

## **RAPPORT DE PRÉSENTATION DES RÉSULTATS**

N° 8.2.17

Concernant l'essai

### **MESURE DU MODULE DES ENROBÉS**

Selon la norme NF EN 12697-26 de juin 2012



Établi 06 septembre 2018 par G. PIOT - Cellule Exécutive de l'EAPIC  
Cerema - Dter IDF - Laboratoire Eco Matériaux  
120 route de Paris - BP 216 Sourdun  
77487 PROVINS Cedex

## Préambule

La communauté routière se souvient de la série EAPIC 8.1.12 sur le module de rigidité des enrobés en 2011-2012. S'agissant d'une caractéristique aussi importante pour le dimensionnement des chaussées, les valeurs élevées de reproductibilité observées alors en avaient inquiété plus d'un.

Cinq années plus tard, la norme d'essai a déjà changé, proposant une sixième méthode de mesure, et le contexte normatif dans son ensemble continue d'évoluer : les nouvelles normes d'essais, produits, et dimensionnement concernant cette caractéristique des enrobés seront publiées demain. Il importait donc d'organiser une nouvelle série EAPIC sur cette méthode d'essai pour apprécier une éventuelle évolution dans les pratiques des laboratoires. C'est l'objet du présent rapport.

Dans l'organisation de cette série, le Groupe Spécialisé a souhaité modifier certains éléments techniques par rapport à la série 8.1.12. Ainsi, la formule d'enrobé qu'il a sélectionné devait tout à la fois conduire à une dispersion normale - mais pas excessive - des pourcentages de vides, et à des valeurs du module représentatives des enrobés à chaud couramment utilisés en construction routière.

Vous avez alors réalisé vos essais et envoyé vos résultats, pour nombre d'entre vous dans le délai imparti. Malheureusement d'autres ont souhaité un délai supplémentaire, ce qui a entraîné un surcoût interne pour EAPIC. Nous avons choisi de ne pas le répercuter. Merci de respecter ces délais pour vos participations aux séries à venir, afin qu'au final personne ne soit pénalisé.

Les résultats de cette série sont aujourd'hui livrés à votre appréciation. Premier constat : les deux objectifs techniques visés ci-dessus sont atteints. On peut ensuite noter que si le nombre de laboratoires participants a légèrement diminué (32 aujourd'hui pour 38 en 2012), certaines méthodes restent autant pratiquées qu'il y a 6 ans (méthode A) quand d'autres le sont moins (méthodes C et E). La méthode C suivie par la méthode A restent sans conteste les plus pratiquées. On relève également que certains laboratoires ont choisi de participer avec plusieurs méthodes.

Les valeurs de fidélité des méthodes A et C sont en amélioration, leur reproductibilité demeurant toutefois élevée. Leurs valeurs de répétabilité sont d'un niveau très nettement inférieur, en partie favorisées il est vrai par le fait que - pour des raisons de logistique - les laboratoires ont, réalisé les quatre répliques pour chaque méthode d'essai sur un même lot d'éprouvettes. Les valeurs de fidélité des autres méthodes n'ont pas pu être calculées faute d'un nombre suffisant de résultats.

Quant aux moyennes des résultats à 15°C, elles sont assez proches, sauf celle de la méthode C, inférieure aux autres.

Ces constatations peuvent donner matière à diverses analyses qui ne sont pas de notre ressort. La mission principale d'EAPIC est en effet d'établir un constat aussi objectif que possible de la pratique des laboratoires, dans des conditions représentatives de leurs activités courantes : formulation, contrôle, etc. En revanche, les nombreuses informations acquises lors de cette série pourront être transmises de façon anonyme à la Commission de Normalisation Essais Chaussées (CNEC) pour nourrir ses travaux sur ces méthodes d'essais.

Deux nouveautés pour conclure. Le présent rapport fournit l'information de l'usage des sommes collectées auprès des laboratoires participants. Enfin, conformément à la décision prise par le Groupe Spécialisé en fin d'année dernière, ce rapport sera - comme le précédent l'a été début 2018 – traduit en anglais et publié sur le site de l'IDRRIM. Les résultats de cette série seront ainsi accessibles en France, et bien au-delà de nos frontières.

Cordialement,

Pour EAPIC,

Michel SAUBOT



## Sommaire

Organisation de la session et recueil des données .....	5
Préparation et expédition des échantillons .....	6
Vérification de l'homogénéité des échantillons de granulats .....	7
Essais complémentaires pour la caractérisation des échantillons de bitume .....	8
Matériels .....	9
Traitement des données .....	10
• Détermination du pourcentage de vides (NF EN 12697-6 d'août 2012).....	11
• Détermination du module des enrobés (NF EN 12697-26 de juin 2012).....	14
○ Étendue des données brutes des valeurs de module en fonction de la méthode.....	14
○ Méthode A – 2PB-TR (15°C – 10Hz).....	15
○ Méthode C – IT-CY (10°C – 124 ms).....	18
○ Méthode C – IT-CY (15°C – 124 ms).....	21
○ Méthode D – DTC-CY (15°C – 10 Hz).....	24
○ Méthode E - DT-CY (15°C – 0,02 s).....	25
○ Méthode F - CIT-CY (15°C – 10 Hz).....	26
Organisation de l'EAPIC .....	27
Annexes.....	28
• Courbes granulométriques .....	29
• Détermination du pourcentage de vides au banc gamma .....	31
• Bilan financier.....	32

## Organisation de la session et recueil des données

Des lots homogénéisés, constitués de quatre fractions granulaires, sont fournis aux laboratoires participants. Ceux-ci doivent déterminer le module des enrobés selon la norme NF EN 12697-26 de juin 2012 et les conditions précisées dans les instructions particulières de cette série.

La formule retenue est la suivante :

Fines	2,0 %
0/2	31,0 %
2/6	15,3 %
6/10	15,0 %
10/14	32,0 %
Bitume 35/50	4,7 %

La valeur de la MVRe a été déterminée par le groupe spécialisé EAPIC selon la norme NF EN 12697-5 (méthode A dans l'eau) et transmise à l'ensemble des laboratoires.

Valeur de la MVRe : 2,640 Mg/m<sup>3</sup>

Afin de limiter la quantité de matériaux à approvisionner, les éprouvettes d'essais de la réplique 1 ont été réutilisées pour les répliques 2 à 4.

La campagne s'est déroulée de la façon suivante :

- Expédition des échantillons en janvier / février 2018.
- Transmission des résultats des laboratoires participants au plus tard le 15 avril 2018, hormis pour les laboratoires hors métropole dont la date butoir était décalée du fait du délai d'acheminement (date de transmission au plus tard pour le 15 juin 2018).

Le nombre de participants à cette session est de 31 laboratoires qui avaient la possibilité de procéder à plusieurs méthodes.

48 formulaires de résultats de détermination ont été reçus, répartis de la sorte :

16 formulaires de résultats selon l'annexe A
21 résultats selon l'annexe C 15°C
3 résultats selon l'annexe D
6 résultats selon l'annexe E
2 résultats selon l'annexe F

Les demandes de délais supplémentaires transmises à la Cellule Exécutive EAPIC ont toutes été acceptées.

- Production du rapport de présentation des résultats pour août 2018.

## **Préparation et expédition des échantillons**

### **Laboratoire support : Cerema Ouest - Département Laboratoire d'Angers**

#### *Les matériaux*

Chaque participant a reçu une ou deux palette(s) en fonction des quantités de matériaux nécessaires à la réalisation de ses essais.

Chaque palette est composée des fractions suivantes :

- 2 sacs de 25 kg de 10/14 ;
- 1 sac de 25 kg de 6/10 ;
- 1 sac de 25 kg de 2/6 ;
- 2 sacs de 25 kg de 0/2 ;
- 1 sac de 25 kg de fines ;
- 1 pot de 10 kg de bitume.

#### *Préparation*

Pour réaliser cette campagne, 348 sacs de granulats ont été préparés par le Cerema Ouest - Département Laboratoire d'Angers :

- 106 sacs de 25 kg de 10/14 ;
- 68 sacs de 25 kg de 6/10 ;
- 68 sacs de 25 kg de 2/6 ;
- 106 sacs de 25 kg de 0/2.



#### *Expédition des matériaux*

L'envoi des matériaux a été réalisé par le Cerema Ouest - Département Laboratoire d'Angers.

L'ensemble des sacs et pots nécessaires pour mener la campagne a été mis en place sur palette avant expédition. Seuls les envois pour les participants hors métropole ont été réalisés dans des caisses en bois (du fait du transport maritime)

## Vérification de l'homogénéité des échantillons de granulats

### Laboratoire support : Cerema Centre Est - département laboratoire d'Autun

Afin de vérifier que l'ensemble des échantillons granulaires est bien homogène, il est appliqué les dispositions de l'annexe B de la norme ISO 13528 de décembre 2015 qui donne une méthode statistique utilisée dans les essais d'aptitude par comparaison inter laboratoire. Cette annexe s'appuie sur la comparaison de l'écart-type inter-échantillon  $S_s$  à l'écart type pour l'évaluation de l'aptitude  $\hat{\sigma}$ . Les échantillons sont considérés répondre au critère d'homogénéité si  $S_s \leq 0,3 \times \hat{\sigma}$ .

Le critère d'homogénéité retenu par la Cellule Exécutive EAPIC est la masse volumique réelle pré-séchée des granulats, déterminée selon la norme NF EN 1097-6 annexe A, de janvier 2014 ;

Pour chaque sac, les valeurs de l'écart-type inter-échantillon sont comparées à l'estimation du critère d'homogénéité  $0,3 \times \hat{\sigma}$ .

	MVR 0/2	MVR 2/6	MVR 6/10	MVR 10/14
<b>Moyenne</b>	2,840	2,855	2,876	2,888
<b>Origine de r et R</b>	EAPIC 5ème Campagne	NF EN 1097-6	NF EN 1097-6	NF EN 1097-6
<b>r</b>	0,022	0,019	0,019	0,019
<b>R</b>	0,074	0,042	0,042	0,042
<b><math>0,3 \times \hat{\sigma}</math></b>	0,008	0,004	0,004	0,004
<b>Ecart-type Inter-échantillon <math>S_s</math></b>	0,0003	0,001	0,002	0,002
<b>Validation <math>S_s \leq 0,3 \times \hat{\sigma}</math></b>	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée

Pour chacun des tests, le critère est satisfait.

On peut donc conclure que les échantillons granulaires sont homogènes.

## Essais complémentaires pour la caractérisation des échantillons de bitume

Laboratoire support : Cerema Centre Est - département laboratoire d'Autun

Des essais complémentaires ont été menés sur les échantillons de bitume afin de vérifier leurs caractéristiques et homogénéité :

- La pénétrabilité à l'aiguille, déterminée selon la norme NF EN 1426 de juin 2007 ;
- Le point de ramollissement, déterminée selon la norme NF EN 1427 de juin 2007.
- Le module dynamique  $G^*$ , déterminé à 15°C et 10 Hz selon la norme NF EN 14770

Les résultats de ces essais sur 5 pots sélectionnés au hasard sont indiqués dans la tableau suivant. :

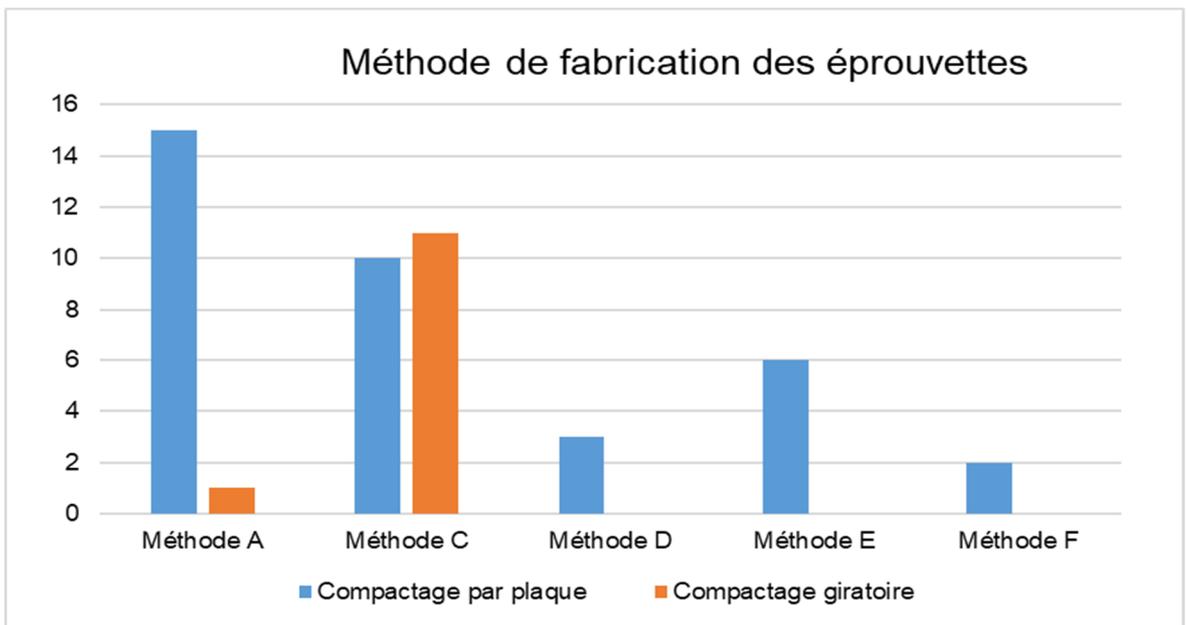
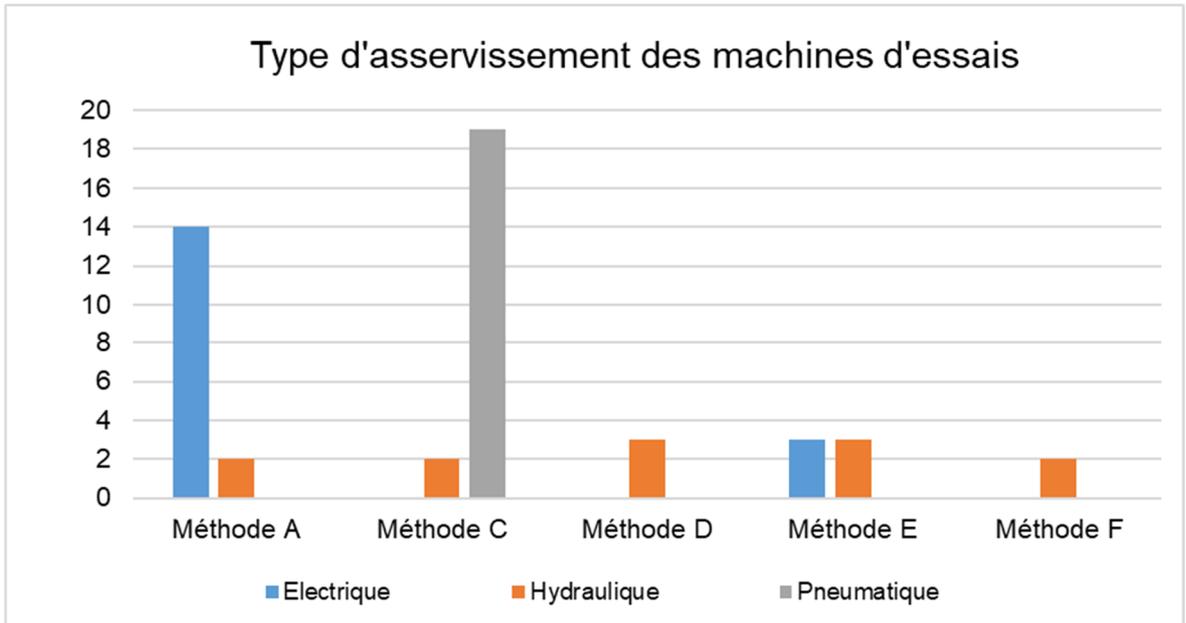
	1	2	3	4	5	Moyenne	r
<b>Pénétrabilité (0,1 mm)</b>	41	42	42	41	42	41,6	2
<b>TBA (°C)</b>	53,8	53,4	53,4	53,8	53,6	53,6	1
<b>G* (kPa)</b>	$3,25 \cdot 10^4$	$3,17 \cdot 10^4$	$3,01 \cdot 10^4$	$3,22 \cdot 10^4$	$3,21 \cdot 10^4$	$3,17 \cdot 10^4$	$3,03 \cdot 10^3$

(\*) le r du  $G^*$  a été tiré du rapport 2017 des essais circulaires BNPé « Flexural creep stiffness (Bending Beam Rheometer - BBR) and complex shear modulus & phase angle (Dynamic Shear Rheometer - DSR) tests on paving grade bitumen » page 90/105

Cette valeur de r a été obtenue pour les conditions d'essai suivantes : Température 15°C, Fréquence 1.59 Hz et réalisé avec un DSR de diamètre de plateau 8 mm.

On constate que les valeurs mesurées satisfont les critères de répétabilité.

## Matériels



## Traitement des données

Le traitement des données s'appuie sur la série des normes ISO 5725 « Application de la statistique – Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesures ». Le traitement est effectué à l'aide d'un tableau Excel. Les résultats sont vérifiés par la suite à l'aide du logiciel XLSTAT.

### Représentation graphique

Les résultats bruts sont représentés sous forme d'histogrammes.

Les histogrammes expriment les résultats obtenus par les laboratoires participants. La moyenne corrigée (après retrait des résultats aberrants) est placée sur le graphique.

### Tests statistiques

Sur les résultats bruts, sont appliqués les tests statistiques suivants :

- Variabilité intra-laboratoire (Test de Cochran) : détection de la dispersion aberrante, au sens statistique des résultats dans un laboratoire
- Variabilité inter-laboratoire (Test de Grubbs simple ou éventuellement double) : détection des moyennes aberrantes, parmi la population des laboratoires

Les résultats dépassant la valeur critique à 1% sont déclarés aberrants et écartés du traitement statistique qui ne retient que les données corrigées.

### Z-Score

Le Z-Score désigne le nombre d'écart-types qui se trouve au-dessus ou en dessous de la moyenne de la population.

Le Z-Ccore est calculé à partir de la formule suivante.

$$z = (|X - \mu| / \sigma) * 2$$

où :

z est le z-score

X est la moyenne du laboratoire

$\mu$  est la moyenne de la population

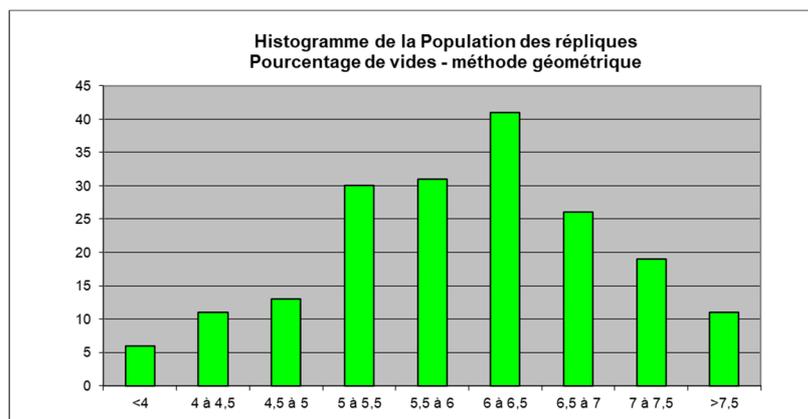
$\sigma$  est l'écart-type de la population.

## Détermination du pourcentage de vides à partir de la masse volumique apparente géométrique (NF EN 12697-6 Mode opératoire D d'août 2012)

### Représentations graphiques

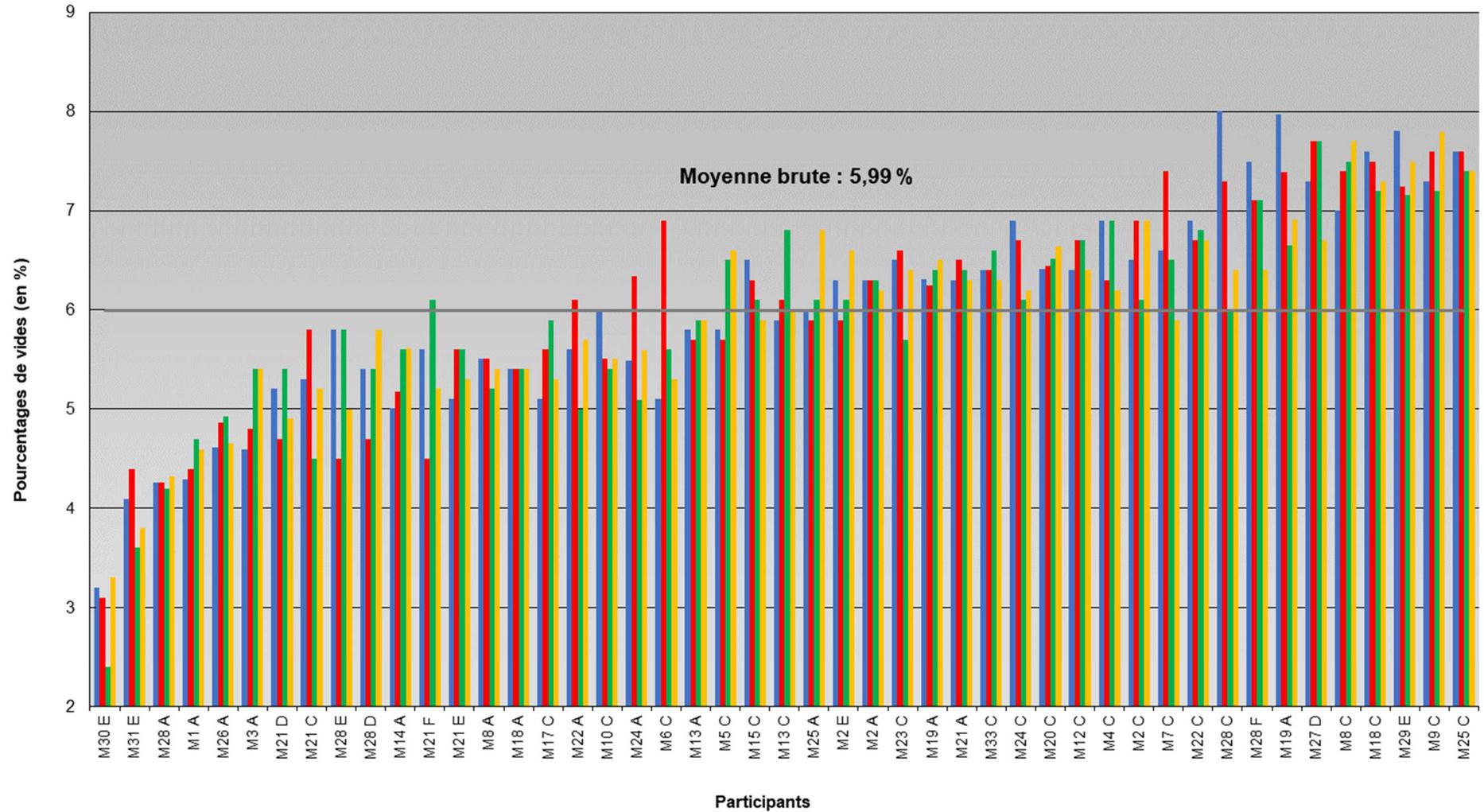
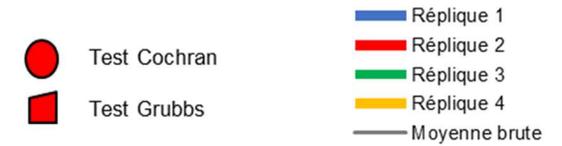
		Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Norme (NF EN 12697-8)
En %	Nombre de résultats pris en compte	47	Aucun	r = 1,1 R = 2,2
	Moyenne m	5,99		
	écart-type répétabilité	0,39		
	répétabilité r	1,092		
	écart-type reproductibilité	1,045		
	reproductibilité R	2,925		

### Données brutes



Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
m = 5,993

**Campagne EAPIC N°8 - Session 2 - Série 17**  
**Détermination du pourcentage de vides**  
**méthode géométrique**



*Écarts à la moyenne sur les données brutes*

**Écart inférieur à 1 écart type**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M5 C	0,16	0,30
M13 A	0,17	0,32
M15 C	0,21	0,40
M13 C	0,21	0,40
M25 A	0,21	0,40
M2 E	0,23	0,44
M6 C	0,27	0,51
M2 A	0,28	0,54
M23 C	0,31	0,59
M24 A	0,37	0,71
M19 A	0,37	0,71
M21 A	0,38	0,73
M22 A	0,39	0,75
M10 C	0,39	0,75
M33 C	0,43	0,83
M24 C	0,48	0,92
M20 C	0,51	0,98
M17 C	0,52	0,99

**Écart supérieur à 1 écart type**

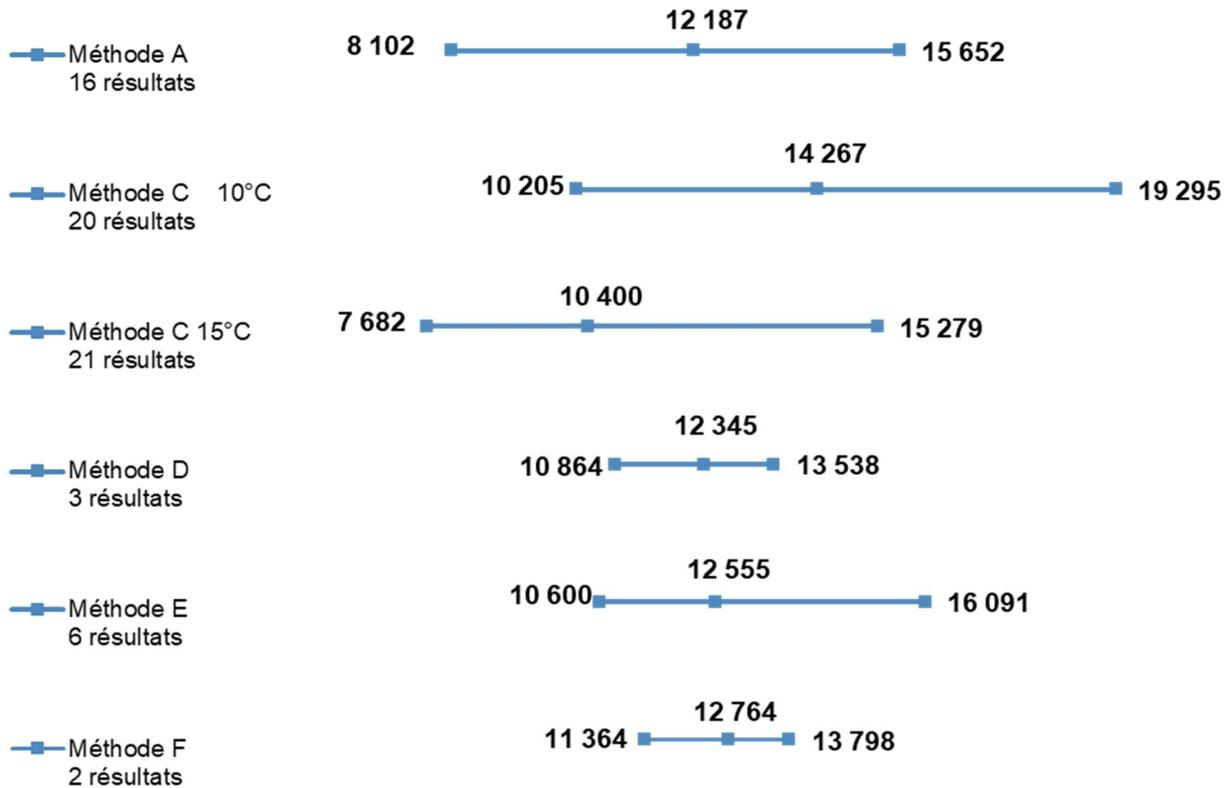
Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M12 C	0,56	1,07
M4 C	0,58	1,11
M8 A	0,59	1,14
M18 A	0,59	1,14
M21 E	0,59	1,14
M2 C	0,61	1,16
M7 C	0,61	1,16
M21 F	0,64	1,23
M14 A	0,65	1,24
M28 D	0,67	1,28
M28 E	0,72	1,38
M22 C	0,78	1,50
M21 C	0,79	1,52
M28 C	0,93	1,78
M21 D	0,94	1,81
M3 A	0,94	1,81
M28 F	1,03	1,98

**Écart supérieur à 2 écart type**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M26 A	1,23	2,35
M19 A	1,24	2,37
M27 D	1,36	2,60
M8 C	1,41	2,69
M18 C	1,41	2,69
M29 E	1,44	2,75
M9 C	1,48	2,84
M1 A	1,49	2,86
M25 C	1,51	2,88
M28 A	1,73	3,30
M31 E	2,02	3,86
M30 E	2,99	5,73

## Détermination du module des enrobés (NF EN 12697-26 de juin 2012)

### Étendue des données brutes des valeurs de module (en MPa) en fonction de la méthode

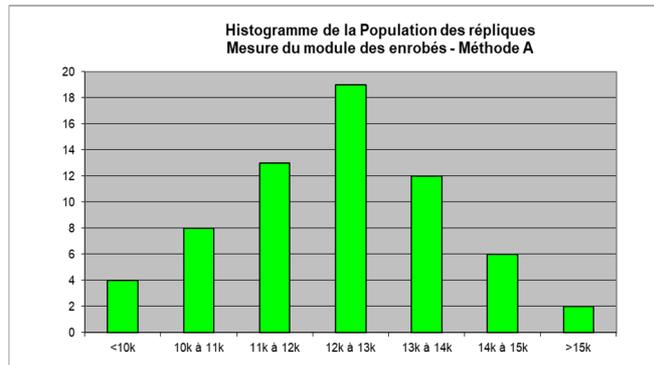


# Méthode A – 2PB-TR / 2PB-PR (15°C – 10Hz)

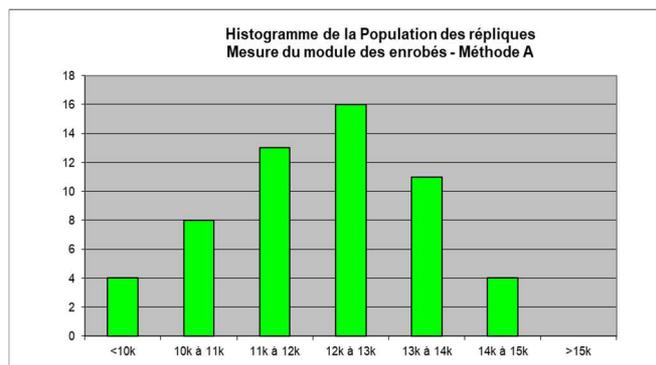
## Représentations graphiques

		Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Données corrigées	Norme NF EN 12697-26 Méthode A	Résultats Session 8.1 Valeurs corrigées
En MPa	Nombre de résultats pris en compte	16	Cochran M1A M21A	14	r = 335	r = 377
	Moyenne m	12 187		11 939		
	écart-type répétabilité	228		131		
	répétabilité r	639		367	R = 2 740	R = 6 289
	écart-type reproductibilité	1 707		1 608		
	reproductibilité R	4 780		4 501		

Données brutes



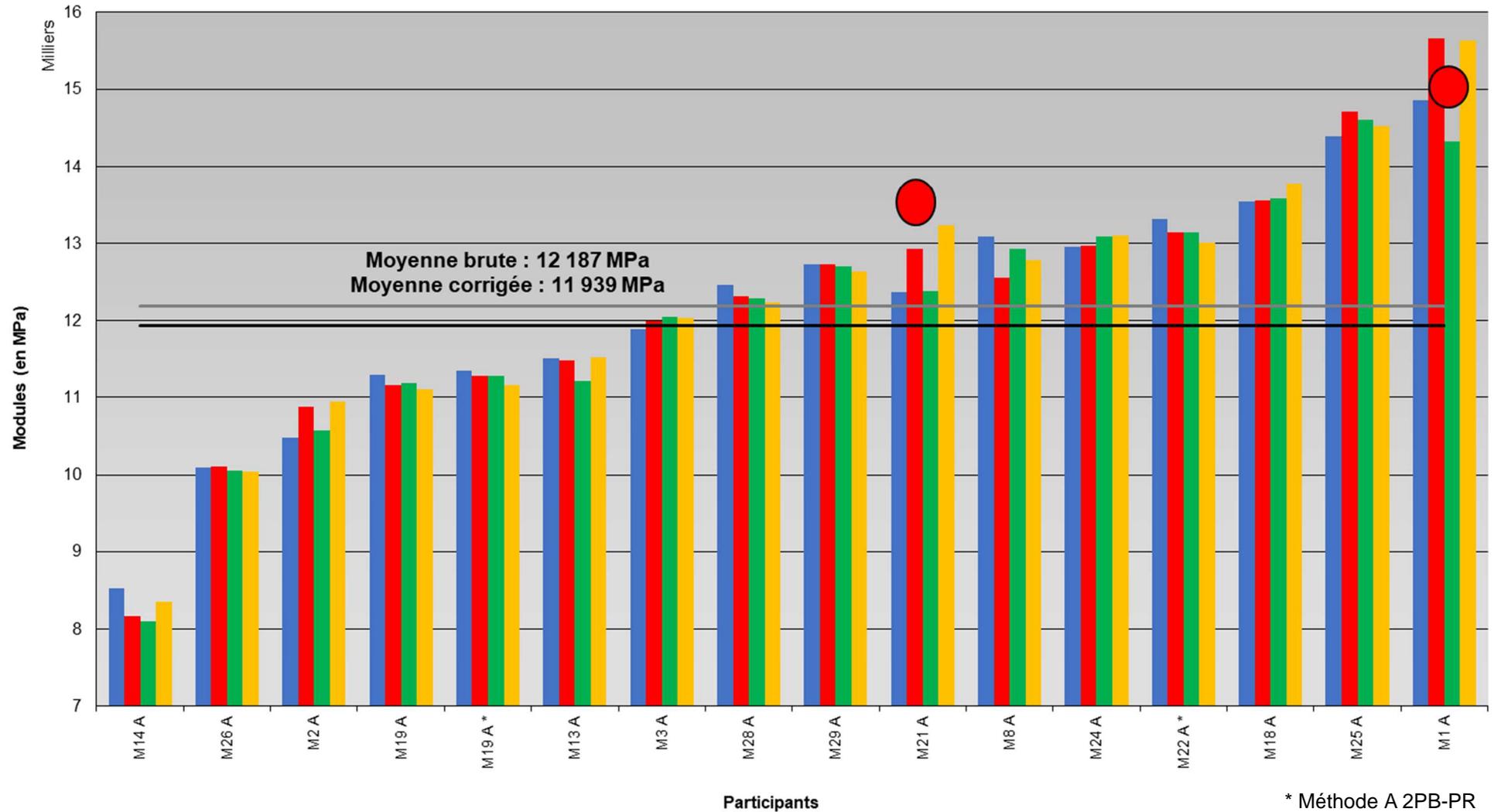
Données corrigées



Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
m = 12 186,56 MPa

**Campagne EAPIC N°8 - Session 2 - Série 17**  
**Mesure du module des enrobés - Méthode A**  
**2PB-TR / 2PB-PR\* (15°C - 10 Hz)**

- Réplique 1
- Réplique 2
- Réplique 3
- Réplique 4
- Moyenne brute
- Moyenne corrigée
- Test Cochran
- ▭ Test Grubbs



\* Méthode A 2PB-PR

*Écarts à la moyenne sur les données brutes – Méthode A (15°C – 10 Hz)*

**Écart inférieur à 1 écart type**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M28 A	136,75	0,16
M3 A	196,75	0,23
M29 A	511,32	0,60
M21 A	539,57	0,63
M8 A	651,13	0,76
M13 A	757,12	0,89
M24 A	842,07	0,99

**Écart inférieur à 2 écarts types**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M19 A	921,12	1,08
M22 A	962,25	1,13
M19 A	1005,25	1,18
M18 A	1423,25	1,67
M2 A	1467,81	1,72

**Écart supérieur à 2 écarts types**

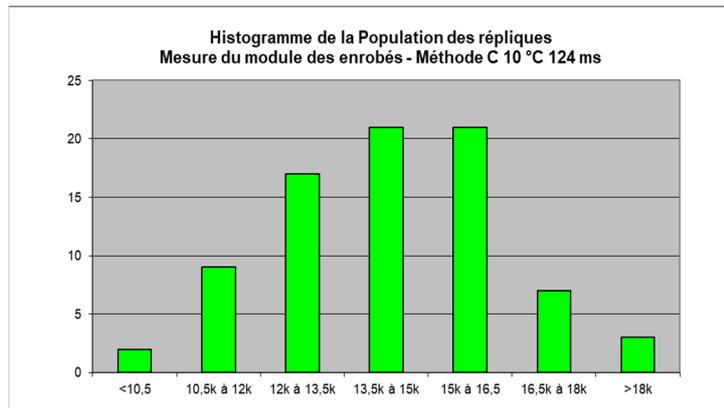
Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M26 A	2112,93	2,48
M25 A	2369,38	2,78
M1 A	2926,13	3,43
M14 A	3900,87	4,57

# Méthode C – IT-CY (10°C – 124 ms)

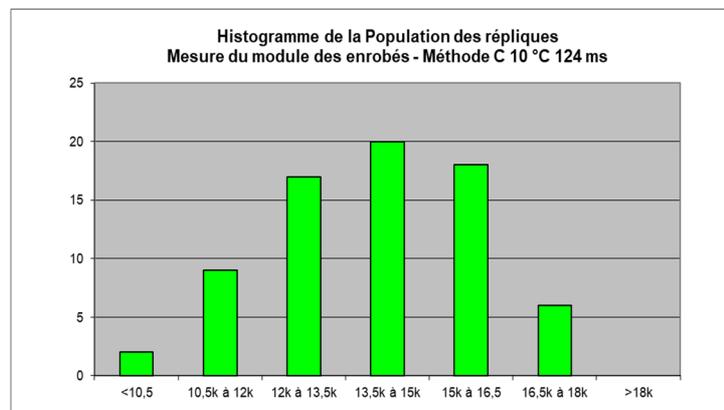
## Représentations graphiques

		Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Données corrigées	Norme NF EN 12697-26 Méthode A
En MPa	Nombre de résultats pris en compte	20	Cochran M18C M10C	18	r = 335
	Moyenne m	14 267		13 960	
	écart-type répétabilité	324		231	
	répétabilité r	906		648	R = 2 740
	écart-type reproductibilité	2 077		1 880	
	reproductibilité R	5 816		5 266	

Données brutes

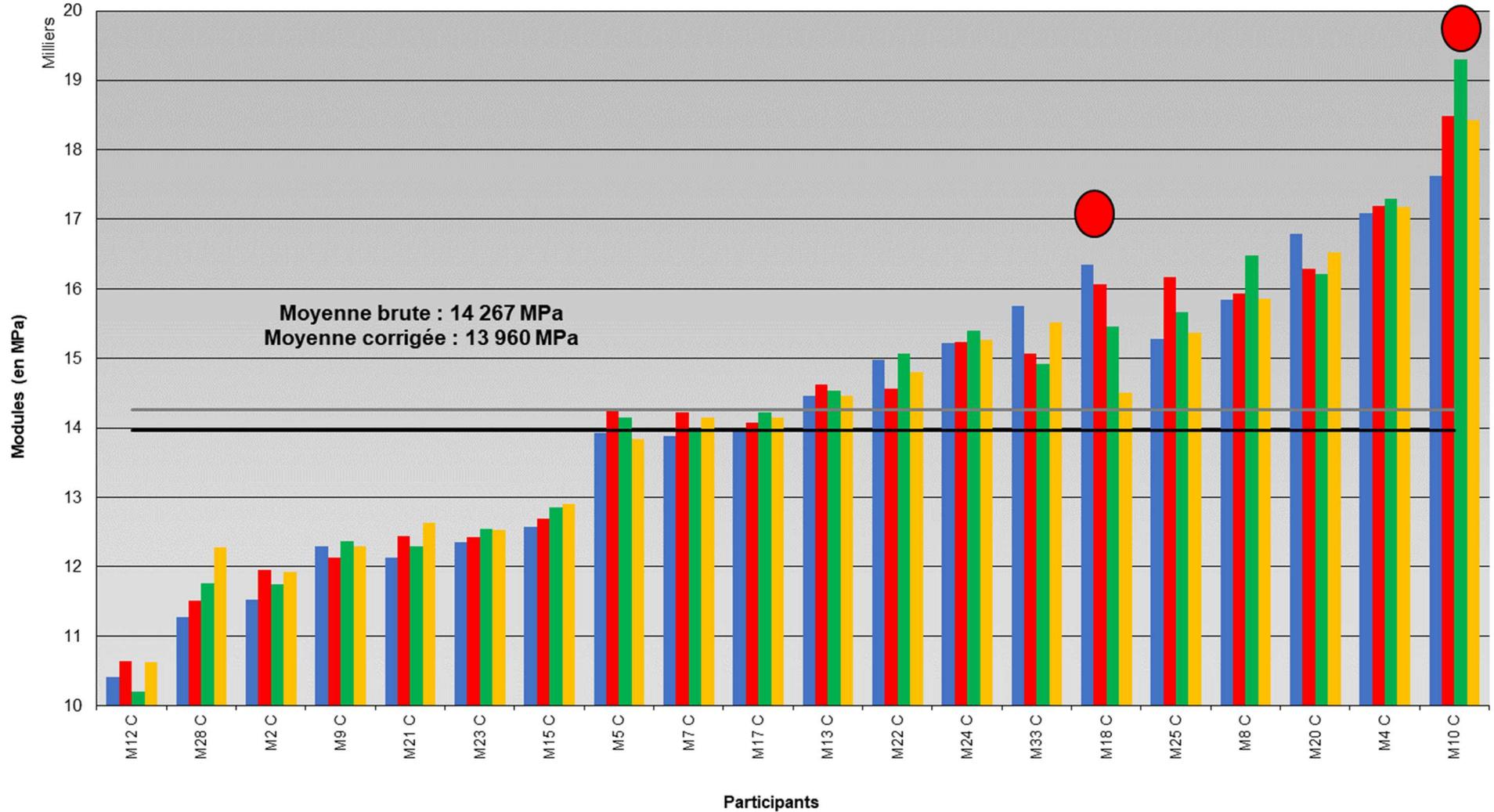
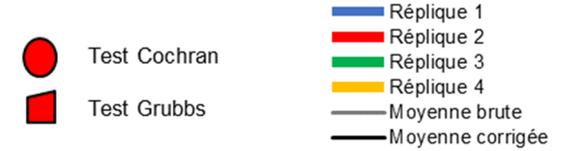


Données corrigées



Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
m = 14 267,11 MPa

**Campagne EAPIC N°8 - Session 2 - Série 17**  
**Mesure du module des enrobés - Méthode C - IT-CY (10°C - 124 ms)**



*Écarts à la moyenne sur les données brutes – Méthode C (10°C - 124 ms)*

**Écart inférieur à 1 écart type**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M17 C	161,11	0,16
M7 C	208,05	0,20
M5 C	223,17	0,21
M13 C	249,27	0,24
M22 C	583,77	0,56
M24 C	1017,89	0,98

**Écart inférieur à 2 écarts types**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M33 C	1048,08	1,01
M18 C	1325,83	1,28
M25 C	1357,58	1,31
M15 C	1511,23	1,46
M8 C	1762,64	1,70
M23 C	1803,55	1,74
M21 C	1894,42	1,82
M9 C	1995,86	1,92

**Écart supérieur à 2 écarts types**

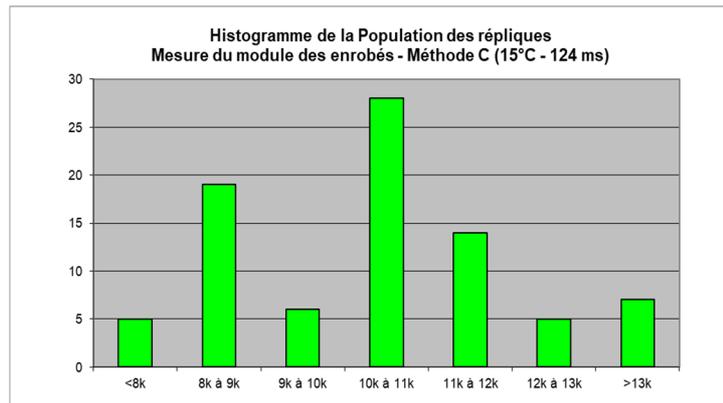
Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M20 C	2185,20	2,10
M2 C	2479,61	2,39
M28 C	2562,98	2,47
M4 C	2914,89	2,81
M12 C	3799,55	3,66
M10 C	4194,39	4,04

# Méthode C – IT-CY (15°C – 124 ms)

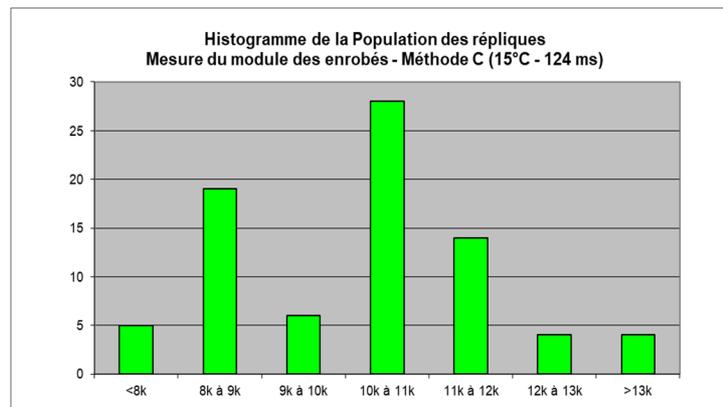
## Représentations graphiques

		Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Données corrigées	Norme NF EN 12697-26 Méthode A	Résultats Session 8.1 Valeurs corrigées
En MPa	Nombre de résultats pris en compte	21	Cochran M10C	20	r = 335	r = 1 187
	Moyenne m	10 400		10 240		
	écart-type répétabilité	218		188		
	répétabilité r	610		526	R = 2 740	R = 8 265
	écart-type reproductibilité	1 883		1 775		
	reproductibilité R	5 272		4 971		

Données brutes



Données corrigées

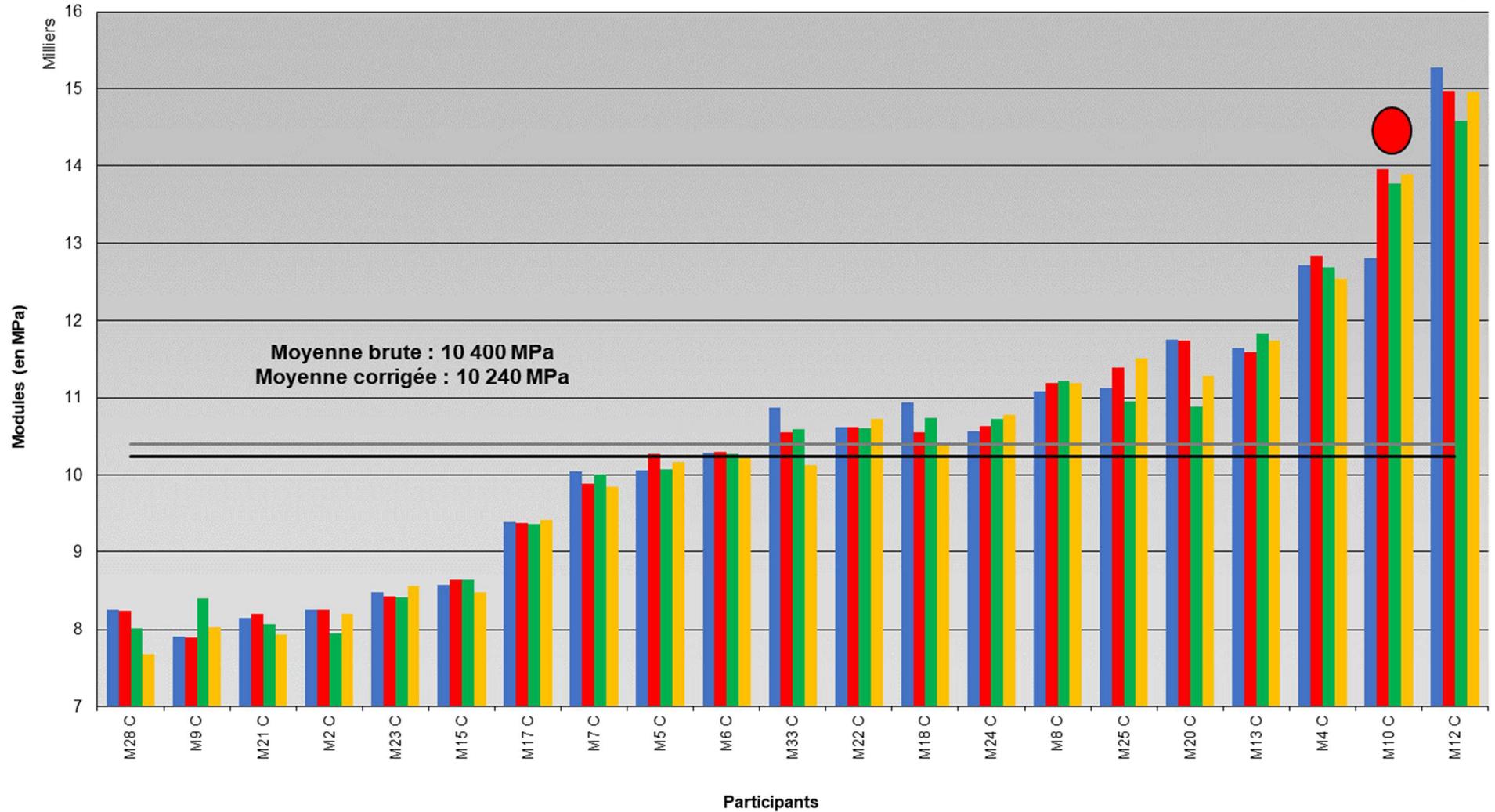


Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
m = 10 400,29 MPa

**Campagne EAPIC N°8 - Session 2 - Série 17**  
**Mesure du module des enrobés - Méthode C - IT-CY (15°C - 124 ms)**

● Test Cochran  
■ Test Grubbs

■ Réplique 1  
■ Réplique 2  
■ Réplique 3  
■ Réplique 4  
— Moyenne brute  
— Moyenne corrigée



*Écarts à la moyenne sur les données brutes – Méthode C (15°C – 124 ms)*

**Écart inférieur à 1 écart type**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M33 C	129,59	0,14
M6 C	130,10	0,14
M22 C	239,15	0,25
M18 C	254,15	0,27
M5 C	256,35	0,27
M24 C	275,97	0,29
M7 C	458,28	0,49
M8 C	764,90	0,81
M25 C	838,53	0,89

**Écart inférieur à 2 écarts types**

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M20 C	1013,84	1,08
M17 C	1023,16	1,09
M13 C	1299,22	1,38
M15 C	1817,78	1,93

**Écart supérieur à 2 écarts types**

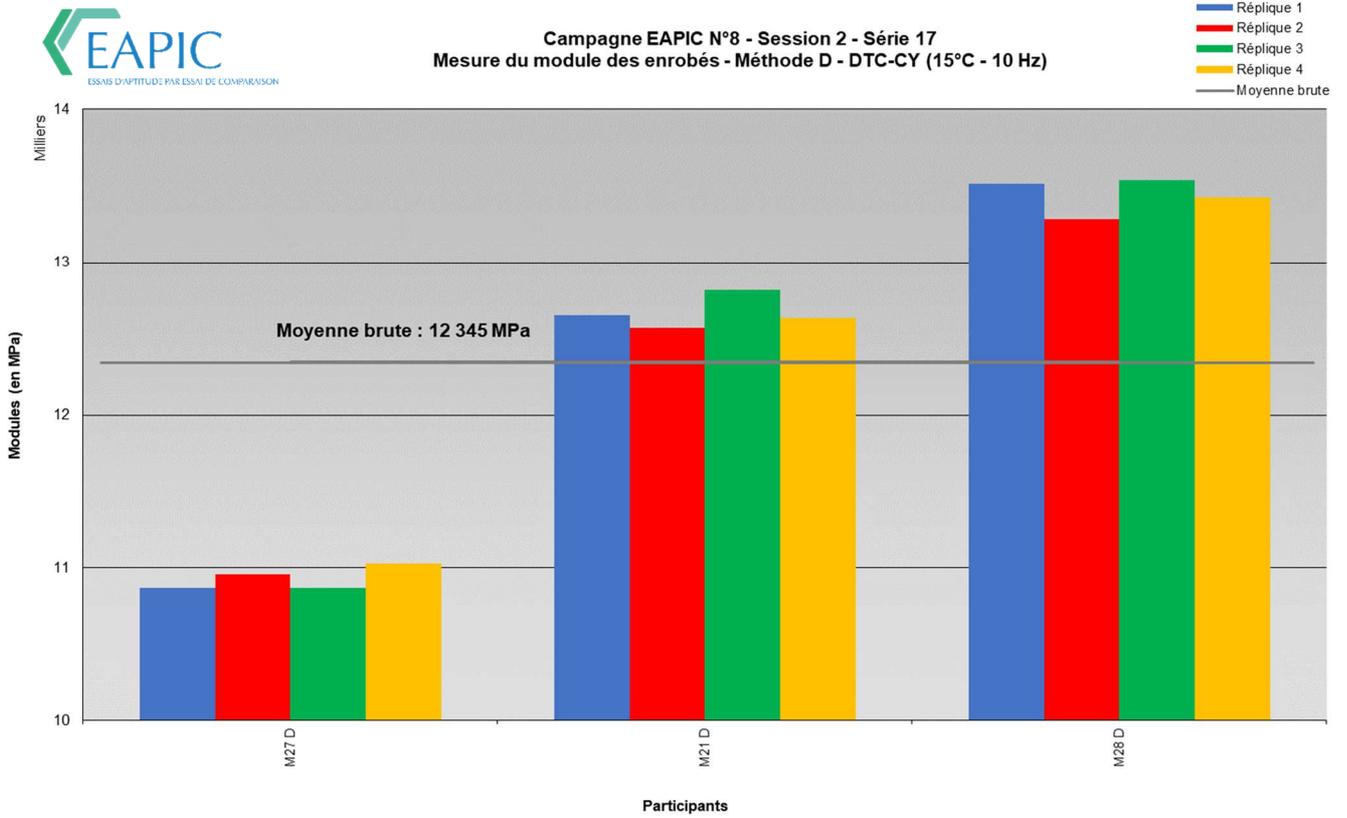
Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
M23 C	1929,47	2,05
M2 C	2237,78	2,38
M4 C	2292,53	2,43
M21 C	2312,91	2,46
M9 C	2344,35	2,49
M28 C	2353,28	2,50
M10 C	3208,84	3,41
M12 C	4546,72	4,83

# Méthode D – DTC-CY (15°C – 10 Hz)

## Représentations graphiques

Nombre de participants : 3

Moyenne : 12 345 MPa



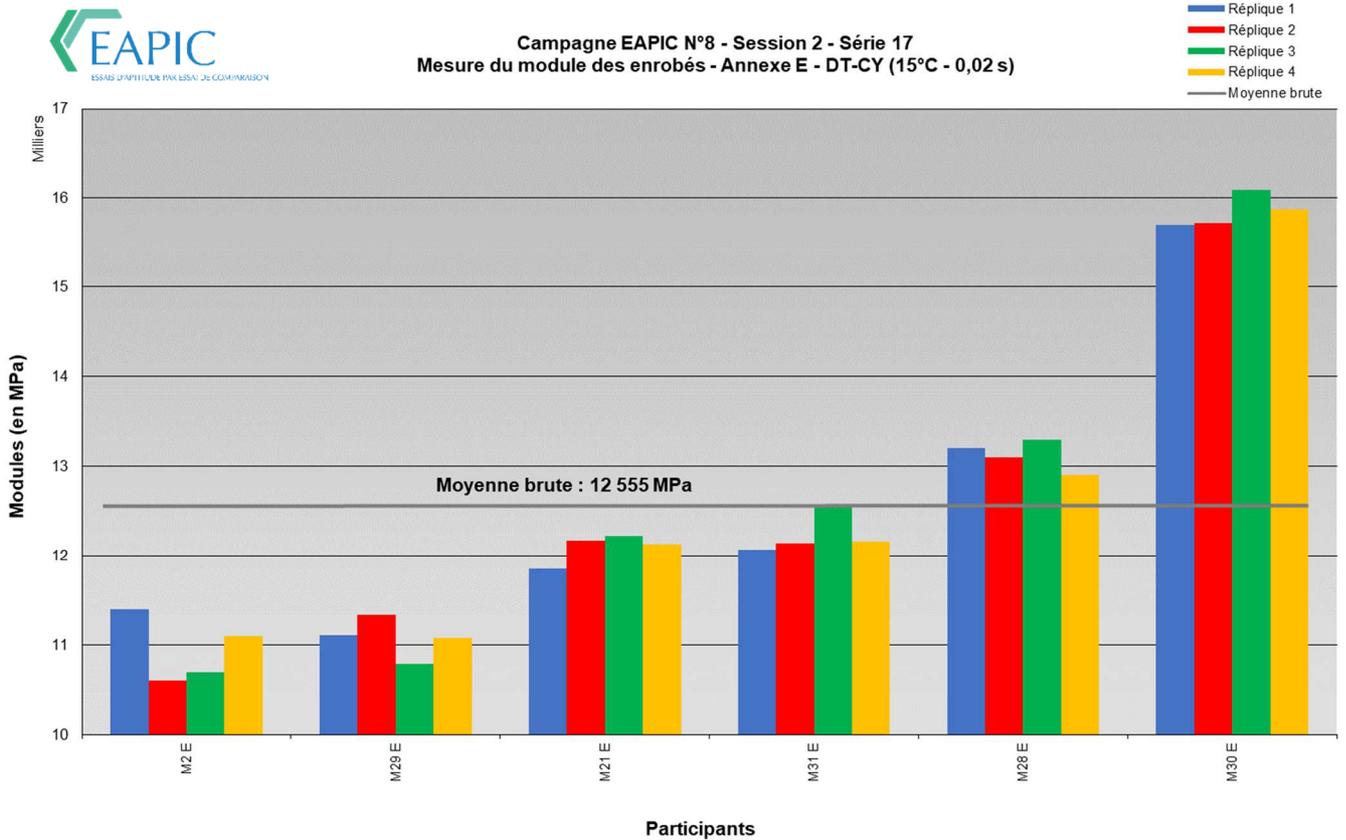
Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
 m = 12 344,78 MPa

# Méthode E - DT-CY (15°C – 0,02 s)

## Représentations graphiques

Nombre de participants : 6

Moyenne : 12 555 MPa



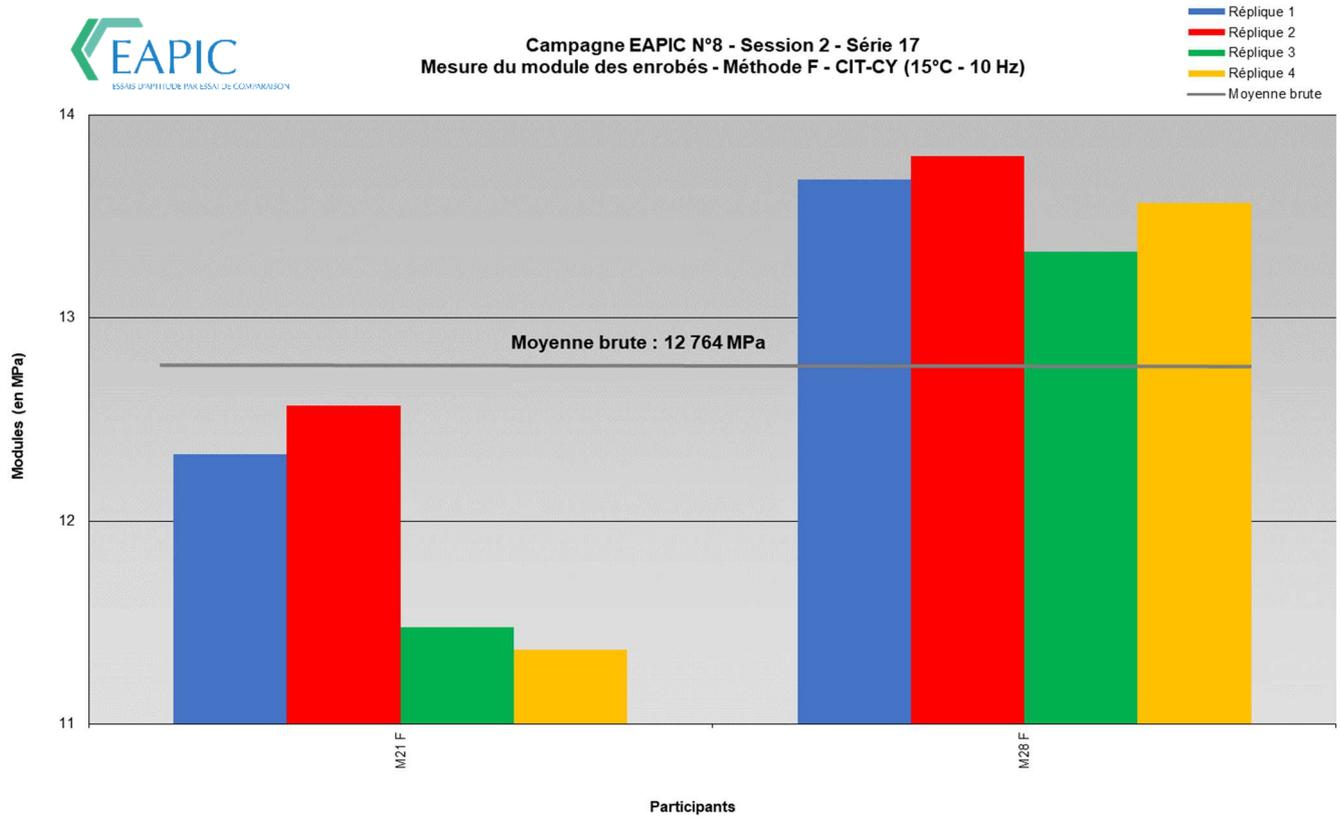
Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
 m = 12 554,58 MPa

## Méthode F - CIT-CY (15°C – 10 Hz)

### Représentations graphiques

Nombre de participants : 2

Moyenne : 12 764 MPa



Données brutes validées par logiciel XLSTAT :  
 $m = 12\,763,81$  MPa

## Organisation de l'EAPIC

Le Groupé Spécialisé « Essais d'Aptitude Par Inter Comparaison » est placé sous l'égide du Comité Opérationnel Qualification Comparaison Inter-Laboratoire (COQC) de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM) présidé par Didier DESMOULINS (par interim) (assistante : Anaïs FERMINE)

Le **Groupe Spécialisé** s'appuie sur la **Cellule Exécutive** pour l'organisation de la campagne d'essais. Le soutien logistique pour la préparation des corps d'épreuve est assuré par les **Laboratoires Supports**.

### *Groupe Spécialisé EAPIC*

**Secrétaire Général** : Michel SAUBOT

#### **Membres :**

BADROUILLET Christophe  
FAUCON-DUMONT Stéphane  
PERIGOIS Stéphanie  
PIOT Géraldine  
PRIEZ Christophe  
SOME Cyrile

### *Cellule Exécutive EAPIC*

**Cerema IDF- Site de Sourdun** : PIOT Géraldine & SOME Cyrile

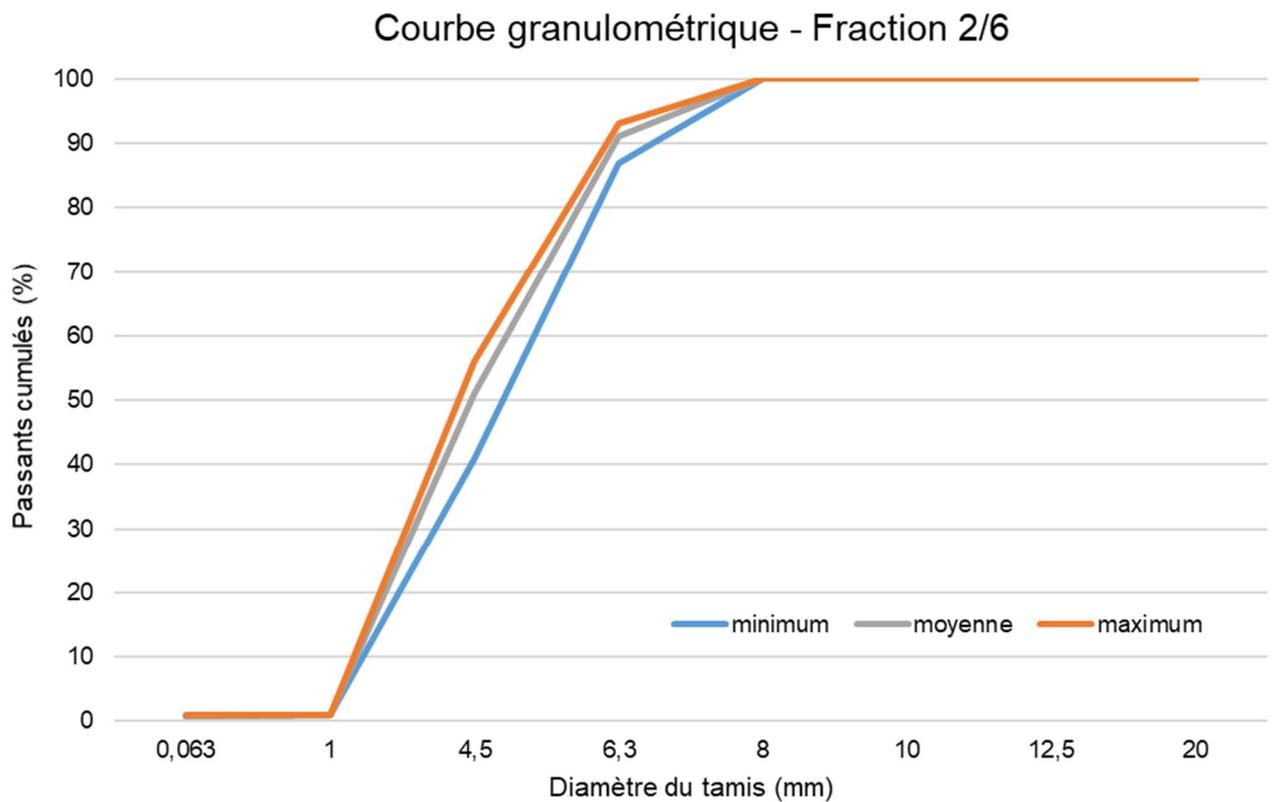
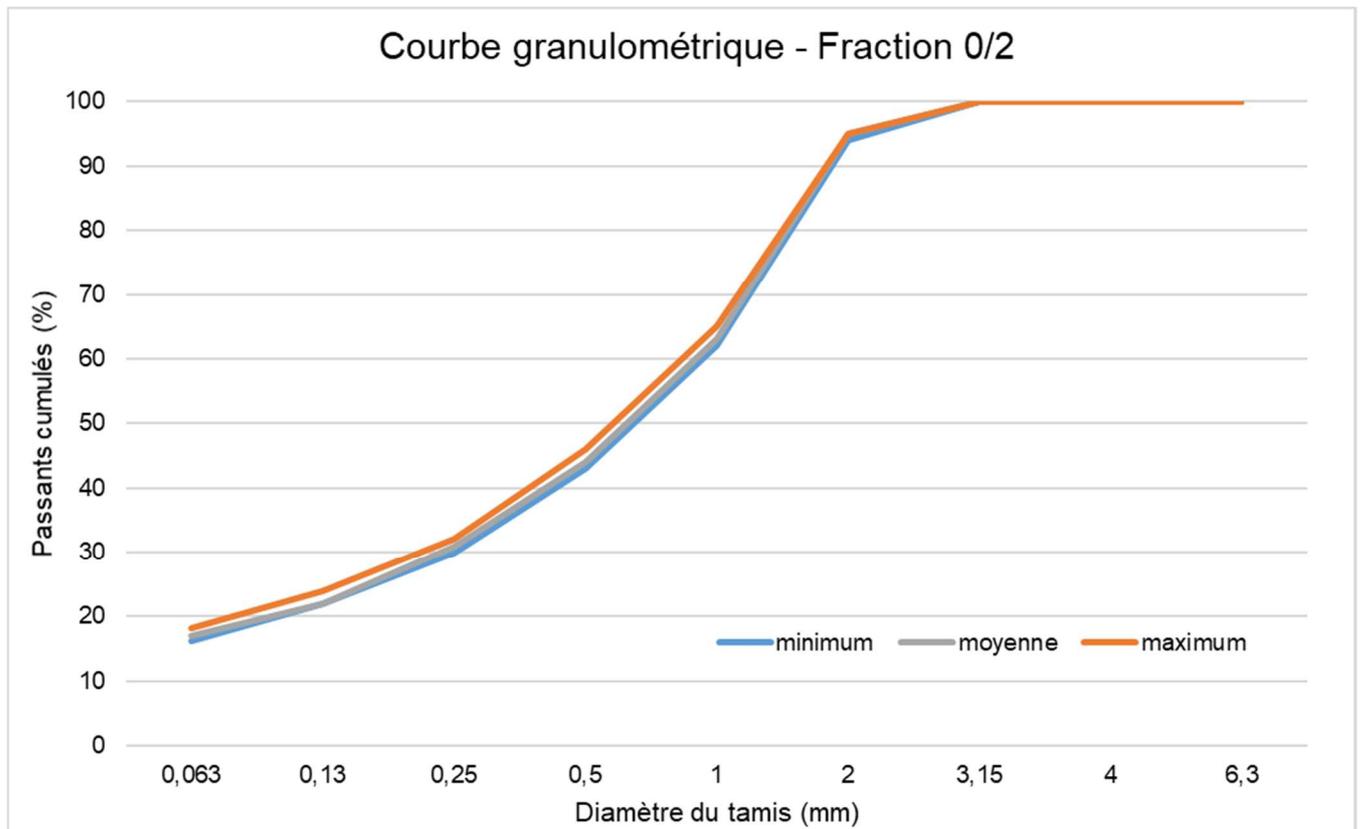
### *Laboratoires Support EAPIC*

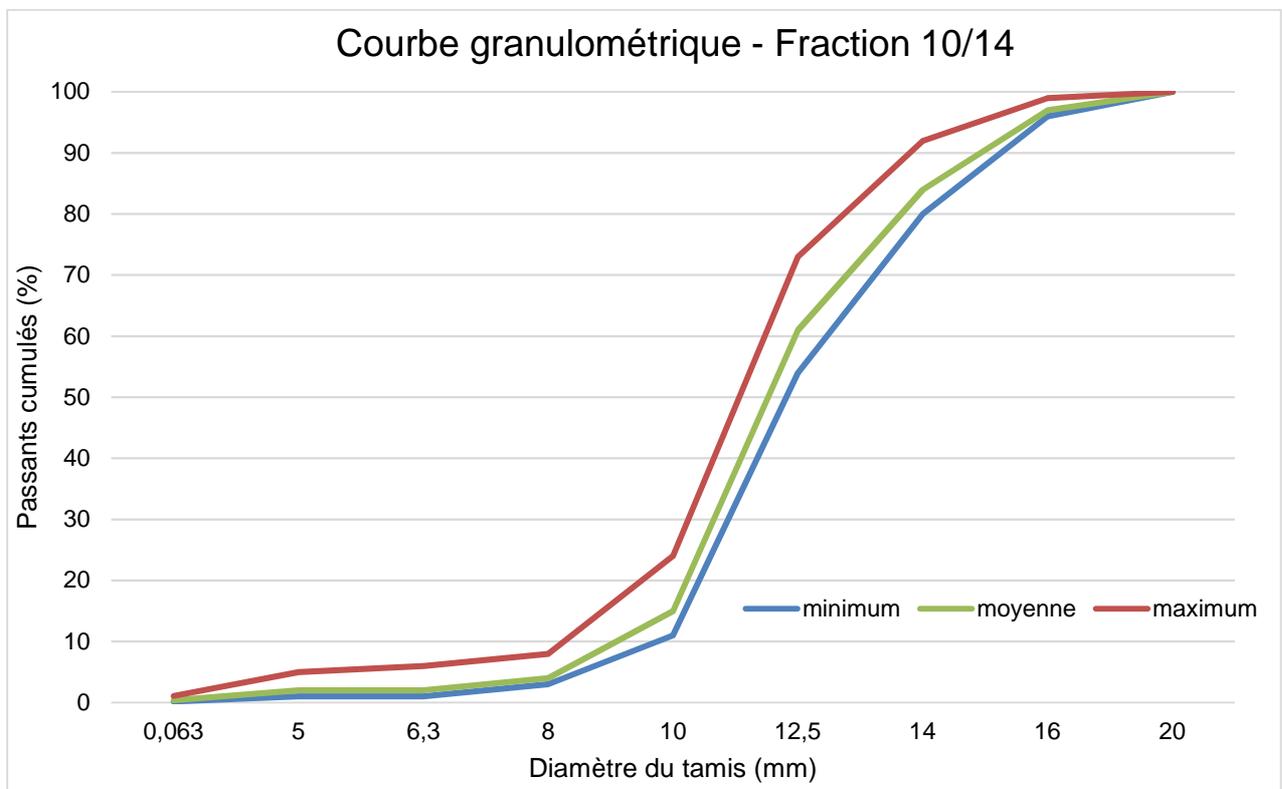
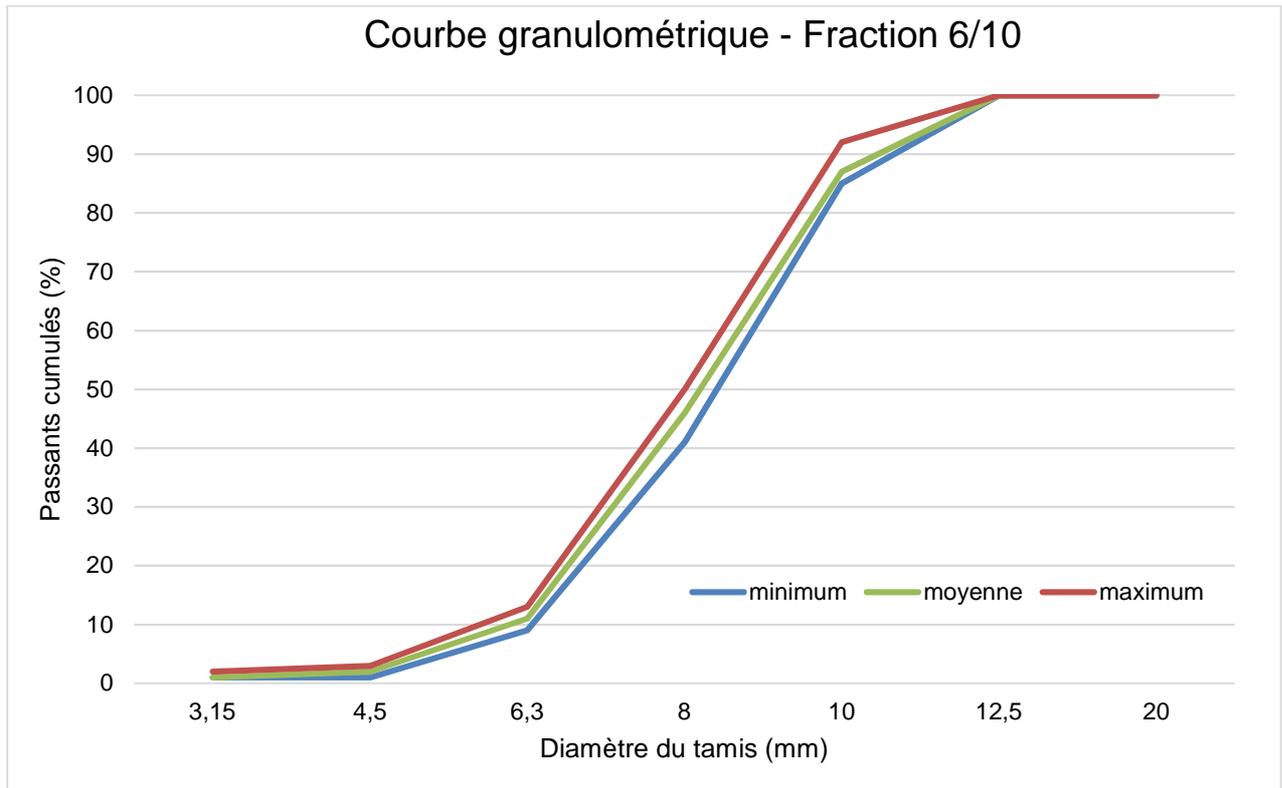
**Cerema Ouest Département Laboratoire d'Angers** : PERIGOIS Stéphanie  
**Cerema Centre Est Département Laboratoire d'Autun** : BADROUILLET Christophe

## *Annexes*

- Courbes granulométriques
- Détermination du pourcentage de vides au banc gamma
- Bilan financier

## Courbes granulométriques



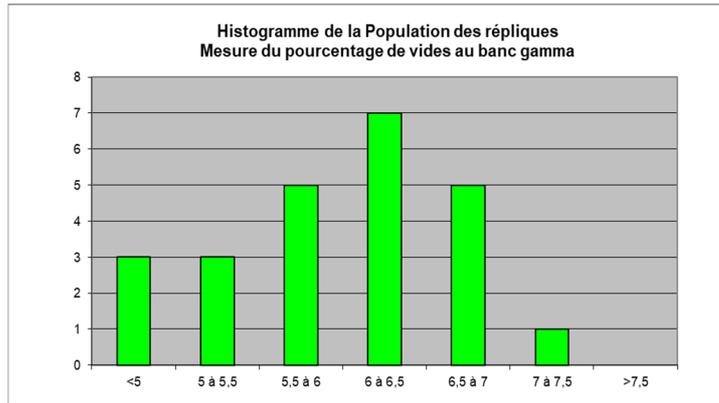


# Détermination du pourcentage de vides au banc gamma

## Représentations graphiques

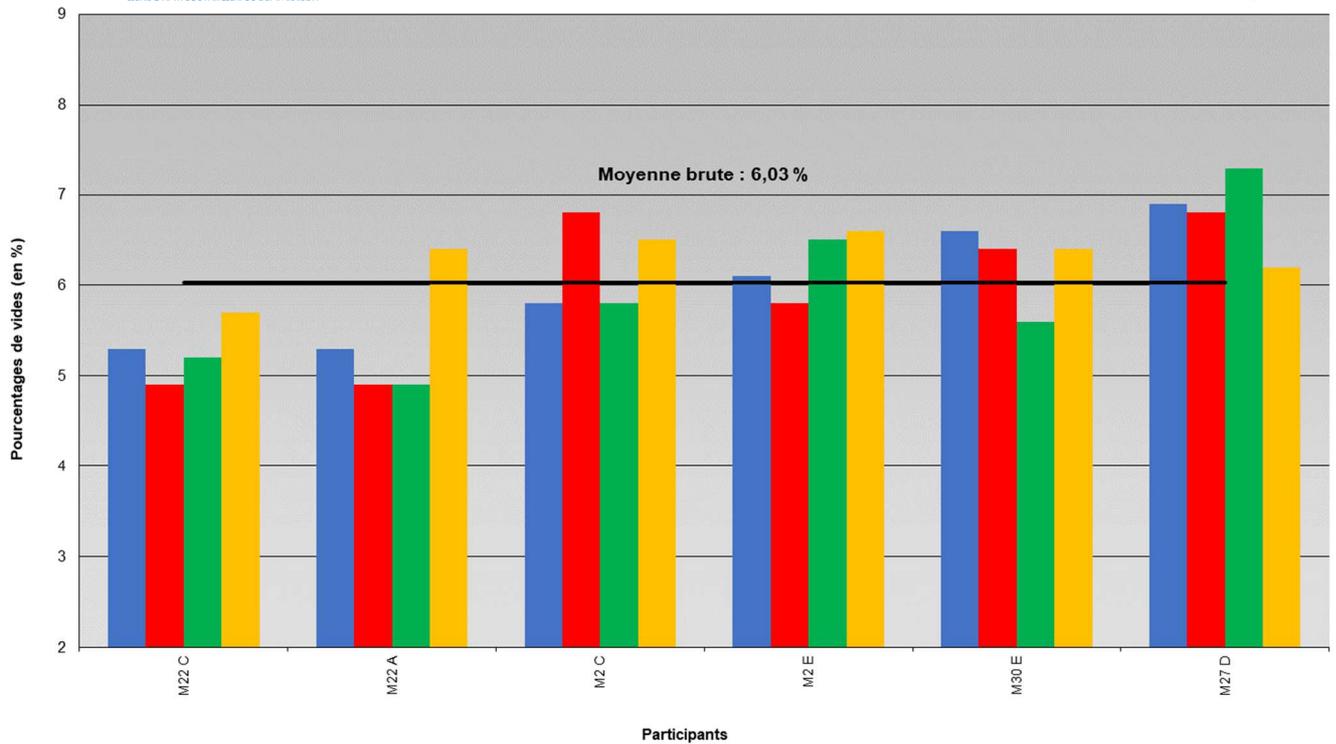
Nombre de participants : 6  
Moyenne : 6,03 %

### Données brutes



### Campagne EAPIC N°8 - Session 2 - Série 17 Détermination du pourcentage de vides Méthode banc gamma

■ Réplique 1  
■ Réplique 2  
■ Réplique 3  
■ Réplique 4  
— Moyenne brute



## Bilan financier

