

25<sup>èmes</sup> Rencontres HélioSPIR - 11 & 12 juin 2024

# Spectroscopie proche infrarouge pour prédire l'amidon des grains de Sorgho



- 1 - prédictions Farines vs Grains entiers
- 2 - prédictions Sorgho Afrique vs France



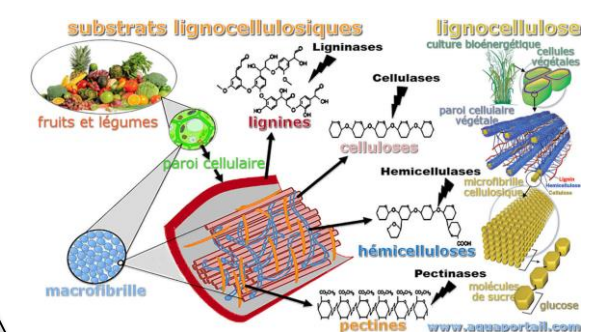
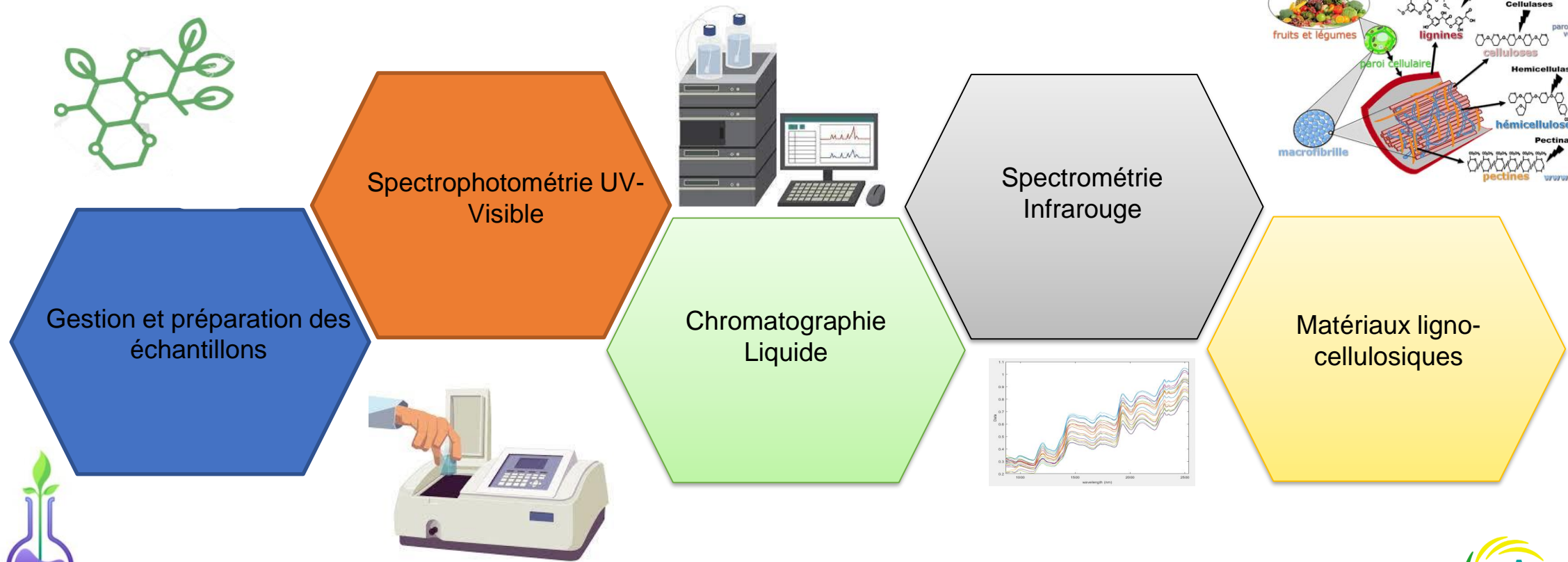


# Plateau d'analyses biochimiques végétales et spectroscopie infra rouge

- ✓ Situé sur le site Lavalette à Montpellier
- ✓ 5 labos regroupés par pôles d'activité



Mégane MISSERI ; Gregory AGUILLAR  
Armel SOTILLO ; Mathilde SINGER



# Le Sorgho

- ✓ Céréale originaire d'Afrique
- ✓ Adaptée aux climats tropicaux et tempérés
- ✓ 5<sup>ème</sup> céréale de la production mondiale
- ✓ 56% de la production mondiale pour l'alimentation humaine



# Le Sorgho

- ✓ Céréale originaire d'Afrique
- ✓ Adaptée aux climats tropicaux et tempérés
- ✓ 5<sup>ème</sup> céréale de la production mondiale
- ✓ 56% de la production mondiale pour l'alimentation humaine

## Ses atouts :

- ✓ Économe en eau / Tolérance à la sécheresse
- ✓ S'adapte aux sols peu fertiles
- ✓ Plantes multi-usages



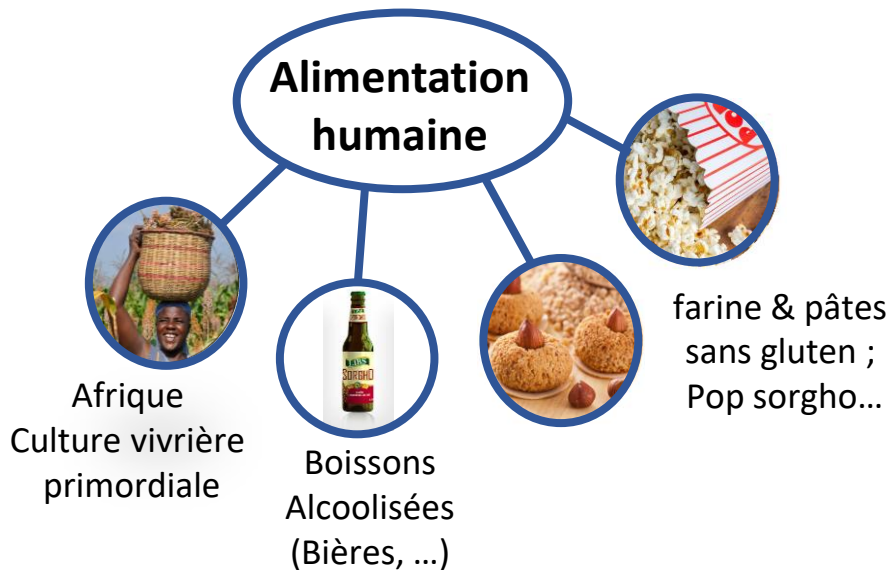
# Le Sorgho

- ✓ Céréale originaire d'Afrique
- ✓ Adaptée aux climats tropicaux et tempérés
- ✓ 5<sup>ème</sup> céréale de la production mondiale
- ✓ 56% de la production mondiale pour l'alimentation humaine

## Ses atouts :

- ✓ Économe en eau / Tolérance à la sécheresse
- ✓ S'adapte aux sols peu fertiles
- ✓ Plantes multi-usages

## Utilisations & Valorisation:



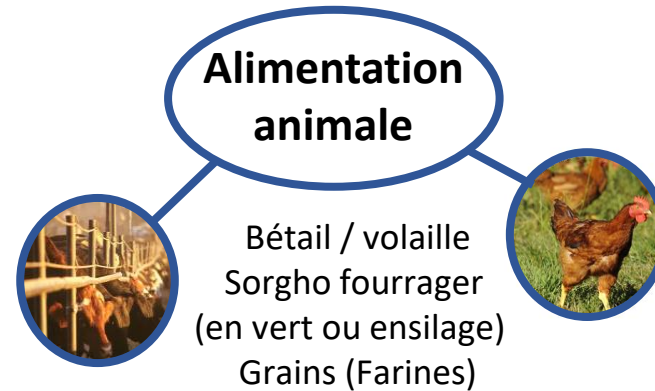
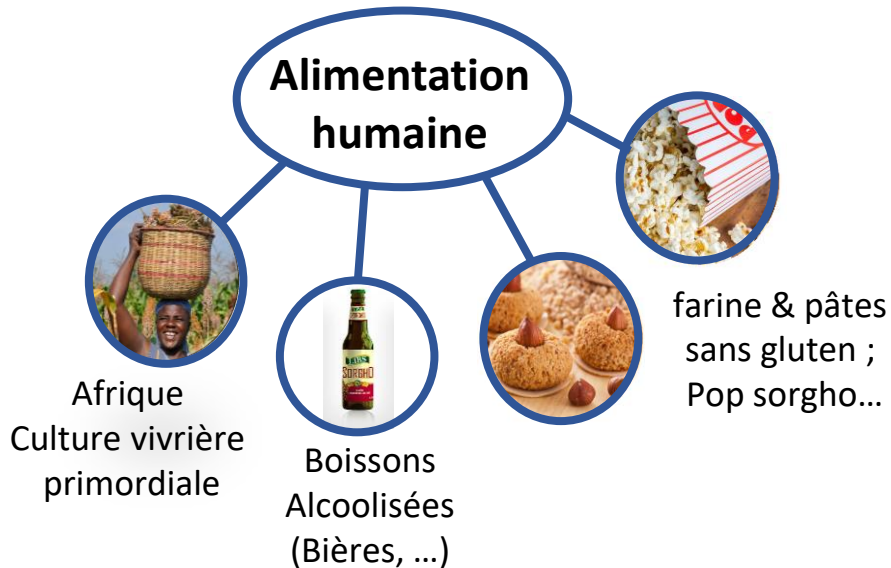
# Le Sorgho

- ✓ Céréale originaire d'Afrique
- ✓ Adaptée aux climats tropicaux et tempérés
- ✓ 5<sup>ème</sup> céréale de la production mondiale
- ✓ 56% de la production mondiale pour l'alimentation humaine

## Ses atouts :

- ✓ Économe en eau / Tolérance à la sécheresse
- ✓ S'adapte aux sols peu fertiles
- ✓ Plantes multi-usages

## Utilisations & Valorisation:



# Le Sorgho

- ✓ Céréale originaire d'Afrique
- ✓ Adaptée aux climats tropicaux et tempérés
- ✓ 5<sup>ème</sup> céréale de la production mondiale
- ✓ 56% de la production mondiale pour l'alimentation humaine

## Ses atouts :

- ✓ Économe en eau / Tolérance à la sécheresse
- ✓ S'adapte aux sols peu fertiles
- ✓ Plantes multi-usages

## Utilisations & Valorisation:



# Le set d'échantillons



## Amélioration variétale - **Afrique de l'Ouest**

⇒ hausse de la productivité agricole et  
résilience des petits exploitants  
& assurer la sécurité alimentaire



NitroSorg

## Amélioration variétale – **France**

⇒ qualité du grain et son adaptation à  
l'alimentation des volailles.



# Le set d'échantillons



## Amélioration variétale - Afrique de l'Ouest

⇒ hausse de la productivité agricole et résilience des petits exploitants & assurer la sécurité alimentaire

**2018-2022**

954 échantillons - 4 programmes / 6 Sites

Pays	Site
Burkina Faso	Saria
Mali	Sotuba
Sénégal	Bambey
Sénégal	Sinthiou Maleme
Niger	Bengou
Niger	Maradi



## Amélioration variétale – France

⇒ qualité du grain et son adaptation à l'alimentation des volailles.

**2021-2023**

2084 échantillons - 1 programme / 3 Sites

Pays	Site
France (AGAP)	Lavalette
France (Eurosorgho)	Mondonville
France (RAGT)	Rivières

# Le set d'échantillons



## Amélioration variétale - Afrique de l'Ouest

⇒ hausse de la productivité agricole et résilience des petits exploitants & assurer la sécurité alimentaire

**2018-2022**

954 échantillons - 4 programmes / 6 Sites

Pays	Site
Burkina Faso	Saria
Mali	Sotuba
Sénégal	Bambey
Sénégal	Sinthiou Maleme
Niger	Bengou
Niger	Maradi



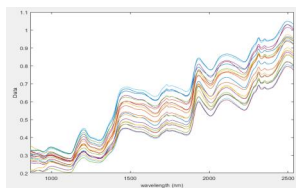
## Amélioration variétale – France

⇒ qualité du grain et son adaptation à l'alimentation des volailles.

**2021-2023**

2084 échantillons - 1 programme / 3 Sites

Pays	Site
France (AGAP)	Lavalette
France (Eurosorgho)	Mondonville
France (RAGT)	Rivières



**Données spectrales :**  
Bruker-TANGO – Bioch&Spir

- Tous les échantillons

# Le set d'échantillons



## Amélioration variétale - Afrique de l'Ouest

⇒ hausse de la productivité agricole et résilience des petits exploitants & assurer la sécurité alimentaire

**2018-2022**

954 échantillons - 4 programmes / 6 Sites

Pays	Site
Burkina Faso	Saria
Mali	Sotuba
Sénégal	Bambey
Sénégal	Sinthiou Maleme
Niger	Bengou
Niger	Maradi



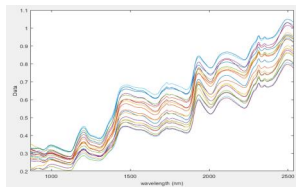
## Amélioration variétale – France

⇒ qualité du grain et son adaptation à l'alimentation des volailles.

**2021-2023**

2084 échantillons - 1 programme / 3 Sites

Pays	Site
France (AGAP)	Lavalette
France (Eurosorgho)	Mondonville
France (RAGT)	Rivières



**Données spectrales :**  
Bruker-TANGO – Bioch&Spir

- Tous les échantillons

**Données de références Amidon :**  
Méthode enzymatique – Bioch&Spir

- 391 Amidon

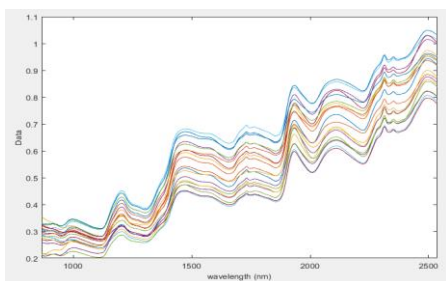




# Etalonnage sur Farines vs Grains



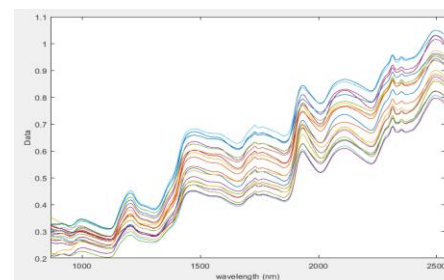
# Matériel & méthode



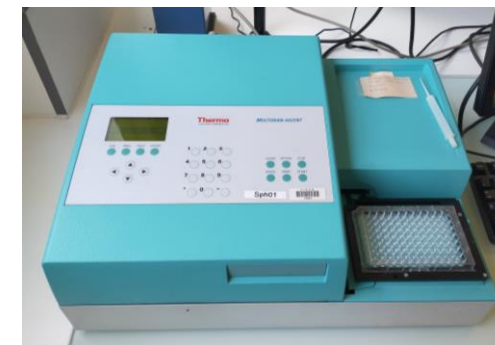
Spectres NIRs  
Grains entiers



Broyage en  
Farines 1mm

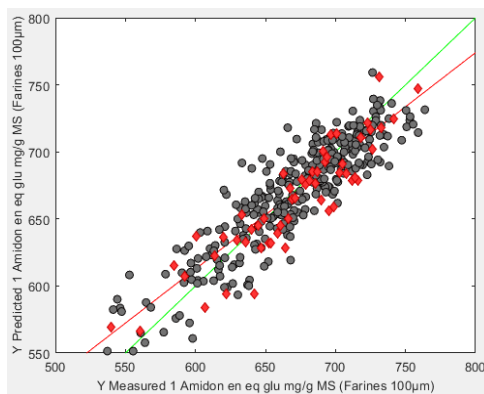


Spectres NIRs  
Farines 1mm

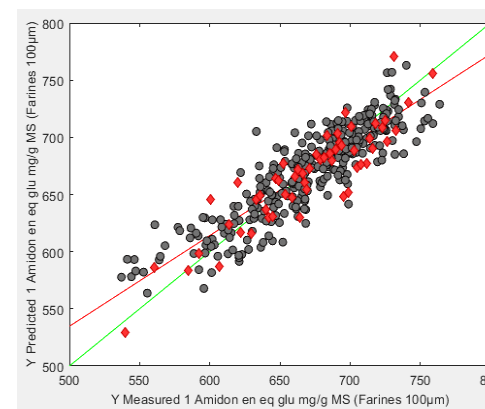


Dosage Amidon  
= données de référence

1 étalonnage sur spectres Farines

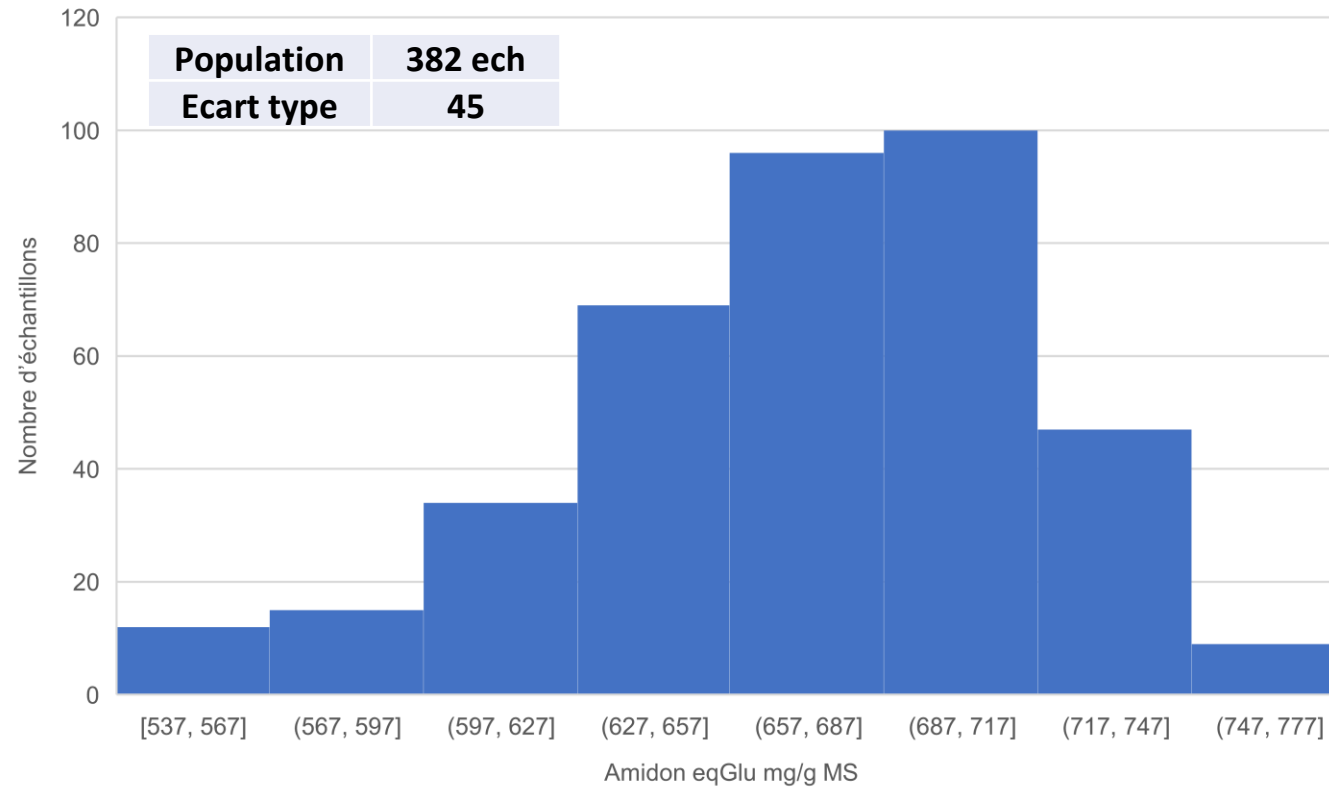
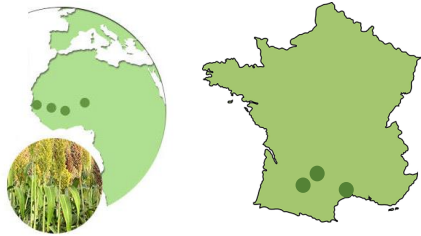


1 étalonnage sur spectres Grains entiers



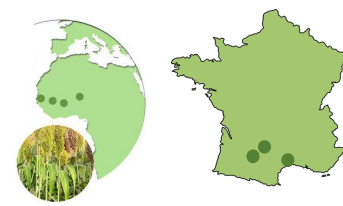
# Dispersion des données Amidon

## Base de données Amidon Afrique & France



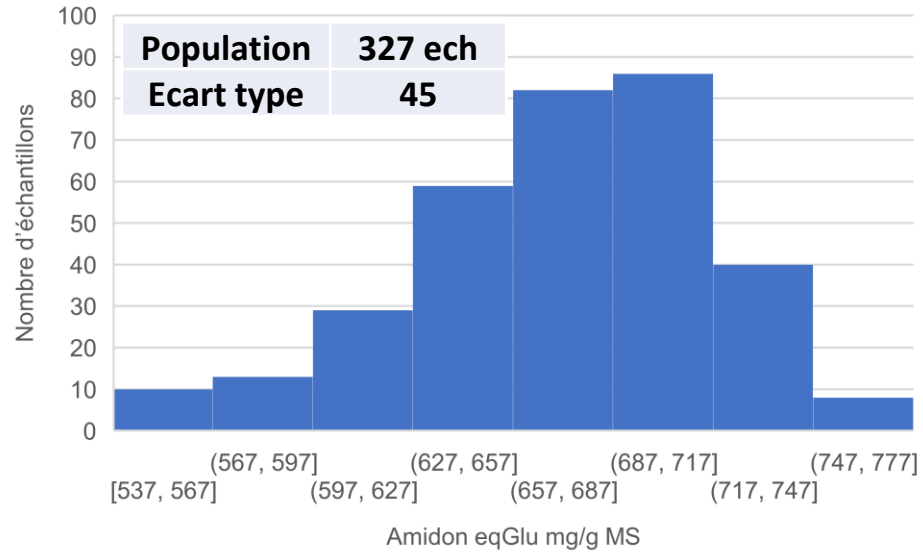
- Set de test indépendant de l'étalonnage
- Sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon

# Set d'étalonnage / Set de Test

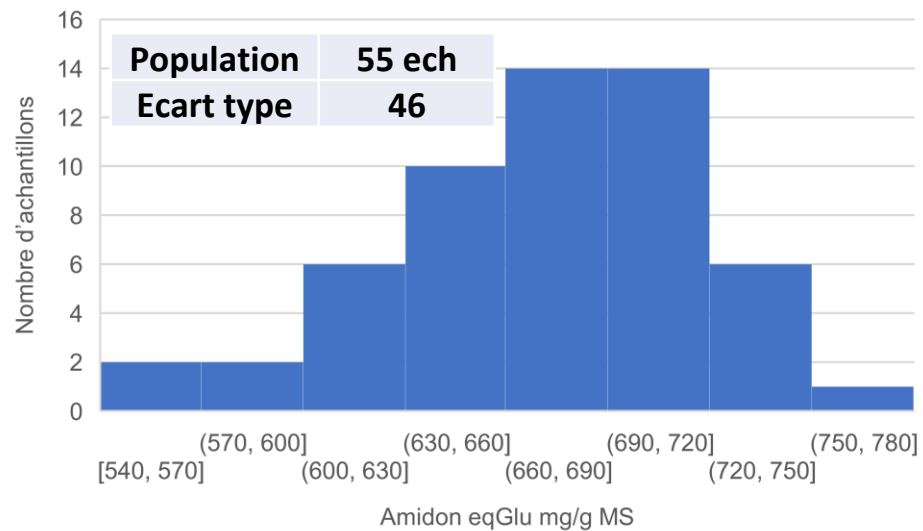


## 1- sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon

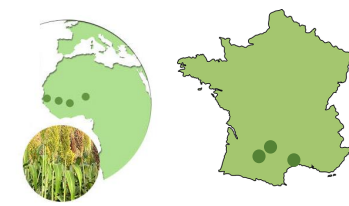
Set d'étalonnage



Set de Test

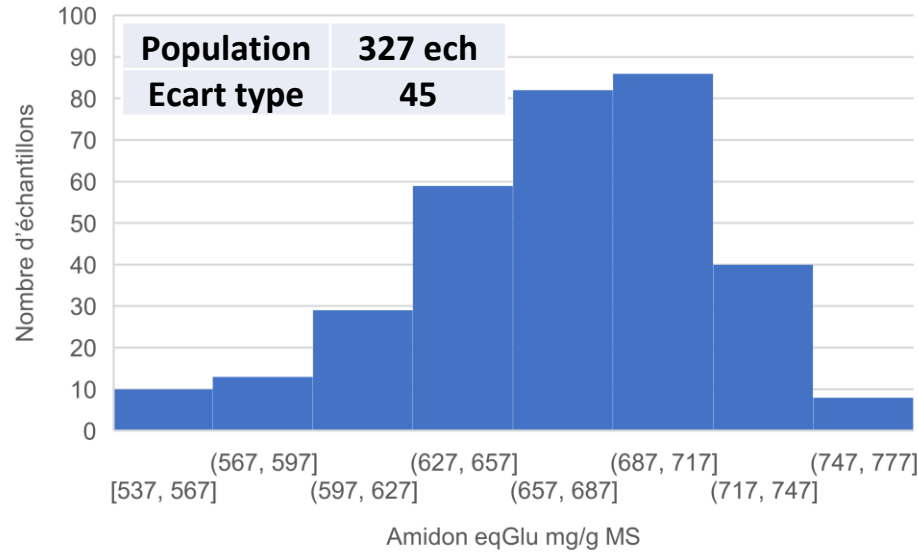


# Set d'étalonnage / Set de Test

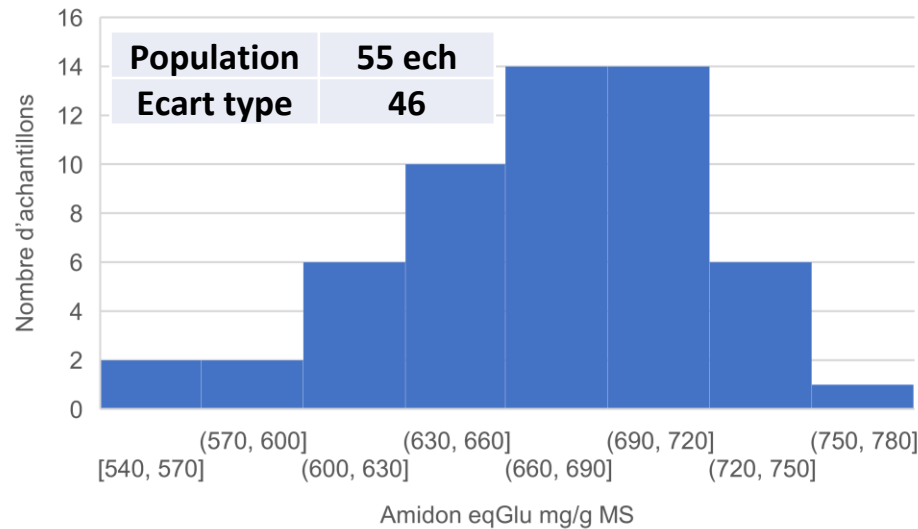


## 1- sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon

Set d'étalonnage

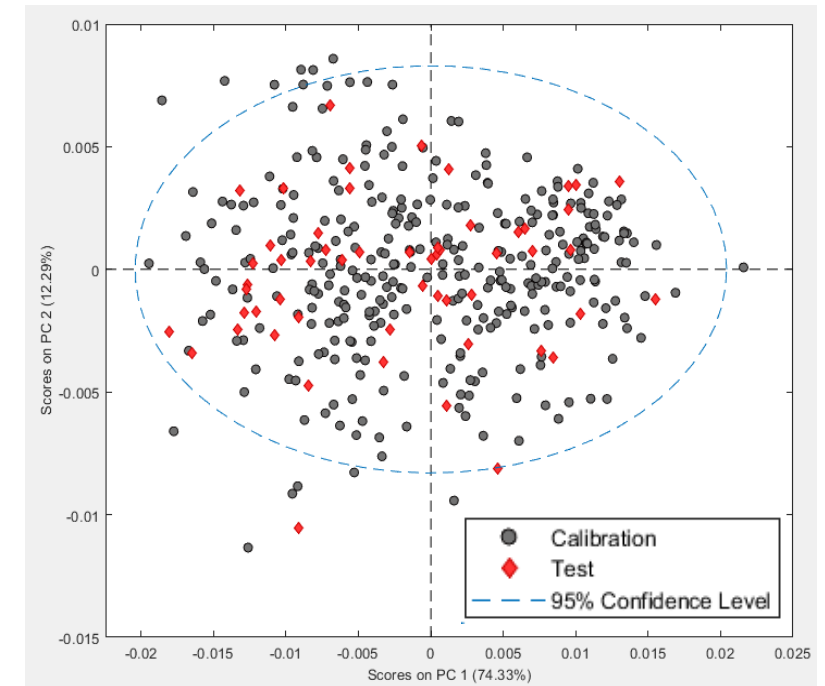


Set de Test



## 2- représentativité spectrale des échantillons Test dans l'ACP des échantillons d'étalonnage

### PC1/PC2 – Grains Entiers

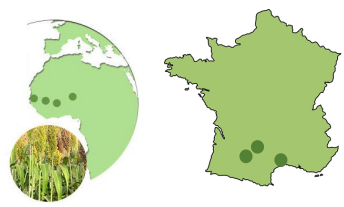




# Etalonnage Farines vs Grains Entiers

➤ Logiciel : SOLO / **Cross validation** - venitian blinds - 5 blocks

**Prétraitements** : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center



# Etalonnage Farines vs Grains Entiers

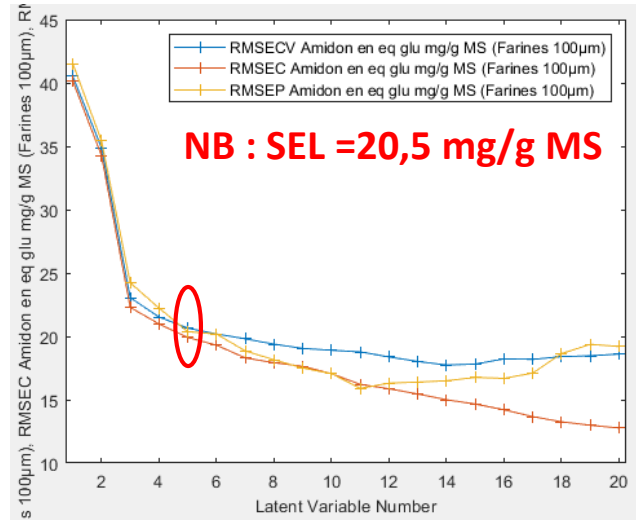


➤ Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

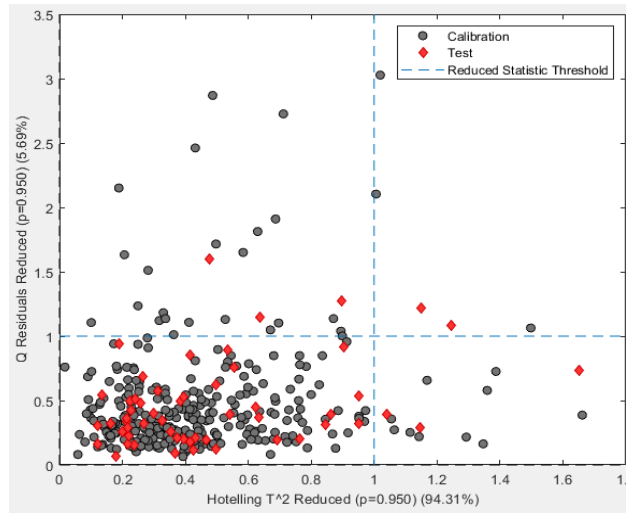
Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

Farines

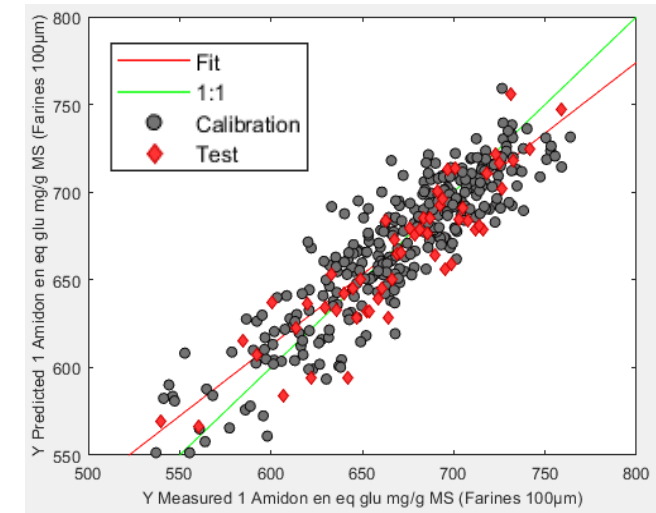
RMSE vs LVs



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>

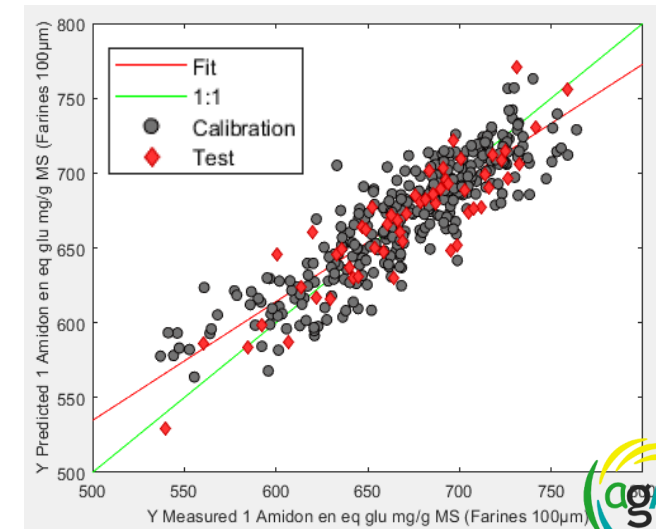
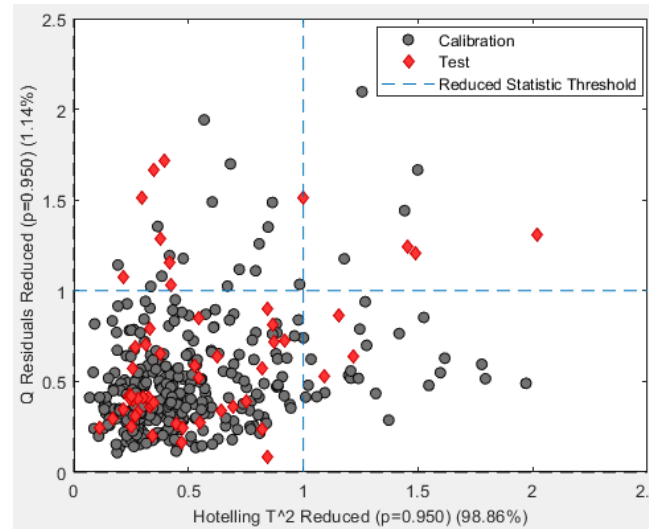
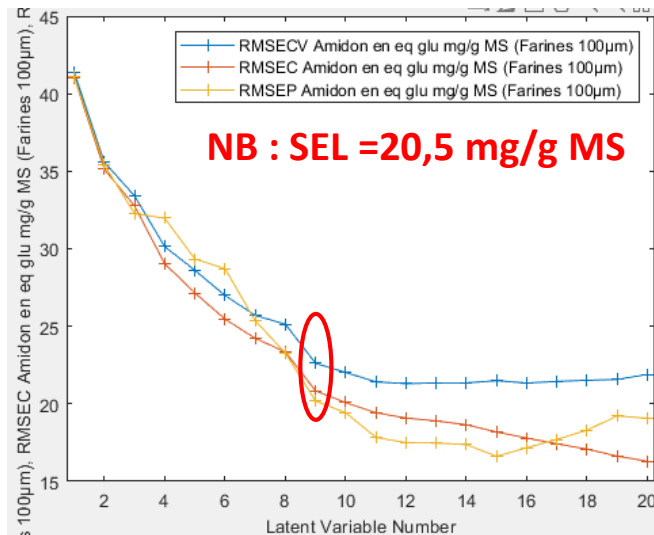


Projection ech test sur droite d'étalonnage

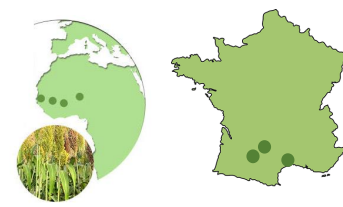


Grains Entiers

RMSE vs LVs



# Etalonnage Farines vs Grains Entiers

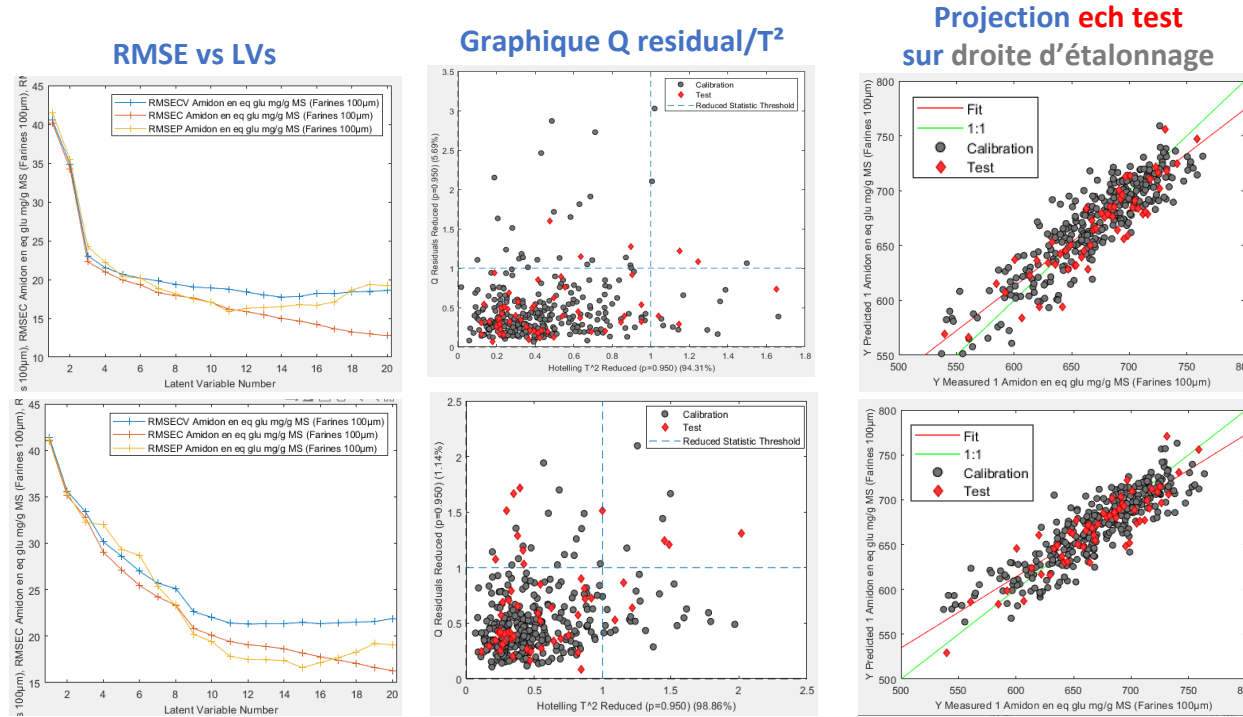


➤ Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

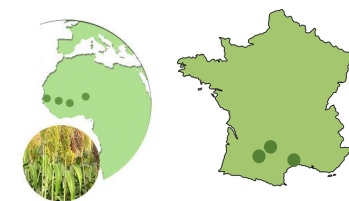
Farines

Grains Entiers



	Population		Labo	Cross Validation (327 échantillons)									Set de test (55 échantillons)			RPD (SD/SEP)
	N	SD		Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R²C	R²CV	SEP	Pred biais	R²Pred	
<b>Etalonnage Farines</b>	327	45	SEL 20,5	5	94,3	80,2	19,9	20,7	0,00	0,05	0,80	0,79	20,4	-6,5	0,82	2,20
<b>Etalonnage Grains</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

# Etalonnage Farines vs Grains Entiers

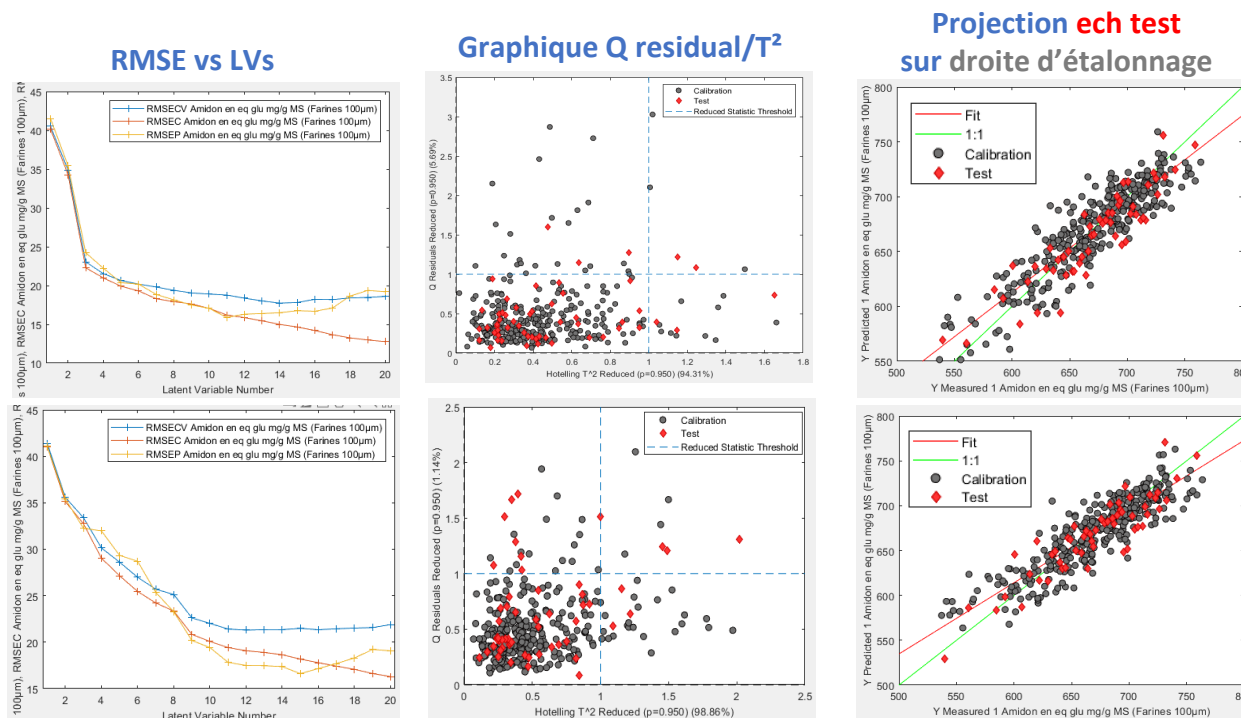


➤ Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

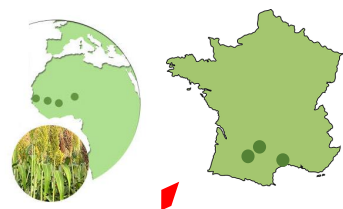
Farines

Grains Entiers



	Population		Labo	Cross Validation (327 échantillons)								Set de test (55 échantillons)			RPD (SD/SEP)	
	N	SD	SEL	Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R <sup>2</sup> C	R <sup>2</sup> CV	SEP	Pred biais		R <sup>2</sup> Pred
<b>Etalonnage Farines</b>	327	45	20,5	5	94,3	80,2	19,9	20,7	0,00	0,05	0,80	0,79	20,4	-6,5	0,82	2,20
<b>Etalonnage Grains</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

# Etalonnage Farines vs Grains Entiers

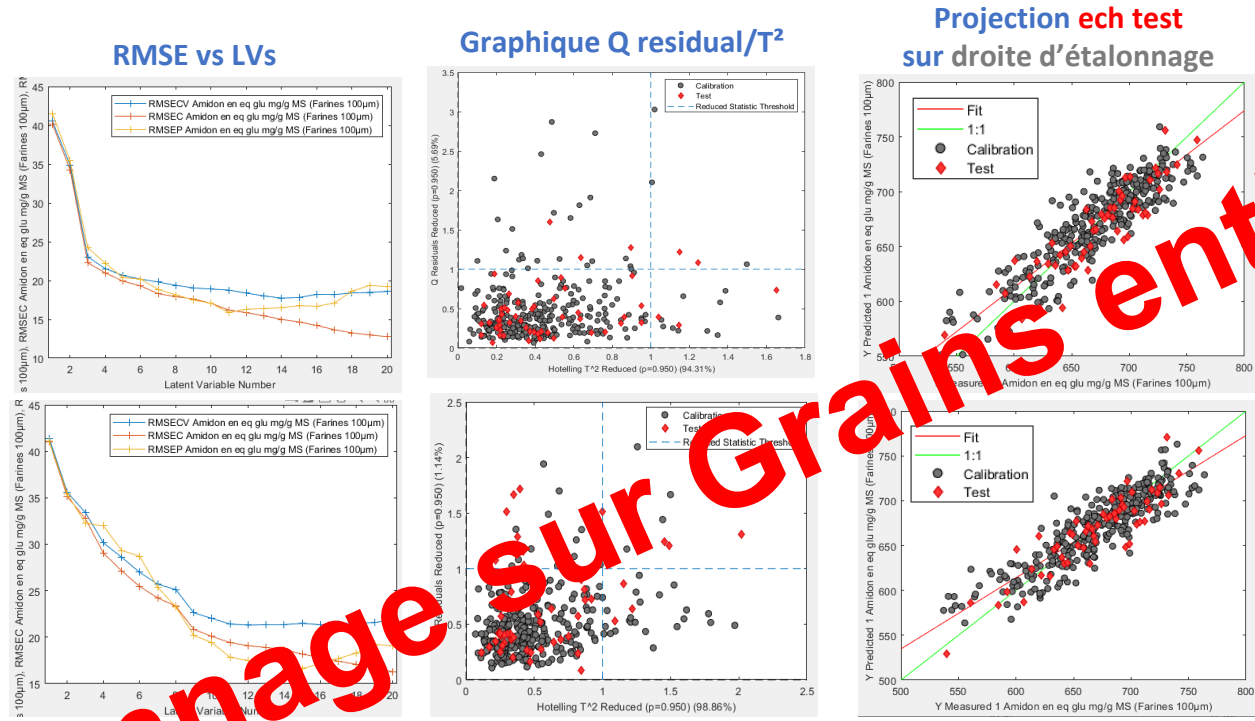


Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

Farines

Grains Entiers



Etalonnage sur Grains entiers validé

	Population		Latent Variables	Cross Validation (327 échantillons)								Set de test (55 échantillons)			RPD (SD/SEP)	
	N	SEL		Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R <sup>2</sup> C	R <sup>2</sup> CV	SEP	Pred biais		R <sup>2</sup> Pred
<b>Etalonnage Farines</b>	327	45	20,5	5	94,3	80,2	19,9	20,7	0,00	0,05	0,80	0,79	20,4	-6,5	0,82	2,20
<b>Etalonnage Grains</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

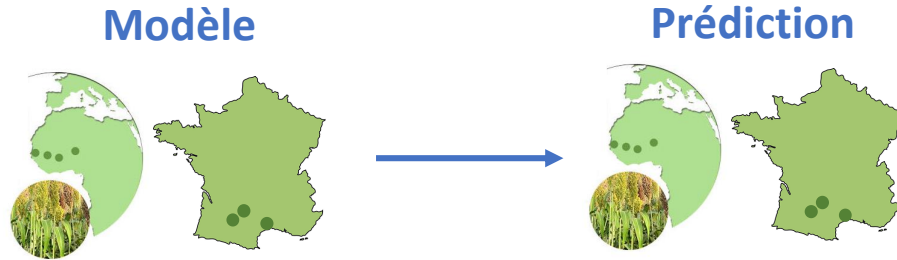


# Etalonnage Afrique vs Afrique&France



# Questions ?

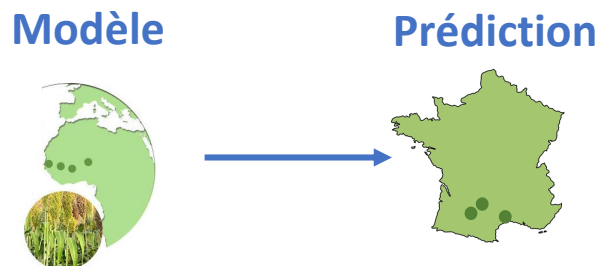
→ Etalonnage « Afrique + France » validé sur spectres NIRs de grains entiers



1- Amélioration du modèle si une seule origine géographique ? (Afrique)



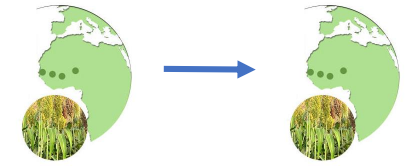
2- Robustesse du nouveau modèle pour la prédiction d'échantillons de toutes localités?



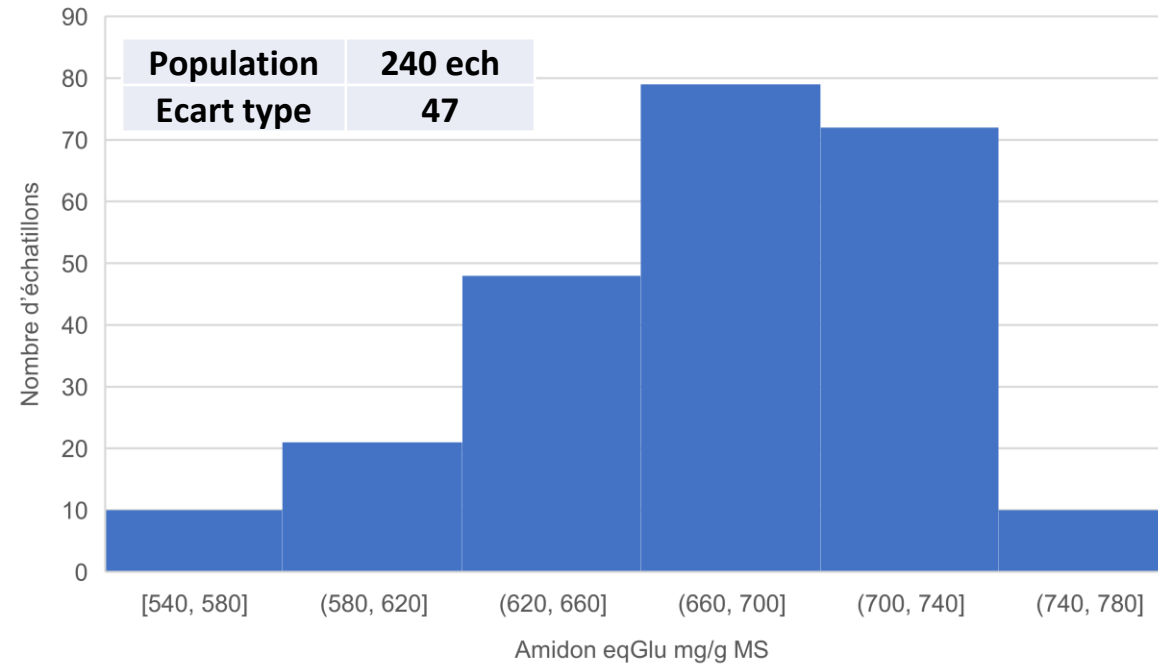
# Dispersion des données amidon - Afrique

Modèle

Prédiction



Base de données Amidon  
Afrique



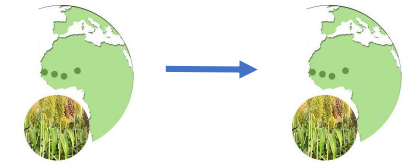
- Set de test indépendant de l'étalonnage
- Sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon



# Set d'étalonnage / Set de Test - Afrique

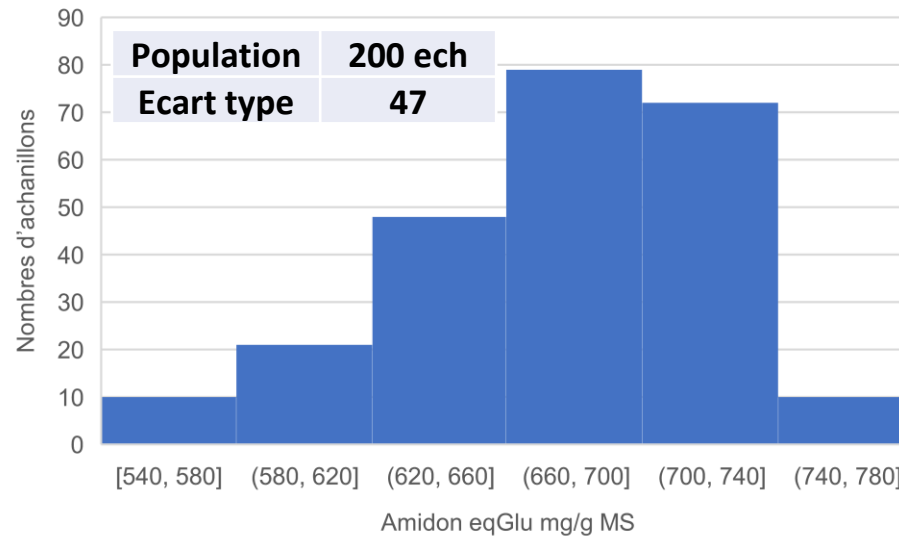
Modèle

Prédiction

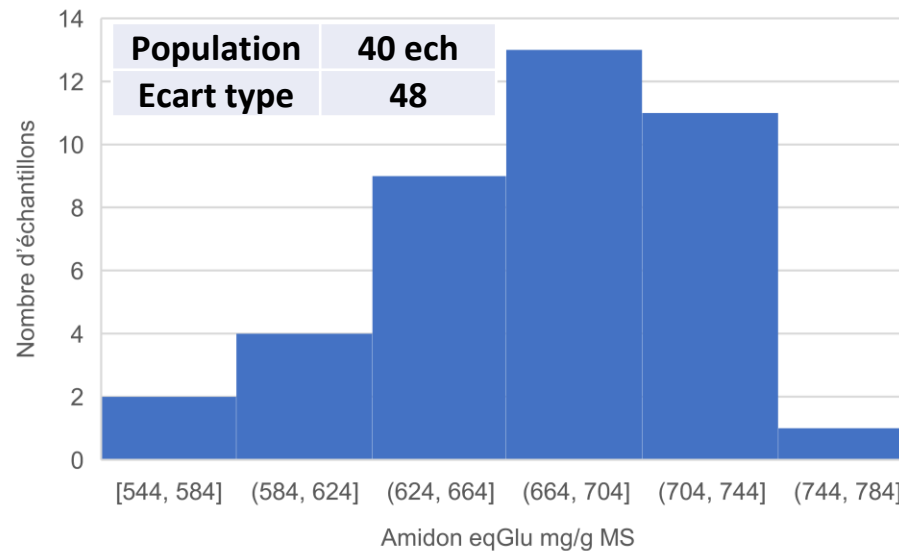


## 1- sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon

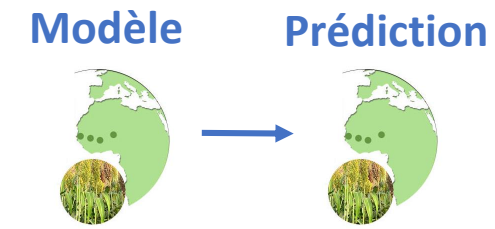
Set d'étalonnage



Set de Test

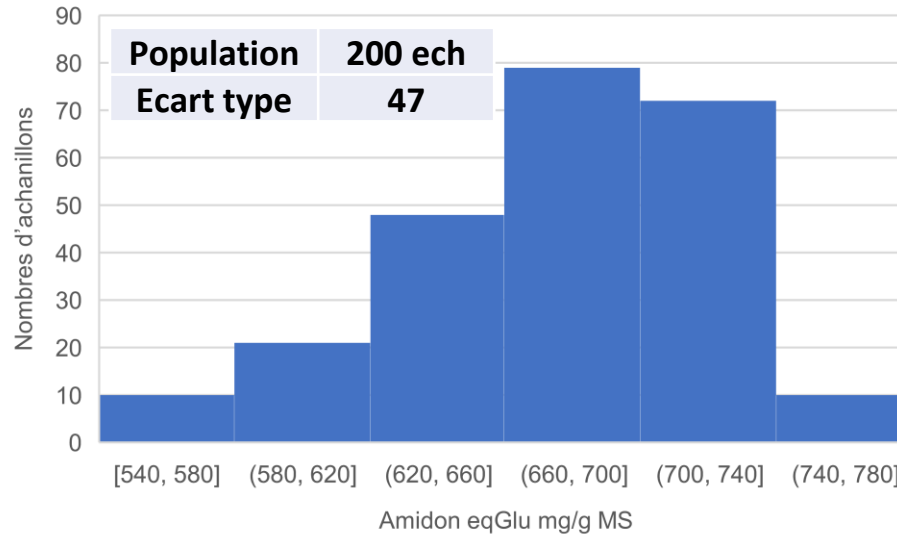


# Set d'étalonnage / Set de Test - Afrique

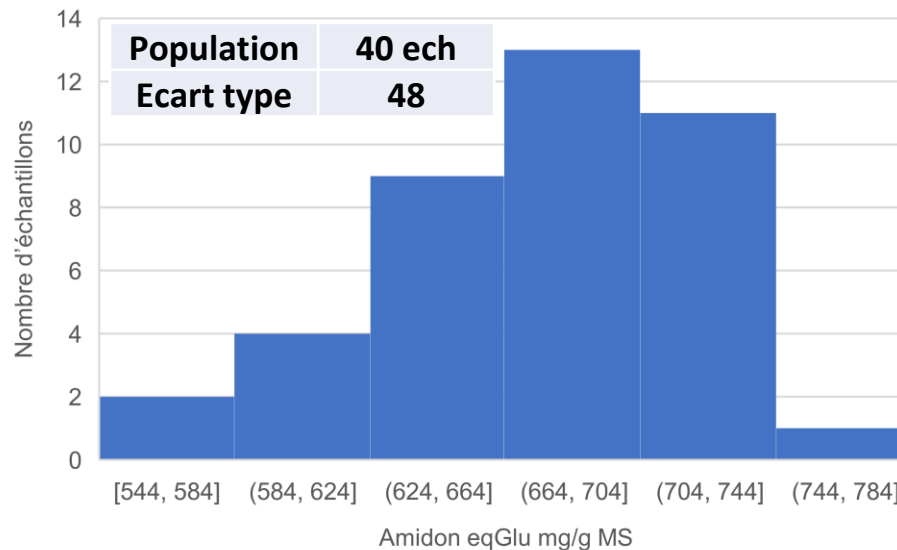


## 1- sélection dans la variabilité des valeurs de référence Amidon

Set d'étalonnage

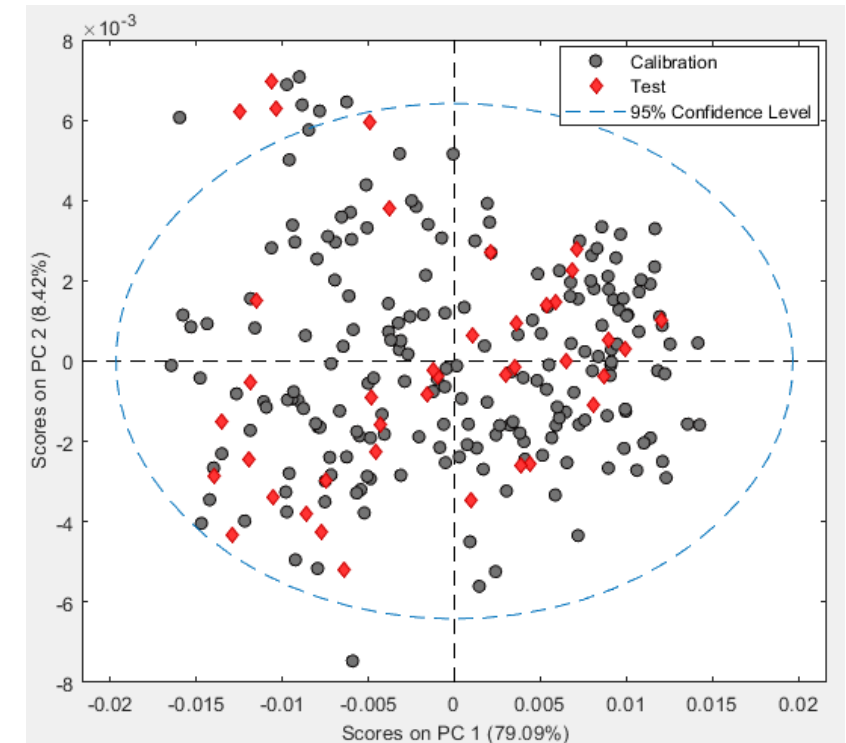


Set de Test



## 2- représentativité spectrale des échantillons Test dans l'ACP des échantillons d'étalonnage

PC1/PC2 – Grains Entiers



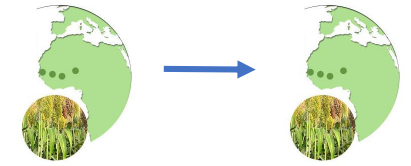
# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

➤ Logiciel : SOLO / **Cross validation** - venitian blinds - 5 blocks

**Prétraitements** : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

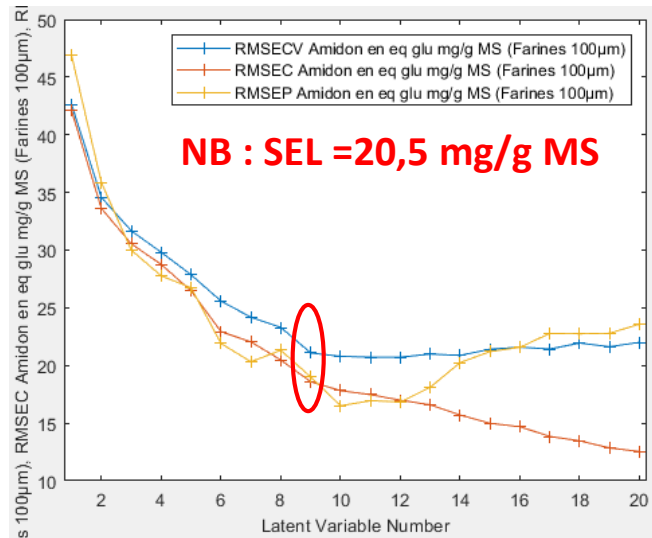
Modèle

Prédiction

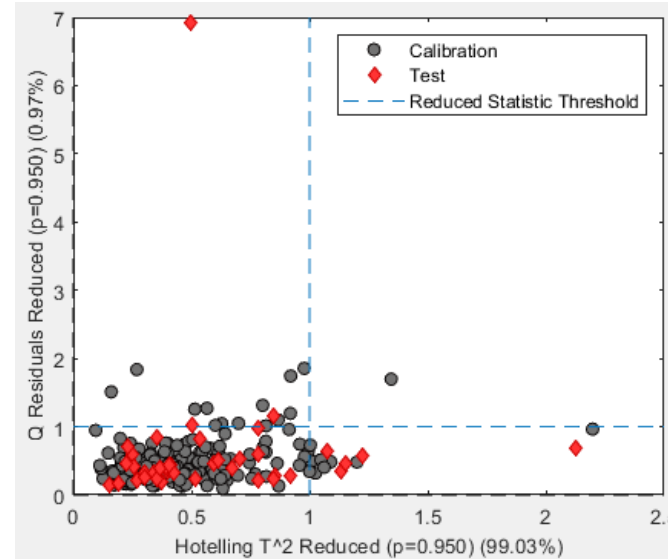


Afrique

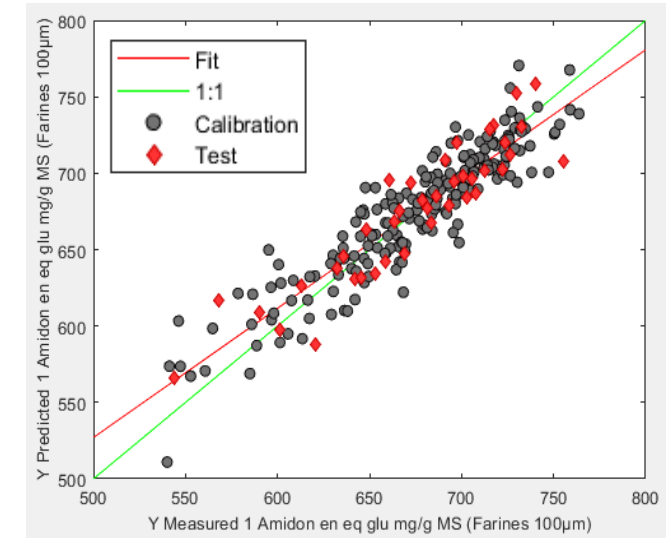
RMSE vs LVs



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



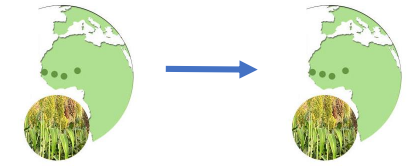
Projection ech test sur droite d'étalonnage



# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle

Prédiction

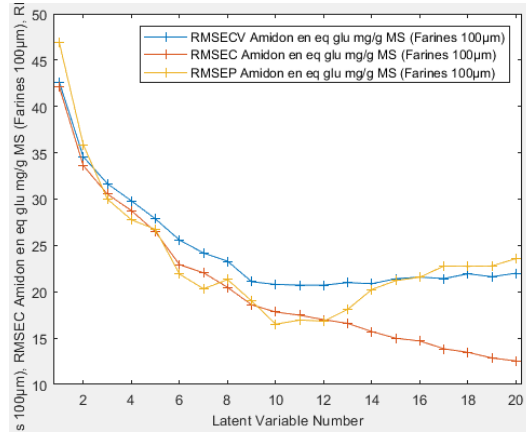


Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

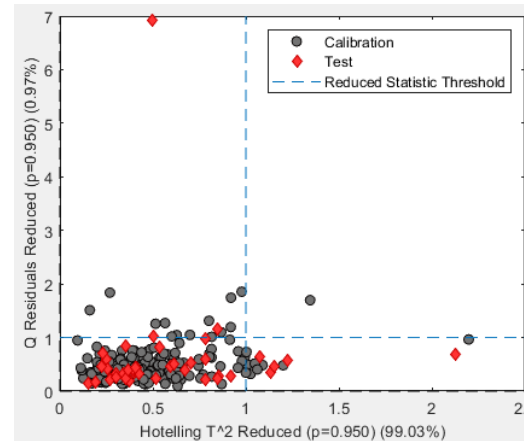
Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

Afrique

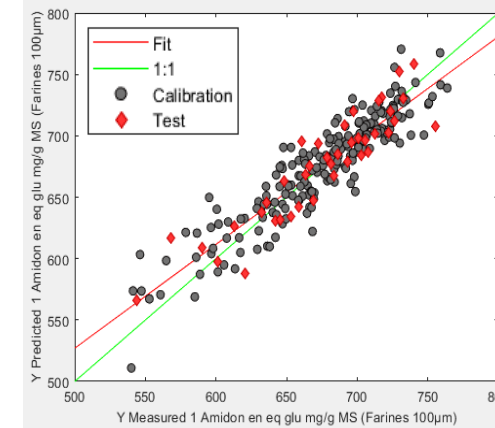
RMSE vs LVs



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



Projection ech test sur droite d'étalonnage

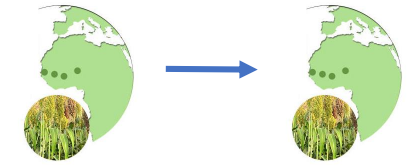


	Population		Labo	Cross Validation (327 échantillons)									Set de test			RPD (SD/SEP)
	N	SD	SEL	Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R <sup>2</sup> C	R <sup>2</sup> CV	SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	
<b>Etalonnage Afrique</b>	200	47	20,5	9	99,0	84,3	18,6	21,1	0,00	-0,01	0,84	0,80	19,0	0,2	0,84	2,47
<b>Etalonnage Afrique &amp; France</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle

Prédiction

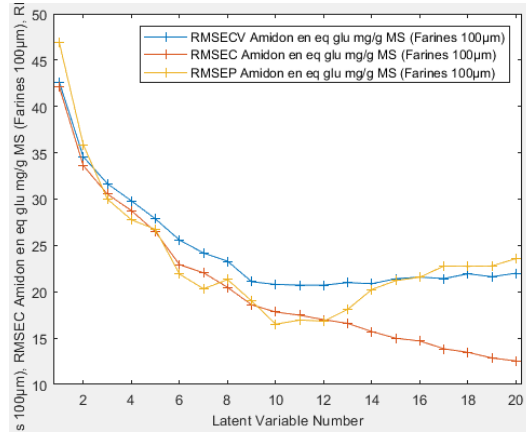


➤ Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

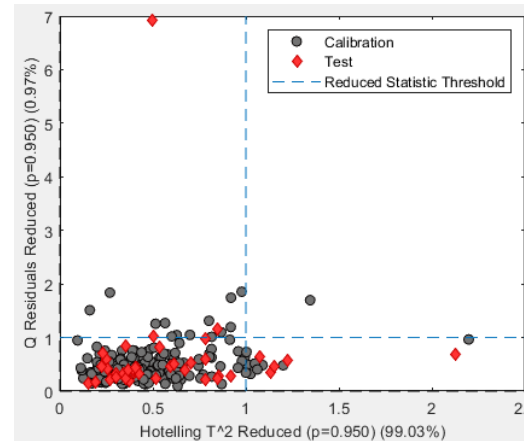
Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

Afrique

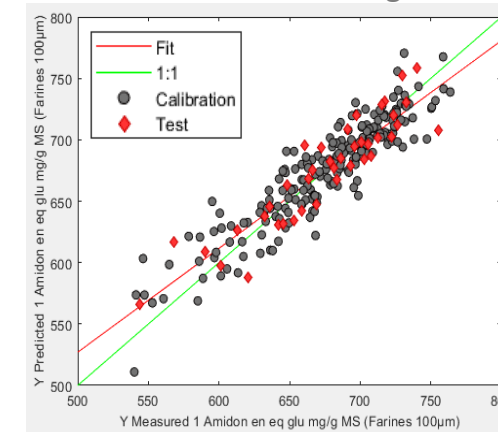
RMSE vs LVs



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



Projection ech test sur droite d'étalonnage



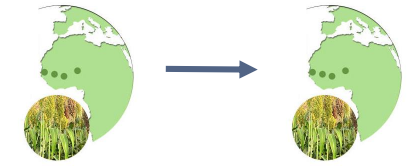
	Population		Labo	Cross Validation (327 échantillons)								Set de test			RPD (SD/SEP)	
	N	SD	SEL	Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R <sup>2</sup> C	R <sup>2</sup> CV	SEP	Pred biais		R <sup>2</sup> Pred
<b>Etalonnage Afrique</b>	200	47	20,5	9	99,0	84,3	18,6	21,1	0,00	-0,01	0,84	0,80	19,0	0,2	0,84	2,47
<b>Etalonnage Afrique &amp; France</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

➤ Faible gain de performance de l'étalonnage Afrique vs Afrique&France

# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle

Prédiction

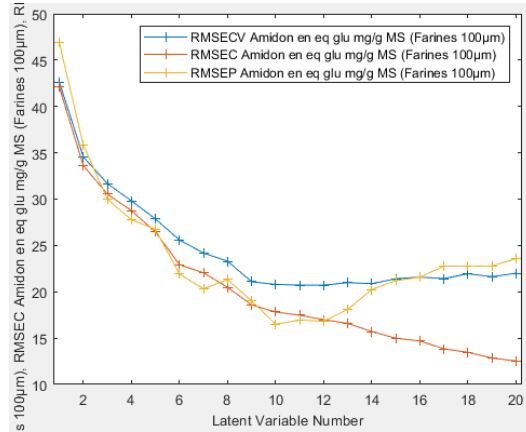


Logiciel : SOLO / Cross validation - venitian blinds - 5 blocks

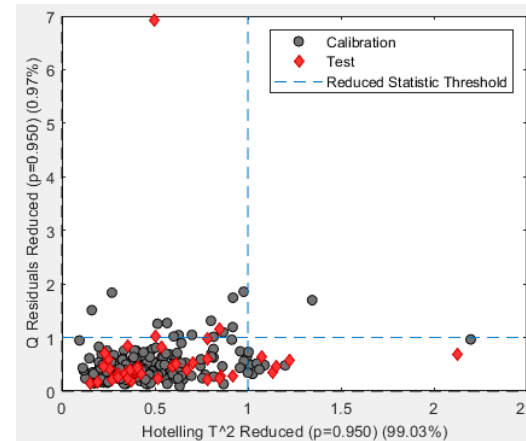
Prétraitements : 1050-2535nm – SNV – D2 pol3 21pts – Mean Center

Afrique

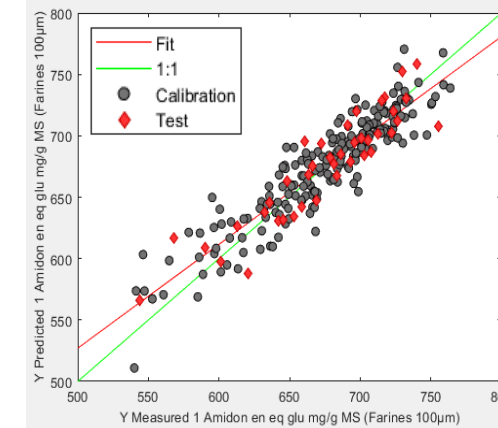
RMSE vs LVs



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



Projection ech test sur droite d'étalonnage



	Population		Labo	Cross Validation (327 échantillons)								Set de test			RPD (SD/SEP)	
	N	SD	SEL	Nb LV	variance cumulative x	variance cumulative y	SEC	SECV	calib biais	CV biais	R <sup>2</sup> C	R <sup>2</sup> CV	SEP	Pred biais		R <sup>2</sup> Pred
<b>Etalonnage Afrique</b>	200	47	20,5	9	99,0	84,3	18,6	21,1	0,00	-0,01	0,84	0,80	19,0	0,2	0,84	2,47
<b>Etalonnage Afrique &amp; France</b>	327	45	20,5	9	98,9	78,4	20,8	22,6	0,00	-0,13	0,78	0,75	20,2	-3,0	0,81	2,22

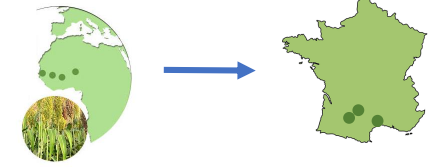
↗ Faible gain de performance de l'étalonnage Afrique vs Afrique&France

↗ Faible gain de prédiction d'échantillons provenant de la même origine (Afrique)

# Étalonnage Grains Entiers - Afrique

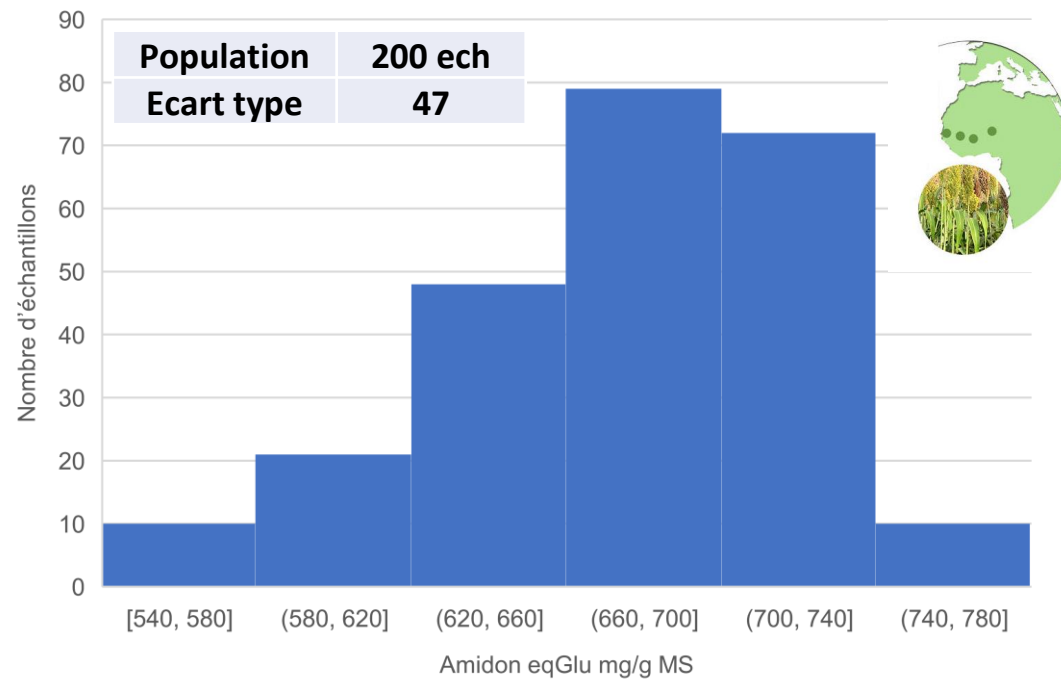
Modèle

Prédiction

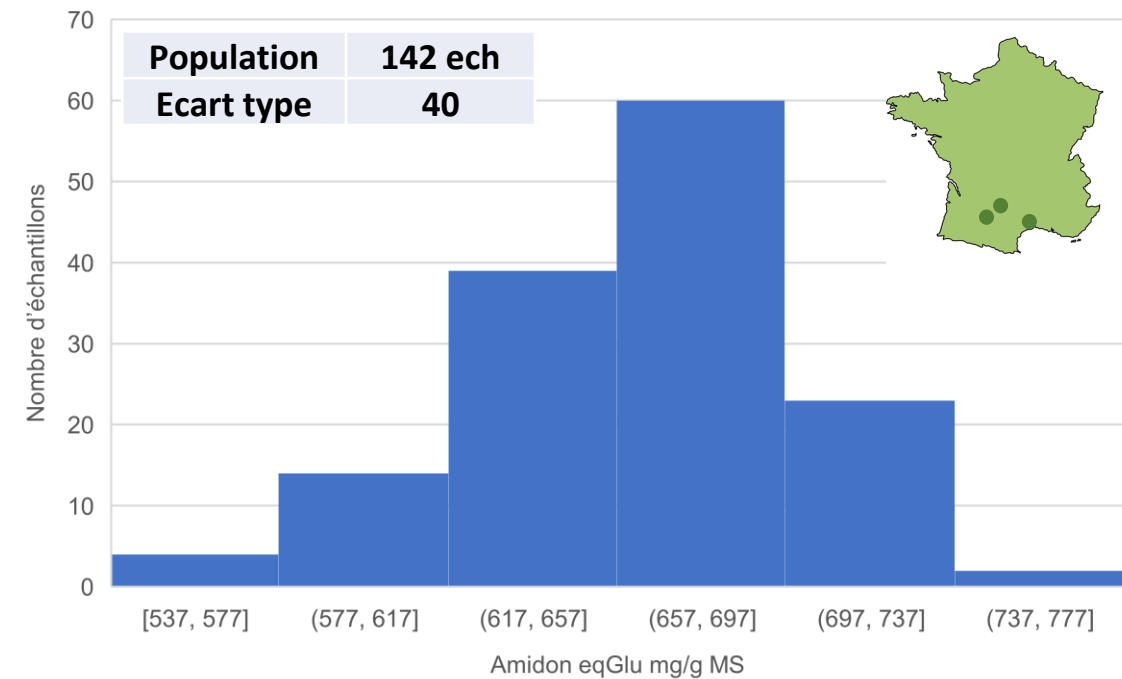


➤ Possibilité de prédire des échantillons France avec une étalonnage Afrique ?

### Set d'étalonnage Afrique



### Echantillons à prédire France



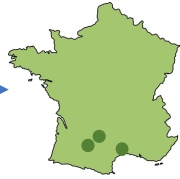
⇒ Teneurs Amidon échantillons France semblables aux échantillons de l'étalonnage Afrique

# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle



Prédiction



Modèle



Prédiction



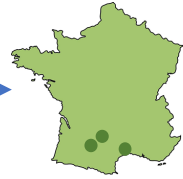


# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle



Prédiction



Performance des Prédictions

Performance de prédiction			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
32,1	3,5	0,51	1,46

Modèle



Prédiction



Performance des Prédictions

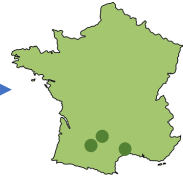
Validation (55 échantillons)			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
20,2	-3,0	0,81	2,22

# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle



Prédiction



Performance des Prédictions

Performance de prédiction			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
32,1	3,5	0,51	1,46

Modèle



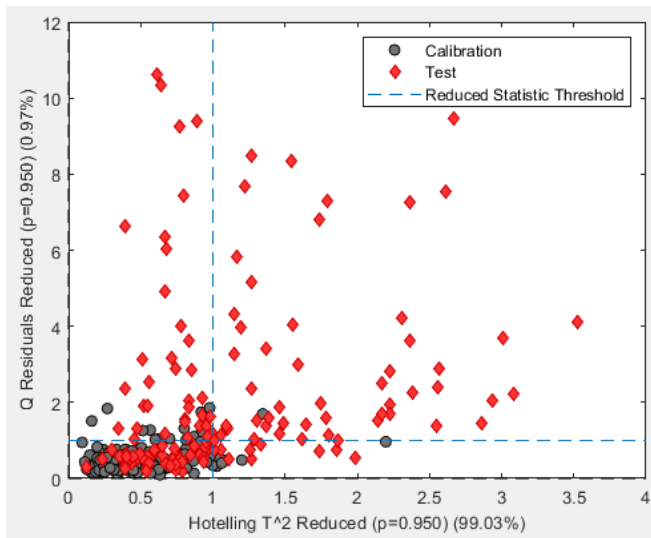
Prédiction



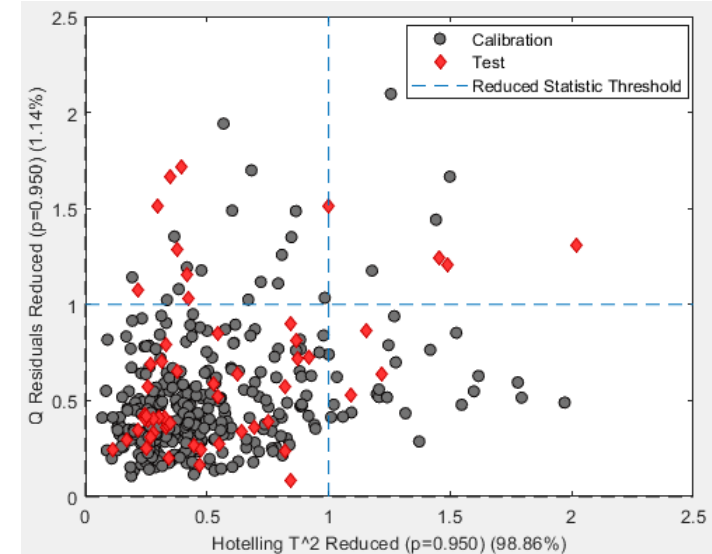
Performance des Prédictions

Validation (55 échantillons)			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
20,2	-3,0	0,81	2,22

Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>

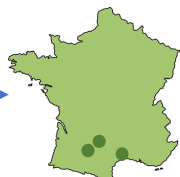


# Etalonnage Grains Entiers - Afrique

Modèle



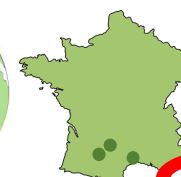
Prédiction



Performance des Prédictions

Performance de prédiction			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
32,1	3,5	0,51	1,46

Modèle



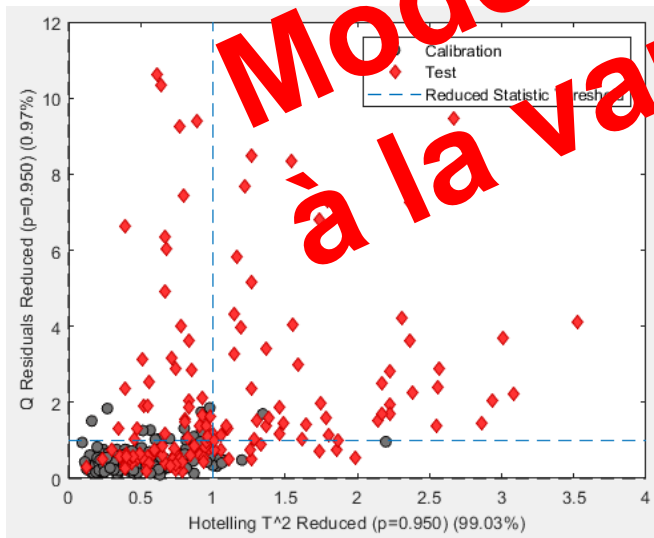
Prédiction



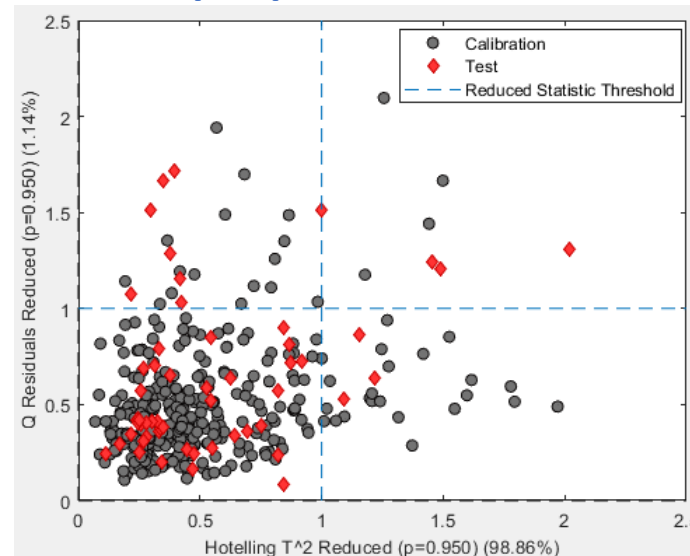
Performance des Prédictions

Validation (5.000 échantillons)			
SEP	Pred biais	R <sup>2</sup> Pred	RPD (SD/SEP)
20,2	-3,0	0,81	2,22

Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



Graphique Q residual/T<sup>2</sup>



**Modèle Afrique moins robuste à la variabilité géographique**

# Remerciements Financeurs / Partenaires



Financé par l'Union européenne



<p>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</p>	<p>AVEC LA CONTRIBUTION FINANCIÈRE DU COMPTE D'AFFECTATION SPÉCIALE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE ET RURAL</p>
<p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION</p>	



UE PEAT



