

RAPPORT DE PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

N° 7.2.20

Concernant l'essai

**Détermination du coefficient de polissage accéléré des
granulats**

Selon la norme
NF EN 1097-8 d'avril 2020



Établi le 6 septembre 2022 par G. PIOT - Cellule Exécutive de l'EAPIC
Cerema IDF – Département Infrastructures Risques et Matériaux
120 route de Paris - BP 216 Sourdun
77487 PROVINS Cedex

Préambule

Après la série EAPIC 19 consacrée à la détermination de l'orniérage des enrobés bitumineux (NF EN 12697-22), cette série porte sur la détermination du coefficient de polissage accéléré des granulats (NF EN 1097-8 avril 2020).

Des essais EAPIC s'étaient déjà portés sur cette méthode en 2010/2011 (EAPIC 11) sur la version de décembre 2009. Ils avaient mis en évidence des problèmes de répétabilité et de reproductibilité. Dans le cadre de la nouvelle version de la norme parue en avril 2020, cette campagne s'est naturellement imposée.

Tout comme dans les dernières séries, un questionnaire a été joint aux résultats pour construire une base de données anonyme et lister des éléments potentiels de différenciation entre les participants, qui sera proposée à la Commission de Normalisation des GRANulats (CN GRA). Cette analyse complémentaire pourrait permettre des évolutions dans un projet futur d'amélioration de la norme.

Cette campagne compte 18 laboratoires inscrits contre 17 laboratoires en 2011. Près de 75 % des laboratoires ont répondu dans les délais. Au final, 17 participants ont transmis leurs résultats.

Pour cette série, 3 granulats différents ont été retenus avec respectivement des valeurs de polissage accéléré visées proches de 44, entre 50 et 52 et proches de 60.

A noter :

- la préparation des matériaux (déplatage) était à la charge de chaque participant
- la pierre de référence utilisée est la pierre française.

Enfin, c'est maintenant presque une tradition : la traduction prochaine en anglais de ce rapport permettra la diffusion et l'utilisation de son contenu dans les échanges internationaux relatifs à l'essai du coefficient de polissage accéléré des granulats.

Cordialement,

Pour EAPIC,



Frédéric DELFOSSE

Sommaire (A METTRE A JOUR)

Organisation de la session et recueil des données.....	4
Préparation et expédition des échantillons	5
Vérification de l'homogénéité des échantillons de granulats.....	6
Éléments de différenciation entre les participants.....	7
Traitement des données	8
Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau A.....	10
Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau B.....	13
Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau C.....	16
Organisation de l'EAPIC	19
Annexes.....	20
• Bilan financier.....	21
• Détermination de la valeur de polissage accélérée de la pierre de référence	22

Organisation de la session et recueil des données

Des lots homogénéisés de constituants sont fournis aux laboratoires participants. Ceux-ci doivent déterminer le coefficient de polissage accéléré des granulats pour 3 types de granulats, selon la norme NF EN 1097-8 d'avril 2020 « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 8 : détermination du coefficient de polissage accéléré ».

Un plan des roues avec positionnement des plaquettes de granulats a été fourni.

La campagne s'est déroulée de la façon suivante :

- Inscription des laboratoires de mi-juin 2021 à mi-août 2021 ;
- Confirmation d'inscription des laboratoires et engagement de la série en octobre 2021 ;
- Expédition des échantillons début décembre 2021 ;
- Transmission des résultats des laboratoires participants au plus tard le 01 avril 2022.

Le nombre de participants inscrits à cette série est de 18 laboratoires.

72% des résultats ont été transmis dans le respect du délai.

17 participants ont transmis leurs résultats.

- Production du rapport de présentation des résultats pour l'été 2022.

Préparation et expédition des échantillons

Laboratoire Support : Cerema Ouest – Agence d'Angers

Les matériaux

Chaque participant a reçu une palette avec les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation de ses essais.

Chaque palette est composée des matériaux suivants :

- 3 sacs de 10 kg de matériau A ;
- 3 sacs de 25 kg de matériau B ;
- 3 sacs de 25 kg de matériau C ;
- 1 seau de 10 kg de pierre de référence (*)

(*) Conformément à la note du BNTRA CN Granulats du 17/06/2020, l'utilisation de la pierre française de référence « Carrières et Matériaux » du site de Corbigny (58) a été validée en substitution de la pierre de référence allemande (Herrnholzer), suite à une campagne d'essais inter-laboratoires UNPG impliquant 18 laboratoires. L'évaluation de la valeur de référence pour cette nouvelle pierre de référence a été fixée à 54,5 points \pm 3.

Les granulats proviennent d'un stock unique. Chaque granulats a fait l'objet d'une vérification de l'homogénéité par le Laboratoire Support Cerema Centre Est – Agence d'Autun.

Préparation

Pour réaliser cette série, le Cerema Ouest - Agence d'Angers a réceptionné et alloti :

- 110 sacs de 10 kg de matériau A ;
- 110 sacs de 25 kg de matériau B ;
- 110 sacs de 25 kg de matériau C ;
- 20 seaux de 10 kg de pierre de référence.

Expédition des matériaux

L'envoi des matériaux a été réalisé par le Cerema Ouest - Agence d'Angers. L'ensemble des sacs nécessaires pour mener la série a été mis en place sur palette avant expédition.

Vérification de l'homogénéité des échantillons de granulats

Laboratoire Support : Cerema Centre Est - Agence d'Autun

Afin de vérifier que l'ensemble des échantillons granulaires est homogène, il est appliqué les dispositions de l'annexe B de la norme NF ISO 13528 d'octobre 2015 (version corrigée française de décembre 2016) qui donne une méthode statistique utilisée dans les essais d'aptitude par comparaison inter-laboratoires. 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 σ_{PT} . Les échantillons sont considérés comme répondant au critère d'homogénéité si $S_s \leq 0,3 \times \sigma_{PT}$.

Le critère d'homogénéité retenu par la Cellule Exécutive EAPIC est la masse volumique réelle préséchée des granulats sur la fraction 6/10, déterminée selon la norme NF EN 1097-6 Annexe A, de janvier 2014.

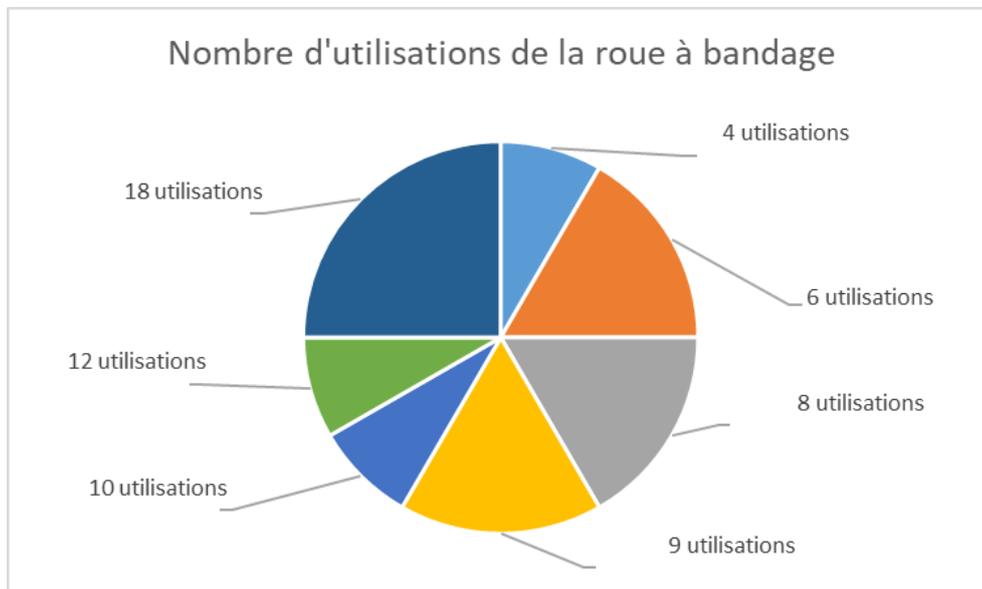
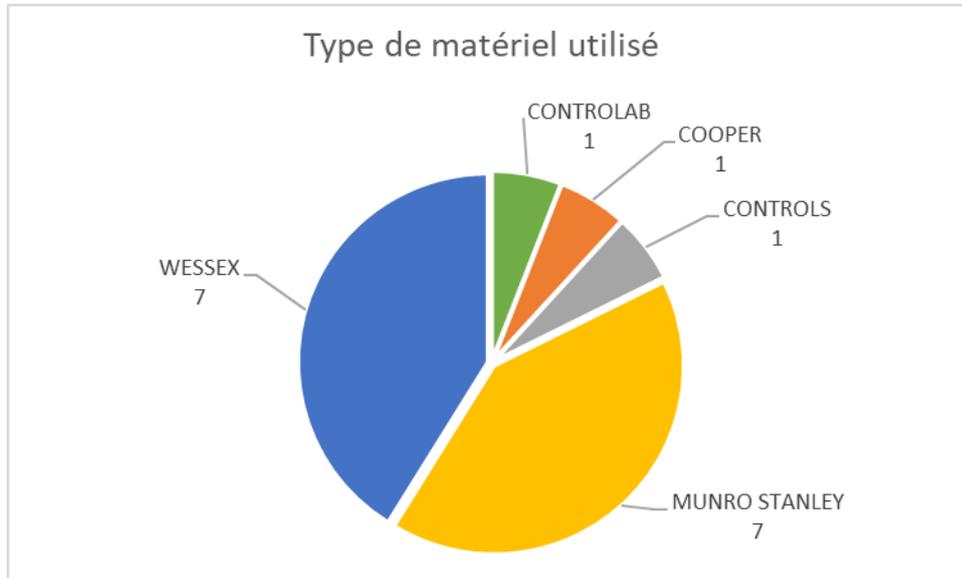
Pour chaque sac, les valeurs de l'écart-type inter-échantillon sont comparées à l'estimation du critère d'homogénéité $0,3 \times \sigma_{PT}$.

	MVR (kg/L) Matériau A	MVR (kg/L) Matériau B	MVR (kg/L) Matériau C
Moyenne	2,717	2,904	2,699
r	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$9,53 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$
R	$3,76 \cdot 10^{-6}$	$8,54 \cdot 10^{-5}$	$6,68 \cdot 10^{-6}$
σ_r	$2,12 \cdot 10^{-3}$	$9,76 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
σ_R	$1,94 \cdot 10^{-3}$	$9,24 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-3}$
$0,3 \times \sigma_{PT}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,84 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$
Ecart-type Inter-échantillons S_s	$7,39 \cdot 10^{-7}$	$9,99 \cdot 10^{-6}$	$5,08 \cdot 10^{-6}$
Validation $S_s \leq 0,3 \times \sigma_{PT}$	Condition vérifiée	Condition vérifiée	Condition vérifiée

Pour chacun des tests, le critère est satisfait.

On peut donc conclure que les échantillons granulaires sont homogènes.

Éléments de différenciation entre les participants



Traitement des données

Le traitement des données s'appuie sur la série des normes NF 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 ensuite vérifiés à l'aide du logiciel XLSTAT.

Représentation graphique

Les résultats bruts sont représentés sous forme d'histogrammes qui expriment les résultats obtenus par les laboratoires participants. Les moyennes brutes et corrigées (après retrait des résultats aberrants) sont placées sur le graphique.

Tests statistiques

Les tests statistiques suivants sont appliqués successivement sur les résultats bruts :

- Tests de Mandel h et k : identification des différences aux niveaux des échantillons
 - la statistique h de cohérence interlaboratoires (au niveau de la moyenne)
 - la statistique k de cohérence intralaboratoire (au niveau de la variance)
- Tests de Cochran et Grubbs :
 - test de Cochran (variabilité intralaboratoire) : détection de la dispersion aberrante, au sens statistique des résultats dans un laboratoire ;
 - test de Grubbs simple ou éventuellement double (variabilité interlaboratoires) : 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, calculé selon la norme NF ISO 13528 d'octobre 2015, désigne le nombre d'écart-types qui se trouve au-dessus ou en dessous de la moyenne de la population.

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

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

où :

z est le z-score

X est la moyenne du laboratoire

μ est la moyenne de la population brute

σ est l'écart-type de la population brute

Détermination du coefficient de polissage accéléré PSV

Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau A

Représentations graphiques

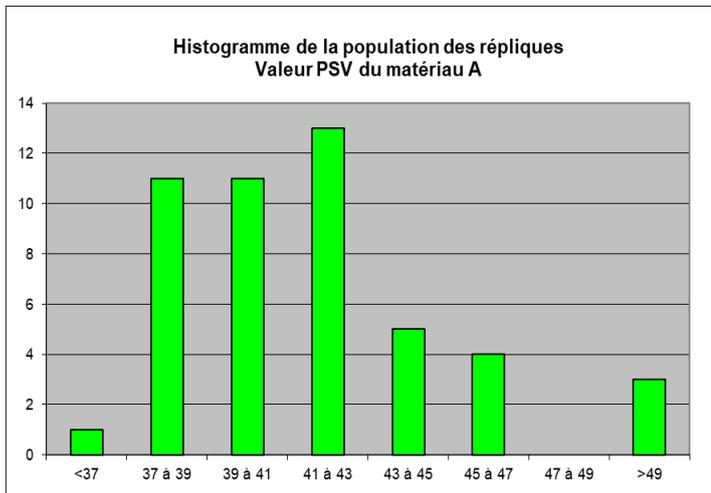
	Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Données corrigées	Série antérieure Série 11 (*) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau A)	Norme 1097-8 de décembre 2009 (**) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau A)
Nombre de résultats pris en compte	16	h Mandel : PSV16	15	r = 2,6	r = 2,0
Moyenne m	41,7		41,1		
écart-type répétabilité	1,2		1,2		
répétabilité r	3,4		3,4	R = 11,0	R = 5,0
écart-type reproductibilité	3,4		2,6		
reproductibilité R	9,7		7,2		

(*) Série réalisée selon la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009.

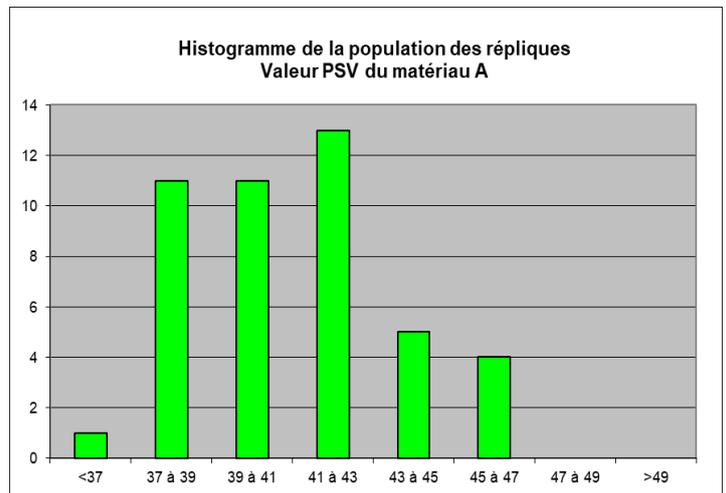
(**) La norme NF EN 1097-8 d'avril 2020 ne précise pas de valeurs de r et R. Les valeurs ci-présentes sont issues de la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009, Annexe E.3 Tableau E.1.

Les résultats du laboratoire PSV15 ne sont pas pris en compte dans le traitement statistique (une seule réplique réalisée). Ses résultats sont indiqués dans le graphe de synthèse.

Données brutes

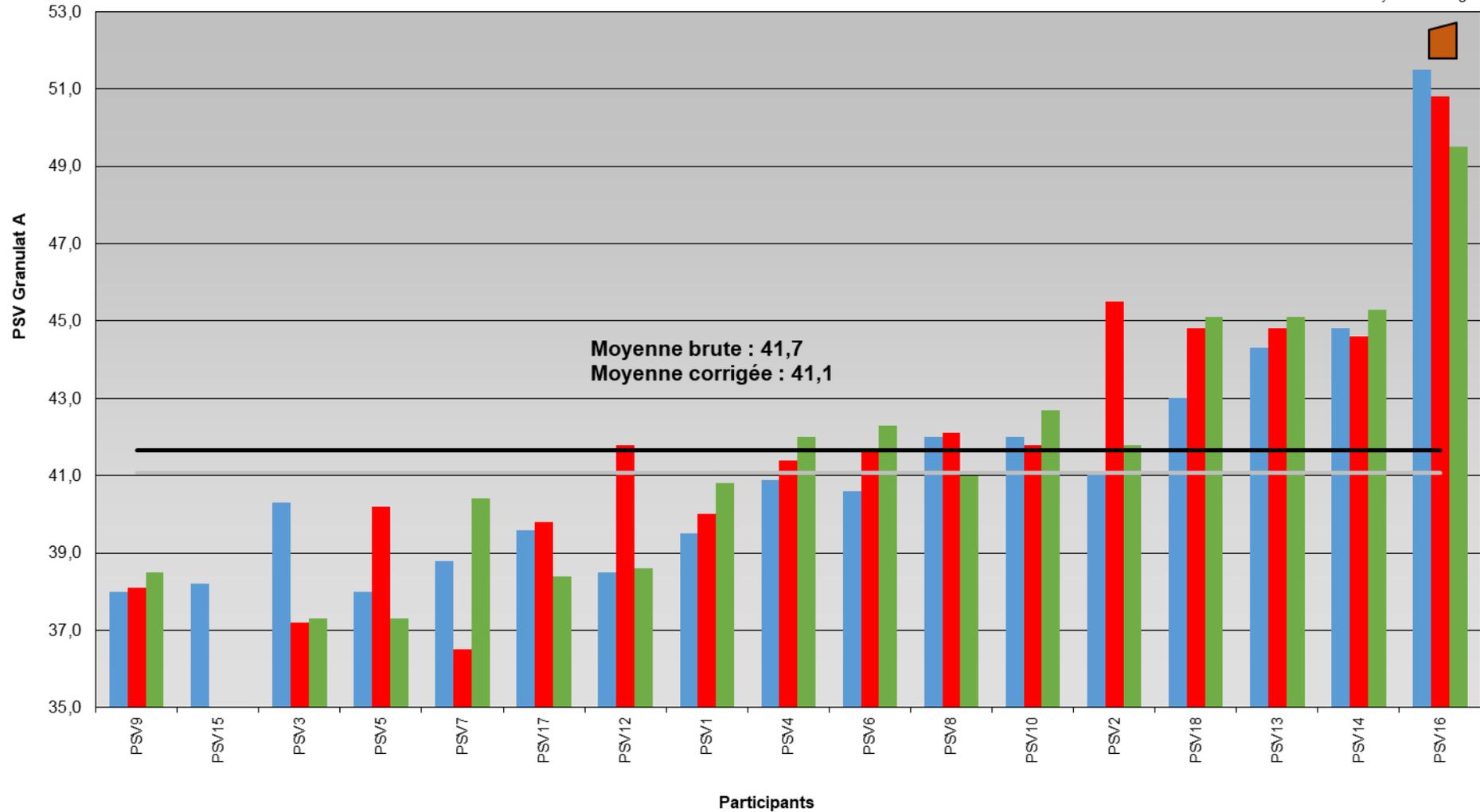


Données corrigées



Campagne EAPIC N°7- Session 2 - Série 20
Valeur PSV du granulat A

- Test Cochran (intra-laboratoire)
- Test k Mandel (intra-laboratoire)
- Réplique 1
- Test Grubbs (inter-laboratoire)
- Test h Mandel (inter-laboratoire)
- Réplique 2
- Réplique 3
- Moyenne brute
- Moyenne corrigée



Écarts à la moyenne et valeurs de Z-score sur les données brutes

Écart inférieur à 1 écart type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV8	0,03	0,01
PSV6	0,14	0,04
PSV4	0,24	0,07
PSV10	0,50	0,14
PSV2	1,13	0,33
PSV1	1,57	0,45
PSV12	2,04	0,59
PSV17	2,40	0,70
PSV18	2,63	0,76
PSV13	3,06	0,89
PSV7	3,10	0,90
PSV5	3,17	0,92
PSV14	3,23	0,94
PSV3	3,40	0,99

Écart supérieur à 1 écart-type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV9	3,47	1,01

Écart supérieur à 2 écarts-types

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV16	8,93	2,59

Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau B

Représentations graphiques

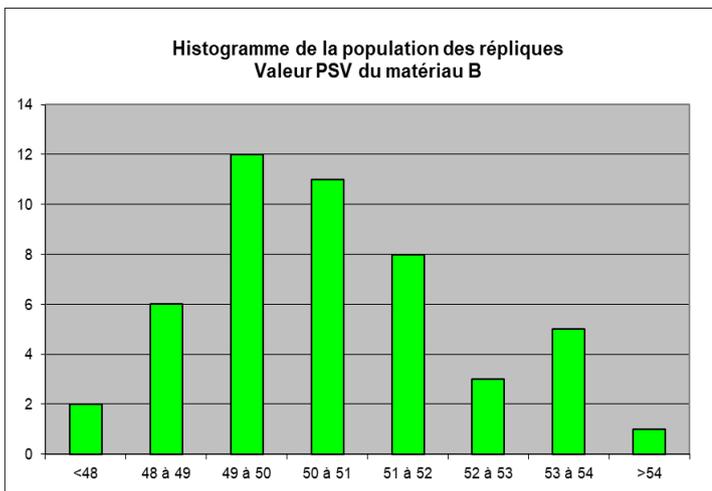
	Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Données corrigées	Série antérieure Série 11 (*) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau B)	Norme 1097-8 de décembre 2009 (**) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau B)
Nombre de résultats pris en compte	16	k Mandel PSV2 PSV17	14	r = 2,4	r = 2,1
Moyenne m	50,6		50,6		
écart-type répétabilité	1,1		0,7		
répétabilité r	3,0		2,1	R = 8,2	R = 4,8
écart-type reproductibilité	1,7		1,7		
reproductibilité R	4,8		4,7		

(*) Série réalisée selon la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009.

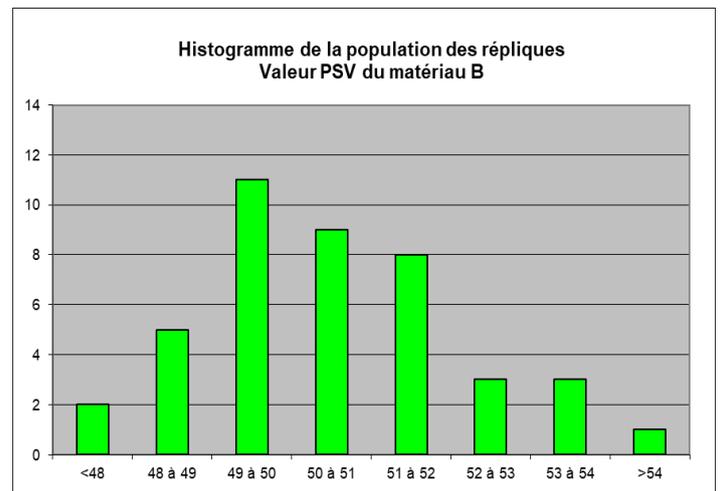
(**) La norme NF EN 1097-8 d'avril 2020 ne précise pas de valeurs de r et R. Les valeurs ci-présentes sont issues de la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009, Annexe E.3 Tableau E.1.

Les résultats du laboratoire PSV15 ne sont pas pris en compte dans le traitement statistique (une seule réplique réalisée). Ses résultats sont indiqués dans le graphe de synthèse.

Données brutes

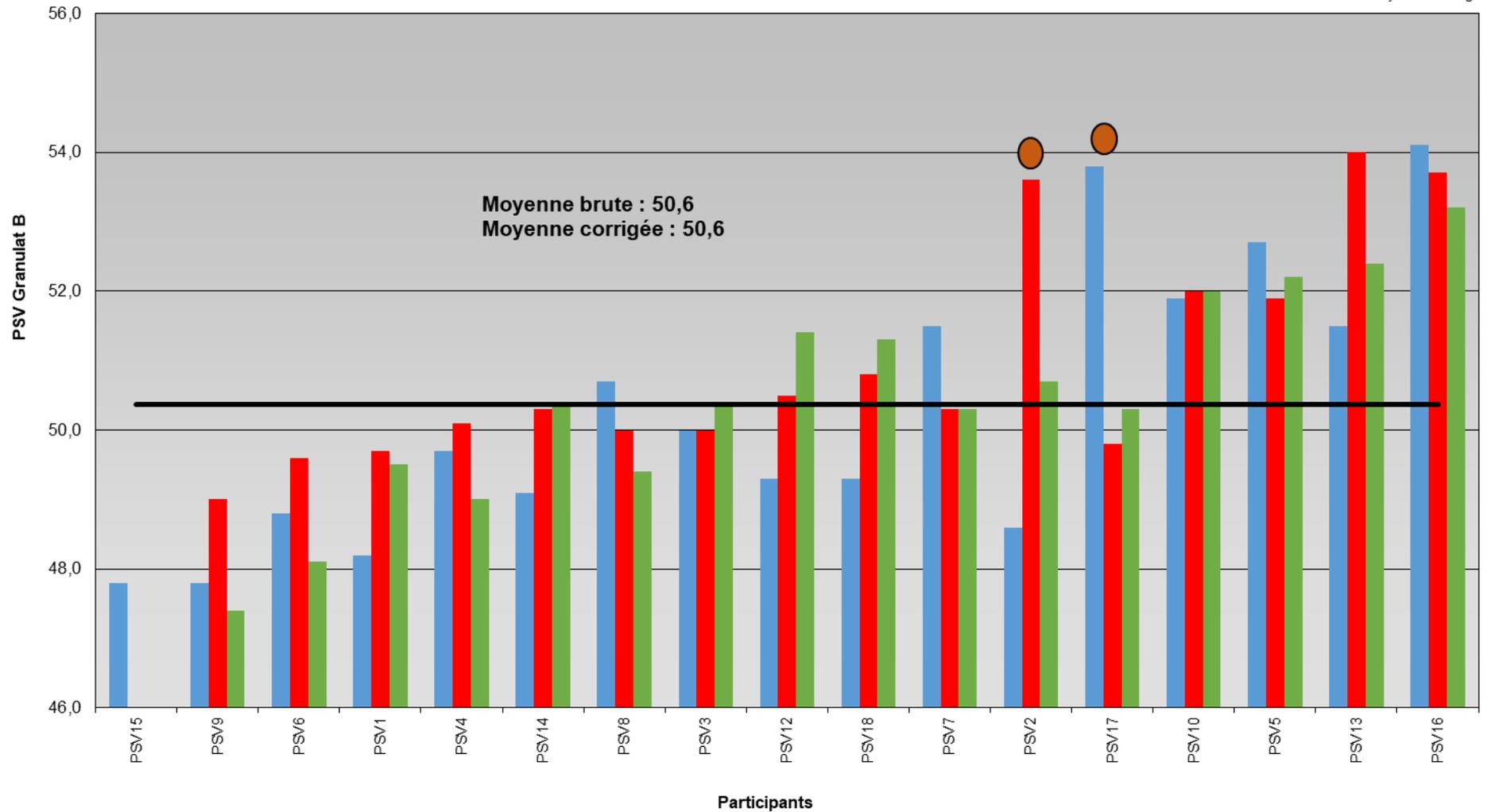


Données corrigées



Campagne EAPIC N°7- Session 2 - Série 20
Valeur PSV du granulat B

- Test Cochran (intra-laboratoire)
- ▬ Test Grubbs (inter-laboratoire)
- Test k Mandel (intra-laboratoire)
- ▬ Test h Mandel (inter-laboratoire)
- ▬ Réplique 1
- ▬ Réplique 2
- ▬ Réplique 3
- ▬ Moyenne brute
- ▬ Moyenne corrigée



Écarts à la moyenne et valeurs de Z-score sur les données brutes

Écart inférieur à 1 écart type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV7	0,07	0,04
PSV18	0,16	0,10
PSV12	0,23	0,13
PSV2	0,34	0,20
PSV3	0,50	0,29
PSV8	0,60	0,35
PSV17	0,67	0,39
PSV14	0,70	0,41
PSV4	1,03	0,60
PSV10	1,34	0,78
PSV1	1,50	0,87
PSV5	1,64	0,95

Écart supérieur à 1 écart type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV6	1,80	1,05
PSV13	2,00	1,16
PSV9	2,56	1,49
PSV16	3,04	1,76

Détermination du coefficient de polissage accéléré du matériau C

Représentations graphiques

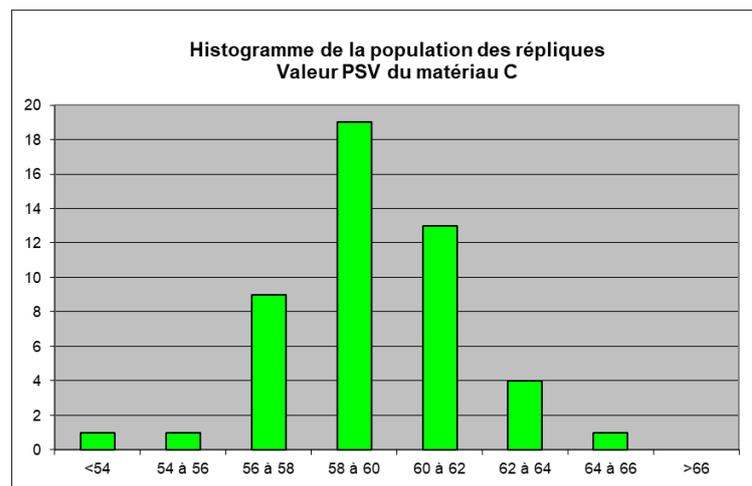
	Données brutes	Résultats écartés par les tests statistiques	Série antérieure Série 11 (*) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau C)	Norme 1097-8 de décembre 2009 (**) (Pour un matériau avec un PSV se rapprochant le plus du Matériau C)
Nombre de résultats pris en compte	16	Aucun	$r = 2,3$	$r = 3,0$
Moyenne m	59,4			
écart-type répétabilité	1,4			
répétabilité r	3,8			
écart-type reproductibilité	2,3			
reproductibilité R	6.4			

(*) Série réalisée selon la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009.

(**) La norme NF EN 1097-8 d'avril 2020 ne précise pas de valeurs de r et R. Les valeurs ci-présentes sont issues de la norme NF EN 1097-8 de décembre 2009, Annexe E.3 Tableau E.1.

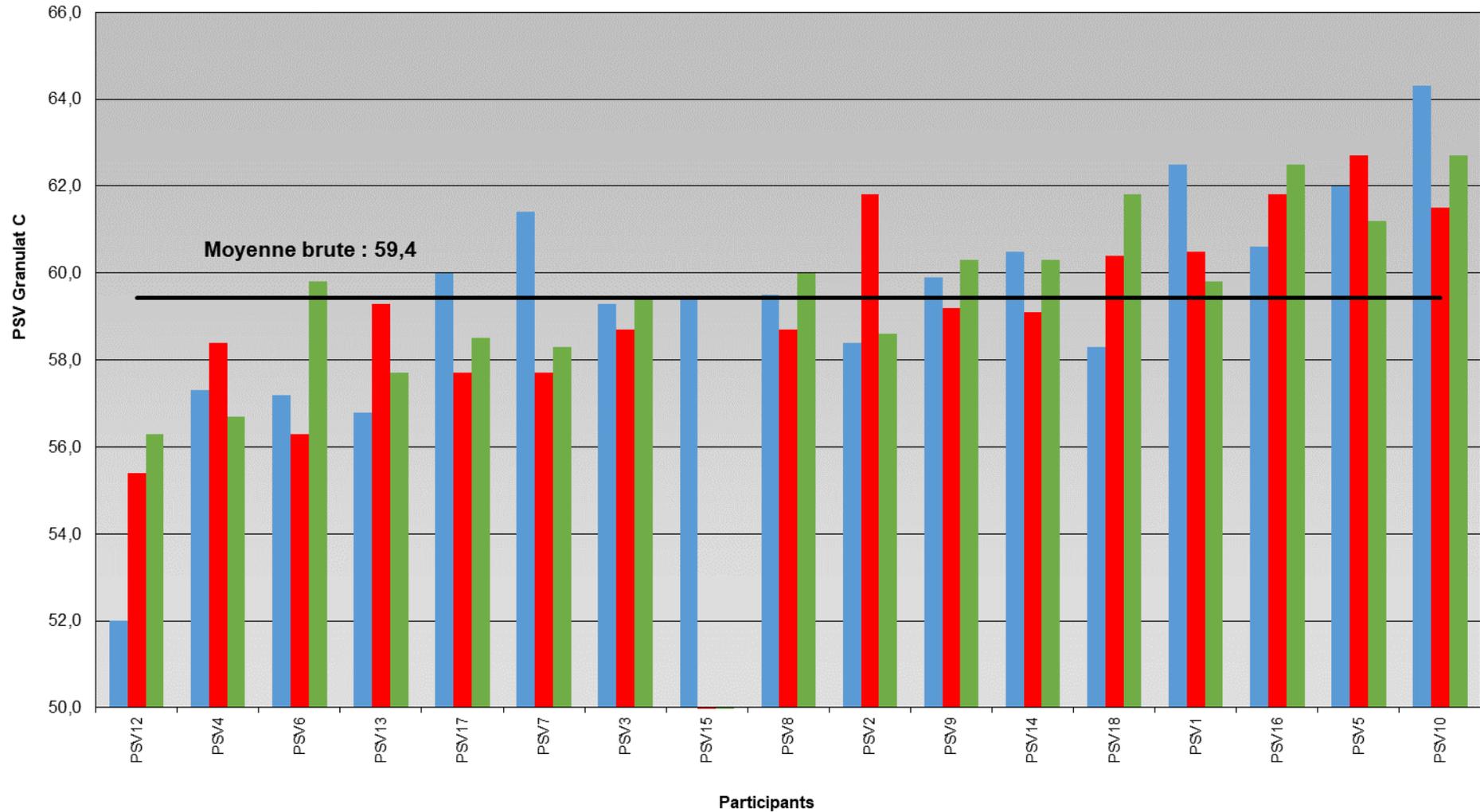
Les résultats du laboratoire PSV15 ne sont pas pris en compte dans le traitement statistique (une seule réplique réalisée). Ses résultats sont indiqués dans le graphe de synthèse.

Données brutes



Campagne EAPIC N°7- Session 2 - Série 20
Valeur PSV du granulat C

- Test Cochran (intra-laboratoire)
- Test k Mandel (intra-laboratoire)
- Réplique 1
- Réplique 2
- Réplique 3
- Moyenne brute
- Test Grubbs (inter-laboratoire)
- Test h Mandel (inter-laboratoire)



Écarts à la moyenne et valeurs de Z-score sur les données brutes

Écart inférieur à 1 écart type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV8	0,04	0,02
PSV2	0,16	0,07
PSV3	0,31	0,13
PSV7	0,31	0,13
PSV9	0,36	0,16
PSV14	0,53	0,23
PSV17	0,71	0,31
PSV18	0,73	0,32
PSV1	1,49	0,66
PSV13	1,51	0,66
PSV6	1,67	0,73
PSV4	1,97	0,87
PSV16	2,19	0,96

Écart supérieur à 1 écart type

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV5	2,53	1,11
PSV10	3,39	1,49

Écart supérieur à 2 écarts types

Code résultats	Écart à la moyenne	Z-Score
PSV12	4,87	2,14

Organisation de l'**EAPIC**

Le Groupé Spécialisé « Essais d'Aptitude Par Inter Comparaison » est placé sous l'égide du Comité Opérationnel Qualification Comparaison Inter-Laboratoires (COQC) de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM) présidé par Eric OLLINGER (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**.

Groupé Spécialisé EAPIC

Secrétaire Général : Frédéric DELFOSSE

Membres :

ARGHYRIS Adso
DANIEL Vincent
DUPRIET Stéphane
DELFOSSE Frédéric
ESPIEUX Baudouin
LE CUNFF Franck
PIOT Géraldine
PRIEZ Christophe
SOME Cyrille

Cellule Exécutive EAPIC

Cerema IDF- Site de Sourdun : PIOT Géraldine

Laboratoires Supports EAPIC

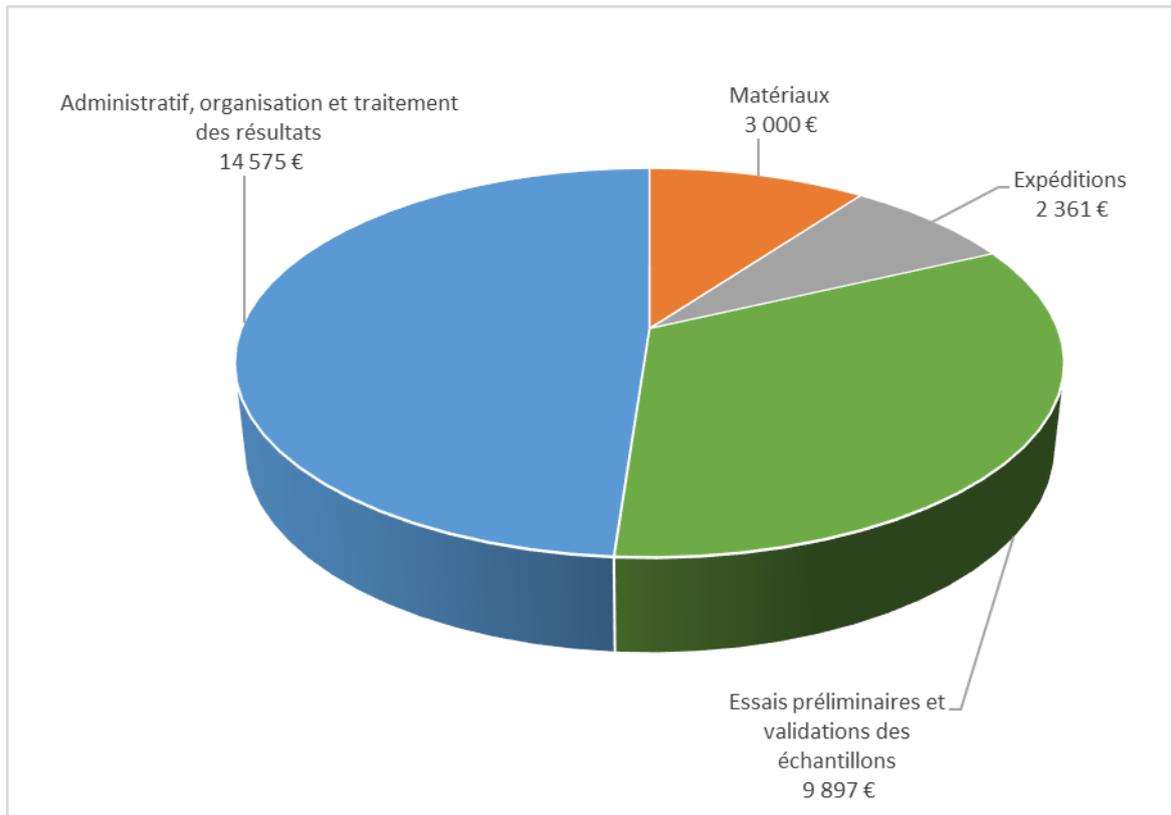
Cerema Ouest - Agence d'Angers : DANIEL Vincent

Cerema Centre Est - Agence d'Autun : ESPIEUX Baudouin & ARGHYRIS Adso

Annexes

- Bilan financier
- Détermination du coefficient de polissage accéléré de la pierre de référence

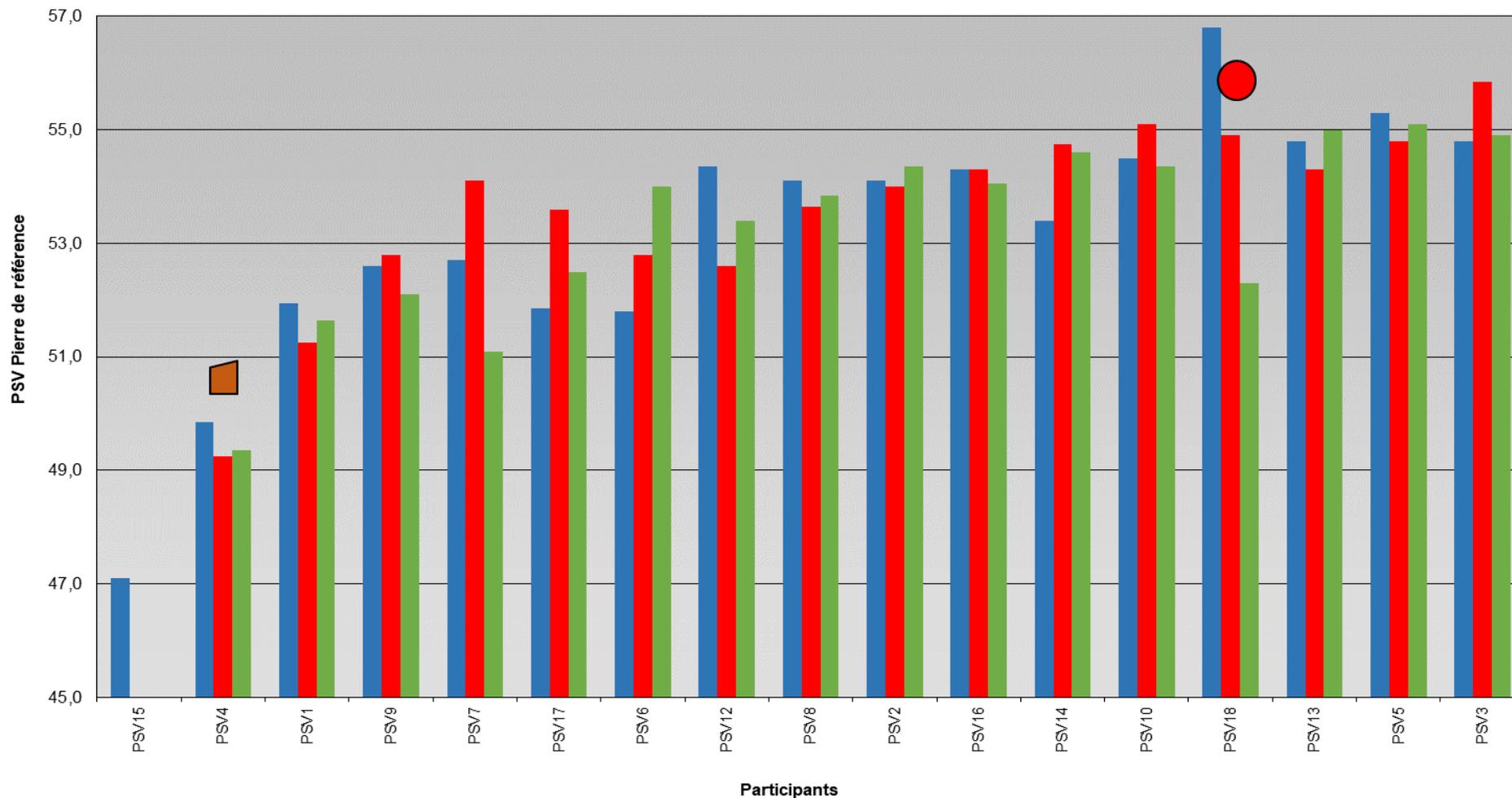
Bilan financier



Détermination de la valeur de polissage accélérée de la pierre de référence

Campagne EAPIC N°7- Session 2 - Série 20
Valeur PSV de la pierre de référence

- Test Cochran (intra-laboratoire)
- Test k Mandel (intra-laboratoire)
- Réplique 1
- Réplique 2
- Réplique 3
- ▭ Test Grubbs (inter-laboratoire)
- ▭ Test h Mandel (inter-laboratoire)





INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

9, rue de Berri – 75008 Paris – Tél +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com



@IDRRIM

Association loi 1901

