

# Évaluation des performances et du comportement des enrobés coulés à froid formulés avec des matériaux bitumineux recyclés

Présenté par :

Alan CARTER (Ing., Ph. D, ÉTS)

Arbia GARFA (Ph. D student, ÉTS)



1 Décembre 2015

# PLAN

- ❖ Introduction
- ❖ Qu'est ce qu'un ECF?
- ❖ Objectifs
- ❖ Démarche Scientifique et Matériaux
- ❖ Résultats
- ❖ Conclusion et Perspectives

# Introduction

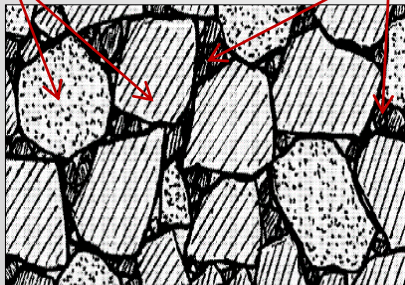
## Qu'est ce qu'un ECF?

Un ECF est un enrobé, coulé en place pour couche de surface, destiné à imperméabiliser les supports de chaussée et à apporter une très bonne adhérence.

ECF



Squelette granulaire



Liant hydrocarboné + fines

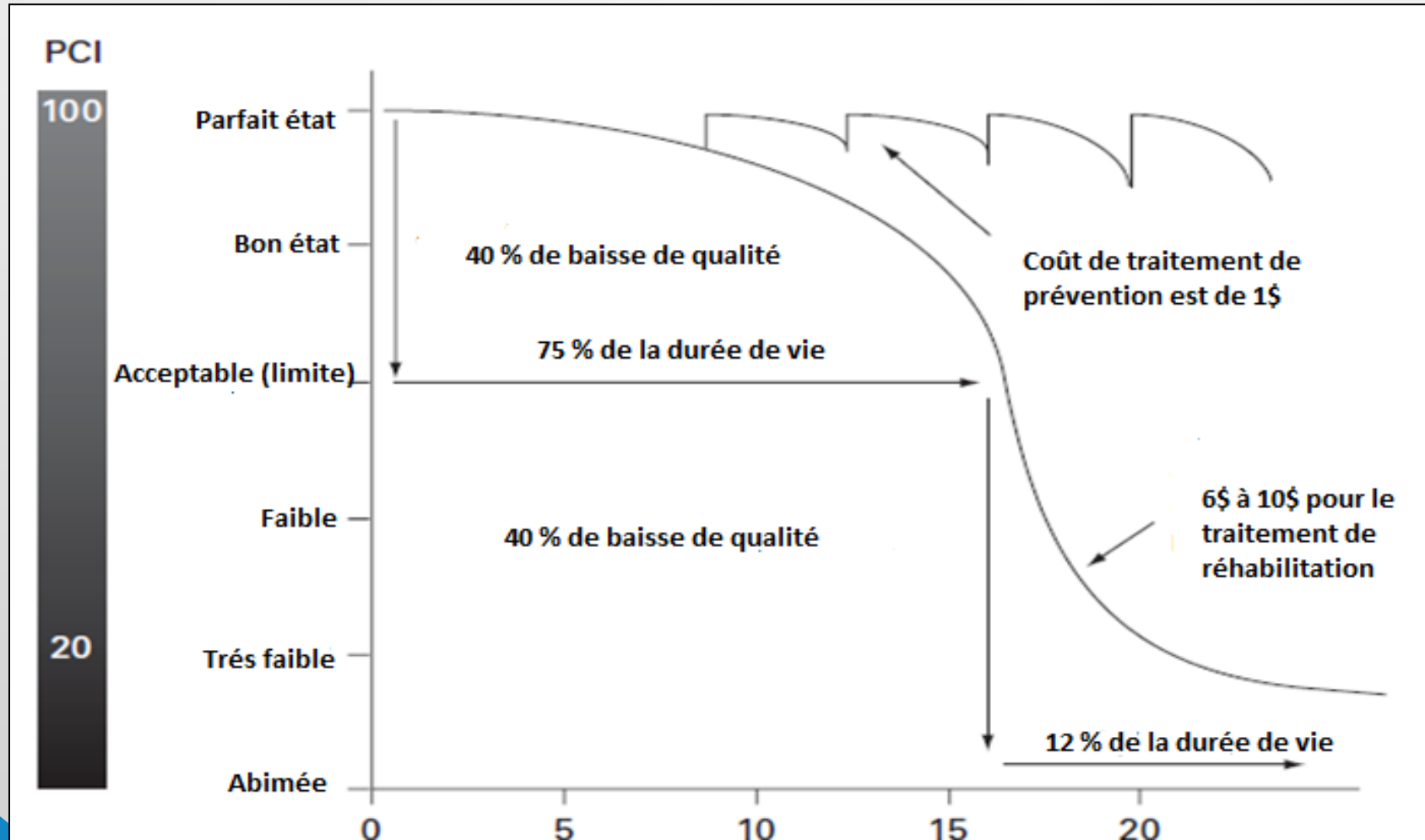
Granulats

Emulsion  
(bitume+  
additifs)

Additifs  
(régulateur de  
rupture)

Eau d'apport

# Introduction



[Larry Galehouse, 2006]

# Introduction

Performances d'un ECF

Imperméabiliser les supports

Apporter une très bonne adhérence

Supporter le trafic

Résister aux aléas climatiques



Nécessité de réaliser des essais :

- Mécaniques
- Rhéologiques,
- Physico-chimiques

# Introduction

## Domaines de réutilisation des AE

### Recyclage « à chaud » en centrale d'enrobage

- Enrobé bitumineux à chaud
- Enrobé bitumineux tiède



Technique à chaud  
Ne peut pas être appliquée aux ECF

### Retraitement à froid

- En centrale
- En place



Technique à froid,  
Proche de la technique des ECF  
mais couches plus épaisses



# Problématique

De nombreux projets d'ECF réussis – basés surtout sur le savoir faire

- L'ECF en général:
  - Mix design
  - Caractérisation
- Formulation d'un ECF avec agrégats d'enrobé
  - Rôle du liant d'AE dans l'ECF?
  - L'émulsion d'ajout doit-elle se faire avec un liant bitumineux spécifique?
  - Nécessité d'additifs...
  - Nature des recyclés
  - Méthodes expérimentales d'évaluation de l'ECF recyclé?



# Objectifs

Compréhension du comportement d'un enrobé coulé à froid (ECF) fabriqué avec des matériaux recyclés :

- Formulation ( nature des AE, taux , additifs...)
- Évaluation de la formulation selon les normes de L'ISSA ( International Slurry Surfacing Association)
- Introduction d'un nouveau essai d'évaluation: Hilt Cohesion Test (HCT)



# Démarche scientifique & Matériaux

Caractérisation  
des matériaux

## Paramètres fixes

- Nature émulsion
- RAP
- Eau (11%)
- Ciment (1%)

## Paramètres variables

- Teneur en émulsion
- Granulométrie

Validation  
par les  
essais de  
l'ISSA



- Abrasion
- Cohésion
- déplacement

# Démarche scientifique & Matériaux

## Matériaux utilisés



Agrégats d'enrobés  
(0-5mm)



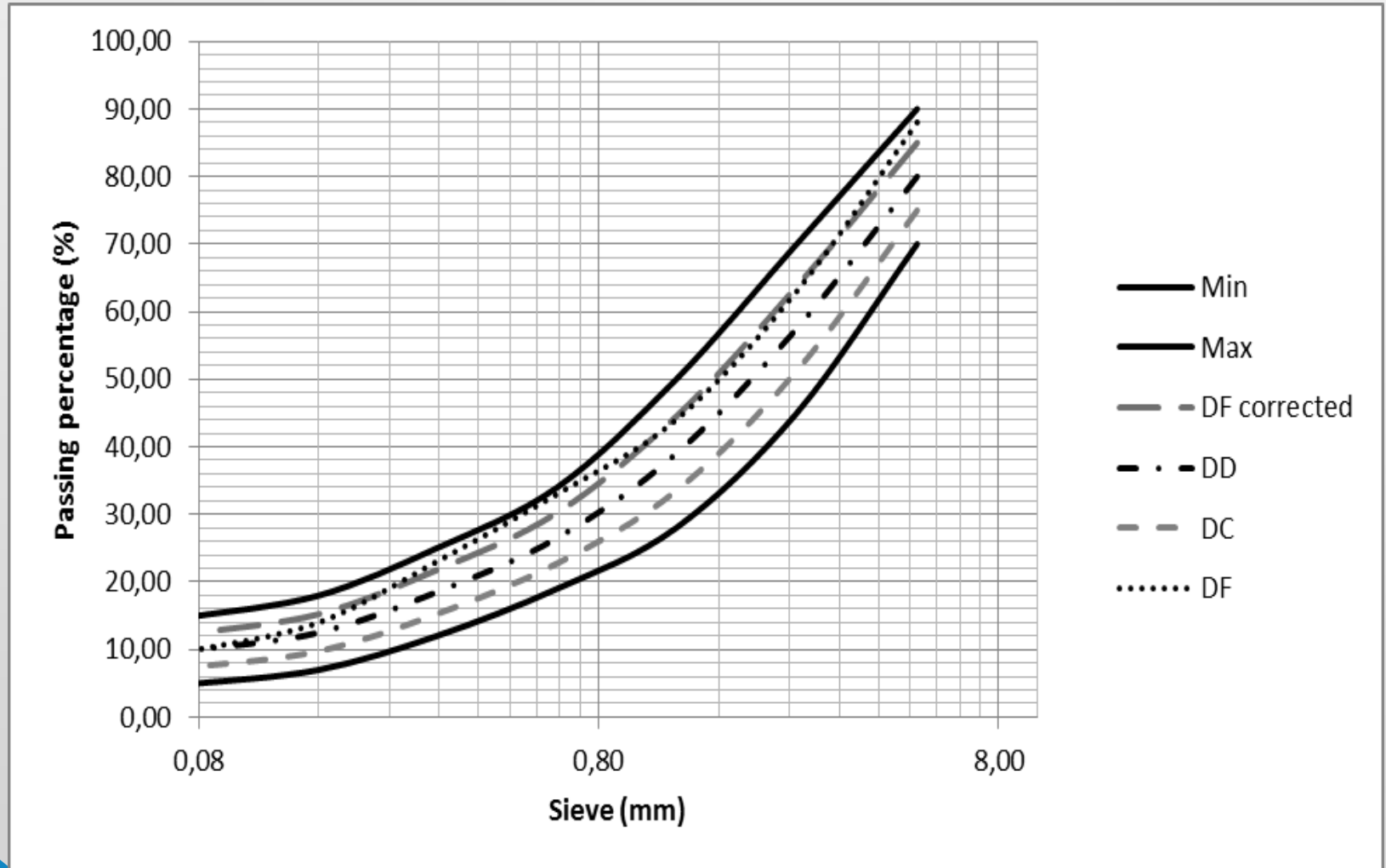
Ciment



Emulsion cationique  
CQS ( 65% Bitume)

+ Eau

# Démarche scientifique & Matériaux



# Démarche scientifique & Matériaux

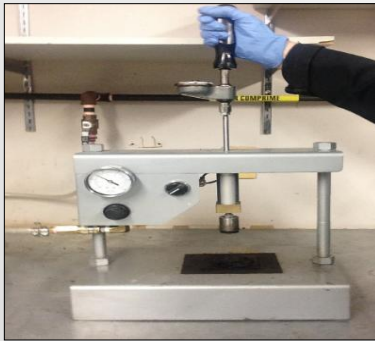
Mélanges	Teneur en Émulsion (%)
Dense-dense # 1	12,3
Dense-dense # 2	10
Dense-dense # 3	9
Dense-fin # 4	10,3
Dense-fin # 5	9
Dense-fin # 6	8
Dense- grossier # 7	11
Dense- grossier # 8	10,5
Dense- grossier # 9	9

9 mélanges testés → Différentes granulométries ( teneur en eau et en additifs fixes)

# Démarche scientifique & Matériaux

## Essais standard imposés par ISSA

Modified Cohesion  
Test (ISSA TB 139)



Wet Track Abrasion  
Test (ISSA TB 100)



Multilayer Loaded Wheel  
Test (ISSA TB 147)



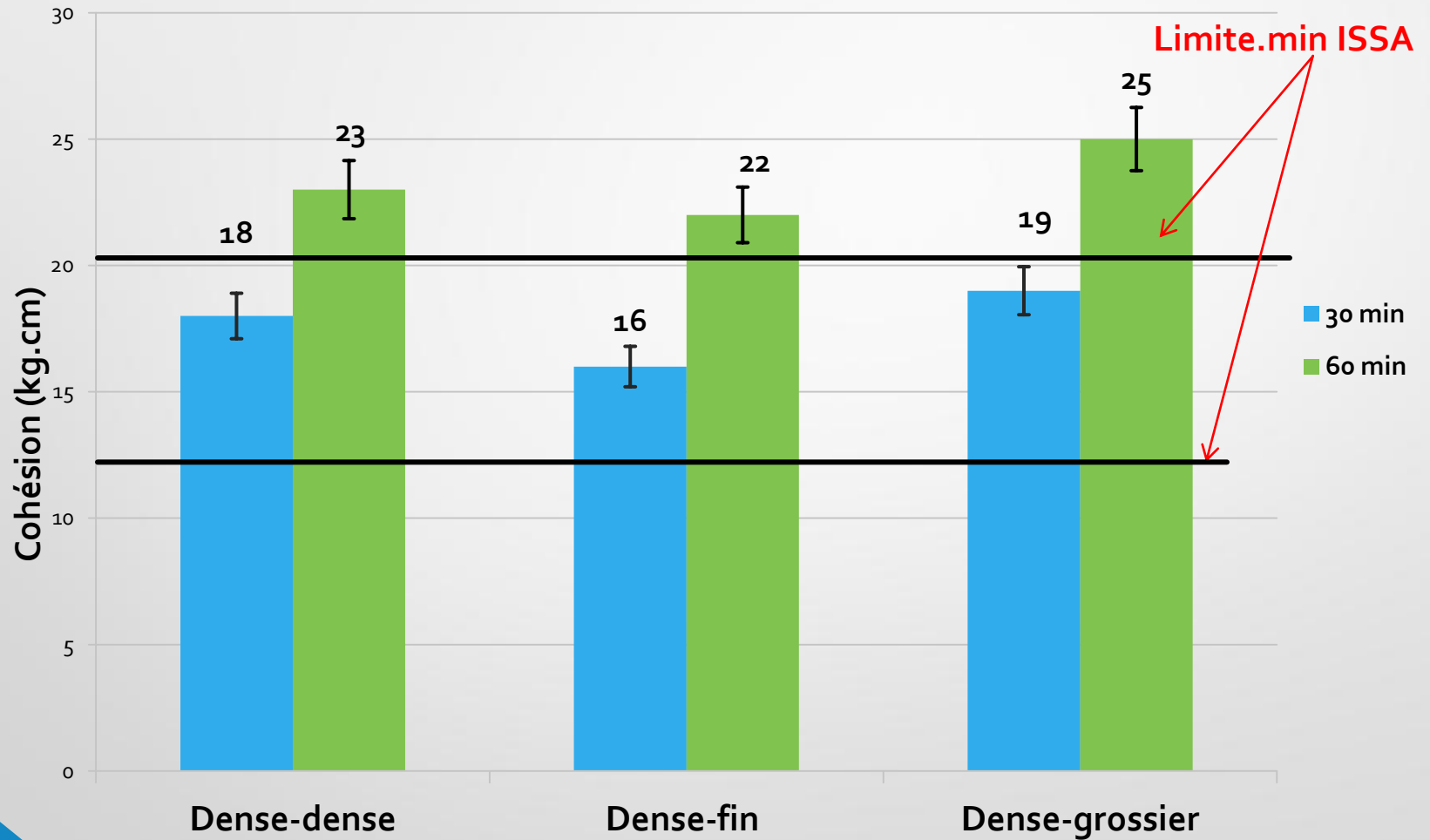
## Essai complémentaire

Hilt Cohesion Test



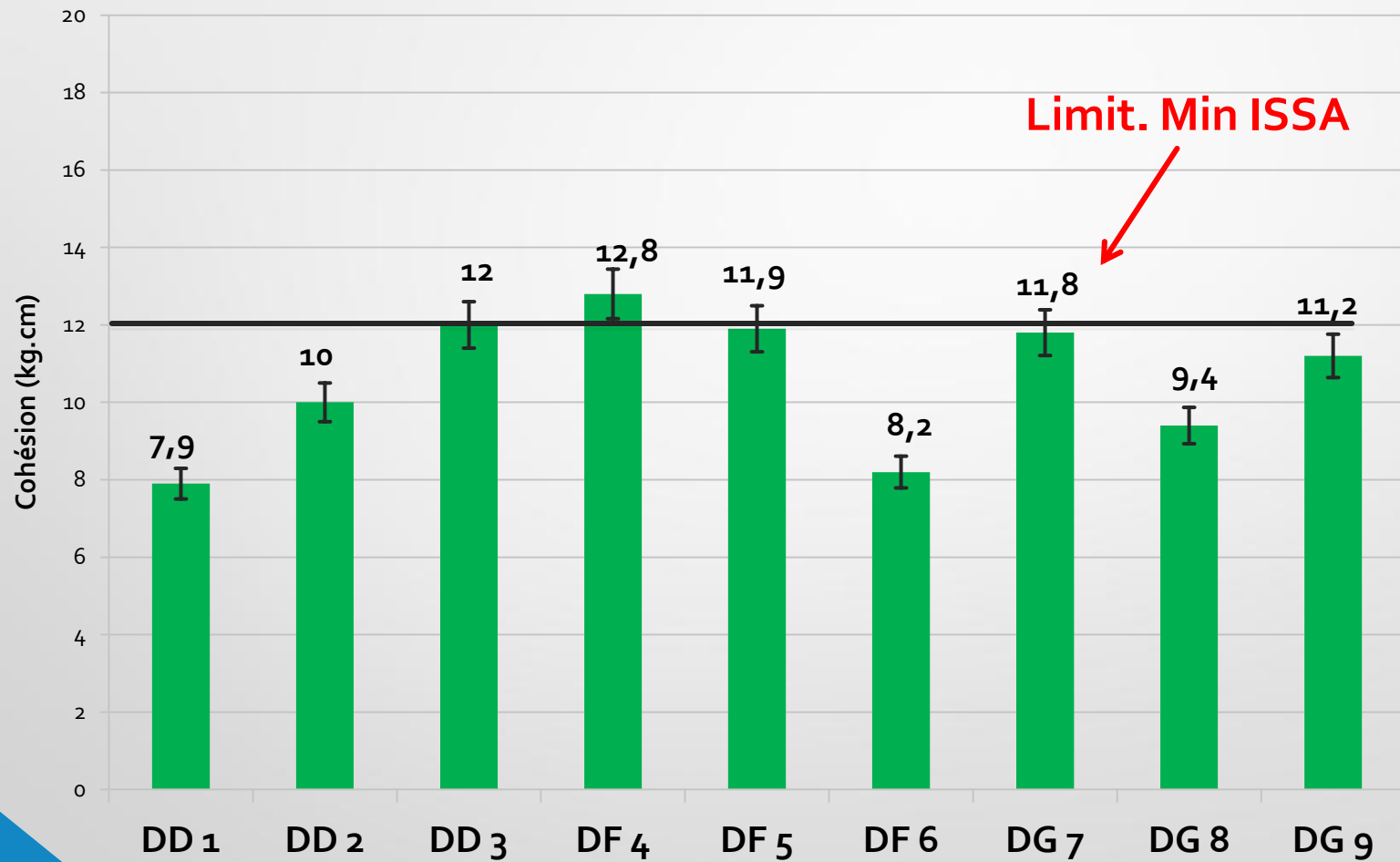
# Résultats

Essai de Cohésion pour ECF de référence ( 12.3% EB,  
11% Eau, 1% ciment)



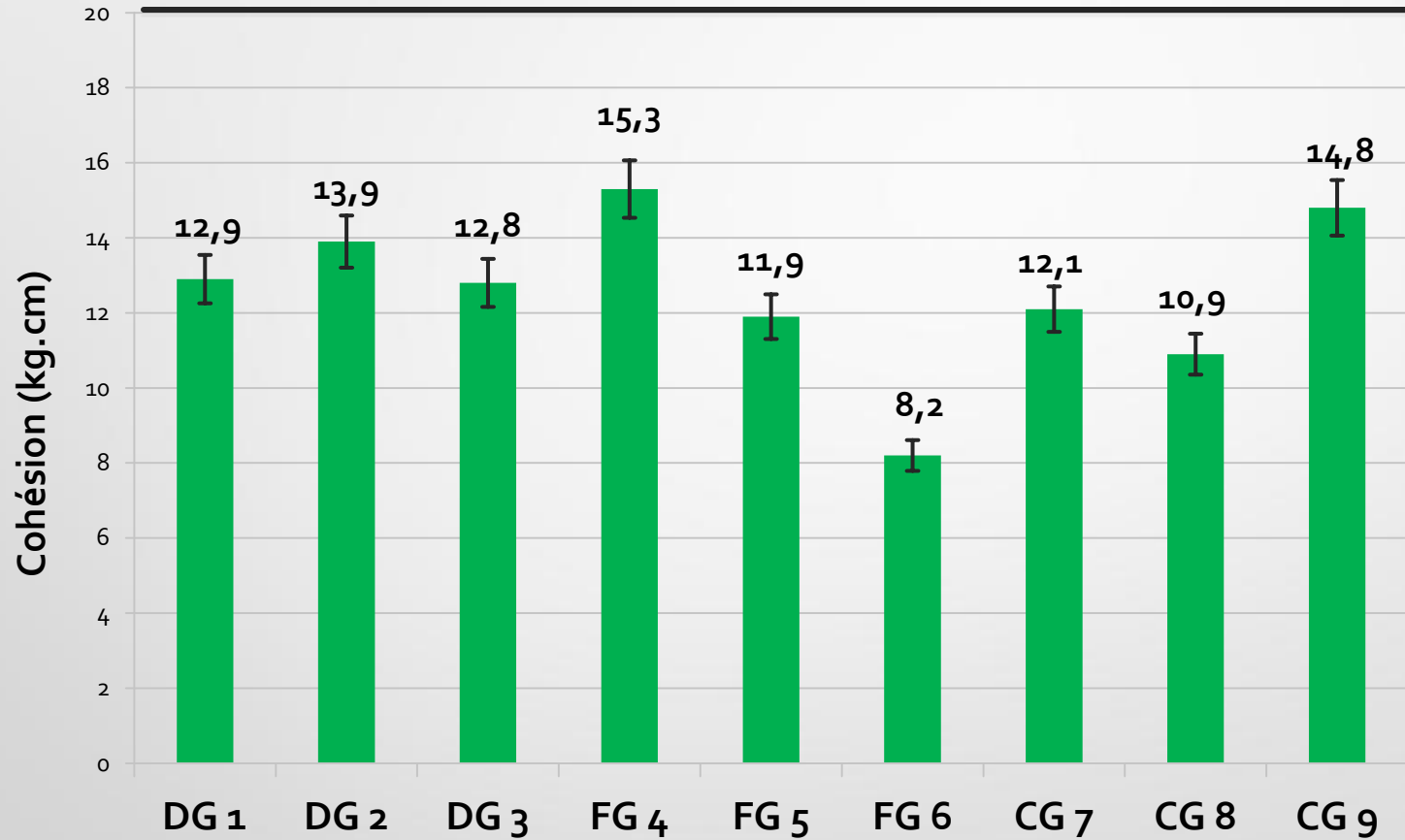
# Résultats

## Essai de Cohésion à 30 min



# Résultats

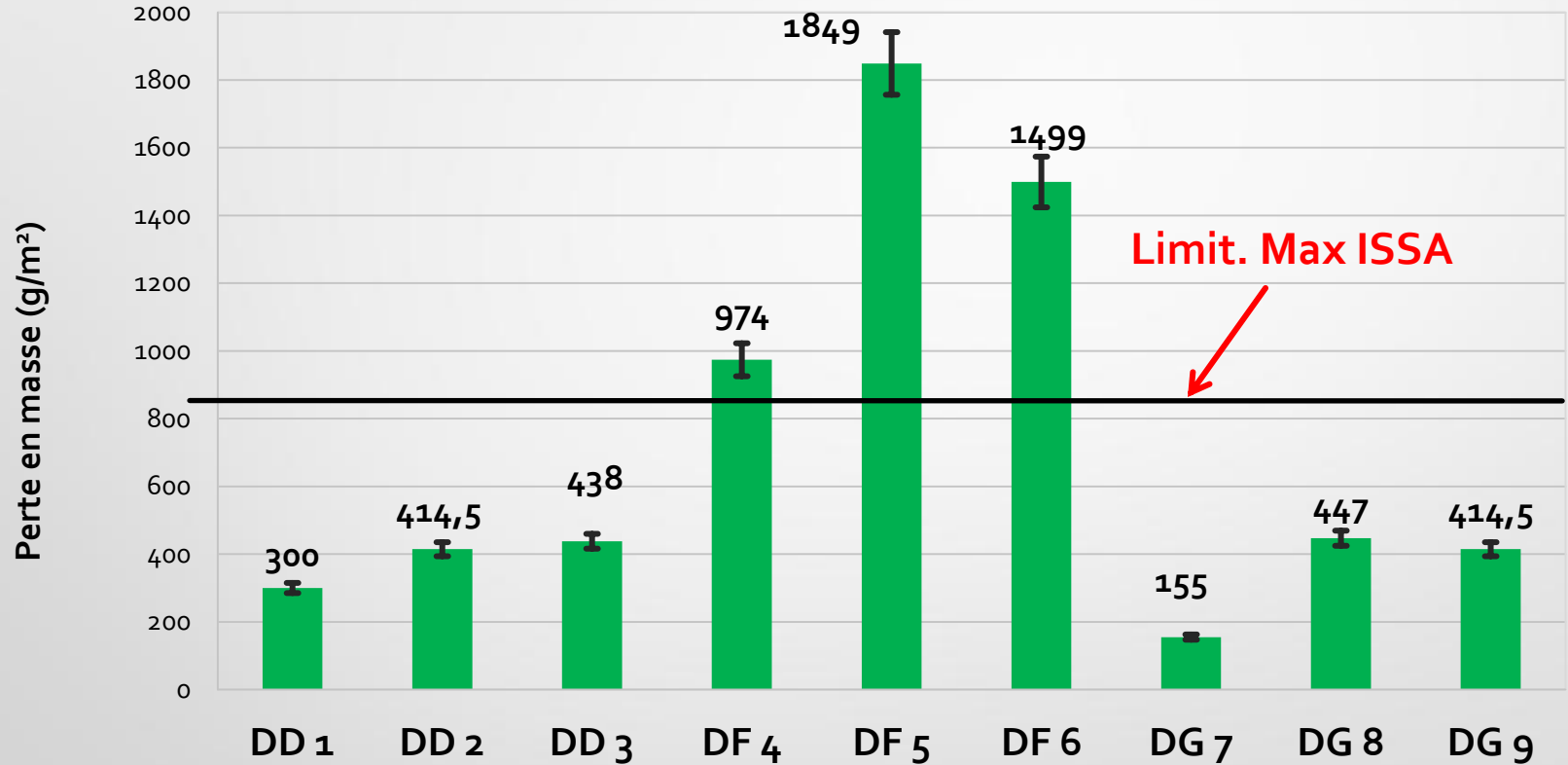
## Essai de Cohésion à 60 min





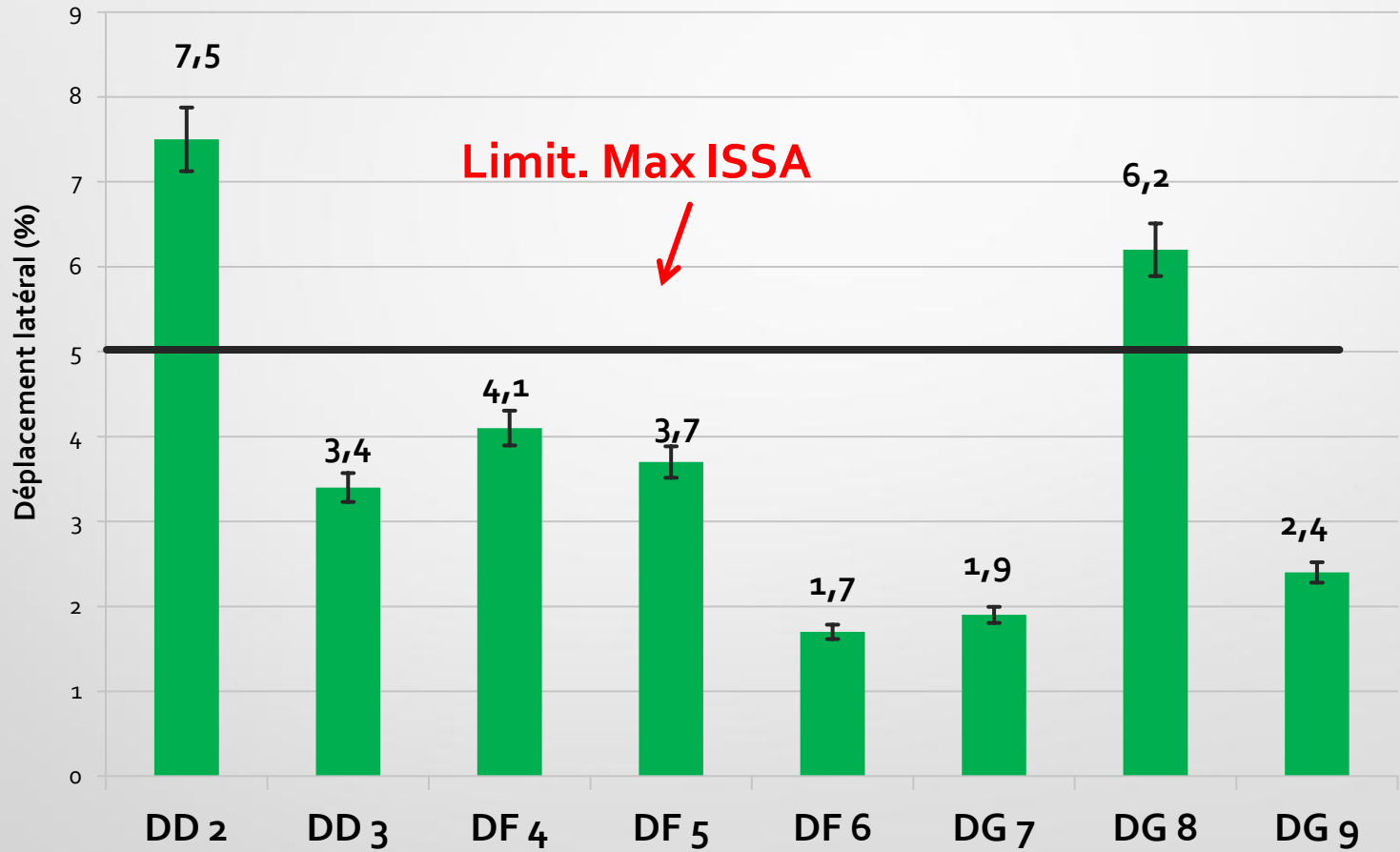
# Résultats

## Test Abrasion (60min)



# Résultats

## Essai de déplacement



# Résultats

## Premières conclusions

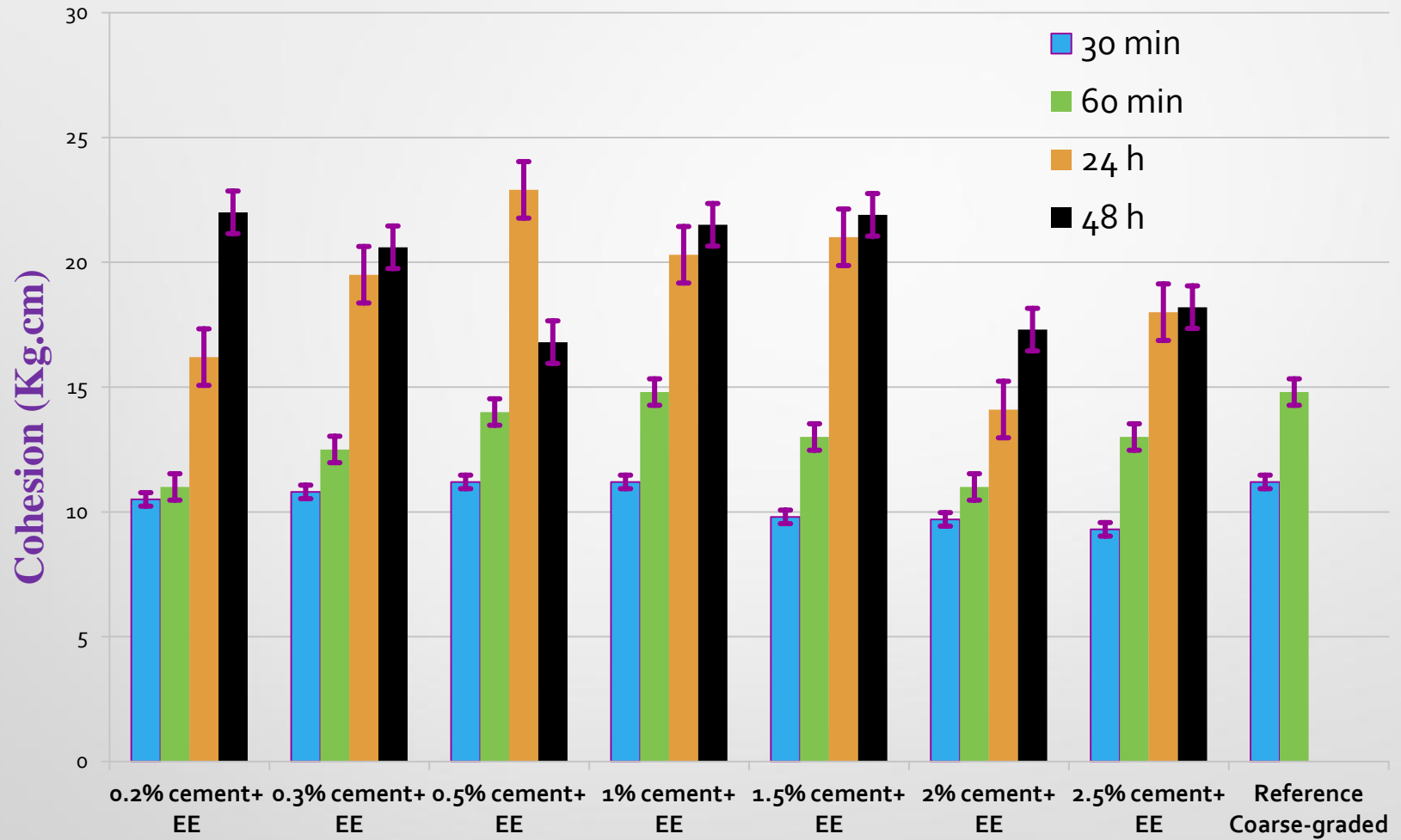
- Mix design: Émulsion, Additifs...
- Caractérisation selon les spécifications de l'International Slurry Surfacing Association (ISSA) :
- Compatibilité de l'émulsion
  - Bonne compatibilité entre l'émulsion et les granulats vierges.
  - Mauvaise compatibilité entre l'émulsion et les agrégats d'enrobés
- Choix du mélange **dense-grossier # 9**

# Results (Coarse-Graded #9)

## Essais complémentaires : COHÉSION

Temps (min)	0,2% ciment+emulsion Europe	0,3% ciment+emulsion Europe	0,5% ciment+emulsion Europe	1% ciment+emulsion Europe	1,5% ciment+emulsion Europe	2,0% ciment+emulsion Europe	2,5% ciment+emulsion Europe
30	10,5	10,8	11,2	11,2	9,8	9,7	9,3
60	11	12,5	14	14,8	13,0	11	13
1440	16,2	19,5	22,9	20,3	21,0	14,1	18
2880	22	20,6	16,8	21,5	21,9	17,3	18,2

# Results (Coarse-Graded #9)



# Résultats (Dense- Grossier #9)

## Nouveau Test: Hilt Cohesion Test HCT



Essai HCT	ECF de référence	ECF recyclé	Valeur référence
Temps de cassure ( 30 min )	2 min 50	30 sec	<b>1 min 30</b>
Temps de cassure ( 60 min )	3 min 70	1 min 40	-

# Conclusions & Perspectives

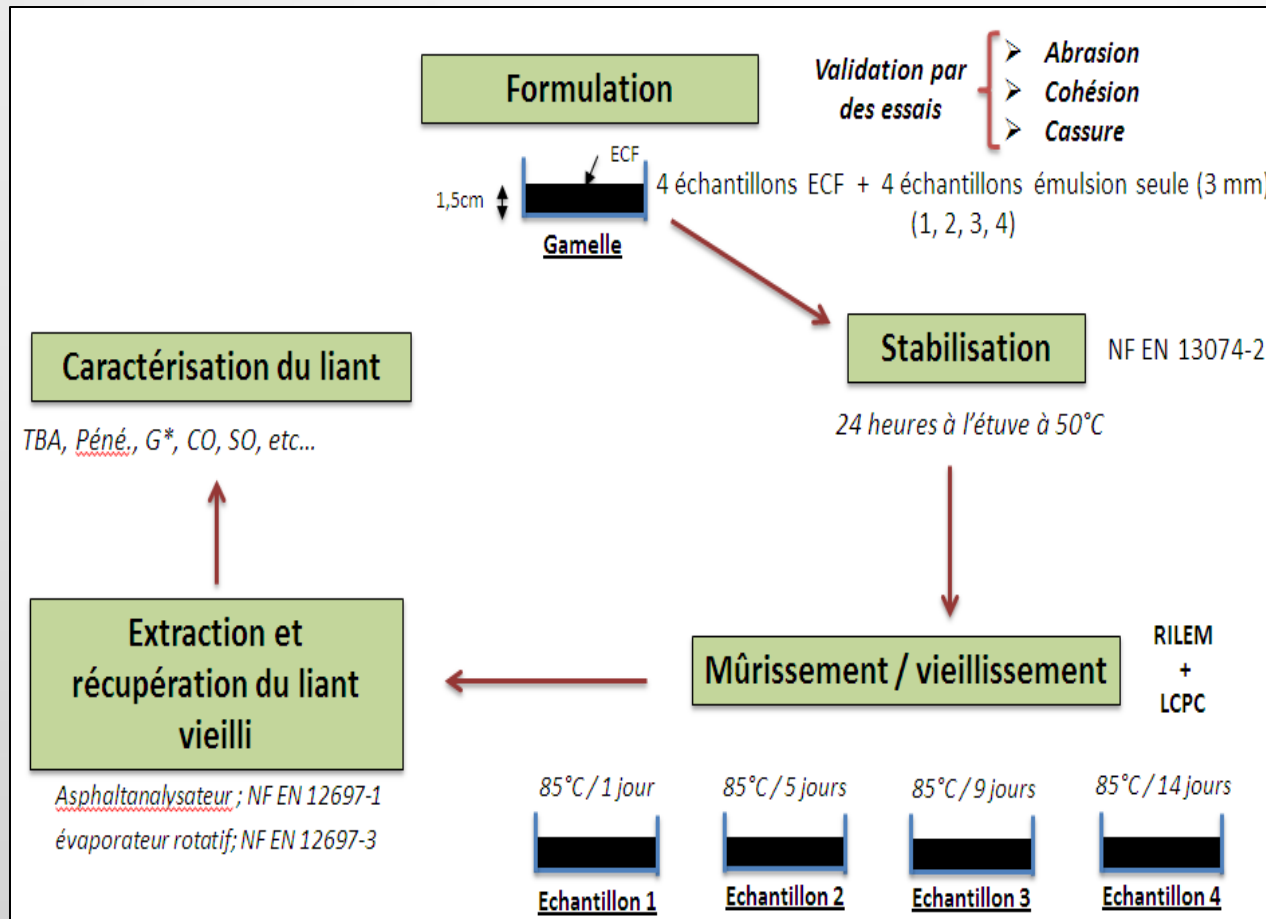
## Conclusions:

- Possibilité de réaliser des ECF avec des matériaux 100% recyclés:
  - ✓ Nature d'émulsion
  - ✓ Additifs
- Problème de cohésion : compatibilité émulsion / agrégats d'enrobés
- L'augmentation du temps de l'essai de cohésion → meilleurs résultats.

# Conclusions & Perspectives

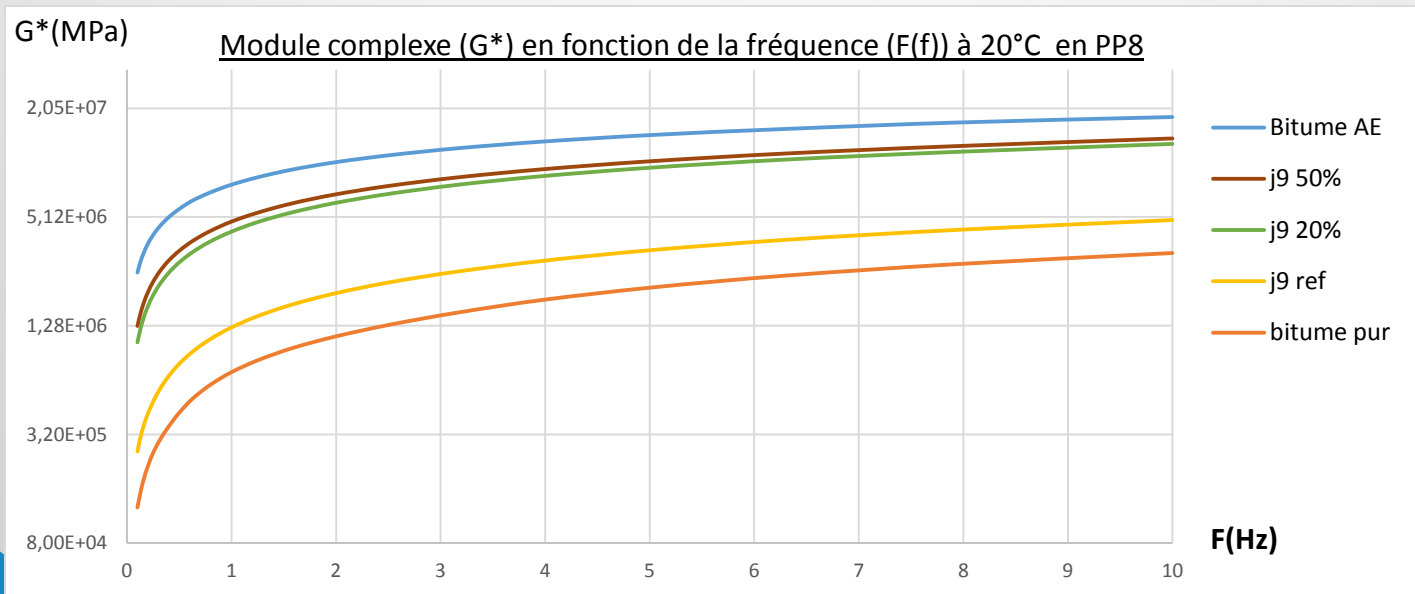
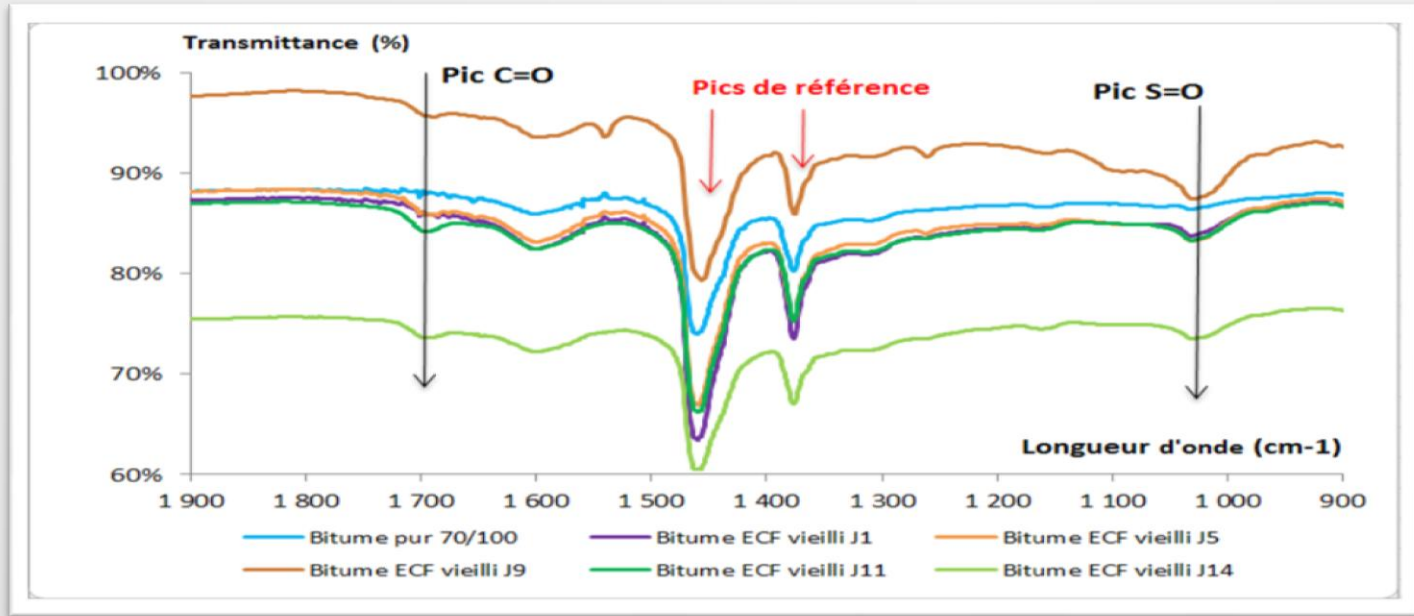
## Perspectives:

### Essai de vieillissement





# Spectroscopie et Rhéologie



Merci de votre attention !