



Présentation d'AzoFert® et méthode du bilan

Nathalie Damay, Jean-Marie Machet, Caroline Le Roux
ndamay@aisne.fr



Colloque de restitution N-Pérennes – Paris, le 18 octobre 2016

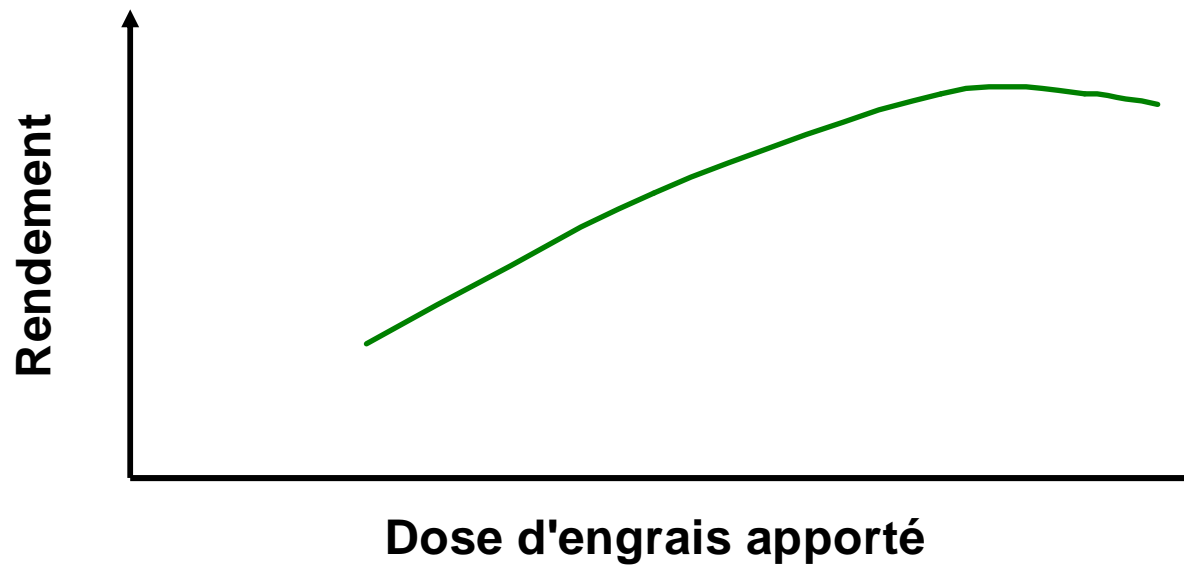


Principe du bilan et historique



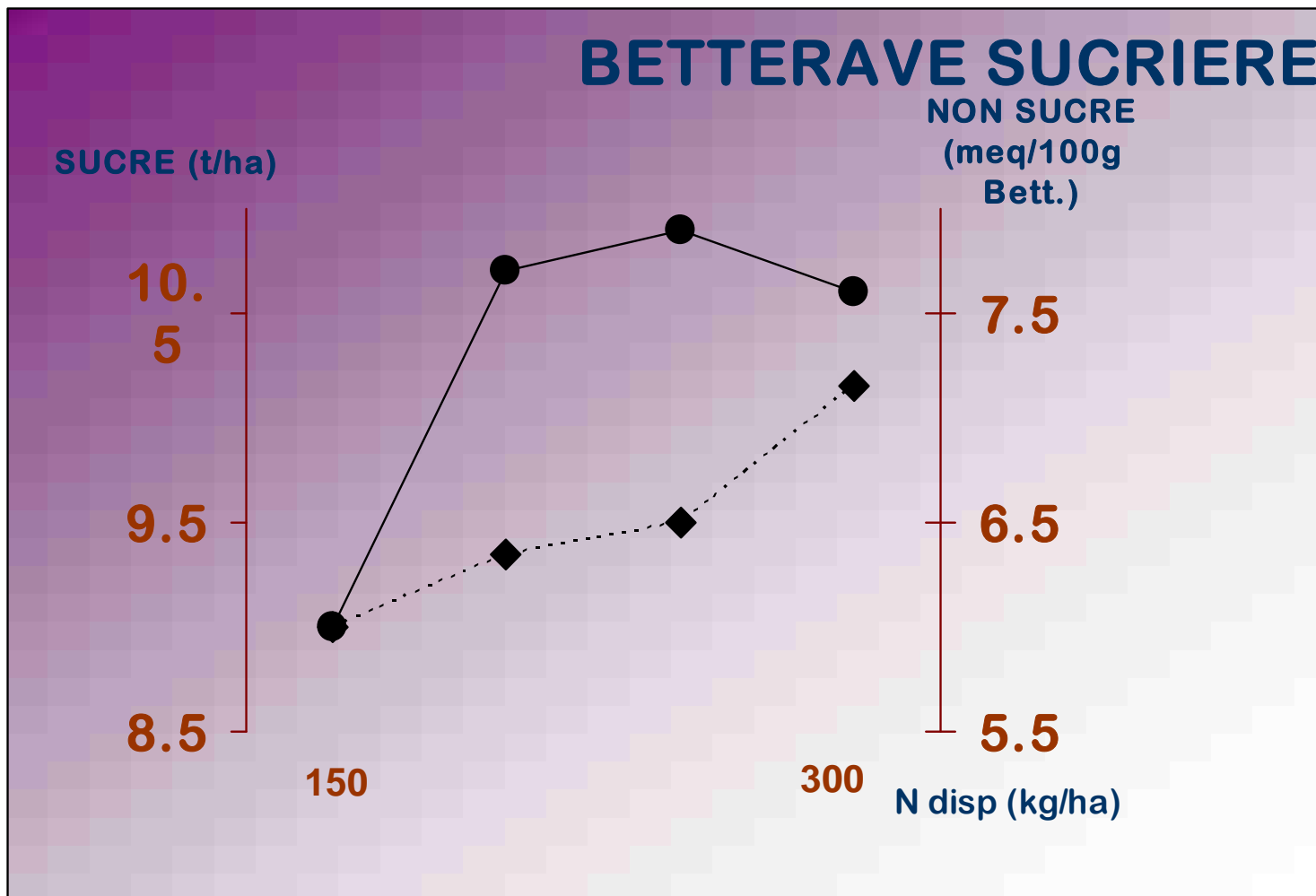
- L'azote, facteur de production

Courbe de réponse théorique à l'azote





Mais trop d'azote... Moins de sucre





Principe du bilan et historique



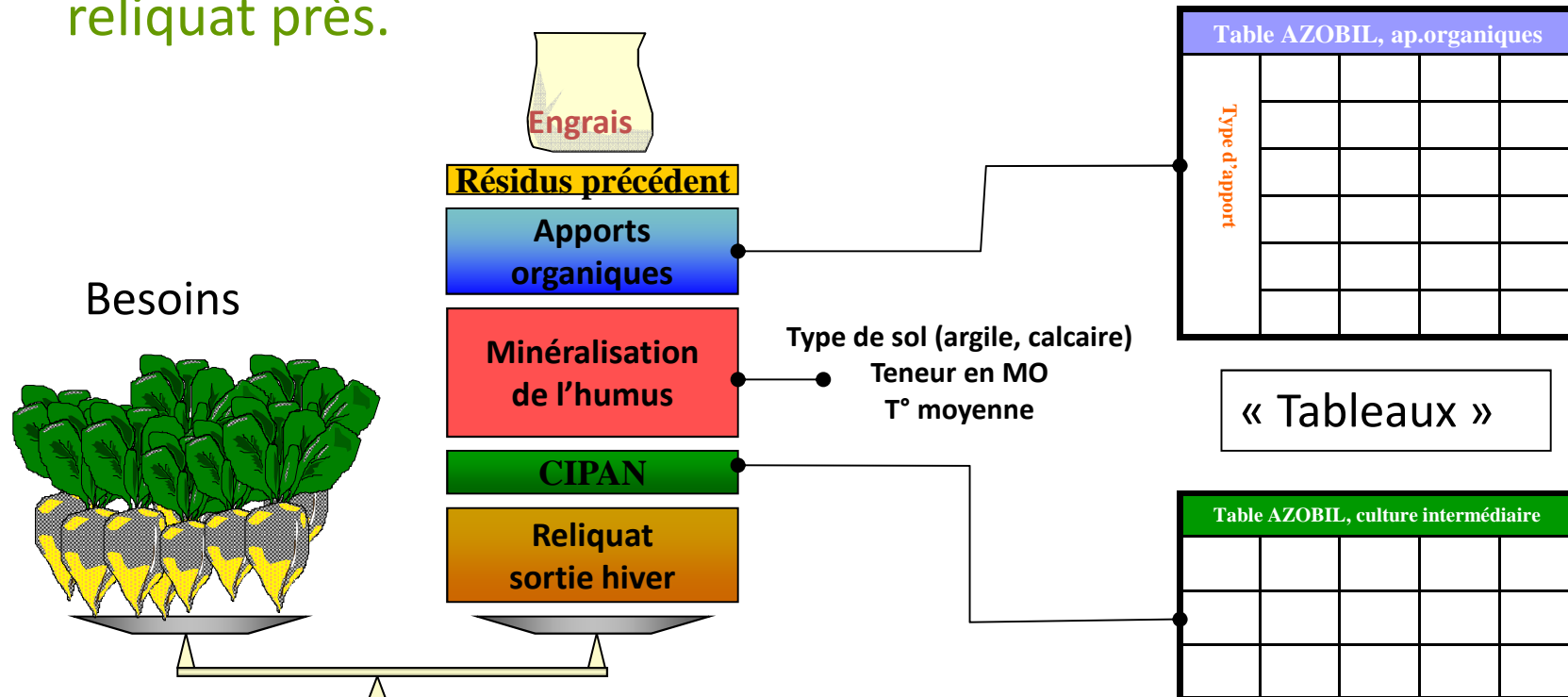
- **Principe**
 - Equilibrer les besoins des plantes avec les fournitures du sol en les complétant par un apport d'engrais si nécessaire
- **Rappel historique :**
 - 1969, Jean Hébert : Les principes du raisonnement.
 - 1977, JC Rémy, J Hébert, JM Machet : Application de la méthode du bilan aux céréales et à la betterave à sucre.
 - 1990, JM Machet, P Dubrulle, P Louis : logiciel Azobil[®], 15 cultures.
 - 1995, JM Machet, P Dubrulle : Azobil[®], 24 puis 36 cultures.
 - 2004, JM Machet, P Dubrulle, N Damay : AzoFert[®], le bilan dynamique, 40 cultures.



L'apport d'Azobil®



- Des règles de calcul formalisées et simples
- Postes du bilan paramétrés par valeurs forfaitaires
- Dose calculée constante dans une situation donnée, au reliquat près.

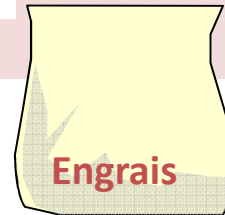




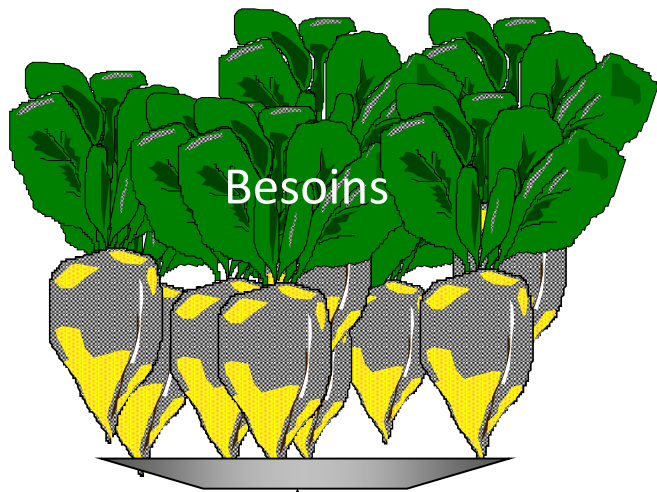
La révolution AzoFert®



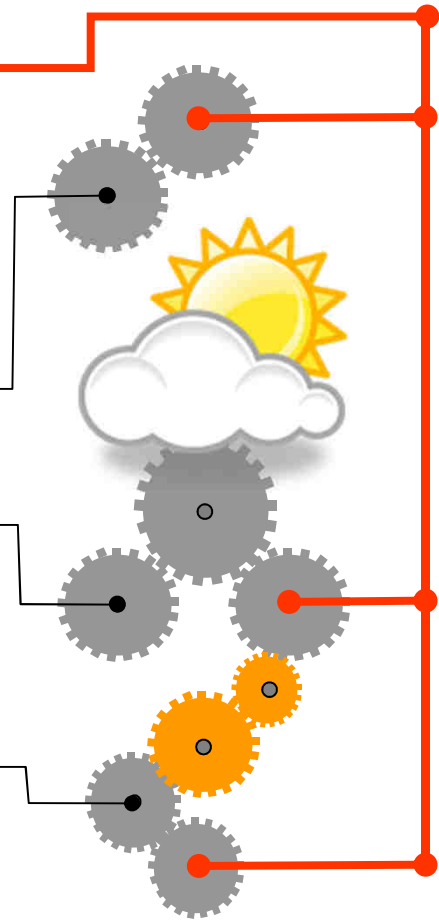
- Bilan **dynamique**, avec prise en compte du climat réel de la récolte du précédent jusqu'à la mesure du reliquat pour estimer les fournitures du sol.
- Conseil **plus précis** qu'Azobil® : plus de données réelles de la parcelle
- Bilan d'azote complet
- Prise en compte du devenir de l'azote de l'engrais



AzoFert®



- Fixation symbiotique
- Apports par l'eau
- Résidus du précédent
- Apports organiques
- Minéralisation de l'humus
- Cultures intermédiaires
- Reliquat sortie hiver



« modèles »



AzoFert® : Un bilan prévisionnel complet



$$R_f - R_i = (M'n + X + A_p + F_{ns} + F_s + IR) - \text{Entrées N} \\ (P_f - P_i + I_x + G_x + L_x + G_s + L_s)$$

R_f : N minéral sol à la fermeture du bilan

R_i : N minéral sol à l'ouverture du bilan

$M'n$: minéralisation nette de humus M_h ,
résidus de culture M_r , produits organiques
 M_a , cultures intermédiaires M_{ci} et résidus
prairiaux M_p ,

X : quantité d'engrais N,

A_p : apport N par les pluies,

F_{ns} : fixation non symbiotique,

F_s : fixation symbiotique,

IR : apport N par l'eau d'irrigation

Sorties N

P_f : besoin N de la culture à la
fermeture du bilan,

P_i : N déjà absorbé à l'ouverture du
bilan,

I_x : organisation microbienne N
engrais,

G_x : pertes gazeuses N engrais,

L_x : pertes par lixiviation N engrais,

G_s : pertes gazeuses N minéral sol,

L_s : pertes par lixiviation N minéral sol
entre ouverture et fermeture du bilan



Approche dynamique de la fourniture en azote



Pour chaque parcelle :

→ 1 station météo de référence

Apports engrais azotés

Mesure N minéral dans le sol
Date de prélèvement du reliquat

Semis

Gestion des résidus de culture,
cultures intermédiaires, apports
de produits organiques

Récolte culture précédente

Récolte

**Données
climatiques
MOYENNES**

**Ouverture du
bilan d'azote**

**Données
climatiques
REELLES**



Données climatiques – Temps normalisé



- Données climatiques décennales : température, pluviométrie et évapotranspiration potentielle
- Temps normalisé :

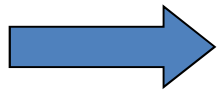
Température de référence = 15 °C

Humidité de référence = humidité à la capacité au champ

Exemple poste météo Aulnois-sous-Laon (02) :

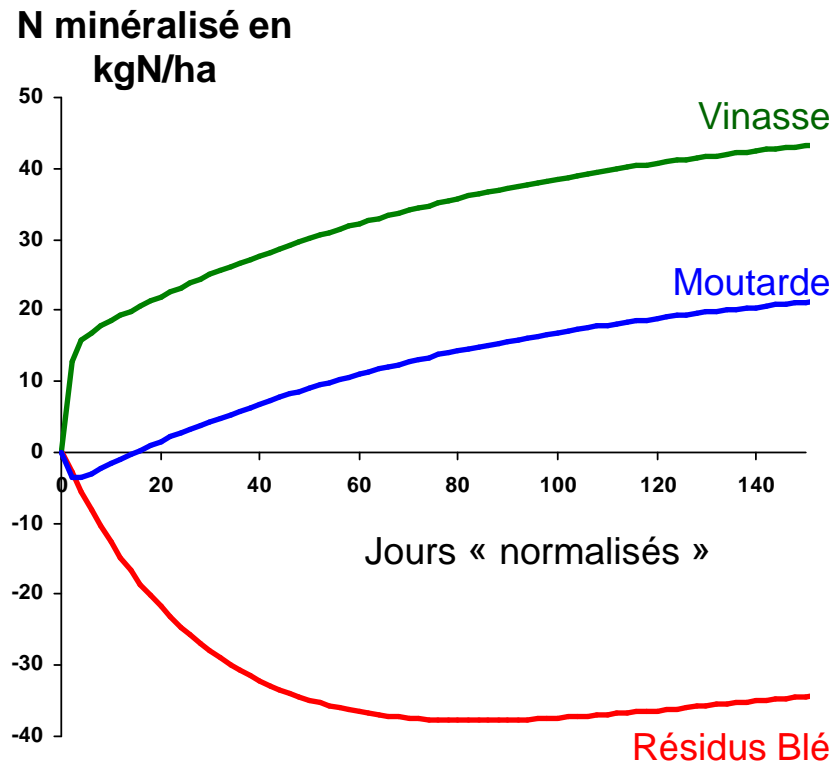
2^{ème} décade de Janvier = 2.1 jours normalisés

1^{ère} décade de Juillet = 16 jours normalisés



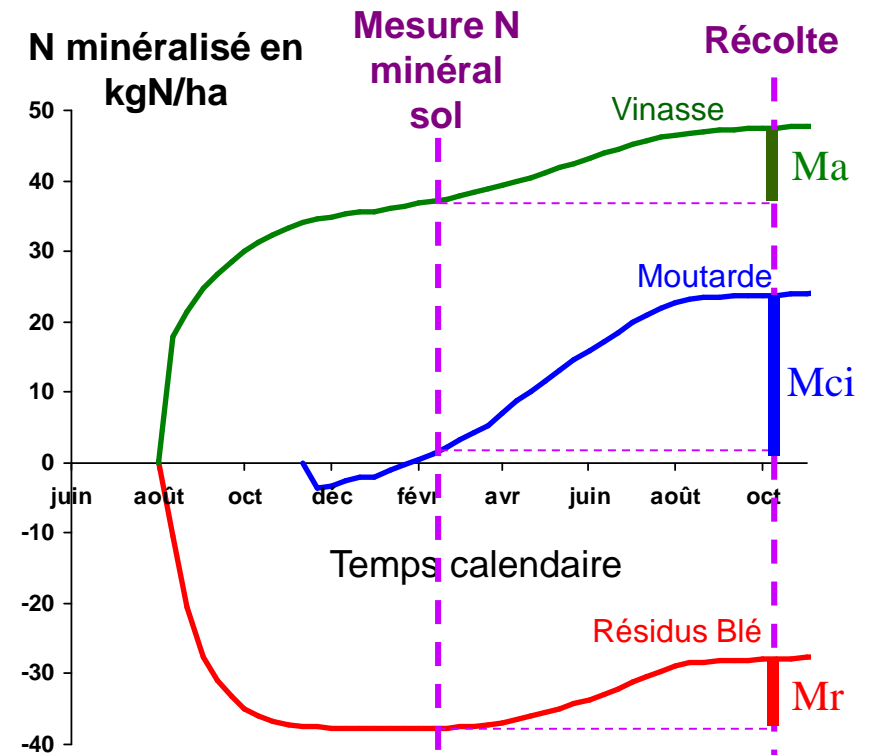
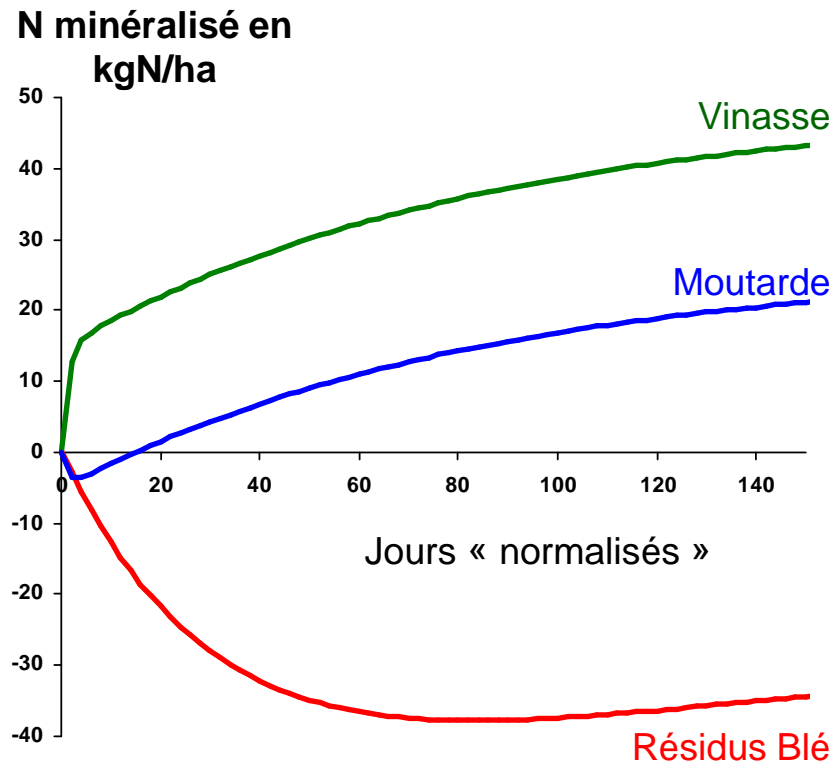


Décomposition des différentes sources organiques





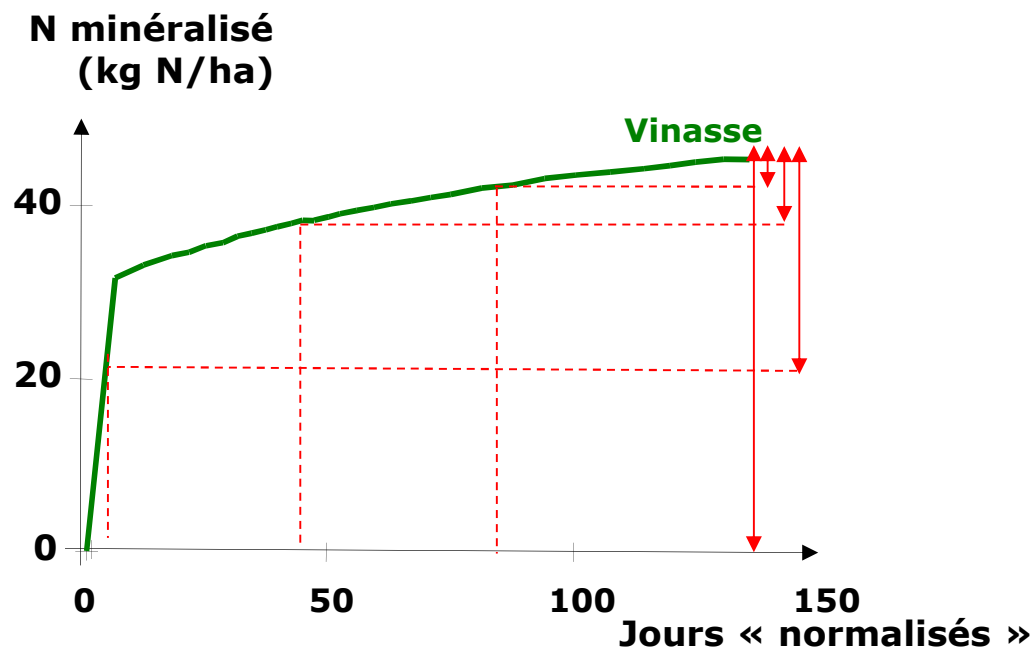
Décomposition des différentes sources organiques



Ma : Effet direct des amendements organiques
Mci : Effet culture intermédiaire
Mr : Minéralisation des résidus du précédent

Date d'apport

- La cinétique permet de déterminer la quantité d'azote à prendre en compte pour la culture en fonction de la date d'apport et de la date d'ouverture du bilan



Date d'apport	Contribution en N pour la betterave (kg N/ha)
15 Août	6
15 Septembre	9
15 Octobre	13
15 Novembre	17
15 Mars	48

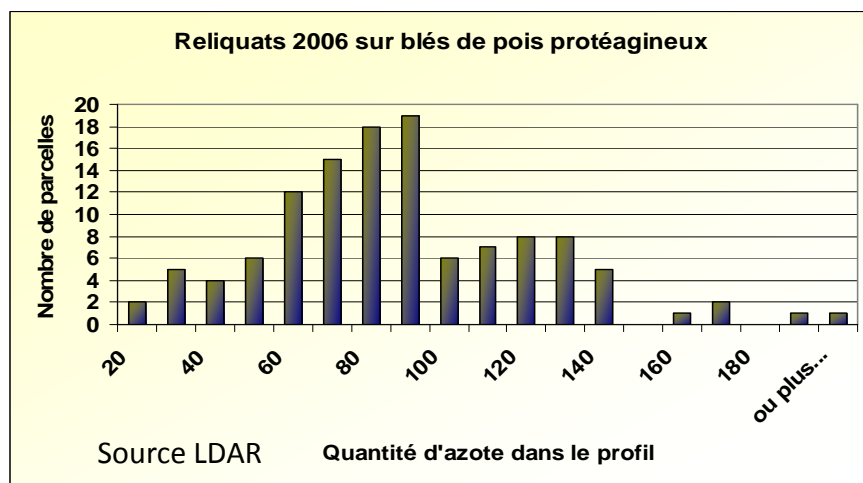
Dose d'apport : 3 t/ha

Caractéristiques de la vinasse : C : 16.2 %, N : 2.4 %, Nmin : 0.08 %

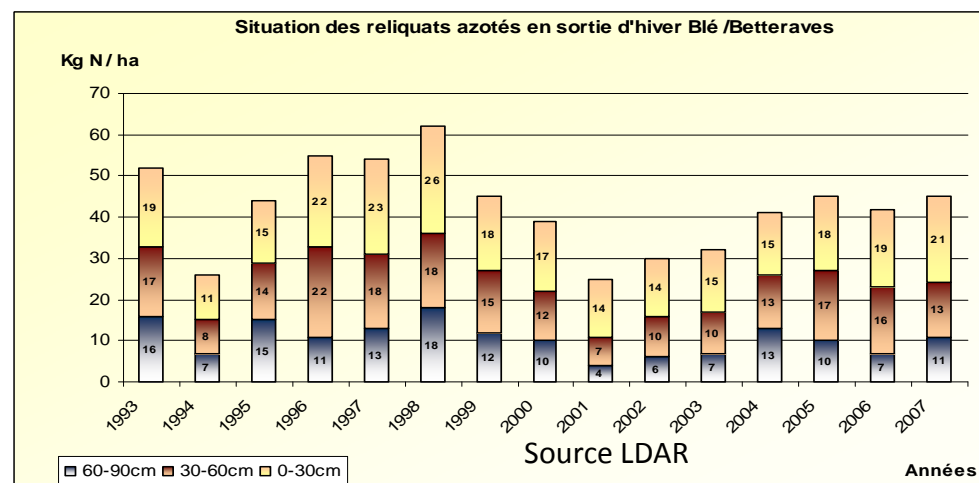
Variabilité du reliquat d'azote à l'ouverture du bilan (Ri)

- Reliquat parfois très variable pour une même situation :

Selon les parcelles, une même année



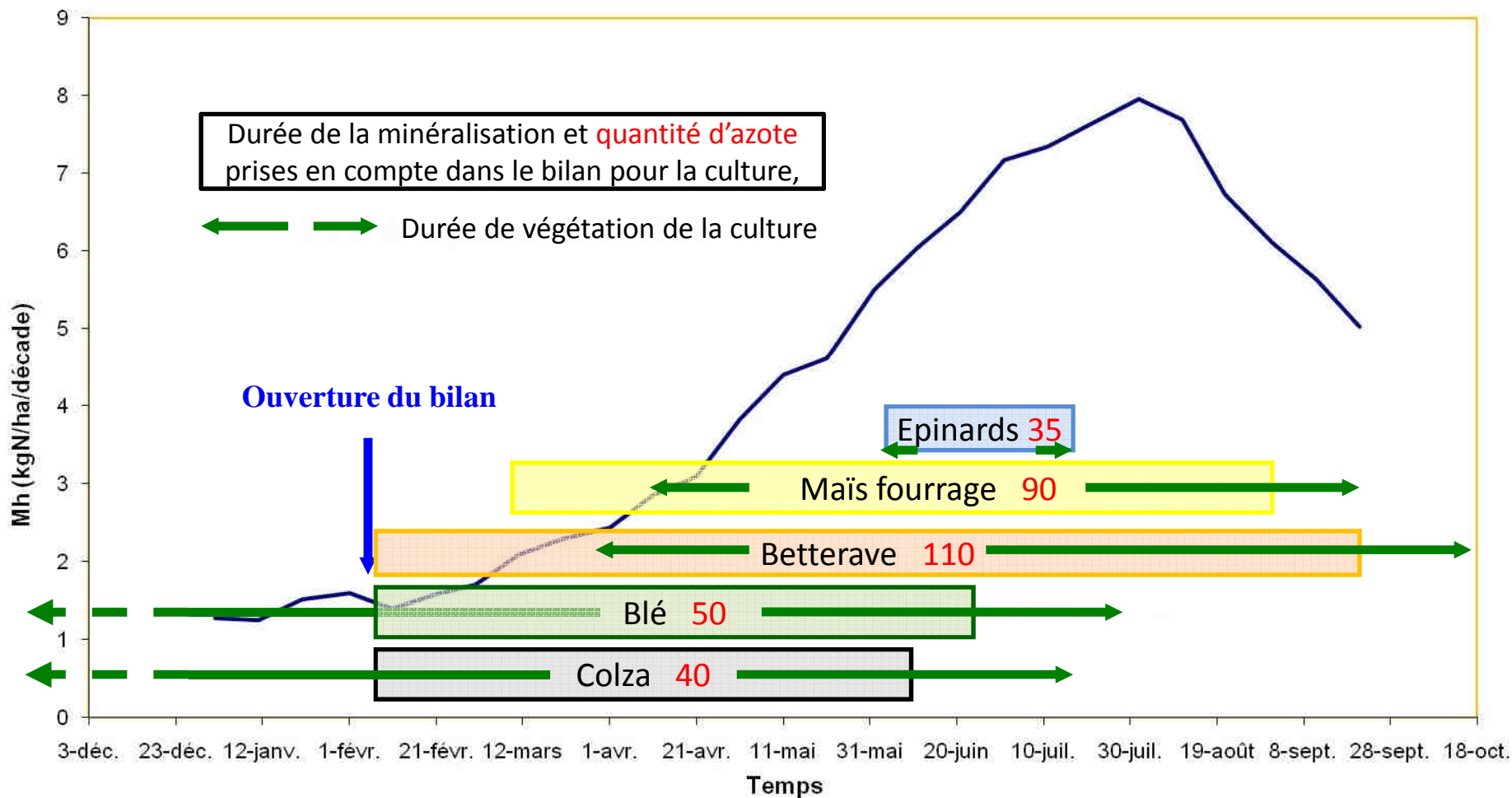
De la valeur moyenne selon les années



- Reliquat moins variable :
 - cas du colza...
 - sols peu profonds...

Prise en compte de la minéralisation basale d'un sol

Minéralisation basale d'un sol de limon moyen profond,
Climat moyen de Roupy (02), en kg de N / ha / décade



Devenir de l'azote de l'engrais

Une partie de l'engrais n'est pas utilisée par la culture : intégration des suppléments d'organisation et de pertes gazeuses liées à l'apport d'engrais dans l'équation du bilan

$$\begin{array}{rcl} \text{Dose} & = & \text{Besoins N} - \text{Fournitures} - \text{Organisation} \\ \text{engrais} & & \text{culture} \quad \text{sol} \quad \text{Volatilisation} \\ & & \quad \quad \quad \text{N-engrais} \end{array}$$

- Volatilisation d'ammoniac estimée à partir de caractéristiques du sol (pH, CEC), de la forme de l'engrais (physique et chimique), du mode d'apport (en surface, incorporation dans le sol) et de l'état de végétation de la culture à la date d'apport de l'engrais
- Organisation microbienne calculée à partir de la disponibilité en carbone (issu de la rhizodéposition, des résidus de culture et des produits organiques) et d'un rapport N organisé / C décomposé fonction de la disponibilité en N du milieu



Les pertes d'azote par lixiviation



1- De l'azote du sol (L_s)

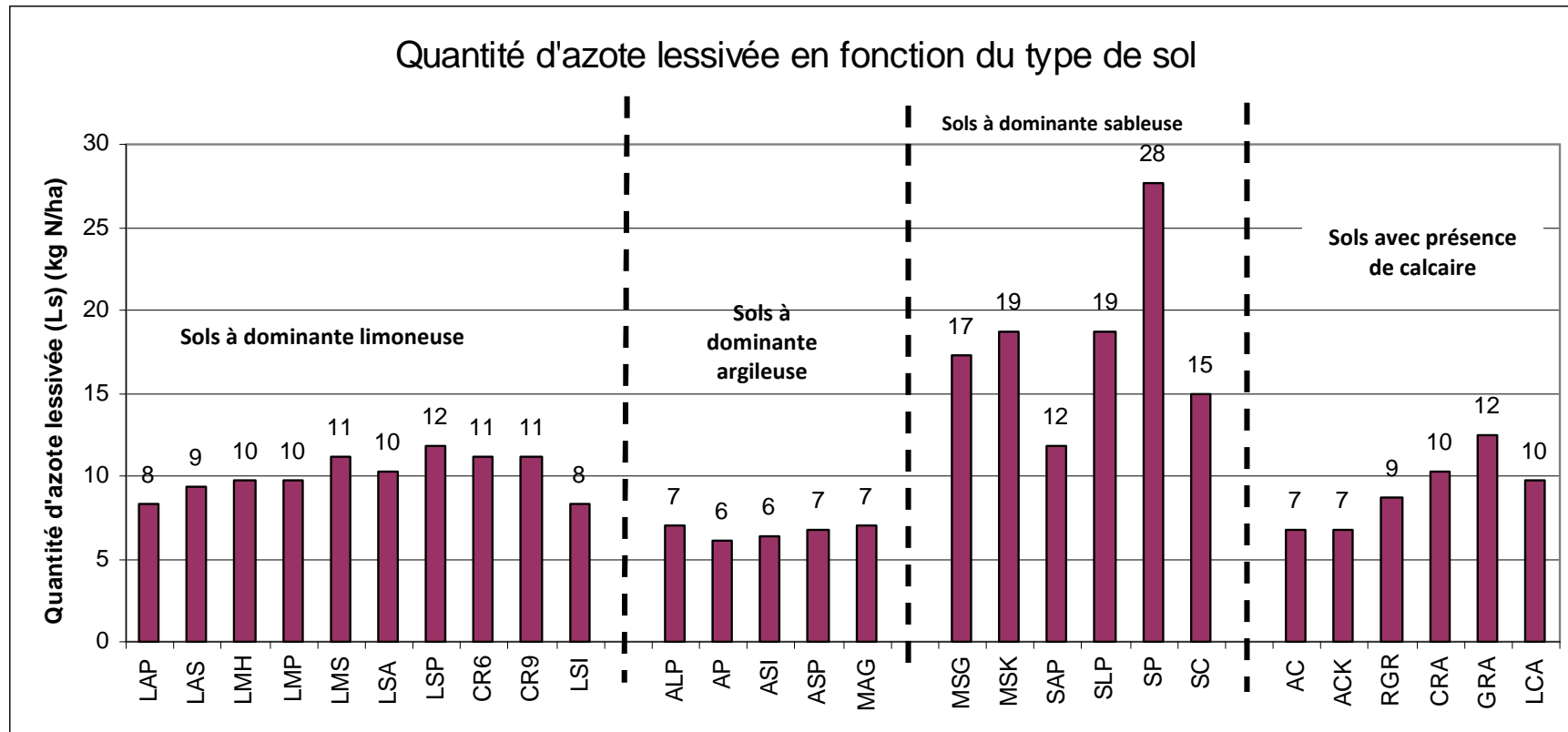
Estimation à partir de l'algorithme de Burns (discrétisation couche élémentaire de sol de 1 cm) sur la période entre la date de mesure du reliquat et la fin de la période de lixiviation

- * Profils de teneur en eau et en N-NO₃ mesurés
- * Pluie efficace (P-ETP) sur la période considérée

2- De l'azote de l'engrais (L_x)

Hyp. : $L_x = 0$ (dates d'apport plus tardives en pratique)

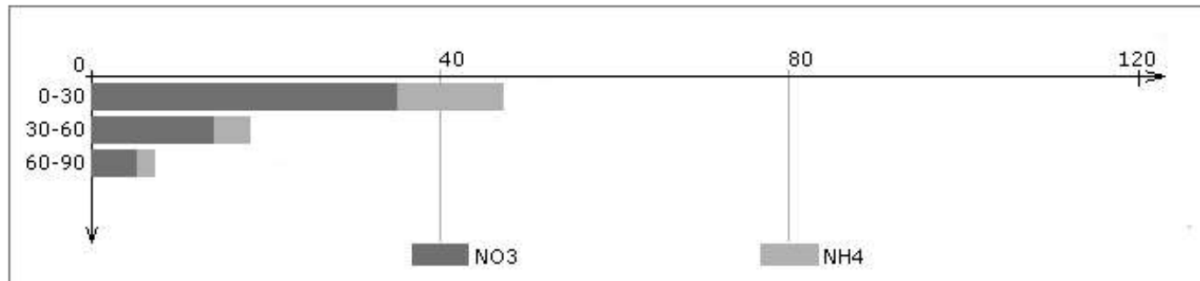
Pertes d'azote par lixiviation(Ls)



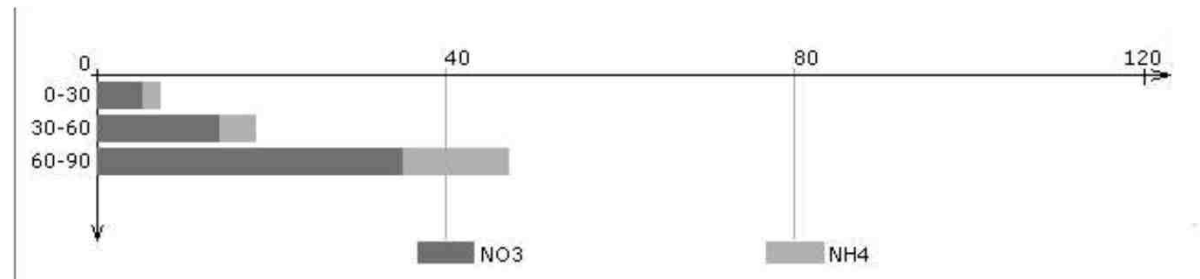
Le sol est à l'humidité à la capacité au champ

Pertes d'azote par lixiviation(Ls)

- Selon la répartition de l'azote dans le profil



→ Ls = 4.1



→ Ls = 24.5



Validation expérimentale



Comparaison de l'N absorbé par des témoins 0 avec les fournitures en N du sol évaluées par AzoFert®

- Mesure MS et teneur en N des différents compartiments (Grain/paille, Racines/feuilles)
- Fournitures du sol (reliquats, contribution des différentes sources organiques, lixiviation,...)

Courbes de réponse à l'azote : comparaison dose optimale / dose AzoFert®

Résultats d'essais annuels N sur betterave dans une même exploitation agricole (80)

Site expérimental et année	N minéral sol ouverture bilan Kg N /ha	Minéralisation humus Kg N/ha	Dose AzoFert Kg N/ha	Dose optimale Kg N/ha
Fieffes 1992	58	112	87	80
Fieffes 1993	79	131	30	0
Fieffes 1994	37	104	110	120
Fieffes 1995	33	84	165	180
Fieffes 1996	62	70	170	140
Fieffes 1997	99	139	40	0

Sols de limons moyens profonds avec apports fréquents de produits organiques





Conclusion



- Grâce à la prise en compte de la **minéralisation de produits organiques** et de certains **impacts environnementaux**, AzoFert® permet une **amélioration du conseil** de fertilisation minérale et organique
- Cet outil peut être **connecté à des plateformes informatiques**, pour une utilisation plus large
- La conception d'AzoFert®, sur les plans informatique et agronomique en fait **une structure d'accueil d'innovations et de transfert de connaissances** :
 - Facilité d'intégrer ou de modifier certains modules, visant par exemple à l'intégration de nouvelles cultures
 - Couplage avec les NTIC
- Application pour N Pérennes avec un nouveau mode de calcul pour les besoins en N



AzoFert®



- Merci de votre attention

