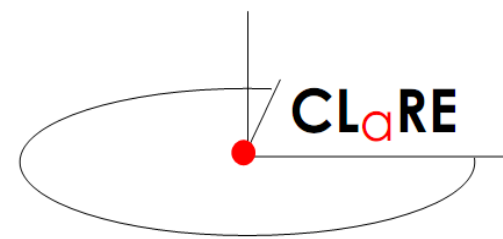




Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Est

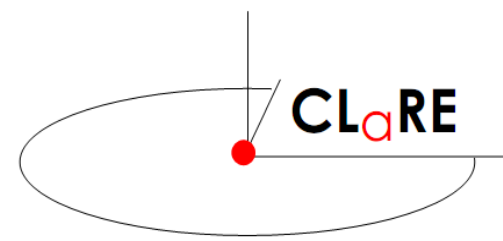


Les essais d'inter- comparaison de caractérisation de la MVA



24 janvier 2017

Groupe de Travail



Benoit BOLOT (Colas Nord-Est)

Damien EDEL (Grollemund Laboroutes)

Arnaud FEESER (Cerema Est Strasbourg)

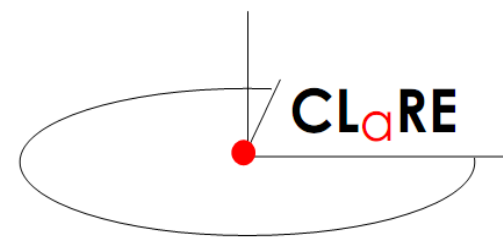
Laurent GERMAIN (DTE)

Sébastien GOUSSAS (DTE)

Objectifs fixés

Le groupe de travail s'est fixé de répondre aux problématiques suivantes :

- Caractériser les matériels de mesure existants et connaître leur susceptibilité d'interprétation en laboratoire.
- Caractériser les matériels de mesure existants et connaître leur susceptibilité in situ (essais sur chantier) par le biais de 3 manipulations :
 - Différences à froid / à chaud
 - Mesures imposées
 - Mesures libres type « réception de chantier »
- Déterminer une méthode harmonisée "CLaRE" de contrôle de la compacité d'un enrobé in situ



Etapes clés du Projet

- 2011 : mesures sur blocs (74 séries de mesures sur 5 blocs, 34 appareils différents)
- 2012 : Résultats : vers un recalage systématique nécessaire.
- 2013 : Définition des protocoles de mesures in situ
- 2014 : chantier A35 Sélestat (22 opérateurs – 27 appareils 14 gammadensimètres, 13 électrodensimètres).
- 2015 – 2016 : plusieurs réunions du groupe de travail pour cadrer les études sur plus de 3000 données de mesures.
- Mai 2016 : première ébauche d'un MO testé in situ
- Décembre 2016 : Publication du travail dans RGRA (n°941)
- Janvier 2017 : Mise à disposition de la fiche méthode CLaRE

Figure imposée



- Quelques chiffres (exemple figure libre) :
 - 27 appareils différents
 - 9 croisements de données (ex :  vs. )
 - 13 méthodes de calage / croisement de données (ex : offset / dreg)
 - 3 méthodes d'analyse / méthode de calage (tests stats)
 - 51 séries de données / méthode d'analyse ;
 - 12 jeux de données / série de données.
 - Moyenne de 4 mesures / jeu de données



Figure imposée

- Valeurs normalisées vs **valeurs brutes**:
 - Moyenne de 2327 kg/m³ – **2188 kg/m³**
 - Point mini : 2258 kg/m³ – **2115 kg/m³**
 - Point maxi : 2384 kg/m³ – **2237 kg/m³**

$r = 46 \text{ kg/m}^3$

$R = 334 \text{ kg/m}^3$

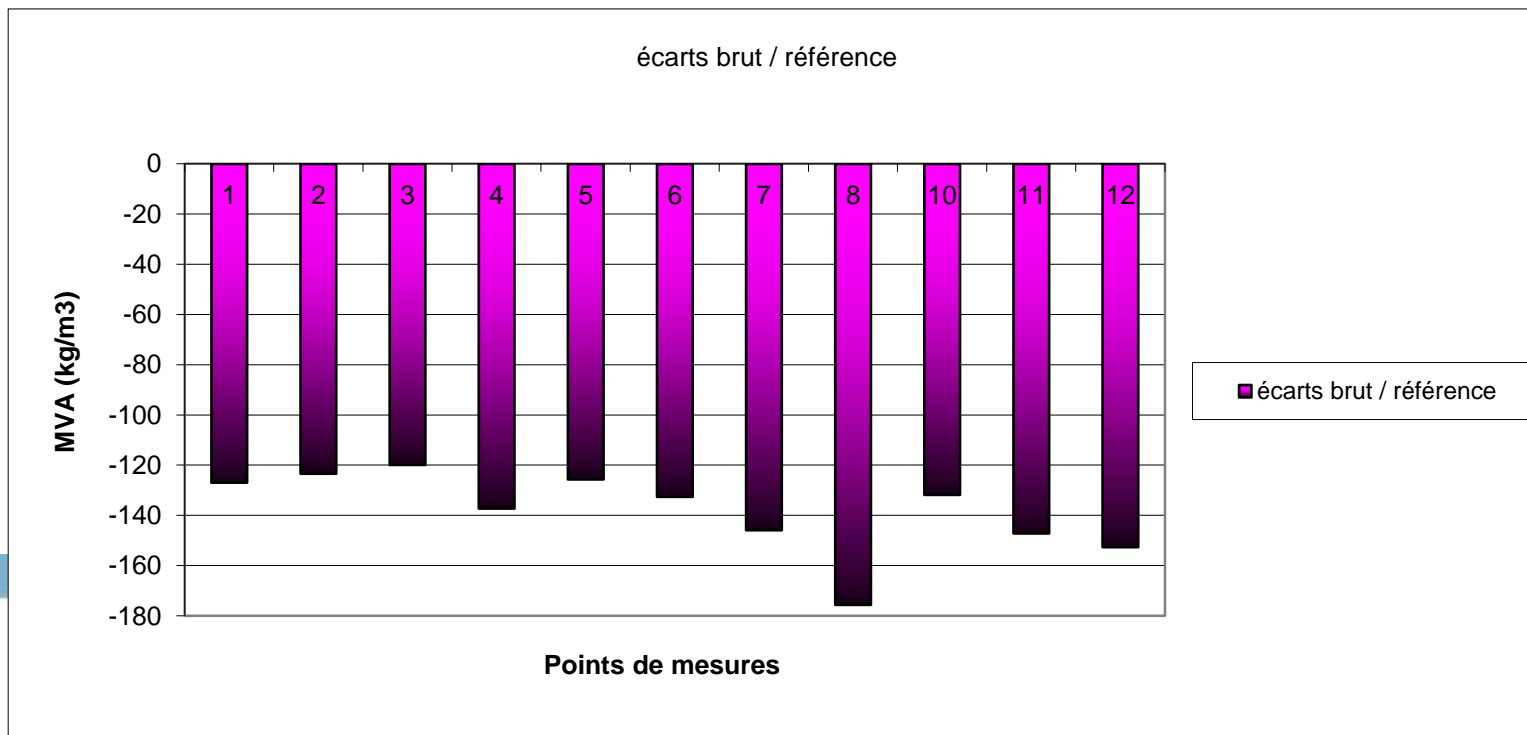


Figure imposée

- Valeurs normalisées vs valeurs recalées entreprise :

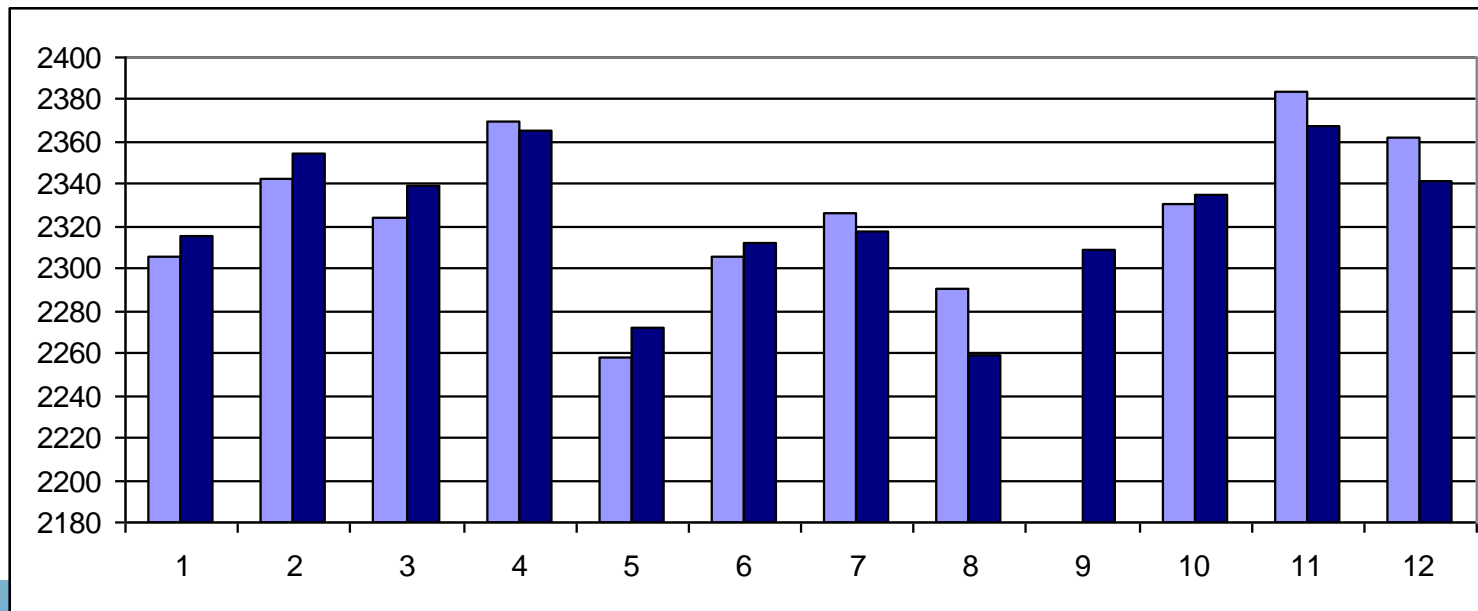
- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2324 kg/m³

$r = 42 \text{ kg/m}^3$

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2259 kg/m³

$R = 53 \text{ kg/m}^3$

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2368 kg/m³



Recalage

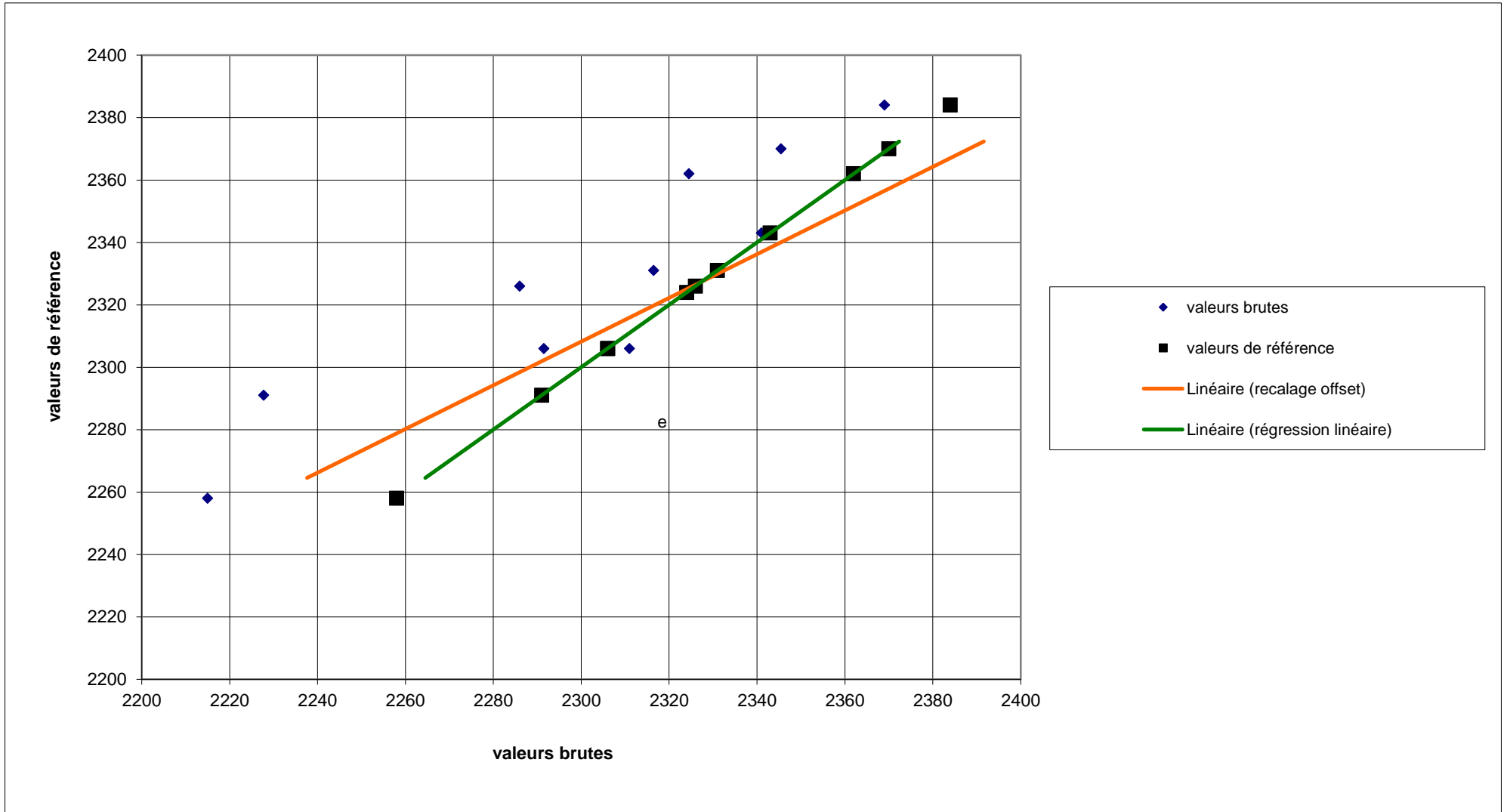


Figure imposée

- Valeurs normalisées vs valeurs recalées offset :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2325 kg/m³

$r = 46 \text{ kg/m}^3$

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2253 kg/m³

$R = 58 \text{ kg/m}^3$

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2374 kg/m³

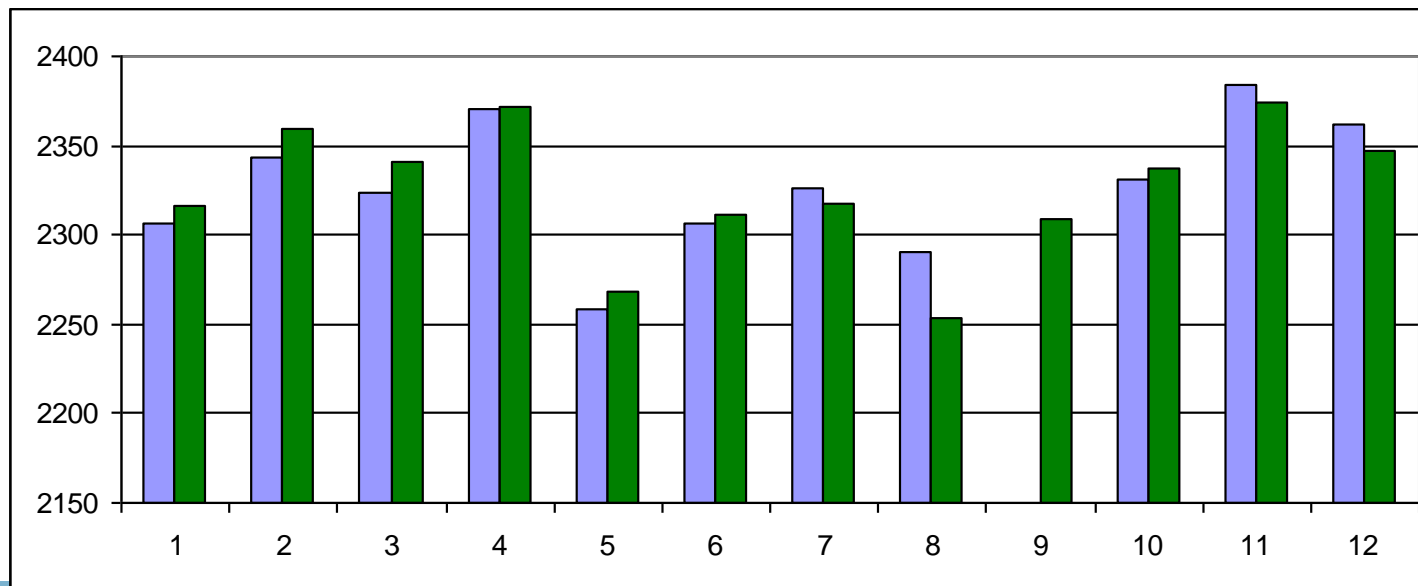


Figure imposée

- Valeurs normalisées vs valeurs recalées dreg :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2326 kg/m³

$r = 40 \text{ kg/m}^3$

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2268 kg/m³

$R = 42 \text{ kg/m}^3$

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2364 kg/m³

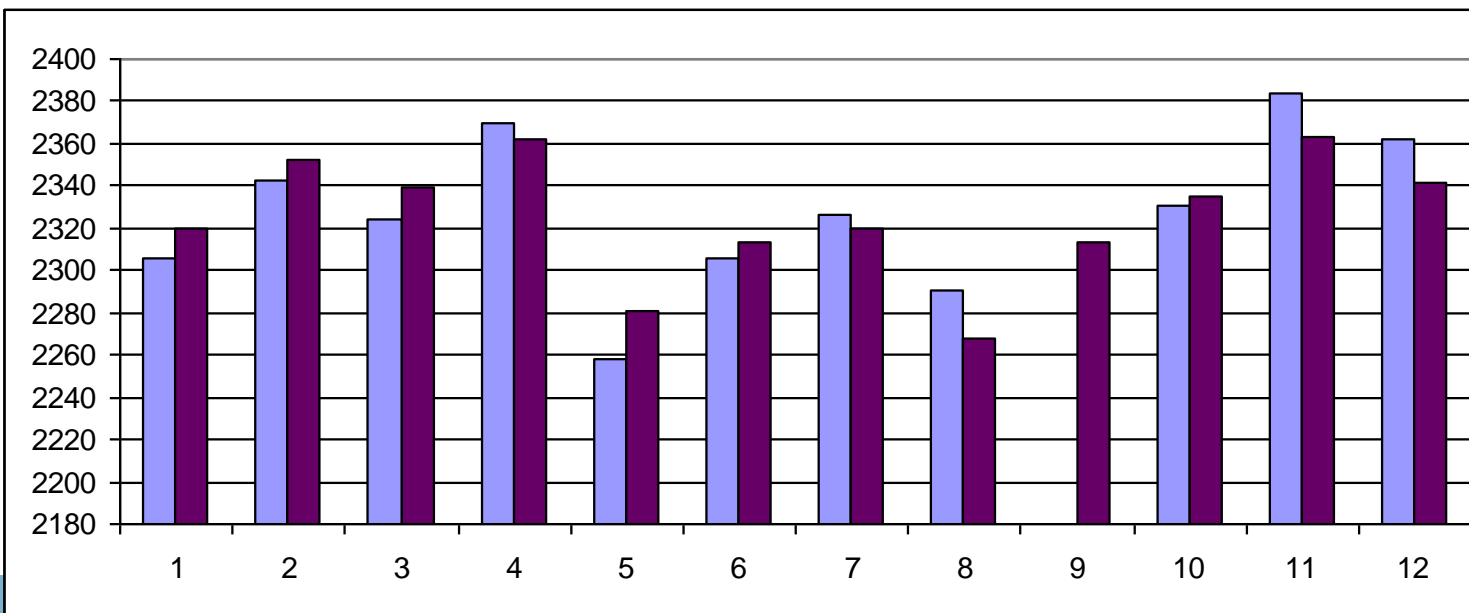
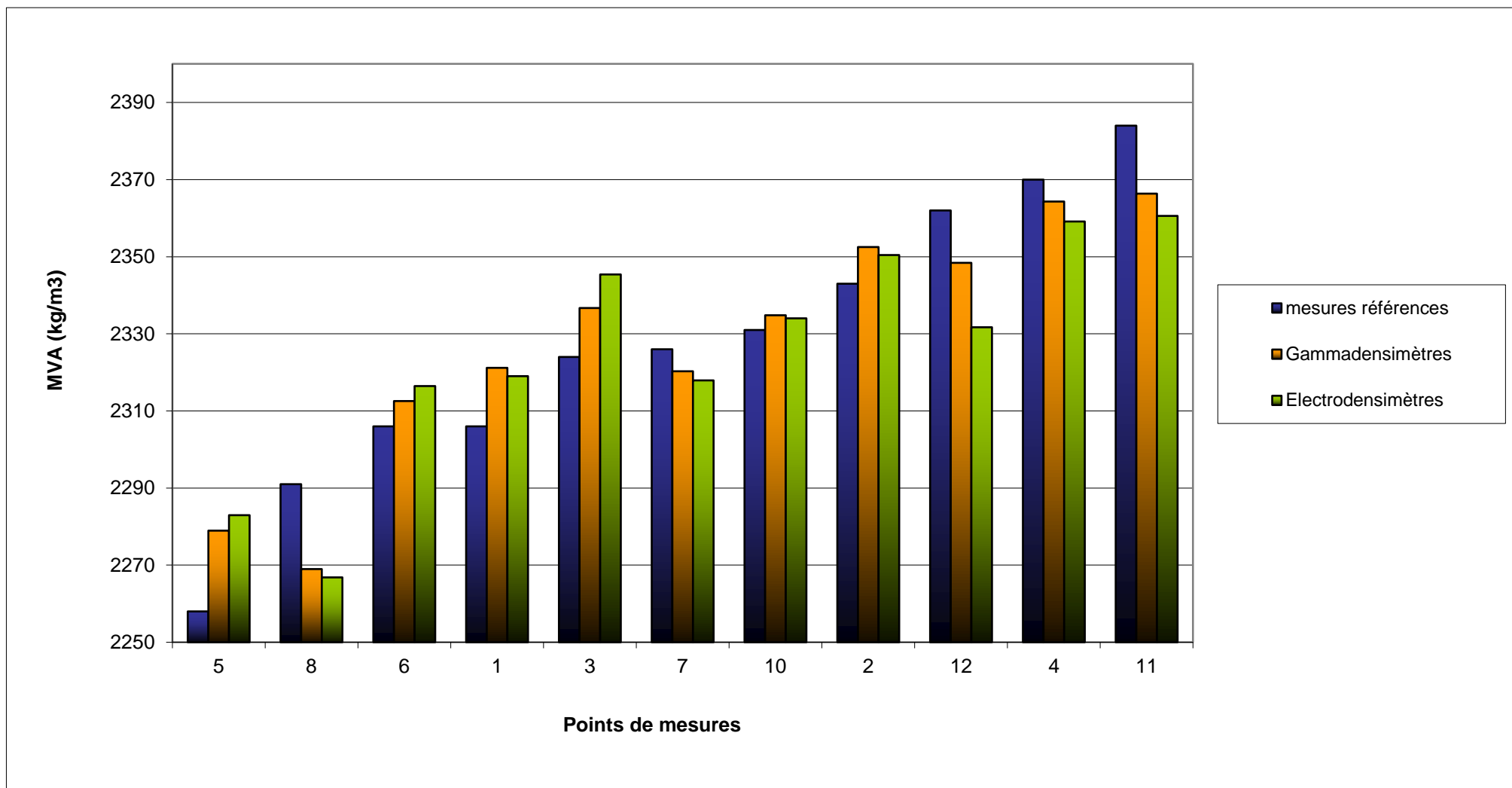
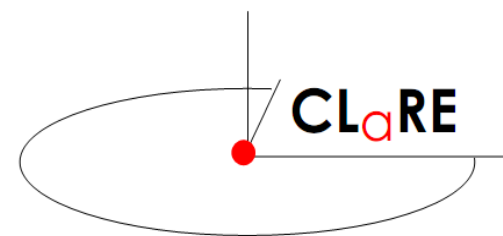


Figure imposée

- Analyse critique
 - Statistiques :
 - Offset = 28 séries écartées
 - Dreg = 18 séries écartées : plus robuste !
 - Exploitation réduite ?
 - Sur 5 carottes :
 - Offset : $r = 46 \text{ kg/m}^3$ – $R = 62 \text{ kg/m}^3$ avec 26 séries exclues
 - Dreg : $r = 35 \text{ kg/m}^3$ – $R = 42 \text{ kg/m}^3$ avec 15 séries exclues

Figure imposée



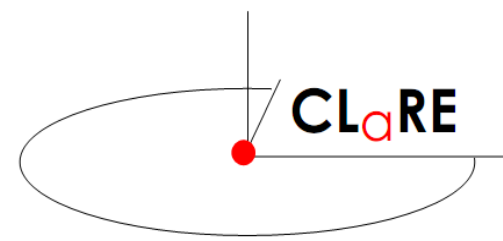


Figure imposée

- Valeurs normalisées vs **appareils avec source** :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2327 kg/m³

$r = 33 \text{ kg/m}^3$

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2269 kg/m³

$R = 37 \text{ kg/m}^3$

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2366 kg/m³

- Valeurs normalisées vs **appareils sans source** :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2325 kg/m³

$r = 47 \text{ kg/m}^3$

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2267 kg/m³

$R = 49 \text{ kg/m}^3$

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2361 kg/m³

Figure imposée

- Valeurs normalisées vs valeurs recalées dreg - r :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2327 kg/m³

r = 27 kg/m³

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2270 kg/m³

R = 36 kg/m³

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2365 kg/m³

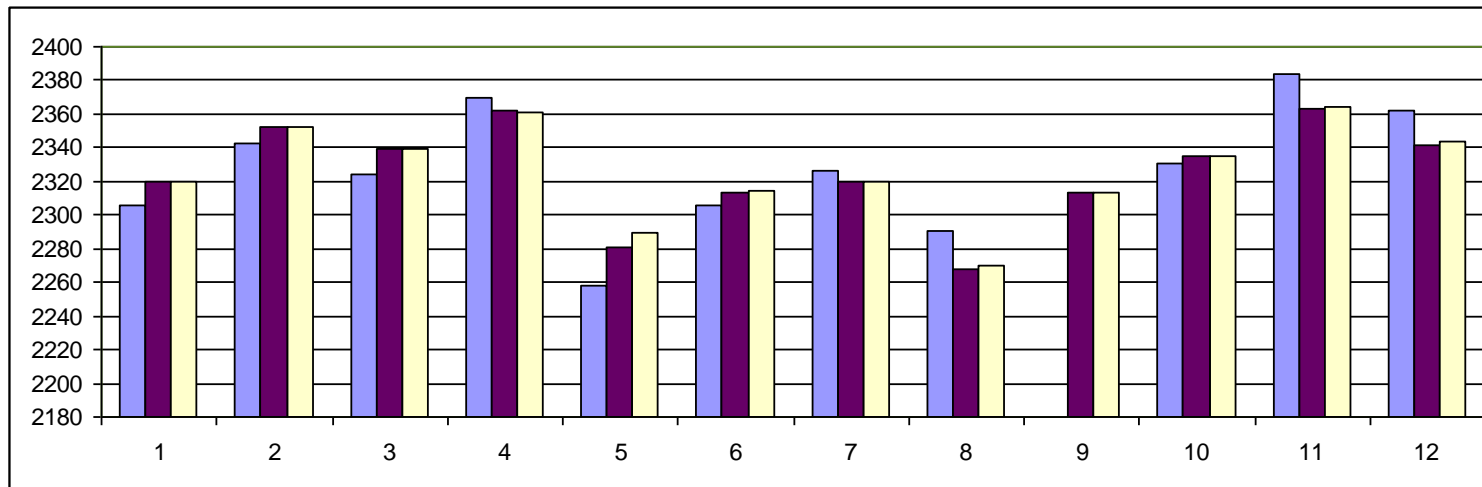


Figure imposée

- Valeurs normalisées vs valeurs recalées dreg – R^2 :

- Moyenne de 2327 kg/m³ – 2326 kg/m³

$r = 44$ à 30 kg/m³

- Point mini : 2258 kg/m³ – 2268 - 2272 kg/m³

$R = 46$ à 30 kg/m³

- Point maxi : 2384 kg/m³ – 2364 - 2377 kg/m³

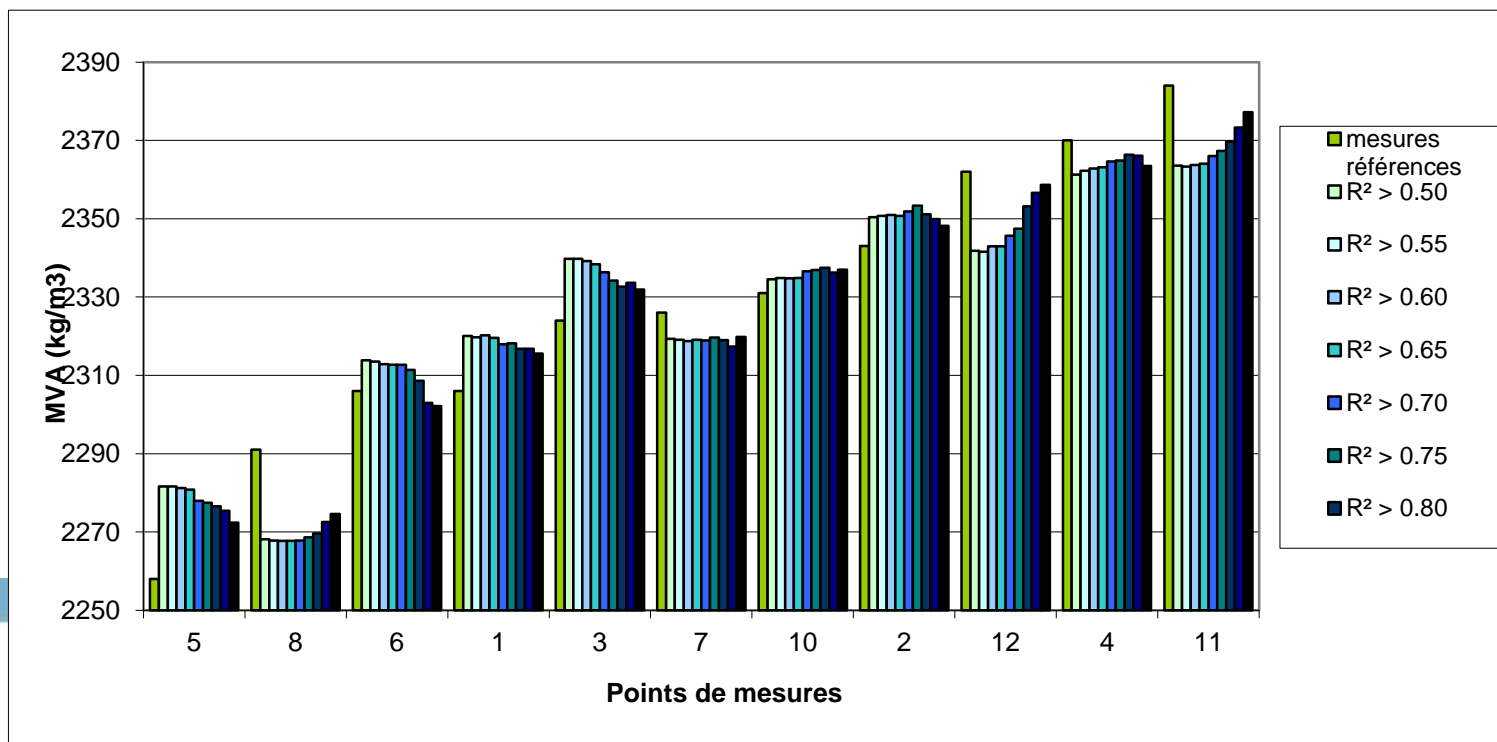
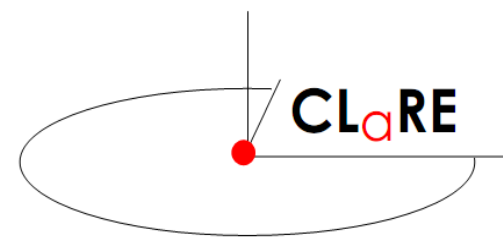


Figure imposée

- Analyse critique sur le R^2
 - Sur 27 séries de données
 - 23 séries avec $R^2 \geq 0.6$ (85 %)
 - 14 séries avec $R^2 \geq 0.7$ (52 %)
 - 7 séries avec $R^2 \geq 0.8$ (26 %)

Figure imposée



• Avec source

– Sur 14 séries de données

- 13 séries avec $R^2 \geq 0.6$ (93 %)
- 10 séries avec $R^2 \geq 0.7$ (71 %)
- 7 séries avec $R^2 \geq 0.8$ (50 %)

• Sans source

– Sur 13 séries de données

- 10 séries avec $R^2 \geq 0.6$ (77 %)
- 4 séries avec $R^2 \geq 0.7$ (31 %)
- 0 série avec $R^2 \geq 0.8$ (0 %)

Figure chaud / froid

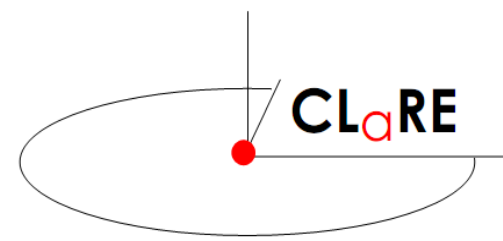
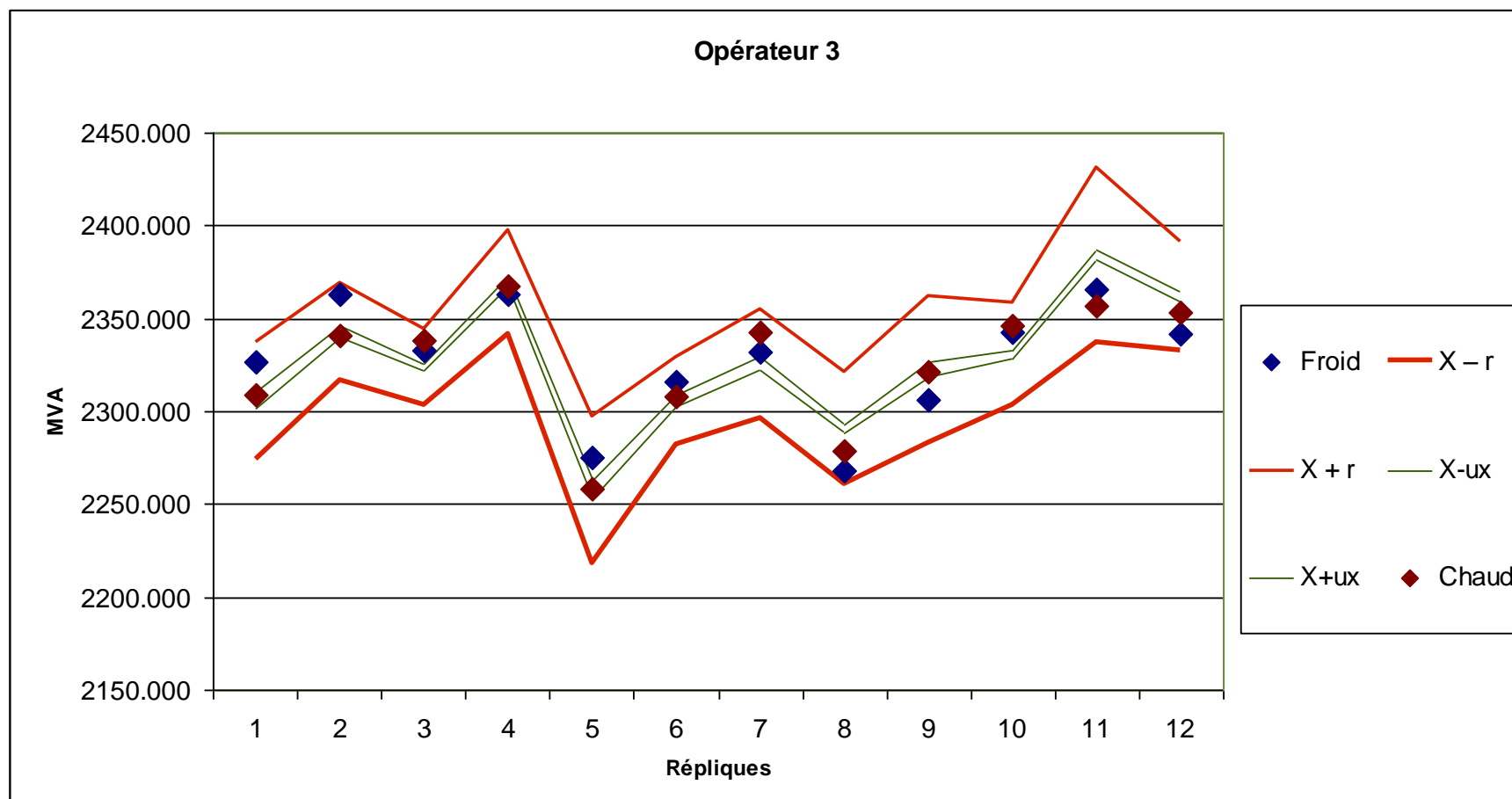
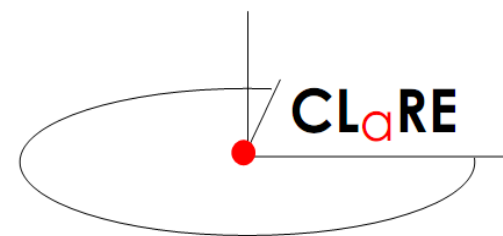


Figure chaud / froid recalage global



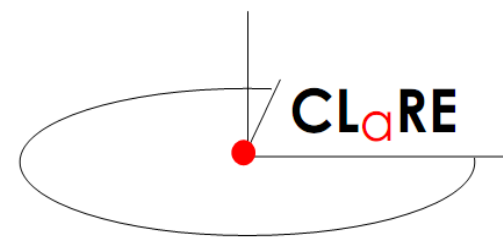


Figure chaud / froid

•Froid

–Moyenne = 2327 kg/m³

–Mini = 2274 kg/m³

–Maxi = 2365 kg/m³

–r = 31 kg/m³

–R = 47 kg/m³

•Combiné

–Moyenne = 2327 kg/m³

–Mini = 2276 kg/m³

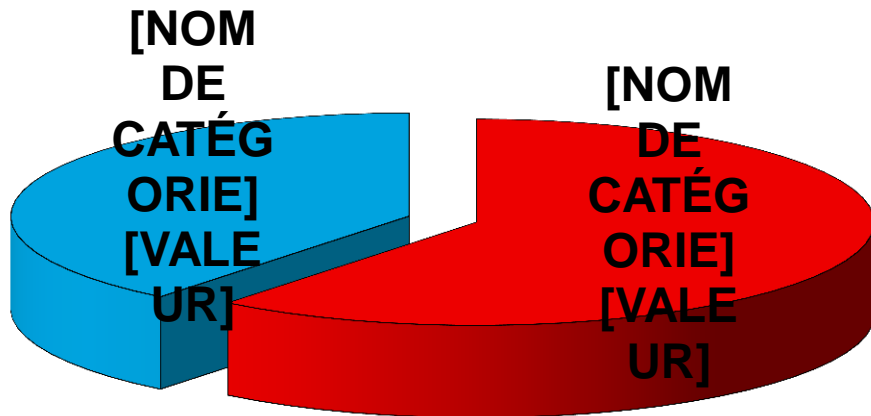
–Maxi = 2364 kg/m³

–r = 31 kg/m³

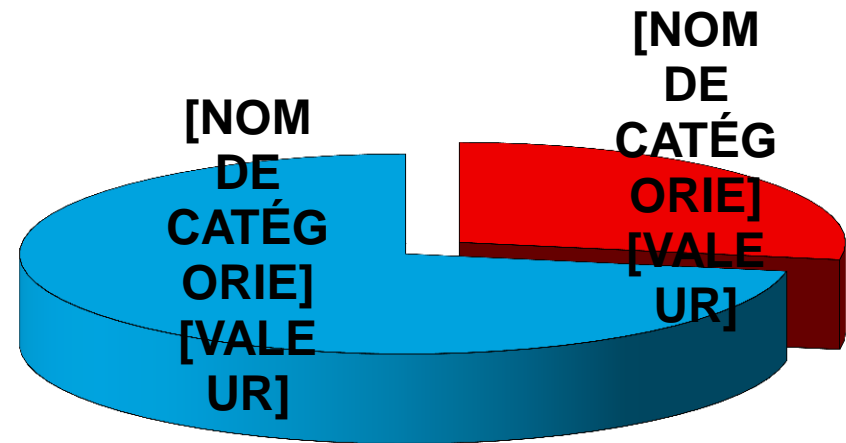
–R = 43 kg/m³

Figure chaud / froid

MVA plus grande sur mélanges bitumineux



Gammadensimètres



Electrodensimètres

Figure Libre



Figure Libre

- Exploitation par pas de 42 mètres
 - Moyenne globale : 2329 kg/m³
 - Mini = 2305 kg/m³
 - Maxi = 2343 kg/m³
 - ET = 13 kg/m³

- $r = 58 \text{ kg/m}^3$
- $R = 69 \text{ kg/m}^3$

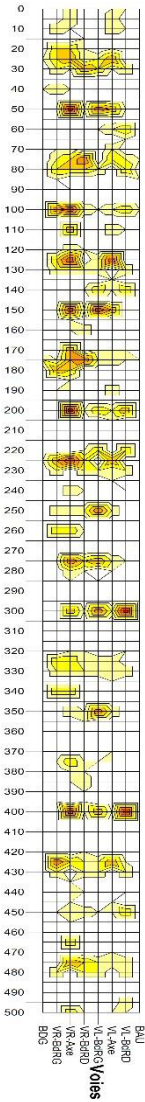
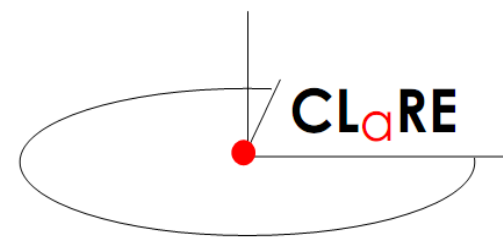


Figure Libre



- Avec source

- Moyenne globale : 2327 kg/m³

- ET = 12 kg/m³

- R = 70 kg/m³

- Sans source

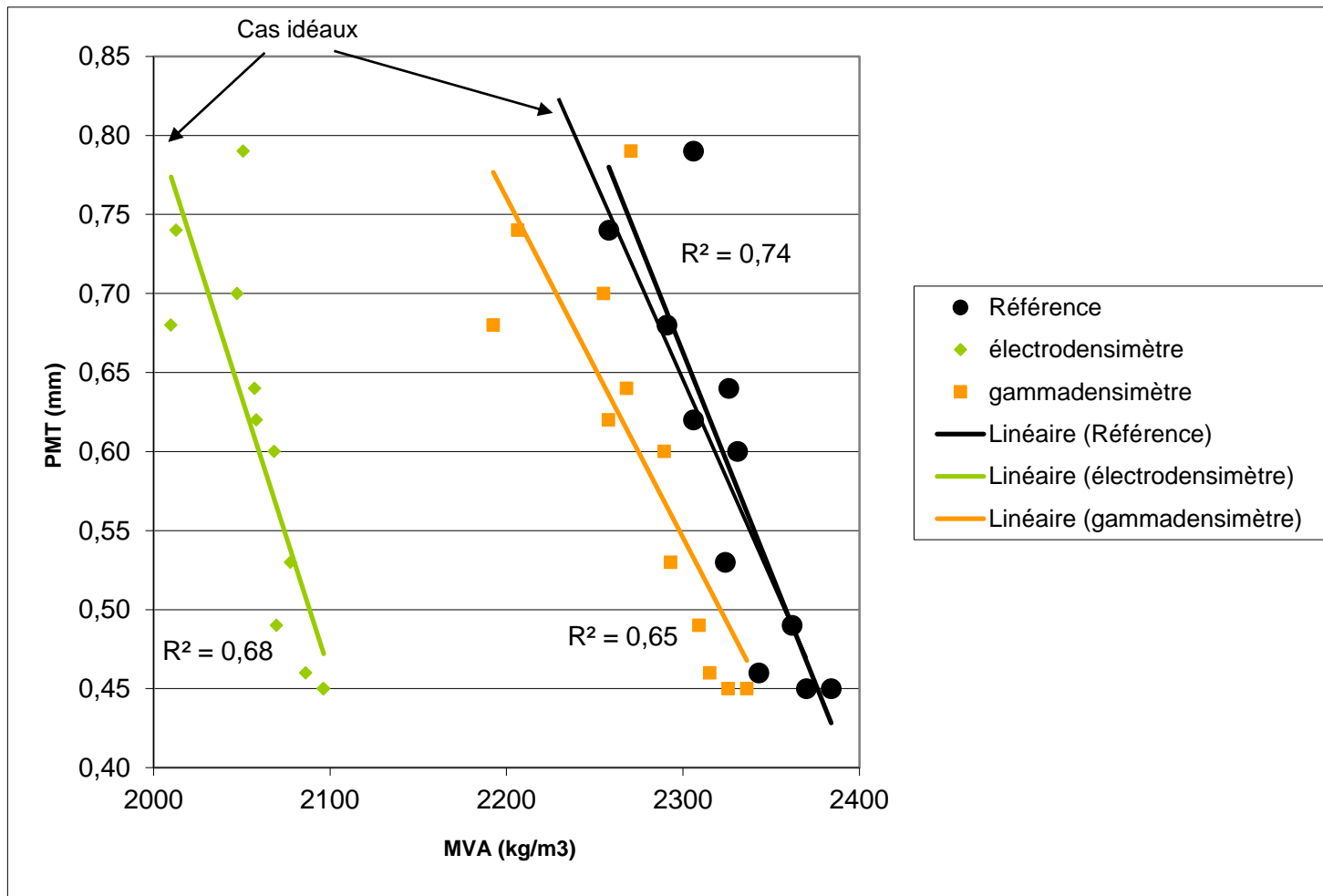
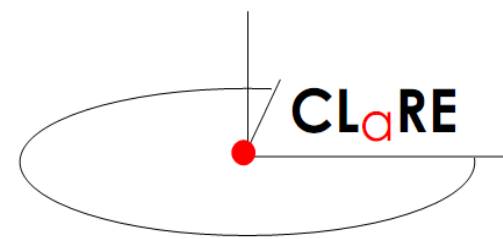
- Moyenne globale : 2331 kg/m³

- ET = 15 kg/m³

- R = 65 kg/m³

R imposé \approx 45 kg/m³ (dreg)

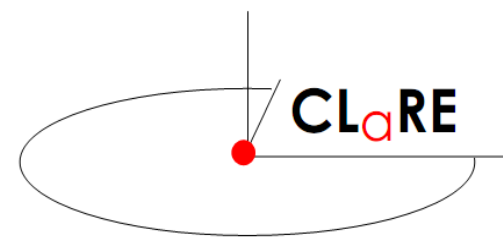
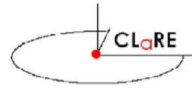
Corrélation PMT



Analyse

- Différente sensibilité des appareils (r, R)
- Assez peu d'impact de la T°C
- Corrélation entre MVA et PMT (Profondeur Moyenne de Texture)
- Impact non négligeable observé sur l'hétérogénéité d'application et choix technicien
- Impact important du modèle de calage

Fiche Méthode



Fiche méthode pour la réalisation de mesures de MVA in situ sur Enrobés Bitumineux

Introduction :

Cette fiche méthode fait suite aux travaux du CLaRE « essais croisés MVA sur chantier » (RGRA n°941 – décembre 2016) réalisés en Septembre 2014 sur A35 – déviation de Sélestat et aux analyses statistiques qui en ont été faites.

Le présent document a pour but de proposer aux membres du CLaRE une méthode commune pour la réalisation de mesures de MVA in situ des Enrobés Bitumineux. Son usage permettra d'harmoniser les pratiques de recalage des appareils de mesure de MVA in situ.



Champ d'application :

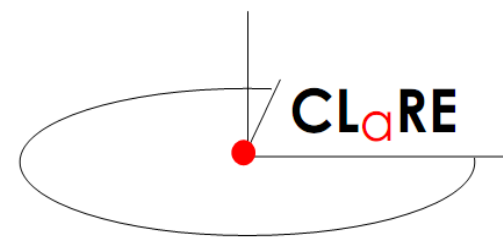
Conformément aux normes NF P 98-150-1 et NF EN 13108-1, la mesure de MVA in situ n'est requise que pour les produits de type BBA, BBM, BBSG, BBME, BBS (appelés également « BBCE »), GB et EME.

Les appareils de mesure de MVA in situ peuvent être :

- ⇒ « avec » sources radioactives, appareils qui sont appelés dans ce cas « Gammadensimètres ». Pour l'ensemble du document, les règles de radioprotection doivent être respectées ;
- ⇒ ou « sans » source radioactive, appareils qui sont alors nommés « Electrodensimètres »

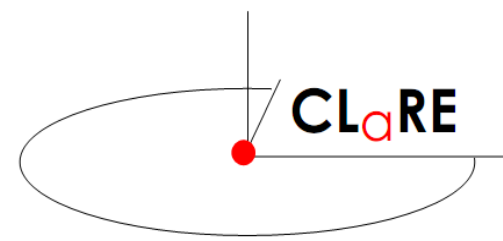
La mesure de la MVA de référence doit être réalisée selon l'une des deux méthodes normalisées suivantes :

- ⇒ MVA par pesée hydrostatique sur carottes selon NF EN 12697-6 / Mode Opérateur C ;
- ⇒ MVA par banc gammadensimétrique (horizontal ou vertical) sur carottes selon NF EN 12697-7.



Mode opératoire

- réaliser 20 points de mesures (minimum) bien échantillonnés
- matérialiser sur la chaussée au moins 5 valeurs de MVA qui vont servir au calage par carottage
 - Une valeur de MVA la plus proche possible de la moyenne,
 - La valeur de MVA minimale mesurée,
 - La valeur de MVA maximale mesurée,
 - Une valeur comprise entre la moyenne et la valeur maximale,
 - Une valeur comprise entre la moyenne et la valeur minimale.



Mode opératoire

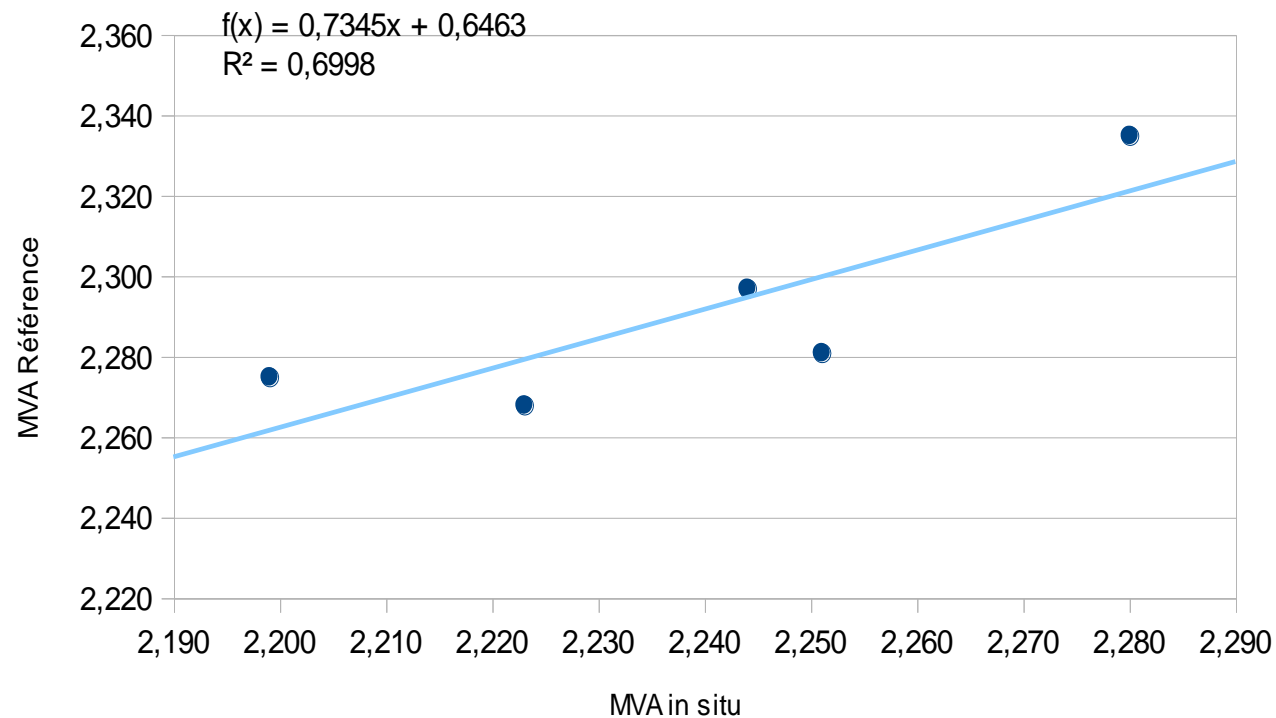
- 3 mesures de MVA seront effectuées sur chaque point matérialisé et ne devront pas s'écarter de plus de 35 kg/m³
- Méthode d'analyse en laboratoire par pesée hydrostatique ou banc gammadensimétrique
- Calage par droite de régression

Rapport de calage

- N° identification unique
- Référence et Nature EB
- Epaisseur d'application (cm)
- Date de détermination de la MVA in situ et identification
- (Température moyenne de surface de l'enrobé lors des MVA in situ)
- Date de détermination de la MVA sur carottes
- Valeurs MVA carottes (Mg/m³)
- Epaisseurs mesurées sur carottes (cm)
- **Equation droite de régression** (pas de lecture graphique), calcul de la MVA corrigée et **R²** associé (**≥ 0.65**)

Rapport de calage

N° de carotte	MVA in situ (Mg/m ³) (écart < 35 kg/m ³)			MVA in situ (Mg/m ³) moyenne	MVA sur carotte (Mg/m ³)	MVA corrigée (Mg/m ³)
1	2.246	2.245	2.242	2.244	2.297	2,295
2	2.269	2.244	2.240	2.251	2.281	2,300
3	2.276	2.280	2.284	2.280	2.335	2,321
4	2.232	2.225	2.213	2.223	2.268	2,279
5	2.203	2.204	2.191	2.199	2.275	2,262
Moyenne	2.239				2.291	2.291



Rapport d'essai

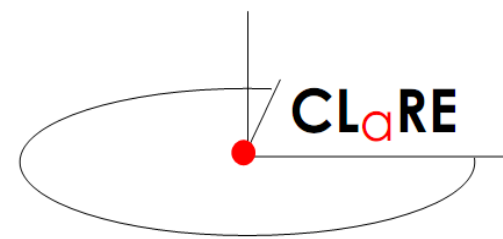
- › Nom et adresse du laboratoire d'essai
- › N° d'intervention unique
- › Nom du client
- › Nature du matériau contrôlé, MVRe, épais. théorique, épais. de mesure
- › Date d'application et date de réalisation des mesures
- › **Référence à la fiche méthode ou MEI du laboratoire**
- › Nom du chantier
- › Type et références de l'appareil de mesures Conditions météo. et données relatives à la mise en œuvre
- › Localisation des points de mesures (emplacement longitu. et transvers.)
- › **Masses volumiques apparentes (MVA) recalées**
- › **Référence au rapport de calage**
- › Date du rapport d'essai
- › Nom du technicien ayant réalisé l'essai
- › Validation du rapport par le responsable d'essai



Cerema

Direction territoriale Est

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement



Merci de votre attention

Arnaud FEESER - Cerema Est - Laboratoire de
Strasbourg
arnaud.feesser@cerema.fr

