



22^{ème} rencontre héliospir

Correction de l'effet de la variation de l'humidité du bois sur l'étalonnage des modèles de discrimination SPIR : cas de trois espèces de *Dalbergia* de Madagascar

RANDRIAMBININTSOA Tiavina,
RAOBELINA Andry Clarel, CHAIX Gilles,
RAZAFIMAHATRATRA Andriambelo
Radonirina, Ramananantoandro Tahiana



Jeudi, 25 Novembre 2021



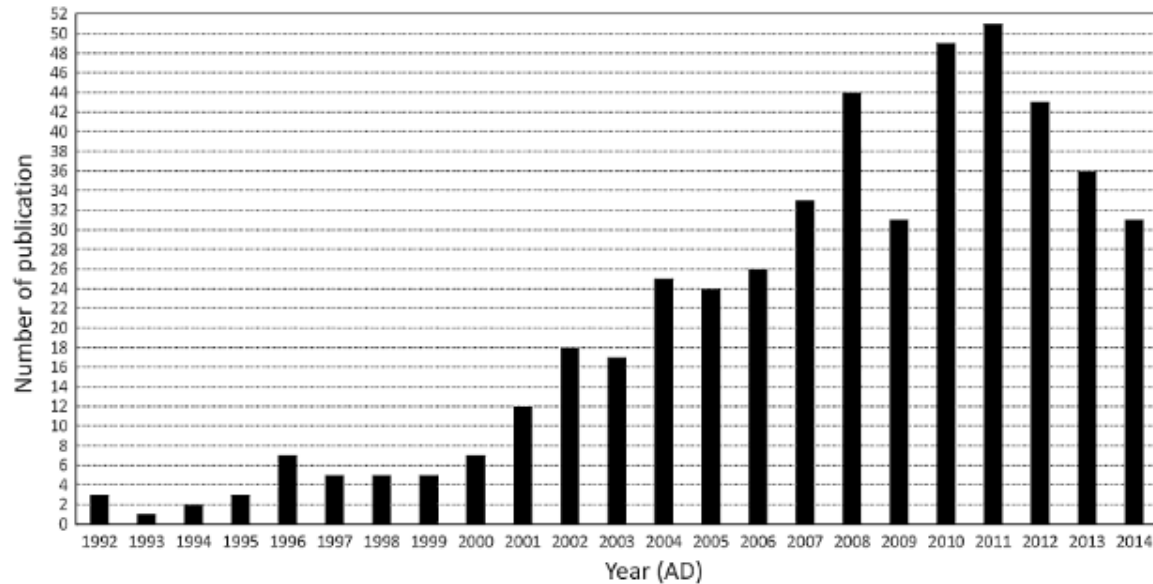
J Wood Sci (2015) 61:213–220
DOI 10.1007/s10086-015-1467-x



REVIEW ARTICLE

A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology

Satoru Tsuchikawa · Hikaru Kobori



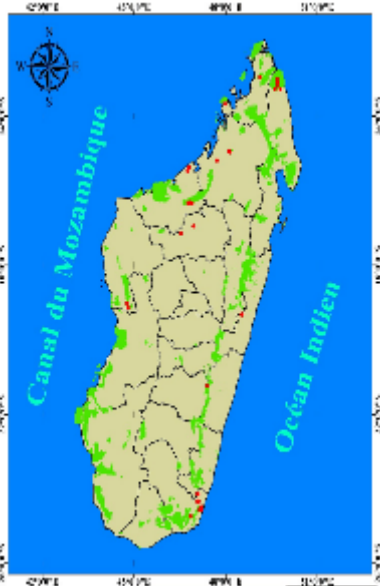
Nombre de publications sur le NIRS appliqué au bois, (Tsuchikawa and Satoru, 2015)

- Utilisation de SPIR avec la chimiométrie pour des analyses quantitatives et qualitatives (Tsuchikawa and Satoru, 2015)
 - (i) Prédiction des propriétés du bois (Razafimahatratra, 2017)
 - (ii) Discrimination des espèces et des origines géographiques (Snel et al., 2018, Raobelina et al., 2021)
- Très peu d'études effectuée sur l'utilisation de l'outil dans des conditions expérimentales non contrôlées/in situ

- Conditions de mesure différents au labo et sur terrain
- grandeurs d'influences non contrôlables sur terrain (Température du milieu, humidité relative de l'air)
- Chimie du bois et réponse des spectromètre sensibles à la variation de l'humidité du bois
- Modèle étalonné au laboratoire n'est pas directement applicables pour des identifications sur le terrain → **Problème de robustesse**
- Question de départ: Est-t-il possible de corriger l'effet de la variation de l'humidité du bois sur l'étalonnage Des modèles de discrimination de trois espèces de Palissandre de Madagascar
- Objectif: Comparer plusieurs approches chimiométriques de correction des effet des grandeurs externes pour améliorer la robustesses des modèles de discrimination de 3 espèces de palissandres malgaches



II.1/ Collecte des échantillons de carottes



- Collecte de 99 microcarottes de bois (\varnothing 0,5 cm)
- Un carotte par arbre
- Identification par les taxonomistes de la MBG Madagascar et MNHN de France

Espèces	Nombre de microcarottes
<i>D. orientalis</i>	48
<i>D. purpurascens</i>	33
<i>D. chlorocarpa</i>	18

II.2/ Travaux de laboratoires



- Stabilisation des carottes à 4 états d'humidité $TH_{(\%)} = [8, 12, 16, 20]$
- Mesure de 6 spectres sur la partie duramen de chaque carottes pour chaque états d'humidité en utilisant un VIAVI MicroNIR (900 nm – 1750 nm; 6,1 nm)
- Spectres acquis sur des faces aléatoires (LT, RT ou LR)
- 594×4 états d'humidités = 2376 spectres

II.3/ Traitement des données

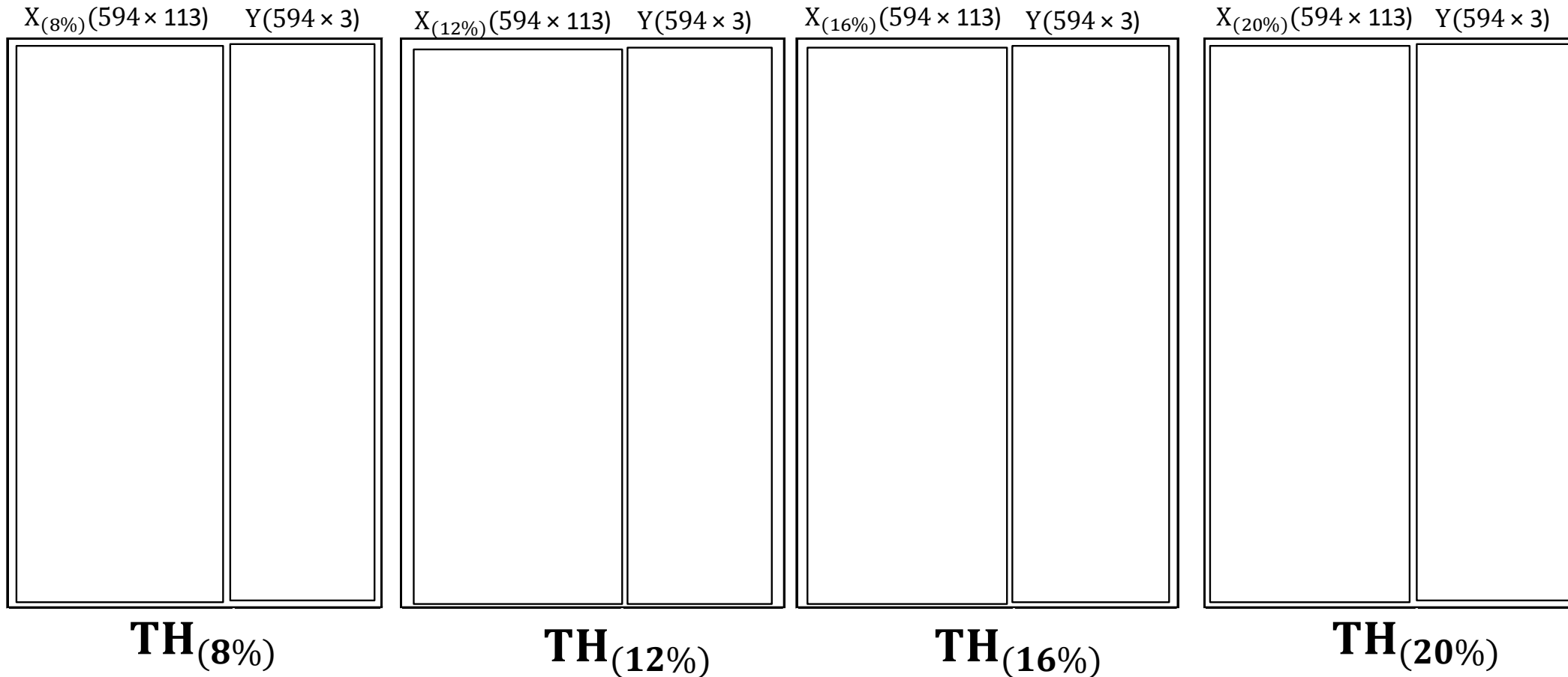
II.3.1/ Analyse exploratoire

- Observation des spectres

- Analyse en Composante Principale
 - Groupement des spectres selon le taux d'humidité du bois
 - Groupement des spectres selon les espèces
 - Identification des outliers spectraux

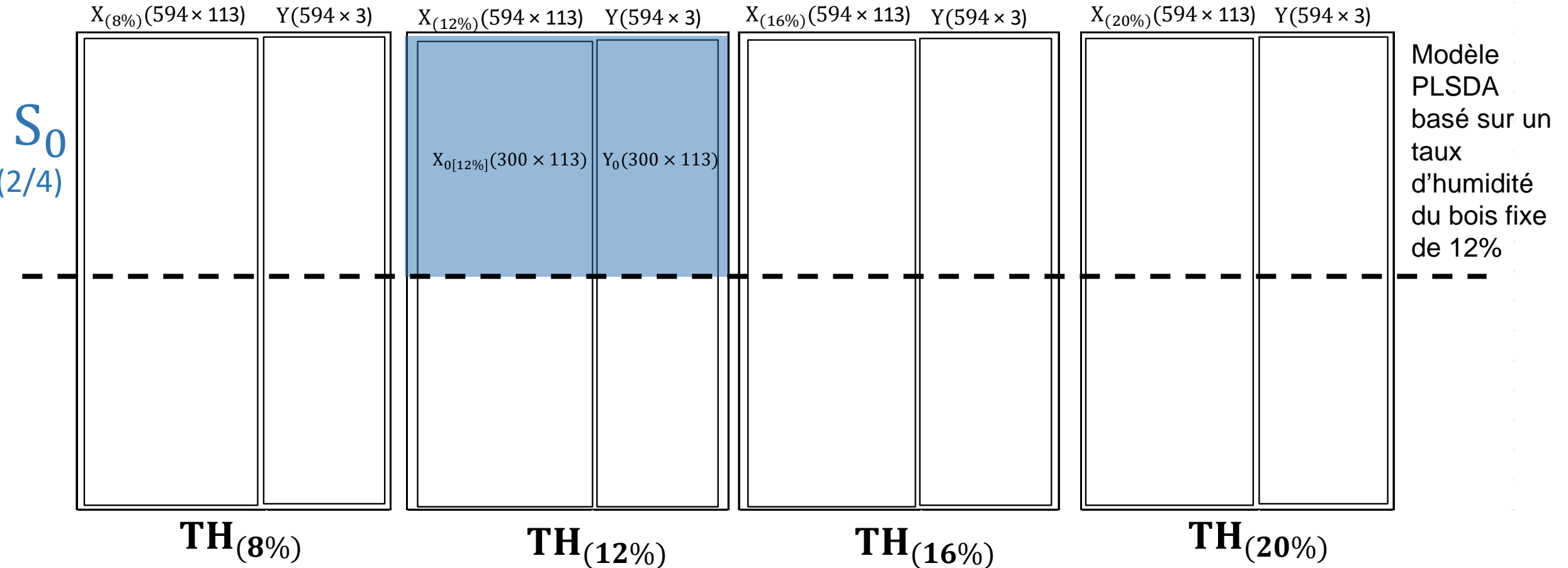
II.3/ Traitement des données

II.3.2/ Partage des données en trois lots



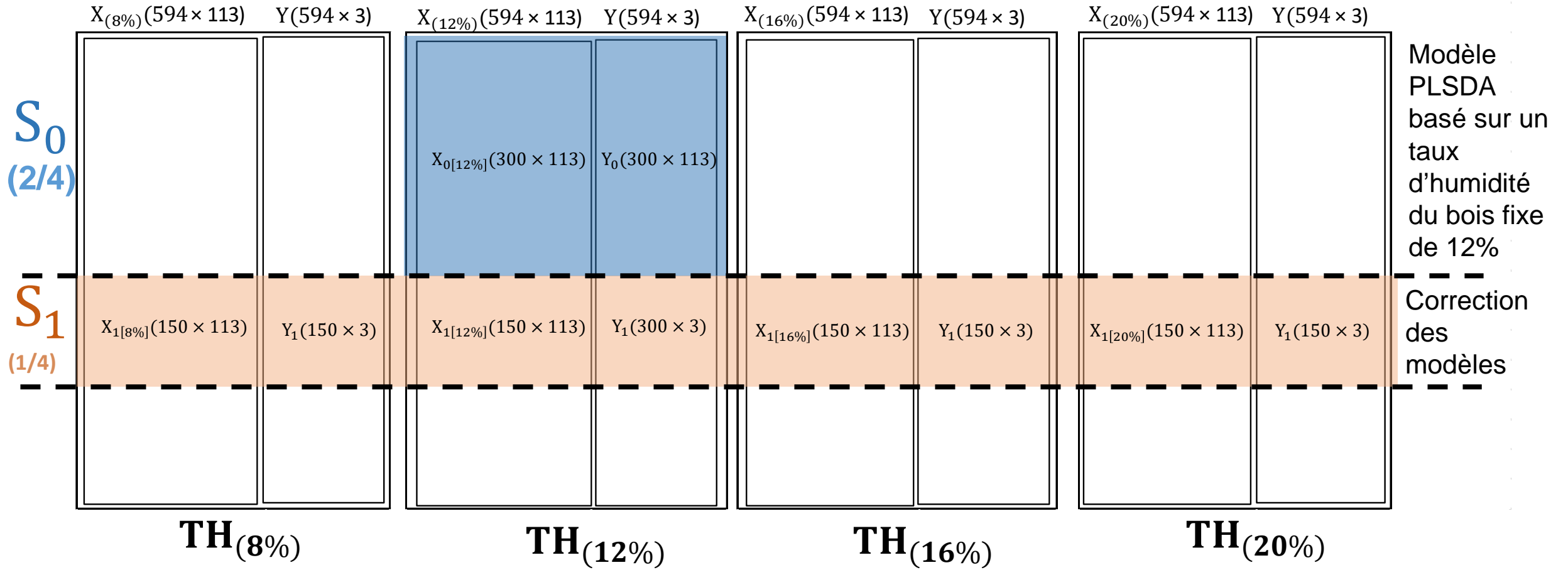
II.3/ Traitement des données

II.3.2/ Partage des données en trois lots (aléatoire)



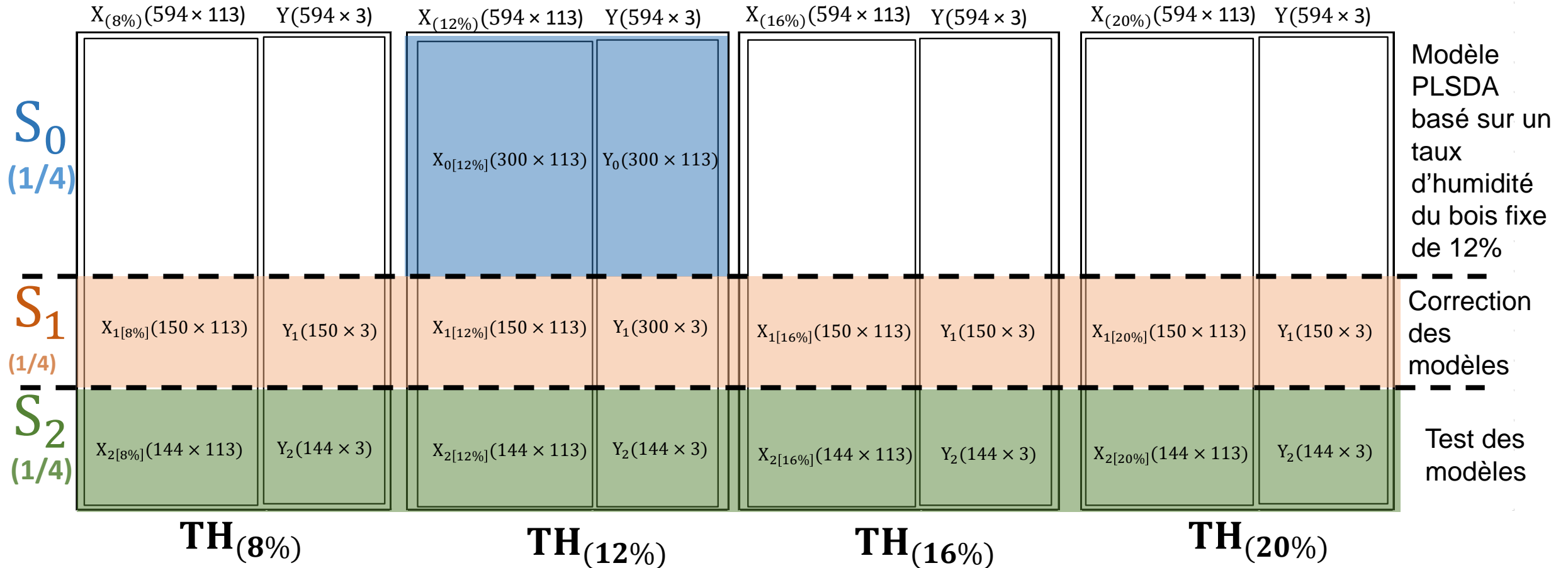
II.3/ Traitement des données

II.3.2/ Partage des données en trois lots (aléatoire)



II.3/ Traitement des données

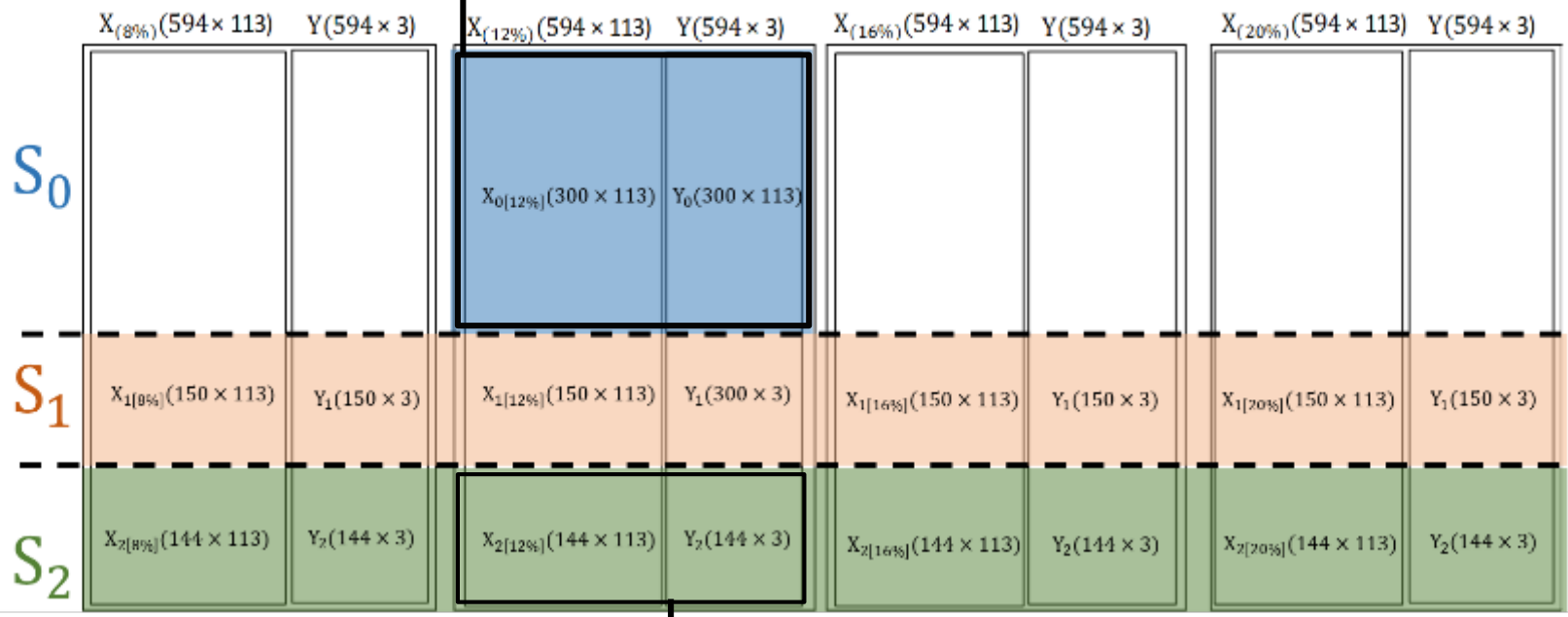
II.3.2/ Partage des données en trois lots (aléatoire)



II.3/ Traitement des données

II.3.3/ Etalonnage du modèle $PLSDA_{(12\%)}$ à partir des spectres mesurés à TH(%) =12%

- Spectres prétraités et non prétraités
- Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLSDA)
- Validation croisée à 4 blocs avec 20 Variables Discriminantes



spectres bien classés (%)
 $X_{2[12\%]}(144 \times 113)$

Modèle
 $PLSDA_{(12\%)}$,
 (DVs opt, meilleurs prétraitement)

Prédiction des classes des spectres
 de validation $X_{2[12\%]}(144 \times 113)$

II.3/ Traitement des données

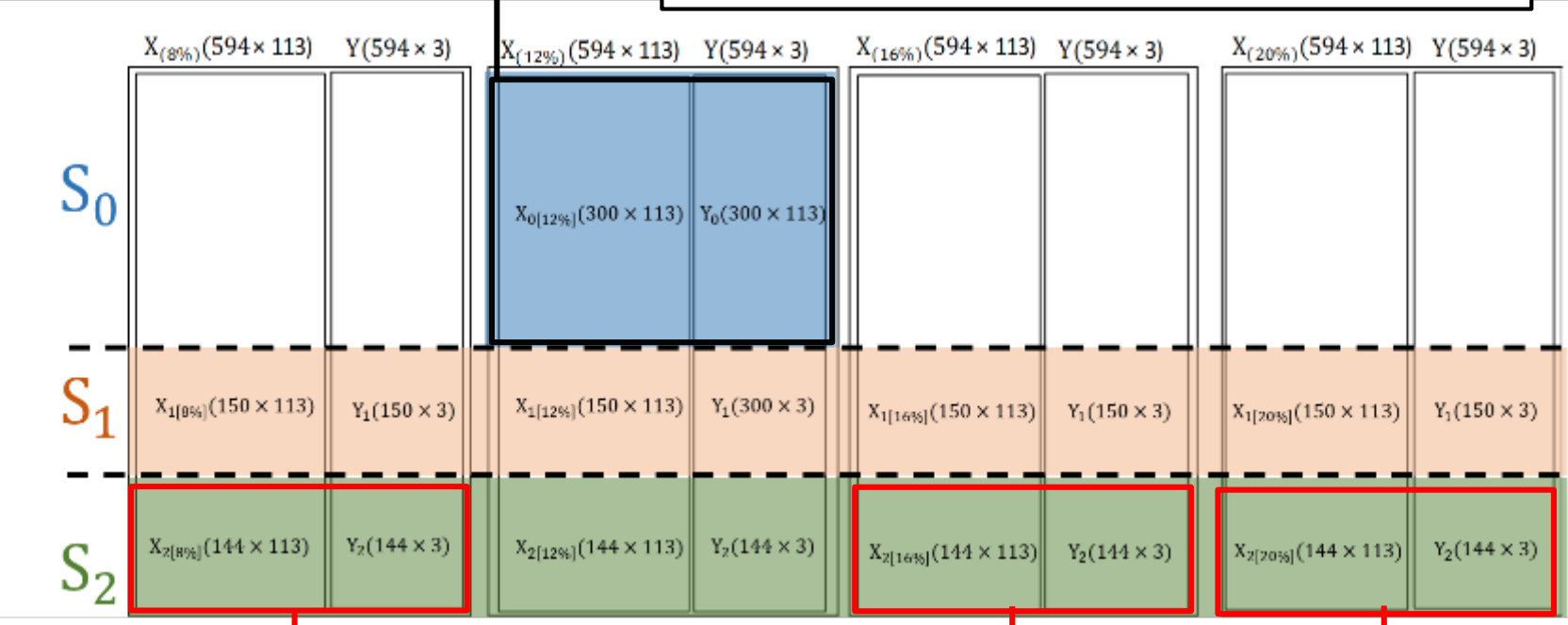
II.3.3/ Etalonnage du modèle sans prise en compte de la variation de l'humidité du bois

- Spectres prétraités et non prétraités
- Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLSDA)
- Validation croisée (20 Variables Discriminantes)

- spectres bien classés (%)
 $X_{2[8\%]}(144 \times 113)$
- spectres bien classés (%)
 $X_{2[16\%]}(144 \times 113)$
- spectres bien classés (%)
 $X_{2[20\%]}(144 \times 113)$

Modèle
PLSDA_(12%),
(DVs opt, meilleurs prétraitement)

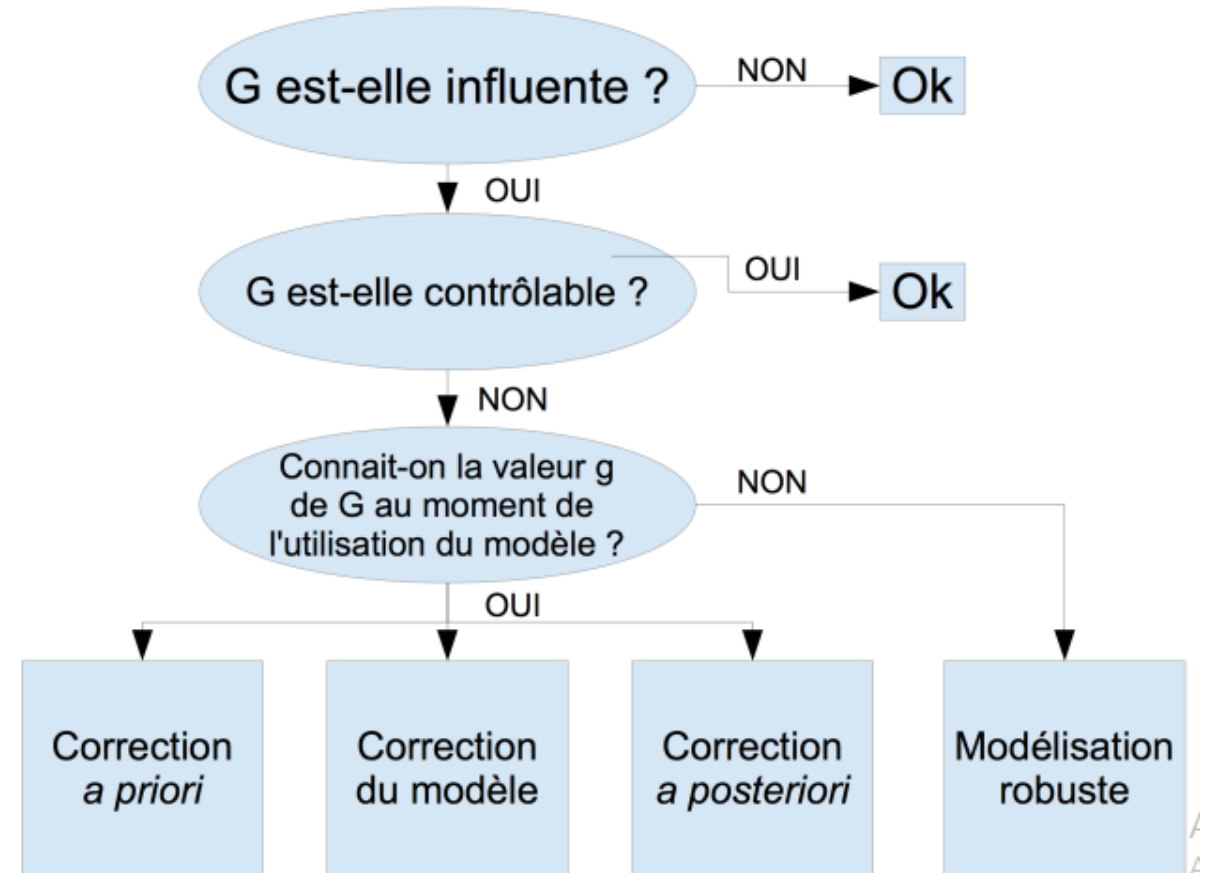
Prédiction des classes des spectres de validation $X_{2[8\%]}(144 \times 113)$,
, $X_{2[16\%]}(144 \times 113)$, $X_{2[20\%]}(144 \times 113)$,



II.3/ Traitement des données

II.3.4/ Correction des modèles

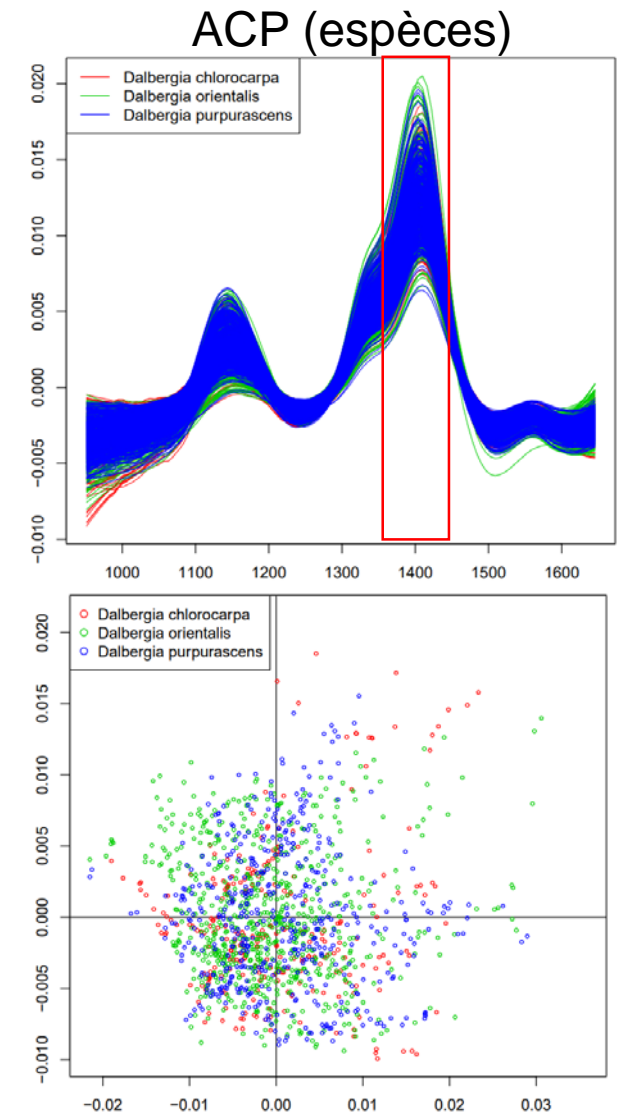
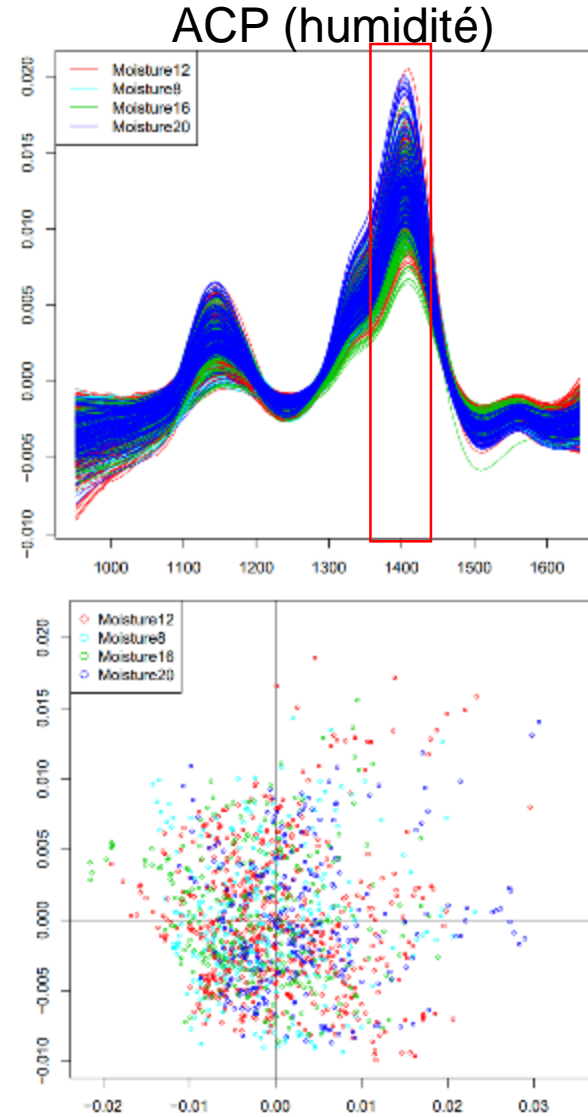
- Utilisation de trois méthodes selon deux hypothèses:
 - 1) la valeur du taux d'humidité du bois est connue au moment de la mesure: *Correction à priori*
 - 2) La valeur du taux d'humidité du bois n'est pas connue au moment de la mesure: *Model Update, Orthogonalisation (EPO)*



Stratégie adopter vis-à-vis d'un grandeur d'influence
(Roger et Boulet, 2016)

III.1/ Analyse exploratoire

- Spectres prétraités avec Lissage suivi d'une dérivation première [SG1 (w = 13 points)]
- Grande variation des absorbances autour de la bande d'absorption de l'eau à 1400 nm
- Difficulté de séparer les spectres selon l'humidité et selon les espèces dans le plan PC1-PC2



III.2/ Analyse discriminante

III.2.1/ Etalonnage du modèle $PLSDA_{(TH=12\%)}$ et test du modèle sur des spectres perturbés

Performance en VC du modèle $PLSDA_{(TH=12\%)}$ en fonction des prétraitements

Prétraitements	Nombre de VDs	Spectres bien classés (%)
Aucun	16	91,6
VSN	15	91,5
SG₁(W=13)	11	91
SNV + SG ₂	15	90,6
SNV	15	89,6
SNV + Dt	13	89,4
SNV + SG ₁	14	89,2
SG ₂ (W=13)	11	89
Dt + SG ₂	18	87,5
Dt + SG ₁	16	86,4
Dt	16	85,7

Pourcentage global de spectres bien classés issu de l'application du modèle $PLSDA_{(TH=12\%)}$ pour prédire $X_{2(TH=8\%)}$, $X_{2(TH=12\%)}$, $X_{2(TH=16\%)}$ et $X_{2(TH=20\%)}$

jeux de données de validation

$X_{2(Th\%=8\%)}$	$X_{2(Th\%=12\%)}$	$X_{2(Th\%=16\%)}$	$X_{2(Th\%=20\%)}$
65,3	81,9	59,7	40,9

- Performance du modèle $PLSDA_{(TH=12\%)}$ diminue avec le changement d'humidité des carottes

III.2/ Analyse discriminante

III.2.1/ Etalonnage du modèle $PLSDA_{(TH=12\%)}$ et test du modèle sur des spectres perturbés

Matrice de confusion issu de la prédiction de spectres de validation $X_{2(TH=12\%)}$ (a) et $X_{2(TH=20\%)}$ (b)

jeux de données de validation

$X_{2(Th\%=8\%)}$	$X_{2(Th\%=12\%)}$	$X_{2(Th\%=16\%)}$	$X_{2(Th\%=20\%)}$
65,3	81,9	59,7	40,9

(a) $PLSDA_{(Th\%=12\%)}$ testé $X_{2(TH=12\%)}$

Classe réelle \ Classe Prédite	jeux de données de validation			% individus bien classés
	$X_{2(Th\%=12\%)}$	$X_{2(Th\%=16\%)}$	$X_{2(Th\%=20\%)}$	
	<i>D. chlorocarpa</i>	<i>D. orientalis</i>	<i>D. purpurascens</i>	
<i>D. chlorocarpa</i>	15	2		75,0
<i>D. orientalis</i>	6	65	10	91,8
<i>D. purpurascens</i>	3	5	38	75,0

(b) $PLSDA_{(Th\%=12\%)}$ testé sur $X_{2(TH=20\%)}$

Classe réelle \ Classe Prédite	jeux de données de validation			% individus bien classés
	$X_{2(Th\%=12\%)}$	$X_{2(Th\%=16\%)}$	$X_{2(Th\%=20\%)}$	
	<i>D. chlorocarpa</i>	<i>D. orientalis</i>	<i>D. purpurascens</i>	
<i>D. chlorocarpa</i>	0			0,0
<i>D. orientalis</i>	4	39	28	58,3
<i>D. purpurascens</i>	20	33	20	25,0

III.2/ Analyse discriminante

III.2.2/ Correction des modèles

Pourcentage global d'individus bien classés issu de la prédiction des spectres de validation $X_{2(TH=8\%)}$, $X_{2(TH=16\%)}$ et $X_{2(TH=20\%)}$ à partir des modèles PLSDA corrigés

Hypothèses	Méthode	Modèle	Individus bien classés en Validation Indépendante (%)		
			$X_{2(TH\%=8\%)}$	$X_{2(TH\%=16\%)}$	$X_{2(TH\%=20\%)}$
TH _(%) fixe à 12%	PLSDA	PLSDA _(TH=12%)	62,5	50,0	33,3
TH _(%) variable, connu	PDS	PLSDA _(PDS)	58,3	41,6	66,7
TH _(%) variable, non connu	Model Update	PLSDA _(M.Update)	70,8	75,5	70,8
	EPO	PLSDA _(EPO)	66,7	70,8	75,0

- Les résultats de classification sont plus robustes par rapport à la variation du taux d'humidité issue des deux méthodes EPO et Model Update
- Performances globales proches, autour de 70% - 75% d'individus bien classés en validation indépendante

III.2/ Analyse discriminante

III.2.2/ Correction des modèles

Matrice de confusion issu de la prédiction de spectres de validation $X_{2(TH=20\%)}$ à partir des modèles PLSDA corrigés par EPO(a) et Model Update(b)

(a) PLSDA_(EPO) testé $X_{2(TH=20\%)}$

Classe réelle \ Classe prédite	<i>D. chlorocarpa</i>	<i>D. orientalis</i>	<i>D. purpurascens</i>	% individus bien classés
<i>D. chlorocarpa</i>	7	4	5	25,0
<i>D. orientalis</i>	17	53	6	83,0
<i>D. purpurascens</i>		14	37	75,0

(b) PLSDA_(M.Update) testé $X_{2(TH=20\%)}$

Classe réelle \ Classe prédite	<i>D. chlorocarpa</i>	<i>D. orientalis</i>	<i>D. purpurascens</i>	% individus bien classés
<i>D. chlorocarpa</i>	5			25,0
<i>D. orientalis</i>	10	65	11	91,8
<i>D. purpurascens</i>	9	7	37	75,0

- Innovation: très peu d'études sur la correction des modèles de classification dans la littérature, quelques unes sur la régression
- Résultats prometteurs (performance autour de 70%) dans une finalité de s'affranchir de la variation du taux d'humidité du bois pour des identification in situ
- Perspectives
- Enrichissement de la base de données spectrales par des spectres prises à des humidités au-delà de TH=20% (moyen terme)
- Tester le modèle corrigé sur des échantillons de bois sur le terrain (bois saisis, bois stockés) (long terme)

Merci de votre aimable attention



Remerciements à :



PROGRAMME D'APPUI PAR LE CADRE EUROPEEN

