

# Transfert d'étalonnage entre différents spectromètres en réflexion diffuse dans le proche infrarouge appliqué aux sols

Aurélie CAMBOU\*, Vova MARTIROSYAN, Bernard G. BARTHÈS, Tiphaine CHEVALLIER,  
Gilles CHAIX, Jean-Michel ROGER

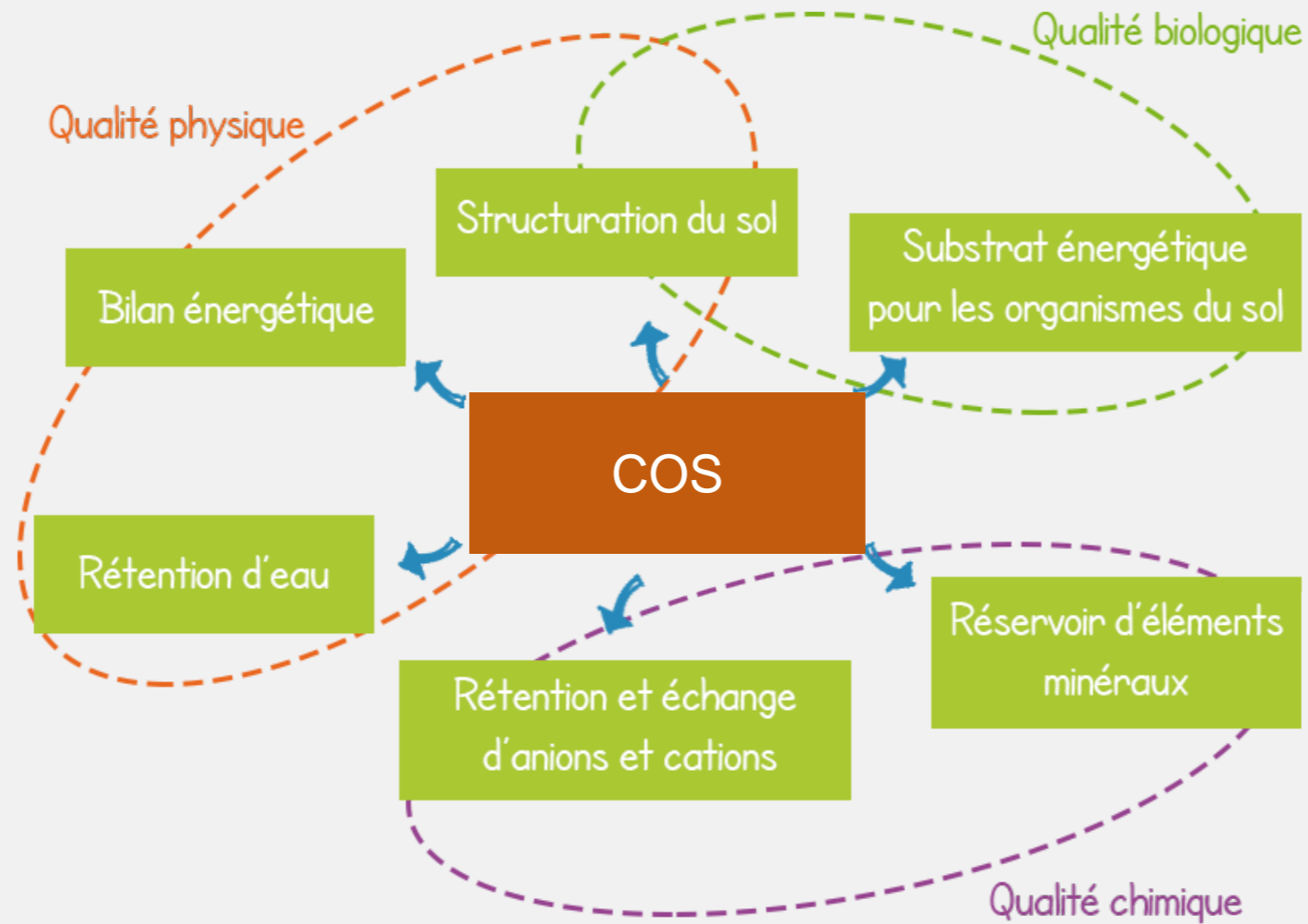
*\*Eco&Sols, Université de Montpellier, CIRAD, INRAE, IRD, Institut Agro Montpellier*

25<sup>ème</sup> Rencontres HélioSPIR

11/06/2024



## Carbone organique des sols

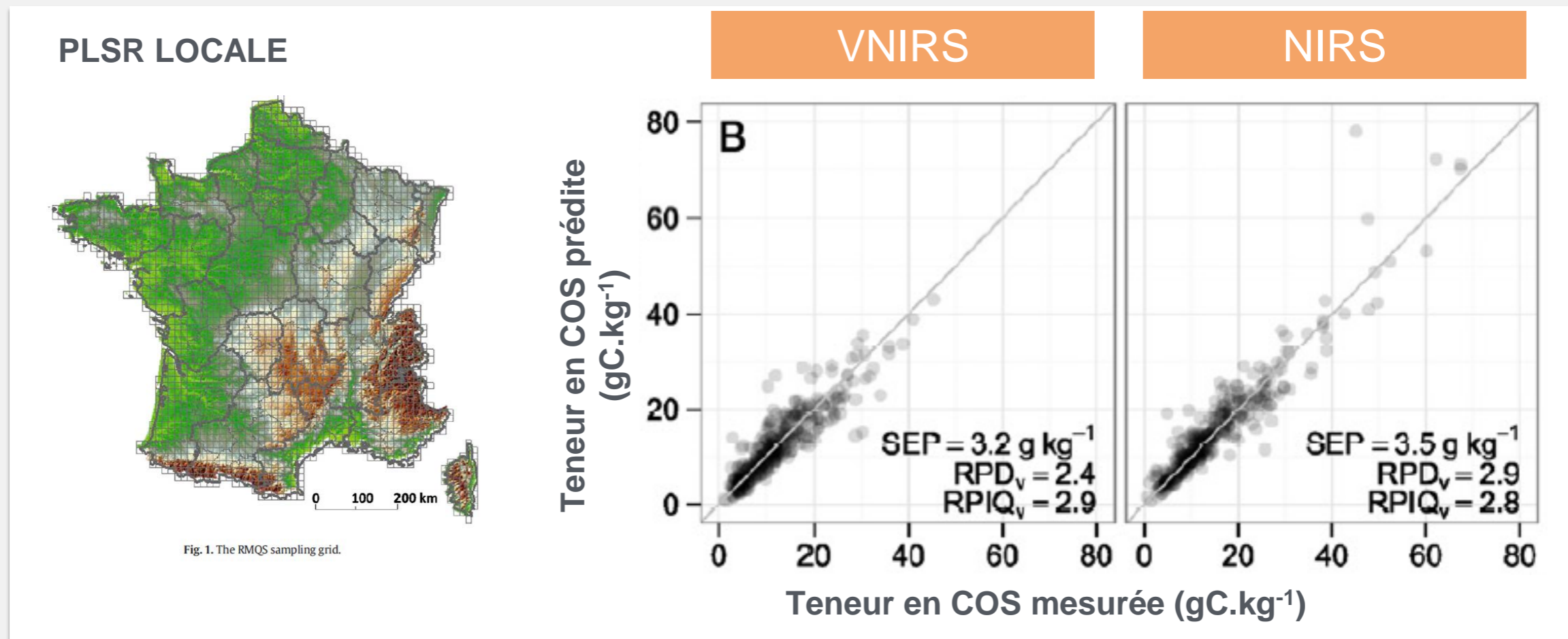


Adapté des rôles de la matière organique - C.Marsden

- **Constituant majeur de la matière organique des sols (MOS)**
- **A l'origine de nombreux services écosystémiques rendus par les sols**

## Quantification du COS par spectroscopie proche infrarouge (NIRS)

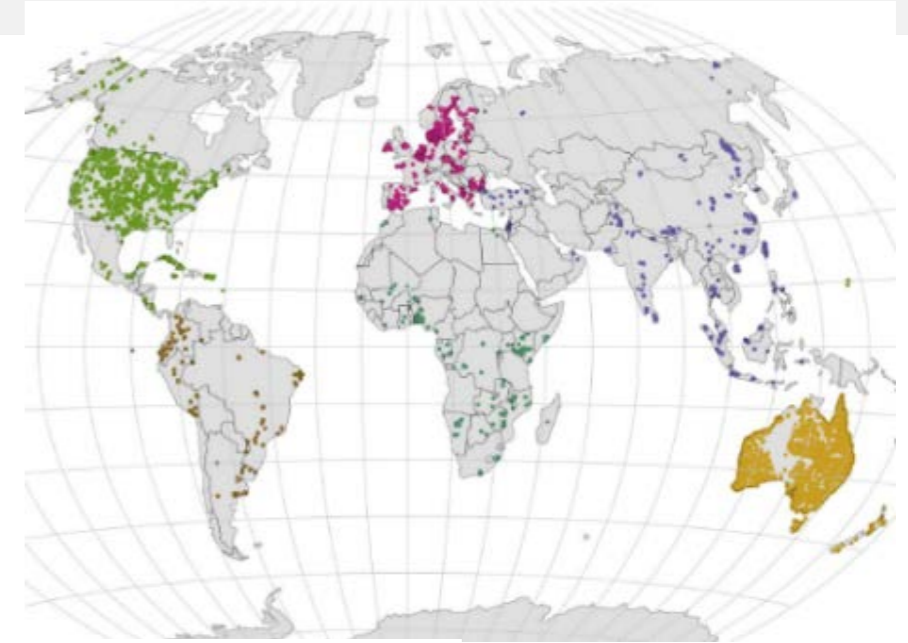
- Depuis une 30<sup>aine</sup> d'année, l'avantage de la NIRS pour quantifier le COS a été rapporté dans la littérature



Erreur de prédiction = 3.2-3.5 gC.kg<sup>-1</sup>

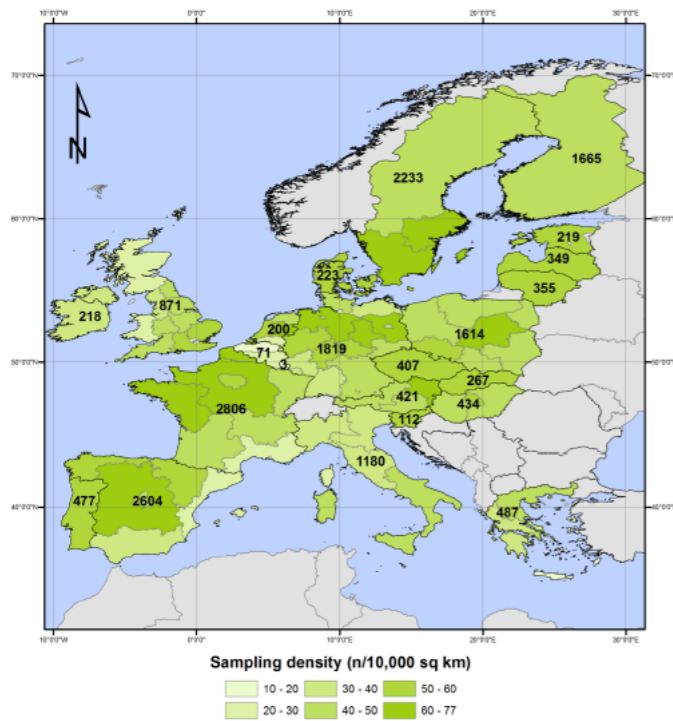
Erreur standard de laboratoire ≈ 1-2 gC.kg<sup>-1</sup>

# Emergence des bibliothèques spectrales dans les laboratoires



## A global spectral library to characterize the world's soil

RA. Viscarra Rossel<sup>a,\*</sup>, T. Behrens<sup>b</sup>, E. Ben-Dor<sup>c</sup>, D.J. Brown<sup>d</sup>, J.A.M. Demattê<sup>e</sup>, K.D. Shepherd<sup>f</sup>, Z. Shi<sup>g</sup>, B. Stenberg<sup>h</sup>, A. Stevens<sup>i</sup>, V. Adamchuk<sup>j</sup>, H. Aichi<sup>k</sup>, B.G. Barthès<sup>l</sup>, H.M. Bartholomeus<sup>m</sup>, A.D. Bayer<sup>n</sup>, M. Bernoux<sup>o</sup>, K. Böttcher<sup>op</sup>, L. Brodský<sup>q</sup>, C.W. Du<sup>r</sup>, A. Chappell<sup>a</sup>, Y. Fouad<sup>s</sup>, V. Genot<sup>t</sup>, C. Gomez<sup>u</sup>, S. Grunwald<sup>v</sup>, A. Gubler<sup>w</sup>, C. Guerrero<sup>x</sup>, C.B. Hedley<sup>y</sup>, M. Knadel<sup>z</sup>, H.J.M. Morrás<sup>aa</sup>, M. Nocita<sup>ab</sup>, L. Ramirez-Lopez<sup>ac</sup>, P. Roudier<sup>y</sup>, E.M. Rufasto Campos<sup>ad</sup>, P. Sanborn<sup>ae</sup>, V.M. Sellitto<sup>af</sup>, K.A. Sudduth<sup>ag</sup>, B.G. Rawlins<sup>ah</sup>, C. Walter<sup>s</sup>, L.A. Winowiecki<sup>f</sup>, S.Y. Hong<sup>ai</sup>, W. Ji<sup>a,g,j</sup>



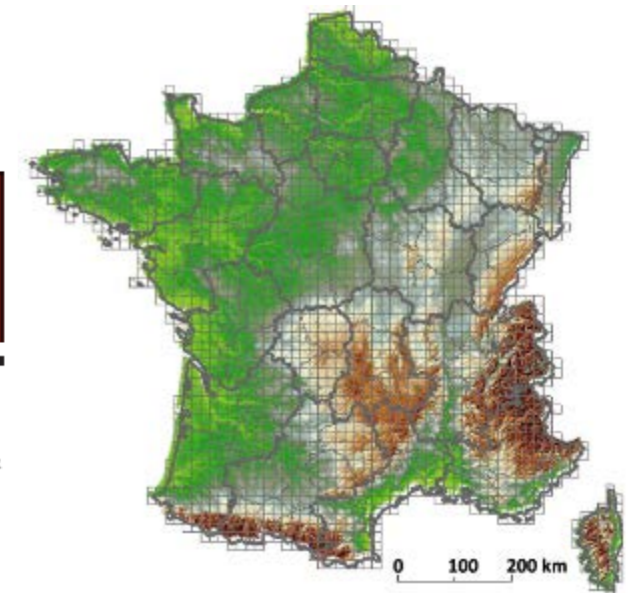
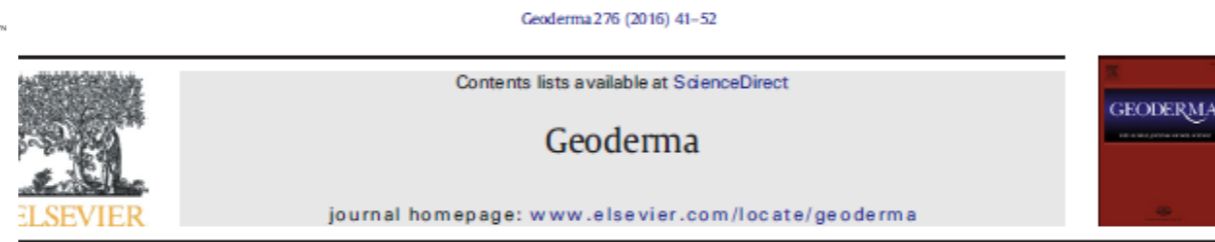
OPEN ACCESS Freely available online



## Prediction of Soil Organic Carbon at the European Scale by Visible and Near InfraRed Reflectance Spectroscopy

Antoine Stevens<sup>1,\*</sup>, Marco Nocita<sup>1,2</sup>, Gergely Tóth<sup>2</sup>, Luca Montanarella<sup>2</sup>, Bas van Wesemael<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research, Earth and Life Institute, UCLouvain, Louvain-la-Neuve, Belgium, <sup>2</sup> SOIL Action, Land Resource Management Unit, Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, Italy



## National calibration of soil organic carbon concentration using diffuse infrared reflectance spectroscopy

Michaël Clairotte<sup>a,1</sup>, Clovis Grinand<sup>b,c</sup>, Ernest Kouakoua<sup>b</sup>, Aurélie Thébaud<sup>b,2</sup>, Nicolas P.A. Saby<sup>d</sup>, Martial Bernoux<sup>b</sup>, Bernard G. Barthès<sup>b,\*</sup>



# Variabilité des spectromètres, modes de préparations

Spectromètres de laboratoire



Spectromètres portatifs



Spectromètres ultra-portatifs



Sur le terrain, depuis la surface



sur sol remanié

sur sol non remanié



sur petites mottes



Au laboratoire, sur sol séché et tamisé à 2 mm

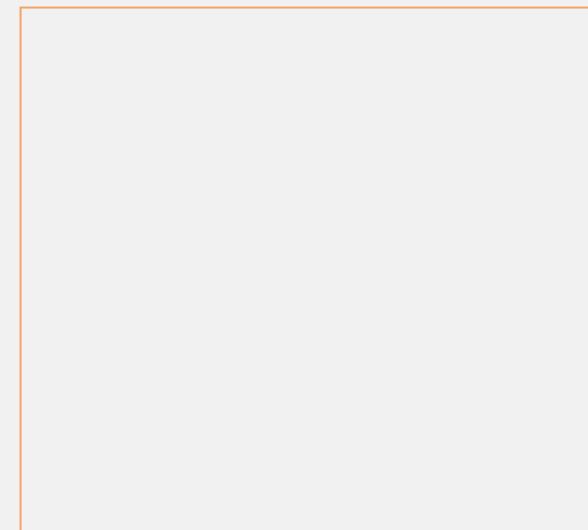


## A l'échelle de notre unité

- Deux spectromètres (V)NIR



- Différentes méthodes de préparation des échantillons



## A l'échelle de notre unité

- Deux spectromètres (V)NIR



- Différentes méthodes de préparation des échantillons



**Objectif :**

**Comparer différentes méthodes de transfert d'étalonnage  
entre deux spectromètres NIR  
afin de prédire la teneur en COS**

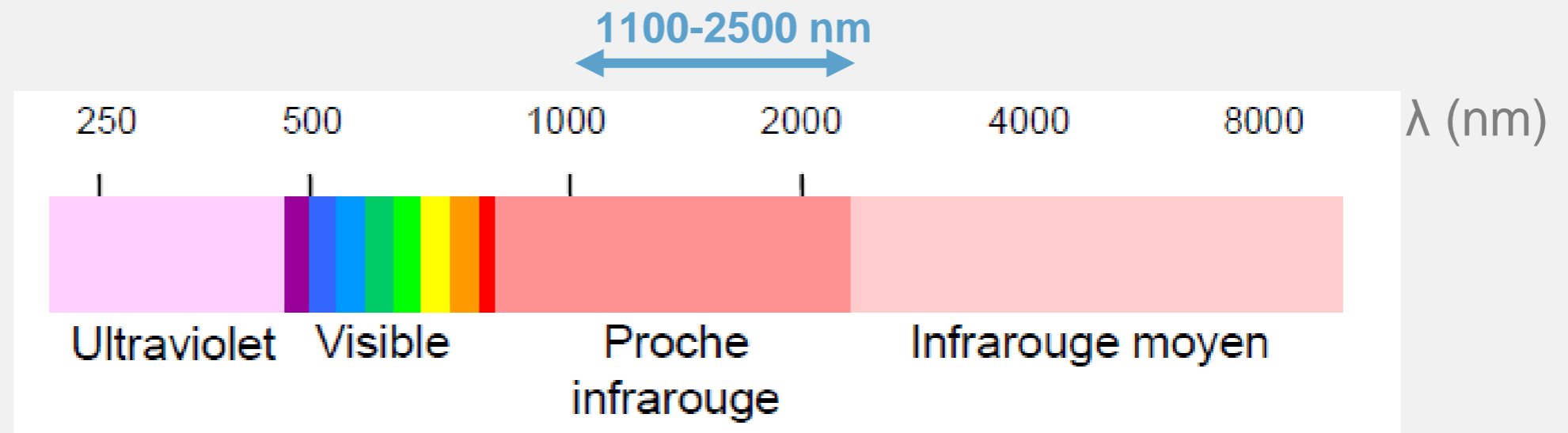


## SPECTROMÈTRES ET JEU D'ÉCHANTILLONS

Instrument source  
Foss NIRSystems 5000



Instrument cible  
ASD LabSpec 2500





# SPECTROMÈTRES ET JEU D'ÉCHANTILLONS

## Création d'un jeu de transfert (Foss & ASD)

### Jeu de Calibration (CAL-Foss & CAL-ASD)

N = 67

Spectres : Foss & ASD

Origines : Brésil, Bénin, Burkina Faso,  
Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire,  
Madagascar, Mali, Sénégal

### Jeu de validation (VAL-Foss & VAL-ASD)

N = 38

Spectres : Foss & ASD

Origine : Burkina Faso  
(site géographiquement indépendant des sites  
des jeux CAL et STD)

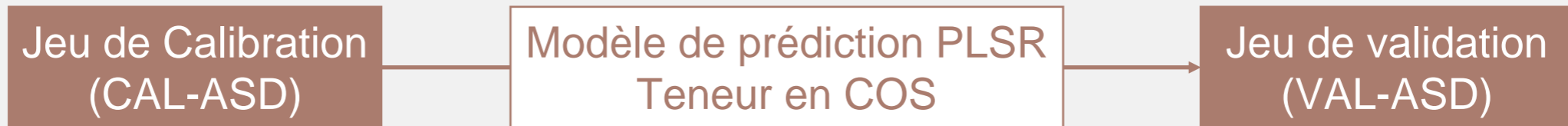
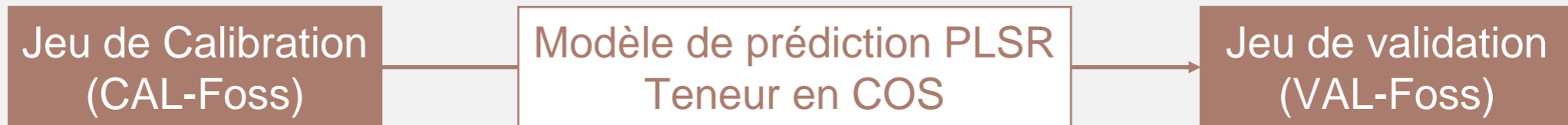
### Jeu de transfert (STD-Foss & STD-ASD)

N = 32

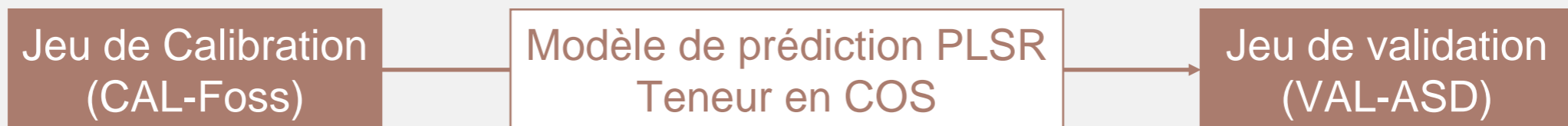
Spectres : Foss & ASD

Origines : Brésil, Bénin, Burkina Faso,  
Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire,  
Madagascar, Mali, Sénégal

## Sans changement d'appareil



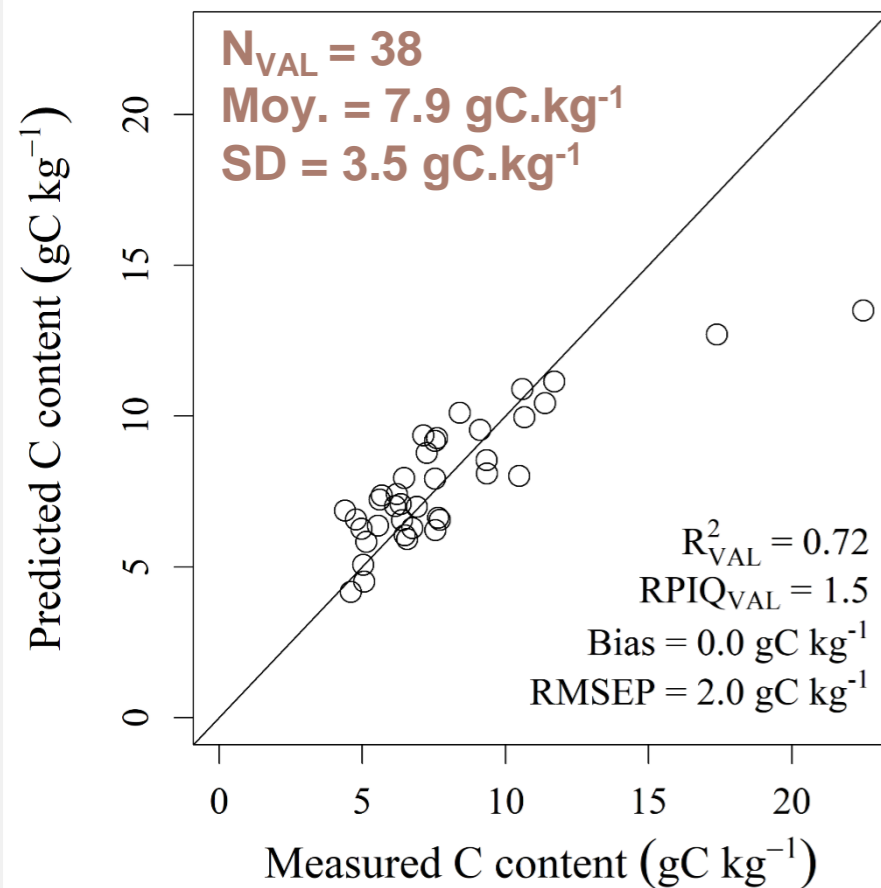
## Avec changement d'appareil



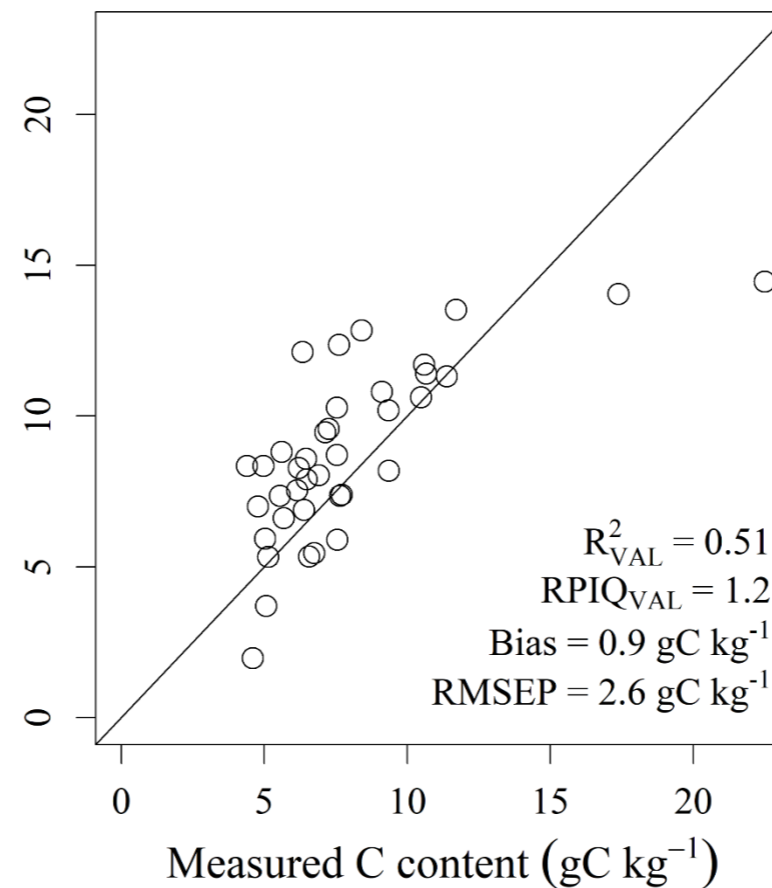
- **Test de différents prétraitements spectraux lors de la validation croisée :**  
**choix SNV pour les modèles**

## VALIDATION – SANS TRANSFERT D'ÉTALONNAGE

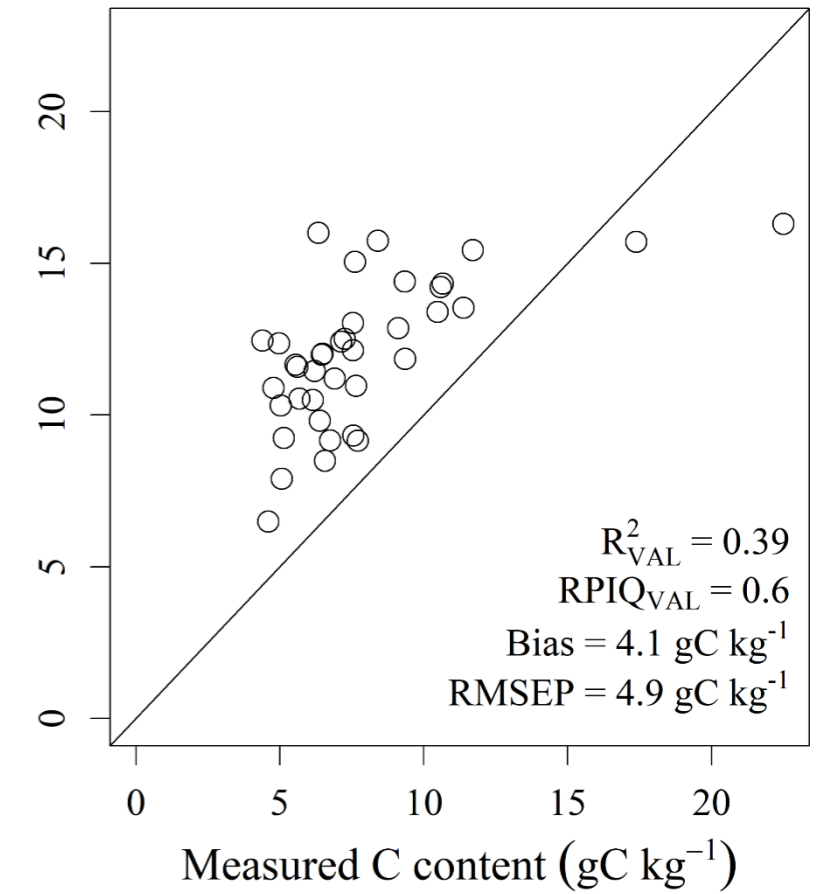
Modèle Foss-Foss



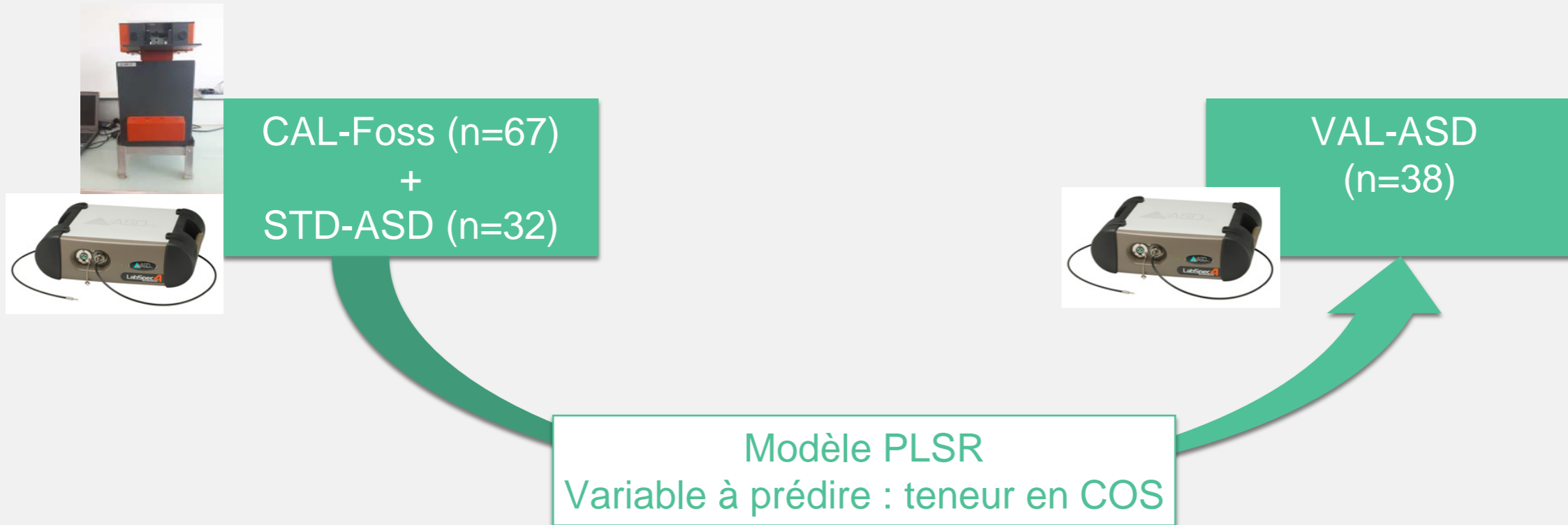
Modèle ASD-ASD



Modèle Foss-ASD



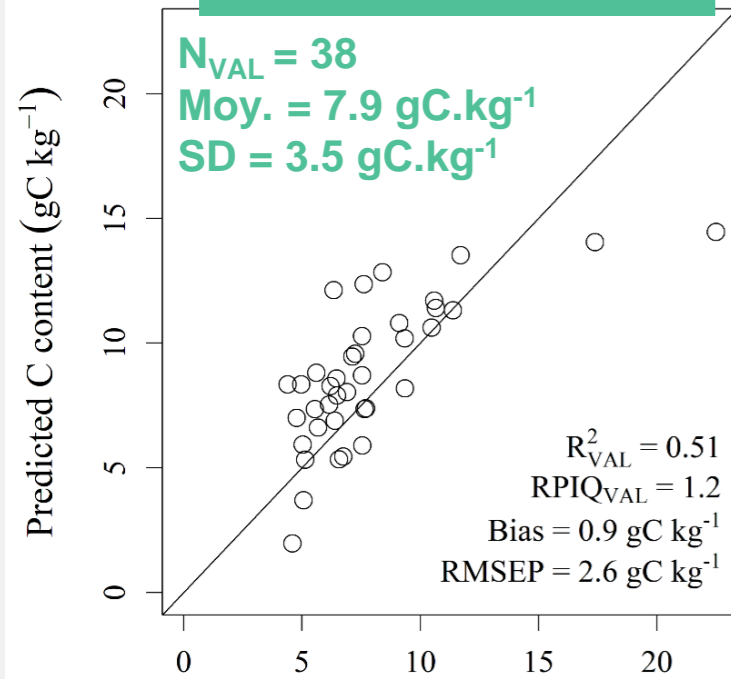
## Update



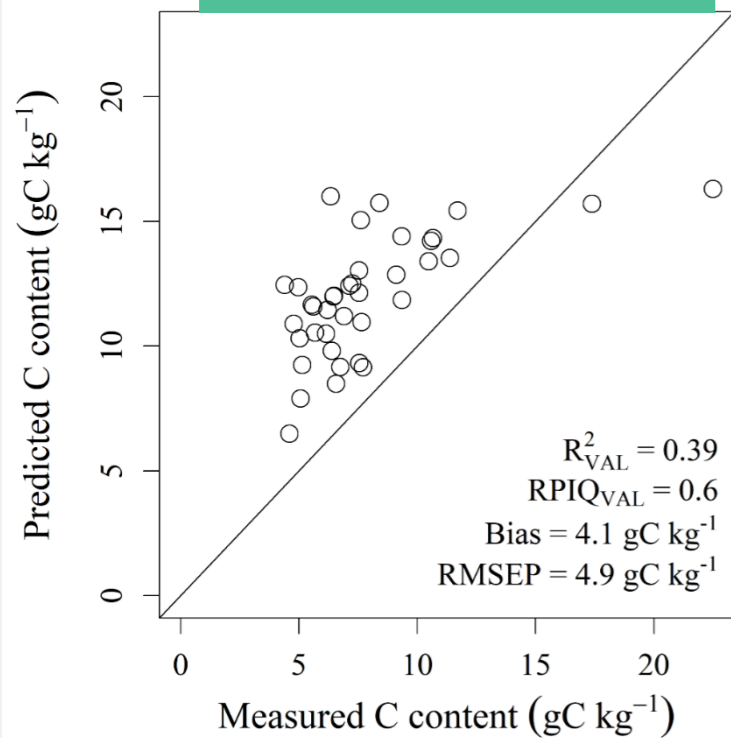
STD = jeu de transfert  
CAL = jeu de calibration  
VAL = jeu de validation

## VALIDATION – UPDATE

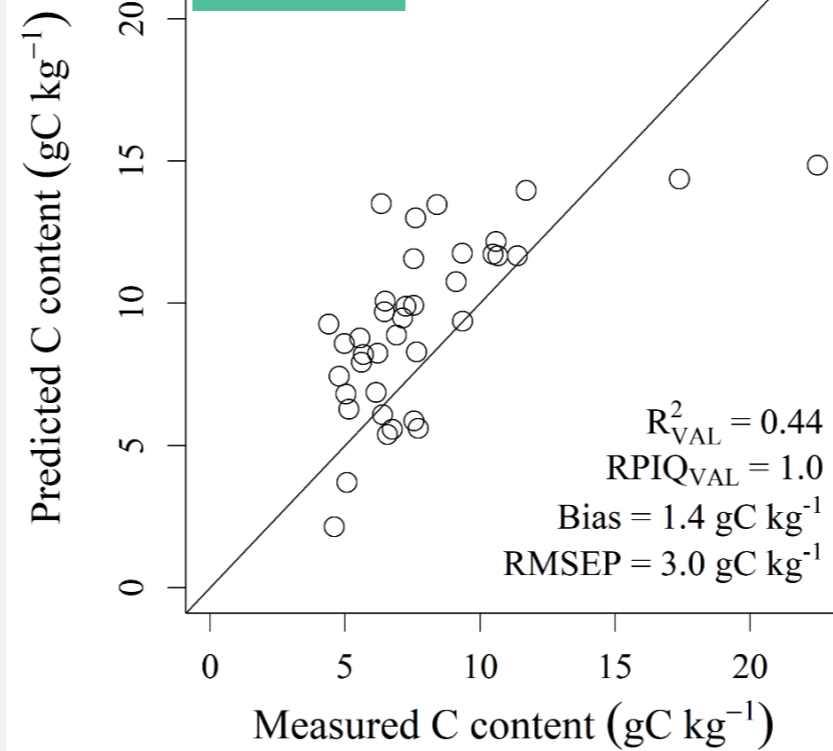
Modèle ASD-ASD



Modèle Foss-ASD

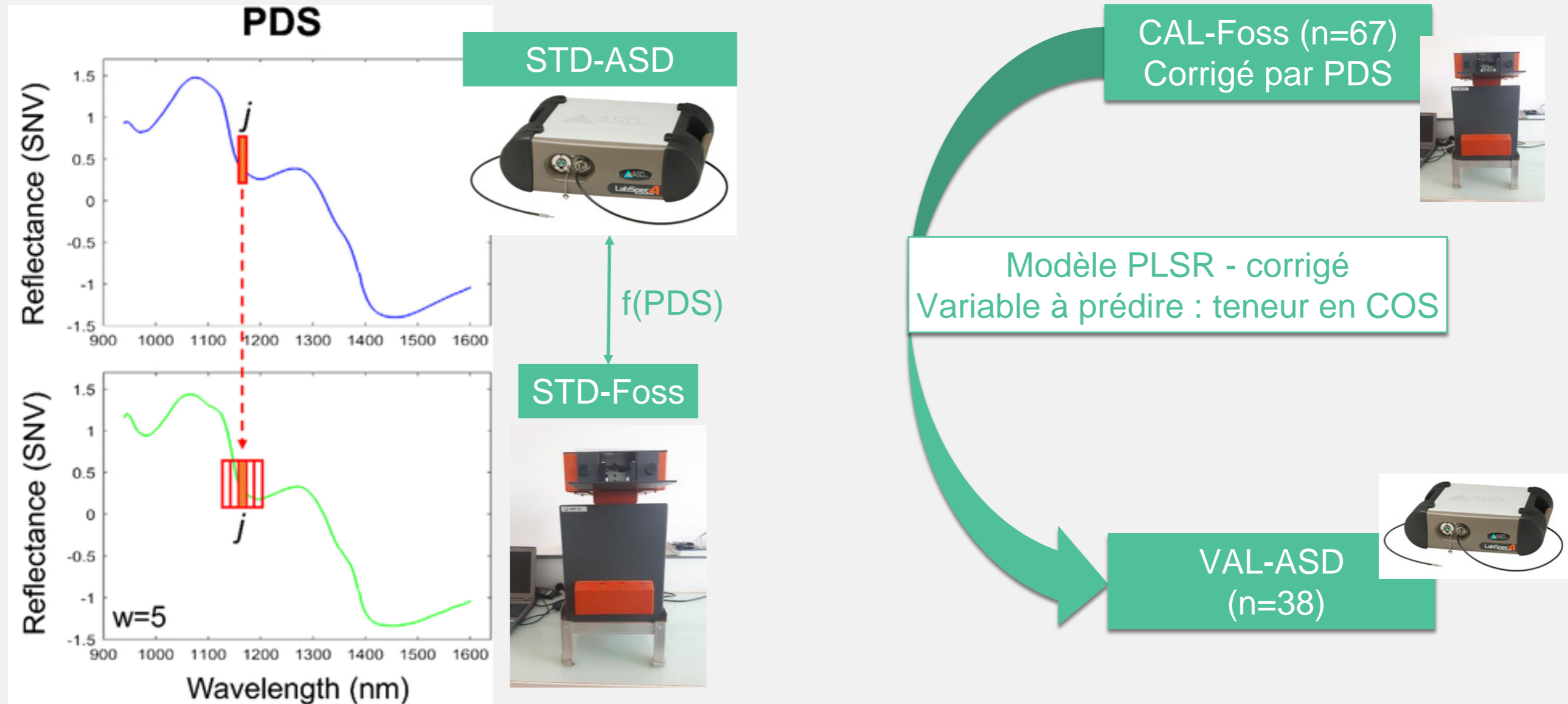


Update



# MÉTHODES DE TRANSFERT

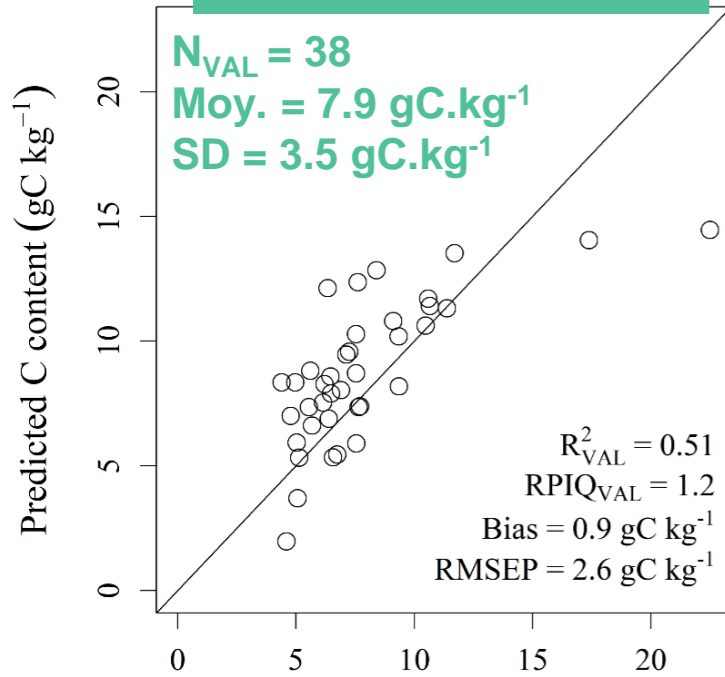
## Piecewise Direct Standardisation



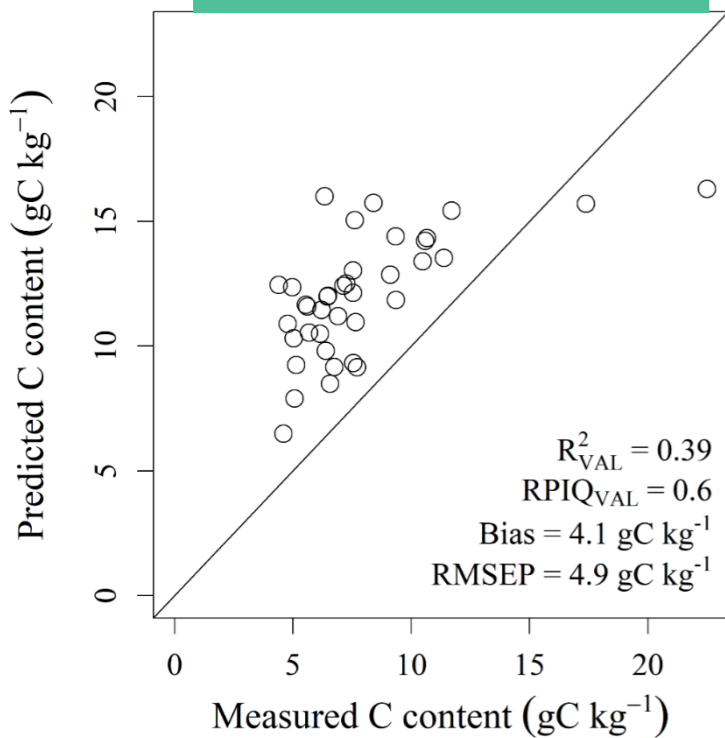
STD = jeu de transfert  
 CAL = jeu de calibration  
 VAL = jeu de validation

# VALIDATION – PDS

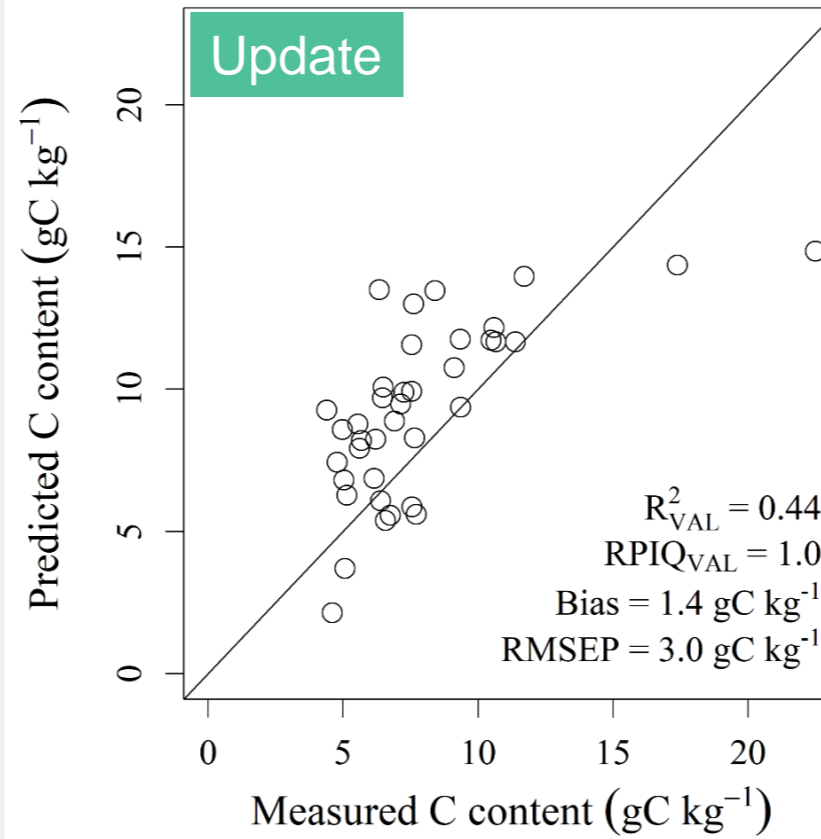
Modèle ASD-ASD



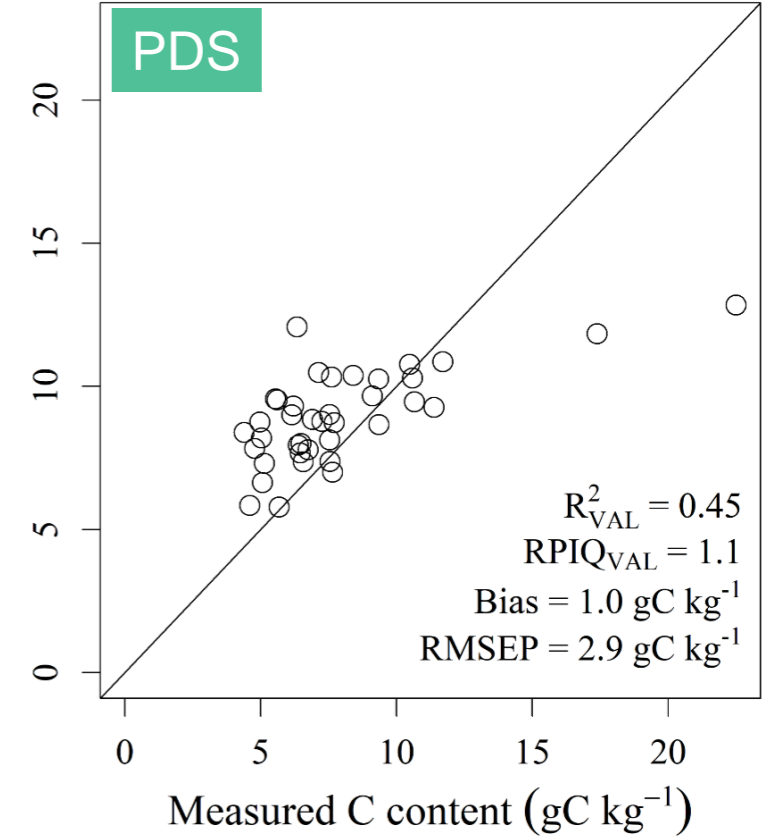
Modèle Foss-ASD



Update

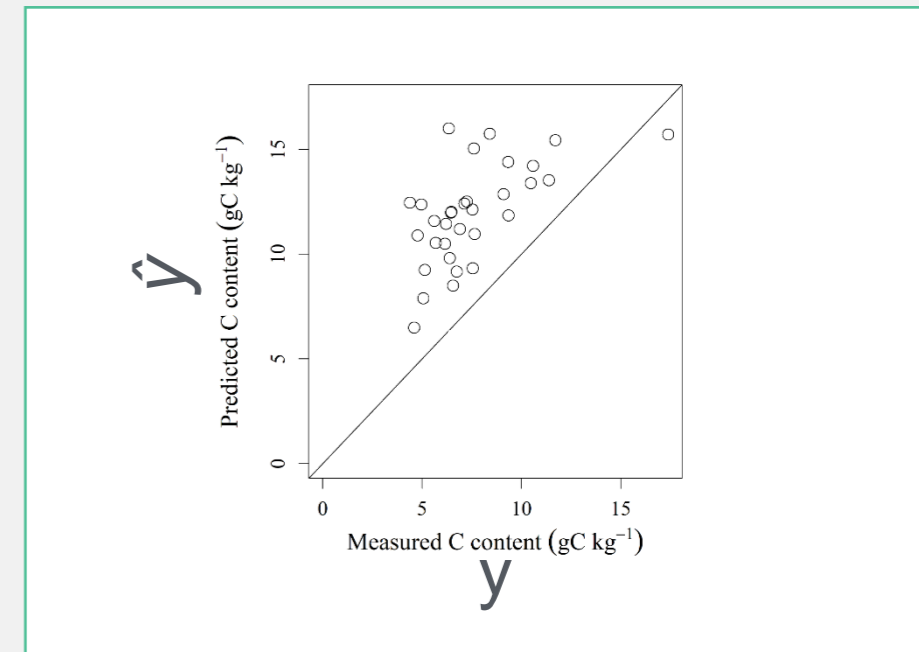
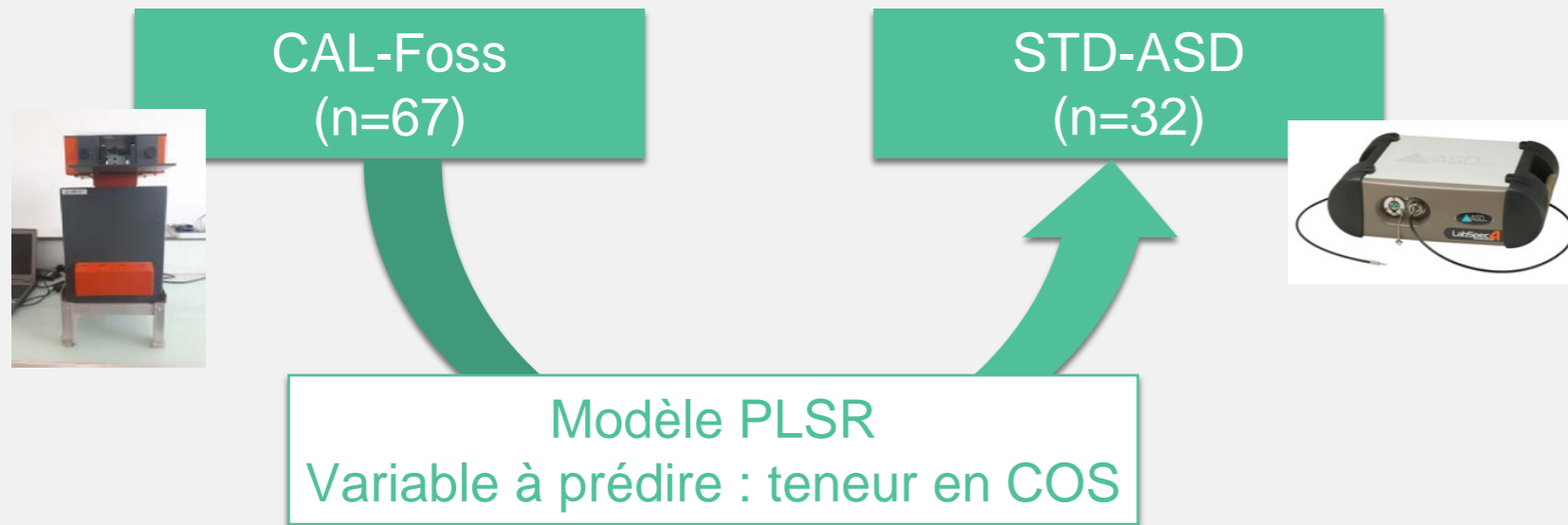


PDS



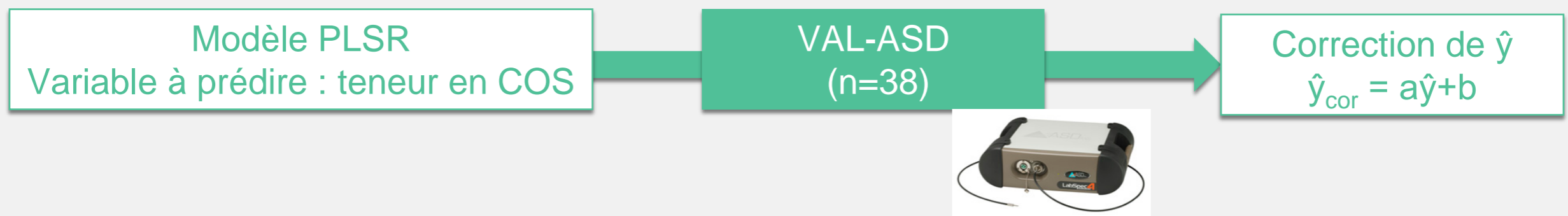
# MÉTHODES DE TRANSFERT

## Correction Biais-Pente



Résolution de l'équation :  
 $y = a\hat{y} + b \rightarrow a ? b?$

Puis calcul de  $\hat{y}_{\text{corrigé}}$  :  
 $\hat{y}_{\text{corrigé}} = a\hat{y} + b$

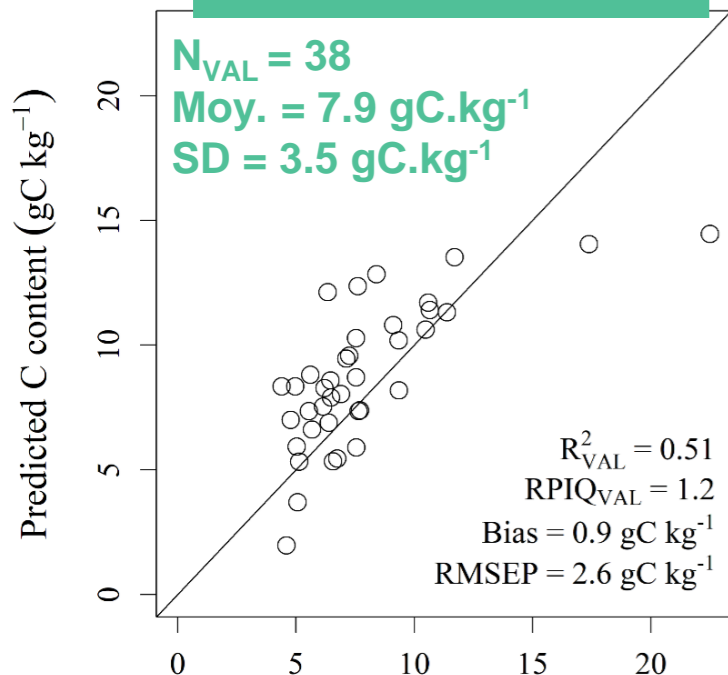


STD = jeu de transfert  
 CAL = jeu de calibration  
 VAL = jeu de validation

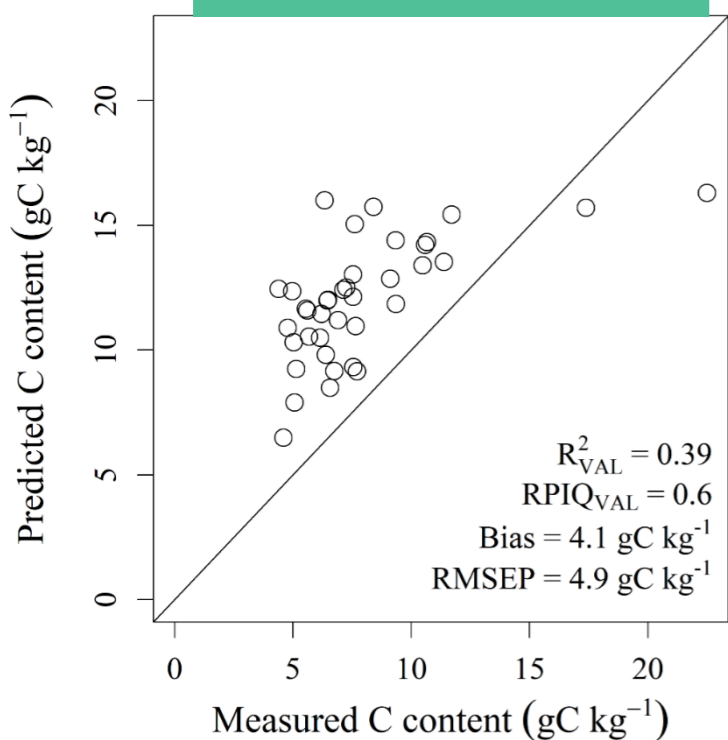


# VALIDATION – CBP

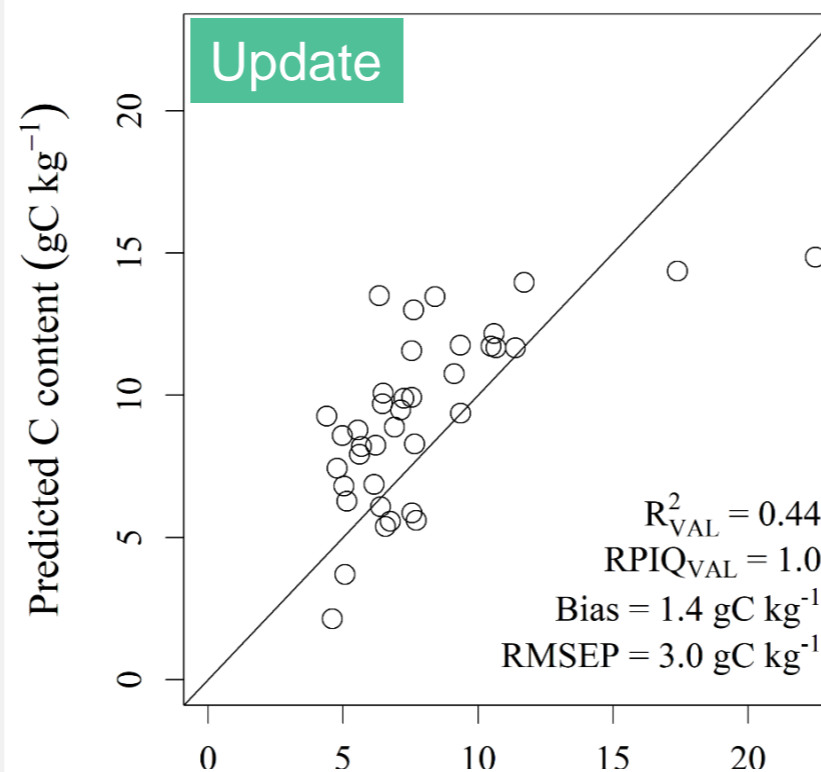
Modèle ASD-ASD



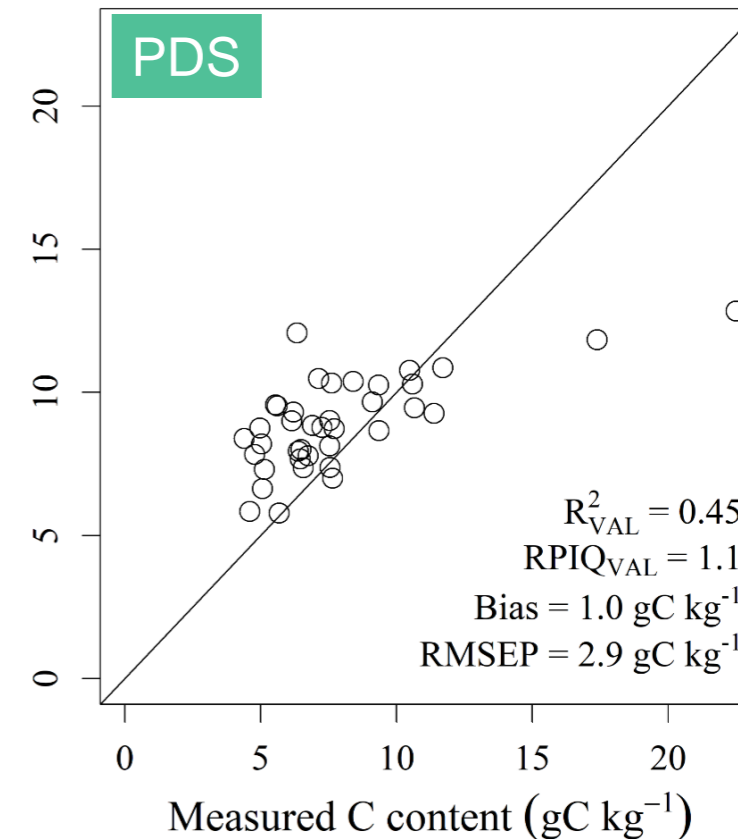
Modèle Foss-ASD



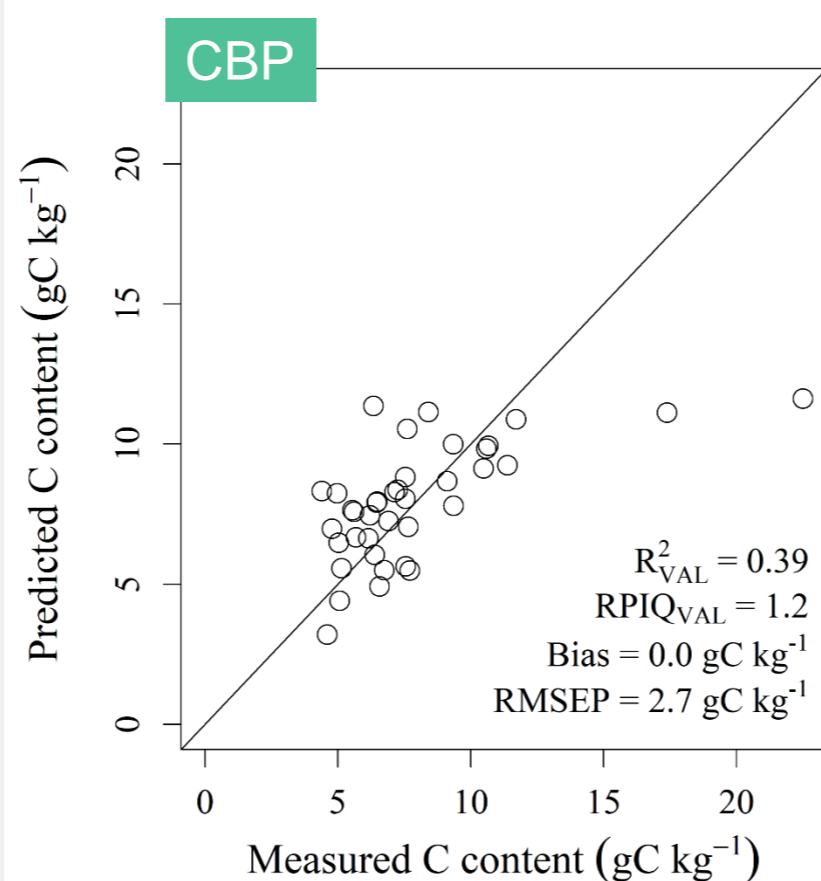
Update



PDS

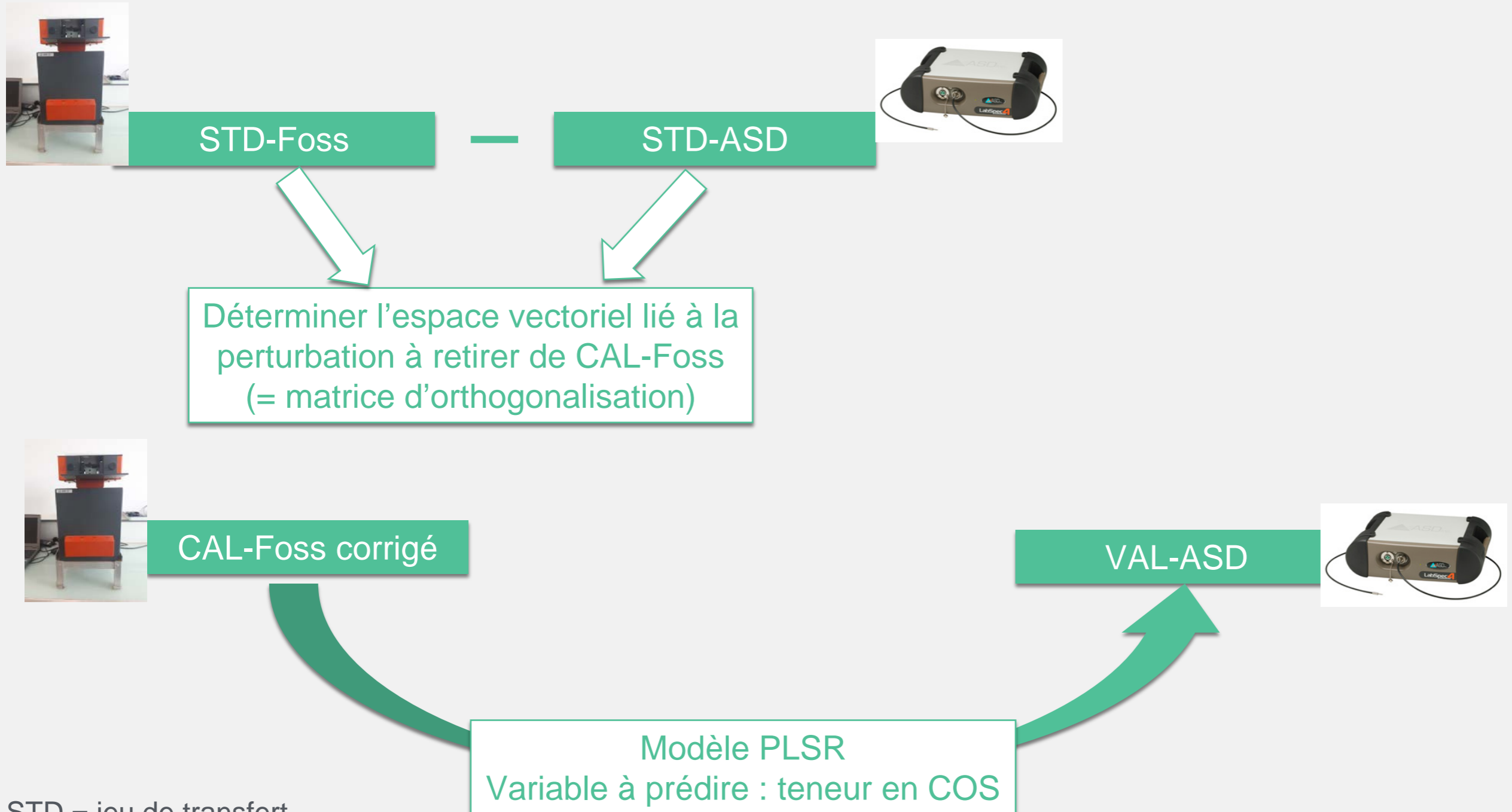


CBP



## MÉTHODES DE TRANSFERT

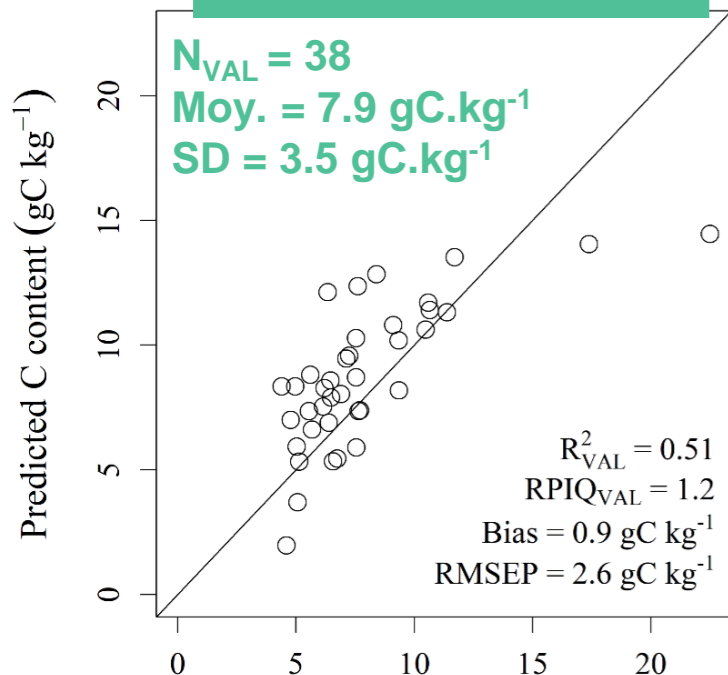
## External Parameter Orthogonalisation (EPO)



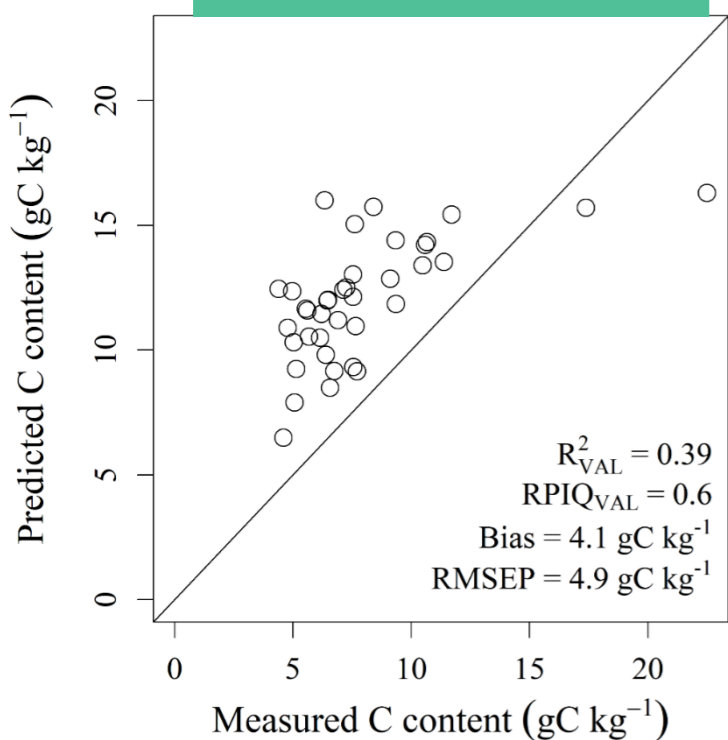
STD = jeu de transfert  
 CAL = jeu de calibration  
 VAL = jeu de validation

# VALIDATION – EPO

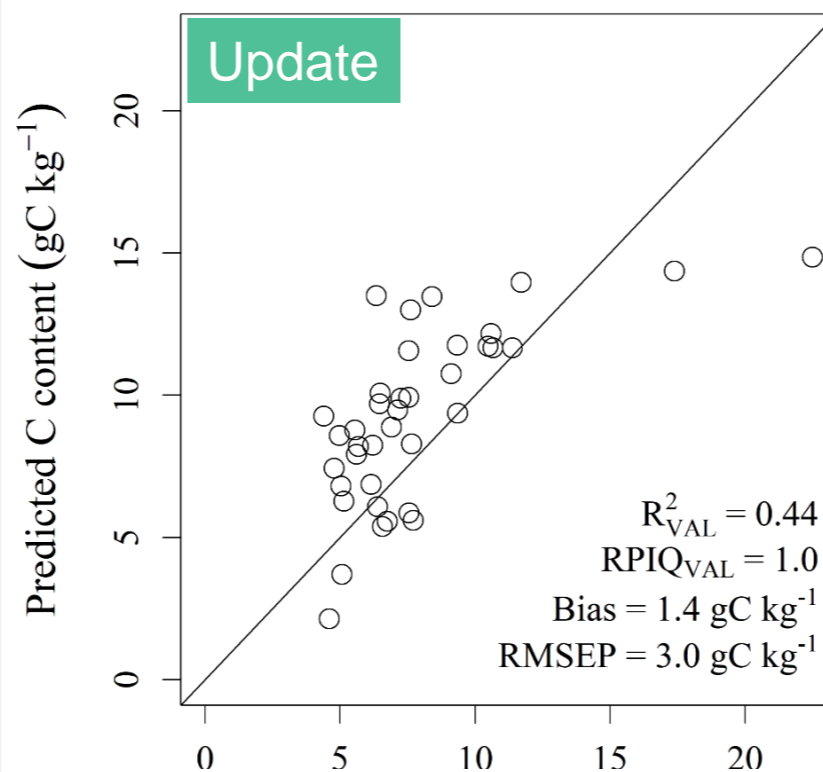
Modèle ASD-ASD



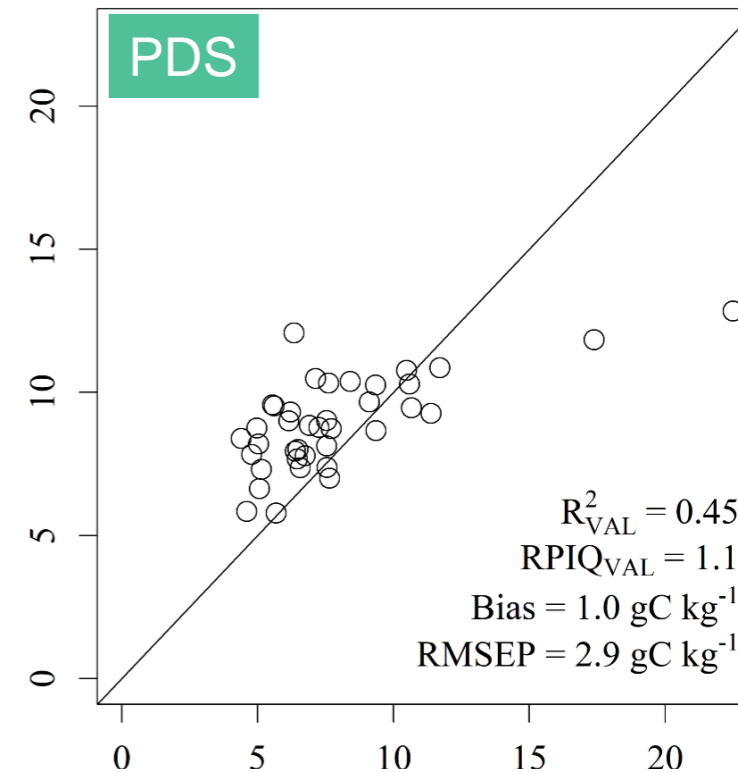
Modèle Foss-ASD



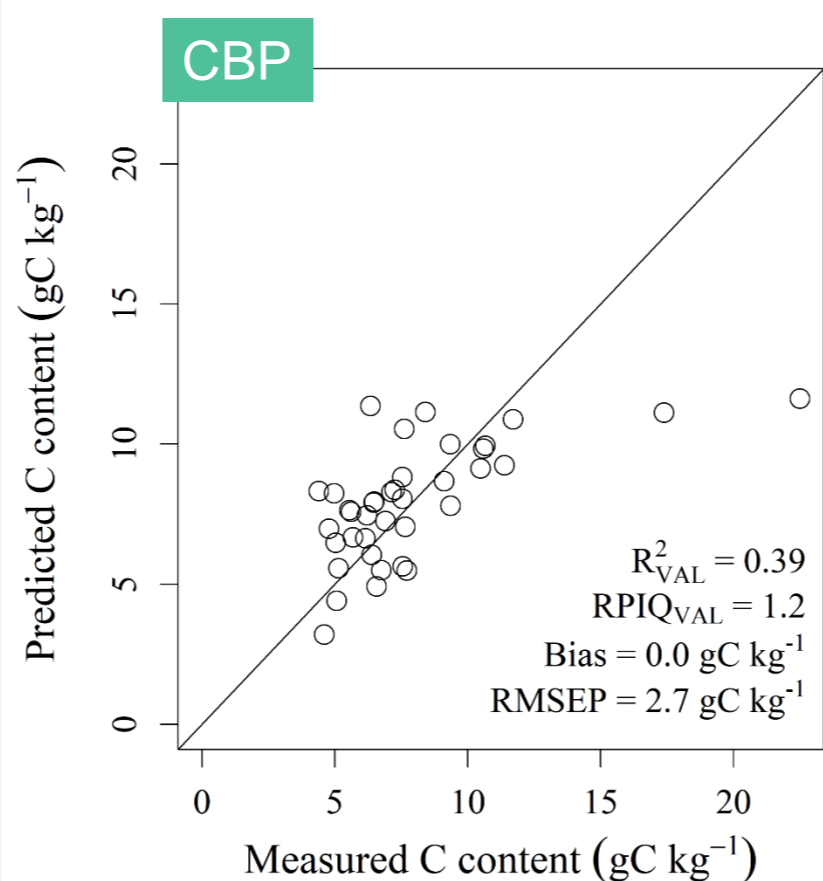
Update



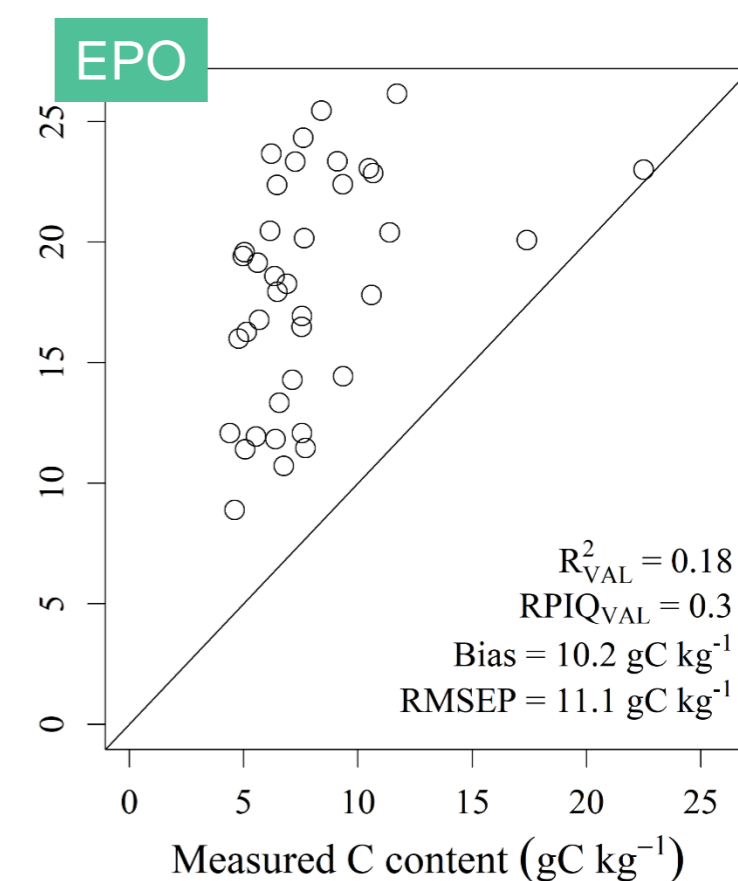
PDS



CBP

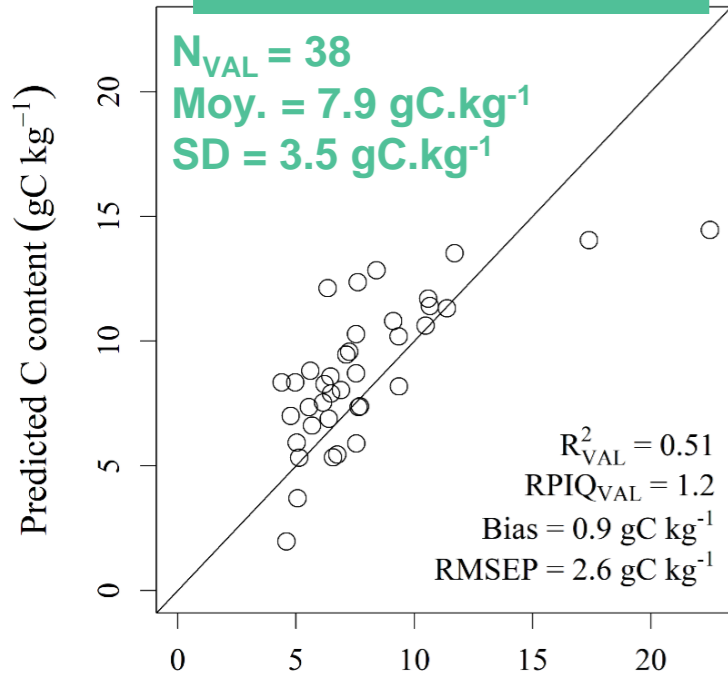


EPO

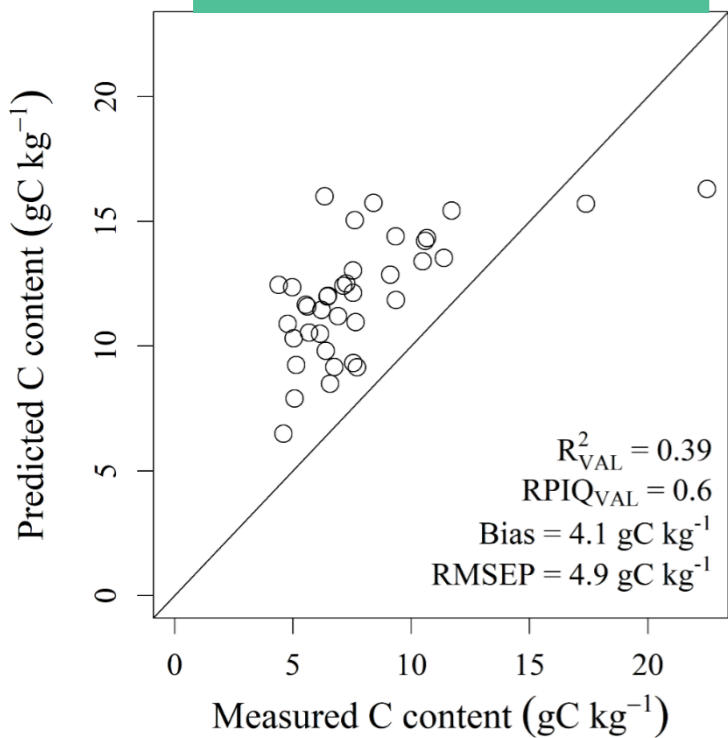


VALIDATION – EPO

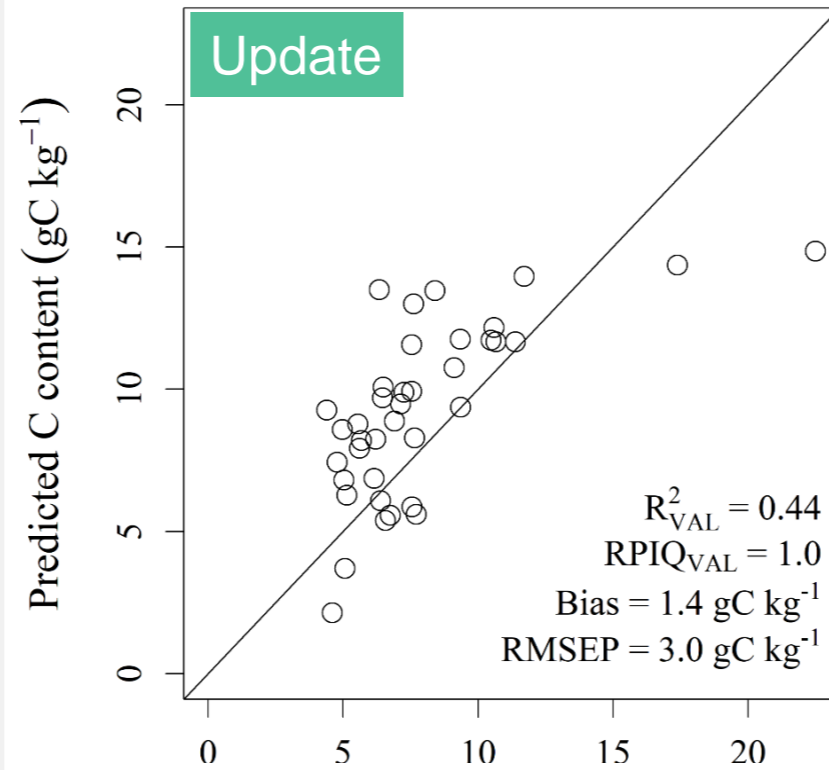
Modèle ASD-ASD



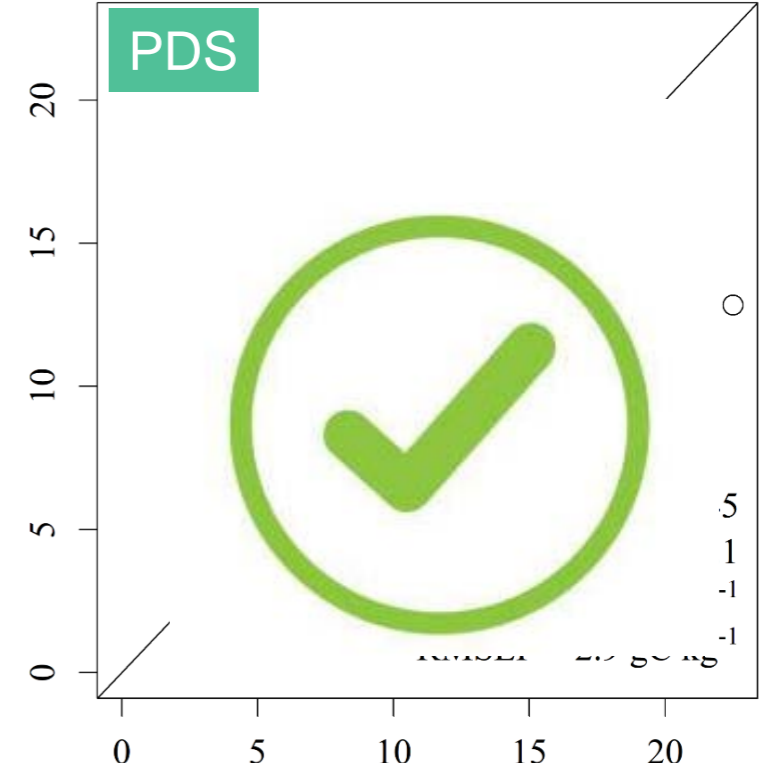
Modèle Foss-ASD



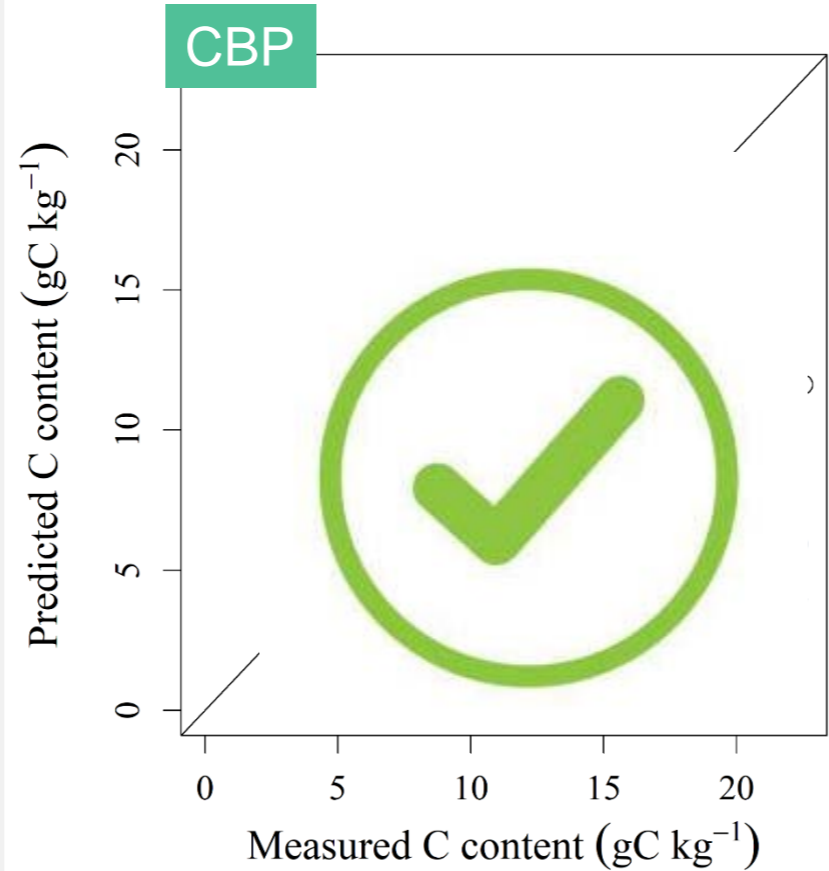
Update



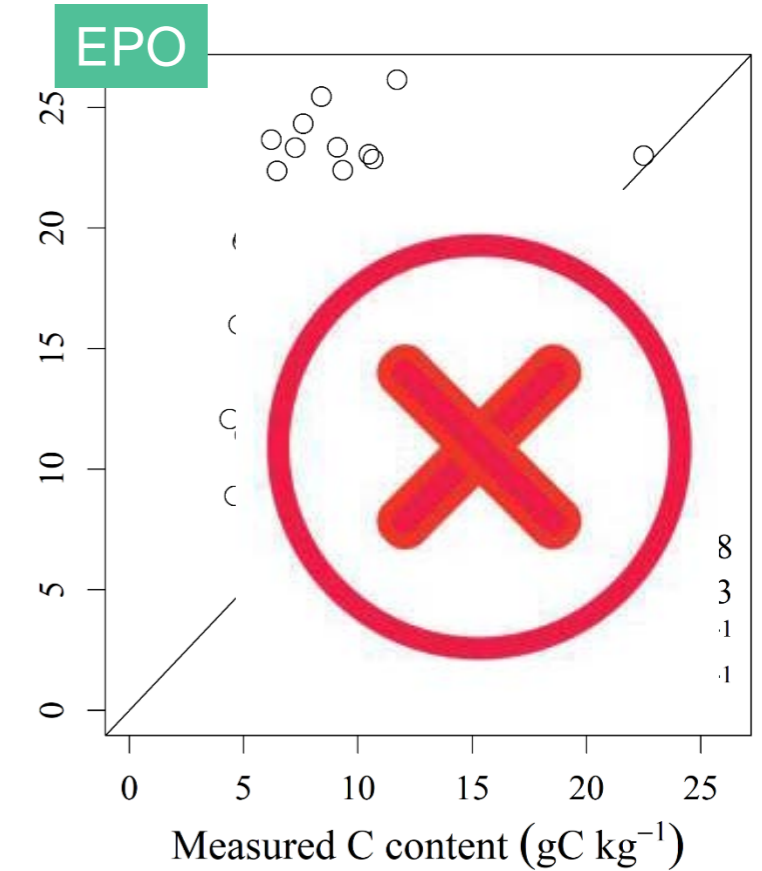
PDS



CBP



EPO



# 21 | CONCLUSION & PERSPECTIVES

## Bilan

- **CBP, PDS, Update réduisent l'impact de la perturbation sur le modèle de prédiction de COS alors que l'EPO l'augmente**
- **Pour l'EPO : la suppression du sous-espace spectral affecté par le changement de spectromètre entraîne une réduction de l'information liée à COS**
- **Seule CBP permet de revenir à l'erreur de prédiction obtenue avec un modèle ASD-ASD**
- **Aucune de ces méthodes ne permettent de retrouver la précision du modèle Foss-Foss**

**En perspectives** (stage M2 M. Ismaïl Hosky ; CDD A. Eymard) :

- **Tester ces méthodes sur d'autres spectromètres**
- **Tester ces méthodes entre modes de préparation des échantillons (tamisés, broyés)**
- **Aller plus loin sur les méthodes de transfert testées**

Merci de votre attention

25<sup>ème</sup> Rencontres HélioSPIR

11/06/2024

[aurelie.cambou@ird.fr](mailto:aurelie.cambou@ird.fr)

