

Projet National MURE / ANR IMPROVMURE
« LA ROUTE MURE POUR LE RECYCLAGE »

PN MURE

Caractérisation des enrobés

Stéphane FAUCON-DUMONT

Aurélia NICOLAÏ

GT5 Caractérisation des enrobés



Missions

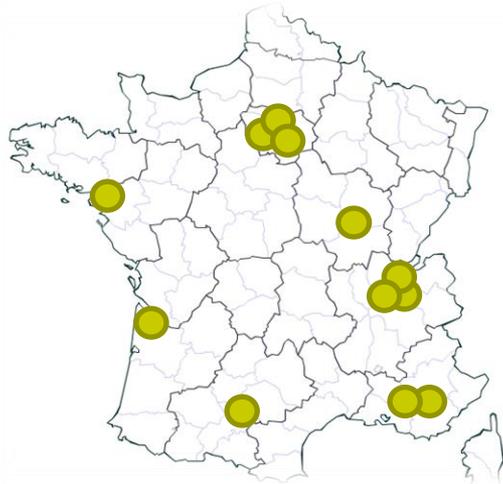
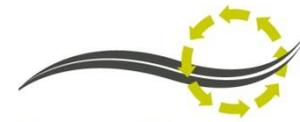
- ⇒ Prélèvements des matières premières
- ⇒ Définition des programmes d'essais
- ⇒ Réalisation des essais
- ⇒ Analyses et synthèse des résultats
- ⇒ Participation aux conclusions

=> Restitution



GT5 Caractérisation des enrobés

Composition/Fonctionnement



12 laboratoires

- Administrations
- Écoles
- Entreprises

Bon équilibre

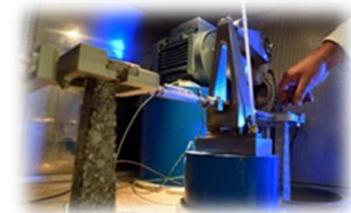
UGE	NANTES	P.MARSAC
ESTP	CACHAN	A.DONY
EPSILON	ANSE	A.C.COLET
GINGER CEBTP	AIX	J.F.LE PARC
CEREMA	AIX	V.MOUILLET
LABOTECH	ARNAY LE DUC	N.BRIEZ
SPIE BATIGNOLLES MALET	TOULOUSE	A.NICOLAÏ
COLAS CST	MAGNY LES HAMEAUX	Y.LE GAL
EIFFAGE	CORBAS	S.POUGET
EIFFAGE	CIRY SALSOGNE	S.BAUDOUIN
EUROVIA	LYON	L.GUDEFIN
EUROVIA CRM	MERIGNAC	J.A.DECAMPS

Laboratoires candidats

- Membre de PN



- Qualifications/Spécialités



- accréditation



Pilotage : C.Sauzéat / S.Faucon-Dumont

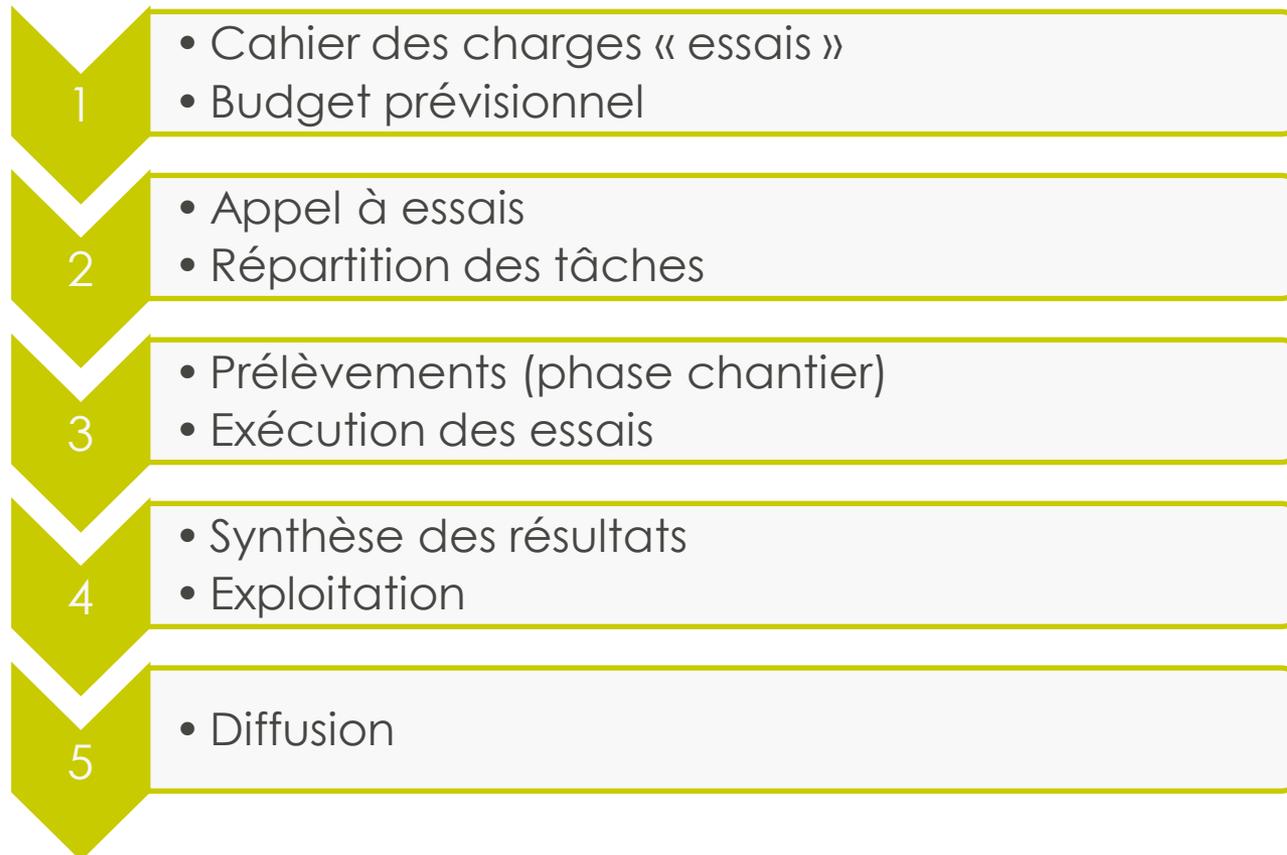
LA ROUTE MURE
POUR LE RECYCLAGE

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



Laboratoire → Niveaux 1 à 4



Chantier → Niveaux 1 et 3



Analyses complètes sur les liants avant et après enrobage

Essais complémentaires, remobilisation LAE, maniabilité

GT5 Caractérisation des enrobés



Les chantiers

Département 92
R0, R40,
Chaud et
tiède mousse

Arsac (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

MULTI RECYCLAGE

LA ROUTE MURE
POUR LE RECYCLAGE

GT5 Caractérisation des enrobés



Fin du PN



✓ Ensemble des résultats sur les enrobés

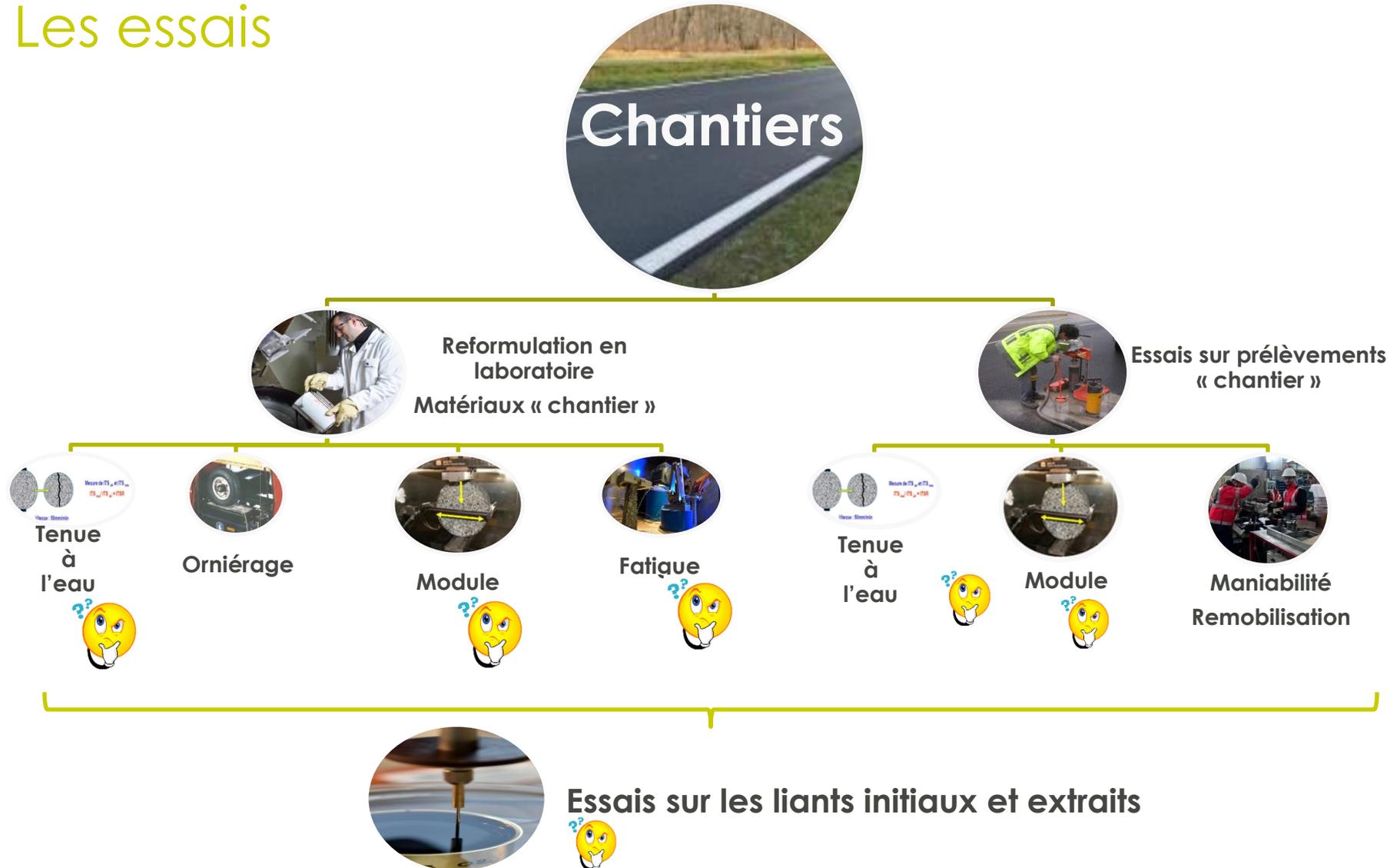
Avancement **100%**

~ 280 k€ de prestations

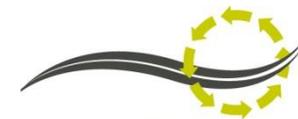
GT5- caractérisation des enrobés



Les essais



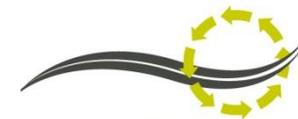
GT5 Caractérisation des enrobés



Essais normalisés ou spécifiques

Libellés des essais	Normes associées	Fabrications Laboratoire ^(a)	Fabrications Industrielle
Teneur en vides, méthode B	NF EN 12697-6	X	X
Tenue à l'eau, méthode A - ITSr	NF EN 12697-12	X	X
Orniérage grand modèle	NF EN 12697-22	X	
Module, méthode C – ITCY	NF EN 12697-26	X	X
Fatigue, méthode A	NF EN 12697-24	X	
Essai de remobilisation des liants recyclés	Essai spécifique		X
Essai de maniabilité	Essai spécifique		X

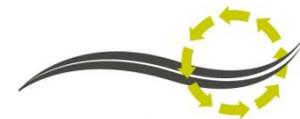
GT5 Caractérisation des enrobés



Répartition par laboratoire

Tâches	ENROBES	Fabrications laboratoires	Fabrications industrielles	Laboratoires
1	Tenue à eau Essai ITR NF EN 12697-12	X		CST COLAS
2	Tenue à eau Essai ITR NF EN 12697-12		X	DTCE EUROVIA
3	Module ITCY 10 et 15 °C 124ms, NF EN 12697-26 C	X		CST COLAS
4	Module ITCY 10 et 15°C 124ms, NF EN 12697-26 C		X	LABOTECH
5	Orniérage laboratoire NF EN 12697-22	X		GINGER CEBTP
6	Fabrication "mousse laboratoire"	X		IFSTTAR
7	Maniabilité sur site		X	EUROVIA CRM
8	Essai de remobilisation des liants recyclés		X	EUROVIA CRM
9	Essai de fatigue NF EN 12697-24	X		EIFFAGE Ciry Salsogne
	LIANTS apports et extraits des enrobés de Laboratoire			
10	Pénétrabilité, TBA, G*, FRASS - normes en vigueur	X		CEREMA Aix en Provence
11	IR (Mode opératoire PN MURE)	X		ESTP
12	7 extractions	X		EPSILON
	LIANTS extraits des enrobés de chantier			
13	6 extractions		X	EPSILON
14	Pénétrabilité, TBA, G* -normes en vigueur		X	MALET

GT5 Caractérisation des enrobés



Conformité générale des résultats

Spécification ITSR

(%)

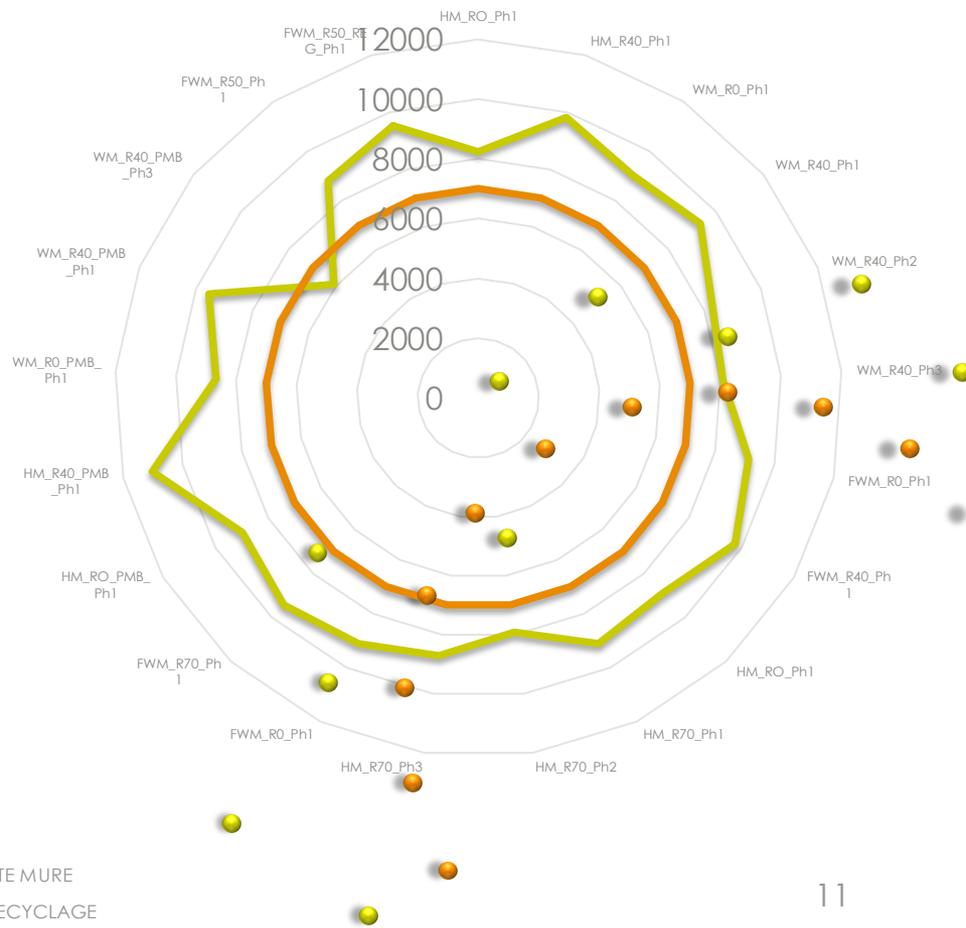
NF EN 12697-12(A)



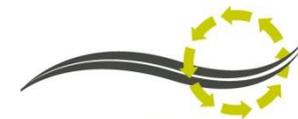
Spécification module

(MPa)

NF EN 12697-26 (C)



Recyclage et baisse des températures

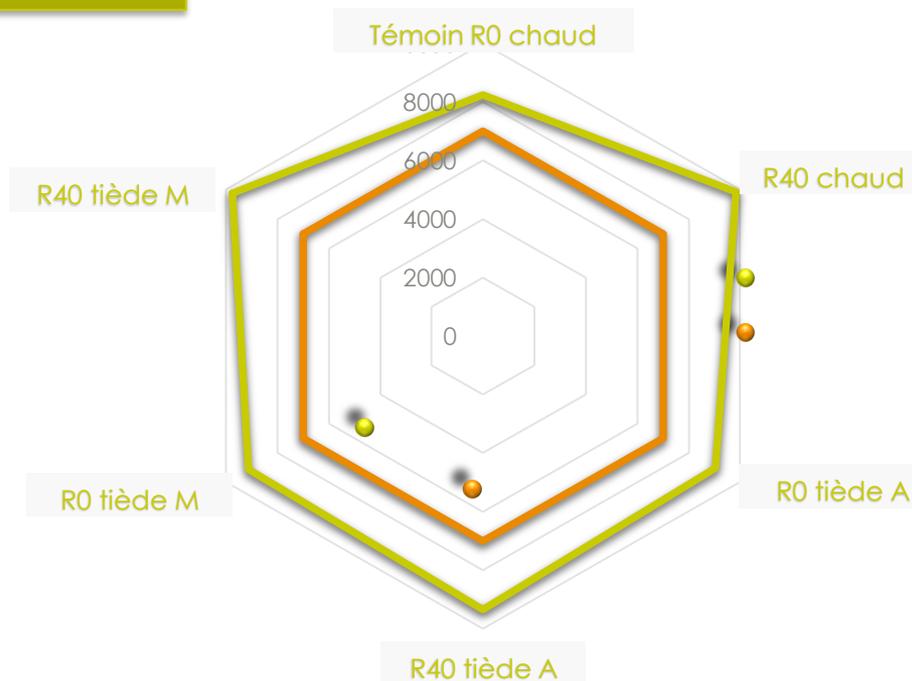
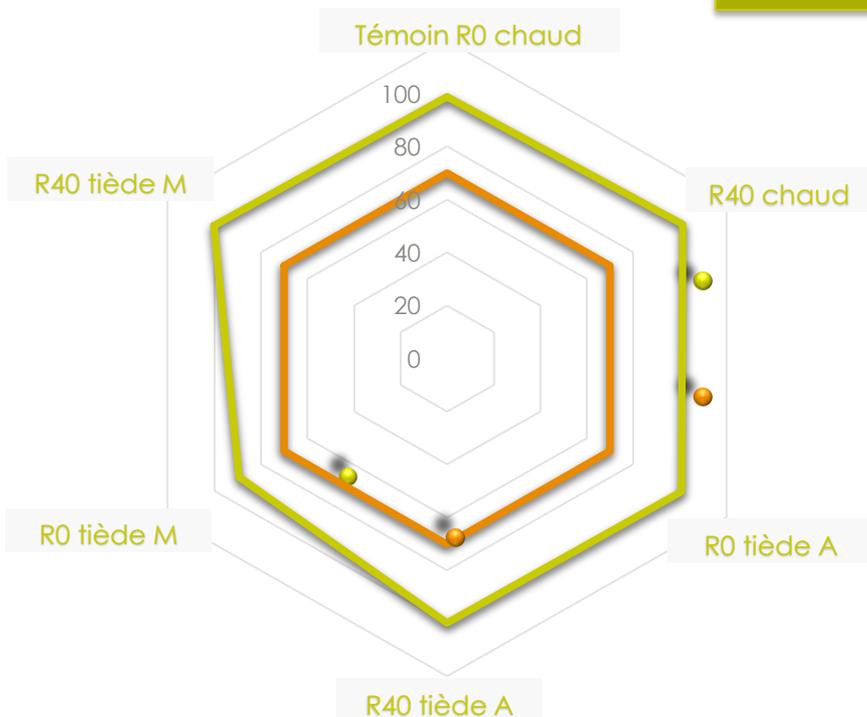


Sur enrobés **in situ** intégrant 40% de recyclés

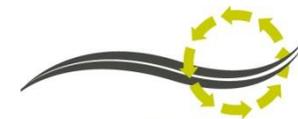
Spécification ITSR
(%)
NF EN 12697-12(A)

Phase 1 de
recyclage

Spécification module
(MPa)
NF EN 12697-26 (C)



Recyclage et baisse des températures



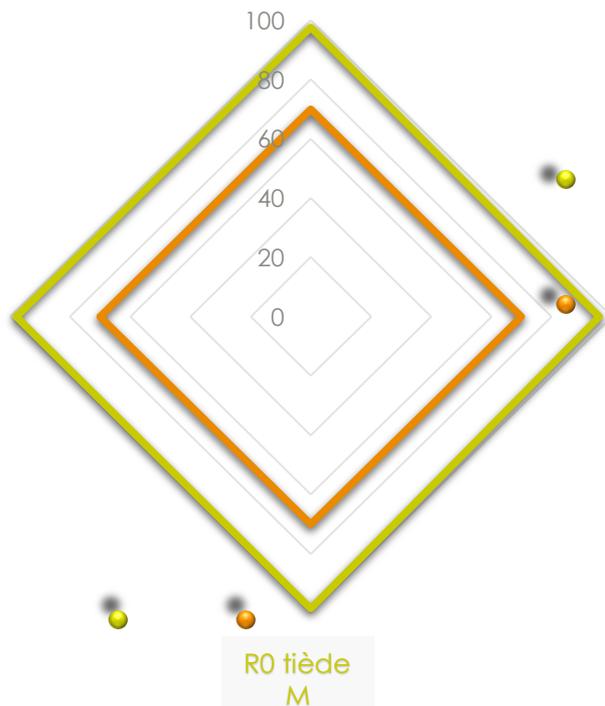
Sur enrobés **in situ** intégrant 70% de recyclés

Spécification ITSR

(%)

NF EN 12697-12(A)

Témoin R0 chaud



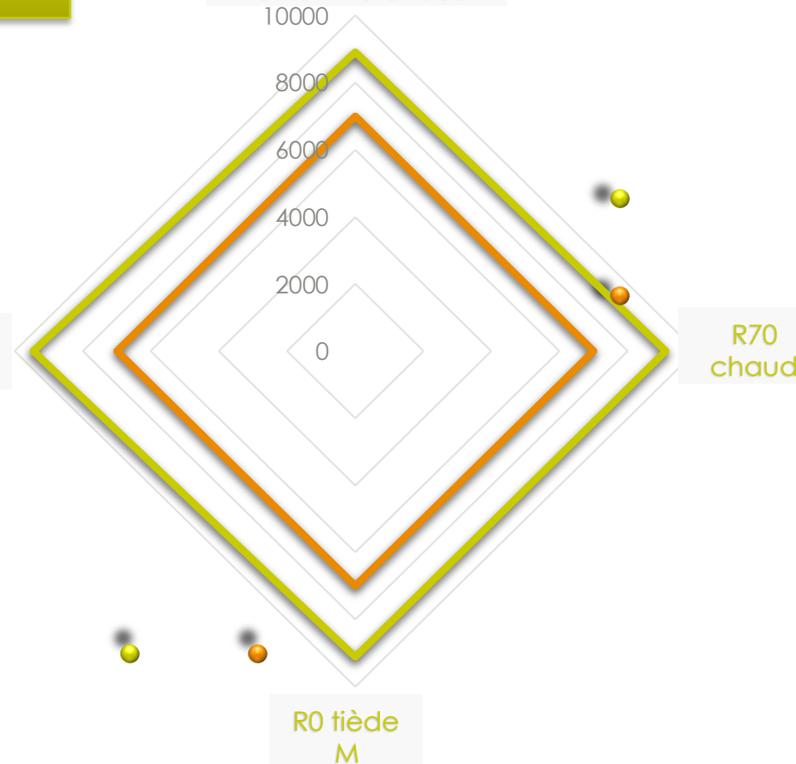
Phase 1 de recyclage

Spécification module

(Mpa)

NF EN 12697-26 (C)

Témoin R0 chaud



Recyclage et baisse des températures

Sur enrobés **in situ** intégrant 40% de recyclés et du **bitume polymère**

Sur enrobés **in situ** intégrant 50% de recyclés et du **régénérateur**

Spécification ITSR

(%)

NF EN 12697-12(A)

Phase 1 de recyclage

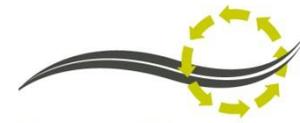
Spécification module

(Mpa)

NF EN 12697-26 (C)



Multi-Recyclage

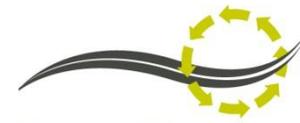


Vieillissement accéléré à l'échelle 1 réalisé

1. R40 tiède « additif » de Villeurbanne,
2. R70 à chaud du parking Abbé (ATMB),
3. R40 tiède « additif » avec PMB de Portet sur Garonne

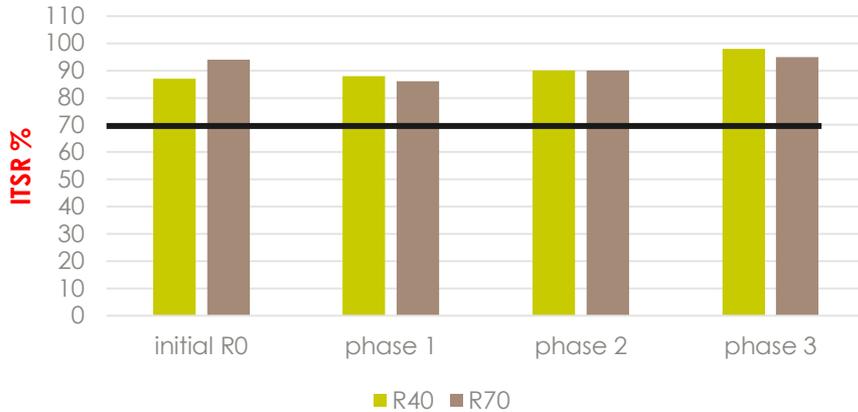


Multi-Recyclage : Résultats

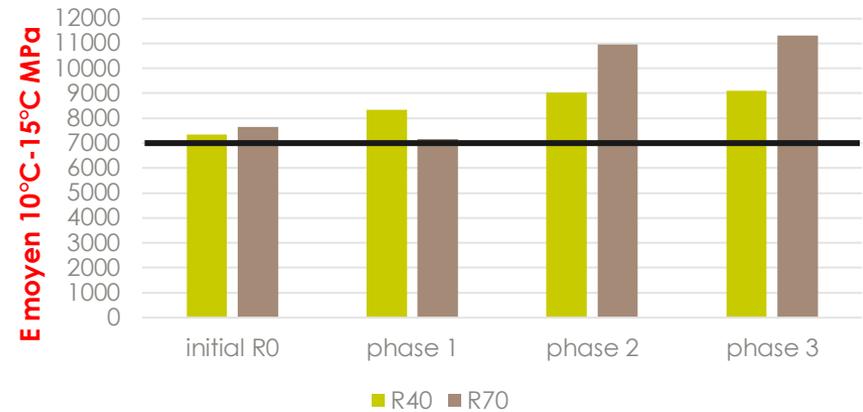


Evolution des paramètres sur enrobés de laboratoire

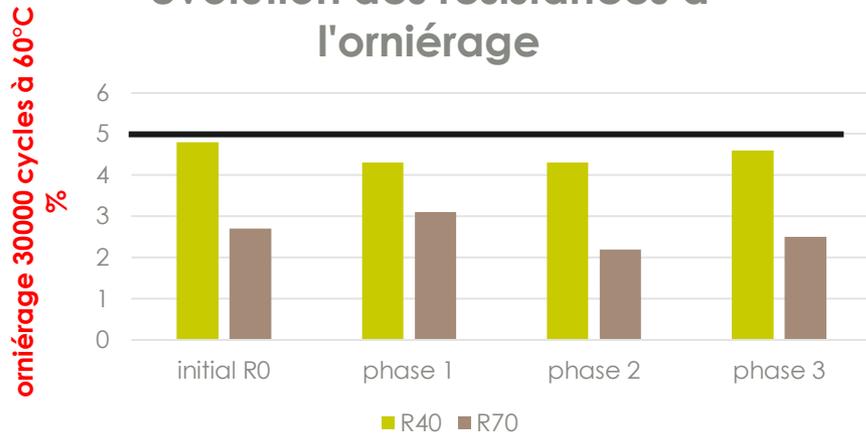
évolution des tenues à l'eau



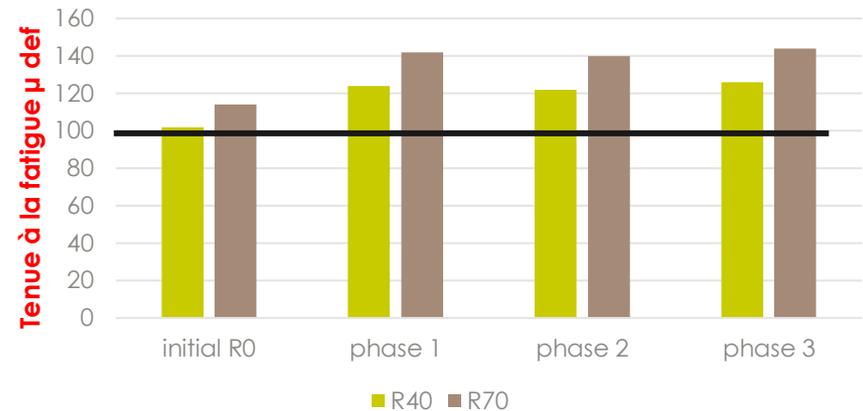
évolution des modules ITCY



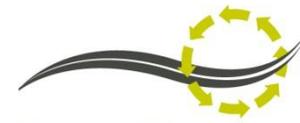
évolution des résistances à l'orniérage



évolution des tenues à la fatigue



Multi-Recyclage : Résultats

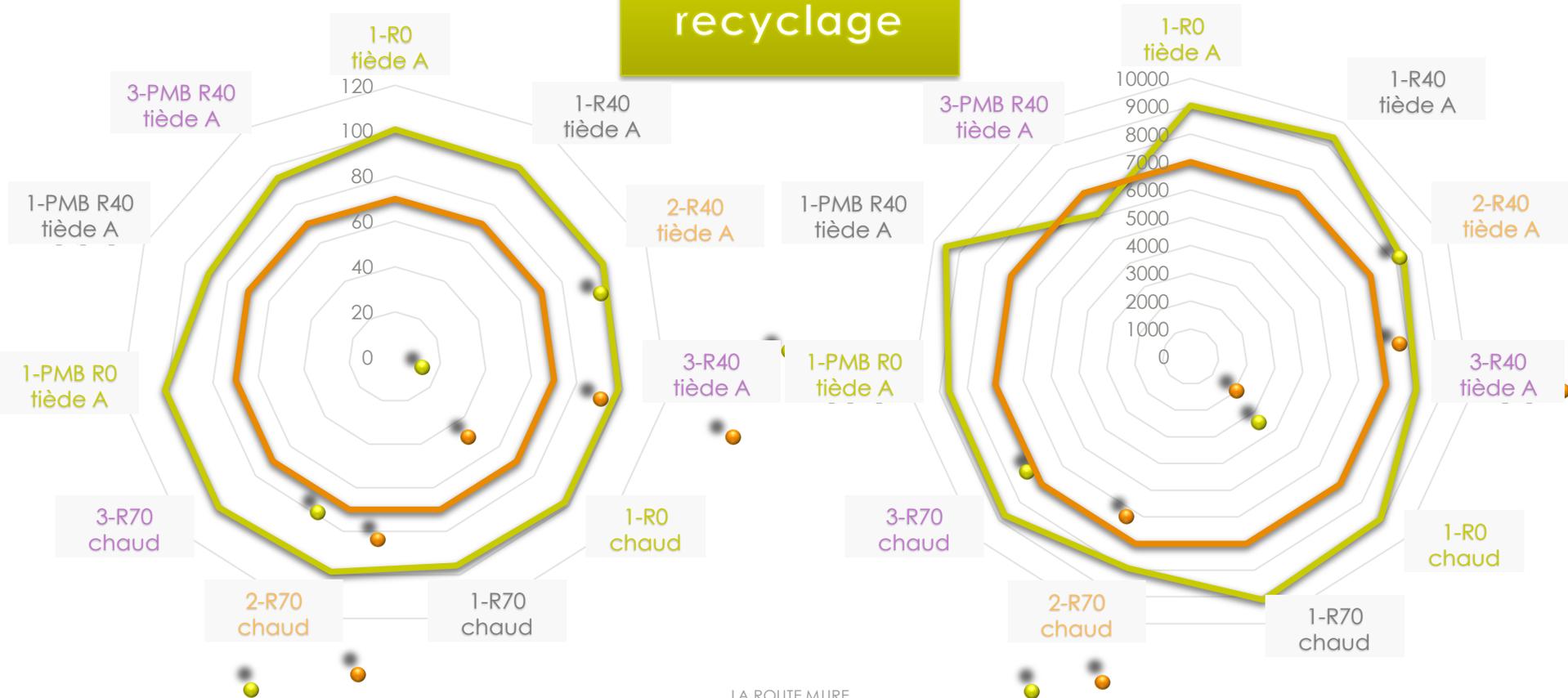


Evolution des paramètres sur enrobés in situ

Spécification ITSR
(%)
NF EN 12697-12(A)

Spécification module
(MPa)
NF EN 12697-26 (C)

Phases de
multi-
recyclage

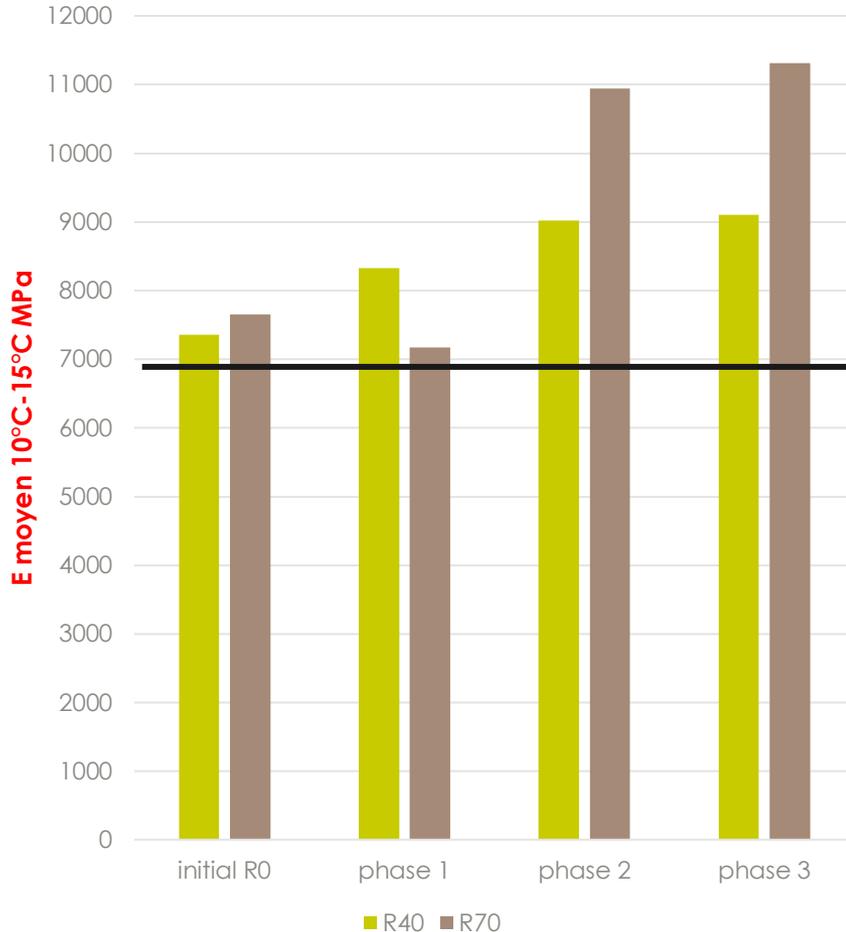


Multi-Recyclage : Résultats

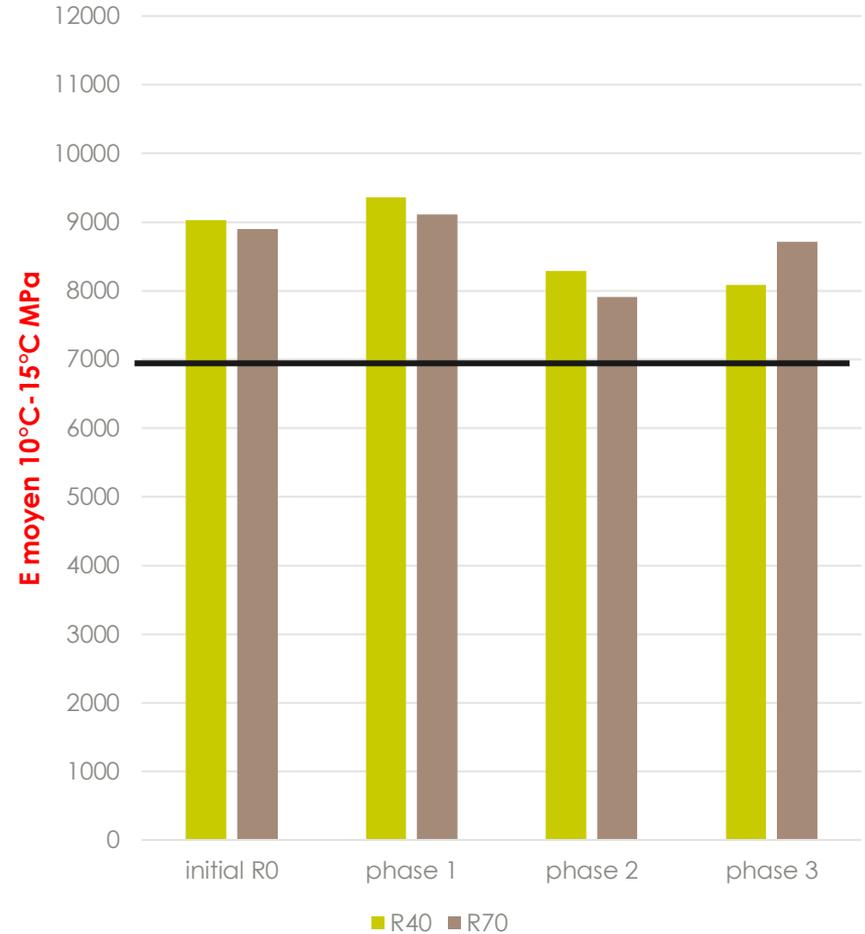


Comparaison de l'évolution des modules ITCY

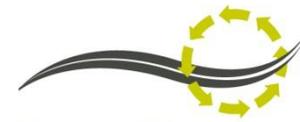
évolution en laboratoire



évolution "in-situ"

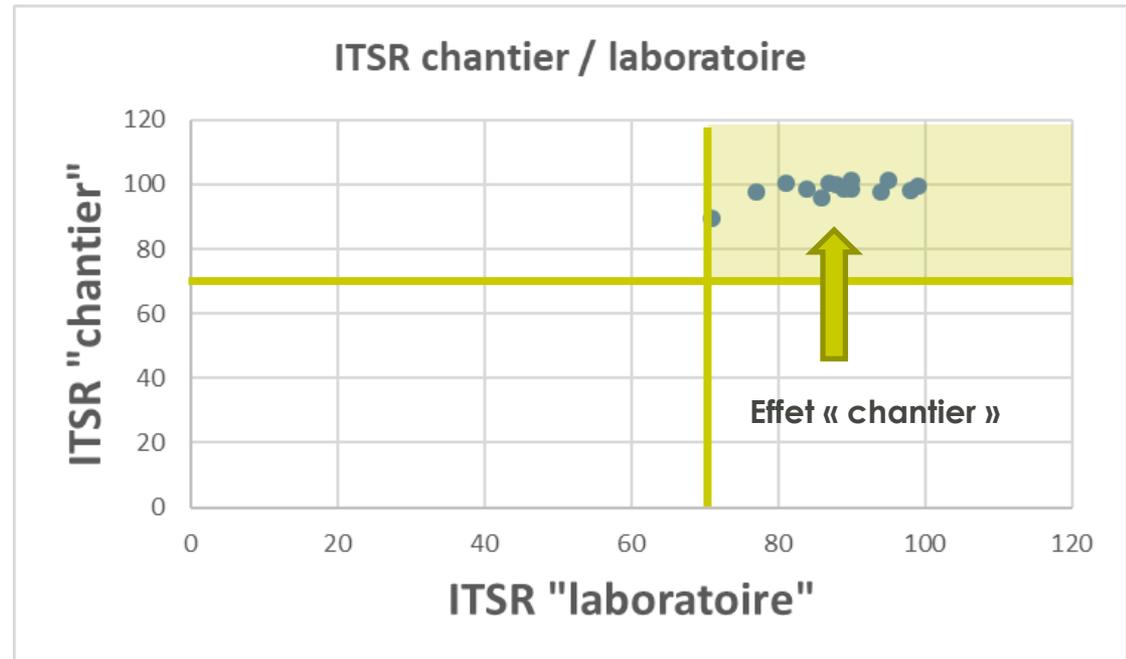


Du laboratoire au chantier

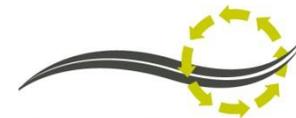


ITSR – tenue à l'eau

		ITSR	
		laboratoire	chantier
R0	chaud	84	98,7
R40	chaud	90	101,3
R0	tiède M	71	89,3
R40	tiède M	81	100,2
R0	tiède A	87	100,5
R40	tiède A	88	99,7
R0	chaud	94	97,6
R70	chaud	86	95,8
R0	tiède M	89	98,4
R70	tiède M	77	97,8
MR 40 P2	tiède A	99	99,5
MR 40 P3	tiède A	98	98,1
MR 70 P2	chaud	90	98,5
MR 70 P3	chaud	95	101,2

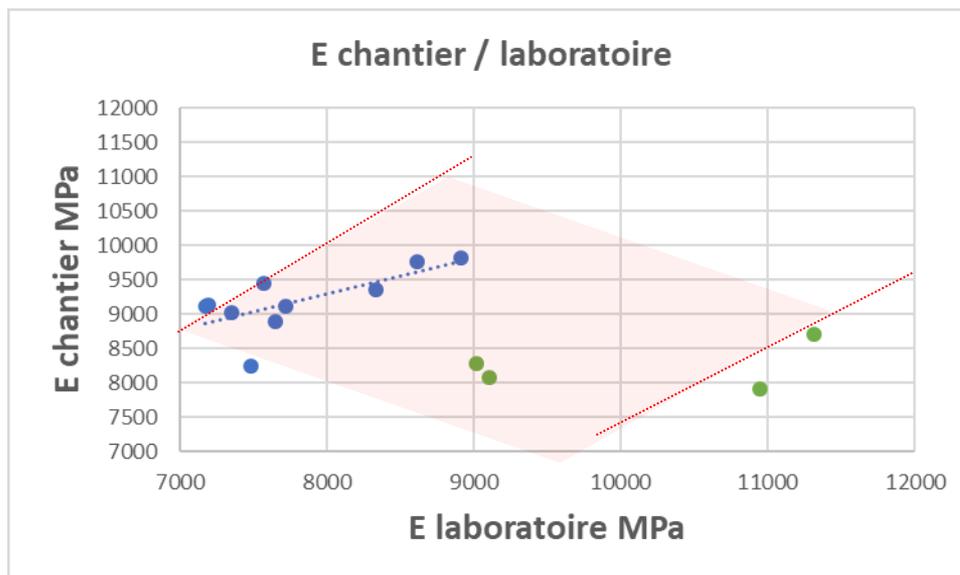


Du laboratoire au chantier



Module

		Module \bar{X} 10°C/15°C	
		laboratoire	chantier
R0	chaud	7488	8245
R40	chaud	8914	9827
R0	tiède M	7195	9129
R40	tiède M	8615	9757
R0	tiède A	7355	9031
R40	tiède A	8330	9360
R0	chaud	7650	8898
R70	chaud	7175	9110
R0	tiède M	7720	9116
R70	tiède M	7575	9446
MR 40 P2	tiède A	9021	8290
MR 40 P3	tiède A	9102	8084
MR 70 P2	chaud	10946	7913
MR 70 P3	chaud	11312	8713

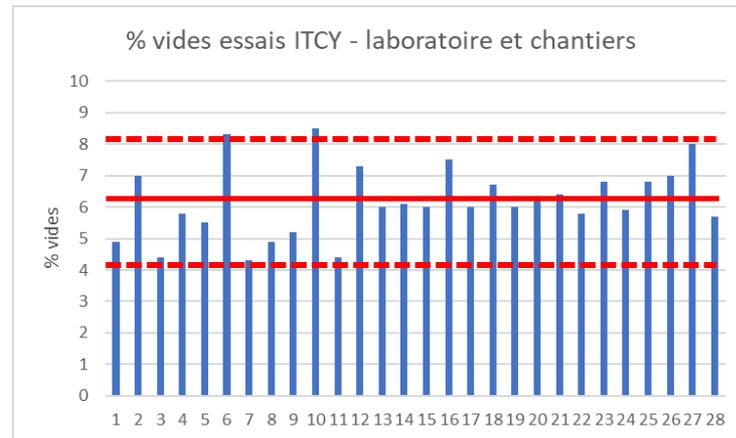
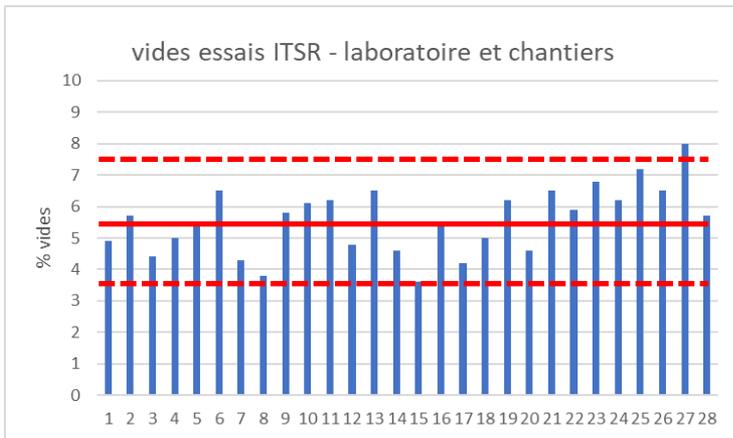


GT5 – Caractérisation des enrobés



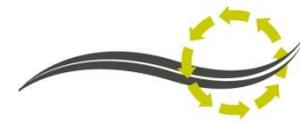
Validité des résultats

% vides



Contrôles de fabrications

- Teneurs en liants maîtrisées en production, tous les écarts dans les tolérances de réception
 - Quelques faibles écarts granulaires, rares et admissibles
- ➔ Pas d'impact matérialisable sur les résultats



Conclusions

⇒ Recyclage et baisse des températures

40%, résultats conformes au référentiel

70%, idem avec quelques incertitudes encore

Usage possible des polymères et régénérants



Confirmation par le suivi au long terme

⇒ Multi Recyclage

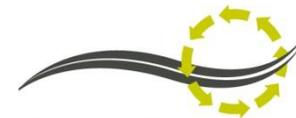
Capacité au recyclage à chaud comme à tiède...Les limites?

⇒ Du laboratoire au chantier

Bonne représentativité de nos études prédictives

Cohérence avec les études du passé (LCPC)

GT5 – Caractérisation des enrobés



Perspectives

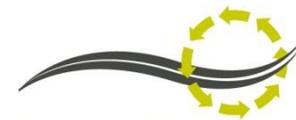
Analyses et mises en cohérence des mesures faites sur les liants avec les résultats « enrobés »

**Transfert de cette tâche fortement liée à la durabilité
sur le PN DVDC**



Beaucoup de données

GT5 – Caractérisation des enrobés



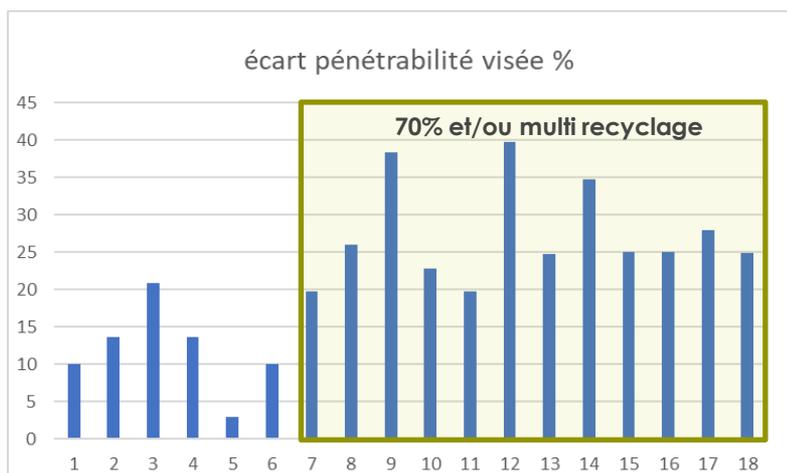
Analyse des essais sur liants

Données « MURE »

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
opérations	ref villeurbanne	ref villeurbanne	villeurbanne	villeurbanne	ref Ronno	ref Ronno	Ronno	Ronno	ref Moria	ref Moria	Moria	Moria	ref ATMB	ref ATMB	ATMB	ATMB	ref ATMB	ref ATMB	ATMB	ATMB	villeurbanne	villeurbanne	villeurbanne	villeurbanne	ATMB	ATMB	ATMB	ATMB
technique	tiède A	tiède A	tiède A	tiède A	chaud	chaud	chaud	chaud	tiède M	tiède M	tiède M	tiède M	chaud	chaud	chaud	chaud	tiède M	tiède M	tiède M	tiède M	tiède A	tiède A	tiède A	tiède A	chaud	chaud	chaud	chaud
Tabo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
chantier	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1G/2G/3G	-	-	1G	1G	-	-	1G	1G	-	-	1G	1G	-	-	1G	1G	-	-	1G	1G	2G	2G	3G	3G	2G	2G	3G	3G
taux R %	0	0	40	40	0	0	40	40	0	0	40	40	0	0	70	70	0	0	70	70	40	40	40	40	70	70	70	70
Tref °C	143	155	143	155	171	179	171	171	140	143	140	153	165	177	161	168	140	152	140	148	141	159	143	159	165	174	166	160
Itid	1994	2124	2337	2359	2038	1950	2341	2337	1813	2187	1984	2232	1767	2189	2008	2125	2142	2109	1932	2303	2273	2157	2148	1973	2613	1954	2262	1868
Itsw	1737	2133	2055	2253	1705	1926	2098	2367	1279	1952	1601	2236	1667	2136	1728	2036	1914	2076	1493	2252	2261	2154	2096	1936	2349	1925	2154	1830
%vides ITSR	4.9	5.7	4.4	5	5.5	6.5	4.3	3.8	5.8	6.1	6.2	4.8	6.5	4.6	3.6	5.5	4.2	5	6.2	4.6	6.5	5.9	6.8	6.2	7.2	6.5	8	5.7
ITSR	87	100.5	88	99.7	84	98.7	90	101	71	89.3	81	100	94	97.6	86	95.8	89	98.4	77	97.8	99	99.5	98	98.1	90	98.5	65	101
%vides module	4.9	7	4.4	5.8	5.5	8.3	4.3	4.9	5.2	8.5	4.4	7.3	6	6.1	6	7.5	6	6.7	6	6.3	6.4	5.8	6.8	5.9	6.8	7	8	5.7
module	7355	9031	8330	9360	7488	8245	8314	9827	7195	9129	8615	9757	7660	8898	7175	9110	7720	9116	7575	9446	9021	8290	9102	8084	10946	7913	11312	8713
liant extrait																												
P25	28	29	25	24	27	28	22	24	26	29	27	25	26	26	26	24	27	22	20	25	32	24	30	26	24	24	24	25
TBA	55.2	57.3	60.4	61	59.8	59.8	62.2	61.4	56.4	57.6	60.4	61.2	57	58.7	61.8	63.9	57.2	61.6	66.4	63.2	56.8	61.3	58.4	61.4	66.2	64.5	69	64.6
Franss	-4	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-6	-6	-6	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-7	-3	-6	-5	-7	-6	-9	-7	
G*	42	24.4	47.5	28.8	41.5	27.2	47	29.7	42.9	22.4	47.5	26.4	43.2	41.1	31.7	41.5	37.9	59.8	43.4	40.8	29.4	42.1	29.4	43.4	31.1	33.4	28.9	26.1
Ico	0.5	1.3	1.9	2.6	1.2	1.4	2.5	3.7	1.1	1.2	2.5	2.4	0.9	0.8	0.9	2.9	0.7	0.8	3	2.5	1.6	2	1.6	1.7	3.1	4.4	3.3	3.9
AE																												
P25			10	10			10	10			10	10			17	17			17	17	26	26	26	26	18	18	19	19
TBA			73	73			73	73			73	73			64.6	64.6			64.6	64.6	68.4	68.4	68.4	68.4	65.4	65.4	67.5	67.5
G*			77.8	77.8			77.8	77.8			77.8	77.8			50.1	50.1			50.1	50.1	31	31	31	31	31	31	31	31
Ico			5.9	5.9			5.9	5.9			5.9	5.9			4.1	4.1			4.1	4.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	3.5	3.5
Apport																												
P25	38	38	55	55	38	38	55	55	38	38	55	55	39	39	146	146	39	39	146	146	53	53	53	53	123	123	123	123
TBA	52.8	52.8	49.4	49.4	52.8	52.8	49.4	49.4	52.8	52.8	49.4	49.4	52.6	52.6	41.2	41.2	52.6	52.6	41.2	41.2	50.6	50.6	50.6	50.6	43.6	43.6	43.6	43.6
G*	36.6	36.6	23.3	23.3	36.6	36.6	23.3	23.3	36.6	36.6	23.3	23.3	35	35	8.2	8.2	35	35	8.2	8.2	25.7	25.7	25.7	25.7	9.7	9.7	9.7	9.7
Ico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

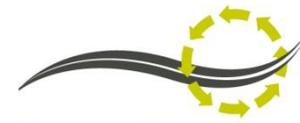
+ données IMPROVMURE

exemple



Effet vieillissement P25 et TBA / RTFOT? Impact AE...
 Vieillissements différents labo/chantier?
 Effet poste, effet taux AE...
 Indice oxydation / mélange / effet fabrications...
 G* mélange?
 Calcul inverse G*/E*
 Effet 1G/2G/3G
 ...

GT5 – Caractérisation des enrobés



Groupe de Travail

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



LA ROUTE MURE
POUR LE RECYCLAGE