

Projet National MURE / ANR IMPROVMURE
« Recyclage à fort taux : du laboratoire au chantier »

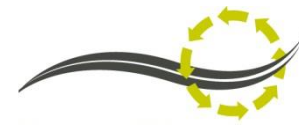
GT5 caractérisation des enrobés

Restitution des résultats au 21/11/2017

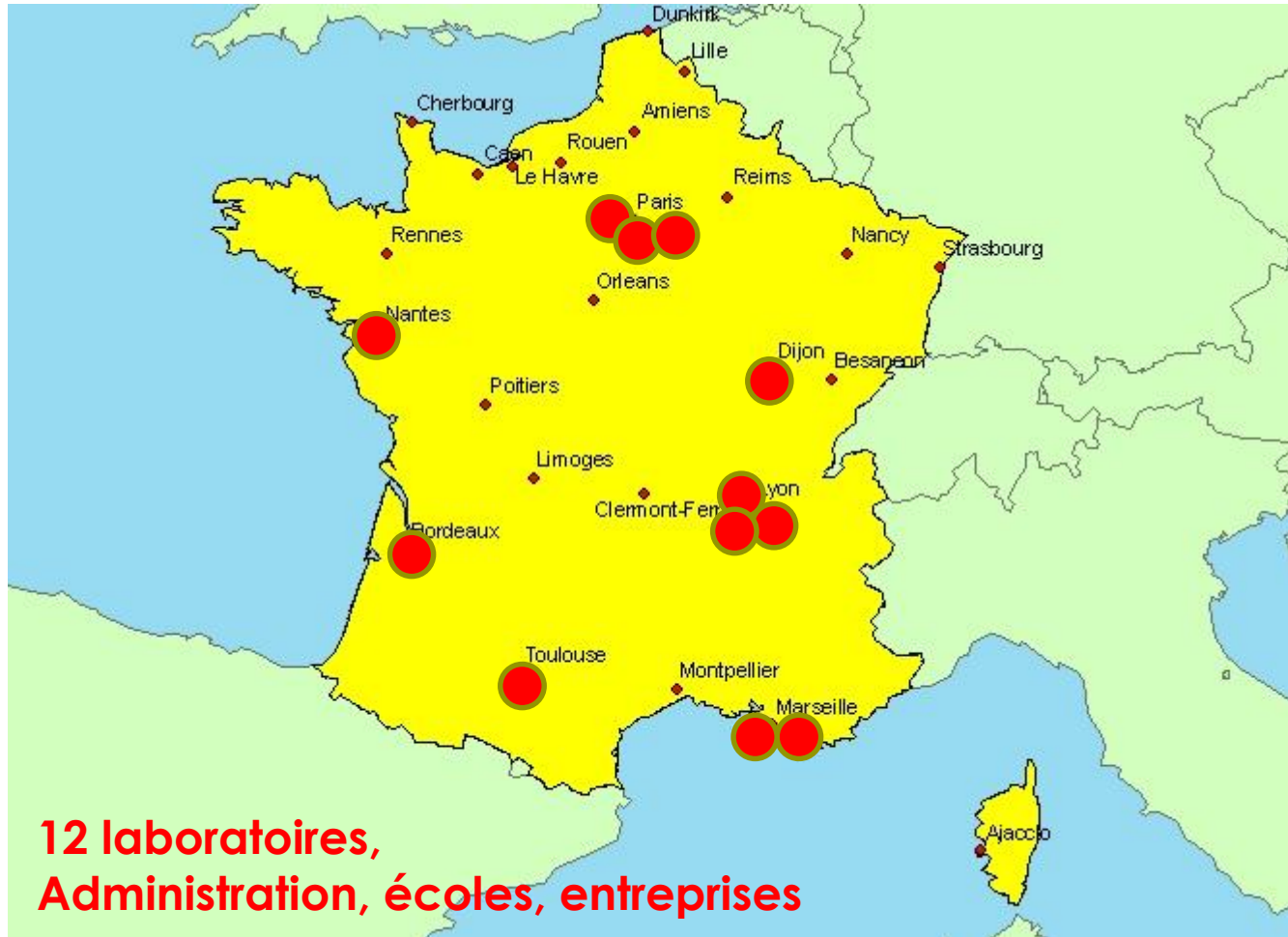
Cédric Sauzéat
Stéphane Faucon-Dumont



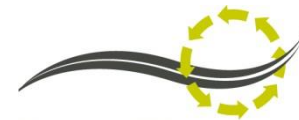
GT5- caractérisation des enrobés



Présentation du groupe



GT5- caractérisation des enrobés



Présentation du groupe



IFSTTAR, Nantes, **P.Marsac**

ESTP, Cachan, **A.Dony**

EPSILON, Anse, **A.C.Collet**

GINGER CEBTP, Aix, **J.F.Le parc**

CEREMA, Aix, **V.Mouillet**

LABOTECH, Arnay le Duc, **N.Sevestre**

MALET, Toulouse, **A.Nicolai**

COLAS CST, Magny Les Hameaux, **Y.Legal**

EIFFAGE, Corbas et Ciry Salsogne, **S.Pouget**

EUROVIA, Lyon, **L.Gudfin**

EUROVIA CRM, Mérignac, **J.A.Decamps**

Pilotage



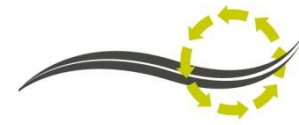
ENTPE, Lyon,

C. Sauzéat

EUROVIA, DT Mérignac

S.Faucon-dumont

GT5- caractérisation des enrobés

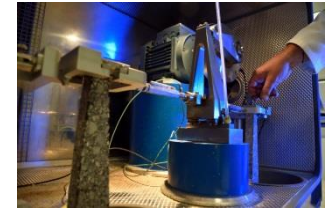


Choix des laboratoires

Membres du PN



Qualifications et spécialités



Accréditation



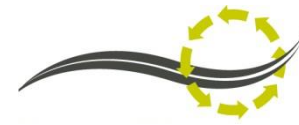
Equilibre

Ecole

Administration

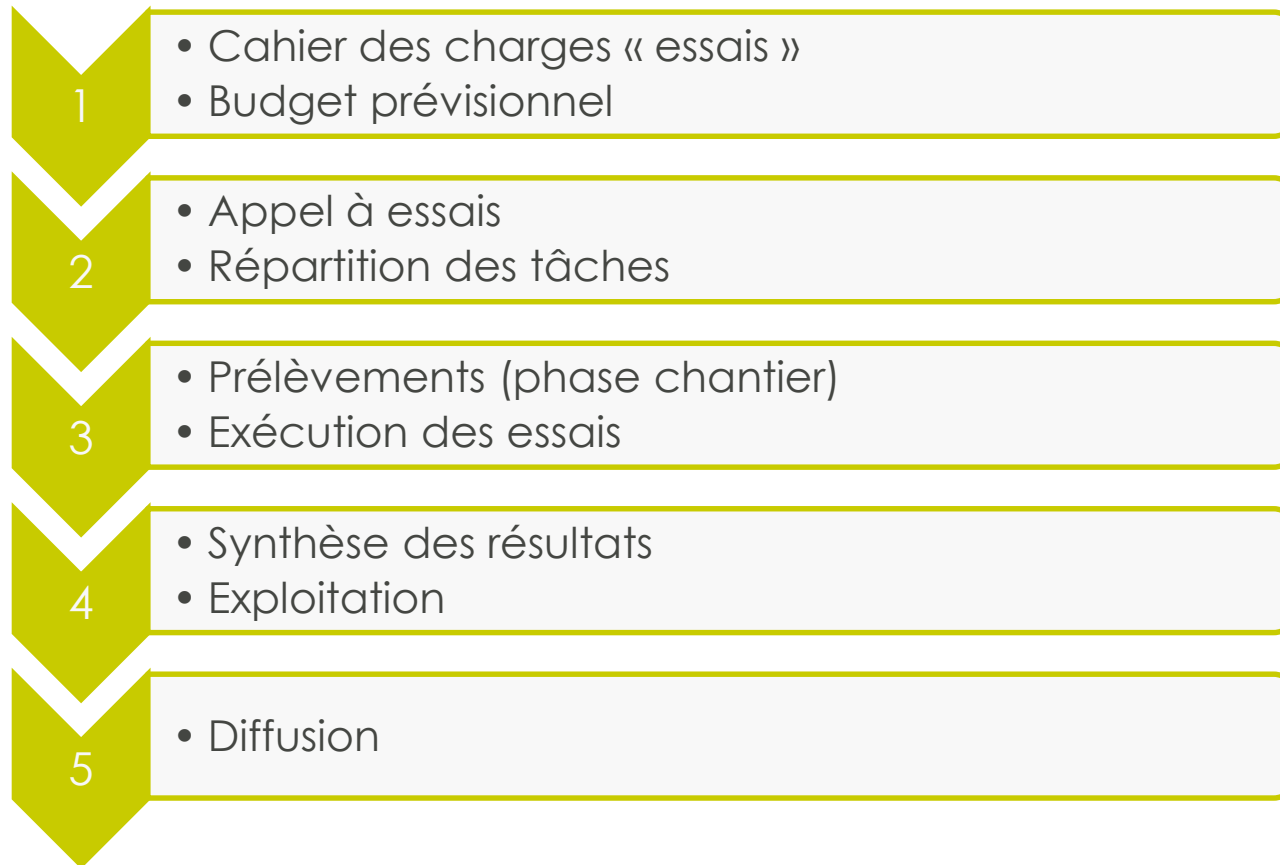
Entreprise, maître d'œuvre, contrôles extérieurs

GT5- caractérisation des enrobés

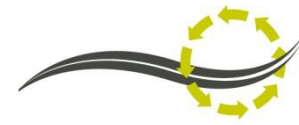


Démarche opérationnelle

⇒ Pour chaque chantier



GT5- caractérisation des enrobés



Cahier des charges « essais »

Les niveaux d'étude (PN)

1
Tenue à
eau
durabilité

2
Orniérage
Résistance
au trafic

3
Module
Résistance
mécanique

4
Fatigue
durabilité

2 Niveaux de caractérisation

Les chantiers initiaux du PN
Recyclage à 40% et 70%

Dept(s) : 69, 63 et 74



- Laboratoire niveaux ,1 à 4 (matériaux chantier)
- Chantier, niveau 1 et 3
- Analyses des liants initiaux
- Analyse des liants extraits
- Suivi de chantier, maniabilité, mélange des liants.

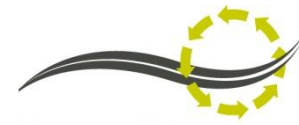
Chantiers
complémentaires

Dept(s) : 31, 33

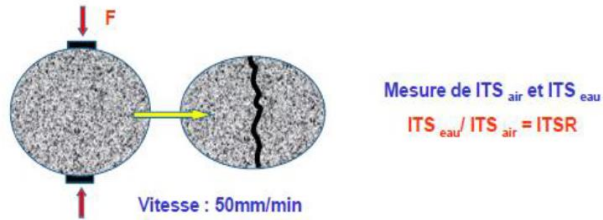


- Chantier, niveau 1 et 3
- Suivi de chantier, maniabilité, mélange des liants

GT5- caractérisation des enrobés



Les essais retenus par le GT5 - enrobés



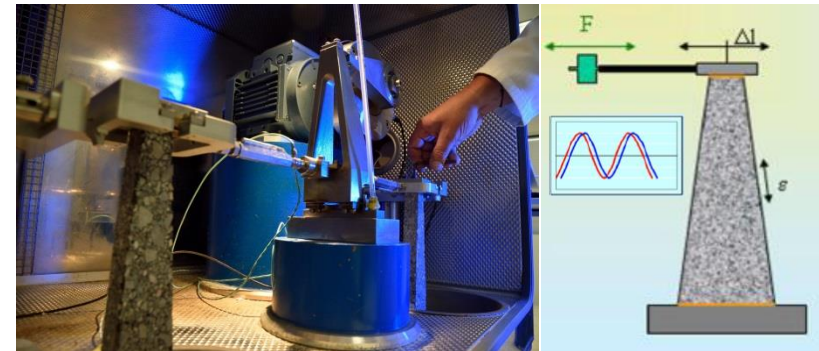
Tenue à l'eau NF EN 12697-A
(écrasement à 15°C)



Orniéage
NF EN 12697-22

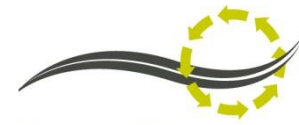


Module NF EN 12697-C
(10°C et 15°C, 124 ms)

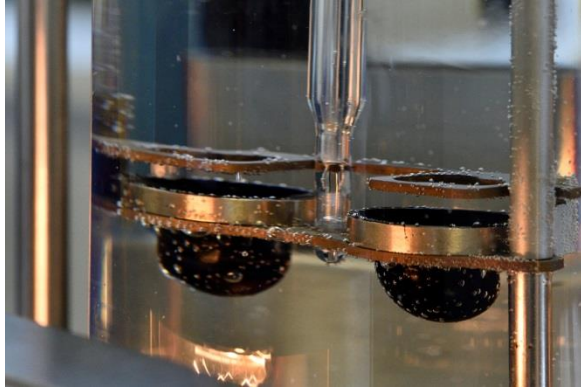


Fatigue
NF EN 12697-24

GT5- caractérisation des enrobés



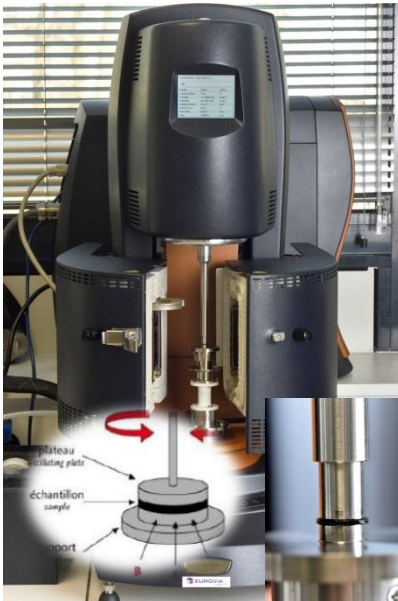
Les essais retenus par le GT5 - liants



Consistance
Pénétrabilité EN1426
Bille et Anneau EN 1427



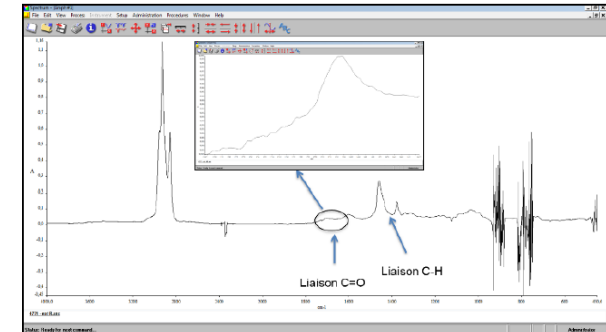
Fissuration basse
température
FRAASS NF EN 12593



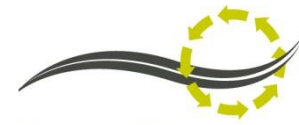
Mécanique
Module G^*
dynamique



Analyse chimique
Infra rouge
Oxydation C=O

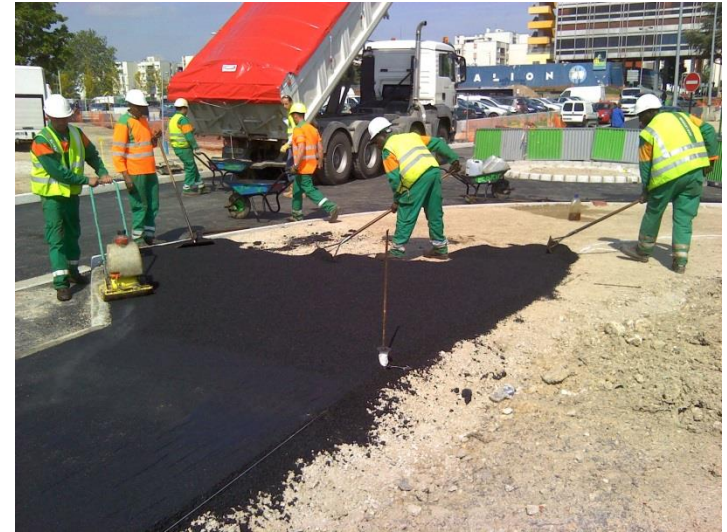


GT5- caractérisation des enrobés



Essais complémentaires

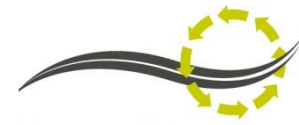
MANIABILITE



Présentation, A.Dony



GT5- caractérisation des enrobés



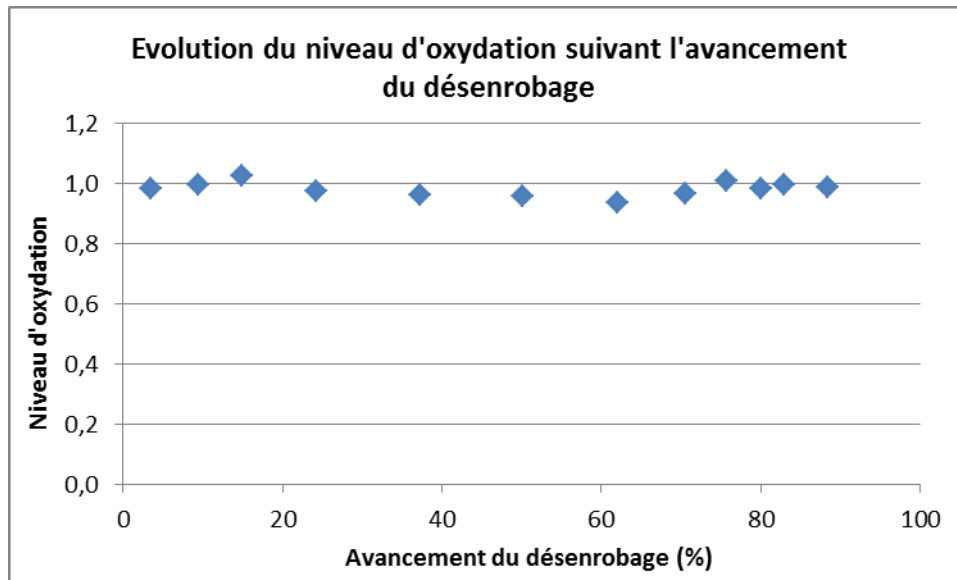
Essais complémentaires

Mesure de la remobilisation du liant des AE

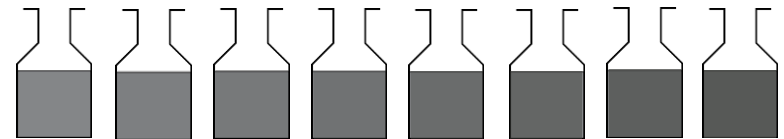
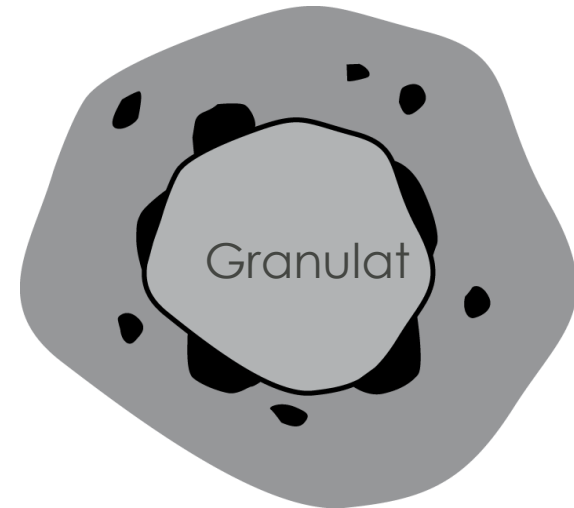
Désenrobage progressif



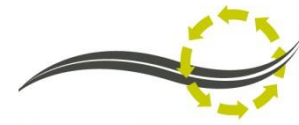
Analyse infra rouge
mesure du taux de C=O, oxydation



événement



GT5- caractérisation des enrobés



Les chantiers suivis



Arzac (33)
R0, R30, R50,
R50 + régénérant
tiède mousse

Portet sur Garonne (31)
R0 et R40
Chaud et tiède additif
Liant modifié

Moriat (63) R0 et R40
Tiède mousse

INITIAL

Rono (69) R0 et R40
chaud

INITIAL

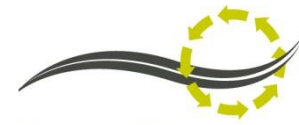
Villeurbanne (69)
R0 et R40
Tiède additif

INITIAL

ATMB
R0 et R70
Chaud et tiède
mousse

INITIAL

GT5- caractérisation des enrobés



Les travaux par chantier

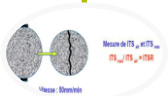
Chantiers **initiaux**
Villeurbanne
Rono, Moriat, ATMB



Reformulation en
laboratoire
Matériaux « chantier »



Essais sur prélèvements
« chantier »



Tenue
à
l'eau



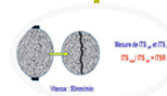
Orniérage



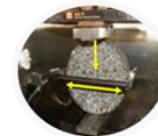
Module



Fatigue



Tenue
à
l'eau



Module



Maniabilité
Remobilisation

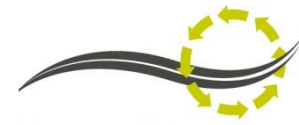
Fatigue → IMPROVMURE



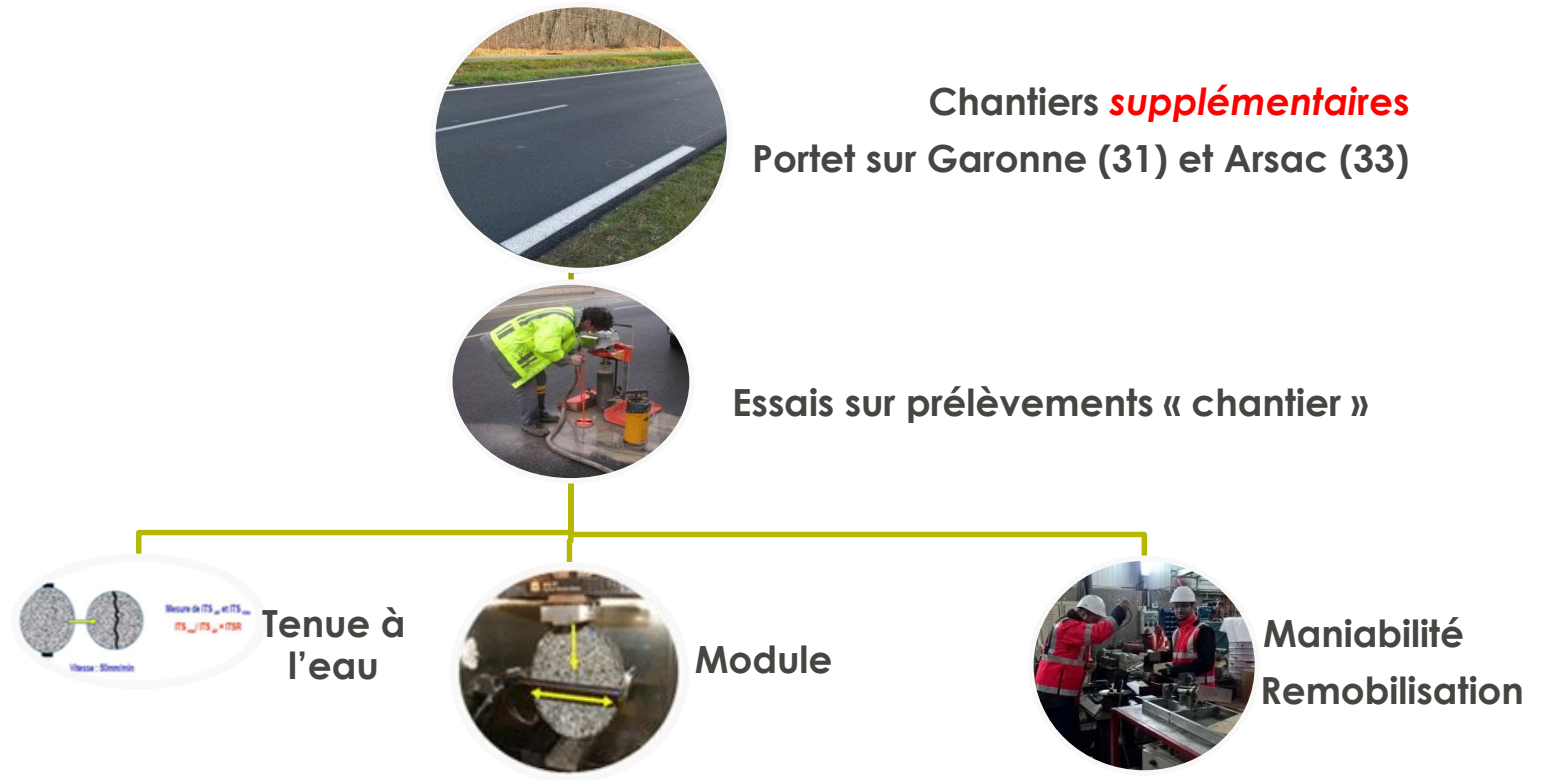
Essais sur les liants initiaux et extraits



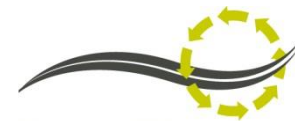
GT5- caractérisation des enrobés



Les travaux par chantier



GT5- caractérisation des enrobés



Répartition des essais, « appel à essais »

PN MURE - GT5 - essais 2016

APPEL A ESSAI - CHANTIER à 70%

Tâches	ENROBES	Nombre essais	Délai	Candidats session 2015
1	Essai ITSR NF EN 12697-12 (écrasement 15°C / 8 éprouvettes 2 plaques 5cm à fabriquer)*	4	fin année	COLAS
2	Essai ITSR carottes chantier NF EN 12697-12 (écrasement à 15°C / 10 carottes/chantier)	4	fin année	EUROVIA LYON + préparation



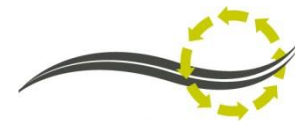
- Les capacités de chacun en termes d'essai.
- Les accréditations.
- Les spécialités.
- La limitation des impacts de la reproductibilité propre à chaque essai.

10	7 pénétrabilité, TBA , G*(isotherme 15°C à minima),FRASS - normes en vigueur	7	fin année	CEREMA AIX
11	7 Sara, IR (mode opératoire à fournir)	7	fin année	ESTP pour IR
12	5 extractions (2 pots de pénétrabilité pour chaque), le laboratoire réalisant les extractions dispache les échantillons aux laboratoires effectuant les tâches 10 et 11 (extraction selon le protocole conventionnel préconisé par le GT4)	7	oct	
	LIANT extraits des enrobés de chantier			
13	4 extractions (2 pots de pénétrabilité pour chacune), le laboratoire réalisant les extractions dispache les échantillons aux laboratoires effectuant la tâche 14 (extraction selon le protocole conventionnel préconisé par le GT4)	4	oct	
14	4 pénétrabilité, 6TBA, 6G*(isotherme 15°C à minima) -normes en vigueur	4	fin année	

**Fin 2017, ~ 200 k€
Tranche 1 et 2**

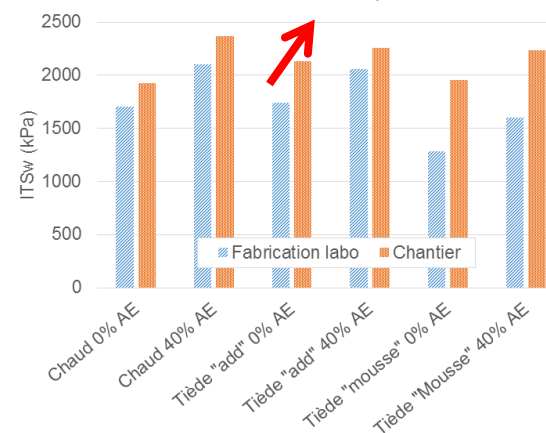
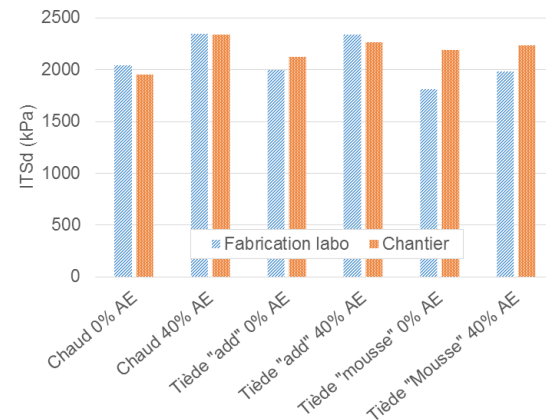
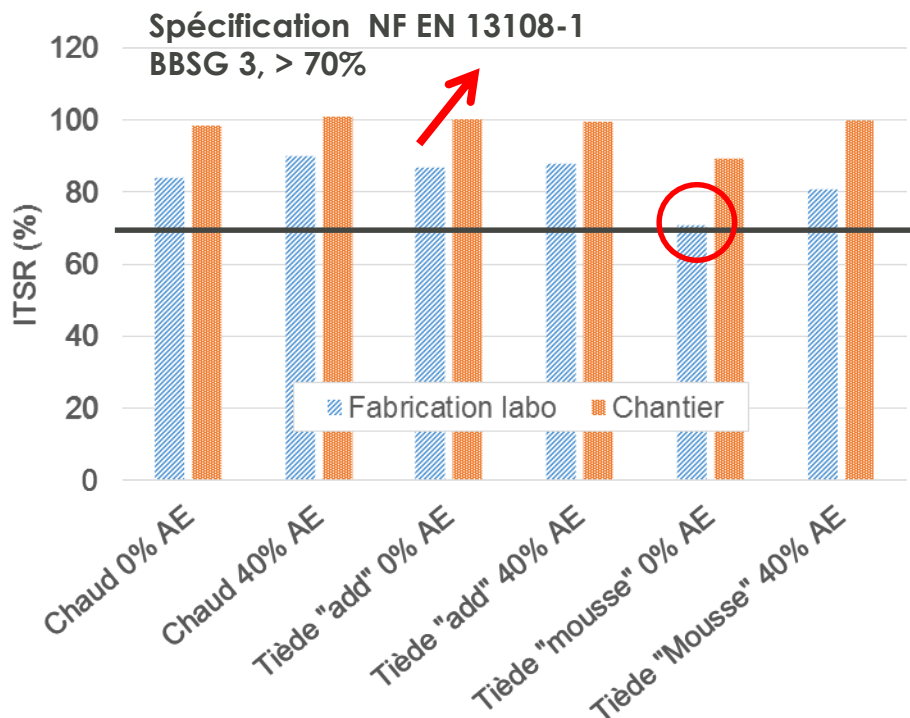
Au final, ~ 310 k€

GT5- résultats



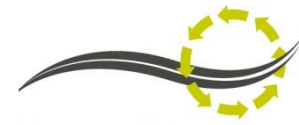
Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Tenue à l'eau NF EN 12697-12 A



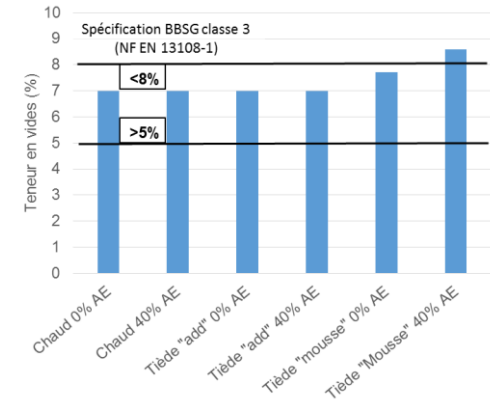
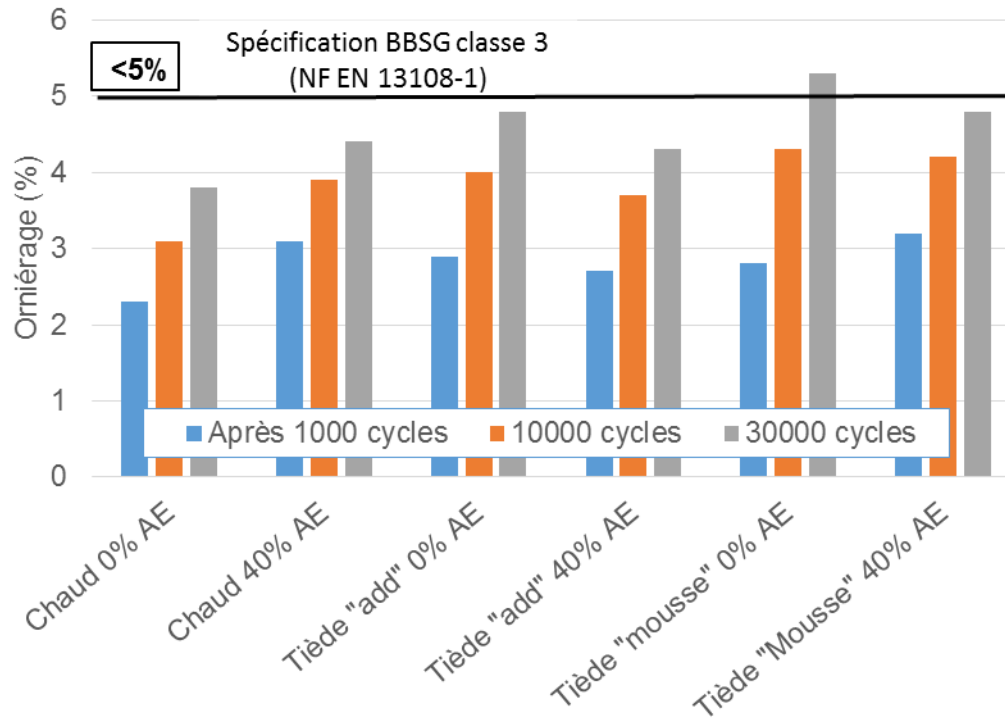
Températures plus élevées en chantier
(+ 10°C à 15°C) ⇒ adhésion ↗
Teneurs en vides maîtrisées

GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

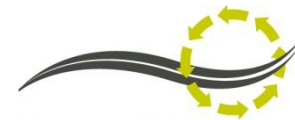
Orniérage NF EN 12697-22, essais en laboratoire



Teneurs en vides maîtrisées

Conformité à la norme NF EN 13108-1 ∇ procédé de fabrication
1 valeur plus haute → répétabilité/reproductibilité

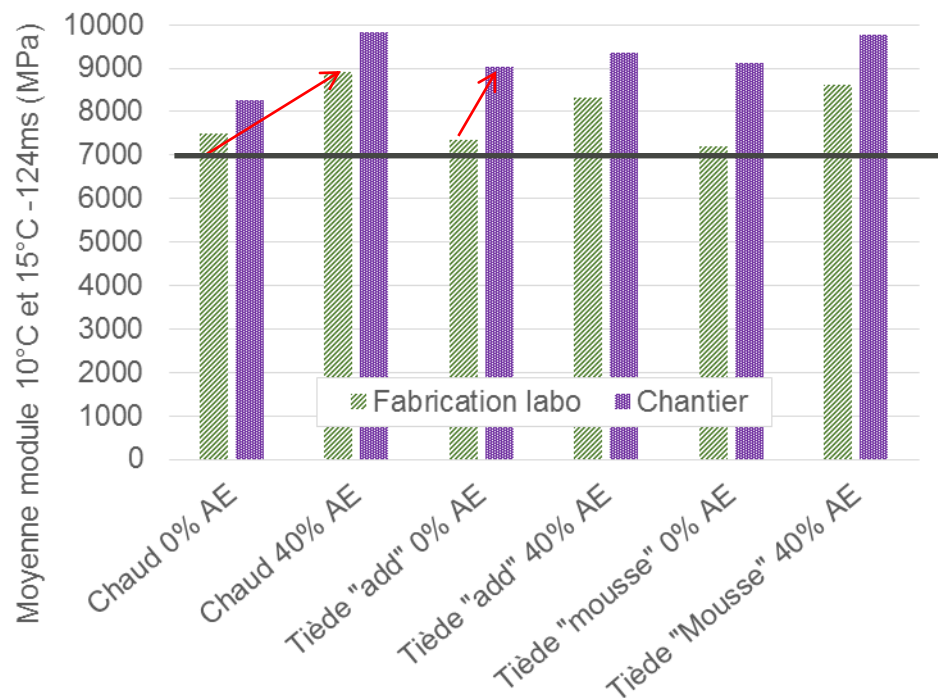
GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

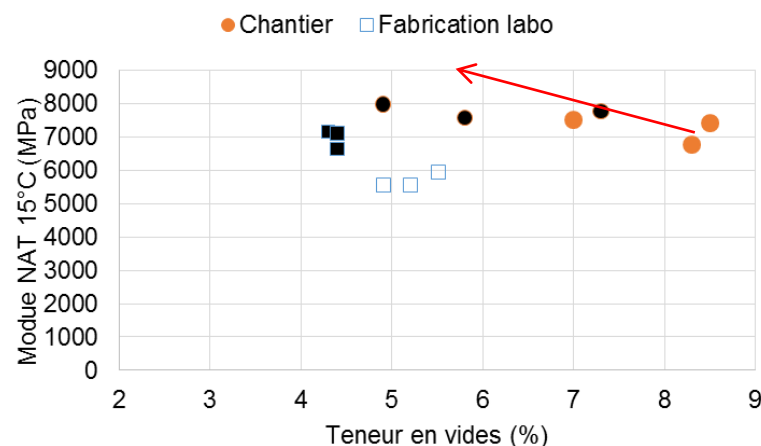
Module NF EN 12697-26, méthode C

≥ 7000 NF EN 13108-1



Effet de AE

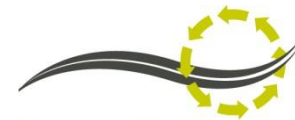
Effet température



Teneur en vides

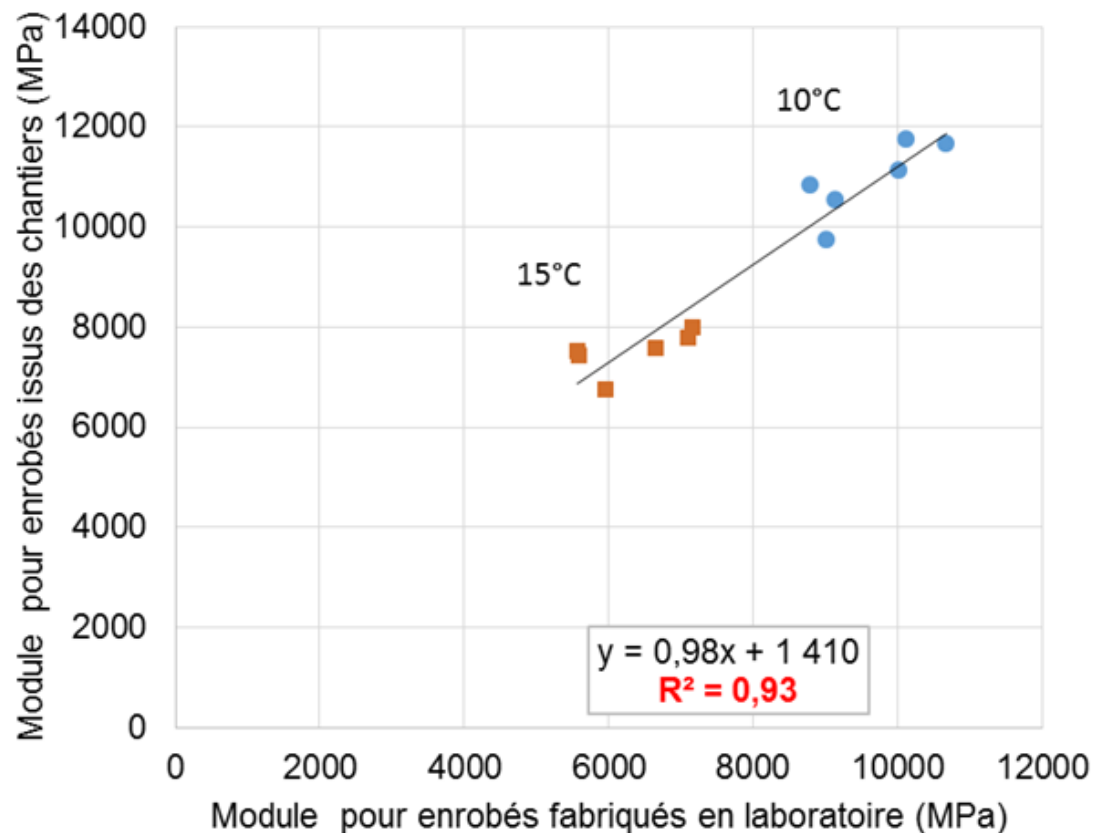
- Mesurées
- + écart en chantier
- Admissible
- Corrections possibles

GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Module NF EN 12697-26, méthode C



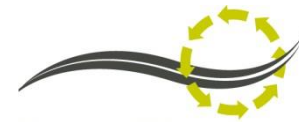
Relation
Laboratoire/chantier

Mêmes matériaux
Bitume, AE et
granulats

Tiède/chaud
R0 et R40

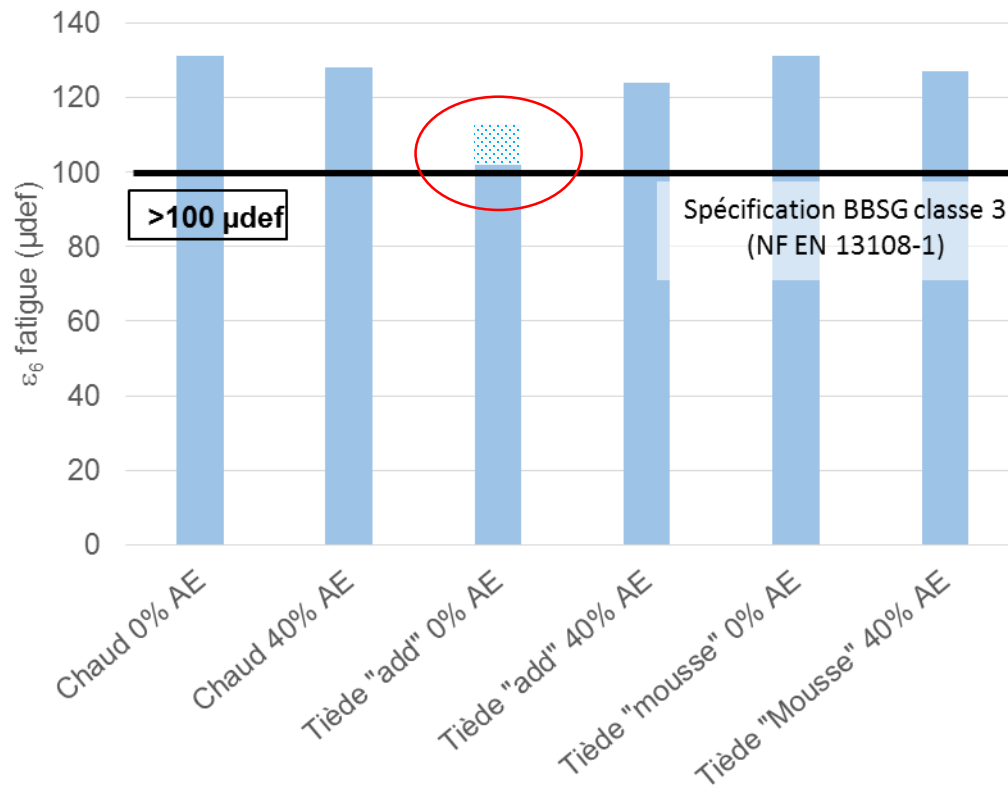
Réponses identiques
∇ Procédé et taux AE

GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Fatigue NF EN 12697-24, essais en laboratoire



Bons résultats

∇ taux AE et procédé
1 valeur à écarter
112 μdef avec correction
→ vérification

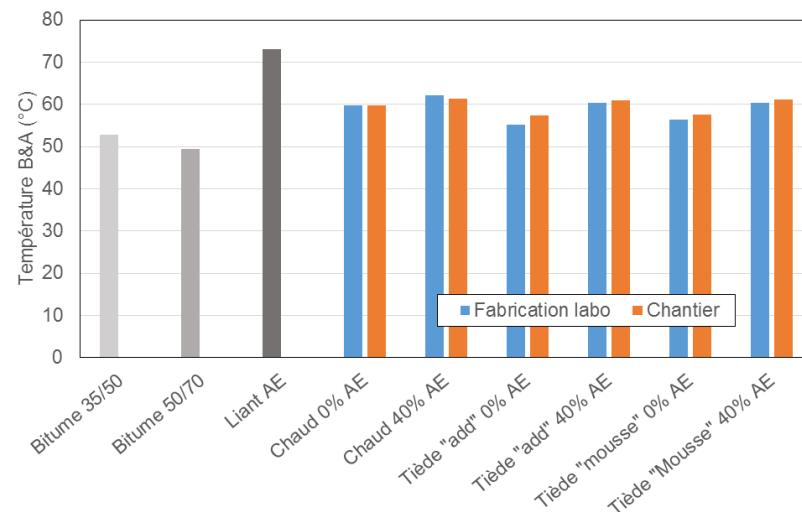
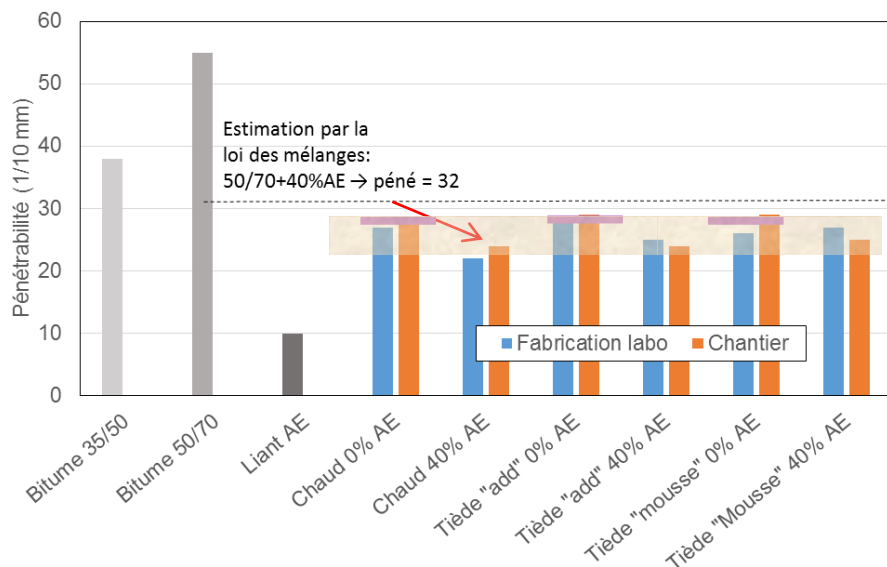
GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Essais sur les liants extraits – pénétrabilité, TBA

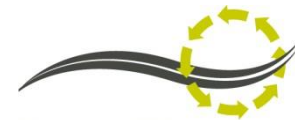
Pénétrabilité à 25°C



- Effet fabrication
- Effet AE
- Procédé a peu impact
- Bonne cohérence
Fabrications/extractions/essais

IDEM en TBA

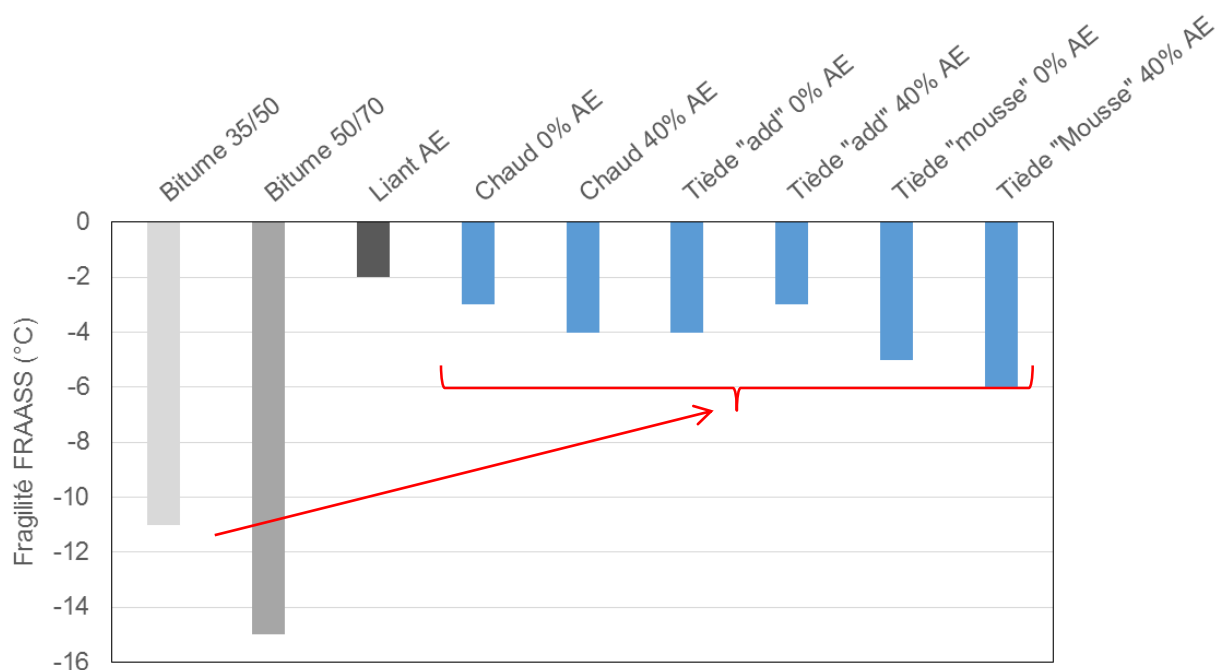
GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Essais sur les liants extraits – FRAASS

Enrobés de laboratoire



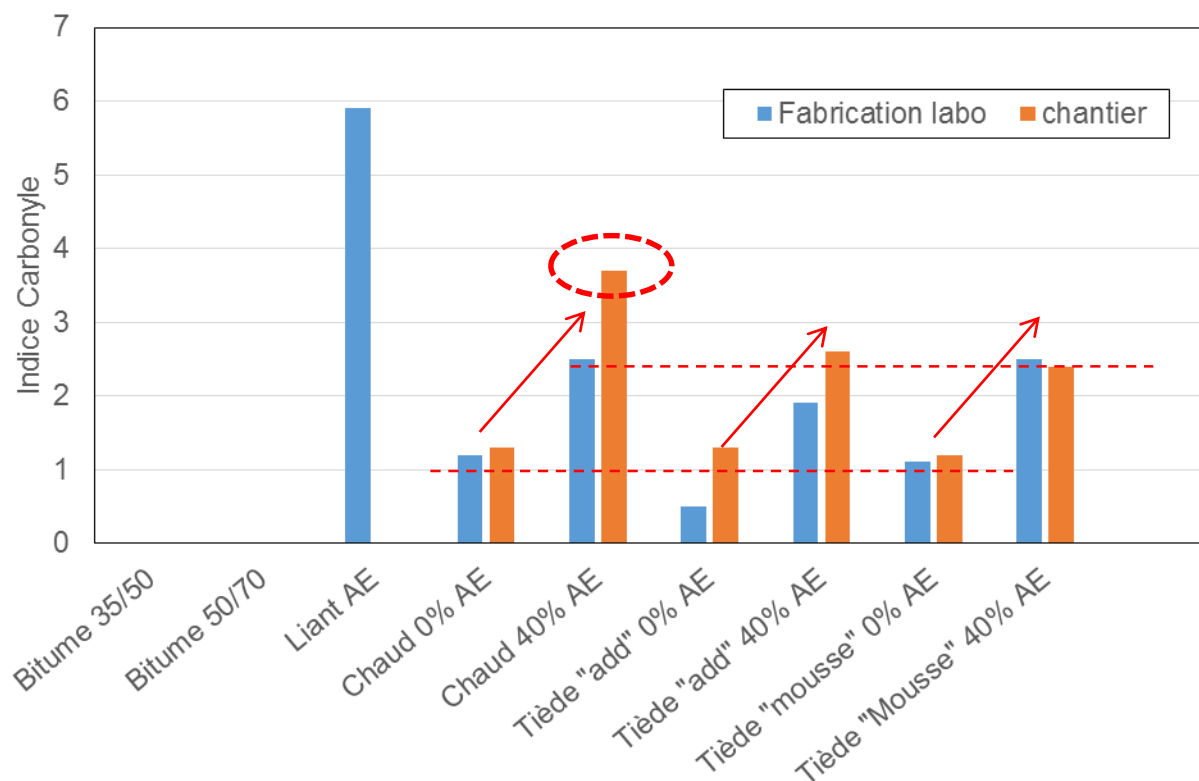
- Bonne cohérence des résultats
- Résultante basse!
- Effet extraction?

GT5- résultats



Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Essais sur les liants extraits – Indice carbonyle



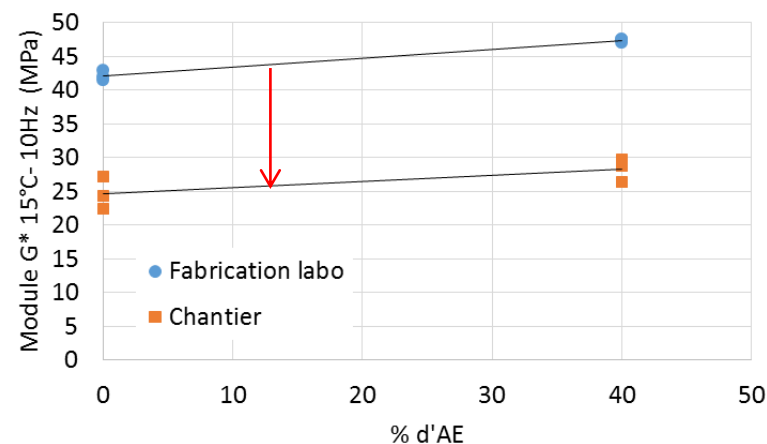
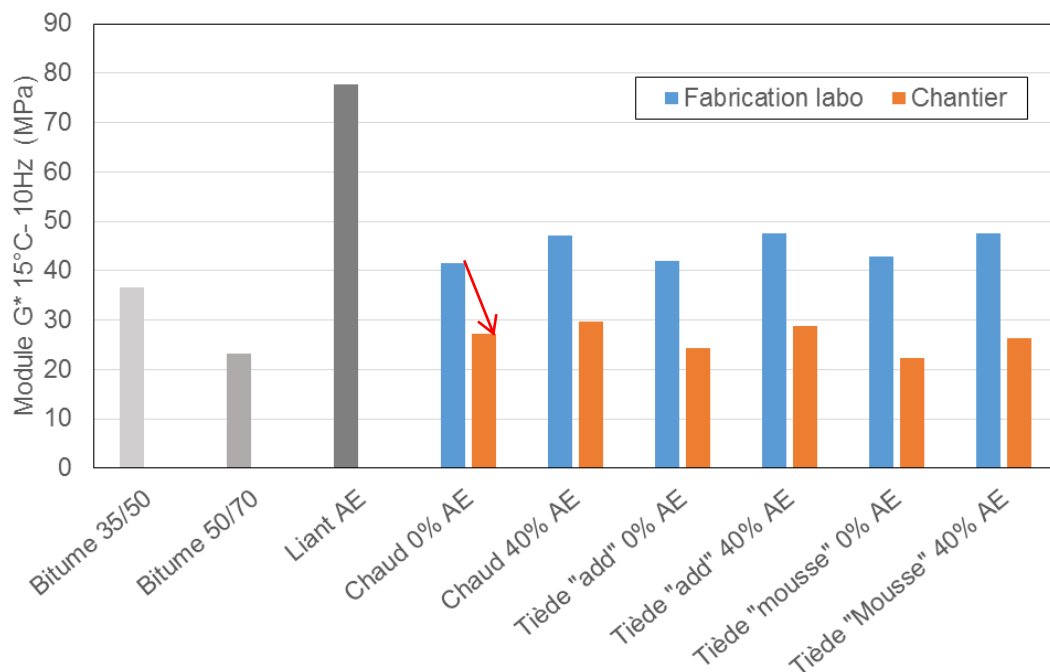
- Effet AE
- Peu différence entre les procédés
- Effet de la chauffe « chaud 40%AE »

GT5- résultats



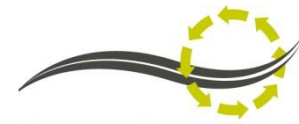
Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Essais sur les liants extraits – Module G^* , 15°C-10Hz



- Deux laboratoires \neq écart sur les mesures
- Effet AE visible et équivalent pour les deux laboratoires
- Travaux en cours pour expliquer les écarts

GT5- résultats



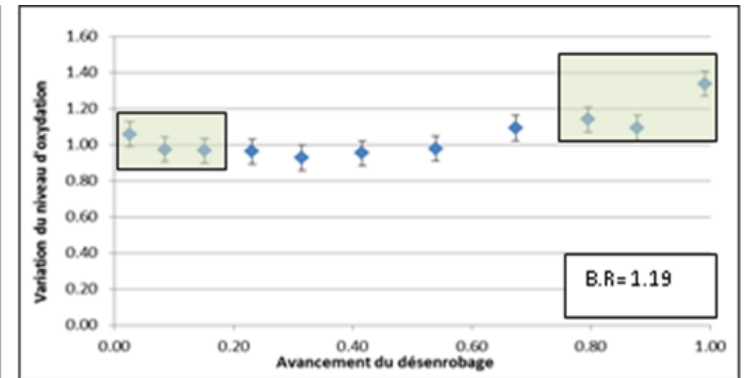
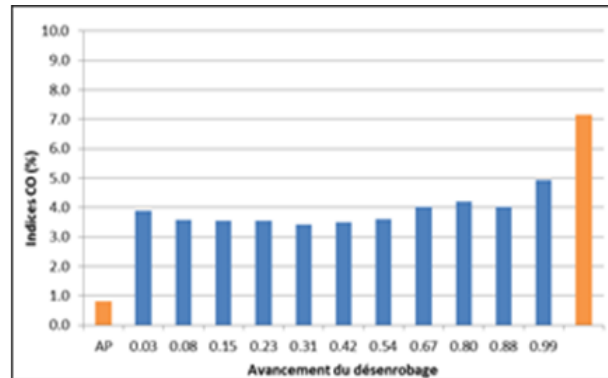
Chantiers initiaux, R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

Contrôles de fabrications

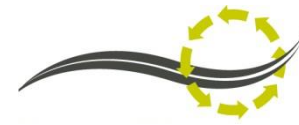
Conventionnels – GT3, GT6 (TL, granulométrie, %vides)

GT5 - Remobilisation du L_{AE} (mélange des liants)

Tiède « additif »



Niveau oxydation moyen stable
Oxydation de surface → fabrication
BR = 1,19 → correct...



R0, R40, chaud, tiède « additif », tiède « mousse »

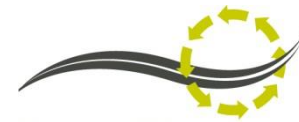
- ➔ Enrobés → performances conformes à NF EN 13108-1
 - ∇ Procédé de fabrication, taux AE
 - ∇ Méthode de fabrication, laboratoire et industrielle

- ➔ Bonne prédiction des performances en laboratoire
 - ❖ Données disponibles pour BDD

- ➔ Fabrications industrielles satisfaisantes → mélanges des liants

- ➔ Plusieurs livrables complémentaires :
 - ❖ Mode opératoires IR, mesures de ICO
 - ❖ Protocole de fabrication en laboratoire (⇒NF EN 12697-35)
 - ❖ Travaux sur la maniabilité

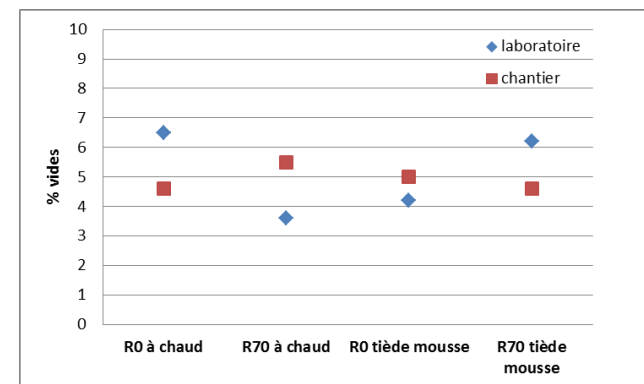
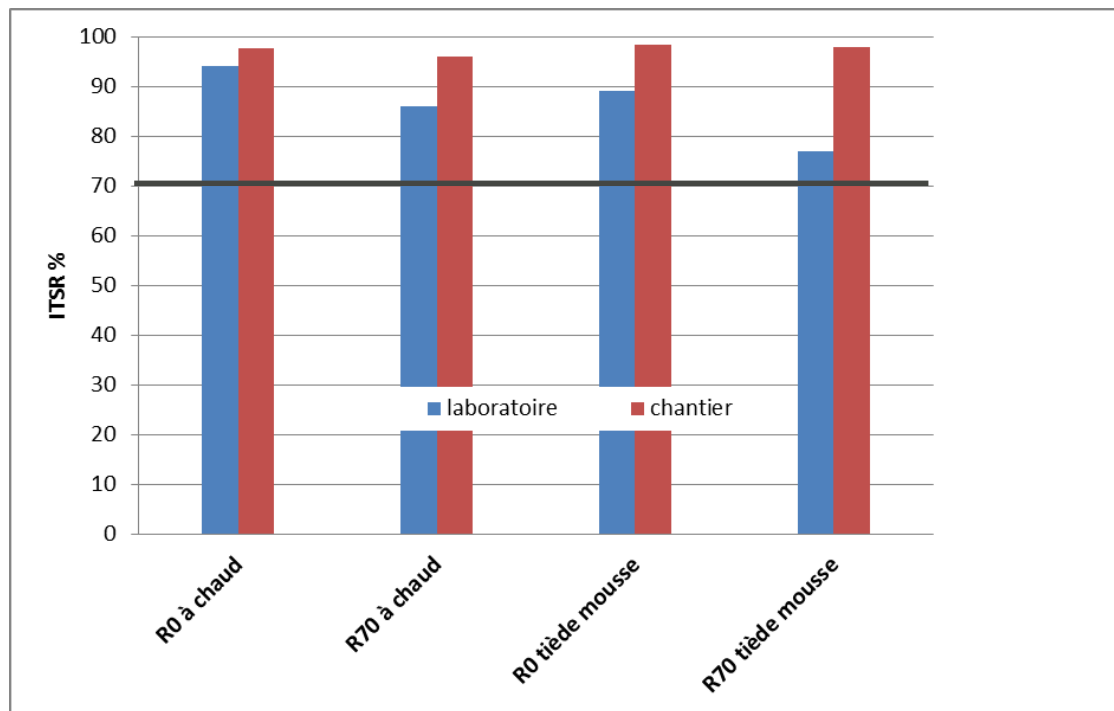
GT5- résultats



ATMB R0 et R70 (état d'avancement : 70%)

Tenue à l'eau NF EN 12697-12 A

NF EN 13108-1: $\geq 70\%$

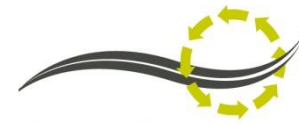


Teneurs en vides maîtrisées

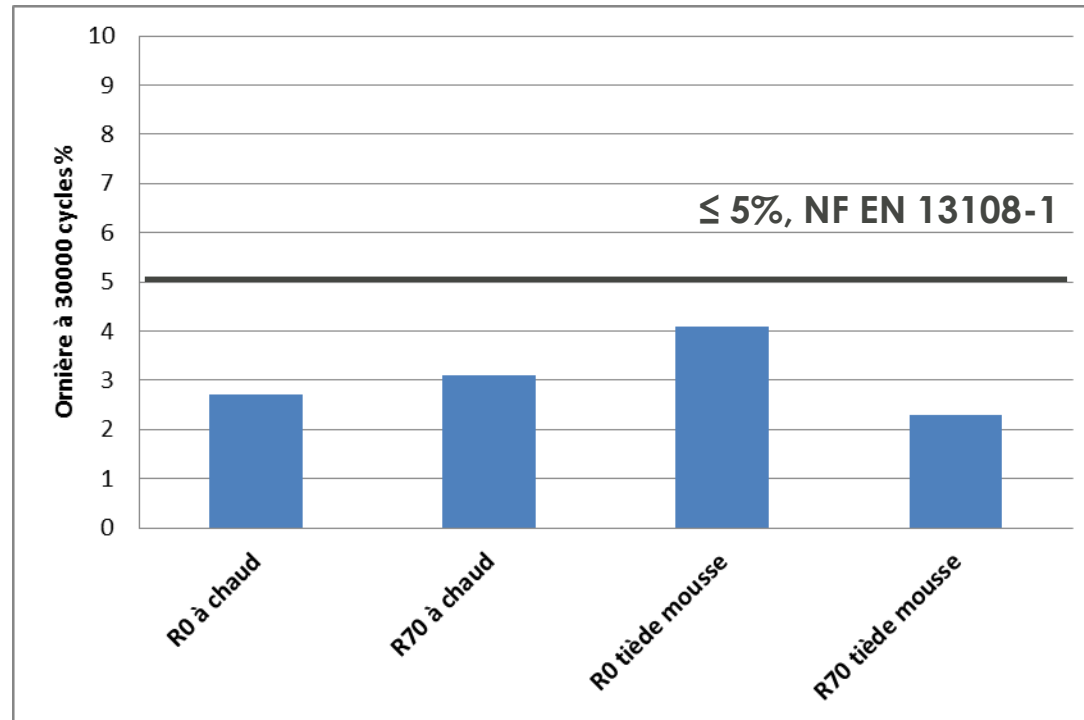
- Ensemble conforme à NF EN 13108-1
- Tenue à l'eau + élevées en chantier

GT5- résultats

ATMB R0 et R70



Orniérage NF EN 12697-22, essais en laboratoire

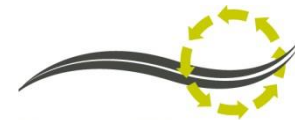


- Conforme \forall les options de formulation
- R70 génère de bons résultats

% vides = 7%

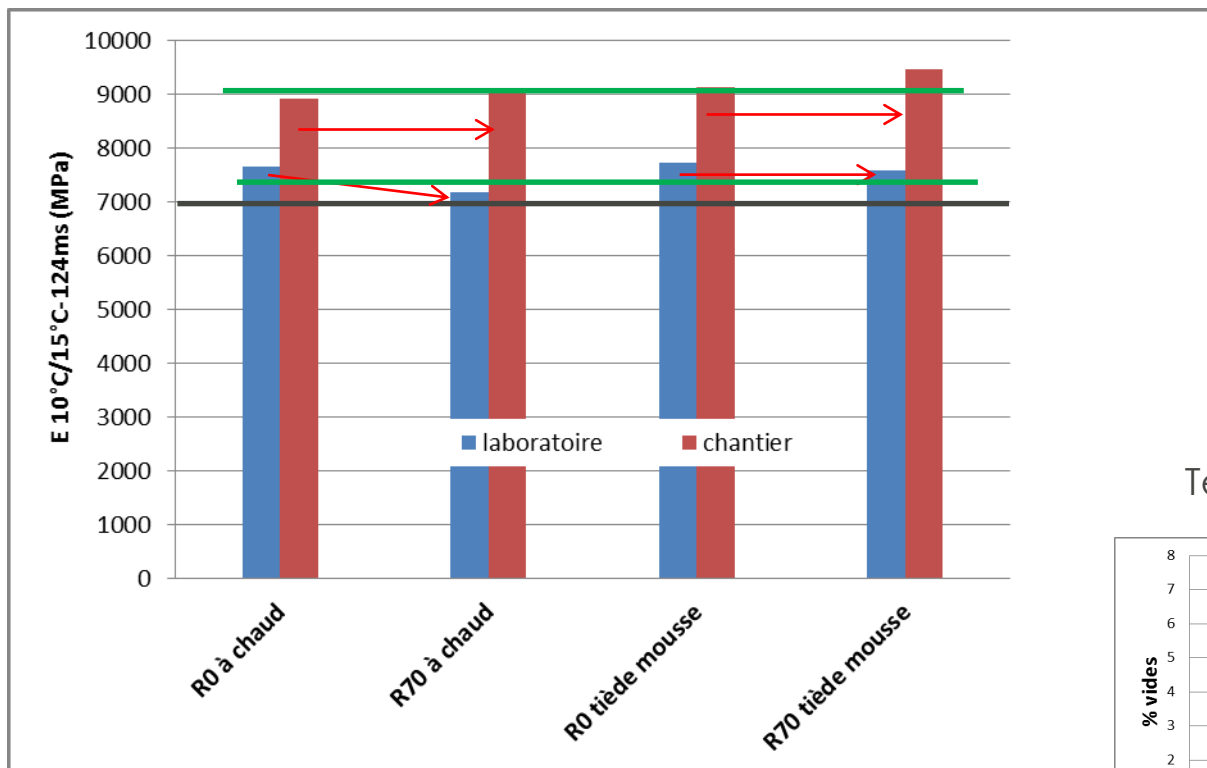
GT5- résultats

ATMB R0 et R70



Module NF EN 12697-26, méthode C

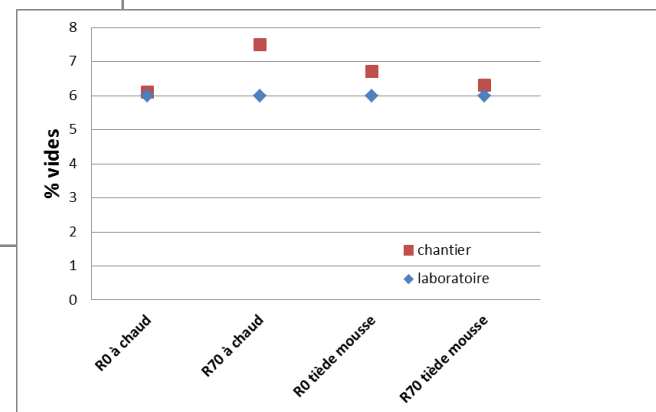
NF EN 13108-1, ≥ 7000 MPa



Modules + élevés en chantiers
Effet AE moins marqué

Performances égales
∇ Taux d'AE
∇ Procédé

Teneurs en vides maîtrisées

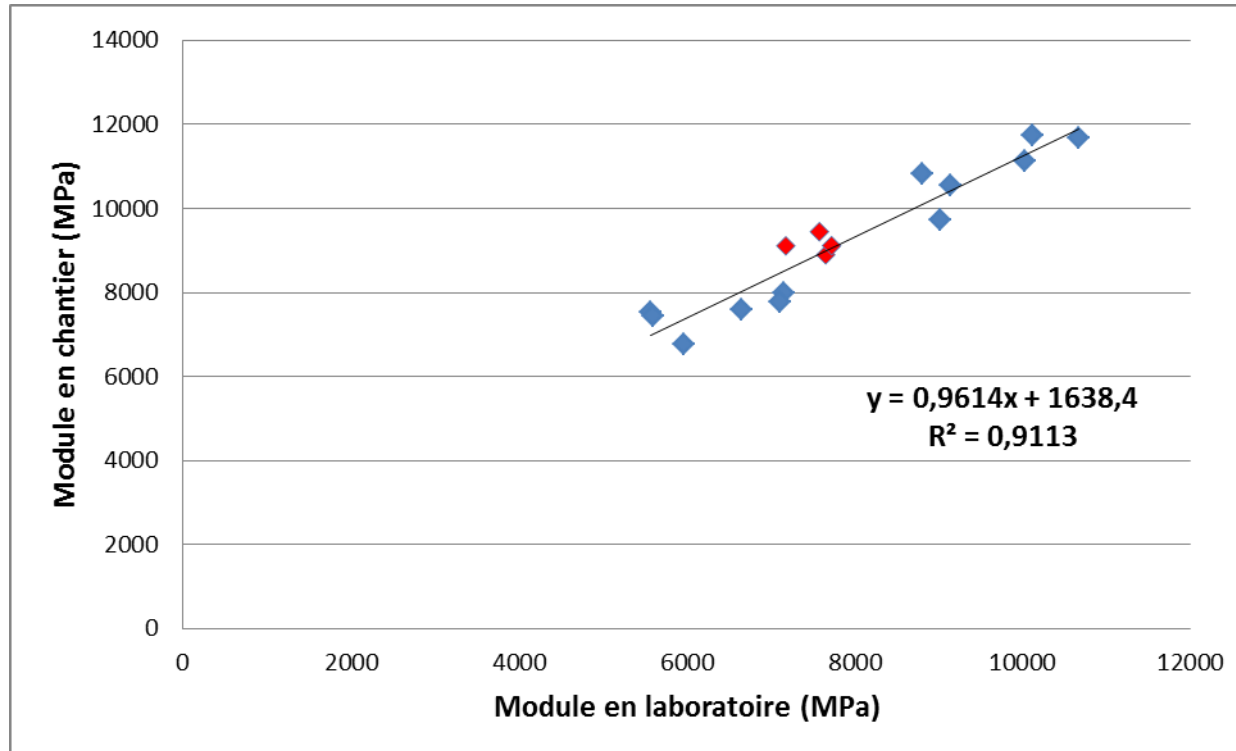


GT5- résultats

ATMB R0 et R70

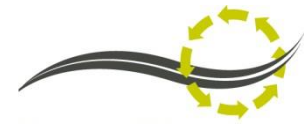


Module NF EN 12697-26, méthode C



Relation laboratoire/chantier
Chaud, tiède, R0, R40, R70

GT5- résultats



ATMB R0 et R70 - synthèse

➡ Essais de fatigue et essais sur liants extraits en cours

➡ A ce stade :

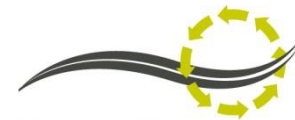
Bons enrobés, conformes aux exigences de la NF EN 13108-1
Des niveaux d'étude 1 à 3 (module)
Sur la base du référentiel « essais » Français

➡ Attente des résultats N4 et caractéristiques des liants

➡ Qualité des productions → mélanges des liants?

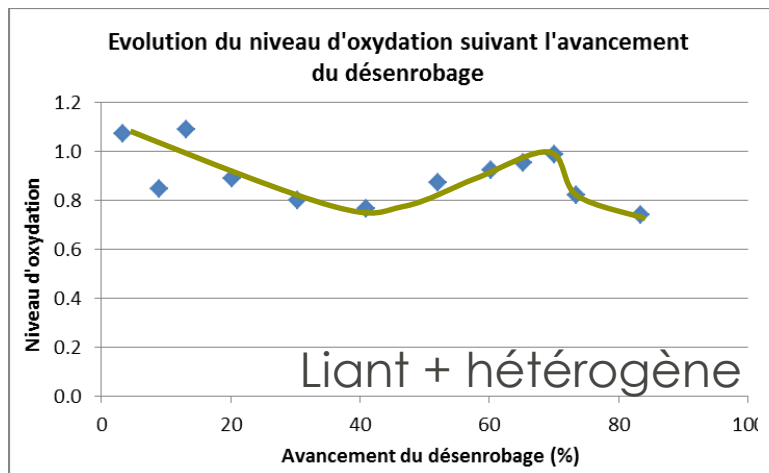
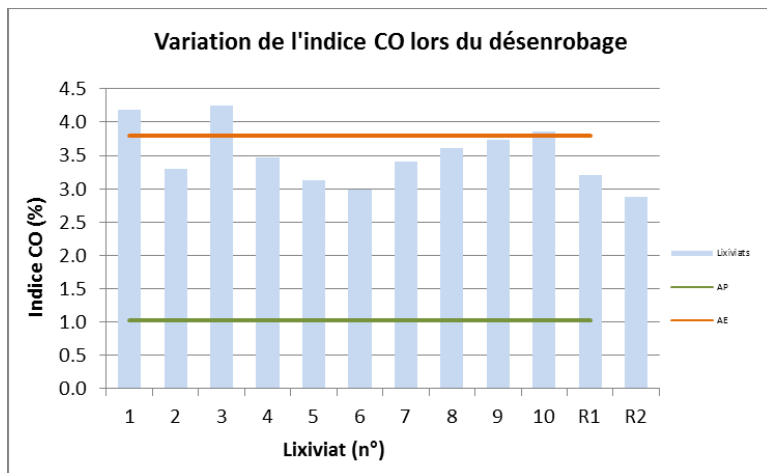
GT5- résultats

ATMB R0 et R70

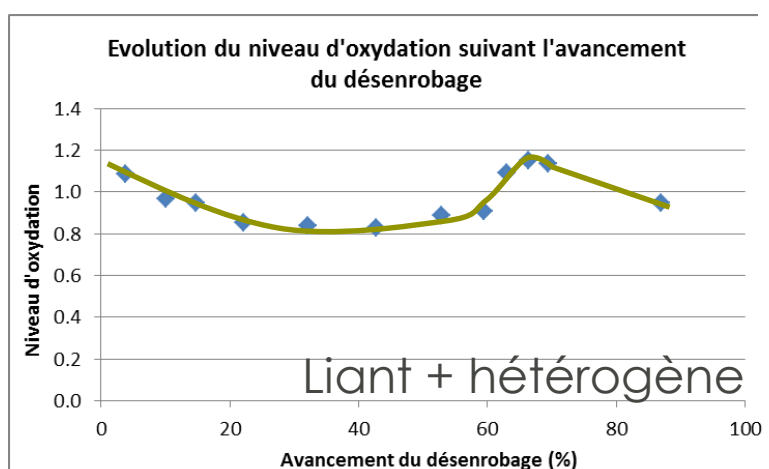
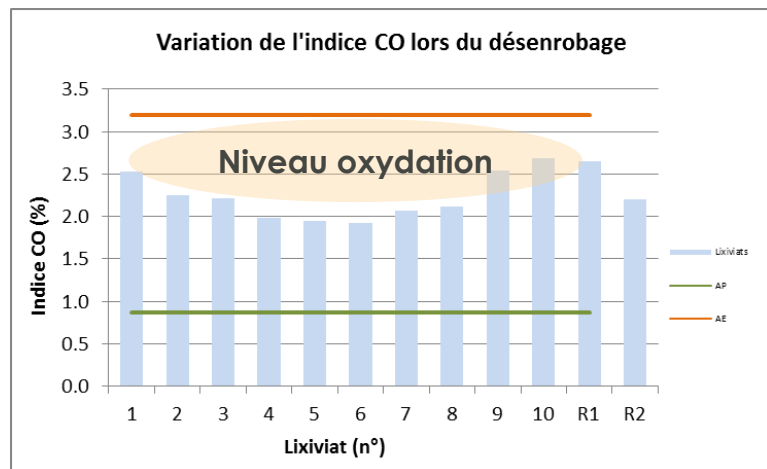


GT5 - Remobilisation du L_{AE} (mélange des liants)

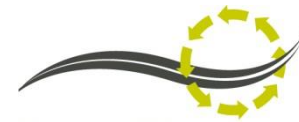
CHAUD



Tiède
« mousse »



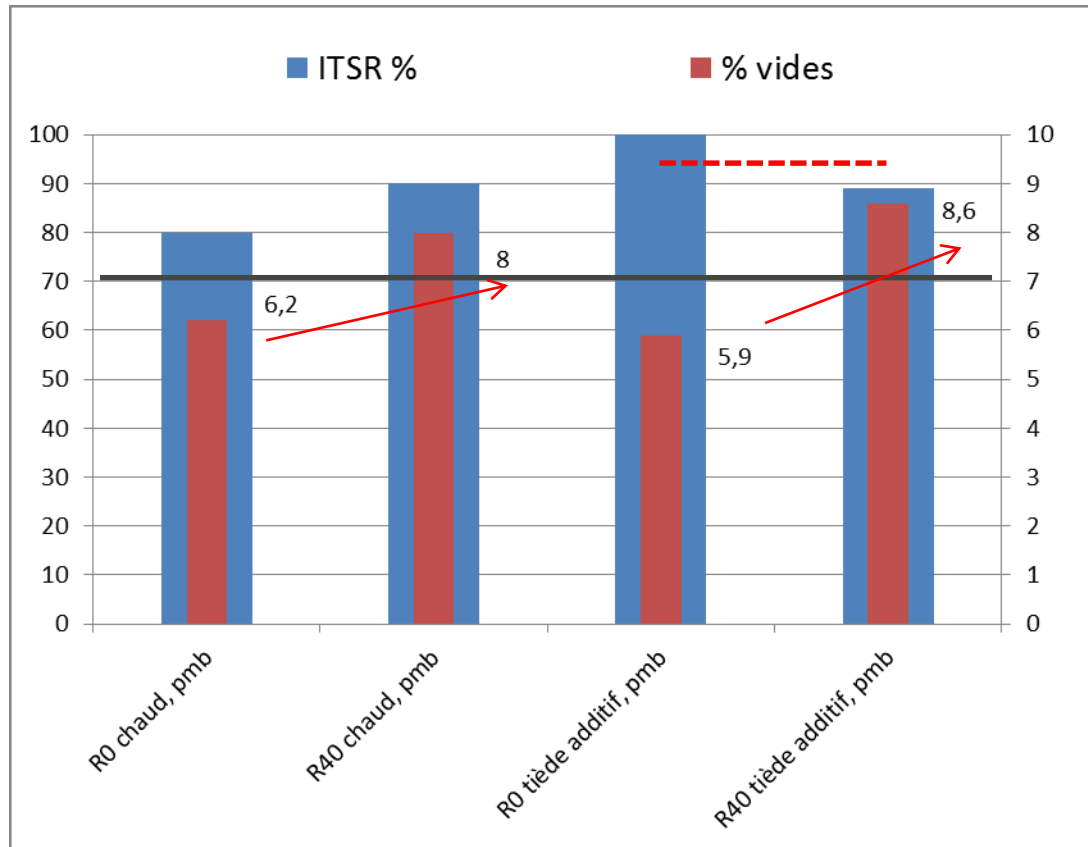
GT5- résultats



Chantiers complémentaires – Portet sur Garonne

Tenue à l'eau NF EN 12697-12 A -chantier

NF EN 13108-1 : $\geq 70\%$

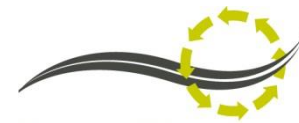


Niveau moyen ITSR +
élevé en tiède → Additif

Pourcentages vides plus
élevés en R40

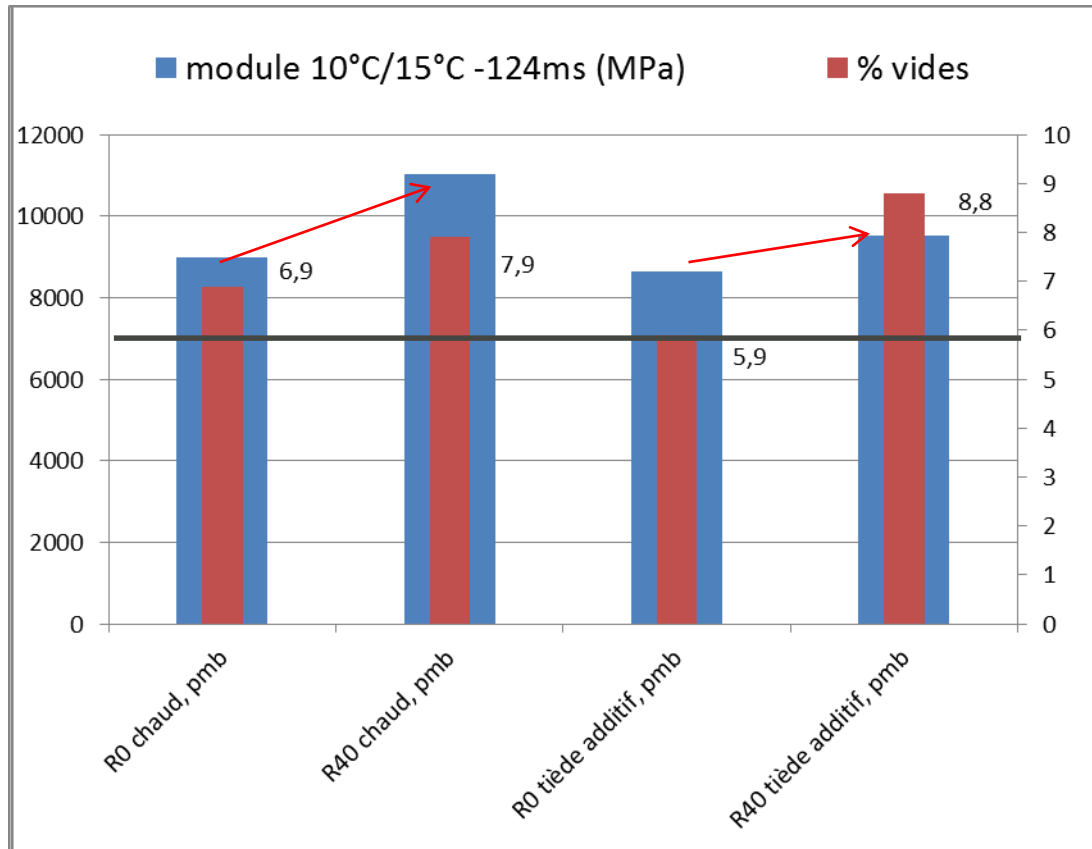
Ensemble conforme à
NF EN 13108-1

GT5- résultats



Chantiers complémentaires – Portet sur Garonne

Module NF EN 12697-26, méthode C - chantier
NF EN 13108-1 : ≥ 7000 MPa

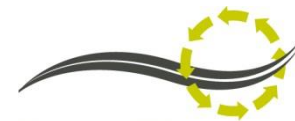


Effet AE sur le module

Pourcentages vides plus élevés en R40

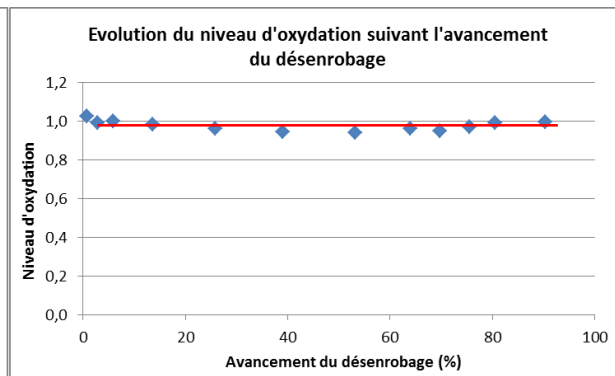
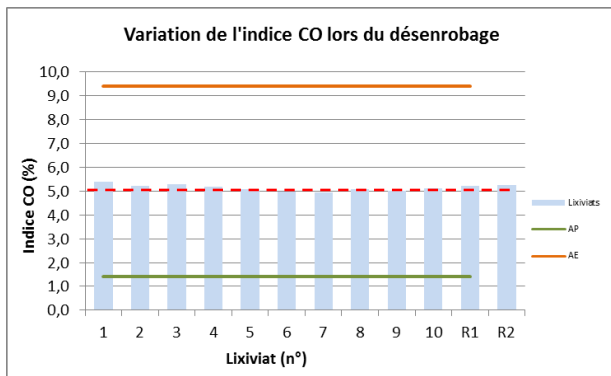
Ensemble conforme à NF EN 13108-1

GT5- résultats

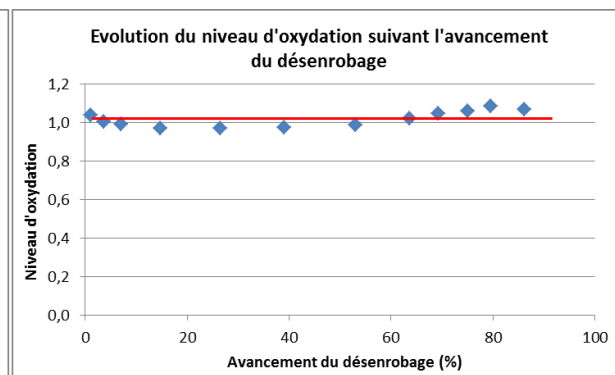
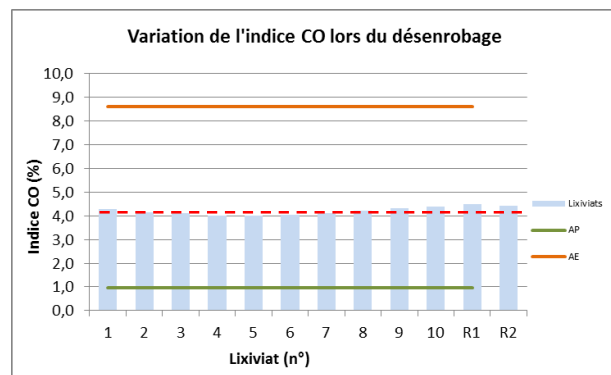


Chantiers complémentaires – Portet sur Garonne

GT5 - Remobilisation du L_{AE} (mélange des liants)

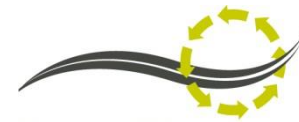


R40, pmb, à chaud
Bon mélange
Niveau oxydation ~ 5



R40, pmb, tiède additif
Bon mélange
Niveau oxydation ~ 4

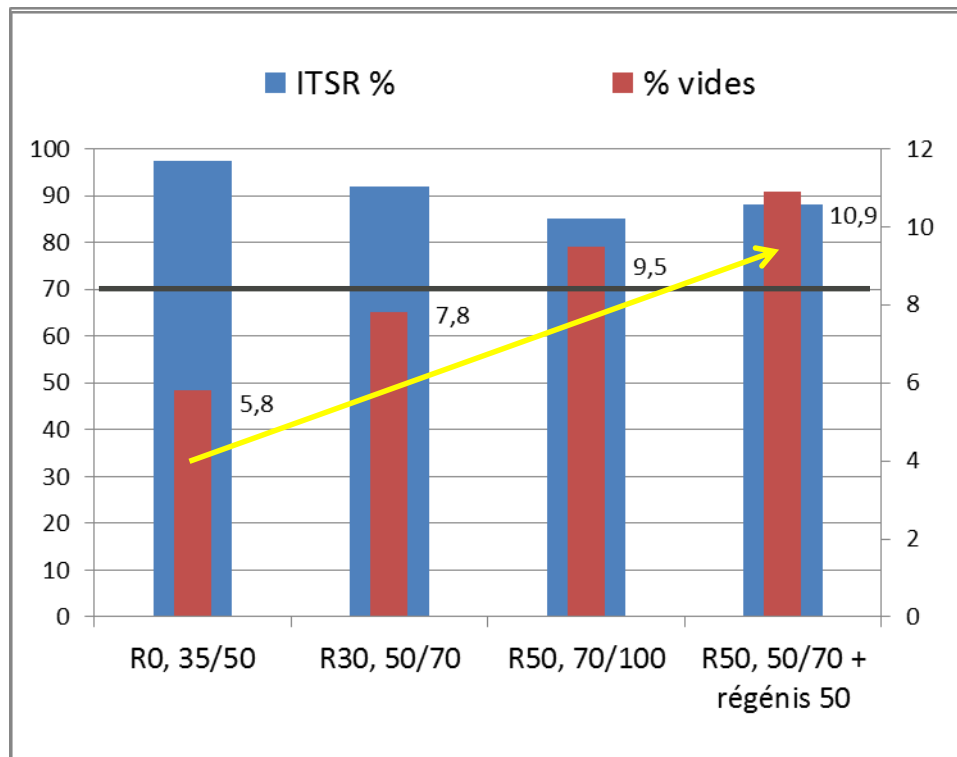
GT5- résultats



Chantiers complémentaires – Arsac

Tenue à l'eau NF EN 12697-12 A -chantier

NF EN 13108-1 : $\geq 70\%$

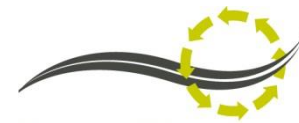


Niveau ITSR élevé

Taux AE \uparrow , % vides \uparrow

Comparaison des R50 possible

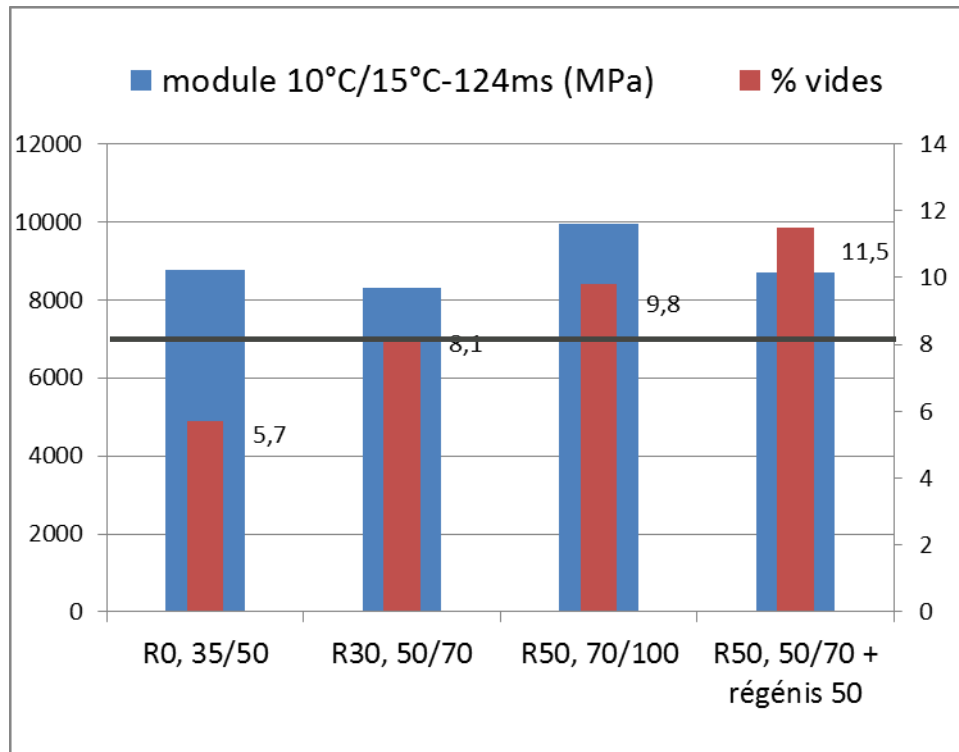
GT5- résultats



Chantiers complémentaires – Arsac

Module NF EN 12697-26, méthode C - chantier

NF EN 13108-1 : ≥ 7000 MPa

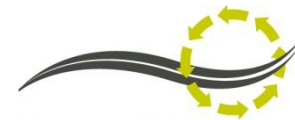


Pourcentages vides plus élevés en R50

Ensemble conforme à NF EN 13108-1

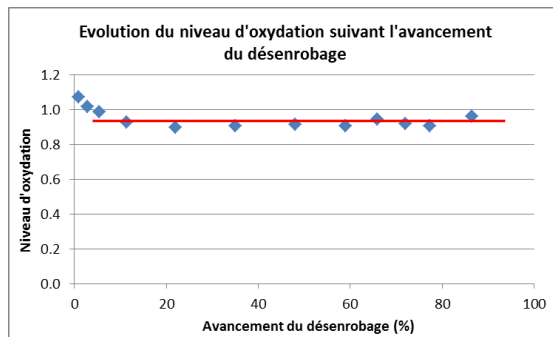
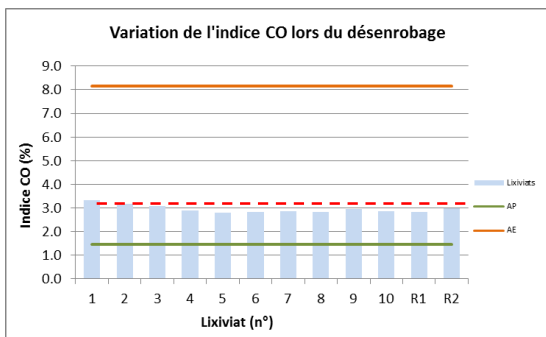
Suivi des planches...

GT5- résultats

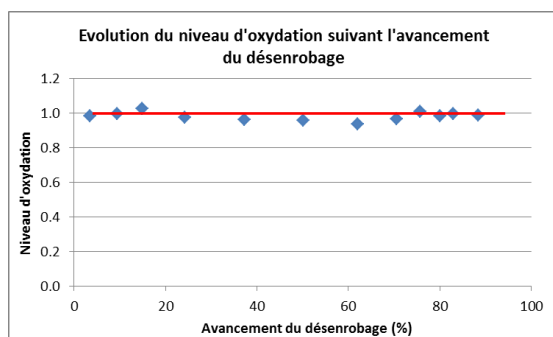
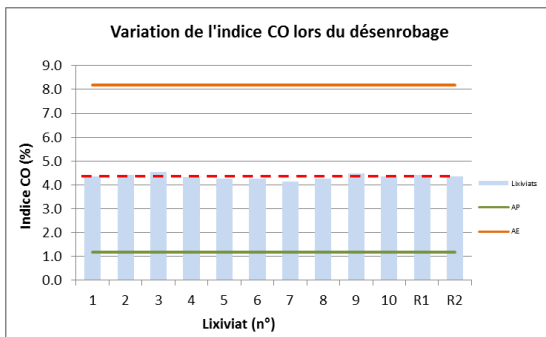


Chantiers complémentaires – Arzac

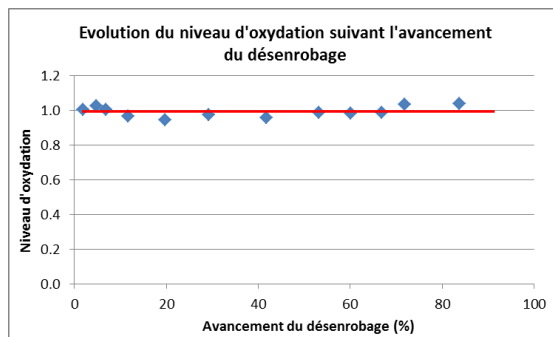
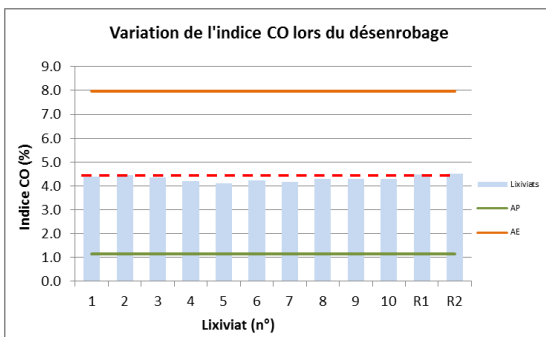
GT5 - Remobilisation du L_{AE} (mélange des liants)



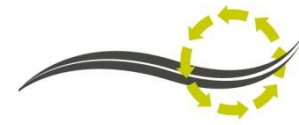
30% AE + 50/70
Bon mélange
Niveau oxydation ~3



50% AE + 50/70 + R50
Bon mélange
Niveau oxydation ~4



50% AE + 70/100
Bon mélange
Niveau oxydation ~4

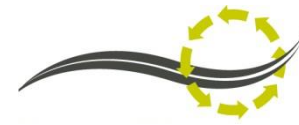


Groupe de travail

- ⇒ Fort travail collaboratif
- ⇒ Forte implication des participants
- ⇒ Grand nombre de données
- ⇒ Bonne cohérence des résultats



GT5- Conclusion rapide



Plusieurs livrables

Données rassurantes sur le R40 \forall le procédé de fabrication, avec des points de vigilance :

- ⇒ Maniabilité
- ⇒ Compactage

Données positives sur le R70 avec quelques interrogations

- ⇒ Mélange de liant, impact?

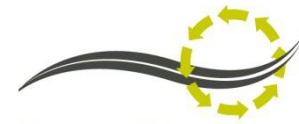
Des apports techniques en termes d'essais :

- ⇒ Mesures de l'oxydation
- ⇒ Maniabilité
- ⇒ Reproductibilité

Des données importantes pour la profession, normalisation, rédaction des référentiels

- ⇒ Représentativité des essais de laboratoire \forall taux de recyclage et les procédés de fabrication

GT5- Travaux à venir



Multi recyclage (en cours)

Même batterie d'essai sur cycle 2 et/ou 3

⇒ Appel à essai décembre 2017

⇒ Résultats en 2018

Travaux sur G* des liants extrait (en cours)

MERCI

