



27 mars
2019

JOURNÉE D'ÉCHANGE LABORATOIRES ROUTIERS

Accueil à partir de 9h
à la Maison des Travaux Publics
3 rue de Berri - 75008 Paris

LAB'HAUT DE FRANCE

❖ Année de Création : 2016

- Animation : Alain Loriol et Christophe Priez
- Participant :



- CEREMA (Sandra Vatin)
- CD 62 (Laurent Bacqueville)
- CD 59 (Sébastien Merlier)
- CD 80 (Parc Guevara)
- COLAS NORD-EST (Christophe Priez)
- EUROVIA (Laurent Olivier-Mathieu Wallez)
- EIFFAGE (Laurent Creton-Pascal Marie)
- GINGER-CEBTP (A Loriol)
- RAMERY (Axel Lecoeuche)
- Laboratoire Equiom : Jaouad Nadah
- Laboratoire Holcim/Lafarge : Freddy Hennin

➤ Présentation des activités du club « LAB'HAUTS DE France »

- Deux campagne d'essais croisés : période 2017-2018
 - Extraction d'enrobé : NF EN 12697-1
 - Participation de 10 Laboratoires
 - 4 méthodes d'analyse
 - Les lots d'essais préparés par un seul laboratoire (Ciry Eiffage) : 50 échantillons de 1kg
 - Etude sur sols fins
 - Participation de 9 Laboratoires
 - IPI/Courbe Proctor OPN
 - Aptitude au traitement de sol
 - Performance mécanique (Échéance de 90 Jours)
- Prochaine Campagne : Essais croisés sur les mesures de la densité sur un produit bitumineux

» « Extraction sur les enrobés »

- 10 laboratoires participants
- 4 méthodologies d'extraction :
 - Méthode par différence avec tamis cylindrique (70% des participants) :
 - Asphalt Analysator Infratest : 5 laboratoires / 50% des participants
 - Pavelab 50 Controls : 2 laboratoires / 20% des participants
 - Méthode par différence avec une machine NEBA : 1 laboratoire / 10% des participants
 - Méthode SMM par différence : 1 laboratoire / 10% des participants
 - Méthode de Rouen : 1 laboratoire / 10% des participants



50%



20%



10%



10%



10%

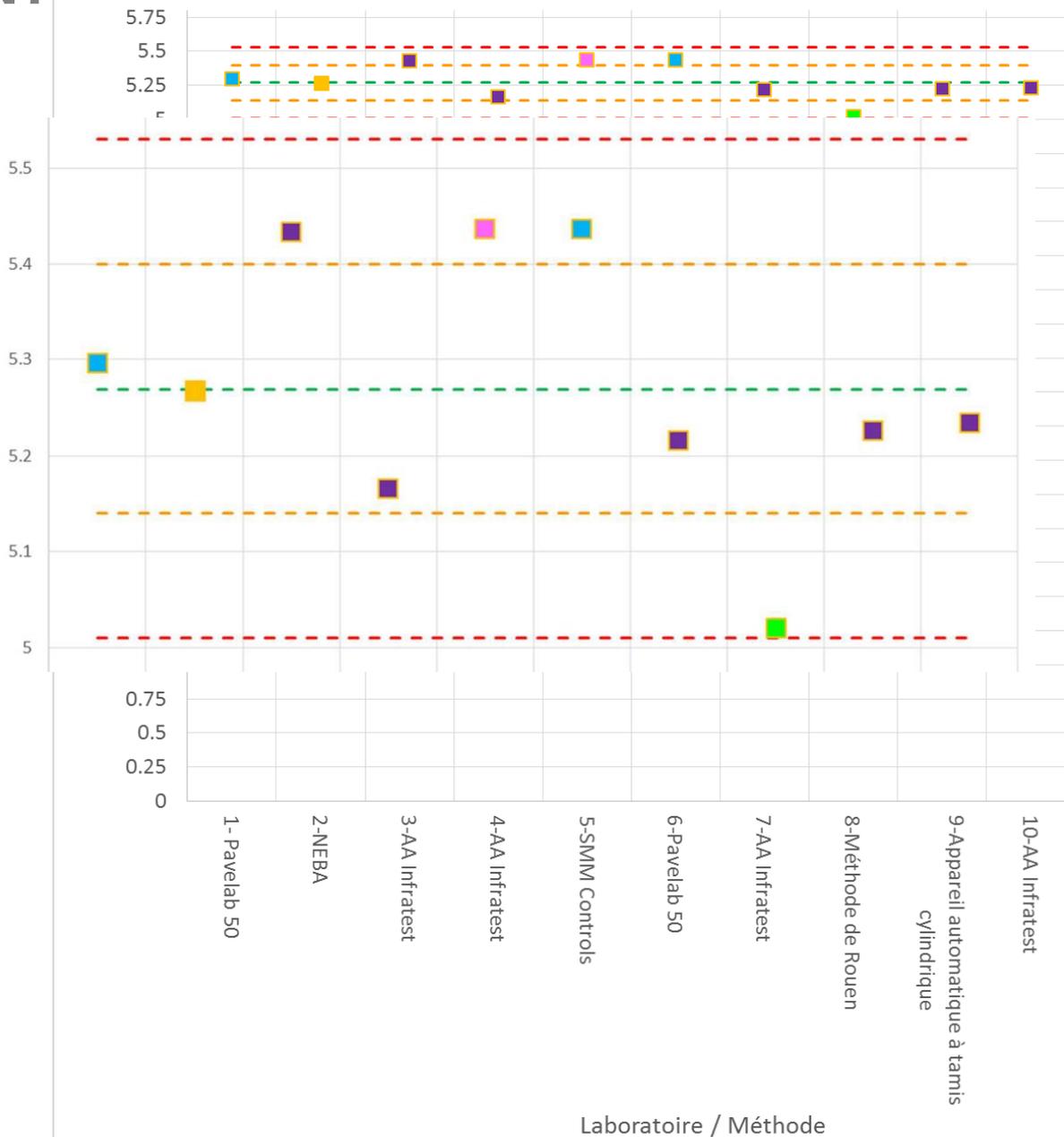


TENEUR EN LIANT

- Moyenne = 5.27%
- Etendue = 0.42%
- Ecart-type = 0.13%

Z-score :

- 60% des laboratoires < 1 écart-type
- 100% des laboratoires < 2 écart-type



RÉSULTATS PAR RAPPORTS AUX EXIGENCES « CHANTIER »

	TL	0.063mm	2mm	4mm	6.3mm
<i>Exigences contrôle externe</i>	+/- 0.25	+/-0.8	+/-2		+/-3
<i>Moyenne – exigences contrôle externe</i>	5.02	7.2	27.3		56.4
Valeur min	5.02	7.4	28.8	41.0	57.7
Moyenne générale des laboratoires	5.27(5.4)	7.7 (7.5)	29.3 (30)	42.2 (43.8)	59.4 (60)
Valeurs max	5.44	8.1	29.7	43.5	61.1
<i>Moyenne + exigences contrôle externe</i>	5.52	8.5	31.3		62.4

- 100% des laboratoires compris dans l'intervalle des exigences d'un contrôle externe.

➤ RÉPÉTABILITÉ ET REPRODUCTIBILITÉ

- Répétabilité et reproductibilité issues de la NF EN 933-1 pour la granulométrie :

Indépendamment de la taille du tamis de la série de base comprise entre 0,063 et 4 mm, les valeurs de fidélité peuvent être établies de la manière suivante :

$$r_1 = 0,042 \sqrt{X(100,0 - X)}$$

$$R_1 = 0,086 \sqrt{X(100,0 - X)}$$

où :

X représente la moyenne du pourcentage cumulé de tamisat passant à travers la taille de tamis actuel.

- Répétabilité et reproductibilité suivant la NF EN 12697-2 pour la granulométrie :

11 Fidélité

Les données de fidélité relatives à cet essai sont les suivantes :

	Écart type	Fidélité
Répétabilité	$\sigma_r = 0,4 \%$	$r = 1,0 \%$
Reproductibilité	$\sigma_R = 0,6 \%$	$R = 1,7 \%$

où

r est la limite de répétabilité dans les conditions de répétabilité r selon l'EN 932-6 : $r = 2,77 \times \sigma_r$

R est la limite de reproductibilité dans les conditions de reproductibilité R selon l'EN 932-6 : $R = 2,77 \times \sigma_R$

σ_r est l'écart type des résultats d'essai obtenus dans les conditions de répétabilité selon l'EN 932-6 (l'écart type de répétabilité)

σ_R est l'écart type des résultats d'essai obtenus dans les conditions de reproductibilité selon l'EN 932-6 (l'écart type de reproductibilité)

- Répétabilité et reproductibilité tirées de la NF 12697-1 pour la teneur en liant soluble :

$r = 0.23$

$R = 0.31$

RÉPÉTABILITÉ DES SÉRIES D'ESSAIS

		TL	0.063	2	4	6.3
Moyenne générale		5.27	7.7	29.3	42.2	59.4
Ecart-type sur les différentes séries	Ecart-type min	0.03	0.1	0.3	0.3	0.6
	Moyenne des écart-types par série d'essais	0.06	0.2	0.4	0.6	0.8
	Ecart-type max	0.09	1.0	1.0	1.2	1.2
Exigences de répétabilité	r - NF EN 12697-1	0.23				
	r - NF EN 12697-2		0.6	1.2	1.7	2.3
	r - NF EN 933-1		1.1	1.9	2.1	2.1
% des laboratoires dont l'écart-type est en dessous de la répétabilité	r - NF EN 12697-1	100%				
	r - NF EN 12697-2		90%	100%	100%	100%
	r - NF EN 933-1		100%	100%	100%	100%

- ❖ Teneur en liant :
 - La répétabilité pour l'ensemble des laboratoires est conforme
- ❖ Pour la granulométrie
 - Selon la norme NF EB 12697-2 :
 - 90% conformes au tamis de 0.063 mm
 - 100% conformes pour les autres tamis
 - Selon la norme NF EN 933.1
 - 100% des résultats sont conformes



REPRODUCTIBILITÉ DES SÉRIES D'ESSAIS

		TL	0.063	2	4	6.3
Moyenne générale		5.27	7.7	29.3	42.2	59.4
Etendue sur les moyennes des laboratoire		0.42	0.73	1.08	2.53	3.43
Reproductibilité entre les laboratoires	R - NF EN 12697-1	0.31				
	R - NF EN 12697-2		0.7	1.0	2.4	3.0
	R - NF EN 933-1		2.3	3.9	4.2	4.2
% des laboratoires dont l'écart-type est en dessous de la repro	NF EN 12697-1	90%				
	NF EN 12697-2		90%	90%	90%	90%
	NF EN 933-1		100%	100%	100%	100%

Ecart-type sur les moyennes des laboratoire		0.13	0.25	0.36	0.86	1.08
Répartition des laboratoires suivant le Z-score	< 1 écart-type	60%	70%	60%	70%	70%
	1 écart-type	40%	30%	40%	30%	30%
	<< 2 écart-types					
	> 2 écart-types	0%	0%	0%	0%	0%

- ❖ Teneur en liant :
 - La reproductibilité est conforme pour 90 % des laboratoires
- ❖ Pour la granulométrie
 - Selon la norme NF EN 12697-2 :
 - 90% conformes pour l'ensemble des tamis
 - Selon la norme NF EN 933.1
 - 100 % conformes

» « Essais croisés sur Sols Fins »

- ❖ Protocole des essais : Traitement d'un limon A2 à 1,5% CaO puis à 6% de CEM II/B 24h après
 - Détermination de la courbe Proctor Normal / IPI par chaque laboratoire => point d'arrêt
 - ➔ Références retenues : Wopn = 18,5% et Ds opn = 1,70 t/m³
 - NFP 94100 : Aptitude au traitement à 1,5% CaO + 6% CEM II/B (immersion 7j après cure de 24h)
 - NFP 94078 : Détermination des indices CBR à 4h, 24h et 7 jours
 - NFP 13286 -40-41-43 : Détermination des performances mécaniques Rc (sur ép. 5x10cm) Rtb/Etb
 - ép.10x10cm aux échéances de 7, 14, 28, 60 et 90



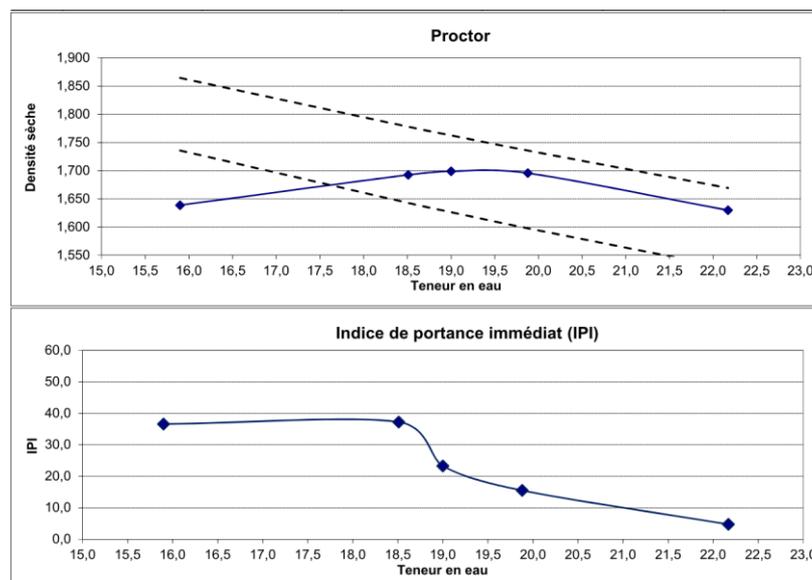
Reference Proctor et IPI

- ❖ Protocole des essais : Traitement d'un limon A2 à 1,5% CaO puis à 6% de CEM II/B 24h après
 - Détermination de la courbe Proctor Normal / IPI par chaque laboratoire => point d'arrêt
- ➔ Références retenues : Wopn = 18,5% et Ds opn = 1,70 t/m³

	CBR				
	IPI nat	IPIopn	4h	24h	7j
1	8	28	24	58	73
2		20	56	59	95
3	5	21	39	73	126
4		25			
5	4	25			
6	5	28	57	98	161
7	4	20	34	82	142
8	7	21			
9		21	41	67	107
10	4	24	42	83	
μ	5	23	42	74	117
Mini	4	20	24	58	73
Maxi	8	28	57	98	161
e	4	8	33	40	88
σ	2	3	12	14	32

Z-score 1

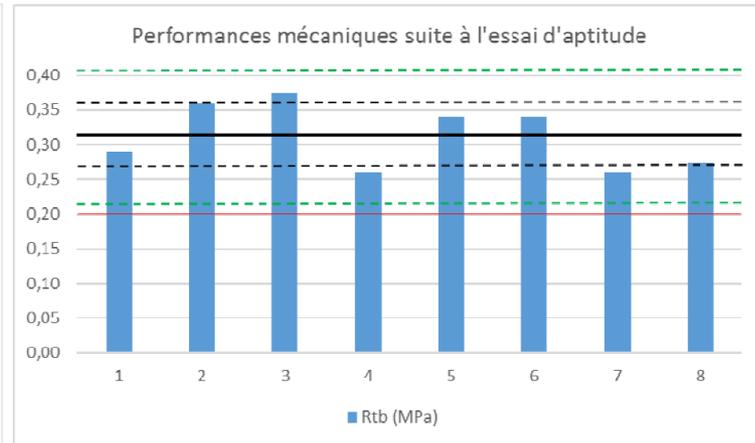
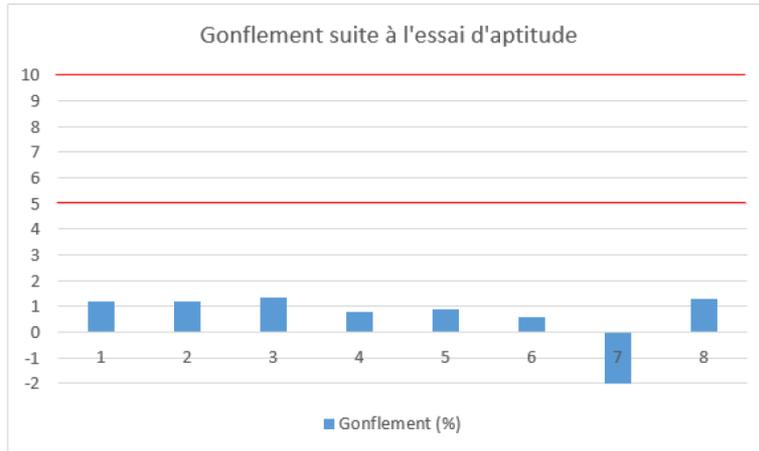
Z-score 2



- 3 laboratoires sur 10 présentent un Z-score de 2 dans certaines configurations : N° 1, 2 et 6.

> Aptitude au traitement des sols

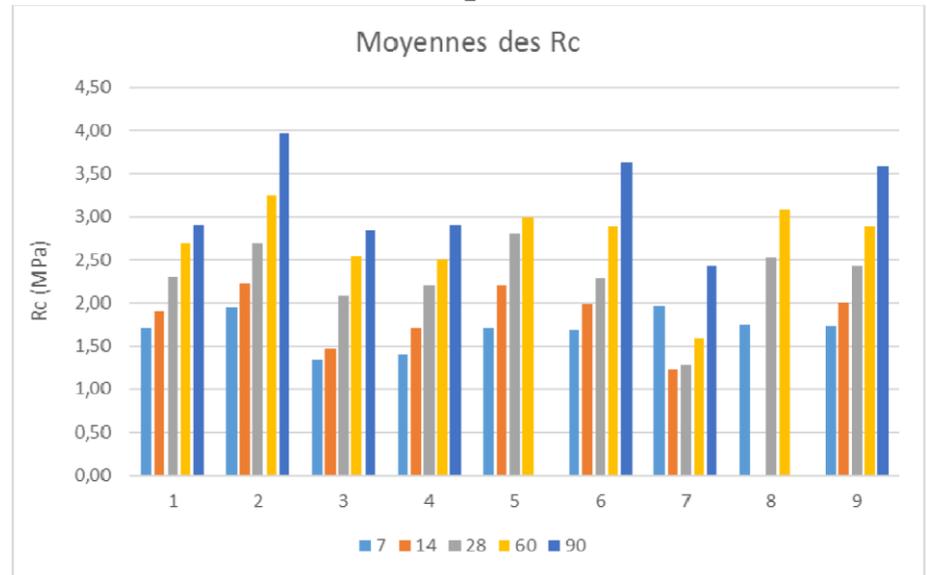
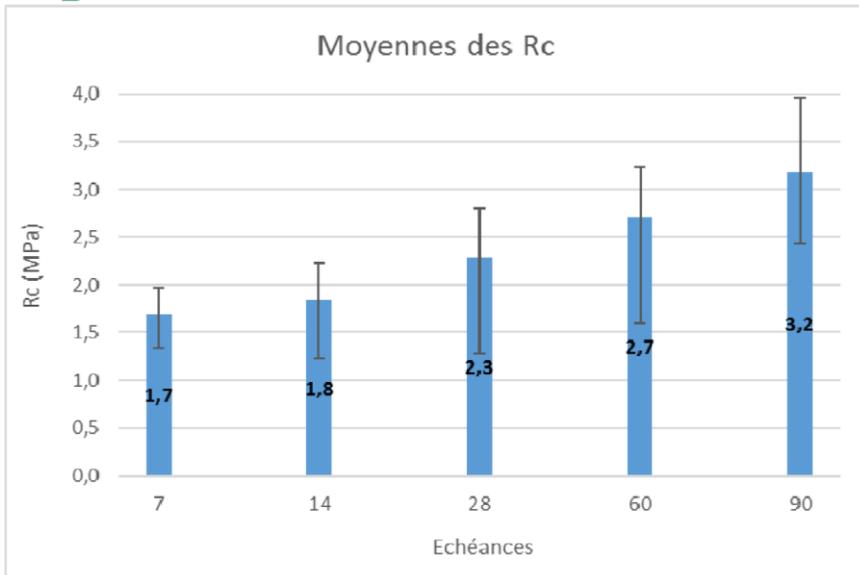
Résultats des 8 laboratoires ayant réalisé l'essai



Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique après immersion pendant 7 j G_v en %	Résistance en traction indirecte R_{It} en MPa
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	$\geq 0,2$
	Douteux	$5 < G_v \leq 10$	$0,1 \leq R_{It} < 0,2$
	Inadapté	> 10	$< 0,1$

- Le traitement est « adapté » pour tous les laboratoires
- Rtb moyen de 0,31 MPa / Ecart-type de 0,05 MPa / Coefficient de variation de 16%
- 5 laboratoires ont un Z-score de 1 : N° 1, 2, 5, 6 et 8
- 3 laboratoires ont un Z-score de 2 : N° 3, 4 et 7

Mesures des résistances mécaniques



	Moyennes des Rc (MPa)										Ecart moyen du laboratoire (μ)	Variabilité du laboratoire (σ)
	7j	Δ	14j	Δ	28j	Δ	60j	Δ	90j	Δ		
1	1,70	1%	1,90	3%	2,30	0%	2,70	-1%	2,90	-9%	-1%	5%
2	1,95	15%	2,23	21%	2,70	18%	3,24	19%	3,96	25%	20%	3%
3	1,34	-21%	1,47	-20%	2,08	-9%	2,54	-6%	2,84	-11%	-13%	7%
4	1,40	-17%	1,70	-8%	2,20	-4%	2,50	-8%	2,90	-9%	-9%	5%
5	1,70	1%	2,20	20%	2,80	22%	3,00	10%			13%	10%
6	1,68	-1%	1,99	8%	2,29	0%	2,89	6%	3,63	14%	6%	6%
7	1,97	17%	1,23	-33%	1,28	-44%	1,60	-41%	2,42	-24%	-25%	25%
8	1,74	3%			2,52	10%	3,08	13%			9%	5%
9	1,73	2%	2,00	9%	2,43	6%	2,89	6%	3,58	13%	7%	4%

- Ecart moyen par rapport à la moyenne < 10 % pour la moitié des laboratoires
- Ecart important pour un des laboratoires

➤ Mesures des résistances mécaniques

	Evolution des performances			
	Rc7/Rc90	Rc14/Rc90	Rc28/Rc90	Rc60/Rc90
1	0,59	0,66	0,79	0,93
2	0,49	0,56	0,68	0,82
3	0,47	0,52	0,73	0,89
4	0,48	0,59	0,76	0,86
5				
6	0,46	0,55	0,63	0,80
7	0,81	0,51	0,53	0,66
8				
9	0,48	0,56	0,68	0,81
μ	0,50	0,56	0,69	0,82
σ	0,05	0,05	0,09	0,09
σ/μ	9%	9%	13%	11%

- L'évolution des performances en Rc est relativement homogène
- Le calcul des ratio Rcj/Rc90 permet :
 - de mettre en évidence des valeurs anormales (exemple en jaune)
 - de comparer les cinétiques de prise (exemple : la montée en performance mesurée par le
- Le laboratoire n°1 est plus rapide que pour les autres laboratoires
- Ecart important pour un des laboratoires

Mesures des résistances mécaniques Rt/ Eit

	Moyennes des Rt (MPa)										Ecart moyen du laboratoire	Variabilité du laboratoire (σ)
	7j	Δ	14j	Δ	28j	Δ	60j	Δ	90j	Δ		
1	0,09	-33%	0,10	-36%	0,13	-31%	0,11	-48%	0,16	-39%	-37%	7%
2	0,13	-4%	0,16	1%	0,19	0%	0,19	-10%	0,27	4%	-2%	5%
3	0,15	12%	0,17	8%	0,20	6%	0,23	8%	0,25	-4%	6%	6%
4	0,10	-25%	0,13	-17%	0,14	-25%	0,21	-2%	0,22	-16%	-17%	10%
5	0,14	5%	0,16	2%	0,23	22%	0,24	13%	0,32	23%	13%	10%
6	0,14	5%	0,17	8%	0,20	6%	0,24	13%	0,25	-4%	6%	6%
7	0,16	21%	0,19	22%	0,23	21%	0,24	11%	0,32	23%	19%	5%
8					0,18	-6%			0,25	-5%	-6%	1%
9	0,16	20%	0,18	12%	0,20	6%	0,25	16%	0,31	19%	15%	6%

	Moyennes des Et (MPa)										Ecart moyen du laboratoire	Variabilité du laboratoire (σ)
	7j	Δ	14j	Δ	28j	Δ	60j	Δ	90j	Δ		
1	1462	-26%	1344	-40%	1910	-31%	1999	-35%	3467	-8%	-28%	12%
2	1990	1%	2291	2%	3366	21%	4227	37%	5051	34%	19%	17%
3	2093	6%	2475	10%	2880	4%	3103	0%	3427	-9%	2%	7%
4	1300	-34%	1800	-20%	1900	-32%	2200	-29%	2600	-31%	-29%	5%
5	2300	16%	2420	8%	2780	0%	2870	-7%	3430	-9%	2%	11%
6	1993	1%	2356	5%	3075	11%	3166	2%	3572	-5%	3%	6%
7	2479	25%	3002	34%	2643	-5%	4002	29%	4475	19%	20%	15%
8					3342	20%			3585	-5%	8%	18%
9	2200	11%	2300	2%	3100	12%	3200	3%	4300	14%	9%	5%

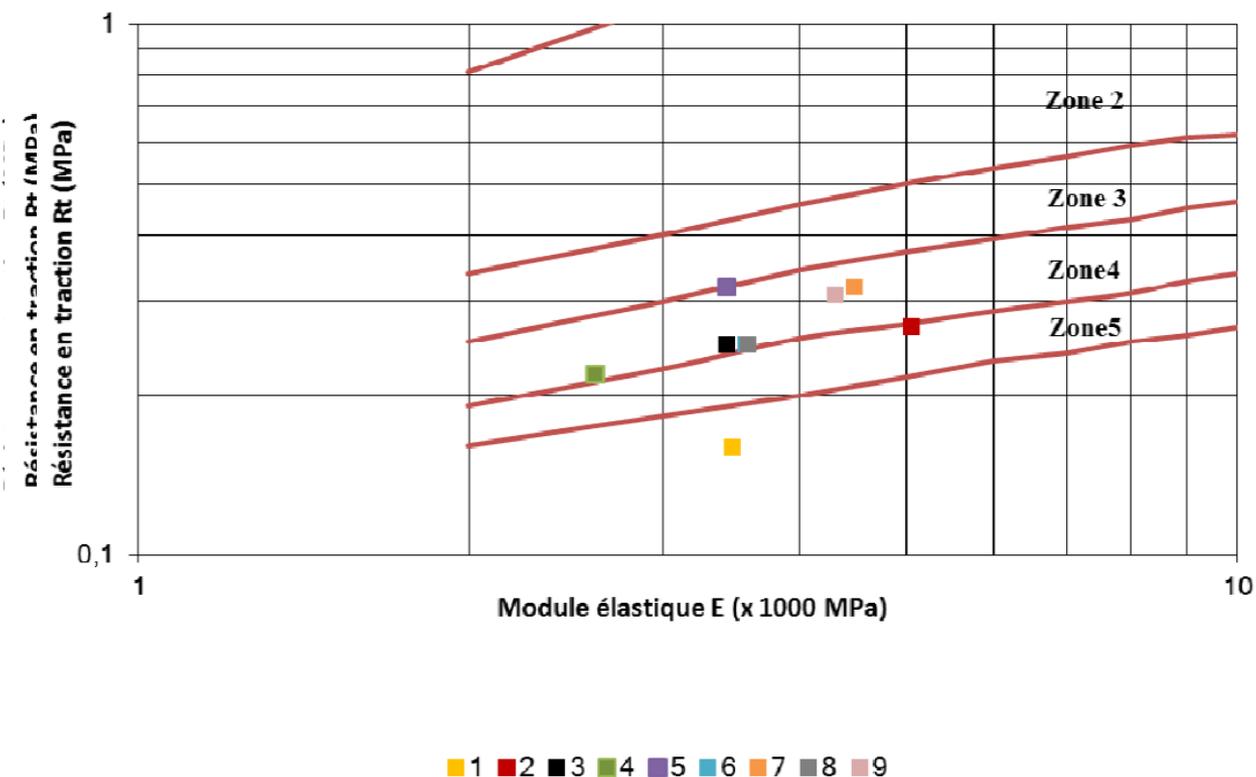
	7j	14j	28j	60j	90j
μ	0,13	0,16	0,19	0,21	0,26
maxi	0,16	0,19	0,23	0,25	0,32
mini	0,09	0,10	0,13	0,11	0,16
σ	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
σ/μ	20%	18%	18%	21%	20%

	7j	14j	28j	60j	90j
μ	1977	2249	2777	3096	3767
maxi	2479	3002	3366	4227	5051
mini	1300	1344	1900	1999	2600
σ	404	490	549	772	723
σ/μ	20%	22%	20%	25%	19%

	Rapport Et/Rt							
	7j	14j	28j	60j	90j	μ	σ	σ/μ
1								
2	15 426	14 409	17 904			15 913	1 798	11%
3	13 953	14 559	14 400	13 491	13 708	14 022	452	3%
4		13 846		10 476		12 161	2 383	20%
5	16 429	15 125	12 087	11 958	10 719	13 264	2 400	18%
6	14 236	13 859	15 375	13 192	14 288	14 190	794	6%
7	15 302		11 643	16 958	13 984	14 472	2 244	16%
8			18 989		14 456	16 722	3 205	19%
9	13 750	13 068	15 500	12 903	13 782	13 801	1 029	7%

- Les écarts-types sont assez constants
- Une disparité relative est observée entre les laboratoires (écart moyen -37% à 19%)
- Le rapport Eit/Rt est cohérent avec une valeur moyenne de l'ordre de 14000
 - Cohérence des essais

Mesures des résistances mécaniques Rt/ Eit



- 8 laboratoires sur 9 positionnent le matériau traité en Z4 à 90j avec des résultats s'étalant sur tout le fuseau (de limite Z5/Z4 à limite Z4/Z3)
- 1 laboratoire reste HZ
- Après tri des données, Rt se situe entre 0,25 et 0,32 MPa et E entre 3400 et 4500 => ~30% d'écart

➤ Mesures des résistances mécaniques R_t / E_{it}

❖ Remarques :

- Cette étude réalisée sur une seule configuration sol/liant ne peut être généralisée à tous les sols et liants.
- D'autres paramètres d'influence existent mais n'ont pas été comparés entre laboratoires dans le cadre de cette étude : type de malaxeur, durée et qualité du malaxage, densification

➔ Future campagne EAPIC !

❖ Conclusions :

- L'ensemble des laboratoires qualifie le limon étudié comme étant apte au traitement selon la norme P 94-100
 - ➔ Cependant cet essai reste discutable vis-à-vis de la multitude de liants hydrauliques existants aujourd'hui !
 - ➔ La méthodologie permet de classer les sols vis-à-vis d'une utilisation en couche de forme
 - ➔ D'autres essais sont à réaliser pour une mise en pratique dans le cadre d'une classification en couche d'assise



MERCI POUR VOTRE ATTENTION.