

Développement d'un imageur hyperspectrale dédié à la prédition de la qualité de la viande de porc en abattoir

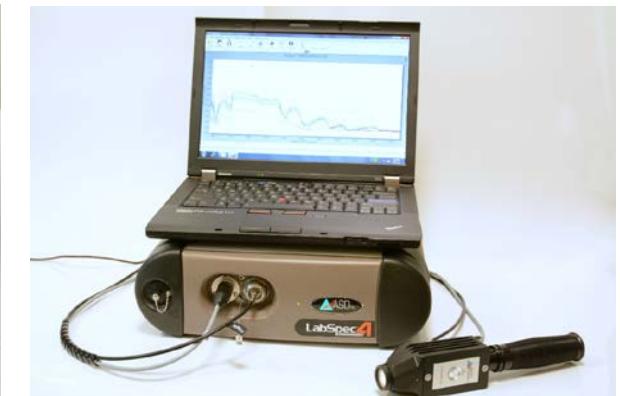
Antoine Vautier, Thierry Lhommeau, Ronan Le Page, Gerard Daumas

Introduction

Précédents travaux en **spectroscopie VIS-NIR**: fort potentiel pour prédire la qualité technologique de la viande

... mais sonde de contact

- pH 24: $R^2_c=0,74$
- Rdt technologique: $R^2_c=0,57$
- Exsudat: $R^2_c=0,61$
- Signal = 1425 longueurs d'onde



Spectromètre VISNIR - Labspec4 ASDI

Système visionnaire développé avec CSB:
rapide et sans contact

... mais moins puissant



- CSB-Jamboflash®
- Précision de **91%** pour la détection du défaut déstructuré
- pH 24: $R^2_c=0,56$
- Rdt technologique: $R^2_c=0,43$
- Signal = 3 coordonnées chromatiques ($L^*a^*b^*$)



Système visionnaire - CSB-Jamboflash®

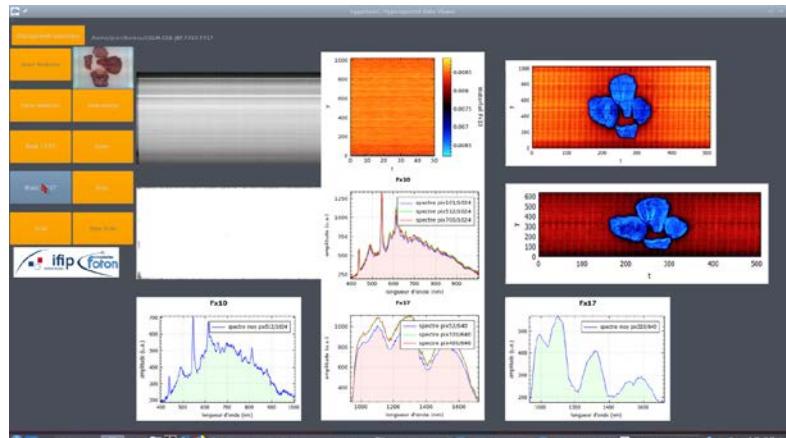
Introduction

Développement d'un outil qui associe : **précision du VISNIRS + acquisition à distance de l'imagerie**

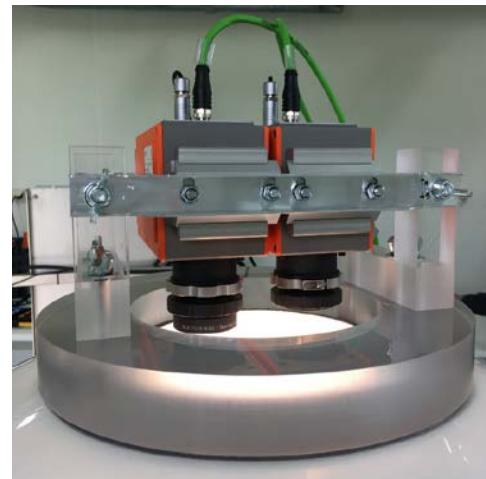
Projet casdar HYPERSAN (2017-2020)

Imageur hyperspectral basé sur le châssis du CSB-Jamboflash® :

- 2 caméras linéaires SPECIM (Fx10 + Fx17), 400-1700 nm
- Eclairage indirect renforcé par des lampes halogènes
- Interface de contrôle simultané des 2 caméras (Foton)



Interface dédiée développée par FOTON



SPECIM Fx10 + Fx17



CSB-Jamboflash® + imageur hyperspectral IFIP

Protocole – Etude 1 / Longe:

■ Prédiction de la qualité de la longe:

■ Données de qualité de viande de référence:

– IFIP:

- pH₂₄
- taux d'excès (méthode EZ, %)

– INRA:

- couleur L*a*b*
- Taux de lipides intra musculaire (LIM, %)
- qualité sensorielle après cuisson/dégustation (13 descripteurs)

– Fleury Michon:

- rendement technologique (%)
- Rendement tranchage (%)



Image vision

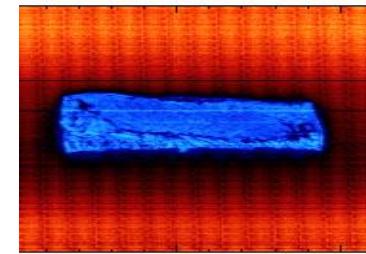


Image FX10

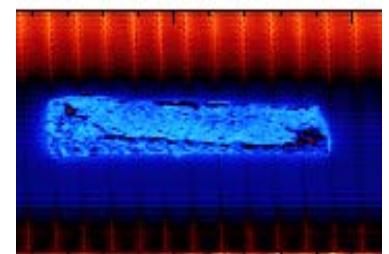


Image FX17



Traitement des images FX10+FX17

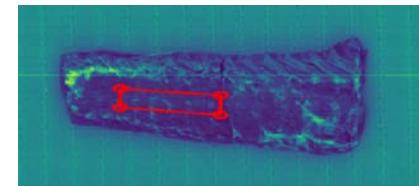
Exploitation des images hyperspectrales:

- Extraction de spectres moyens (400-1700 nm) sur des ROI (sélection manuelle et automatique)
- Modèles de prédiction: calibrations PLS (Eigenvector/Matlab)

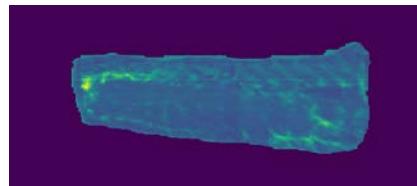
Traitements sous OCTAVE (scripts FOTON):

- Normalisation (fichiers white et dark)
- Détermination de ROI:
 - Sélection manuelle (**ROI « muscle »**)
 - détourage automatique de la pièce (**ROI « détourage »**)
- Génération d'un fichier .mat du spectre moyen de la ROI

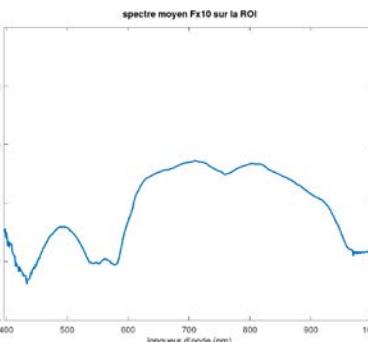
ROI « muscle »



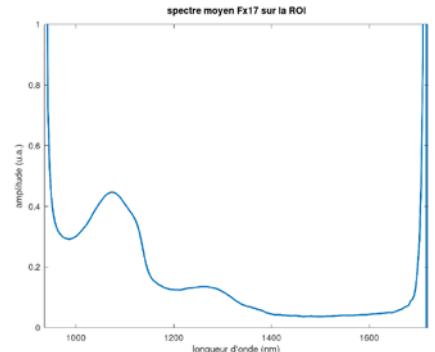
ROI « détourage »



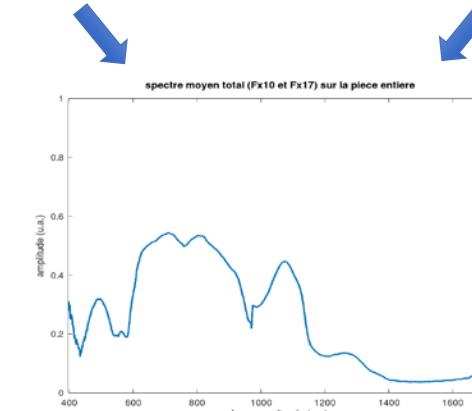
ou



Spectre moyen
ROI Fx10



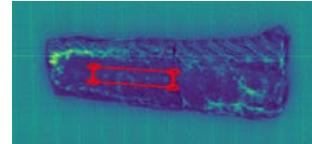
Spectre moyen
ROI Fx17



Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

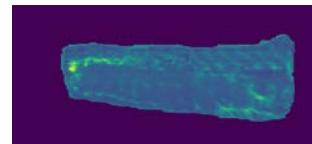
$R^2_{cv} = 0,64$ / $rmse_{cv} = 0,11$
NIRS NitFom (Vautier, 2017)

Prédiction du pH ultime / ROI muscle:

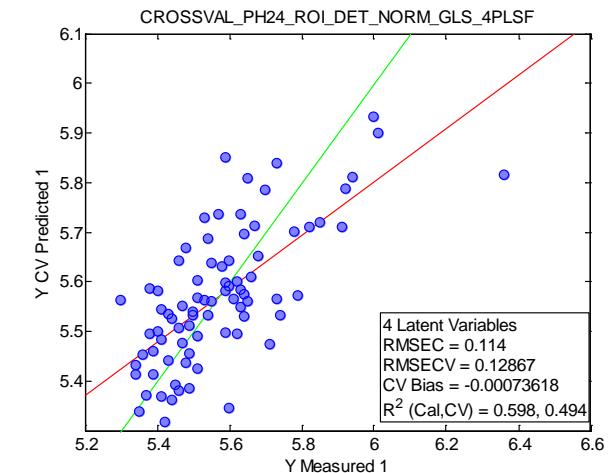
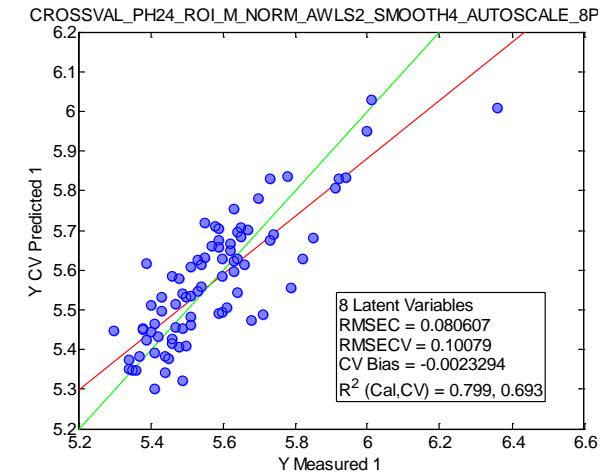


Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	rmsec	R^2_{cv}	rmsecv
AWLS+SMOOTH4+AUTOSCALE	8	0,80	0,08	0,69	0,10

Prédiction du pH ultime / détourage:

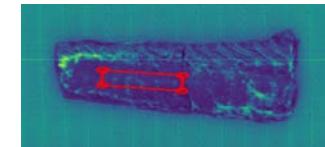


Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	rmsec	R^2_{cv}	rmsecv
GLS	4	0,60	0,11	0,49	0,13



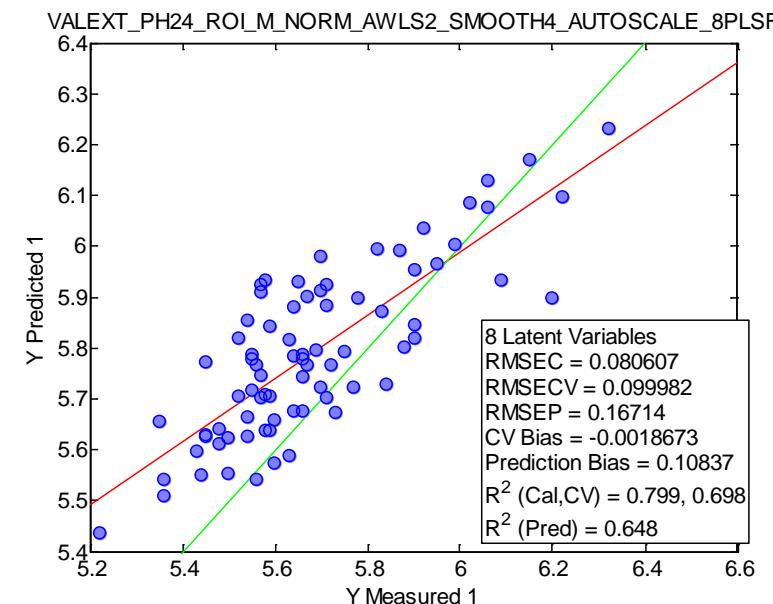
Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

pH ultime / validation externe / ROI muscle :



modèle 2018 → données 2019

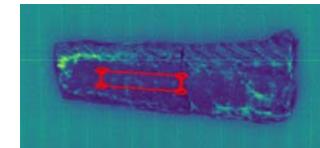
ROI_MUSCLE		R ²	rmse
2018	calibration	0,80	0,08
	Val. croisée	0,69	0,10
2019	Val. externe	0,65	0,17



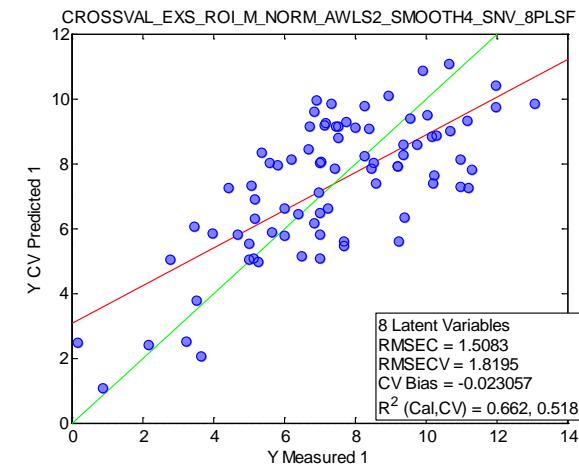
Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

$R^2_{cv} = 0,53$ / $rmse_{cv} = 1,48$
NIRS NitFom (Vautier, 2017)

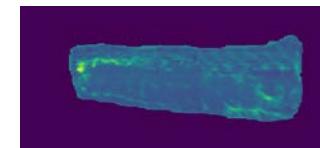
Prédiction de l'exsudat / ROI muscle:



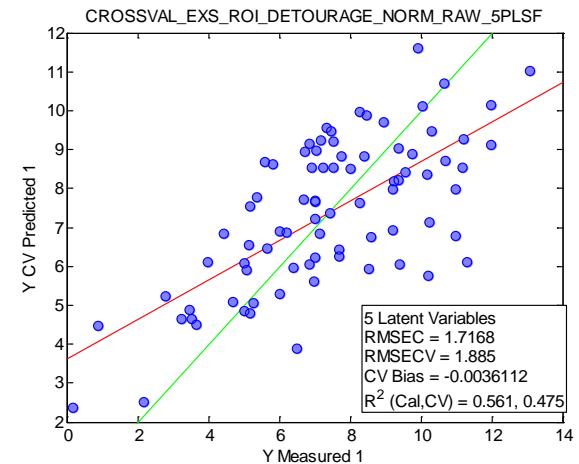
Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	rmsec	R^2_{cv}	rmsecv
AWLS+SMOOTH4+SNV	8	0,66	1,50	0,52	1,83



Prédiction de l'exsudat / détourage:



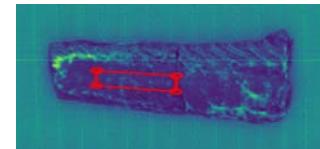
Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	rmsec	R^2_{cv}	rmsecv
RAW	5	0,56	1,72	0,48	1,88



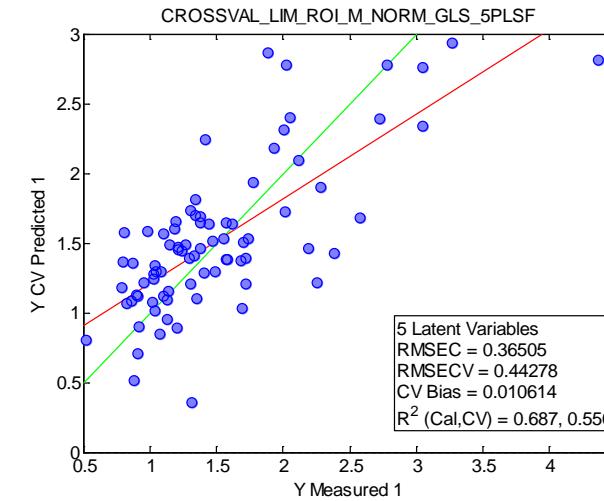
Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

$R^2_{cv} = 0,22-0,74$ / $rmse_{cv} = 1,09-0,26$
NIRS (Prieto, 2009)

Prédiction %LIM / ROI muscle:

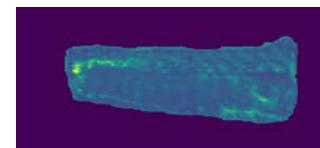


Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	$rmsec$	R^2_{cv}	$rmse_{cv}$
GLS	5	0,69	0,36	0,55	0,44

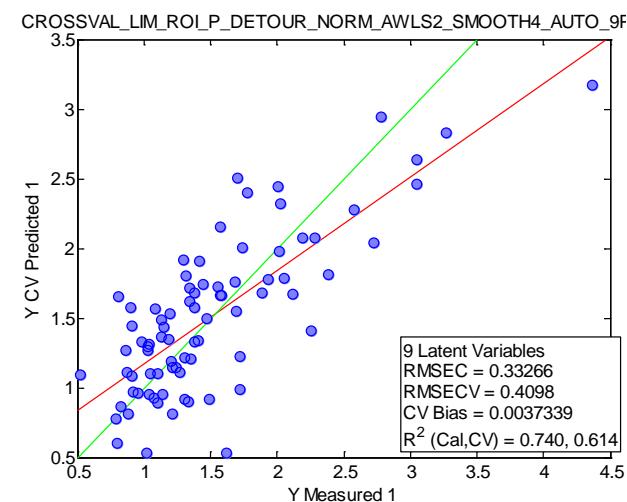


0.73 %

Prédiction %LIM / détourage:



Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	$rmsec$	R^2_{cv}	$rmse_{cv}$
AWLS+SMOOTH4+AUTOSCALE	9	0,74	0,33	0,61	0,41

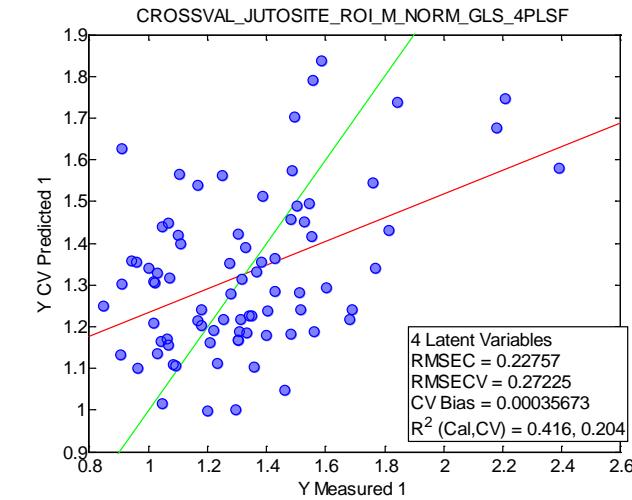


2.93 %

Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

Prédiction Jutosité / ROI muscle:

Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	$rmsec$	R^2_{cv}	$rmsecv$
GLS	4	0,42	0,23	0,20	0,27



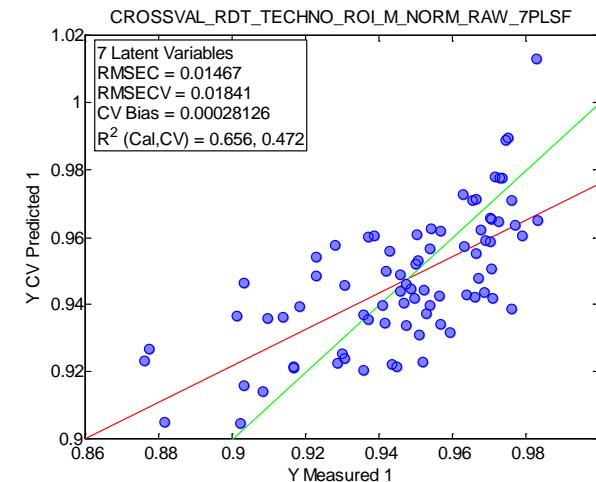
Prédiction Jutosité / détourage:

→ Pas de modèles suffisamment ajustés

Résultats des calibrations – Essai 1 / Longe

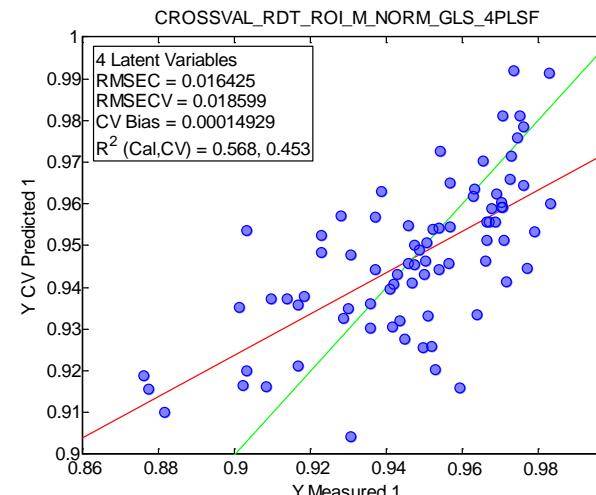
Préd. rendement technologique / ROI muscle

Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	$rmsec$	R^2_{cv}	$rmse_{cv}$
RAW	7	0,66	1,47	0,47	1,84



Préd. Rdt technologique / détourage

Pré-traitement spectres	Nb PLS factors	R^2_c	$rmsec$	R^2_{cv}	$rmse_{cv}$
GLS	4	0,57	1,64	0,45	1,86



Protocole – Etude 2 / Jambon:

■ Prédiction de la qualité du jambon:

■ Données de qualité de viande de référence:

– **IFIP:**

- pH24
- Taux d'exsudat (méthode EZ, %)
- Note de déstructuration
- Couleur L*a*b*

– **Fleury Michon:**

- Rendement technologique (%)
- Rendement tranchage (%)



Image vision

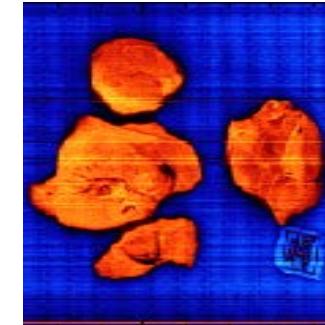


Image FX10

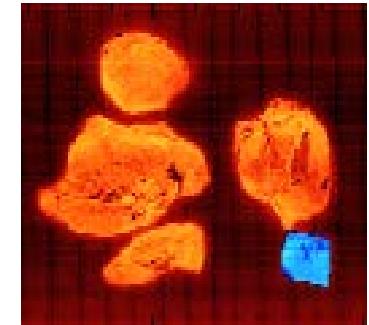
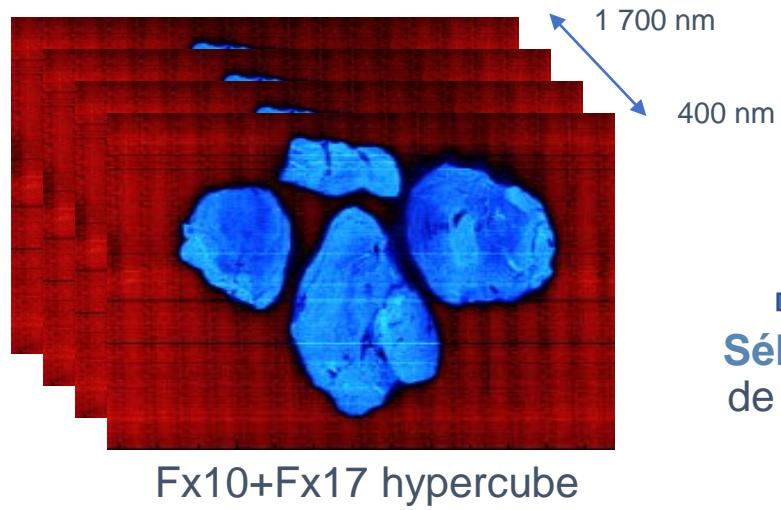


Image FX17

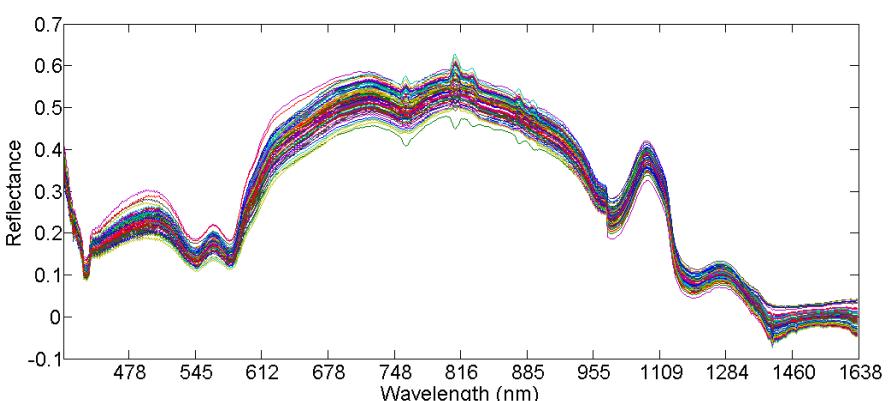


Protocole – Etude 2 / Jambon:

Sélection de 9 ROI différentes:

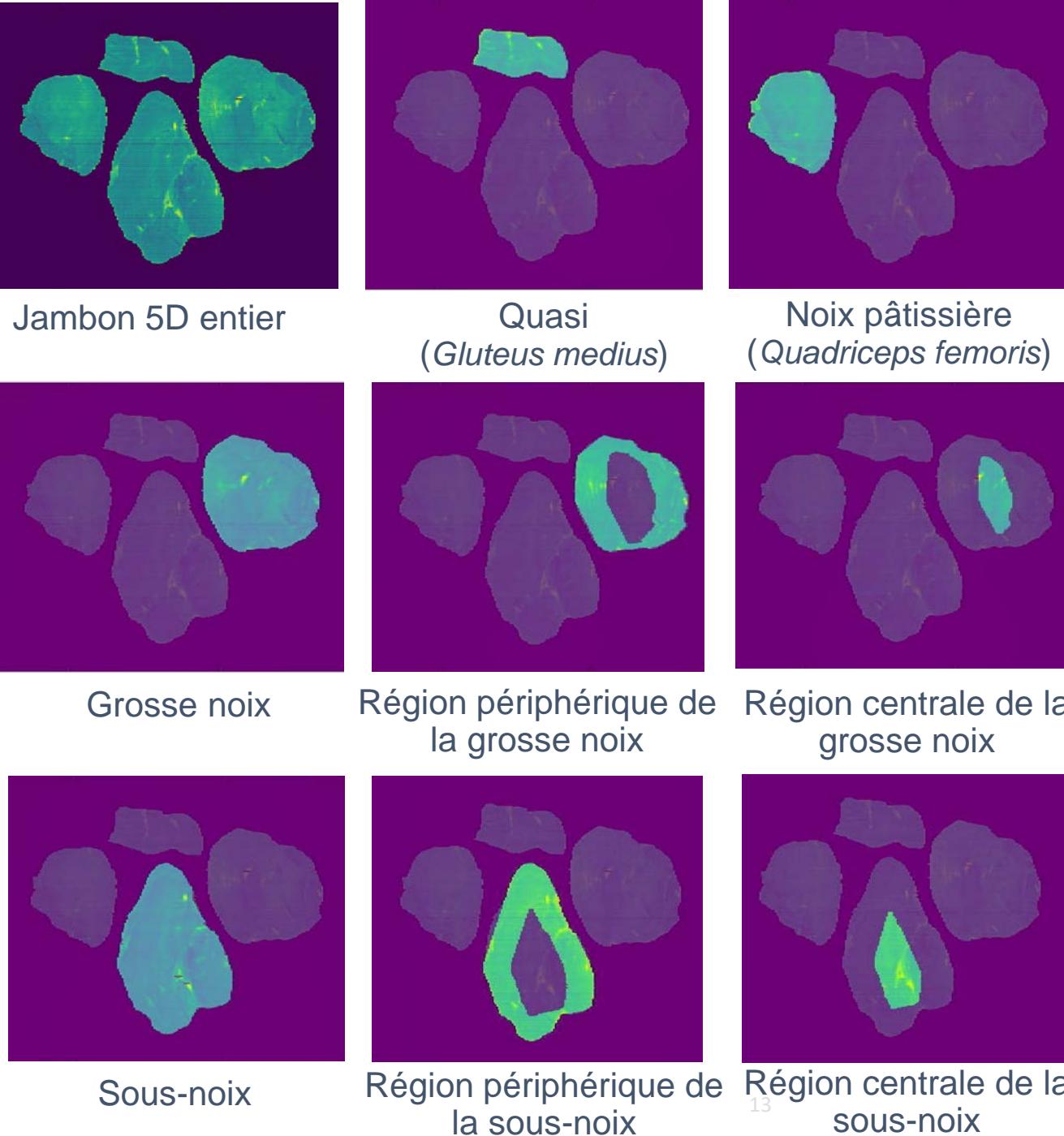


Sélection de la ROI



Bases de données spectrales par type de ROI

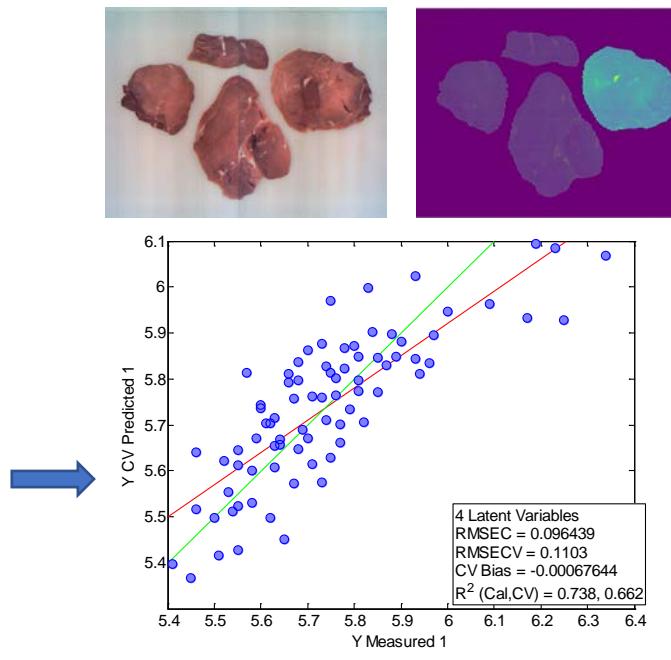
Moyennage du spectre / pixels de la ROI (Fx10 + Fx17)



Résultats

Prédiction du pH ultime

ROI	calibration		Validation croisée	
	Nb facteurs PLS	R^2_c	R^2_{cv}	$Rmse_{cv}$
Grosse noix	4	0,74	0,66	0,11



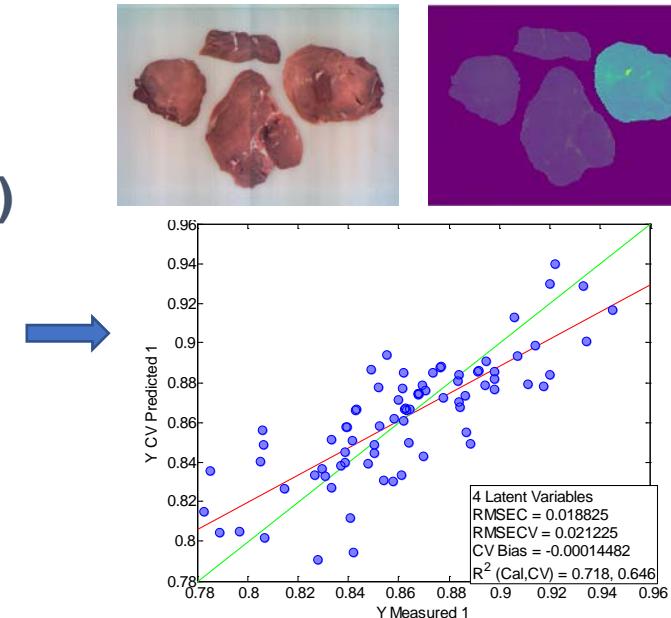
ROI
grosse noix



Idem NIRS ($R^2_c=0,74$)
Vautier (2017)

Prédiction du rendement technologique (%)

ROI	calibration		Validation croisée	
	Nb facteurs PLS	R^2_c	R^2_{cv}	$Rmse_{cv}$
Grosse noix	4	0,72	0,65	2,1



ROI
grosse noix



Supérieur au NIRS ($R^2_c=0,57$)
Vautier (2013)

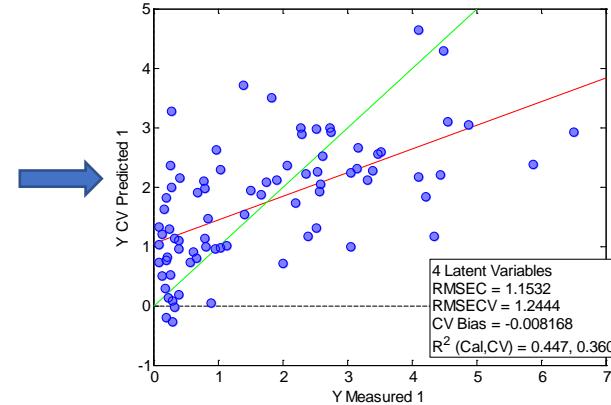
Résultats

Prédiction de l'exsudat (%)

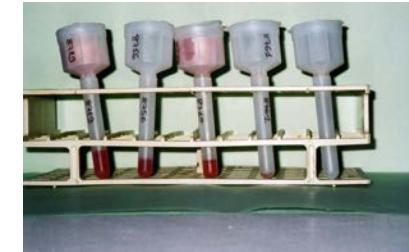
ROI	calibration		Validation croisée	
	Nb facteurs PLS	R^2_c	R^2_{cv}	$Rmse_{cv}$
Région centrale grosse noix	4	0,45	0,36	1,24



ROI région centrale grosse noix



Inférieur au NIRS
($R^2_c=0,61$ - Vautier 2013)



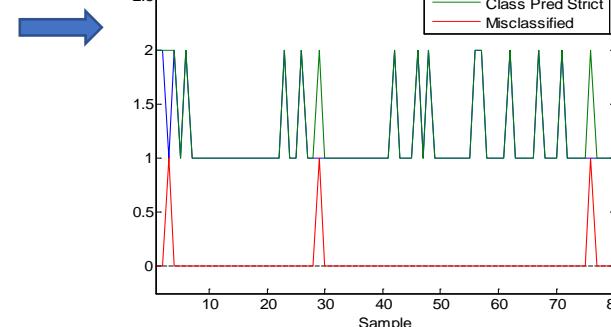
Faible variabilité liée au protocole

Classification de la note de déstructuration: (absence (1+2) vs présence (3+4))

ROI	Calibration PLSDA		Validation croisée	
	Nb facteurs PLS	R^2_c	R^2_{cv}	Erreur class. _{cv} (%)
Région centrale grosse noix	1	0,53	0,28	3,8



ROI région centrale grosse noix



Supérieur à la visionique
(5% d'erreur - Vautier 2016)



Synthèse calibrations système hyperspectral

Caractéristiques technologiques viande fraîche:

pH ultime: $R^2_{cv} = 0,69$ (longe) / $0,66$ (jambon)

Exsudat: $R^2_{cv} = 0,52$ (longe) / $0,36$ (jambon)

- Même précision que le NIRS
- Exsudat plus difficile à prédire
- Meilleur sur zone musculaire que sur pièce entière

Composition chimique:

%LIM: $R^2_{cv} = 0,61$

- Même précision que le NIRS
- Meilleur sur pièce entière

Qualité sensorielle:

Note jutosité: $R^2_{cv} = 0,20$

- Potentiel NIRS faible
- Modèles très peu ajustés

Rendements de fabrication / produits cuits supérieurs:

Rdt technologique: $R^2_{cv} = 0,47$ (longe) / $0,65$ (jambon)

- Même précision que le NIRS
- Meilleur sur le jambon

Détection défaut jambon déstructuré:

Erreur de validation croisée = 3,8 %

- Meilleur que la visionique

Perspectives

Exemple d'autre application :

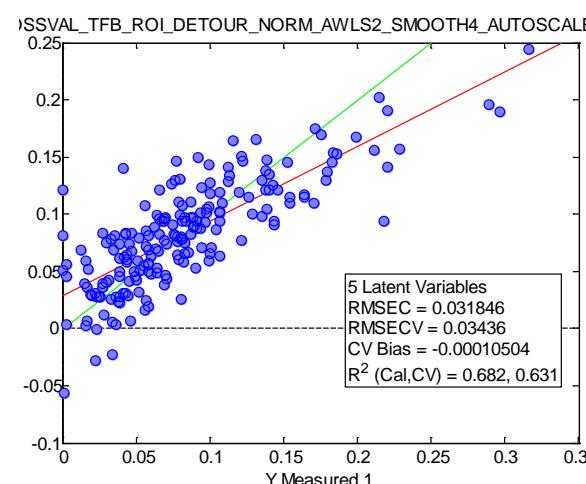
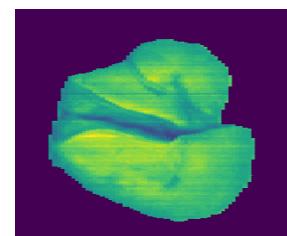
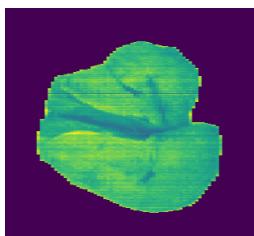
Projet FAM foie gras de canard / PRESTIGE: Prédiction du taux de fonte

- Potentiel supérieur au NIRS (publication JRA – Cordier et al. 2022)

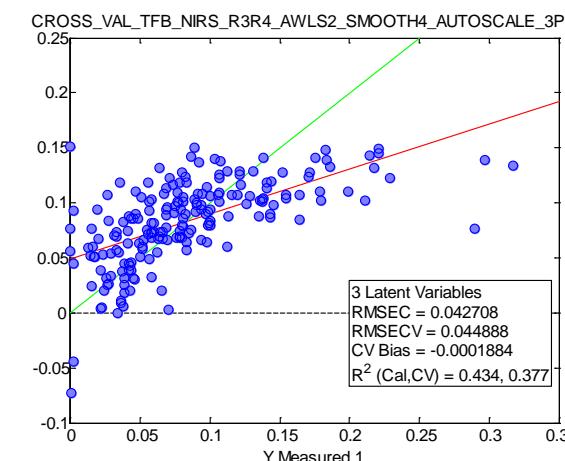


Fx10

Fx17



Hyperspectral
(détourage)
Validation croisée
 $R^2_{cv} = 0,63$



vs

NIRS
Validation croisée
 $R^2_{cv} = 0,38$



Financement:

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR

Remerciements:

- abattoir Loudéac viandes
- Fleury Michon

