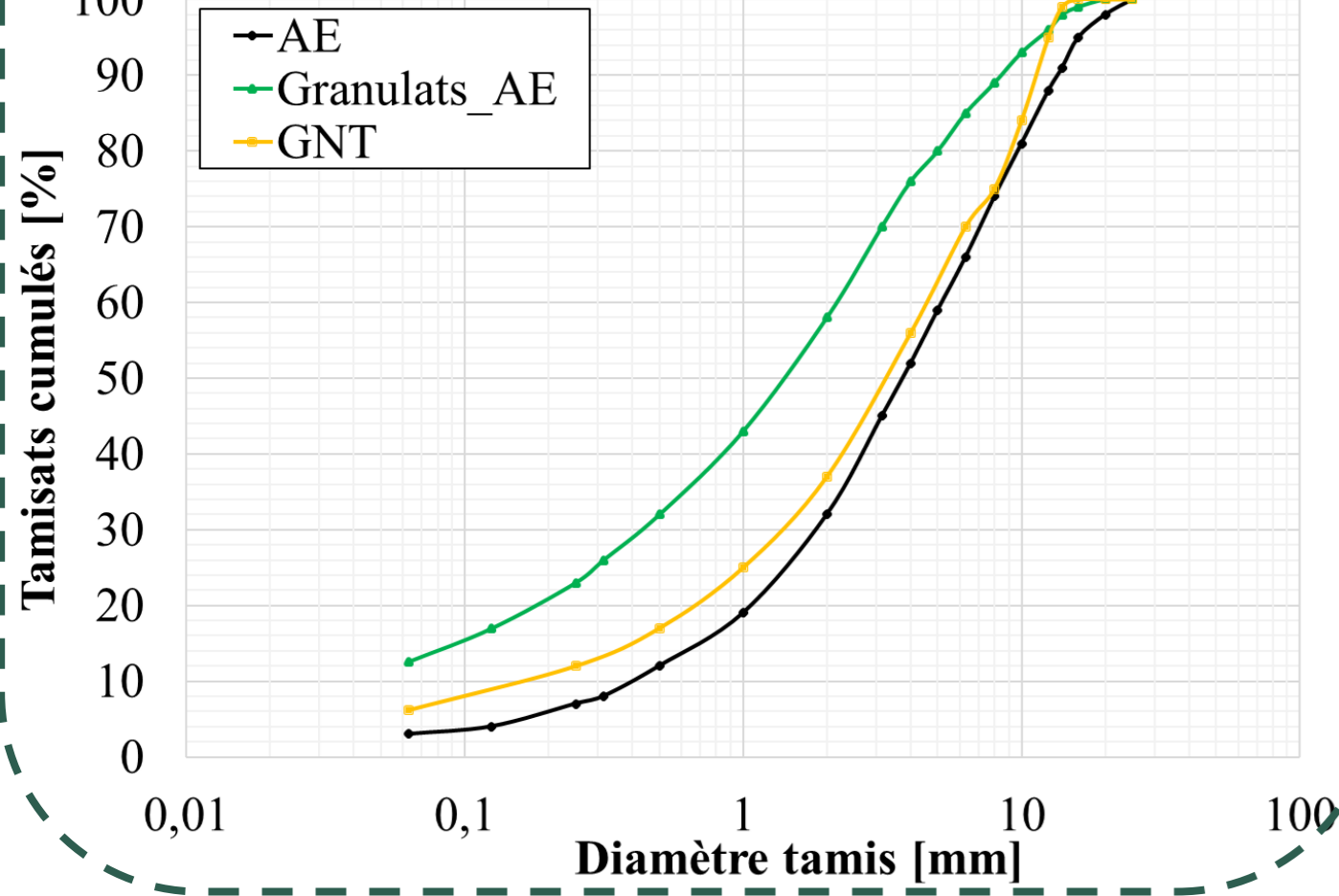
Structure du projet ORRAP



2. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Trois matériaux sont soumis aux sollicitations répétées du trafic pour analyser l'orniérage et la fissuration par fatigue

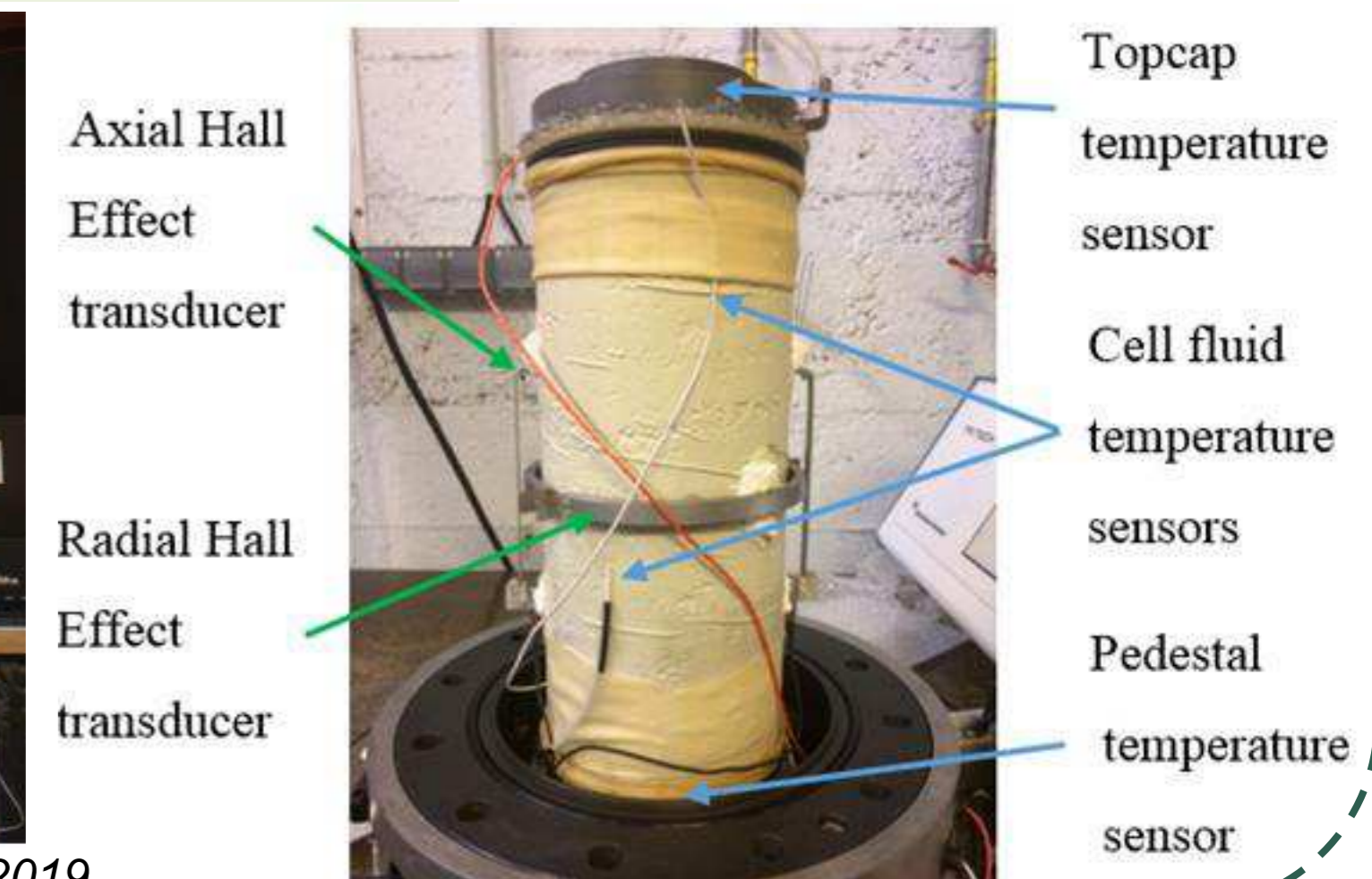
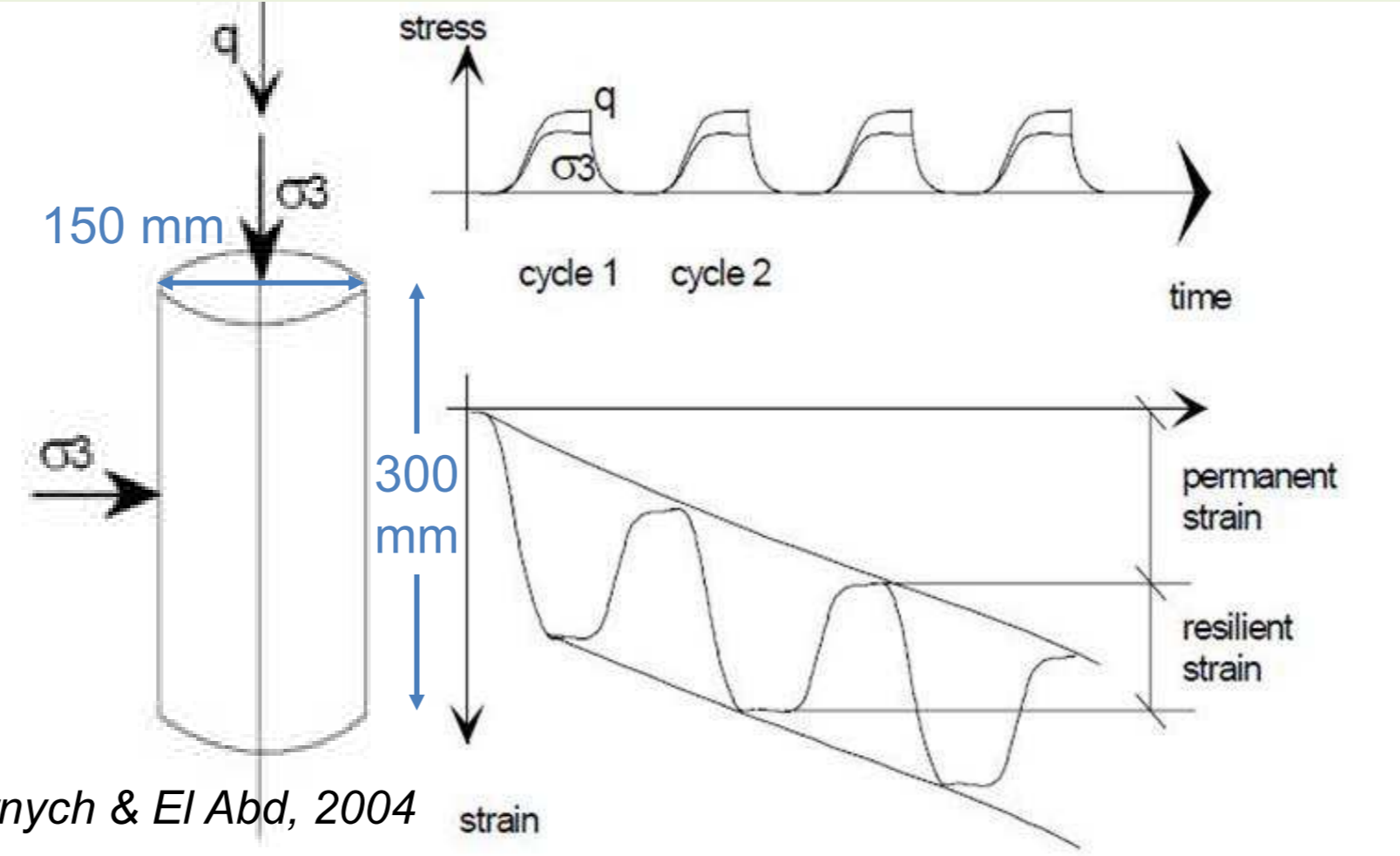
des AE du Rhin 25 AE 0/14
leurs granulats 0/14
une GNT du Rhin 0/14



Essais Triaxiaux à Chargements Répétés (TCR) à 20° C et 40° C ($w_{OPM}=2\%$ et 97% de $\rho_{d,OPM}$)

Sollicitations : contrainte déviatorique q cyclique et pression de confinement σ_3 constante ou cyclique

- Etape 1** : conditionnement : stabilisation des déformations permanentes
- Etape 2** : test résilient : étude des déformations résilientes

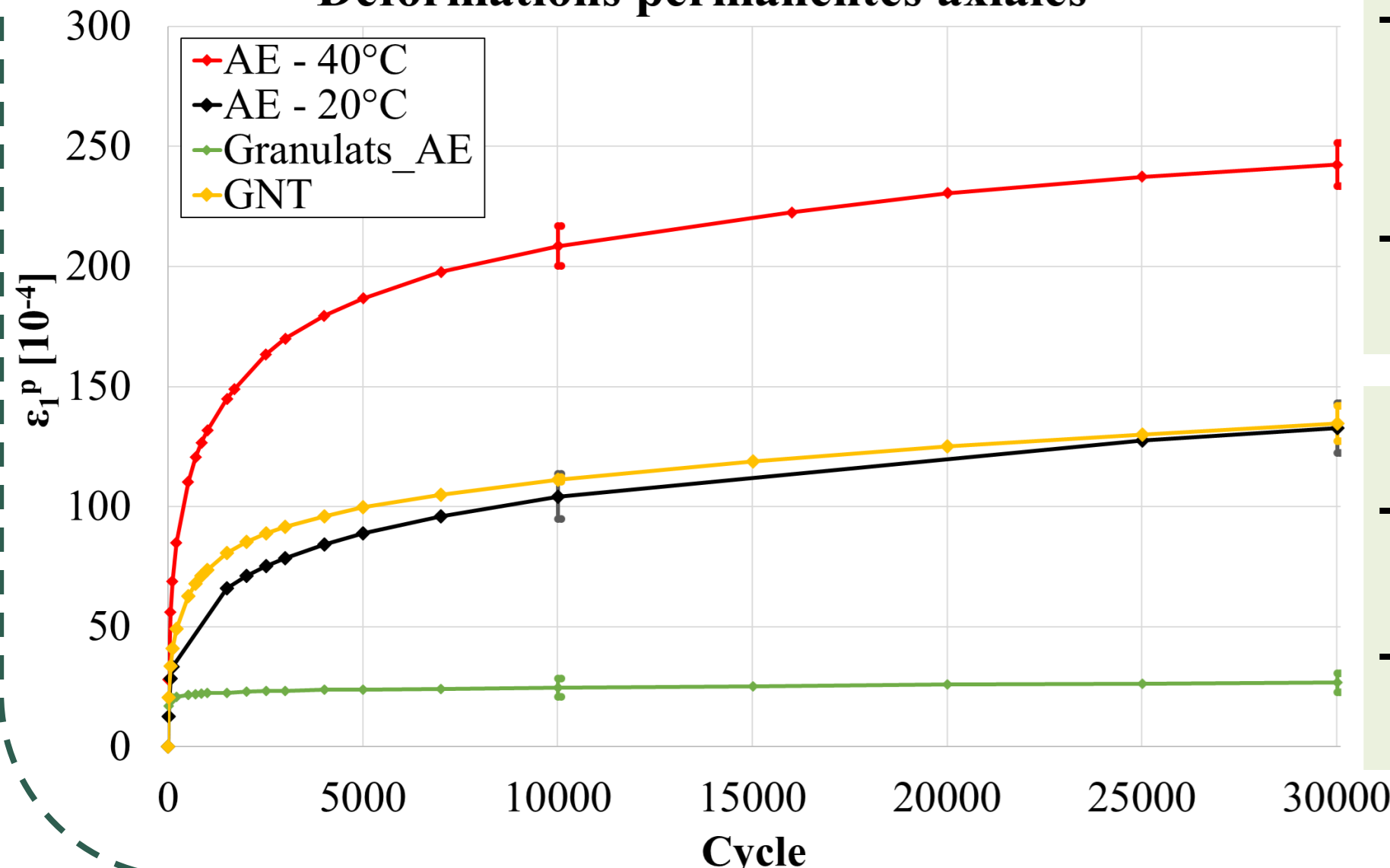


Gaillard et al., 2019

2.1 COMPORTEMENT CYCLIQUE PERMANENT

$\Delta q/\Delta p$	Δq (kPa)	Δp (kPa)	σ_3 (kPa)
3	340	113	70

Déformations permanentes axiales



Orniérage des AE à court terme :

- Hors spécifications selon la norme pour GNT (NF EN 13286-7,2004)
- Similaire à celui de la GNT du Rhin

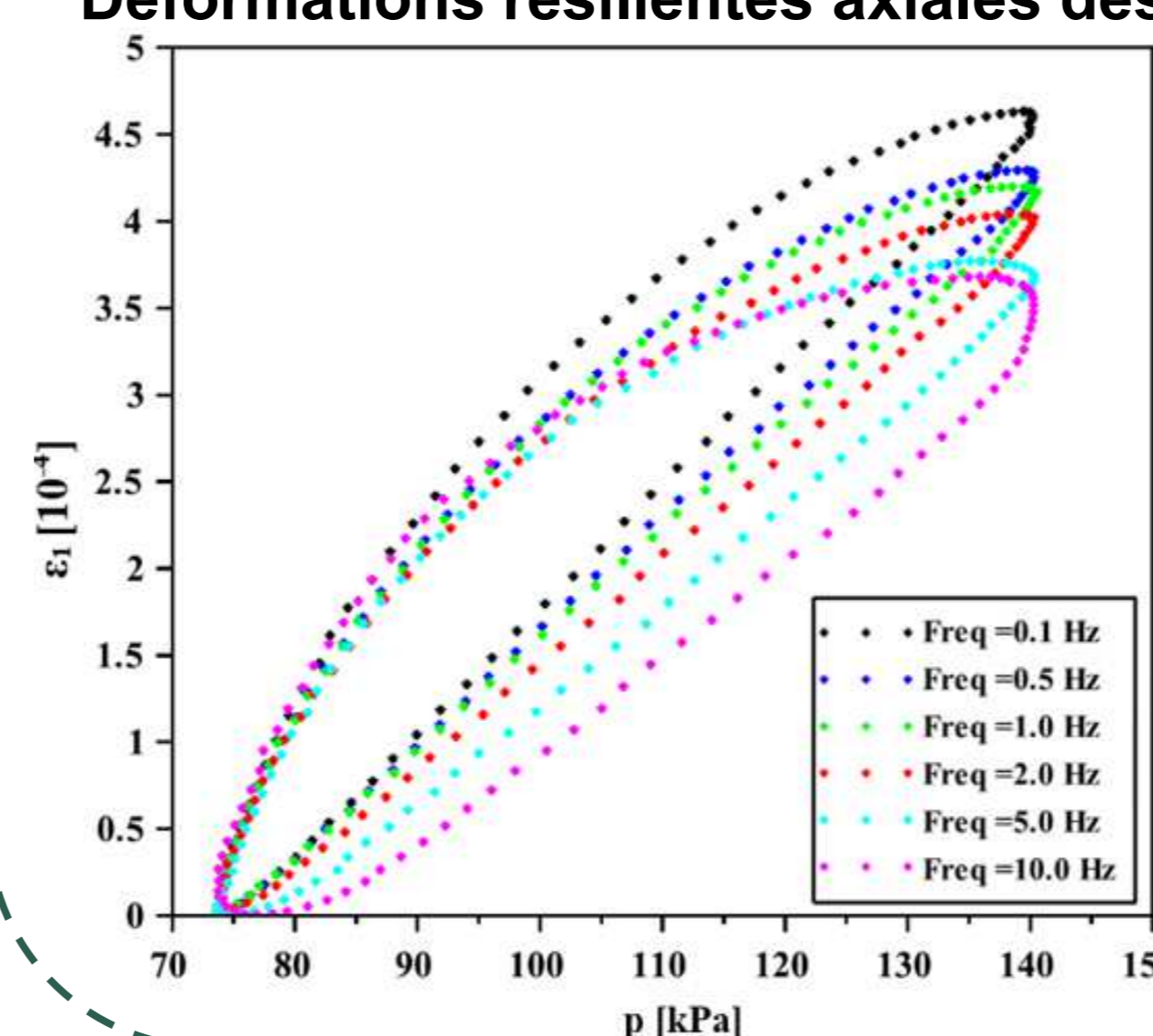
Solutions :

- Evolution positive à long terme
- Augmenter la densité de compactage

2.2 COMPORTEMENT CYCLIQUE RÉSILIENT

$\Delta q/\Delta p$	Δq (kPa)	Δp (kPa)	σ_3 (kPa)
3	200	67	70

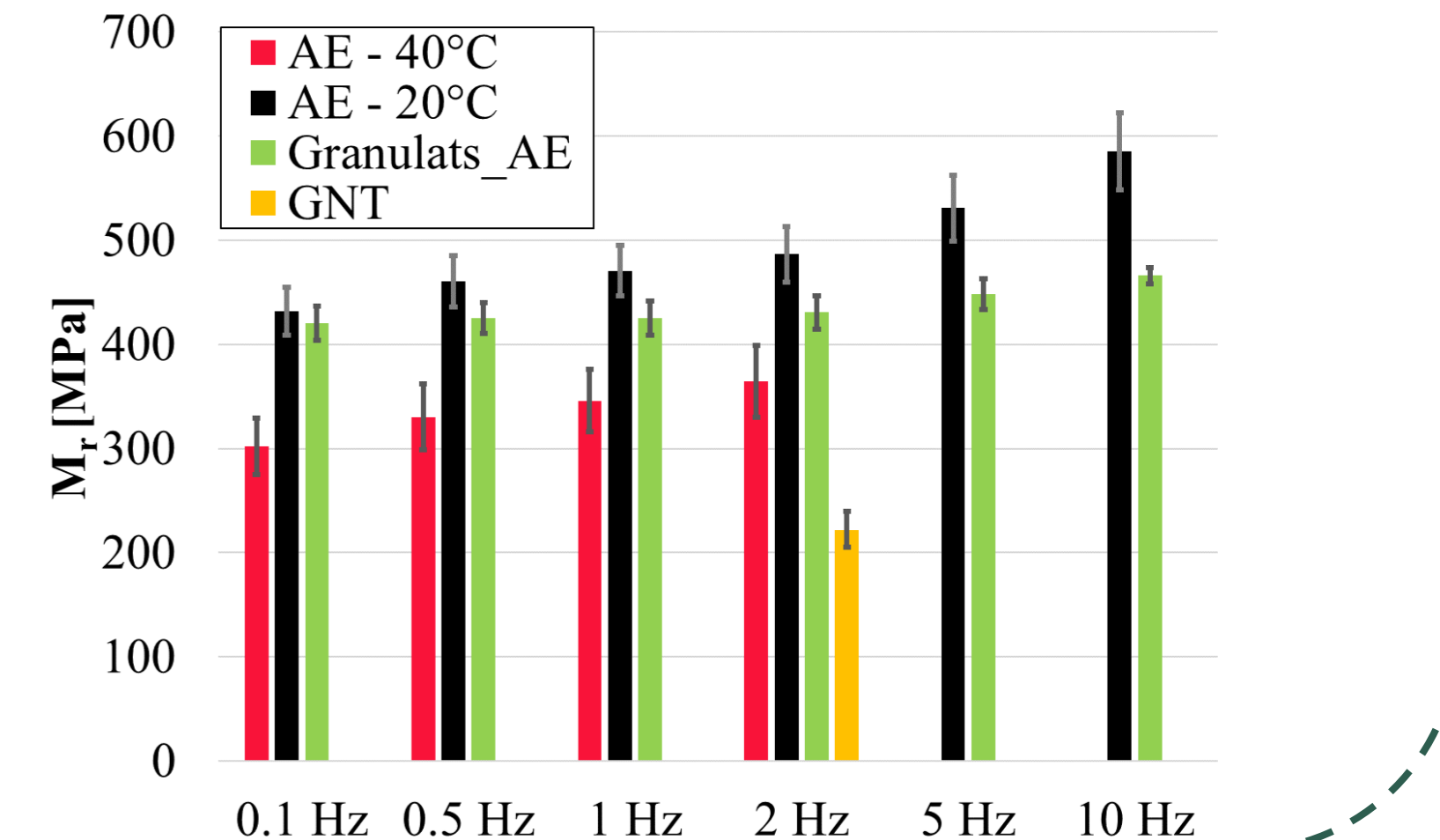
Déformations résilientes axiales des AE



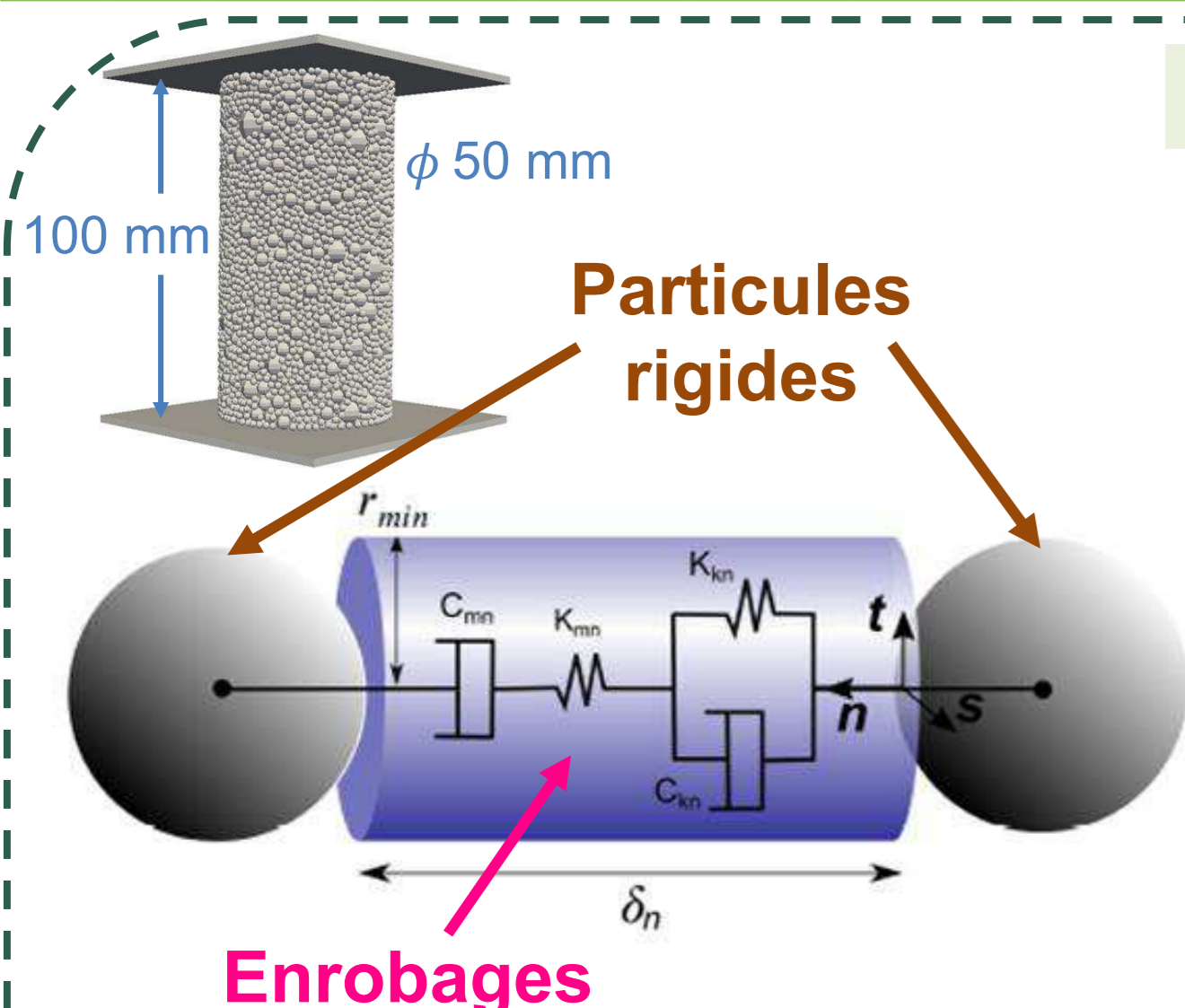
Modules résilients :

- similaires à ceux d'une GNT de bonne qualité (NF EN 13286-7,2004)
- Sensibles à la fréquence et à la température

Modules résilients



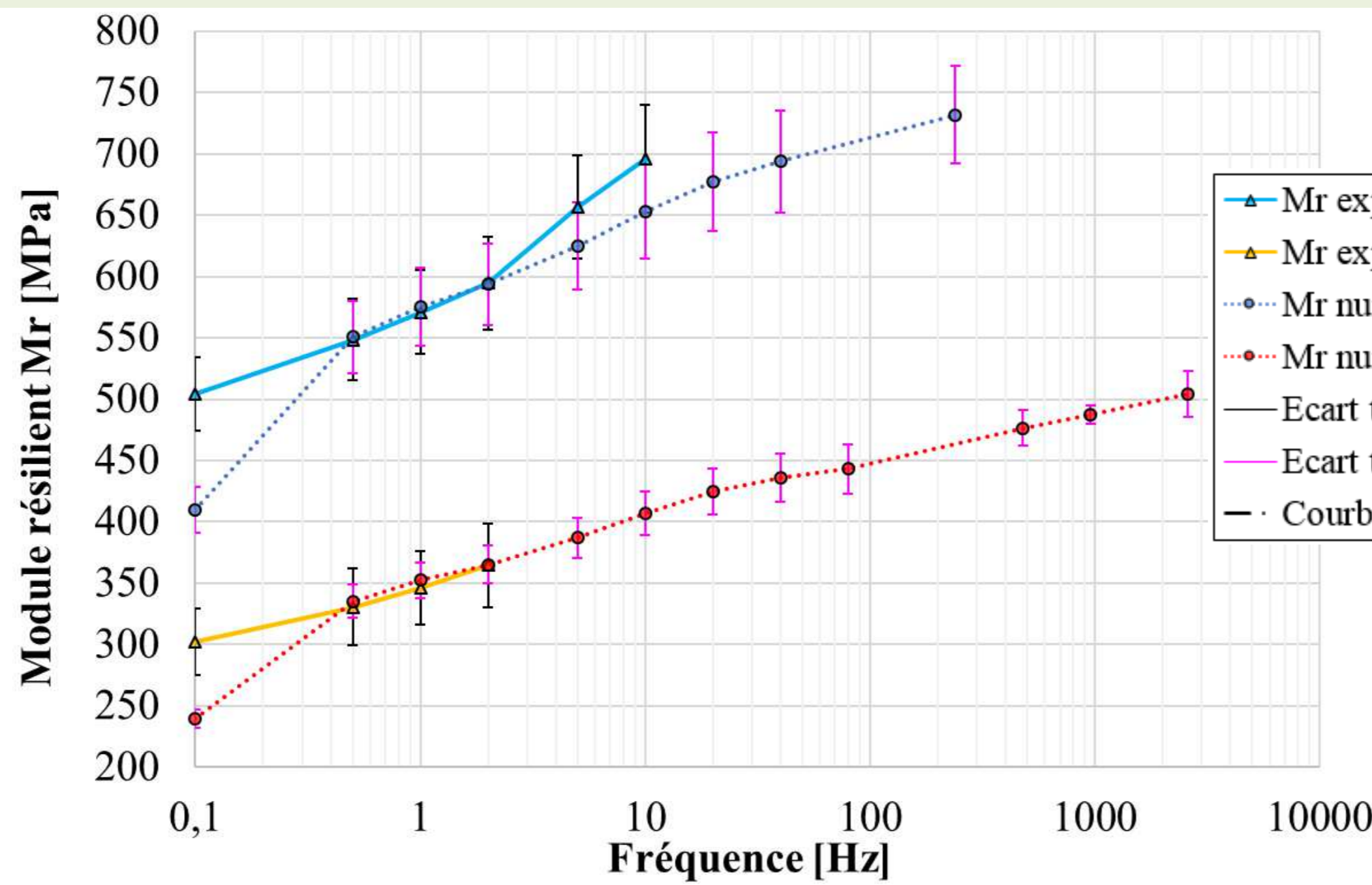
3. MODÉLISATION MED DE L'ESSAI RÉSILIENT (LMGC90)



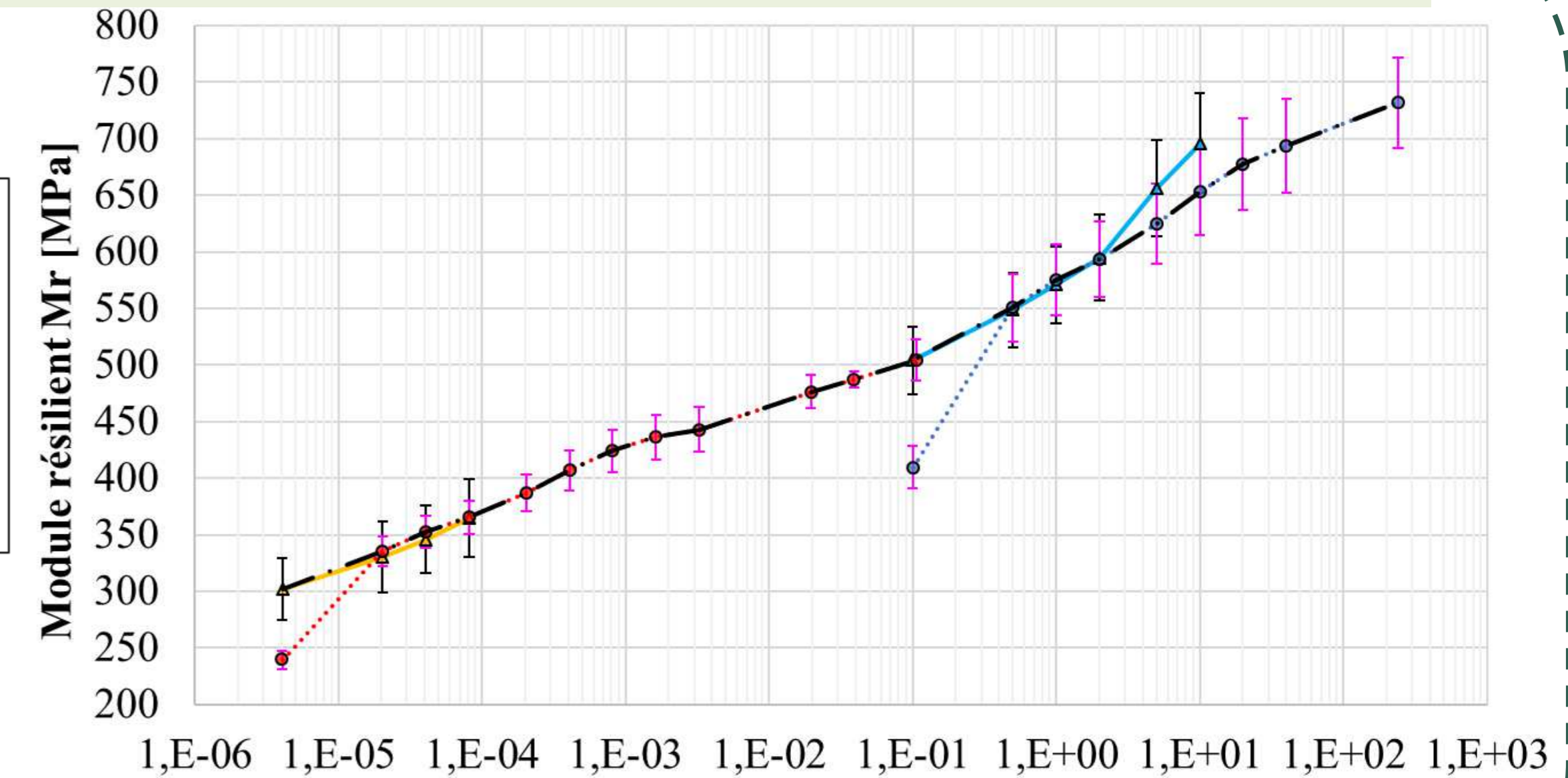
Contact viscoélastique normal et tangentiel représenté par le **modèle de Burgers**

Quezada & Chazallon, 2019

Simulations à des **fréquences inaccessibles expérimentalement**



Application du **principe d'équivalence temps-température**



$$\text{Loi WLF } \log(a_T) = \frac{-C_1(T-T_R)}{C_2+T-T_R}; \text{ TR}=20^\circ \text{ C, } C_1=45 \text{ et } C_2=185^\circ \text{ C}$$

4. PLANCHE D'ESSAI EXPÉRIMENTALE EN ALSACE

Section de la RD129 : 680 m de long par 4,50 m de large – 70 PL / jour

Construction de trois sections :

ESU	GNT 15 cm	AE 15 cm	AE 12 cm
Couche d'accrochage	Chaussée existante	Chaussée existante	Chaussée existante
	Témoin GNT	ORRAP n°1	ORRAP n°2

Premiers résultats encourageants :

Section	E_{v2} (MPa)		Déflexion ($1/100$ mm)	
	Point zéro	3 mois après travaux	Point zéro	3 mois après travaux
GNT 15 cm	136,4	99,2	69,6	55,6
AE 15 cm	118,4	125,8	76,8	59,6
AE 12 cm	132,4	127,6	80,8	60,8

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Comportement viscoélastique des AE
- Orniérage à court terme hors spécifications
- Modules résilients de bons niveaux
- Suivi in situ à poursuivre