

La SPIR intégrée avec succès à la fabrication de fertilisants organiques: de la recherche au contrôle qualité sur site

Laurent Thuriès¹, Olivier Demarle², Laurent Bonnal³, Fabrice Davrieux⁴

¹CIRAD, UPR Recyclage et Risque, 97408 Saint Denis (La Réunion)

²Groupe Frayssinet, Département R&D, 81240 Rouairoux

³CIRAD, UMR Systèmes d'élevage et produits animaux, 34398 Montpellier

⁴CIRAD, UMR Qualisud, 34398 Montpellier

Matières Premières

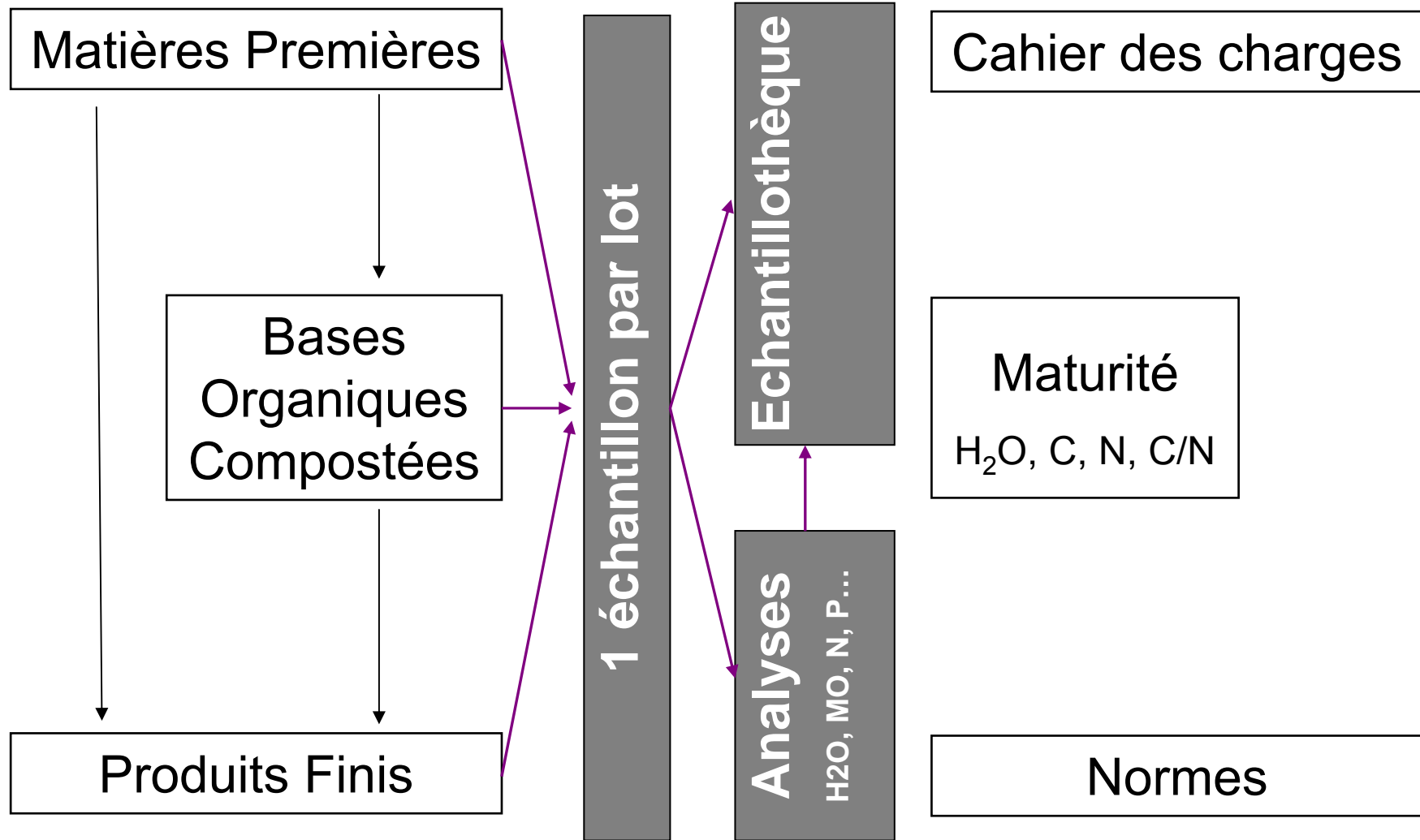


Bases
Organiques
Compostées



Produits Finis





Contexte ... il y a 15 ans

Abondance d'offre en MO + Méconnaissance des capacités de transformation = Utilisation freinée

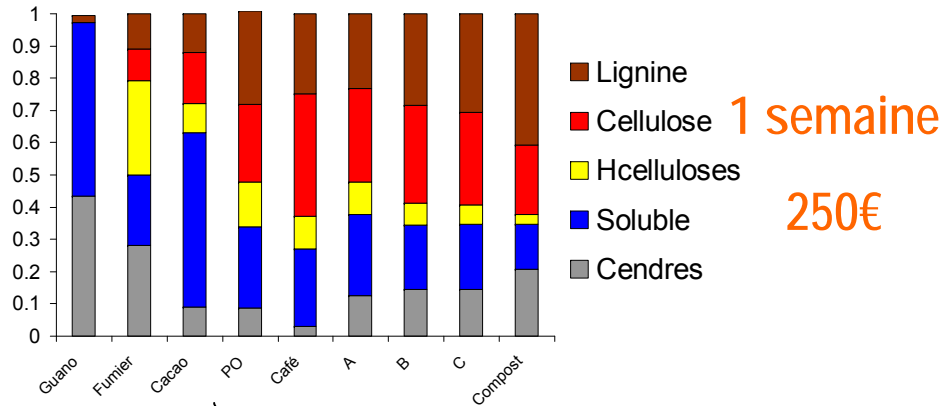
Objectifs



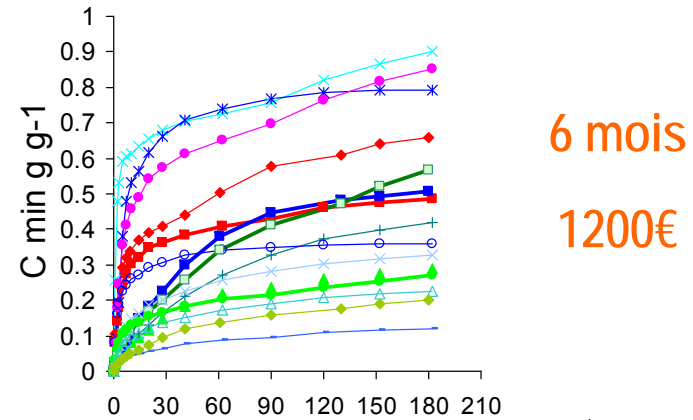
- Développer des méthodes de caractérisation des MO pour prédire leurs devenir (recours à de la modélisation)
- Élaborer des indicateurs de prévision des dynamiques de transformation des MO
- Comparer le comportement de différentes sources de MO
- Orienter la production des fertilisants organiques (choix des matières, supports, mélanges, process...)

- Les méthodes de caractérisation

- Fractionnement biochimique



- Incubation Conditions Contrôlées



- Indicateurs

(ISB, CBM-tr, ISMO) = f(SOL, HEM, CEL, LIG, cendres, Ctm3)

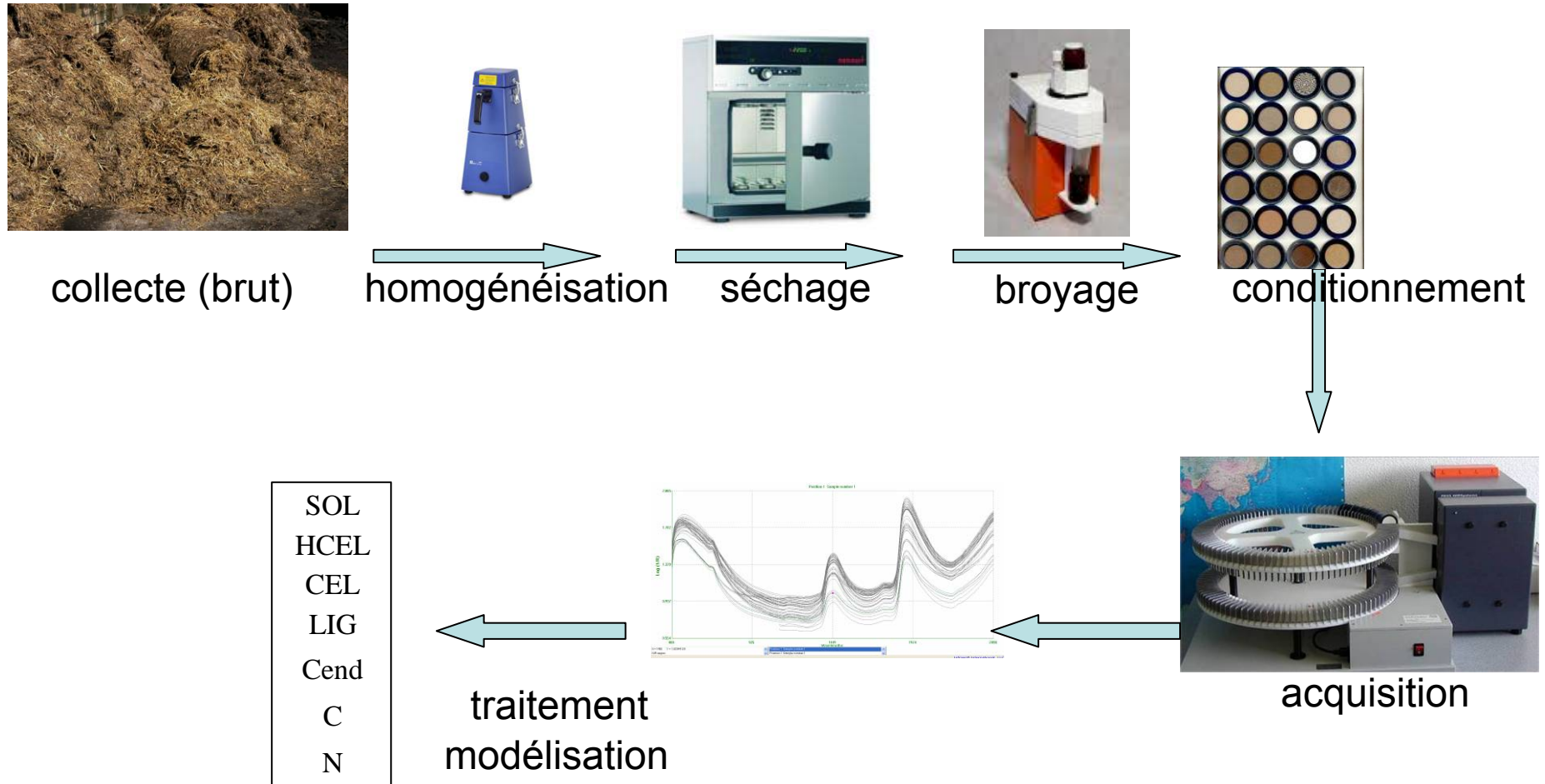
- Modèles

Cf. [2003-2]

ex. TAO = f(SOL, HEM, CEL, LIG, MO, Ntot)

- Utiliser la SPIR pour prédire les transformations C et N.

- Développement de bases PIR sur sec (SPIR délocalisé)



- Utilisation de SPIR pour suivi de process : le compostage

Prédire par SPIR la maturité du compost = **degré de compostage**. Cf. [2005-4] [2006-1]

Tableau 1: Performance du modèle de calibrage particulier

(j)	Population			Statistiques d'étalonnage			
	n	m	SD	SEC	R ²	SECV	RPD
Degré de compostage	22	50.4	32.6	6.04	0.97	6.96	4.7

SEC~SECV OK
(Vergnoux et al. 2009 SEC
0.82 mois soit 25 jours)

- Caractérisation des matières premières

Tableau 2: Performance des modèles de calibrage échantillons secs (mPLS, SNVD 2/5/5/1) Cf. [2005-1 & 2005-2]

	n	moy	SD	SEC	R ² cv	SECV	RPDcv	SE ref
Lignine	124	28.1	16	3.03	0.96	3.51	5	1.5
Matière Organique	317	93.2	3	0.78	0.93	0.97	3	1.1
Azote Total (Kjeldahl)	271	2.3	0.5	0.16	0.92	0.18	3	0.08

**Performance
et précision
OK**

- Potentiel d'humification des apports organiques

Tableau 3: Performance du modèles de prédiction des indicateurs de qualité (CBM(tr), Lignine/n et C/N estimé (0,5MO/N) pour des échantillons secs (mPLS, SNVD 2/5/5/1)

	R ²	SECV
CBM-tr	0.96	5.96
Ce/N	0.94	2.36
Lig/N	0.88	1.94

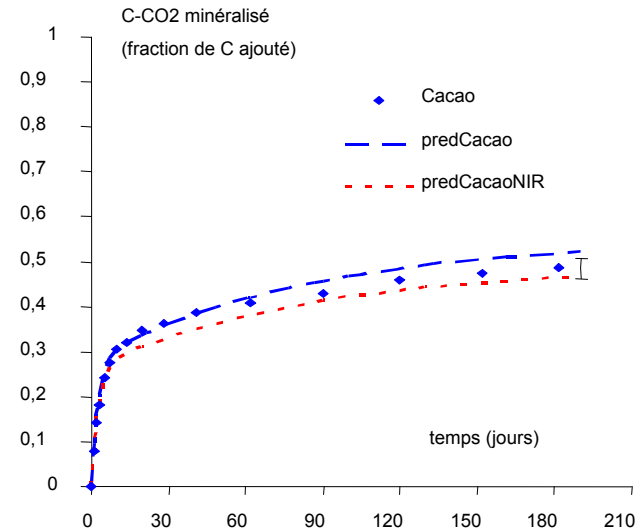
Performance OK pour CBM-Tr et Lignine/N et satisfaisante pour une estimation du rapport C/N

Cf. [2005-3]

- Potentiel de transformation de tourteaux

Prédictions par TAO-C de la fraction de C minéralisé; variables d'entrée mesurées ou prédites par SPIR (barres = intervalles de confiance)

Cf. [2001-1] [2006-1]



- Utiliser directement SPIR pour prédire les transformations

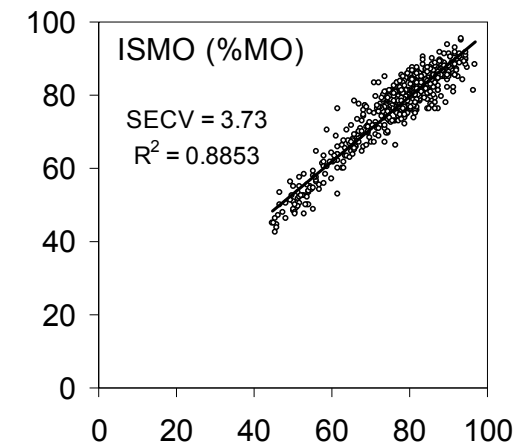
	N	Moyenne	SD	SEC	SECV	CV%	R ²	RPDcv
ISMOfcalc	580	76.58	11.35	3.44	3.73	5	0.89	3.0
PL_optim	47	0.137	0.144	0.028	0.035	26	0.94	4.1
PS_optim	41	0.535	0.259	0.120	0.129	24	0.75	2.0

~OK pour TAO

(dispense de prédire le profil
Van Soest complet)

~OK pour ISMO

(valeur de référence
nécessite 1 profil Van Soest
complet + 1 ICC carbone à 3
jours)



Prediction TAO directement par SPIR OK depuis 2006 (unpublished data)
ISMO: performances équivalentes à Peltre et al., (2010).

- Intégration du PIR dans le système de contrôle

< Réactivité/rapidité

Produits « tels que »

< Présentation produits variée

Coarse Cell

< Fiabilité

Perf. Equa vs Perf. Labo

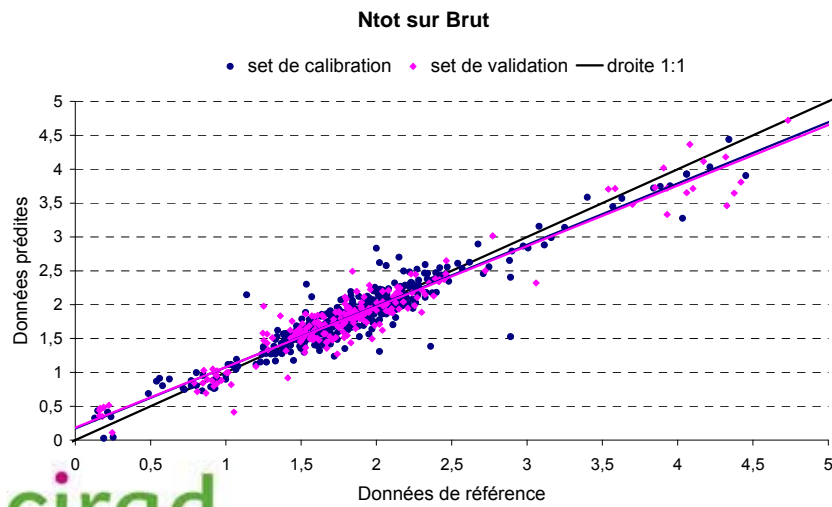
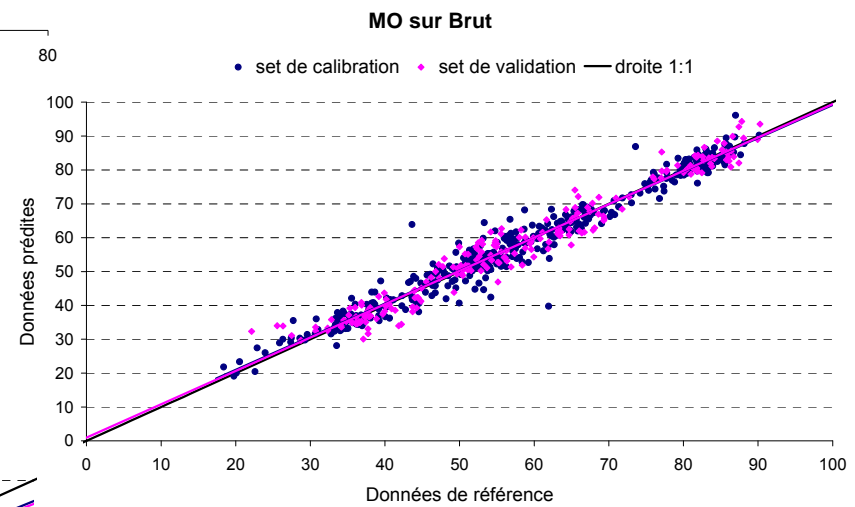
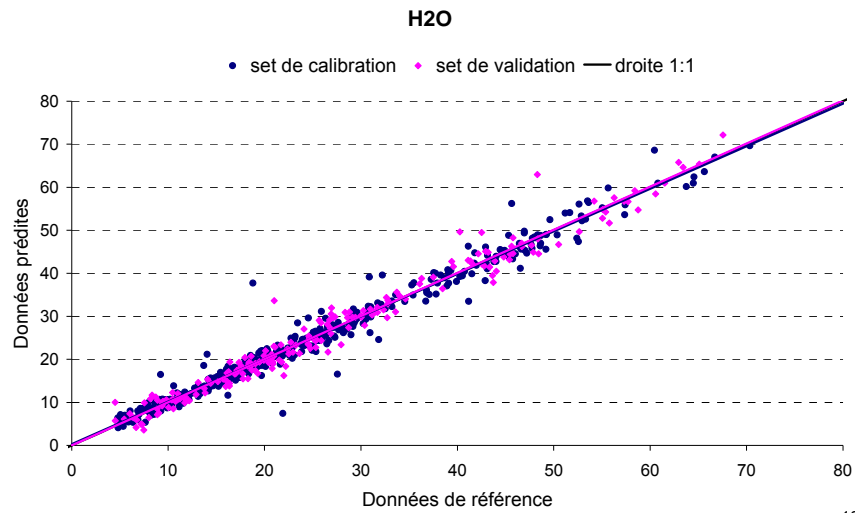


	cal							val			
	N	Moyenne	SD	SEC	R ² c	SECV	RPDcv	SEPC	RPDval	Moyenne	SDval
H ₂ O	398	23.9	13.7	1.4	0.98	1.7	7.8	2.48	6.0	26.5	14.9
MO _b	401	59.3	17.7	2.6	0.97	2.9	6.1	3.4	5.1	57.7	17.3
N _b	401	1.8	0.6	0.1	0.91	0.2	3.3	0.2	3.6	1.9	0.8
N _{minb}	383	0.2	0.1	0.1	0.71	0.1	1.9	0.1	1.8	0.2	0.2
P ₂ O _{5b}	395	0.9	0.4	0.2	0.56	0.2	1.5	0.3	1.5	0.9	0.5
K ₂ O _b	401	1.9	0.9	0.3	0.84	0.3	2.5	0.5	1.7	1.7	0.9
MgO _b	401	1.3	1.1	0.5	0.79	0.5	2.2	0.6	2.0	1.3	1.1
Densité	385	542.6	120.3	45.4	0.78	57.0	2.1	72.9	1.6	529	117
pH	370	6.2	1.0	0.4	0.79	0.5	2.2	0.8	1.4	6.3	1.1

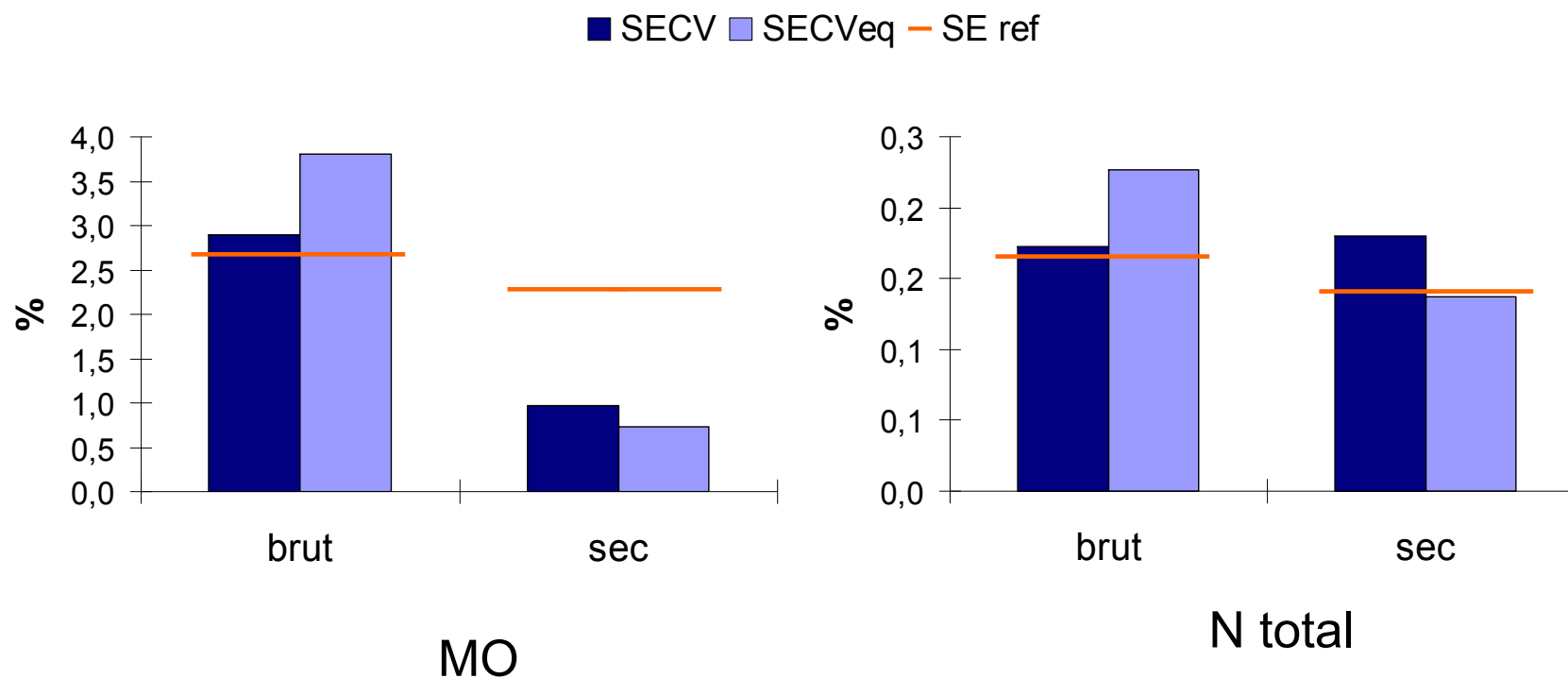
Statistiques de calibration, validation croisée et validation/extrapolation pour les paramètres étudiés sur l'ensemble des échantillons (état brut)

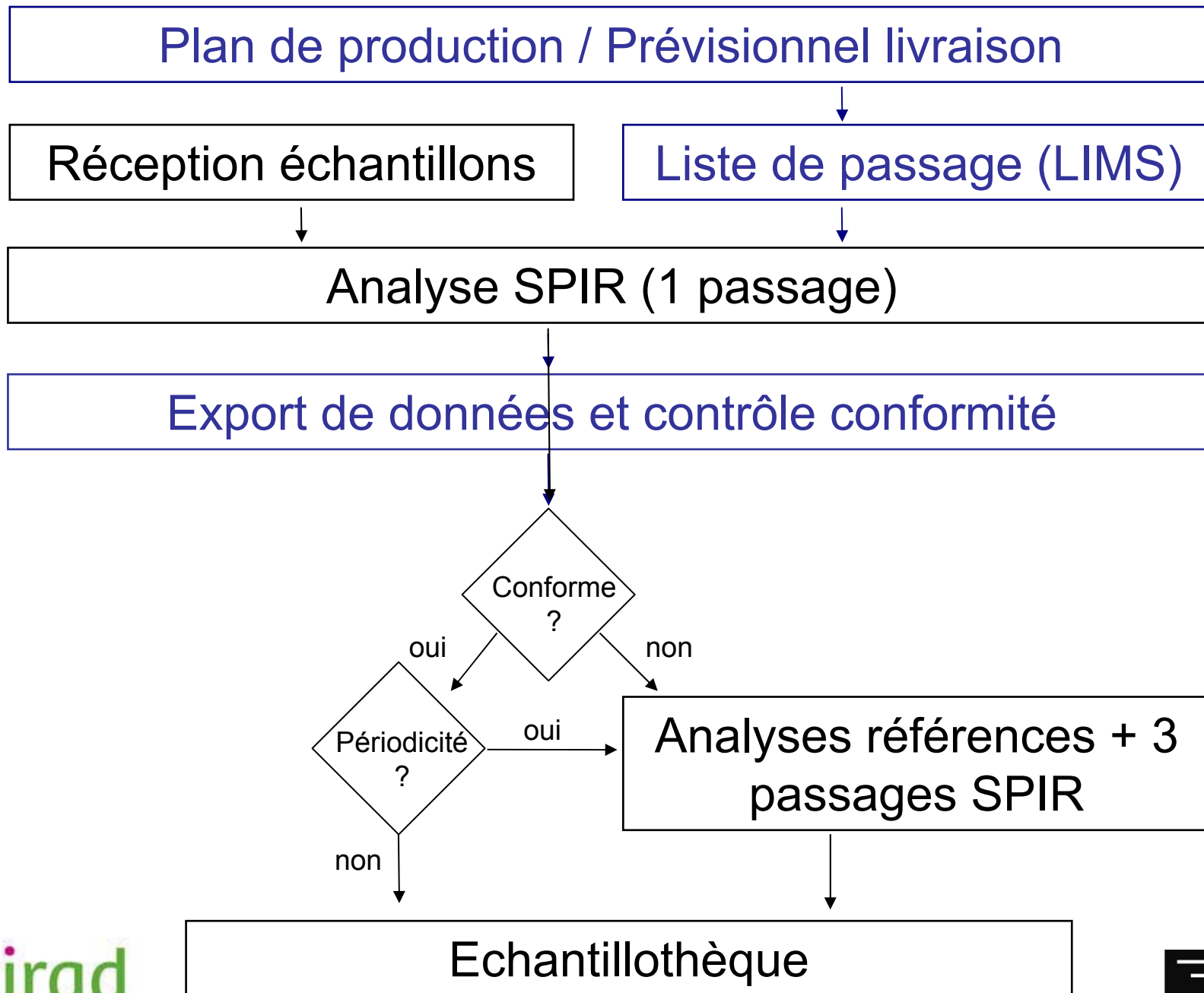
	Nb d'analyse	Moyenne	Ecart type	2 x Ecart type
H ₂ O	20	4,64	0,74	1,49
MO	20	63,44	2,27	4,54
N Total	21	3,53	0,14	0,27
N ammoniacal	15	0,32	0,08	0,15
P ₂ O ₅ total	19	2,43	0,26	0,52
K ₂ O total	19	3,86	0,28	0,55
MgO total	19	4,49	0,31	0,61
Densité	6	800,67	15,23	30,45
pH	16	5,80	0,10	0,21

Estimation de la précision du laboratoire sur un échantillon de référence



- À partir de spectres sur sec ou spectres sur brut





- Augmentation de la couverture analytique : cas des tourteaux végétaux
 - Avant :
 - tous les 3 mois : H₂O, MO, N P K pH densité
 - Aujourd'hui :
 - tous les camions : H₂O, MO, N
 - tous les 3 mois : H₂O, MO, N P K pH densité

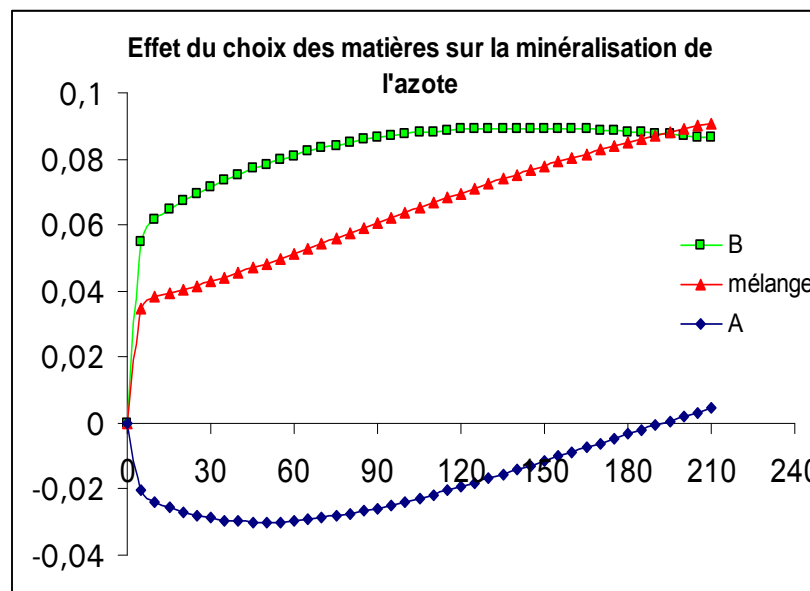
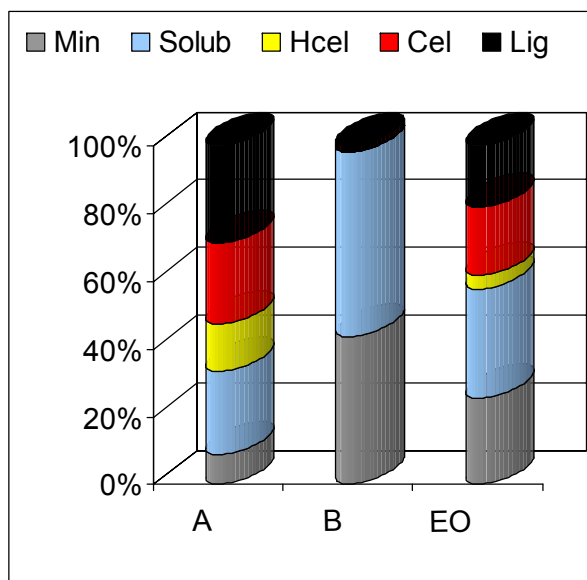
◀ Perspectives

- < **Amélioration de performances des équations**
 - < **Augmentation des bases**
 - < **Amélioration de la précision du labo**

- < **Prédiction de nouveaux paramètres en routine**

- < **Systemes ON LINE (pont bascule et ligne de prod)**

- Exemple d'élaboration de produit à la carte



combiner les matières premières pour élaborer un produit « à la carte » à la dynamique connue *a priori*

MERCI

Remerciements spéciaux à

Philippe Lecomte, Denis Bastianelli et Jean-Luc Marger



Héliospir 2010, Montpellier, 24/09/2010



- Repères

- [2001-1] Thuriès L., Pansu M., Feller C., Herrmann P., Rémy J-C. (2001) 'Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil' *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 997-1010.
- [2003-2] Pansu M., Thuriès L., Larré-Larrouy M-C., Bottner P. (2003) 'Predicting N transformations from organic inputs in soil in relation to incubation time and biochemical composition' *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 353-363.
- [2005-1] Thuriès L., Bastianelli D., Davrieux F., L. Bonnal, R. Oliver, Pansu M., Feller C. (2005) 'Prediction by NIRS of the composition of plant raw materials from the organic fertiliser industry and of crop residues from tropical agrosystems.' *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 13, 187–199.
- [2005-2] Thuriès L., Bastianelli D., Davrieux F., Bonnal L., Oliver R., (2005). 'Prediction by NIRS of the biochemical composition of various raw materials used in the organic fertiliser industry. Poster communication *12th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, Sky City Auckland, New Zealand, 10-15 Avril 2005
- [2005-3] Thuriès L., Davrieux F., Bastianelli D., Bonnal L., Oliver R., (2005). 'NIRS for predicting quality indexes in the organic fertiliser industry.' Poster communication *12th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, Sky City Auckland, New Zealand, 10-15 Avril 2005
- [2005-4] Thuriès L., Bonnal L., Davrieux F., Bastianelli D., (2005). 'Possible use of NIRS for the management of composting process.' Poster communication *12th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*, Sky City Auckland, New Zealand, 10-15 Avril 2005
- [2006-1] Thuriès L., Oliver R., Davrieux F., Bastianelli D., Pansu M. (2006) 'Transformations des apports organiques : application du modèle TAO à des matières de l'agro-industrie à partir de leur analyse biochimique mesurée ou estimée par Spectrométrie Proche Infra-Rouge (SPIR).' *Séminaire Réseau Matière Organique IHSS*, Carquairanne (France), 22-24 Janvier.
- [2010-1] Peltre C., Thuriès L, Barthès B., Brunet D., Morvan T., Nicolardot B., Parnaudeau V., Houot S. (2010) Utilisation de la SPIR pour prédire le devenir de matières organiques exogènes (MOE) dans les sols. *Héliospir*, Montpellier (France), 24 Septembre.