



Evaluation des performances des épandages des engrais de mélange

Emmanuel PIRON

14^e rencontres internationales de l'AFCOME

Reims 22 octobre 2015





Introduction

Cadre général : épandage centrifuge

Problématique :

- Comment mieux cerner les « comportements » des différents engrais mélangés ;
- Comment mettre à profit les techniques actuelles de mesure de qualité de distribution ;
- Comment évaluer les compatibilités « épandage » entre engrais formant le mélange ;
- Eventuellement : de quel tableau de réglage se rapprocher pour régler au mieux le distributeur.

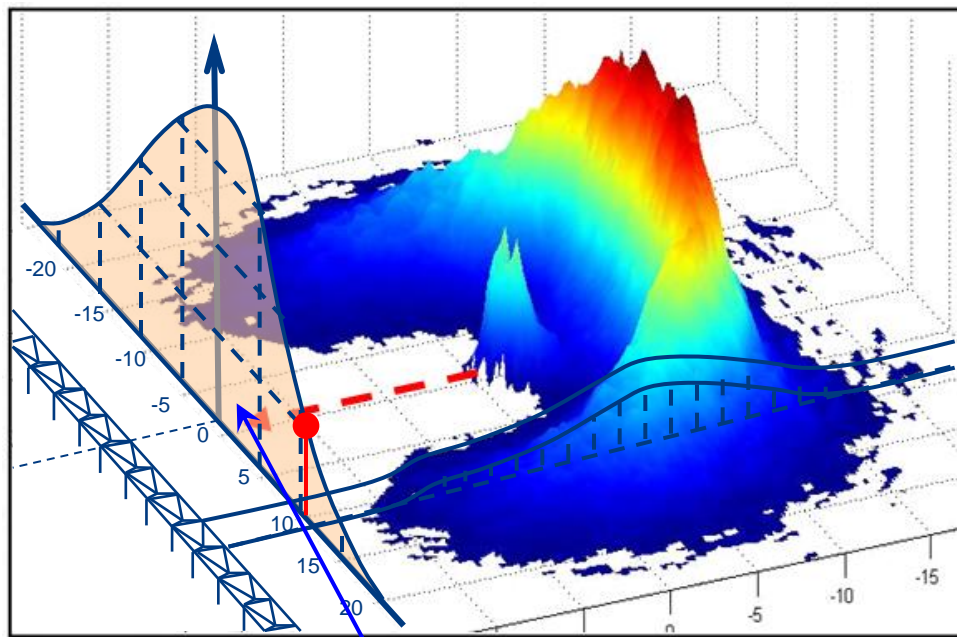
Sans recours :

- A la mesure sur banc transversal (impossible à mettre en œuvre actuellement) ;
- Donc sans analyses chimiques (absence de capacité à échantillonner).

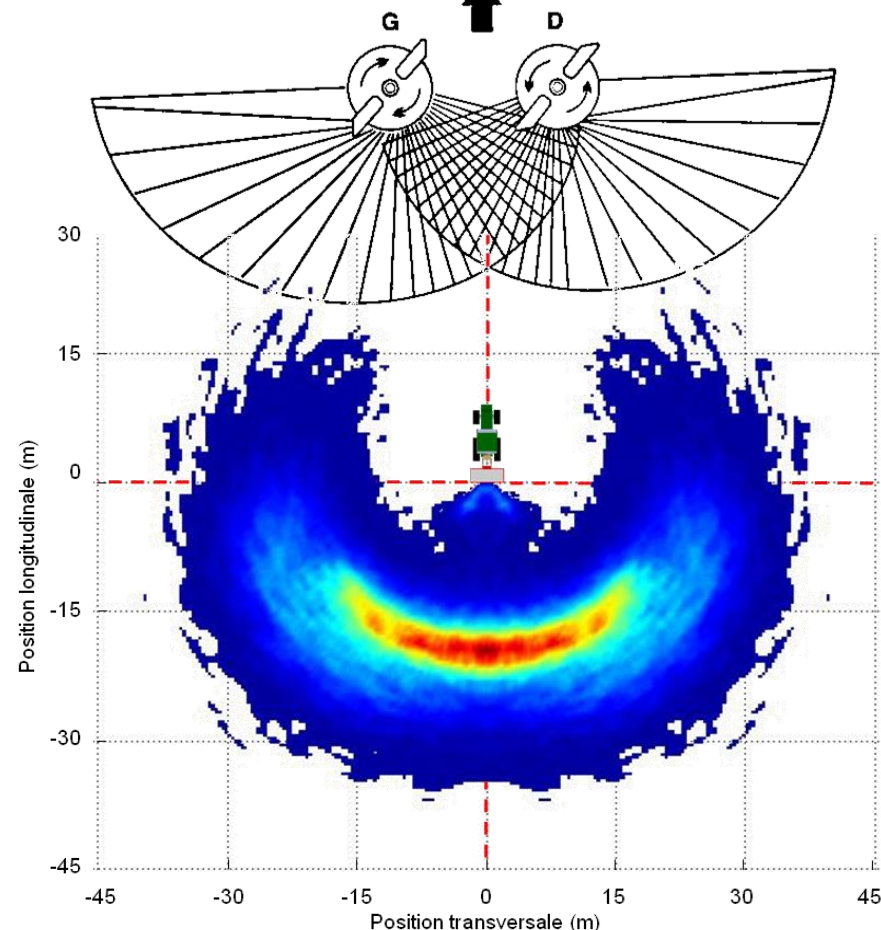
L'épandage centrifuge en bref

Distribution produite par l'épandeur

- 2 disques contrarotatifs (2 sens possibles) ;
- 2 secteurs d'épandage => 2 nappes au sol ;
- Densités d'engrais au sol en forme de croissant ;
- Surface couverte par la nappe jusqu'à 1/3 ha !

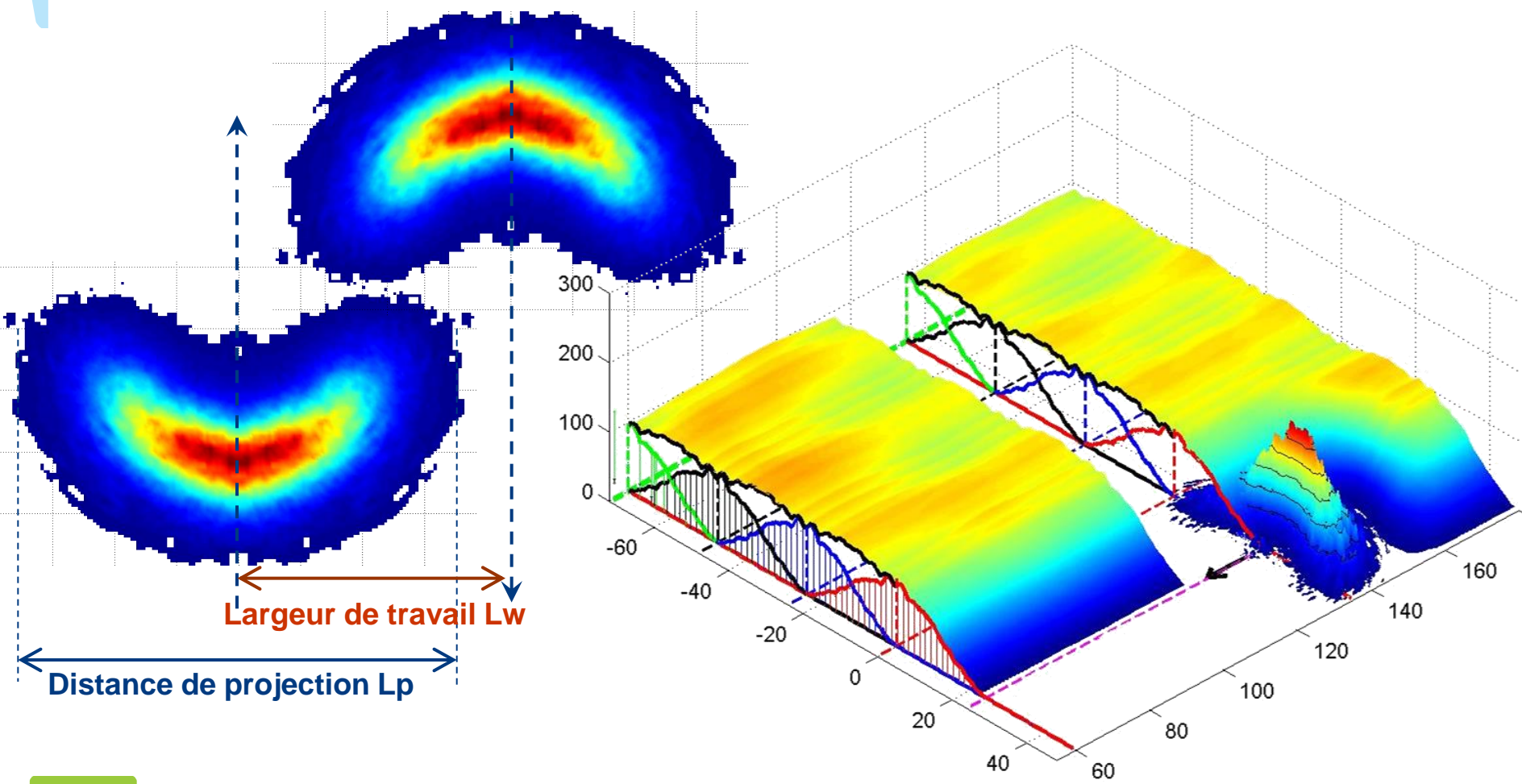


Distribution transversale
(après déplacement)



L'épandage centrifuge en bref

Distribution produite au champ



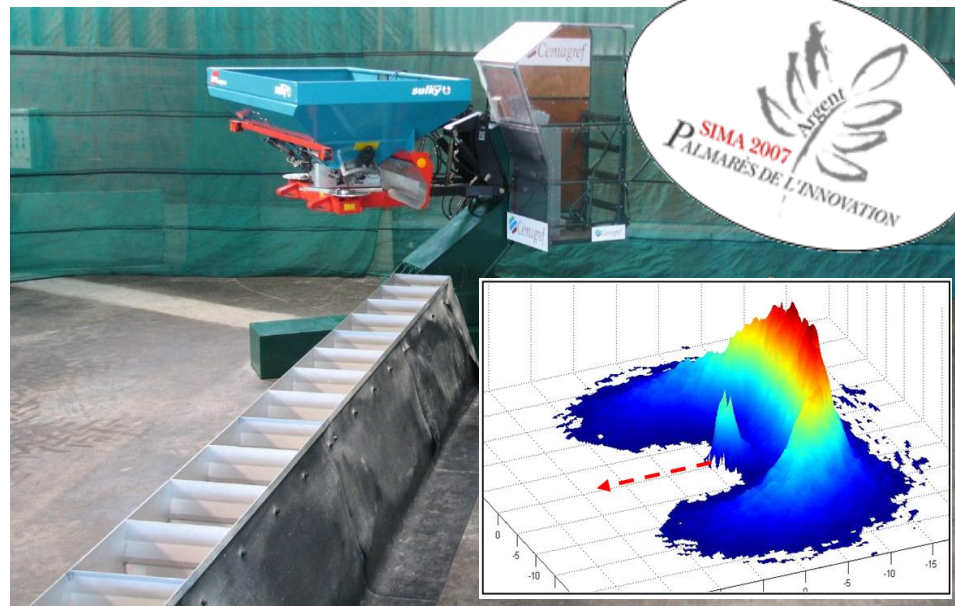
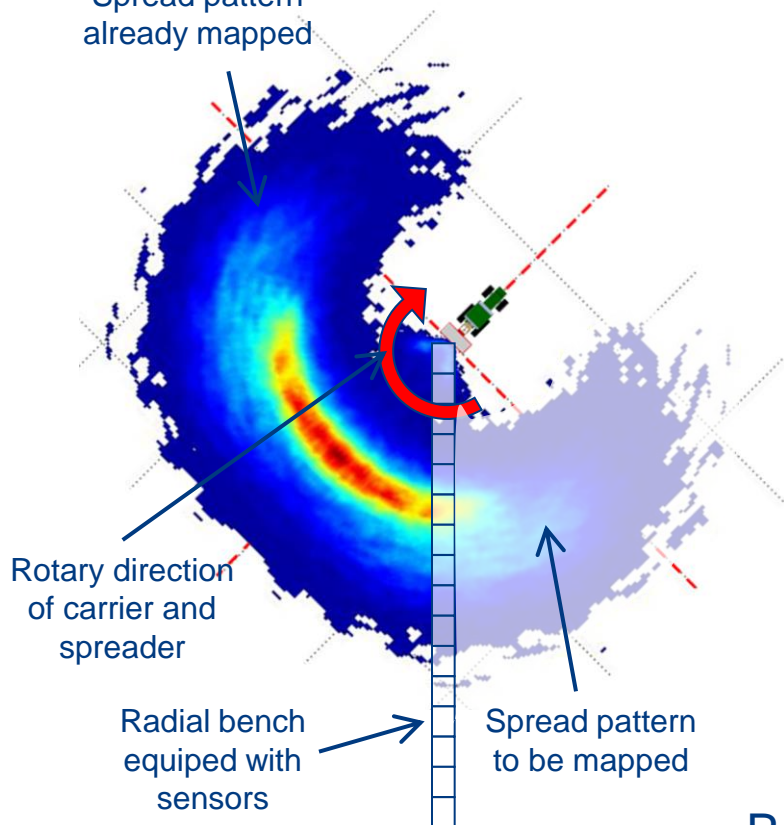
L'épandage centrifuge en bref

Mesure de la nappe d'épandage 3D : CEMIB

Banc rotatif breveté

Scanner géant rotatif

Spread pattern
already mapped

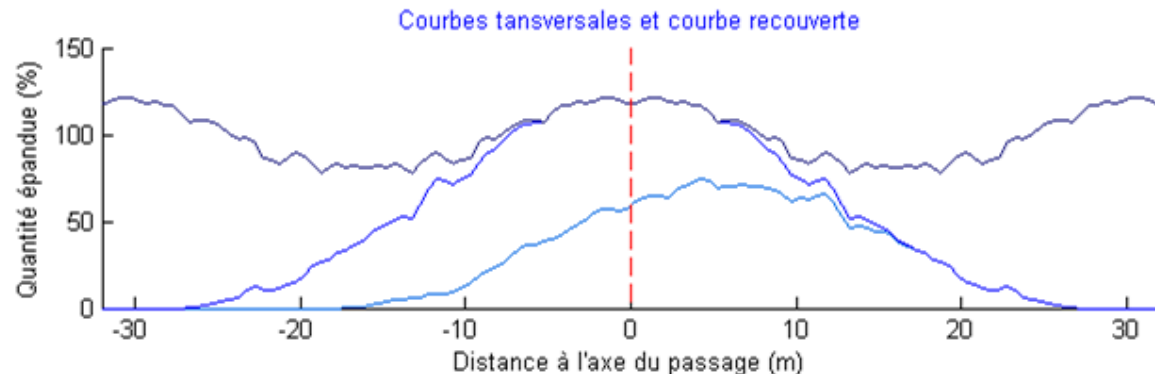
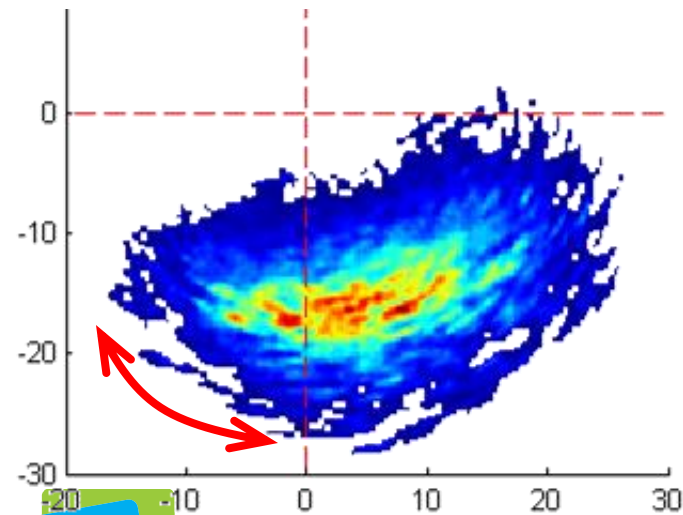
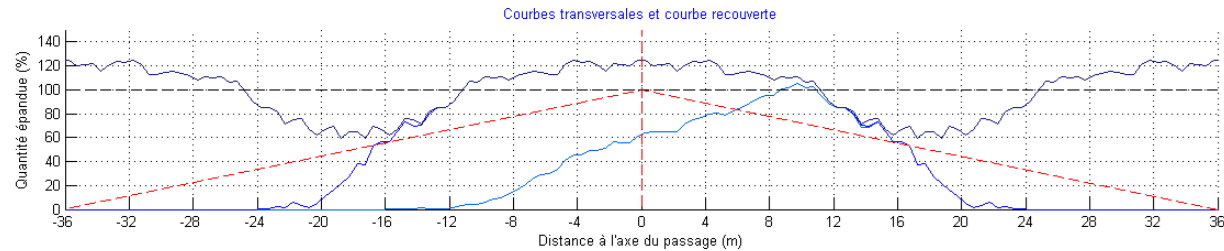
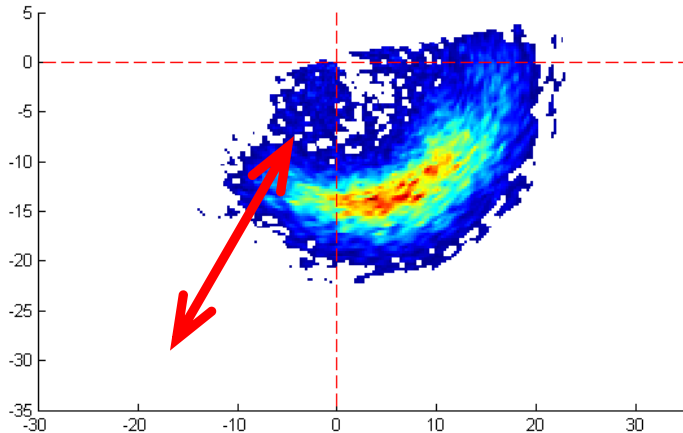


Permet une installation dans un hall
de 45 * 10m, 10 fois moins couteux

L'épandage centrifuge en bref

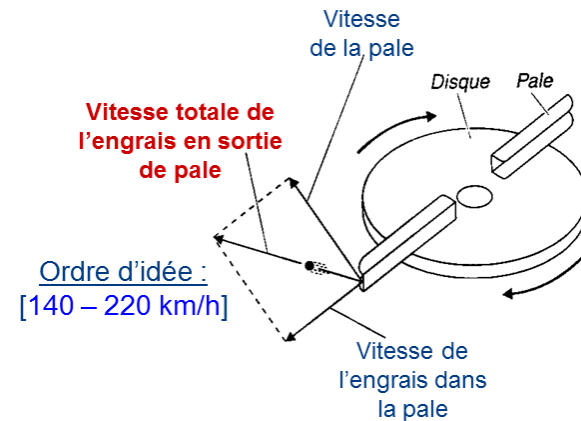
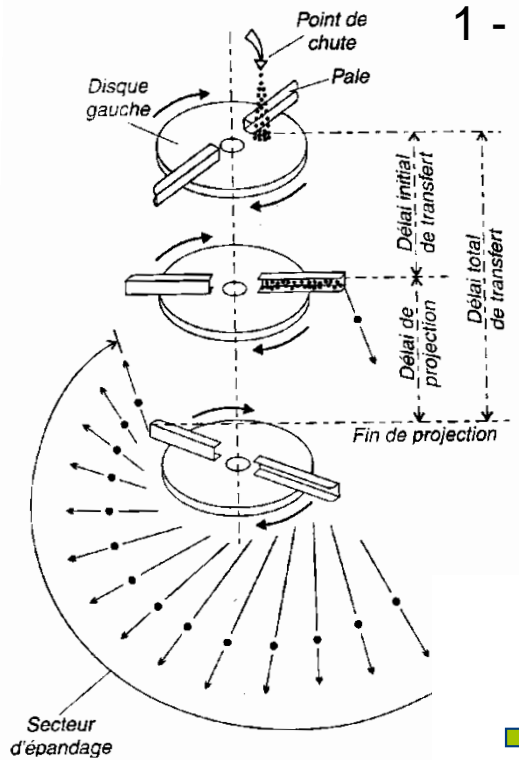
La nécessité des réglages machine

« La nappe représente l'empreinte laissée par l'épandeur, que l'on doit adapter à l'environnement »

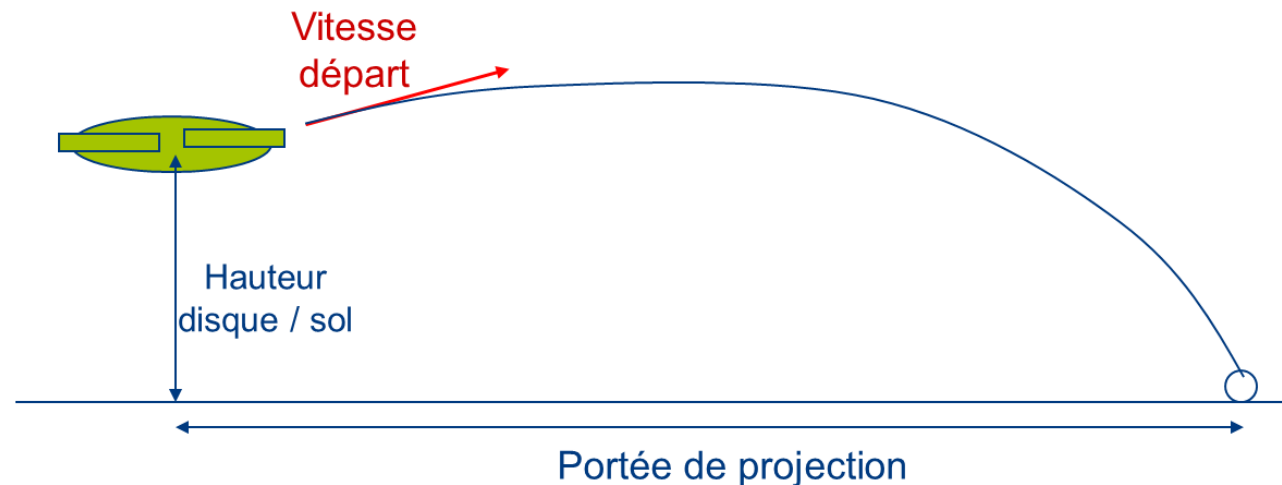


Les déterminants physiques de l'épandage centrifuge

1 - Phase d'accélération dans la pale

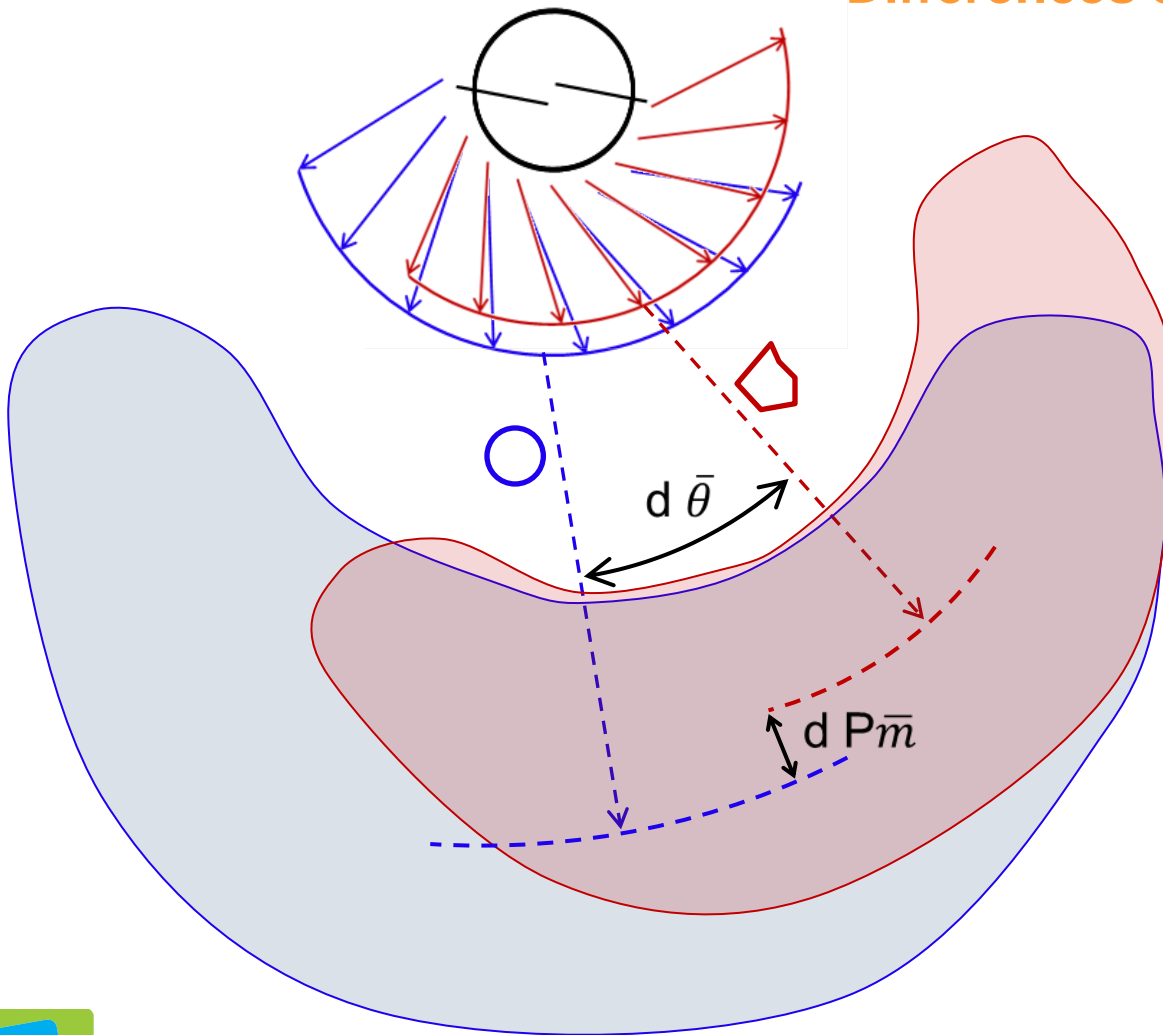


2 - Phase de vol balistique dans l'air



Les déterminants physiques de l'épandage centrifuge

Différences entre produits à épandre



Paramètres physiques de l'engrais :

- Sur accélération dans disque :
Surtout la forme des granulés (rond sort tôt, angulaire tard) ;
- Sur Vol balistique dans l'air :
 - * Forme :
 - > forme ronde = C_x faible ;
 - > forme angulaire = C_x fort.
 - * Distribution granulométrique :
 - > Gros diamètre favorable à portée importante
 - * Masse volumique vraie :
 - > Forte μ favorable à portée importante

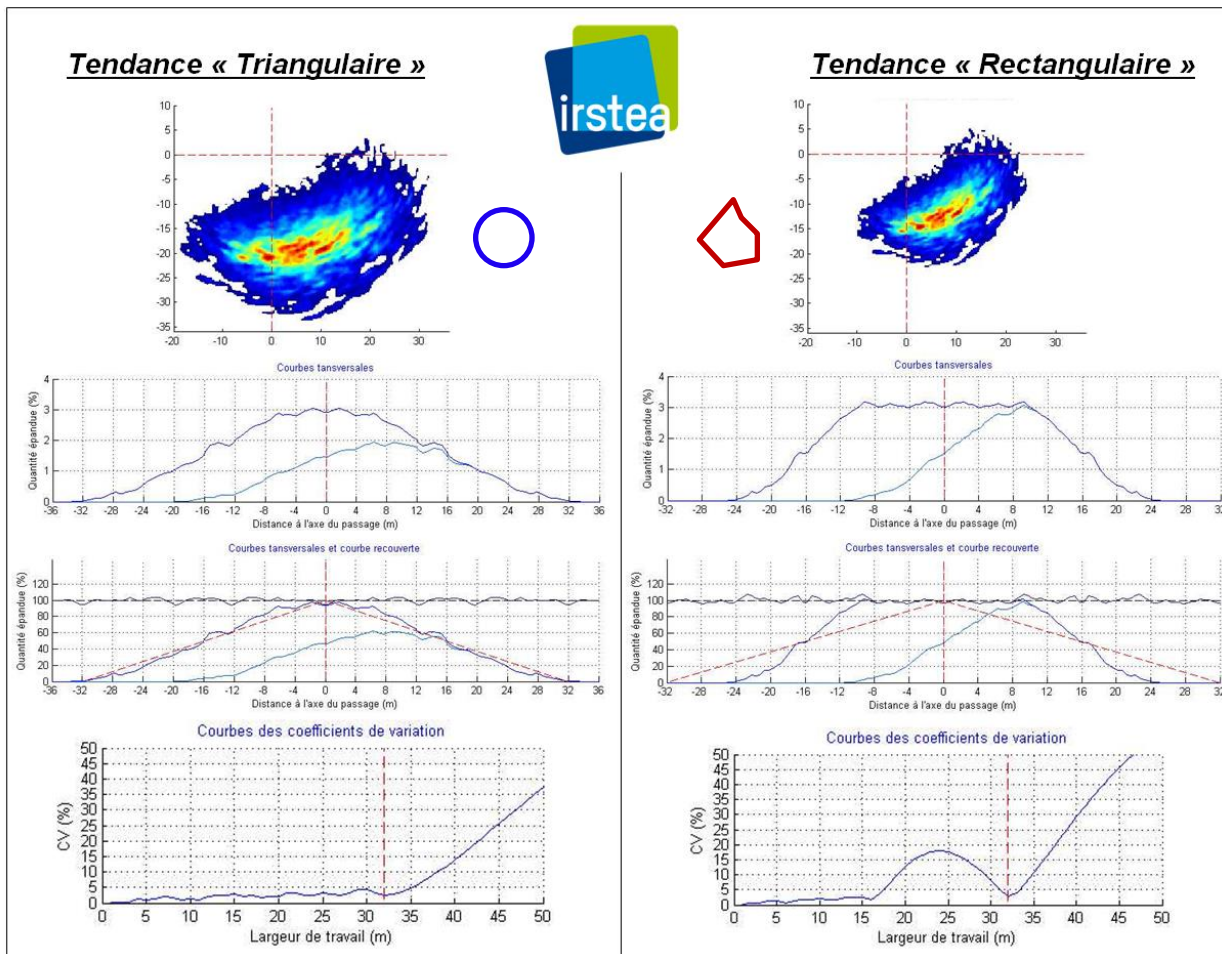
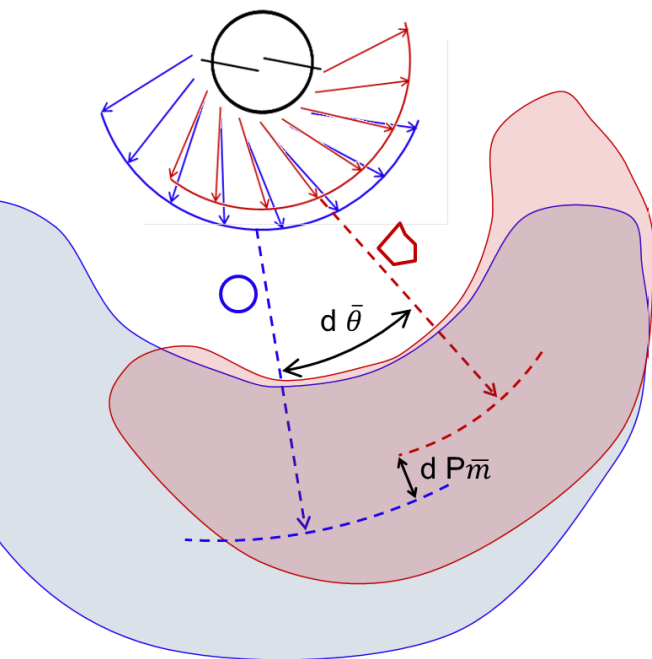
Paramètres Machine :

- Régime de rotation disque ;
- Rayon d'éjection ;
- Inclinaison horizontale pales ;
- Angle tronconique disque ;
- Angle de dépose engrais sur disque

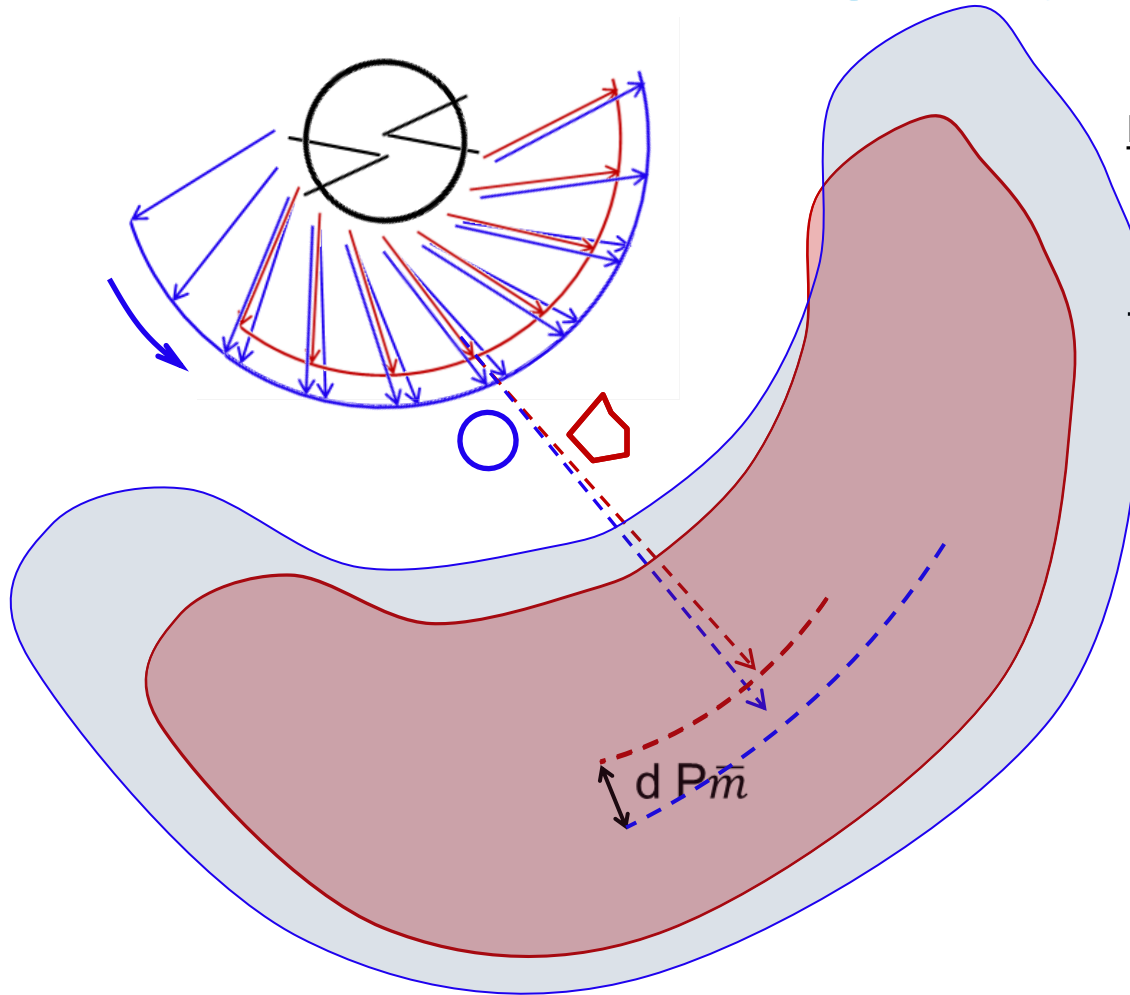
L'épandage centrifuge en bref

Différences entre produits à épandre

Conséquences fréquentes concernant les formes de courbes transversales



La problématique des mélanges physiques



Hypothèses formulées

Dans le milieu contraint (la pale) :

- Le produit « limitant » dicte le comportement global.

Dans le milieu non contraint (l'air) :

- Chaque produit évolue selon ses propres propriétés.

Hypothèses retenues :

- Mélange devient problématique lorsque engrais mélangés trop différents (Lapalissade !);
- Le produit anguleux garde un comportement identique lorsque mélangé (angle sortie tardif, portée projection qui lui est propre);
- Le produit sphérique subit le plus d'impact : (i) angle de sortie plus fort, (ii) vitesse sortie plus faible, (iii) portée projection légèrement abaissée (impact vitesse).

La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

Description sur la base d'un cas réel, mélange de POLYSULPHATE et d'Urée

Poly sulphate S K Mg Ca™



Nom :	Polysulphate
Marque :	ICL Fertilizers
Type :	Divers
Code Emb :	CEMIB-P 437
Densité :	1.430
Coulabilité :	6.46 kg/min
ø moyen (D ₅₀) :	3.385 mm
Etalement (*) :	2.315 mm
Dureté :	0 daN
(*) : Etalement = D ₉₀ - D ₁₀	

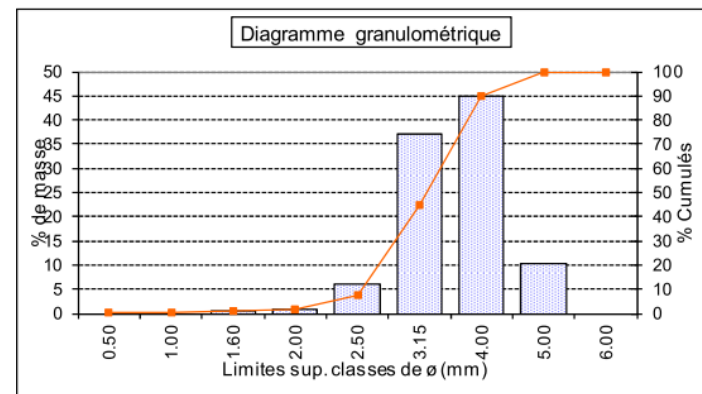
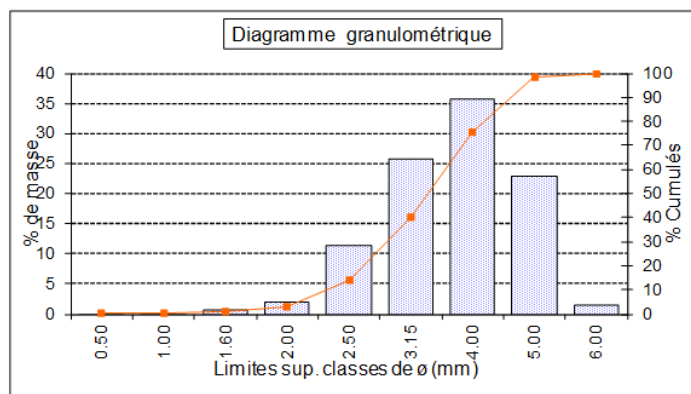
Masse volumique très différente

Diamètre moyen « comparable »

Nom :	Urea46%
Marque :	ICL Fertilizers
Type :	Azoté
Code Emb :	CEMIB-P 440
Densité :	0.740
Coulabilité :	4.02 kg/min
ø moyen (D ₅₀) :	3.25 mm
Etalement (*) :	1.5 mm
Dureté :	3.86 daN
(*) : Etalement = D ₉₀ - D ₁₀	

Forme très différente :

Très anguleux pour Polysulphate / Très sphérique pour l'Urée granulée



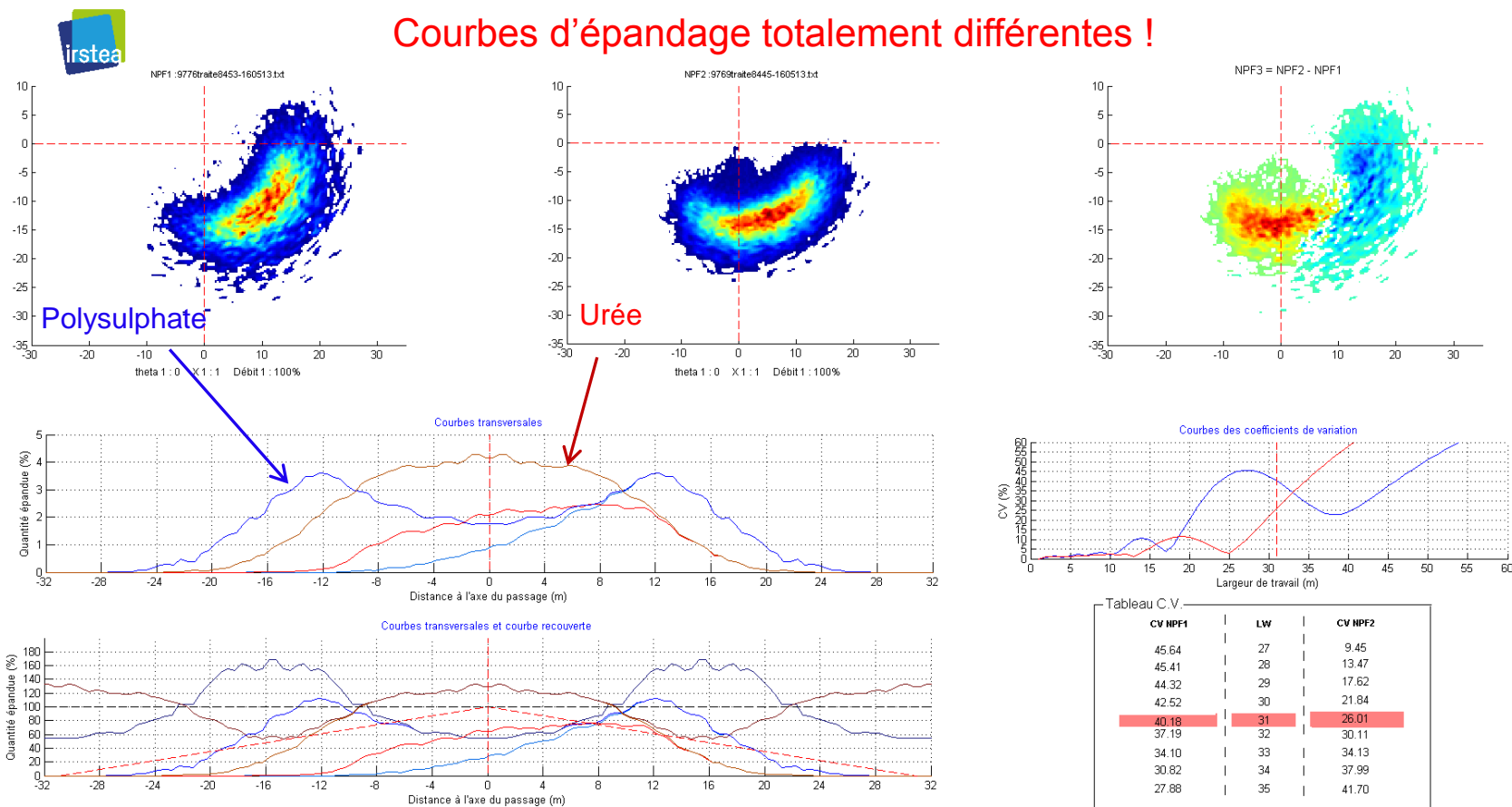
La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

1 – Mesure au même réglage machine des 3 nappes

Des comportements très différents :
 - Urée sphérique : sortie précoce (-16°) / Portée plus faible (14.8m)
 - Polysulphate anguleux : sortie tardive (-41°) / Portée plus importante (15.6m)

Courbes d'épandage totalement différentes !



La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

1 – Mesure au même réglage machine des 3 nappes

Mélange 66% Urée / 34% Polysulphate :

- Comportement similaire au Polysulphate concernant l'angle de sortie : tardif (-45°) ;
- Portée à la baisse globalement (13.4m).

Les deux engrais sont-ils incompatibles entre eux pour autant ?

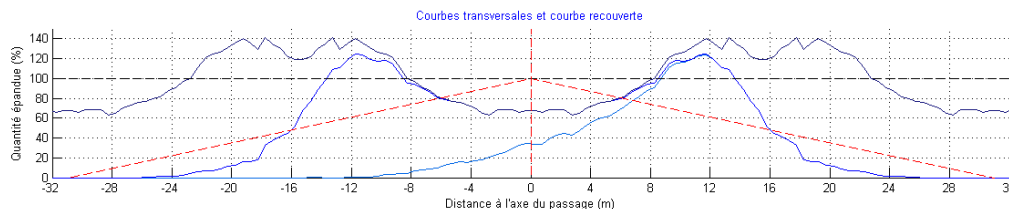
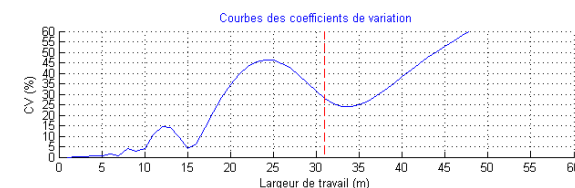
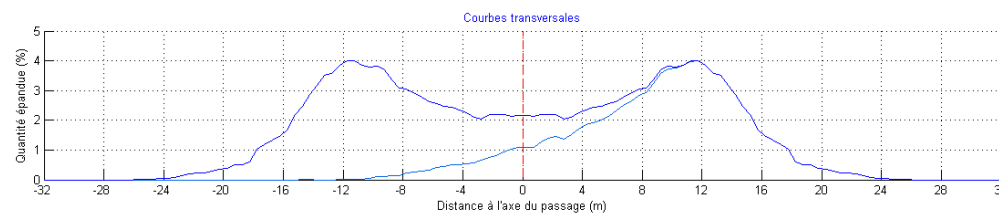
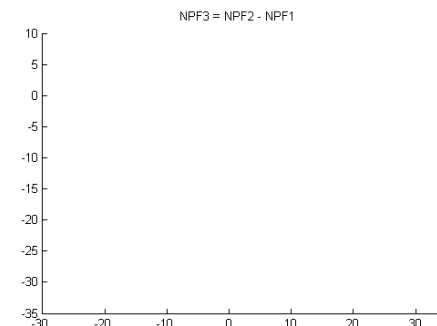
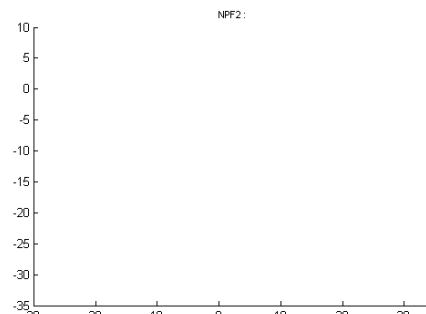
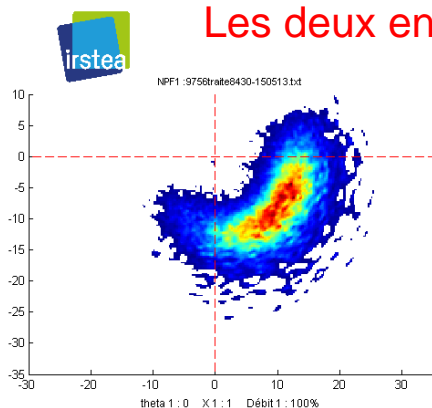


Tableau C.V.

CV NPF1	LW	CV NPF2
42.21	27	
38.85	28	
35.20	29	
31.43	30	
28.13	31	
25.57	32	
24.03	33	
23.92	34	
24.86	35	

La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

2 – Combinaison informatique des composantes vs Mélange réel

Sans optimisation des paramètres, simplement le prorata éléments

66% Urée / 34% Polysulphate

Combinaison des nappes unitaires - Mélange physique

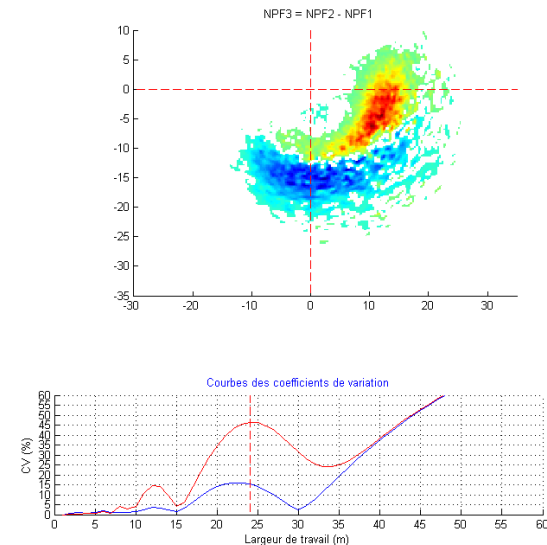
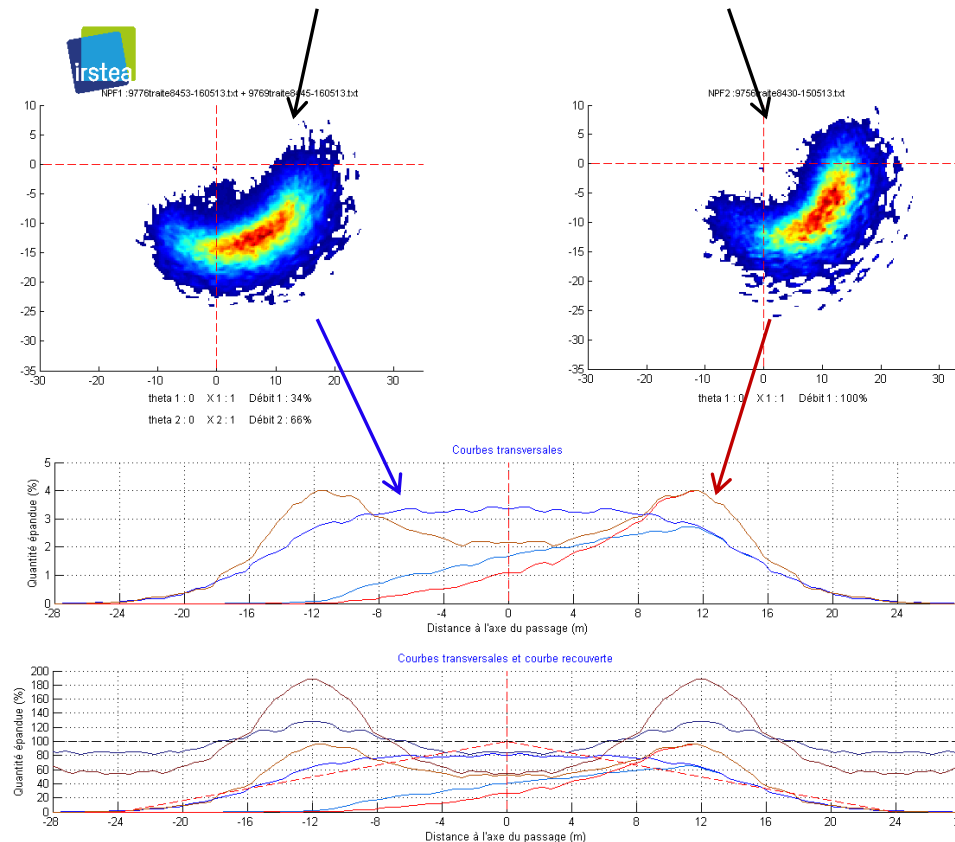


Tableau C.V.

CV NPF1	LW	CV NPF2
14.07	20	34.53
15.45	21	39.48
16.07	22	43.14
16.02	23	45.50
15.37	24	46.52
13.99	25	46.20
12.09	26	44.70
9.71	27	42.21
7.01	28	38.85

La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

2 – Combinaison informatique des composantes vs Mélange réel

AVEC OPTIMISATION des paramètres Ejection + Vol

66% Urée / 34% Polysulphate

Combinaison des nappes unitaires OPTIMISEES - Mélange physique

Impacts sur les Nappes

- **Urée** :
 - * retardé sortie disque (~30°)
 - * réduit en portée (baisse vitesse départ)
- **Polysulphate** :
 - Nappe non impactée

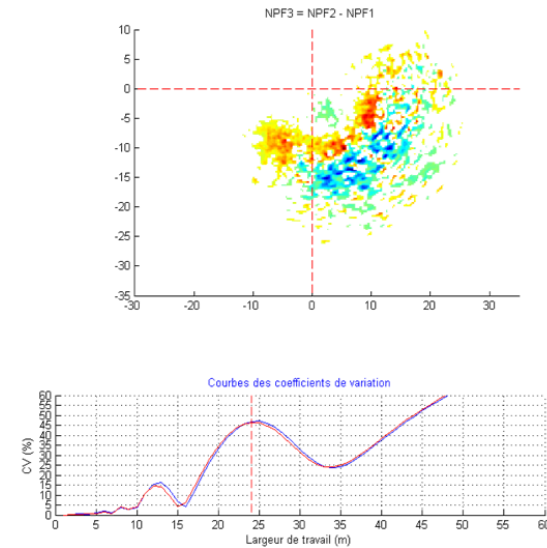
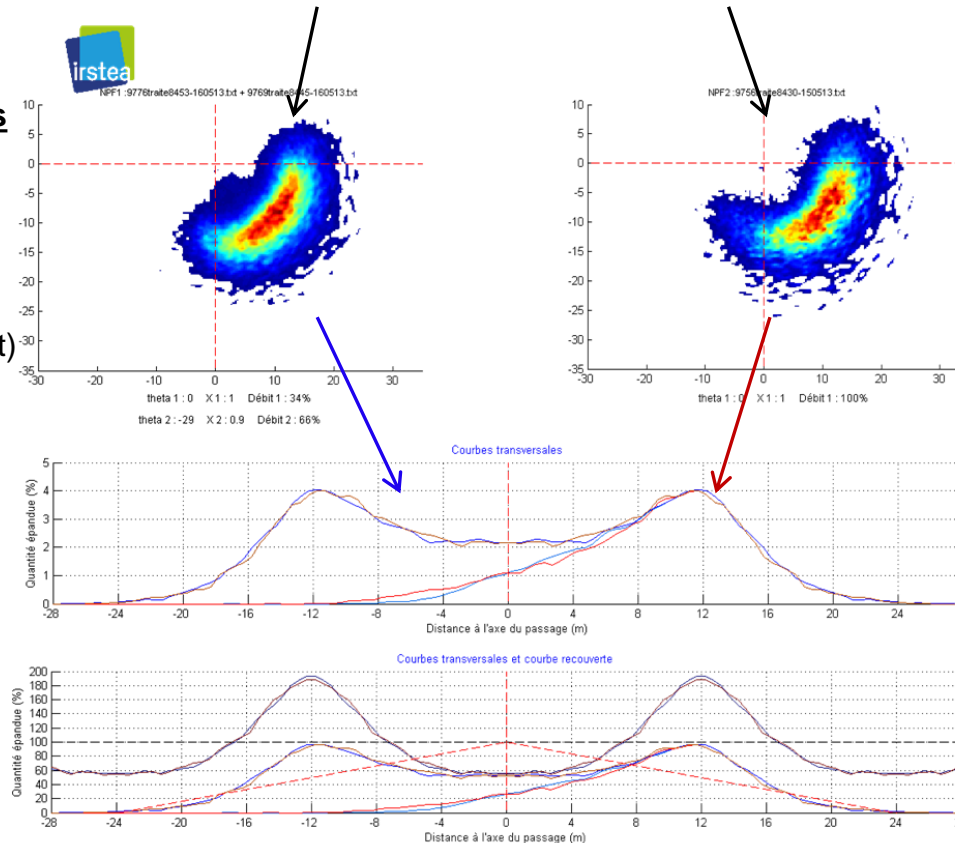


Tableau C.V.

CV NPF1	LW	CV NPF2
33.18	20	34.53
38.49	21	39.48
42.60	22	43.14
45.42	23	45.50
46.91	24	46.52
47.02	25	46.20
45.85	26	44.70
43.56	27	42.21
40.46	28	38.85

La problématique des mélanges physiques

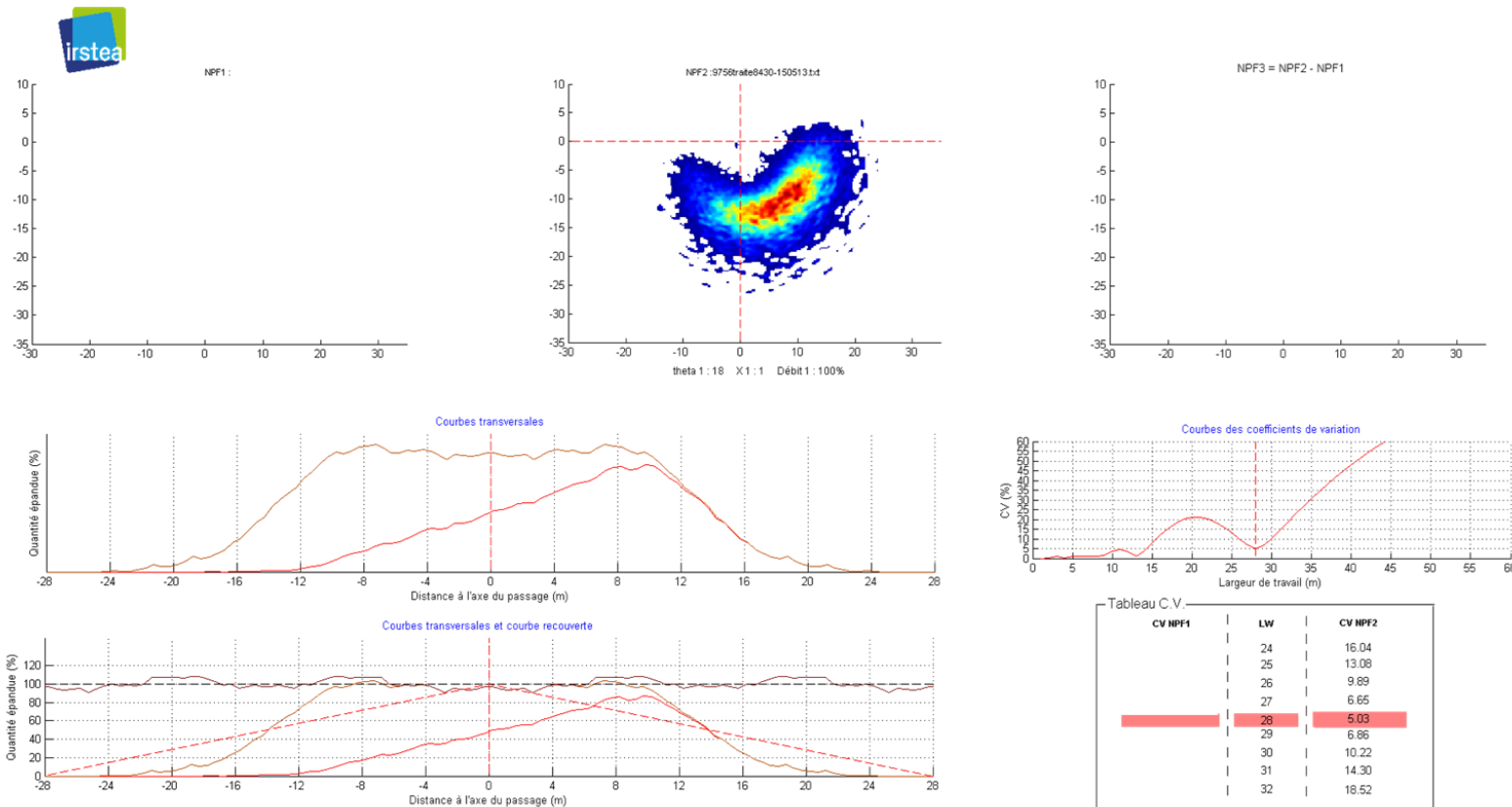
Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

3 – Conséquences pour l'épandage

Répartition transversale à L_w max envisageable

L_w max avec ce disque = 28m (CV = 5%)

Obtenu à partir de la nappe en mélange réel, Angle rotation 18°

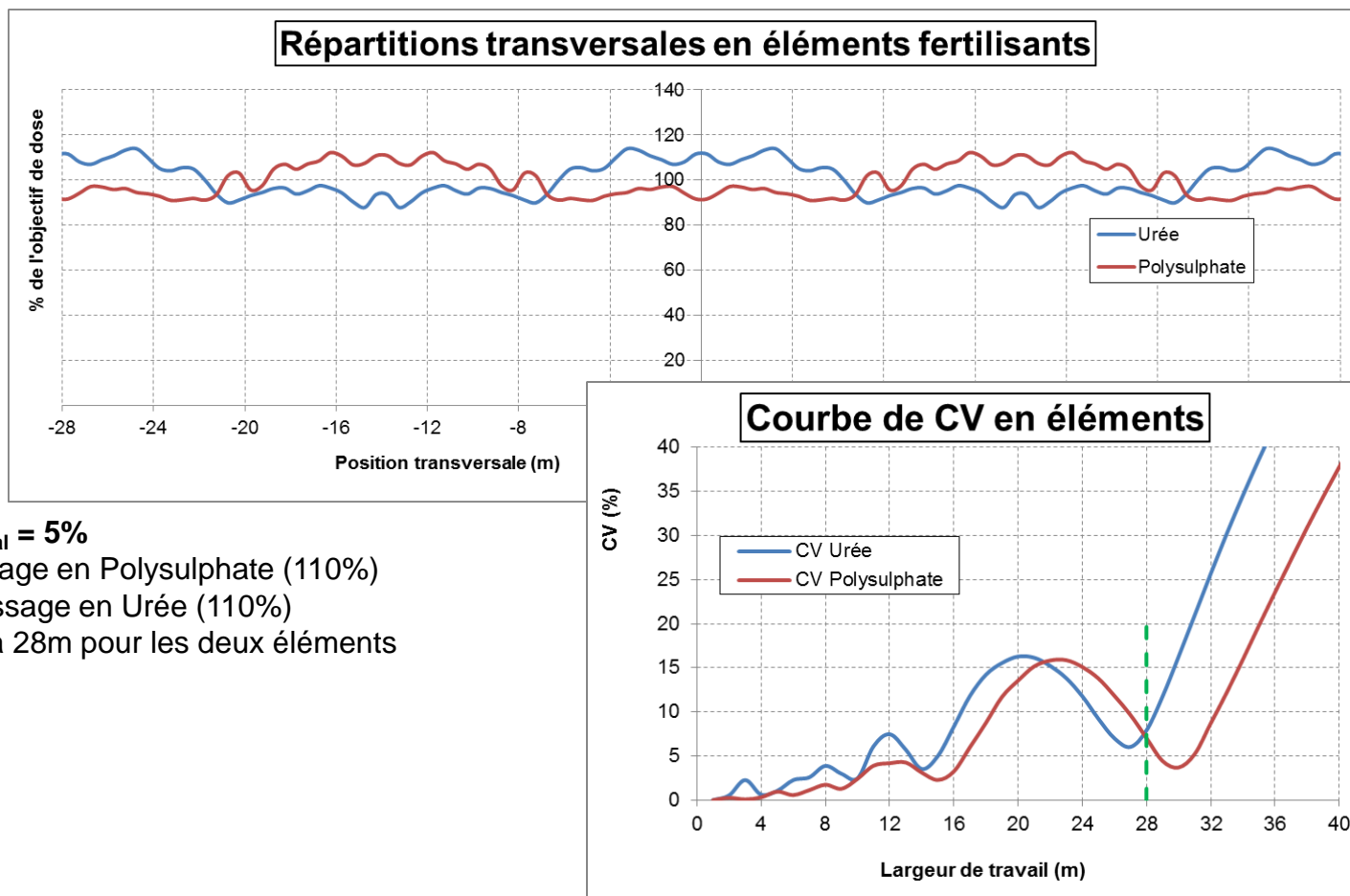


La problématique des mélanges physiques

Méthode suivie pour l'évaluation des distributions en éléments

3 – Conséquences pour l'épandage

Répartition transversale en éléments



Pour une $Lw = 28m$ à $CV_{global} = 5\%$

- Léger sur-dosage interpassage en Polysulphate (110%)
- Léger sous-dosage interpassage en Urée (110%)
- Pour un CV moyen de 8% à 28m pour les deux éléments



Conclusion / Perspectives

- 1 – Méthode mise en œuvre fonctionnelle, cohérente avec les connaissances dans le domaine
- 2 – Mise en œuvre rapide et très fort échantillonnage p/r méthode chimique
- 3 – Pour un mélange à 2 éléments, 3 mesures au banc sont suffisantes à la prédiction de compatibilité
- 4 – Hypothèses comportementales des engrais sont validées :
 - * Anguleux « dicte » le comportement dans la pale (comportement « mixte » pour des produits peu typés) ;
 - * Chaque engrais bénéficie de ses propres caractéristiques physiques pendant la phase de vol ;
- 5 – Privilégier des largeurs de travail plus faibles (aller vers RT en triangle = Nappe vers l'arrière).

Perspectives :

- * Possibilité de prédire les niveaux de compatibilité en se basant sur caractéristiques physiques des granulés (nécessite phase de recherche sur la mesure des facteurs de forme et leurs impacts) ;
- * Permet, par une analyse « simple », de proposer un réglage probable en fonction des tableaux existants ;
- * Permet aisément de déterminer quels lots d'engrais à mélanger sont les plus compatibles entre eux.

MERCI DE VOTRE ATTENTION