

Le Cemagref

L'épandage des produits organiques

De la caractérisation des produits à la qualité d'épandage

M. Rousselet – E. Piron – F. Thirion

eau - territoires - développement durable

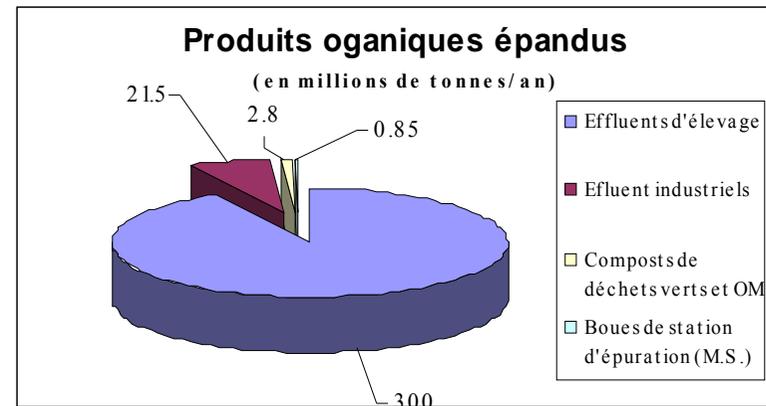
Les 7^{es} rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre

FERTILISATION ET SOCIÉTÉ
15 et 16 Novembre 2005



► L'épandage agricole des organiques

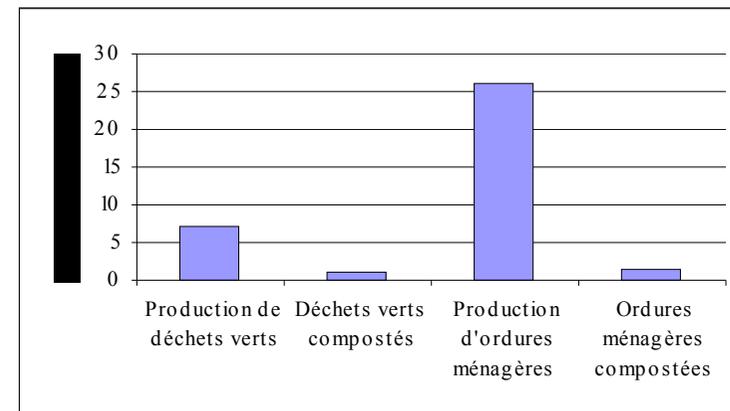
- Effluents d'élevage, industriels, composts de déchet et ordures ménagères, boues de station.
- Production des effluents d'élevage (Source M.E.E.D. 2002)
- 300 millions de tonnes
- 50% des tonnages épandus



Source M.E.E.D. 2002

Composts d'ordures ménagères et de déchets verts en développement

- 6% en déchets verts
- 17% en ordure ménagères



► Les catégories de produits

- **Produits solides**

Structure fibreuse avec
éléments de liaison gras
Tiennent facilement en tas



- **Produits liquides**

Produits qui s'écoulent bien
Nécessitent d'être stockés
dans une fosse



- **Produits pâteux**

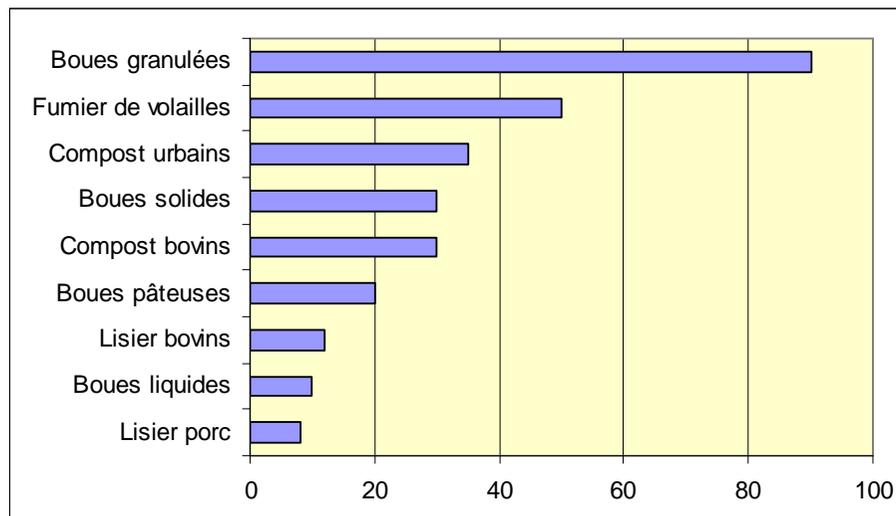
Ne s'écoulent pas
Ne peuvent tenir en tas



► Les caractéristiques des produits

% M.S.	Fumier	Lisier	Compost	Boues
Porc		<8%		
Liquides				<10%
Bovins		>12%		
Pâteux				10% < < 30%
Bovins	>20%			
Bovins			30% < < 35%	
Solides				>30 %
Urbains			>35%	
Volailles	>50%			
Granulées				>90%

%M.S.



► Teneur en matière sèche

- Sécher 4 échantillons d'environ 100g
- Étuve stabilisée à 105°C durant 15h (EN 13406)
- Pour les boues: 60°C durant 72h (ASAE Standards, 1999)

$$D_m (\%) = \frac{m_d}{m_w} \times 100$$

m_d Masse de l'échantillon séché (en g)

m_w Masse initiale de l'échantillon (en g)



► Masse volumique

- Masse du produit pour un volume connu
- Norme En 13080 préconise une caisse de 1m³
- Autres méthodes

$$\mu = \frac{M}{V}$$

Méthode du seau
facile à utiliser (10 l)



μ : masse volumique (kg/m³)

M : Masse (kg)

V : Volume (m³)

Masse volumique chargée
(mesurée lors des essais)



► Cohésion et frottement interne

- $\tau = \tan(\varphi_1) \times \sigma_n + C$

σ : contrainte normale

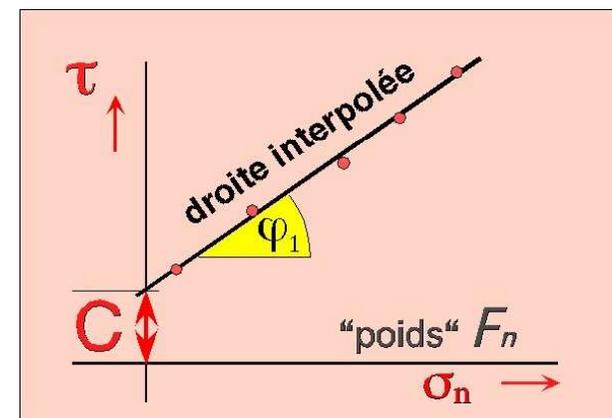
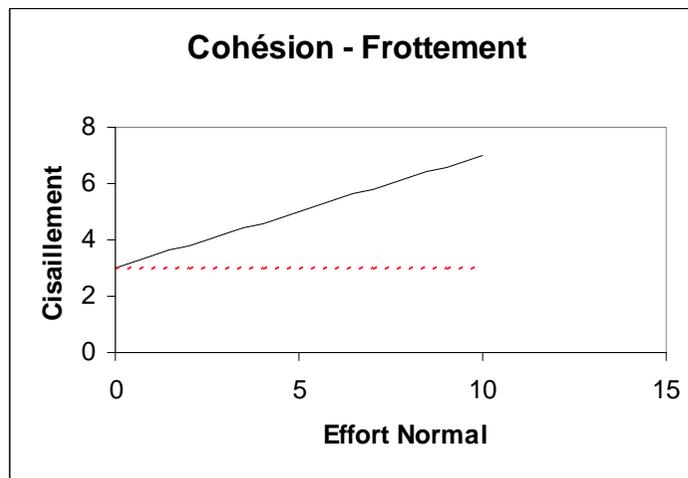
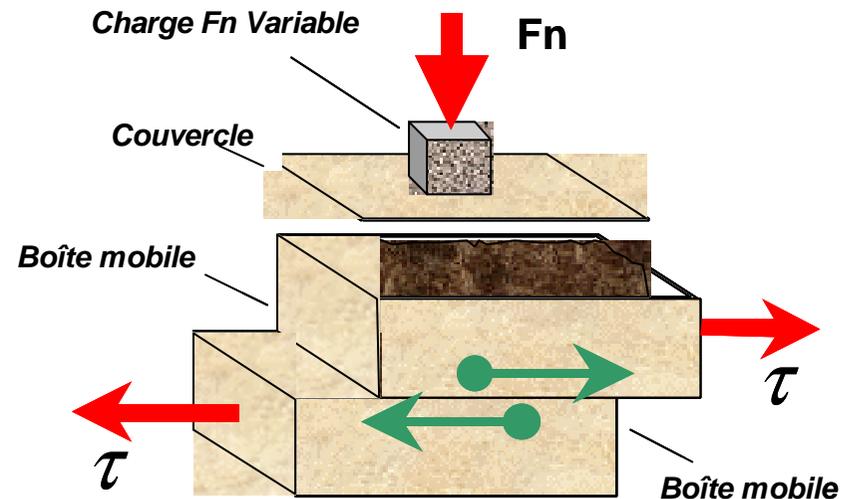
τ : contrainte de cisaillement

Frottement interne

$$\tan(\varphi_1) = \frac{\tau - C}{\sigma_n}$$

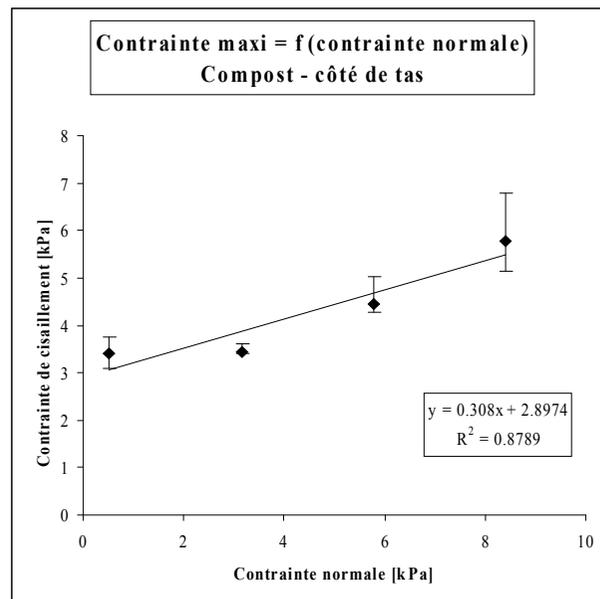
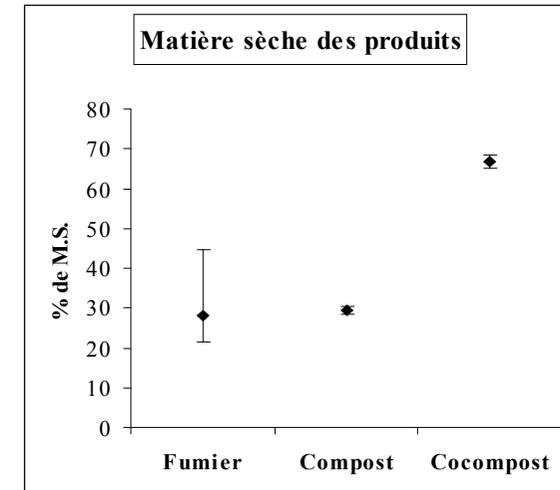
φ_1 : Angle de friction interne

C : Cohésion



► Résultats caractéristiques

	Masse volumique (kg/m ³)	Teneur en M.S (%)
Fumier de bovins	645	30
Compost de bovins	720	32
Fumier de volailles	250-440	60-70



Cohésion (kPa)

Fumier : 23

Compost : 7.8

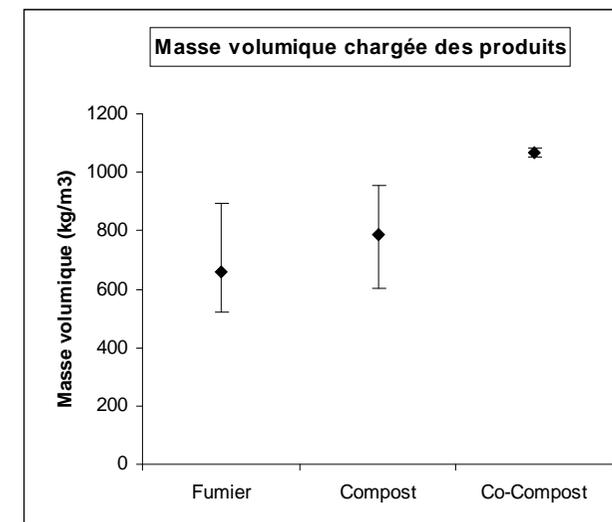
Cocompost : 8.8

Frottement interne

Fumier: 0

Compost: 0.35

Cocompost: 0.9



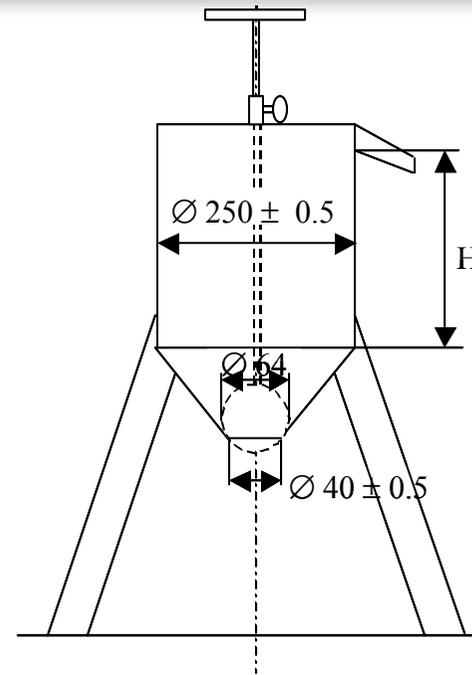
▶ Fluidité - Rhéologie

● Fluidité – Viscosité

- Sur produits liquides (lisier et boues liquides)
- Mesure du temps d'écoulement dans un fluidimètre

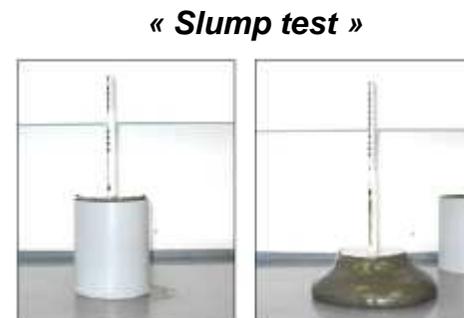
● Rhéologie

- Sur produits pâteux
- Mesure de la contrainte de cisaillement, fonction du gradient de vitesse
- « Slump test » (mesure de terrain)



Etalonnage eau
Hauteur H
Temps = 6.6 s

Fluidité lisier
 $T < 7.2s$



Rhéomètre

▶ La norme d'épandage EN 13080

EN 13080 Épandeurs de fumier – Protection de l'environnement – Prescriptions et méthodes d'essai (a)

⇒ Longitudinale

Pesée statique enregistrée pendant l'épandage
Poids total = f (temps)

Débit = f (temps)



⇒ Transversale

Passage au dessus d'une rangée de bacs

Poids/bac = f (largeur)



► La norme d'épandage EN 13406

EN 13406 Épandeurs de lisier – Protection de l'environnement – Prescriptions et méthodes d'essai (b)

Équipement

- ◆ buses palettes, buses de précision (1)
- ◆ rampes, enfouisseurs, pendillards (2)

- **Répartition transversale**

- en nappe (1)
- en ligne (2)



Pesée continue

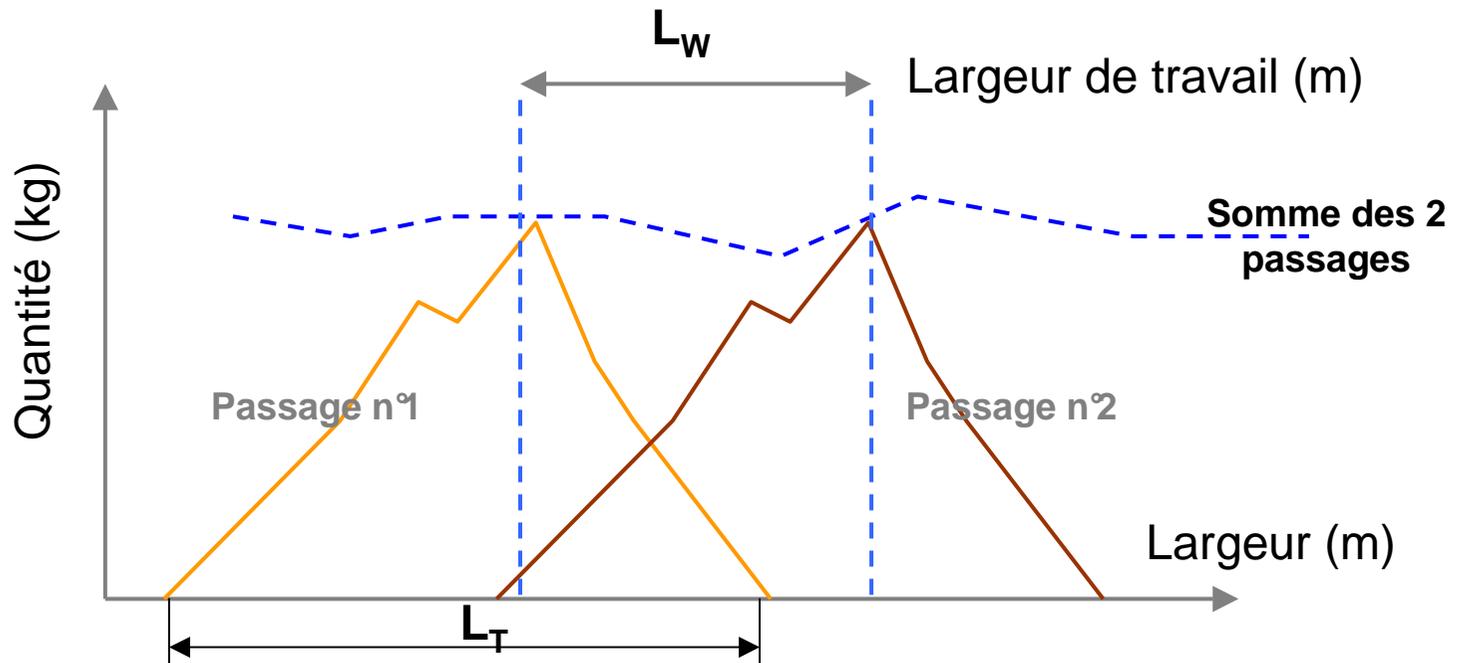
- **Répartition longitudinale**

- pesée continue
- débitmètre à ultra son



Débitmètre à ultra son

► La régularité transversale

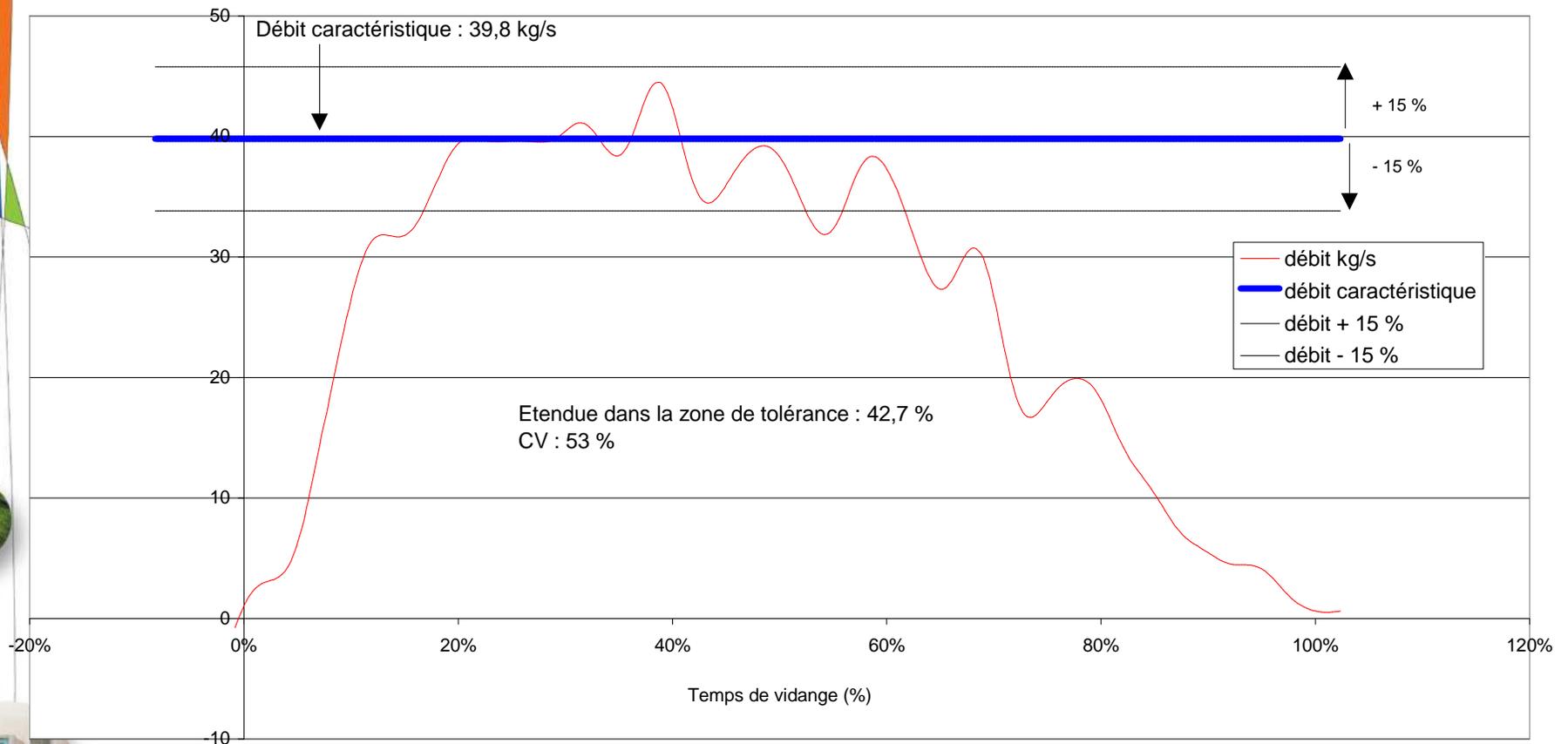


Coef. Var. transversal: $C.V.(t) < 30\%$

- Largeur de travail $> 1/2$ de la largeur de projection
- Largeur de travail $>$ largeur de la machine

► La régularité longitudinale

(Q) débit caractéristique, (E) étendue dans la zone de tolérance 23/06/1999



▶ Exigences des normes

- ⇒ Filtrage des données
- ⇒ Calcul Débit caractéristique (*moyen durant 30% du temps*)
Zone de tolérance (+ 15%, - 15% du débit caractéristique)
Étendue (*% de temps où le débit est dans la zone de tolérance*)
- ⇒ Prescriptions Coef. de var.: **C.V (l) et C.V.(t), écart moyen**
Étendue dans la zone de tolérance: **E%**

Epandeurs -de fumier (a), -de lisier (b)

◆ (a) **$E > 35\%$** **$C.V.(l) < 40\%$** **$C.V.(t) < 30\%$** ($L_w < 1/2 L_t$)

◆ (b) **$E > 90\%$** **$C.V.(t) < 20\%$** (1)

$Ecart\ moyen < 15\%$ (2)

(1) en nappe (2) en ligne

▶ Le respect de la dose



la dose dépend de :

- La vitesse d'avancement
- Du débit
- De la largeur de travail

*Avec des produits à forte cohésion,
le débit dépend de:*

- La masse volumique
- La vitesse du fumier / du tapis

*Avec les produits à faible cohésion,
il faut tenir compte en plus de*

- L'éboulement et de la hauteur au passage des hérissons
- La vitesse réelle du fumier, le glissement sur le tapis en cas d'utilisation de la porte.

$$D = \frac{Q \times L \times V}{600}$$

Ou:

D est la dose en t/ha

Q est le débit en kg/s

L est la largeur en m

V est la vitesse d'avancement en km/h

**La dose est atteinte
dans 60% des cas
en fumier et 40%
des cas en compost**

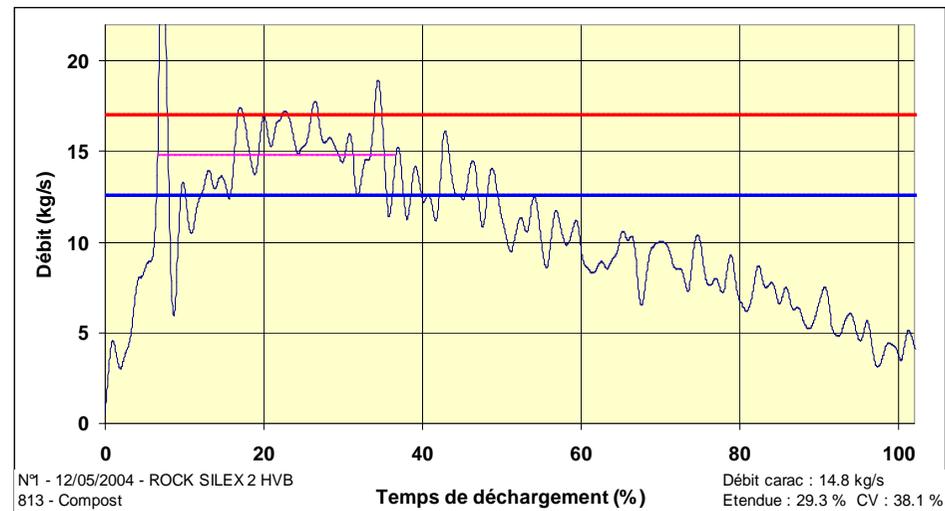
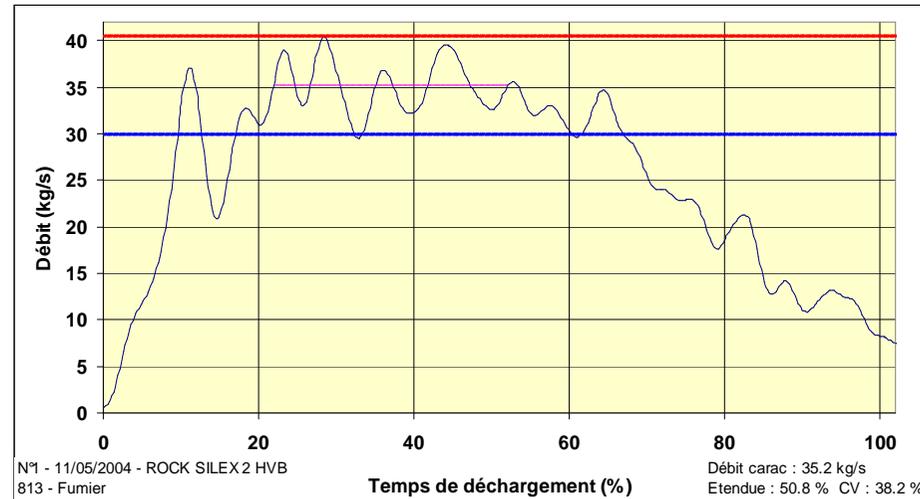


► La répartition longitudinale

- Avec les produits cohésifs (fumiers), la régularité longitudinale est satisfaisante
- $E > 35\%$, $C.V. < 40\%$

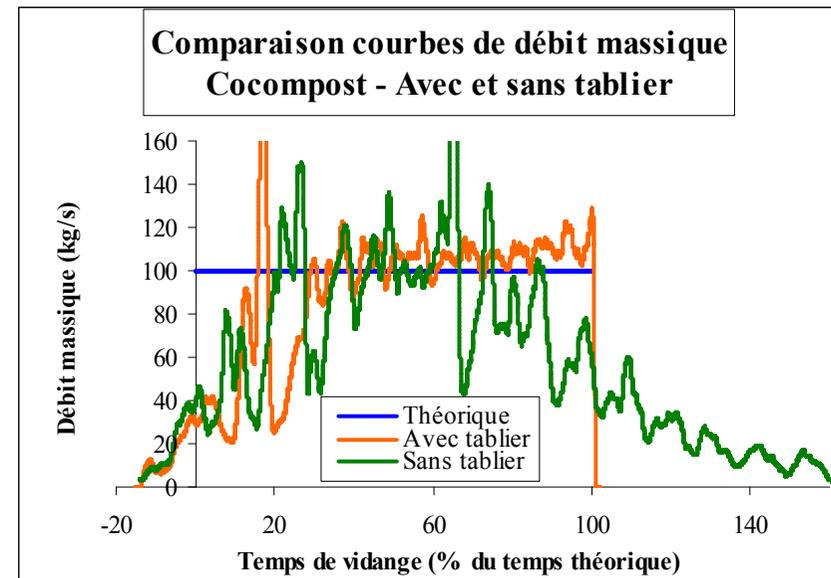
sur un même épandeur

Les produits à faible cohésion s'éboulent facilement (compost) La durée de vidange est plus importante et le débit n'est pas constant
 $E < 35\%$, $C.V. < 40\%$



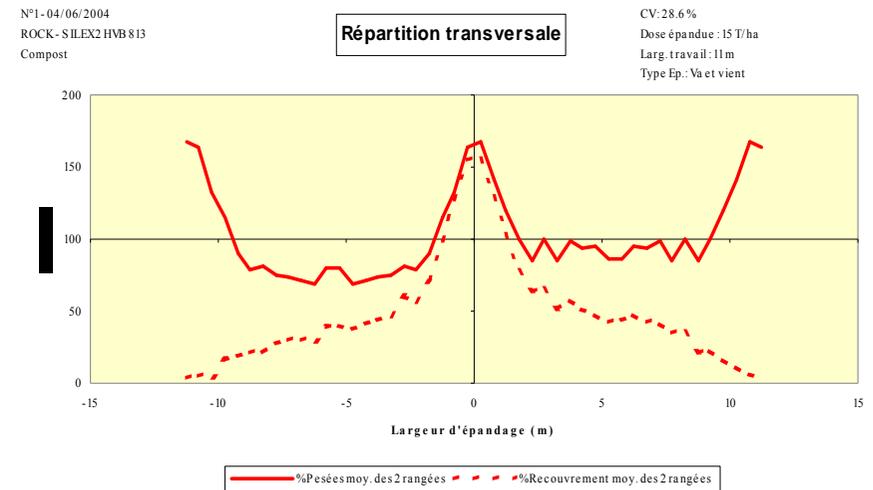
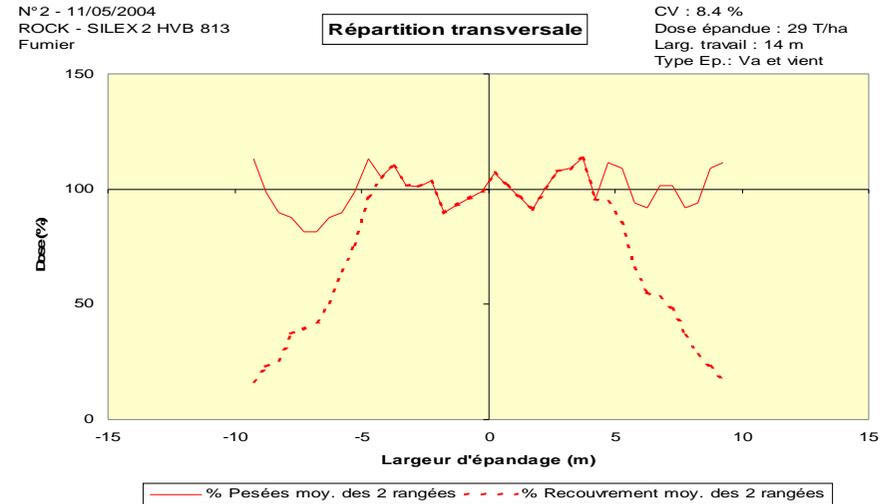
► Utilisation d'un tablier accompagnateur

- L'utilisation d'un tablier accompagnateur améliore la régularité longitudinale en fumier et en compost.
- L'étendue dans la zone de tolérance passe de 25% à 60% en compost, et de 40 à 60% en fumier.
- L'utilisation de la porte arrière en régulation ne peut être préconisée dans ce cas.
- Seule, elle améliore aussi la régularité longitudinale



▶ Répartition transversale

- La régularité de l'épandage est généralement meilleure avec un produit homogène, (compost).
- La régularité de la répartition transversale peut être affectée sur la largeur avec des produits à forte cohésion (compost humides très collants)
- La largeur d'épandage est augmentée avec les produits à forte densité. **A l'inverse elle reste faible avec les produits à basse densité (volailles)**



► Conclusion

- **La qualité d'épandage dépend des produits épandus: f (masse volumique, %M.S., cohésion, frottement interne).**
- **La masse volumique influence la dose et la largeur d'épandage.**
- **La cohésion et le frottement interne influencent les répartitions longitudinales et transversales.**
- **La M.S. % et la masse volumique influencent la largeur d'épandage.**
- **La dose est atteinte dans 60% des cas en fumier et 40% des cas en compost**
- **Les répartitions longitudinales, en compost, ne sont pas conformes aux exigences de la norme.**

► Perspectives

- **Affiner les méthodes et outils pour caractériser les produits et leurs effets sur l'épandage.**
- **Améliorer la compréhension des phénomènes dans l'interaction « matériau-matériel.**
- **Rechercher des solutions utiles et simples, pour contribuer au progrès technique des épandeurs.**
- *Le Cemagref investit dans des moyens de recherche et d'essais adaptés aux épandages organiques.*

Merci de votre ATTENTION.