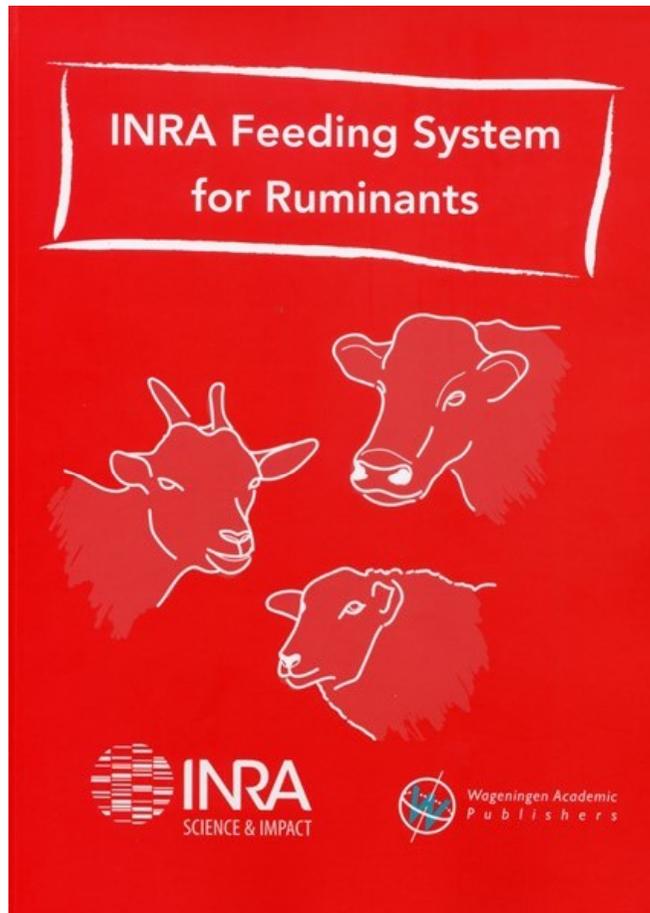
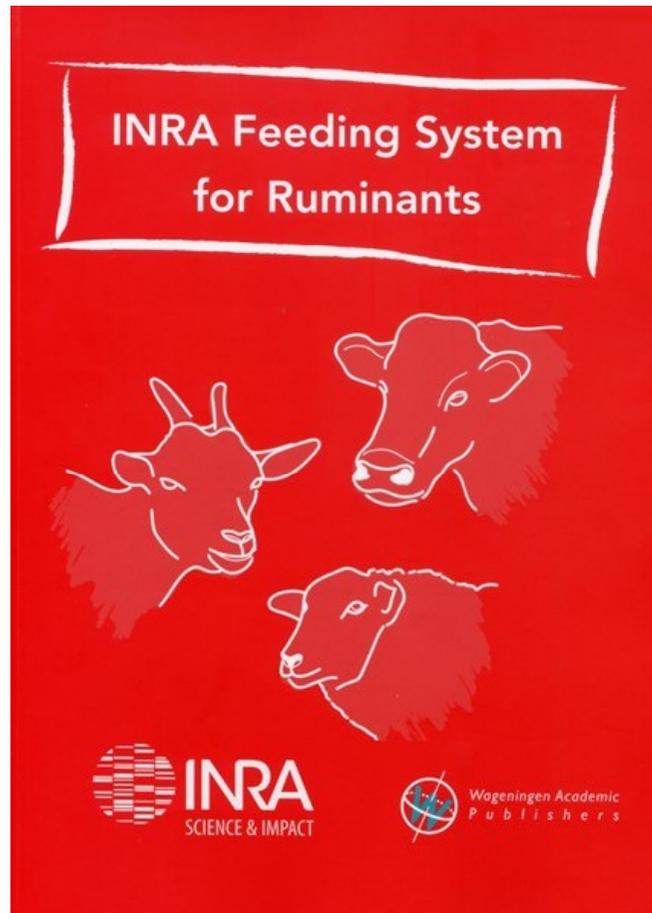


# Restitution du projet 'SystAli'

---



## Le système d'alimentation INRA 2018



## Les réponses digestives et métaboliques

**D. Sauvant et P.Nozière**

(Chapters 3, 4, 6, 7, 13, 14 et 15)

*Collaboration avec: V.Berthelot, G.Cantalapiedra-Hijar, P.Chapoutot, M.Eugène, P.Faverdin, S.Giger-Reverdin, S.Lemosquet, I.Ortignes-Marty, JL.Peyraud.*

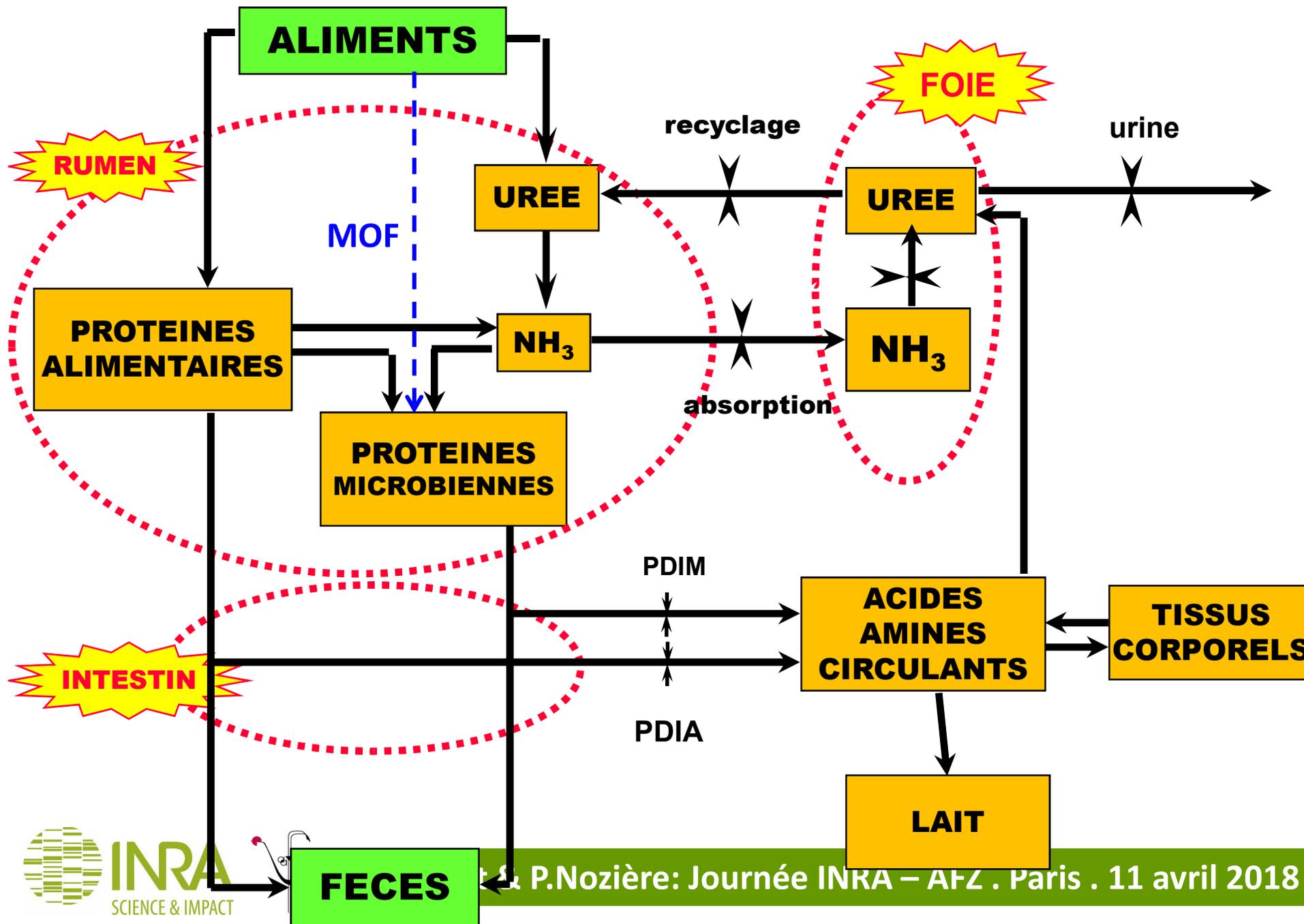
# QUELS DEFIS ?

**1.Examiner tous les mécanismes biologiques pouvant:**  
**-être modifiés significativement par l'alimentation.**  
**-expliquer des variations des réponses zootechniques**

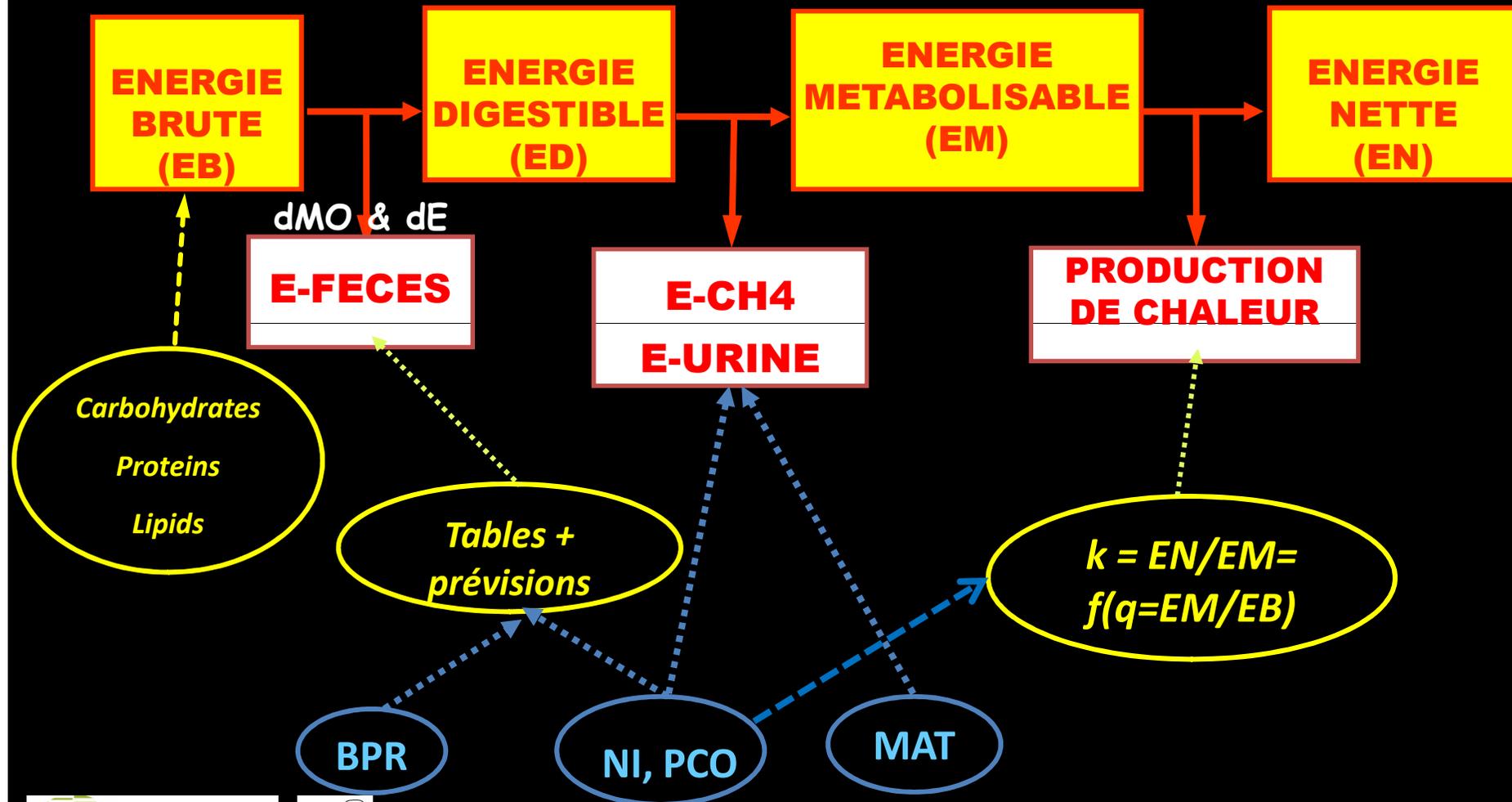
**2.Chercher à modéliser leurs variations à partir de  
composantes alimentaires**

**3. En pratiquant une approche systémique inspirée par  
le projet téléonomique des être vivants:**  
**-Homéorhèse → potentiel**  
**-Homeostase → réponses**

# PRINCIPAUX FLUX D'AZOTE/DE PROTEINES CHEZ LE RUMINANT

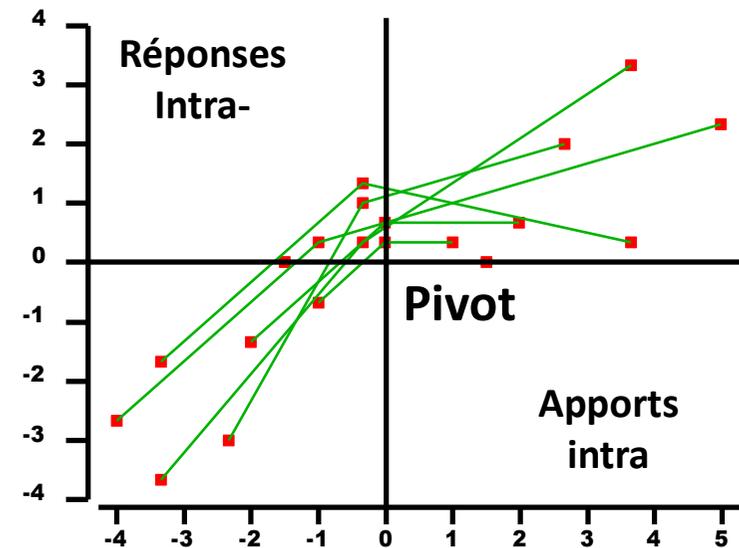
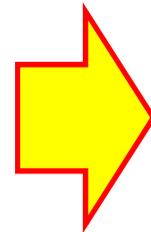
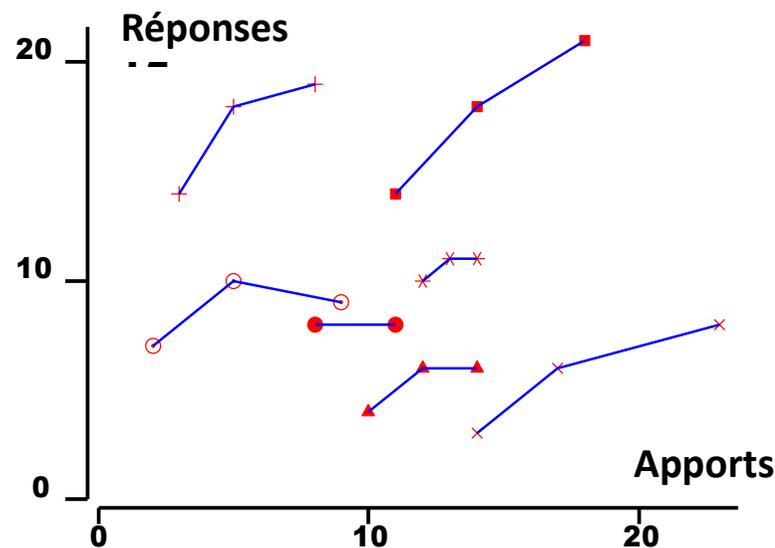


# LES PRINCIPAUX FLUX D'UTILISATION DE L'ENERGIE CHEZ LES RUMINANTS



# Quelles méthodes pour déterminer des réponses physiologiques ?

1. Créations de bases de données expérimentales
2. Codages spécifiques des expériences et des facteurs
3. Traitements statistiques par Méta-analyses pour s'affranchir de l'hétérogénéité entre expériences



1 point=1 traitement

## 1. La prise en compte des transits dans le rumen

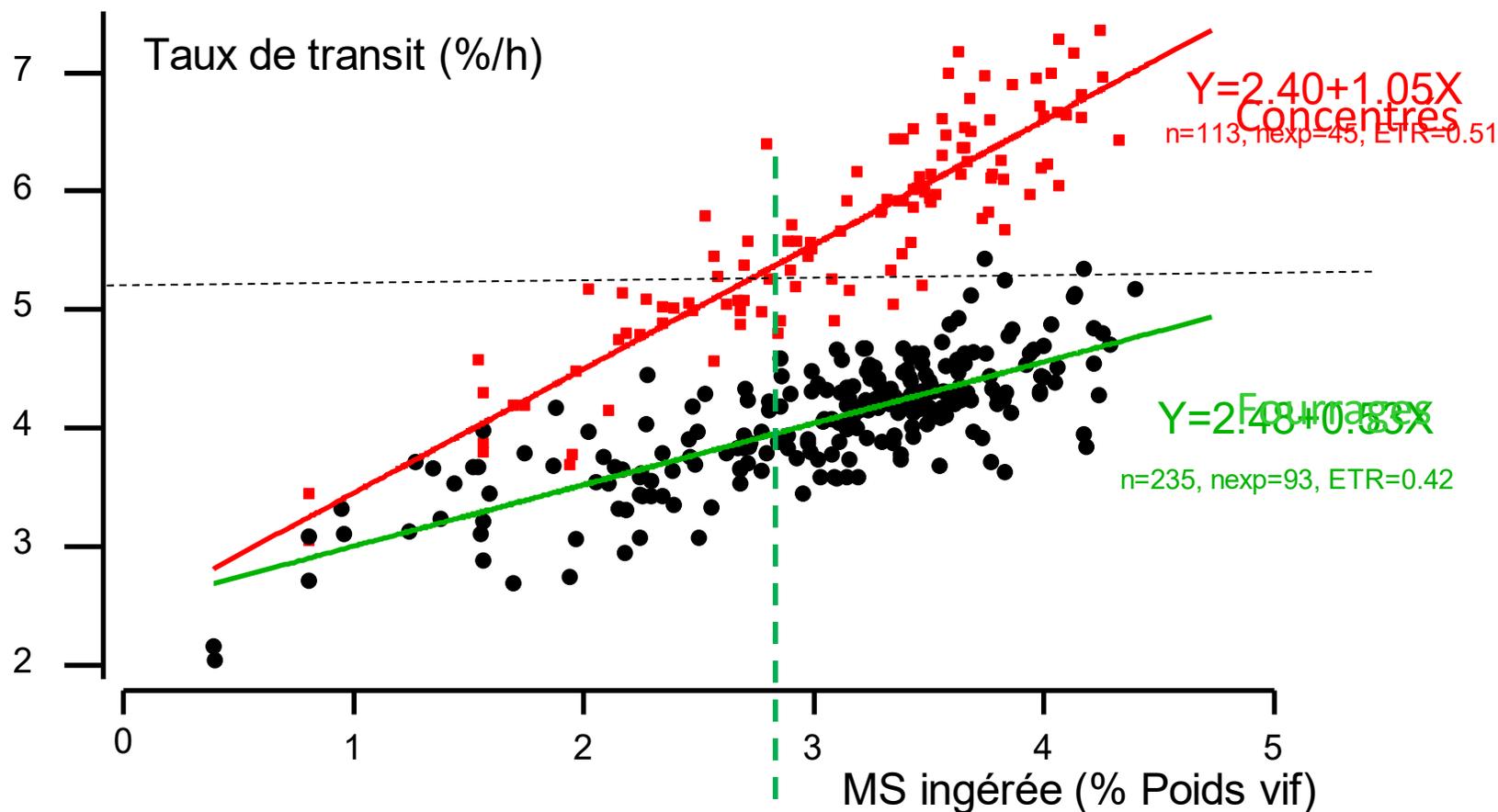
**INRA 2007 = constant =  $k_p = 6\%/h$**

***Flux de liquides inexistant***

### Autres systèmes ?

- Plusieurs valeurs (NorFor...)
- Différentes types de fractions
- Lois de réponse à MSIPM ou MSIPV et %FO

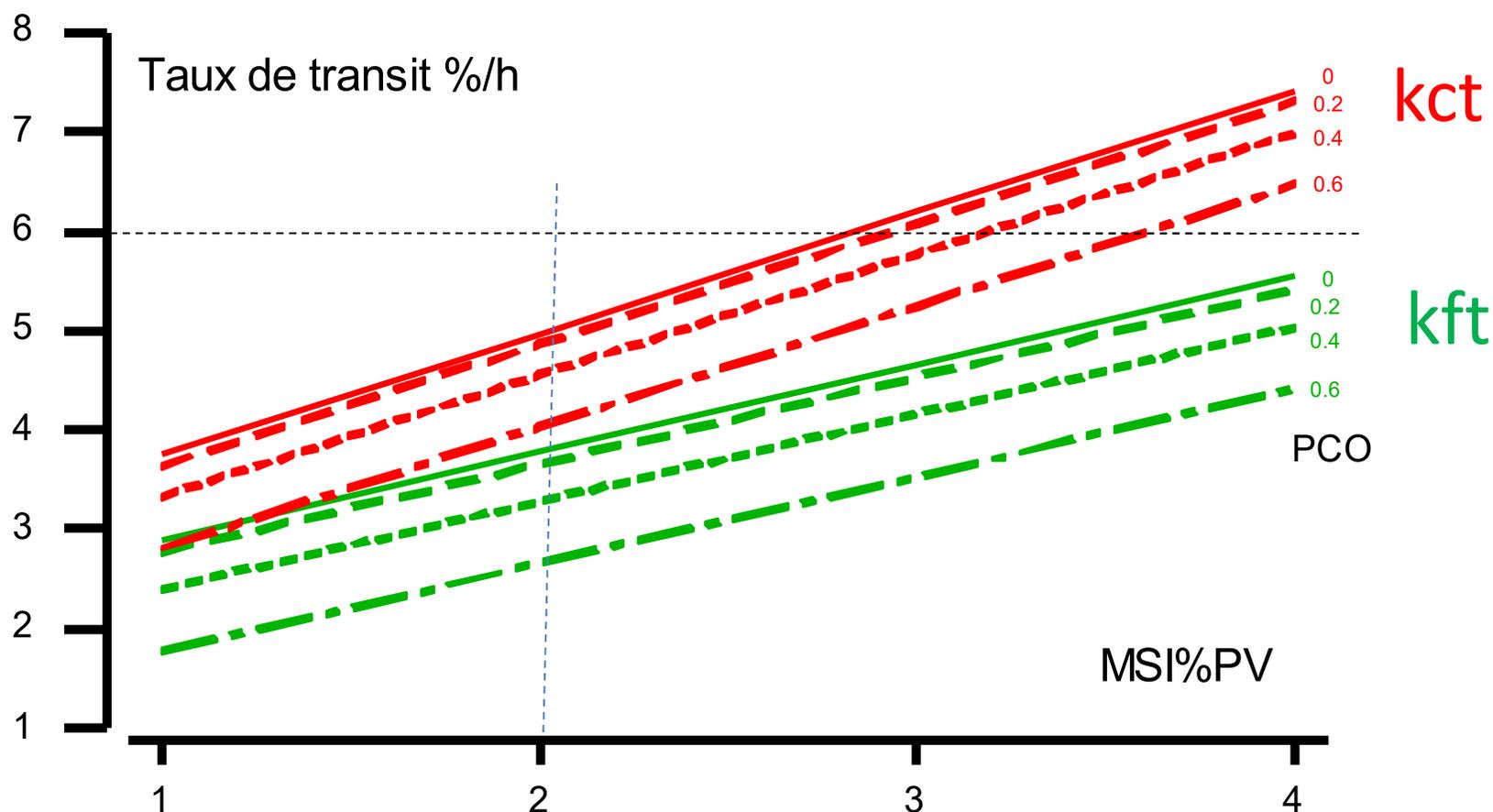
# Influences du niveau d'ingestion et des fractions alimentaires sur le taux fractionnaire de transit des bovins



- Les valeurs des aliments ne sont plus constantes
- Les particules des concentrés passent plus rapidement

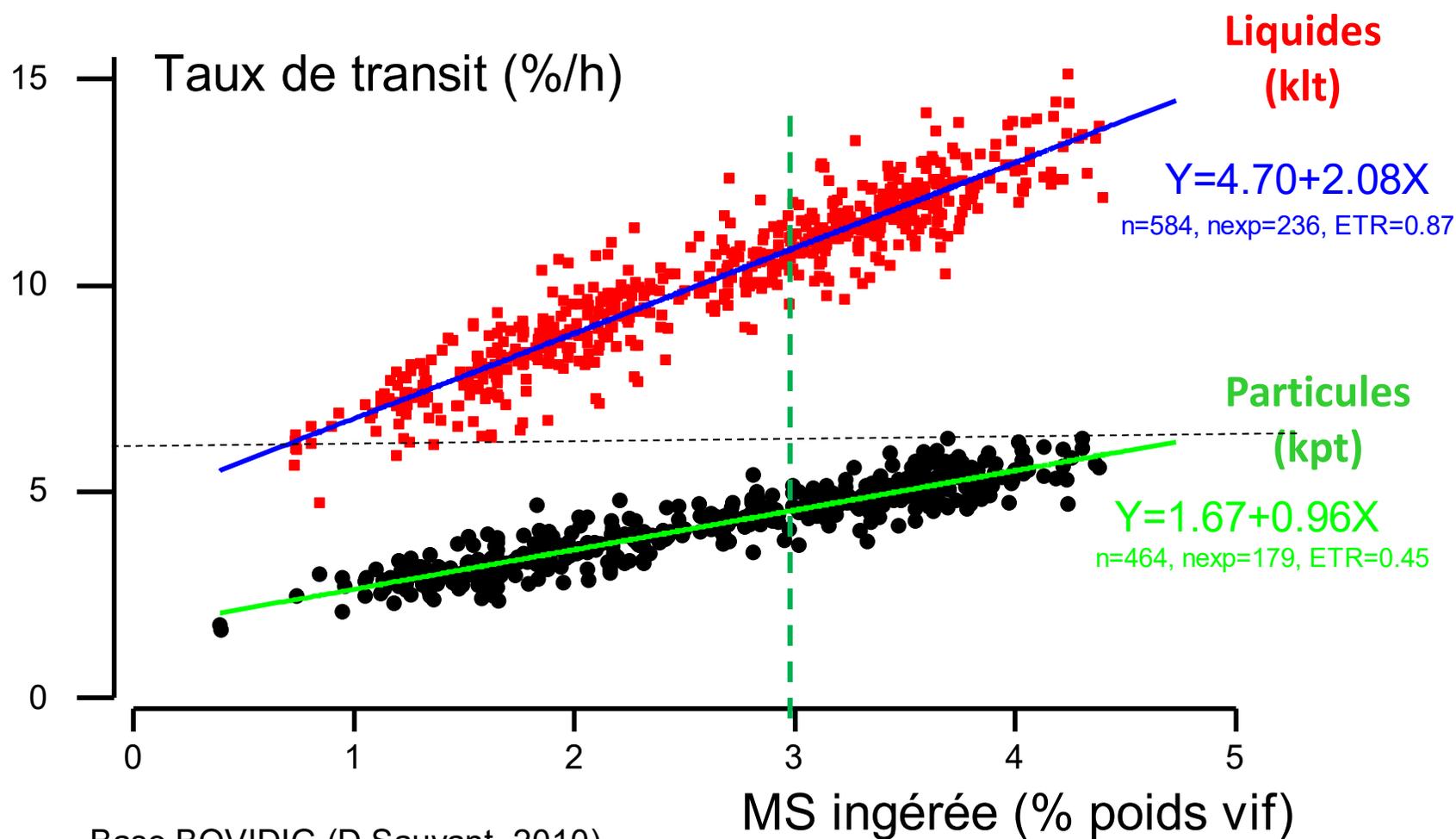


## Simulation de valeurs de $k_f$ et $k_c$ en fonction de $MSI\%PV$ et de la proportion de concentré (PCO)



↔ Les rations plus riches en concentré ont un transit plus lent

## Influence du niveau d'ingestion de MS des bovins sur les taux de transit des liquides et des particules



Base BOVIDIG (D.Sauvant, 2010)

## 2. La dégradation des substrats dans le rumen — à partir des cinétiques *in sacco*

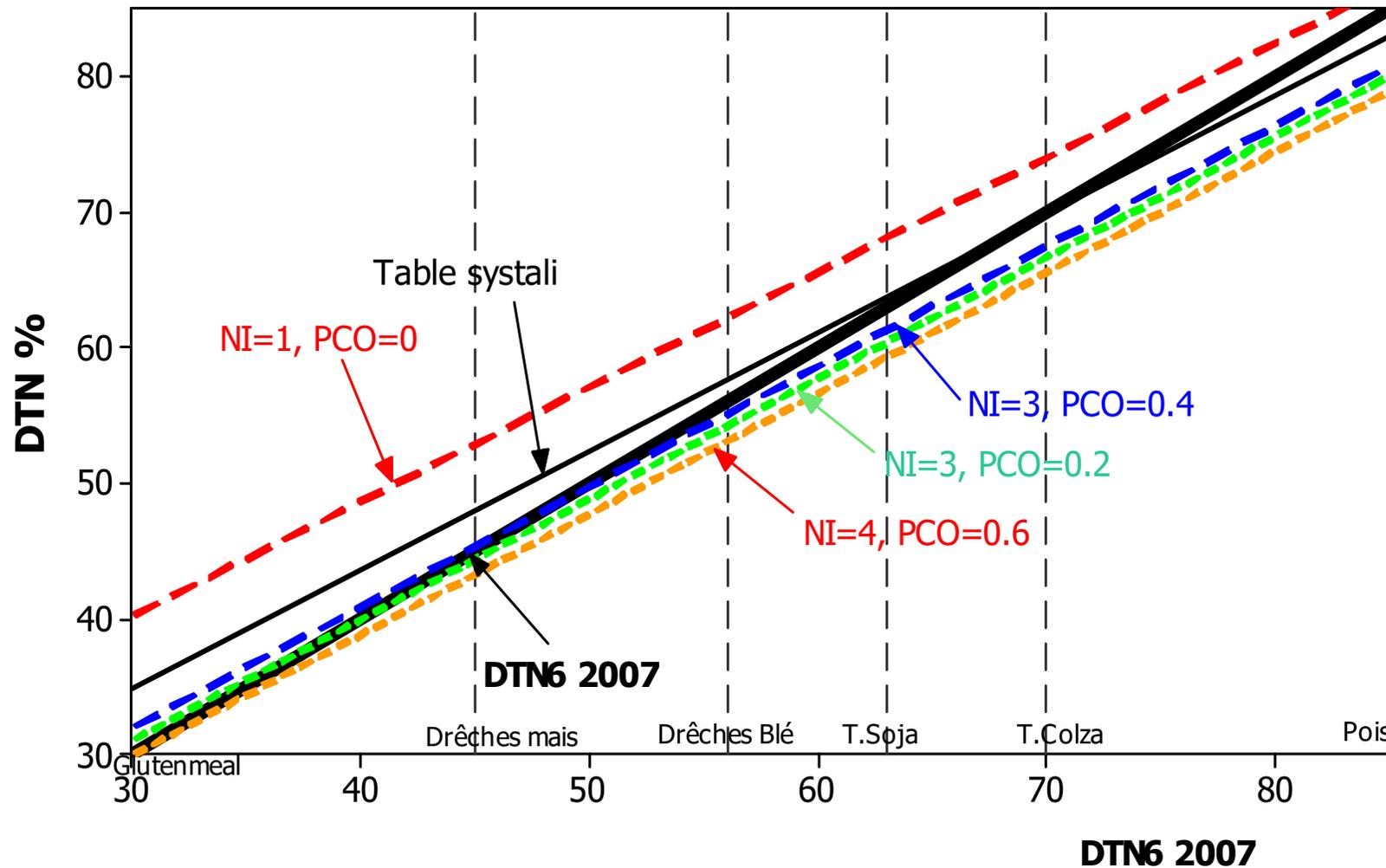
$$DT = a \left( \frac{100}{100 + kl} \right) + b \left( \frac{kd}{kd + kp} \right)$$

$a, b, kd \Leftrightarrow in\ situ$

$kl, kpf, kpc, kp = f(NI, PCO)$  par metaA

Evaluation *in situ* vs *in vivo* ?

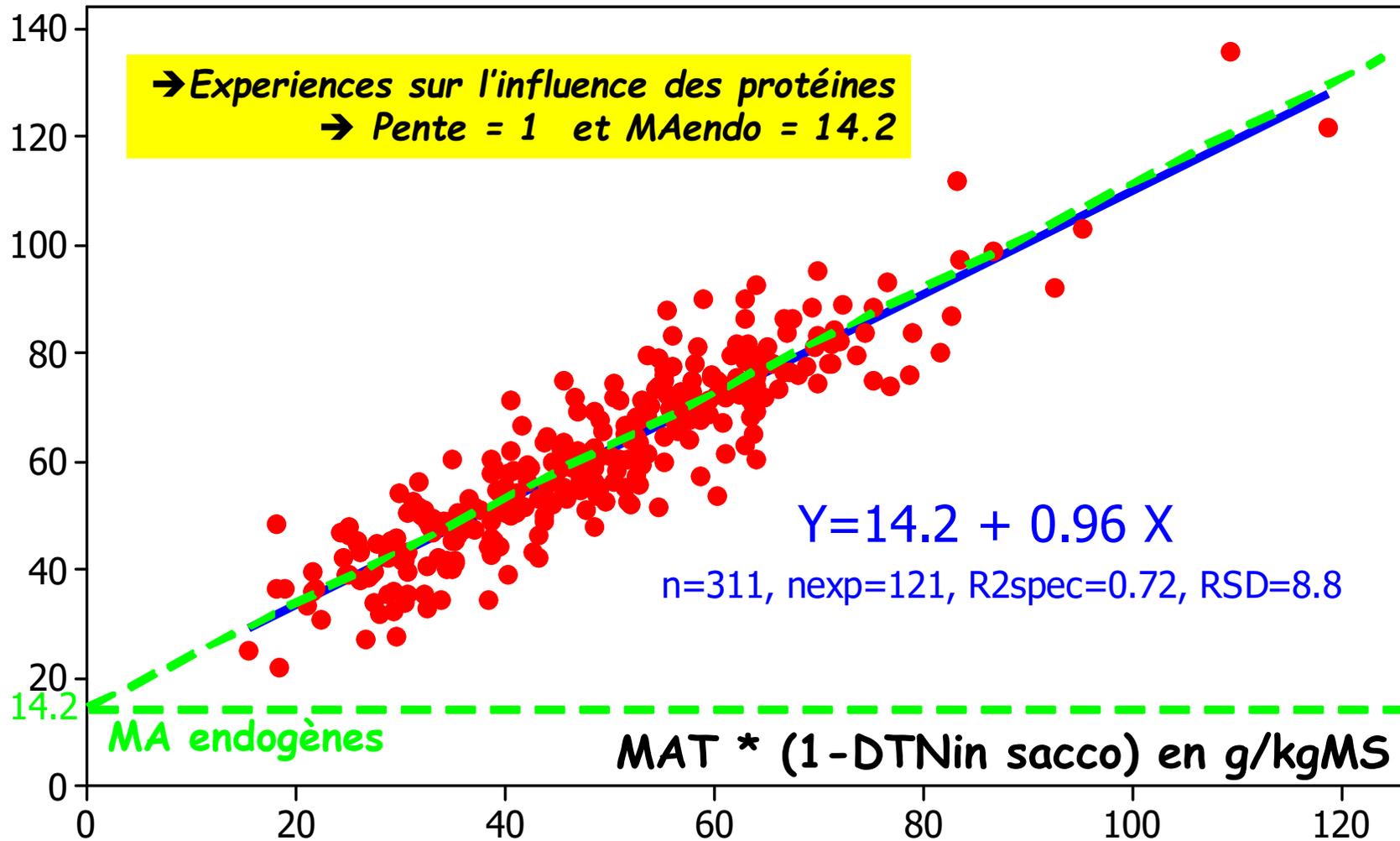
## Influence du type de ration sur les valeurs de DTazote



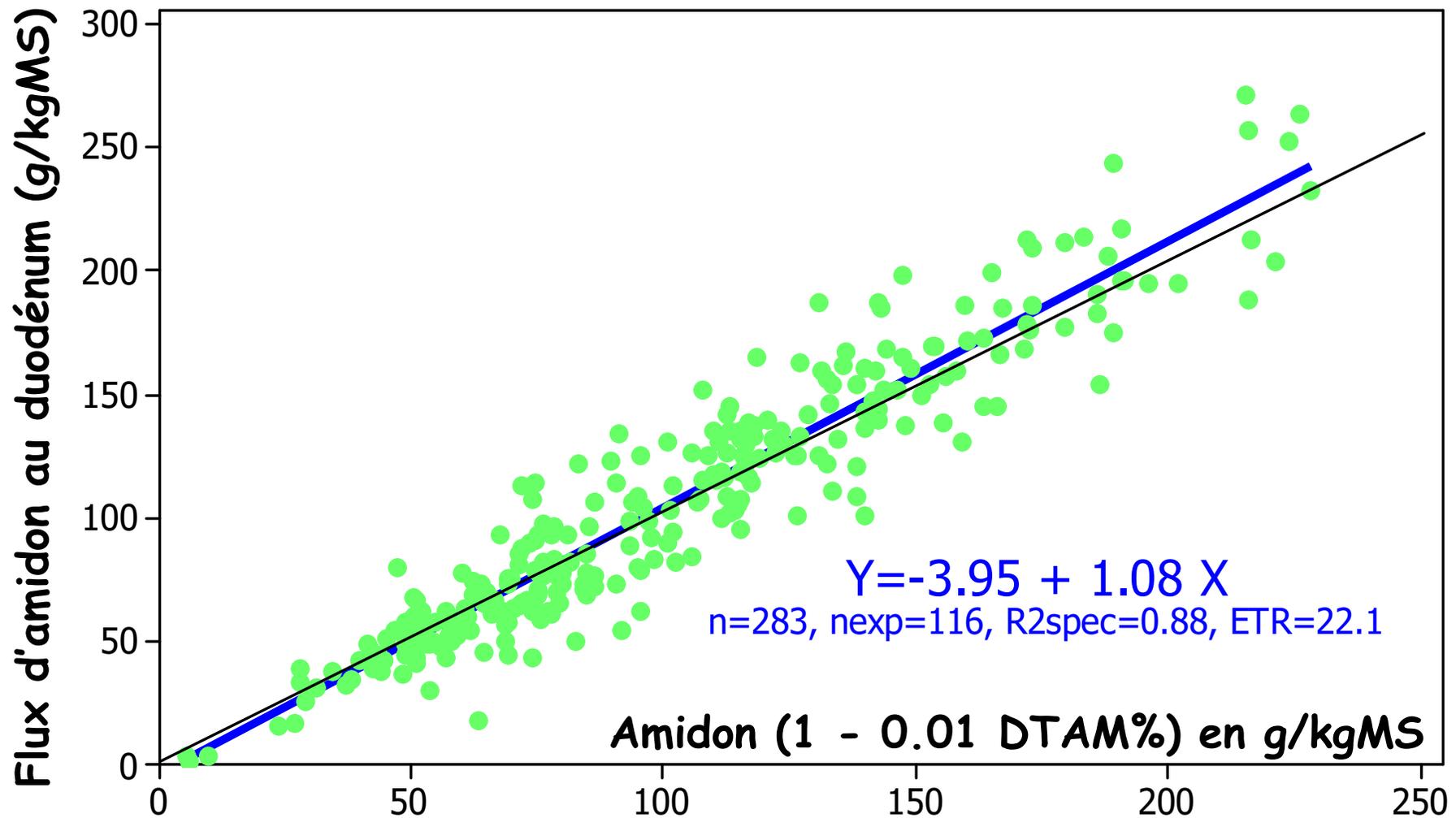
INRA 2018 ⇔ DT%N accrue pour les protéines protégées ⇔ moins de by-pass  
et ⇔ DT%N réduit pour les protéines « solubles ».

# Prévision des PIA à partir des mesures de la dégradabilité de l'azote in sacco

MA au duodénum (=PIA+MAendo, g/kgMS)



# Les Relation intra-expérience entre le flux d'amidon au duodénum et l'amidon non dégradé *in sacco*



Base Bovidig (D.Sauvant, 2013)

### 3. Nutrition des microbes et équilibre protéine-énergie dans le rumen:

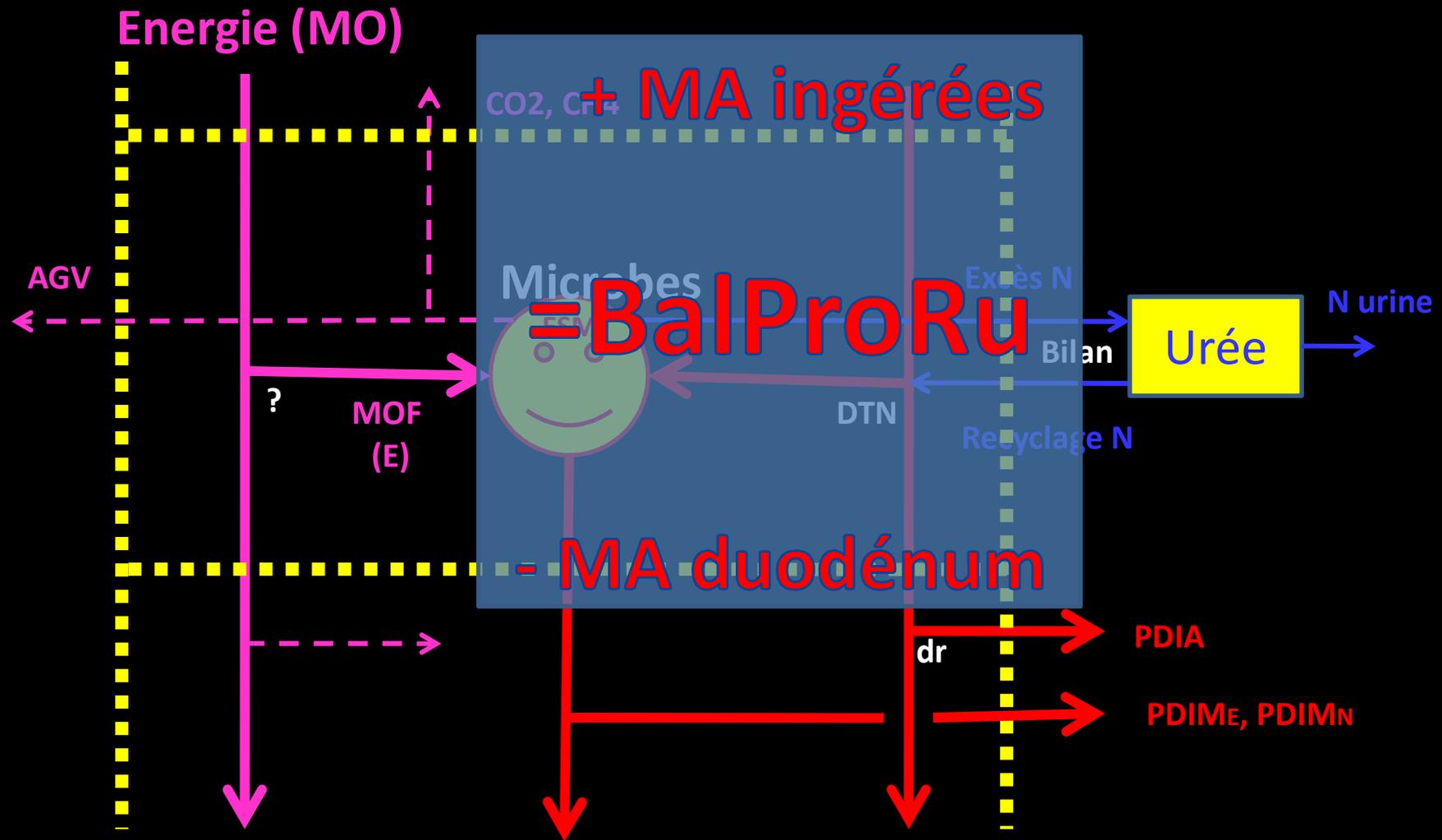
#### La balance protéique du rumen

**2007:  $R_{mic} = (PDIN-PDIE)/UF > \text{seuil}$   
minimal pour utiliser les valeurs UF et UE**

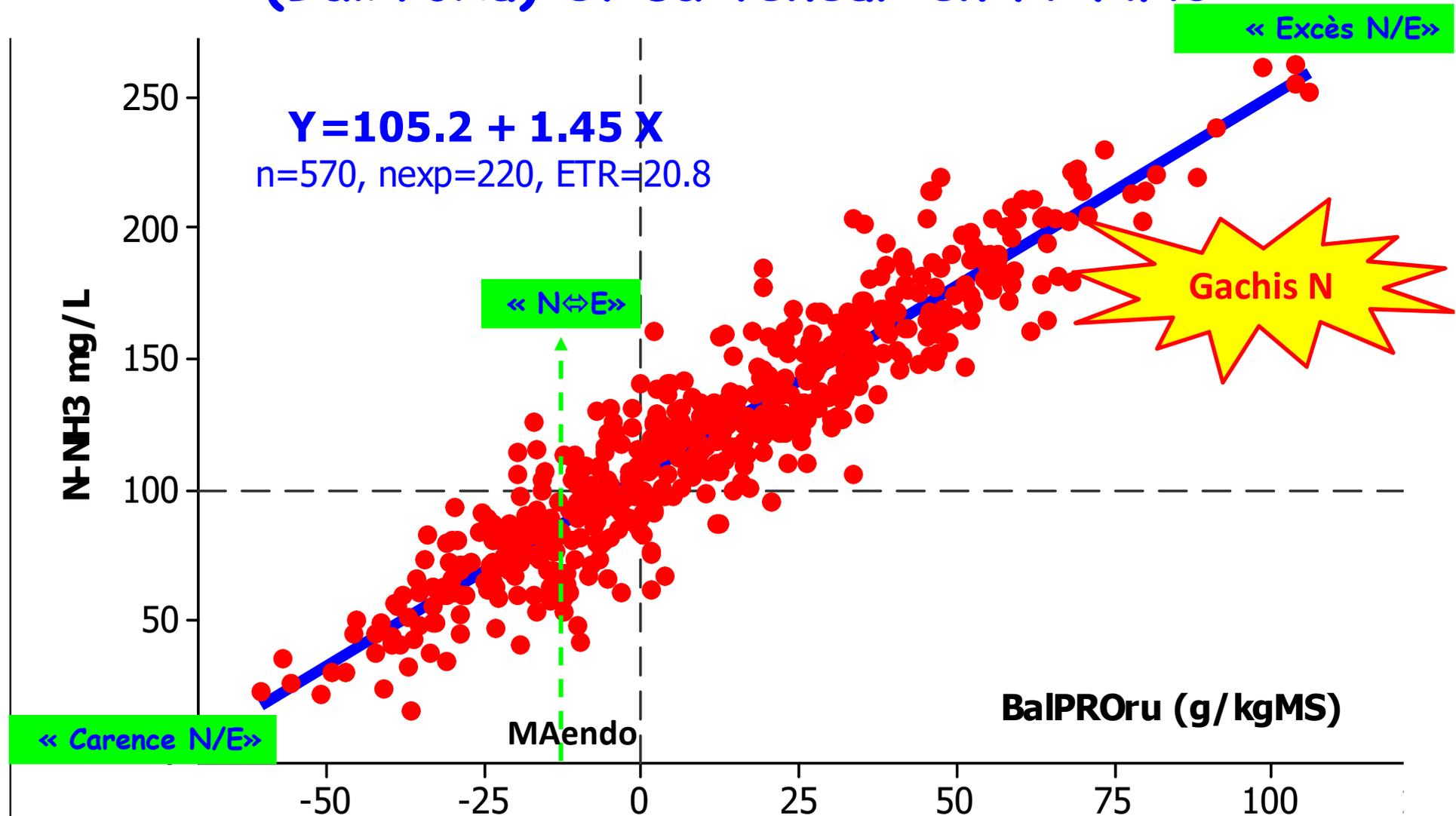
#### Limites ?

- Ratio → non additif
- PDI, UF non mesurés expérimentalement
- Pas un critère direct du rumen
- Pas de rétroaction sur le fonctionnement

# Rappel: digestion des protéines et système PDI



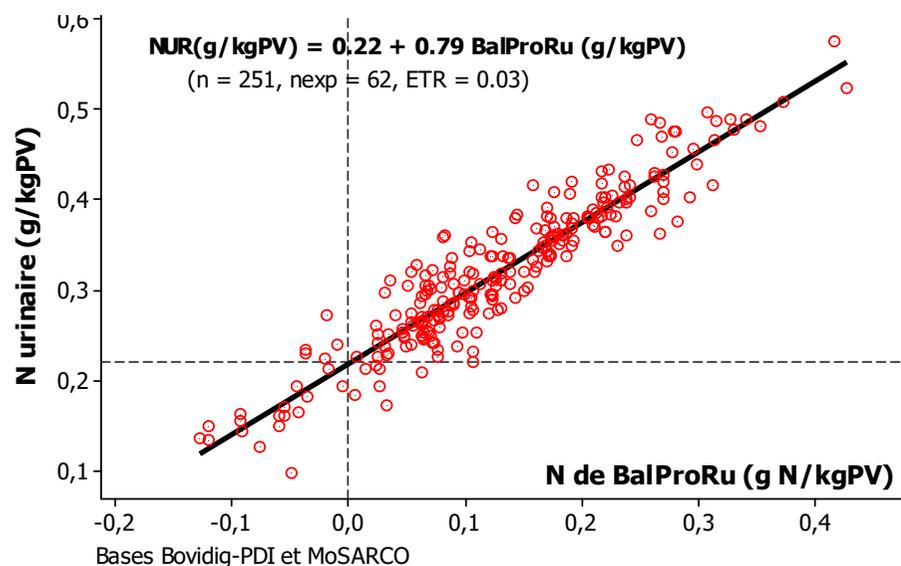
# Relation intra entre la balance protéique du rumen (BalProRu) et sa teneur en N-NH3



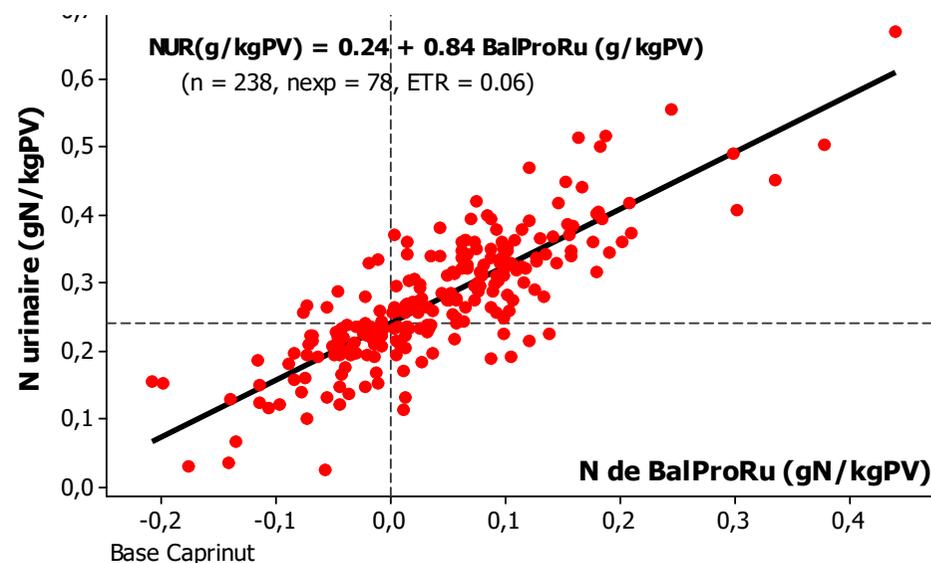
Base Bovidig (D.Sauvant, 2013)

# Relation intra-expérience entre N de BalProRu et les rejets N urinaires

## VACHES

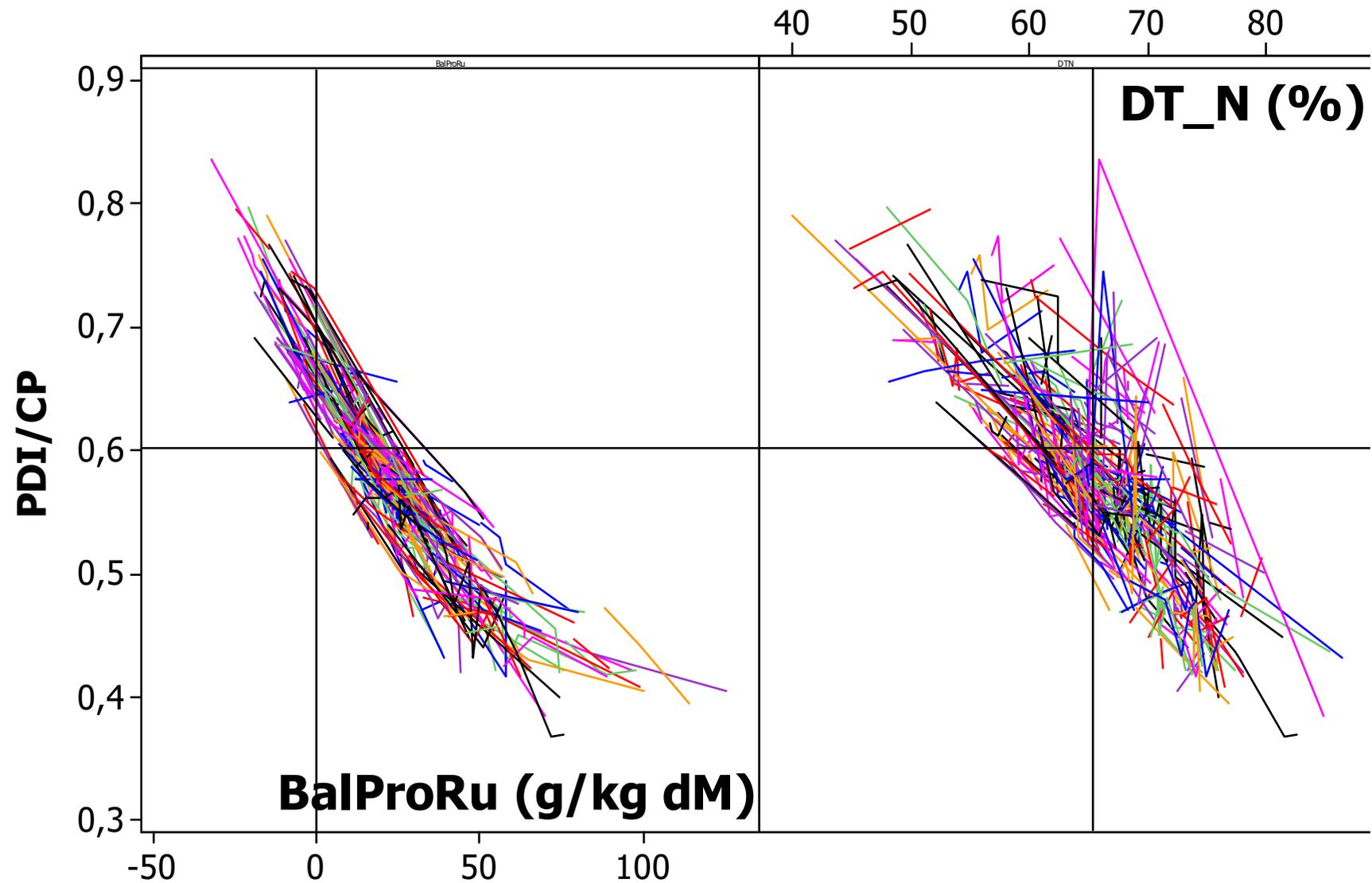


## CHEVRES



**PENTE  $\approx 0.8 \text{ g/g}$**

# Influence of RPB and DT\_N on digestive protein efficiency



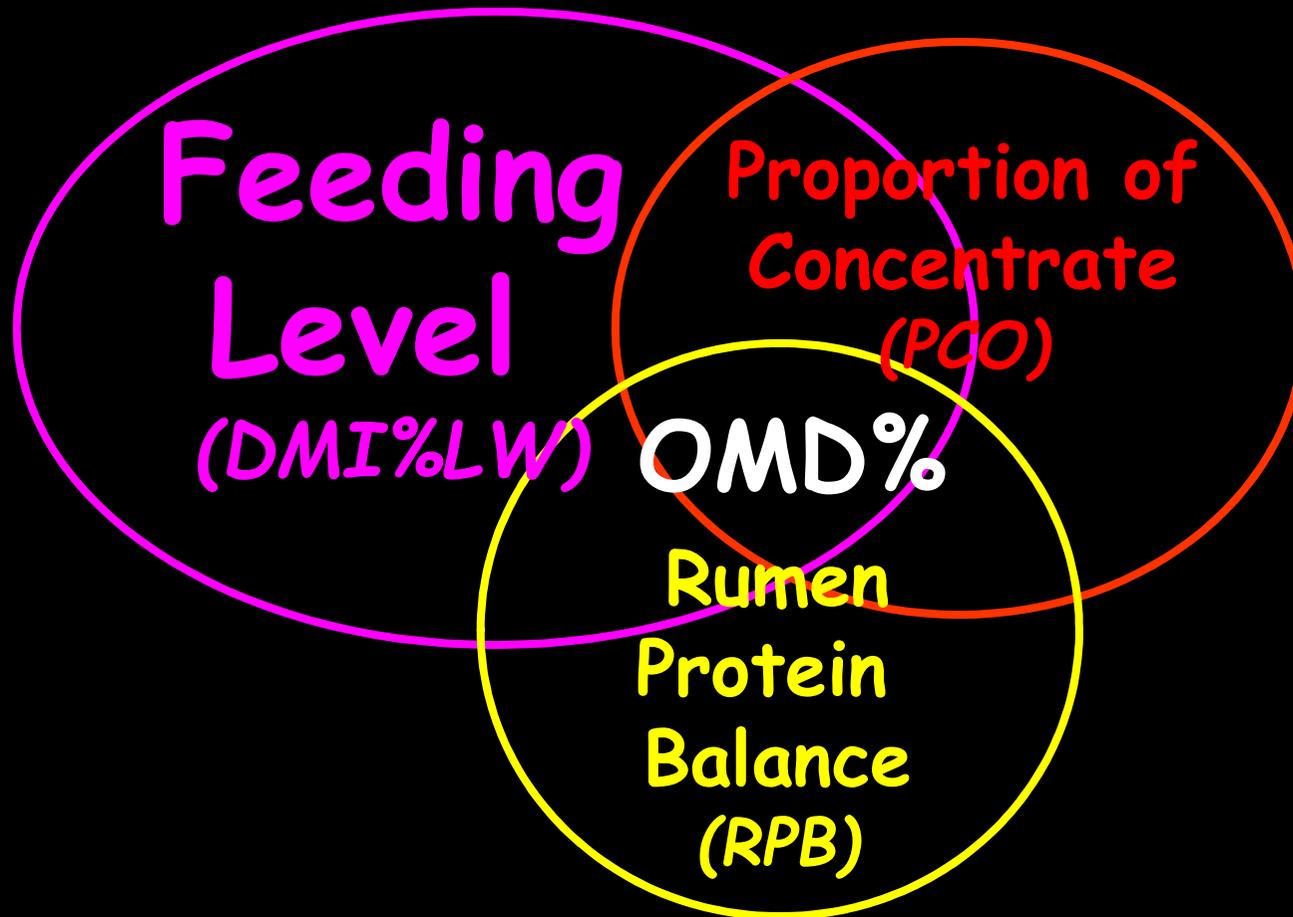
## 4. Modelisation des interactions digestives

$$VALUE_{diet} = \sum_i p_i TABLEVALUE_{feed_i} \pm I$$

### Modelling I ?

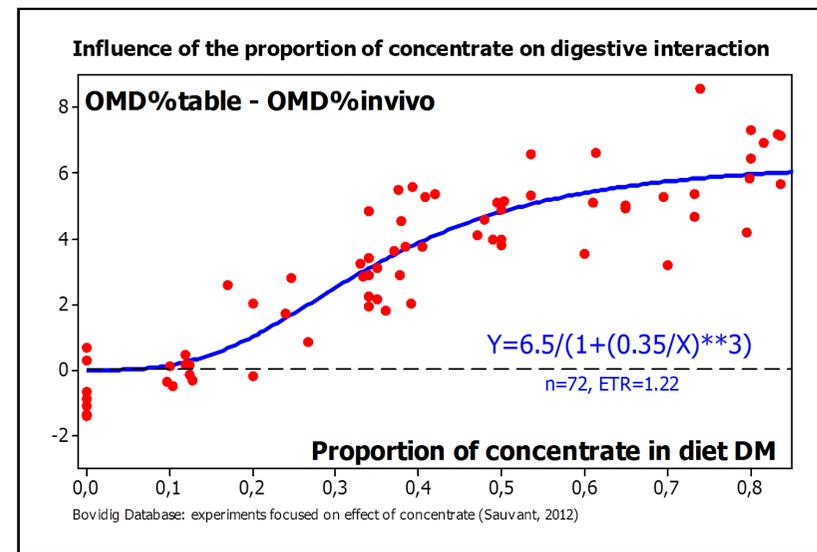
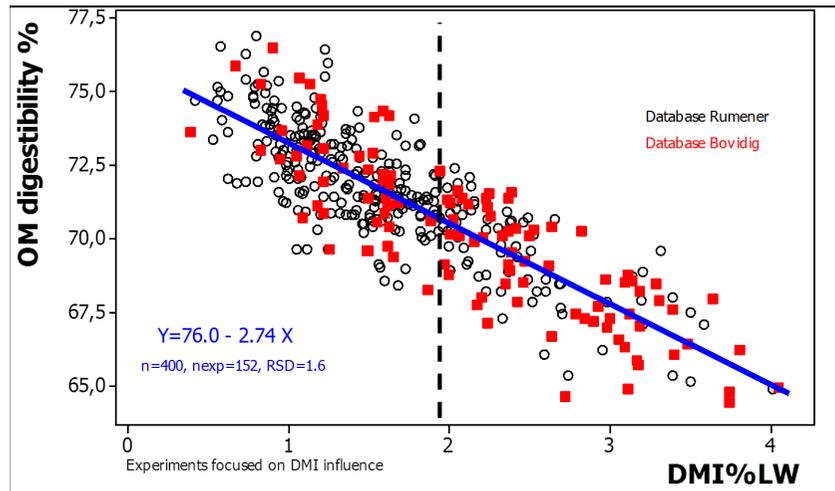
- Major impact : OMD%
- 3 Causes  $\rightarrow$  3 Predictors ?
- Influence of species ?
- Additivity ?

# Major causes of digestive interactions altering OM Digestibility ?



→ 3 different data bases focused on these 3 factors

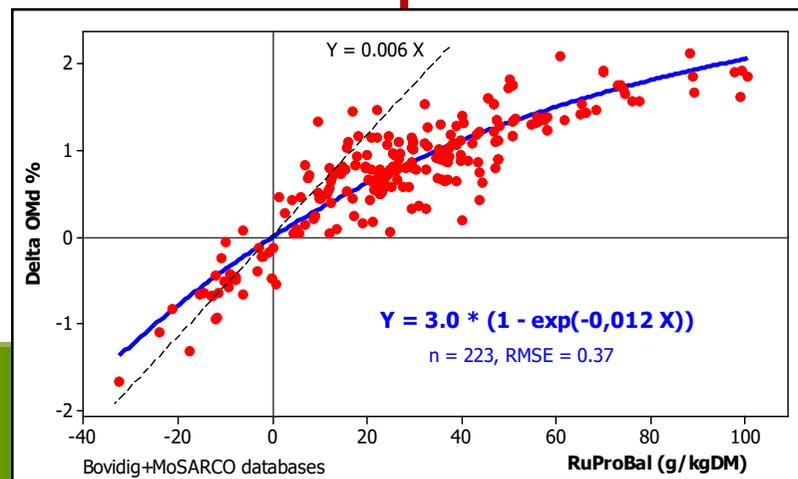
# Les interactions digestives



Niveau d'ingestion

Proportion de concentré

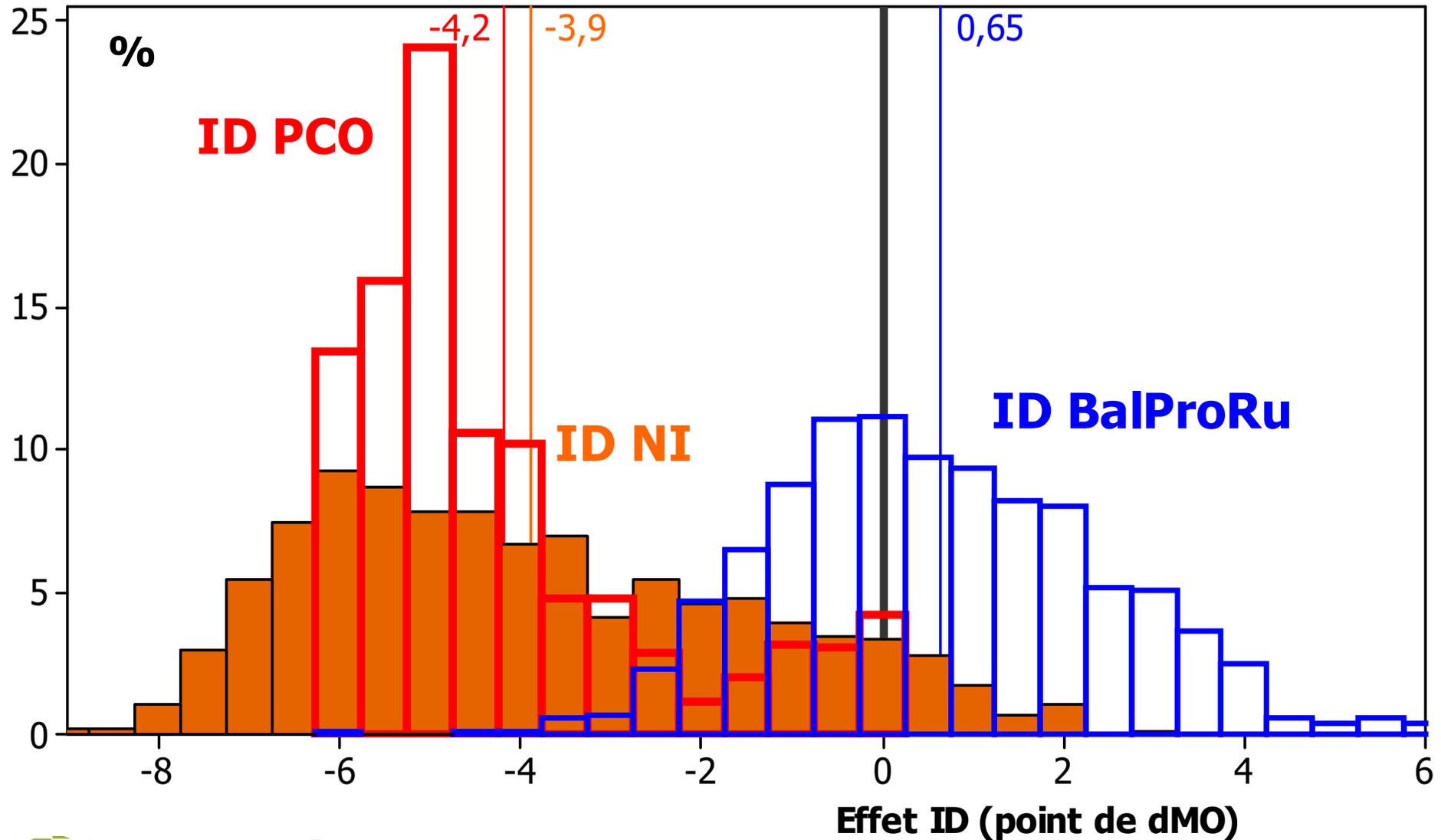
**dMO « table » – dMO observée**



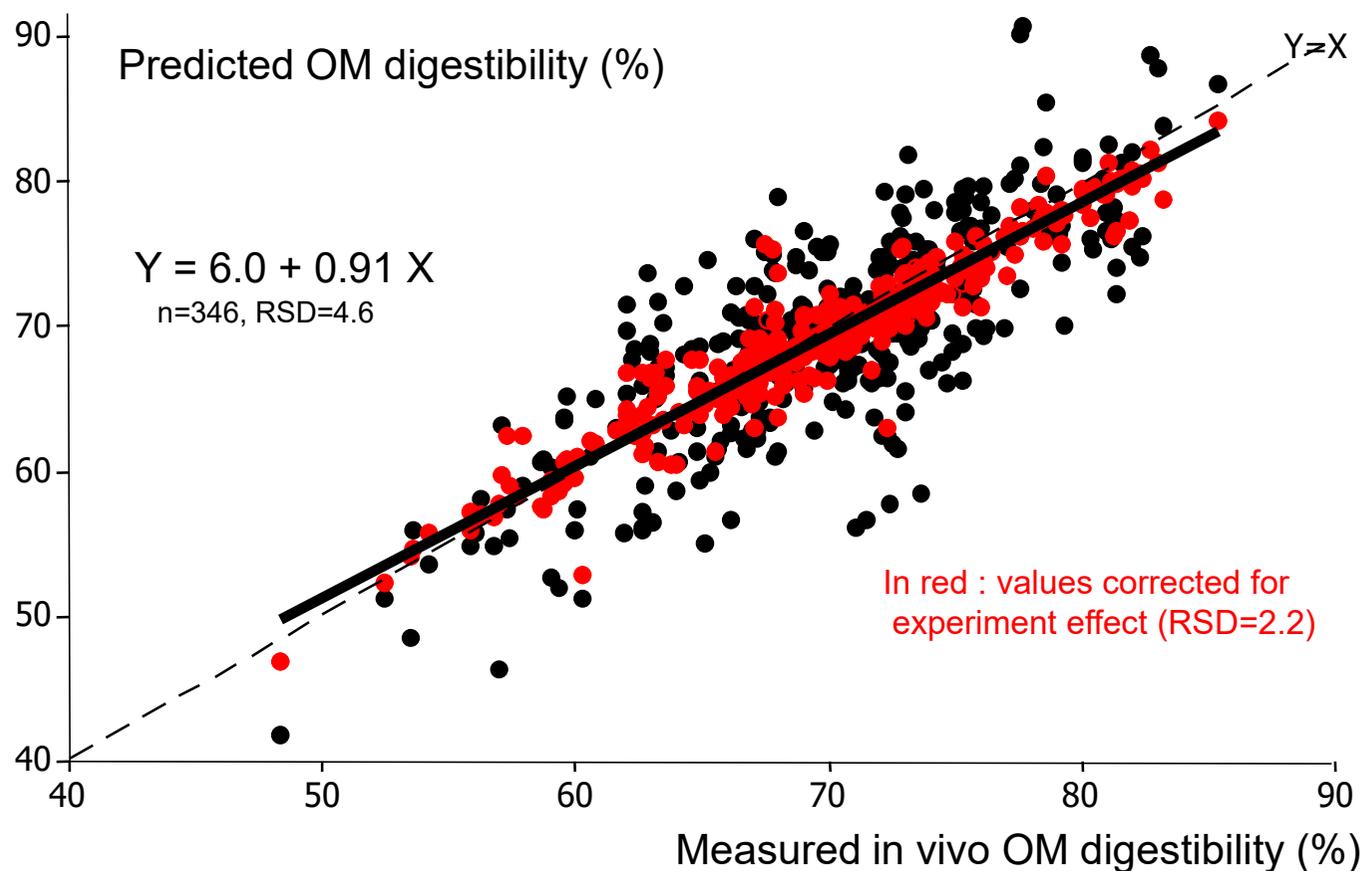
**Balance Protéique  
du Rumen**

D'après Sauvant & Nozière  
(INRA-PA 2013, Animal 2015)

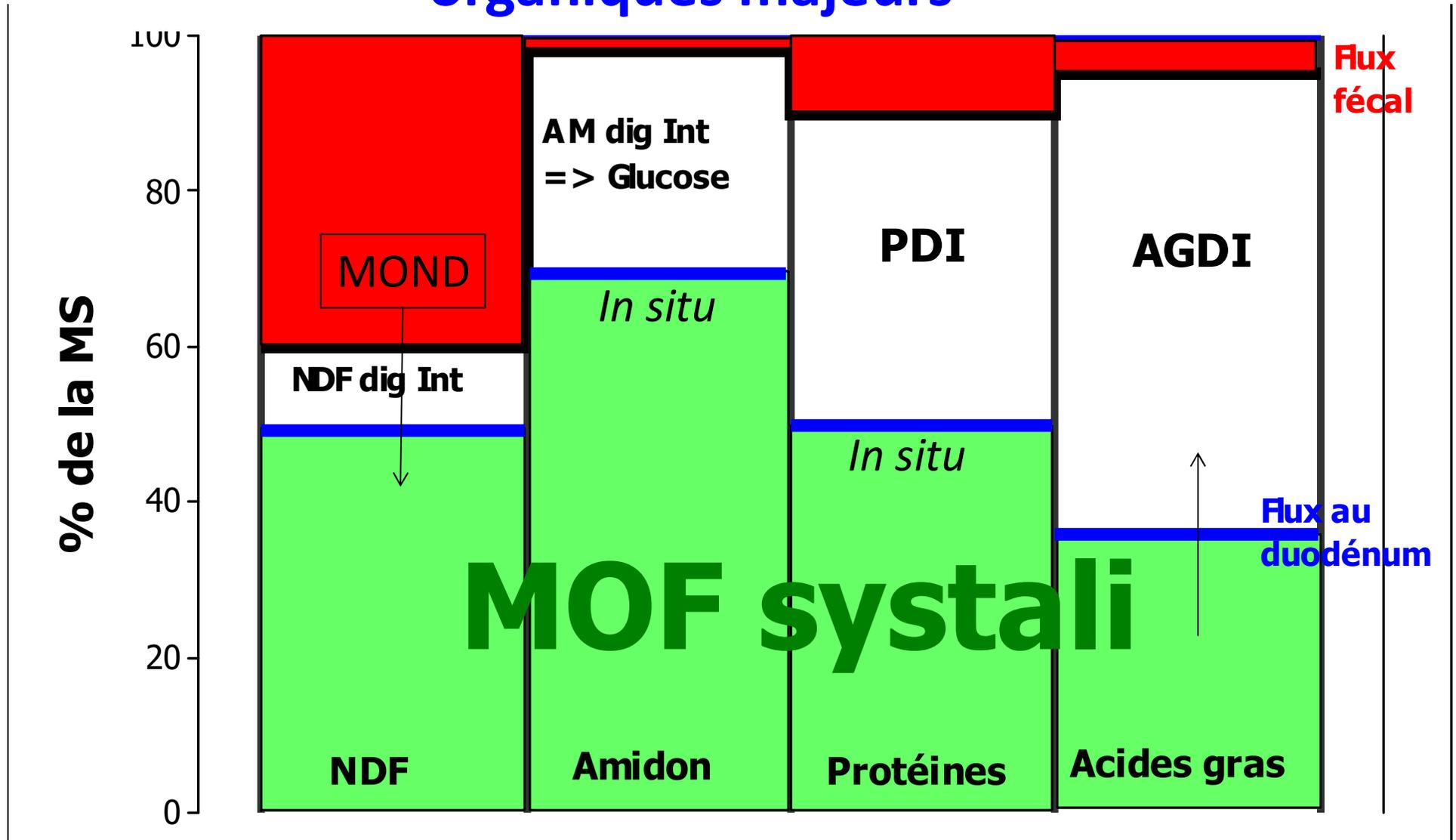
# Le Valeurs des ID liées à NI, PCO et BalProRu — dans la base « Bovidig »



# Les interactions digestives : validation de l'additivité



# 5. Les partitions digestives des constituants organiques majeurs



# 6. La matière organique fermentée (MOF)

MOD  
Corrigée des ID

**MOF**

-  
Produits  
volatils

-  
MO digérée dans  
les intestins  
(MA, Amid, AG,  
NDF)

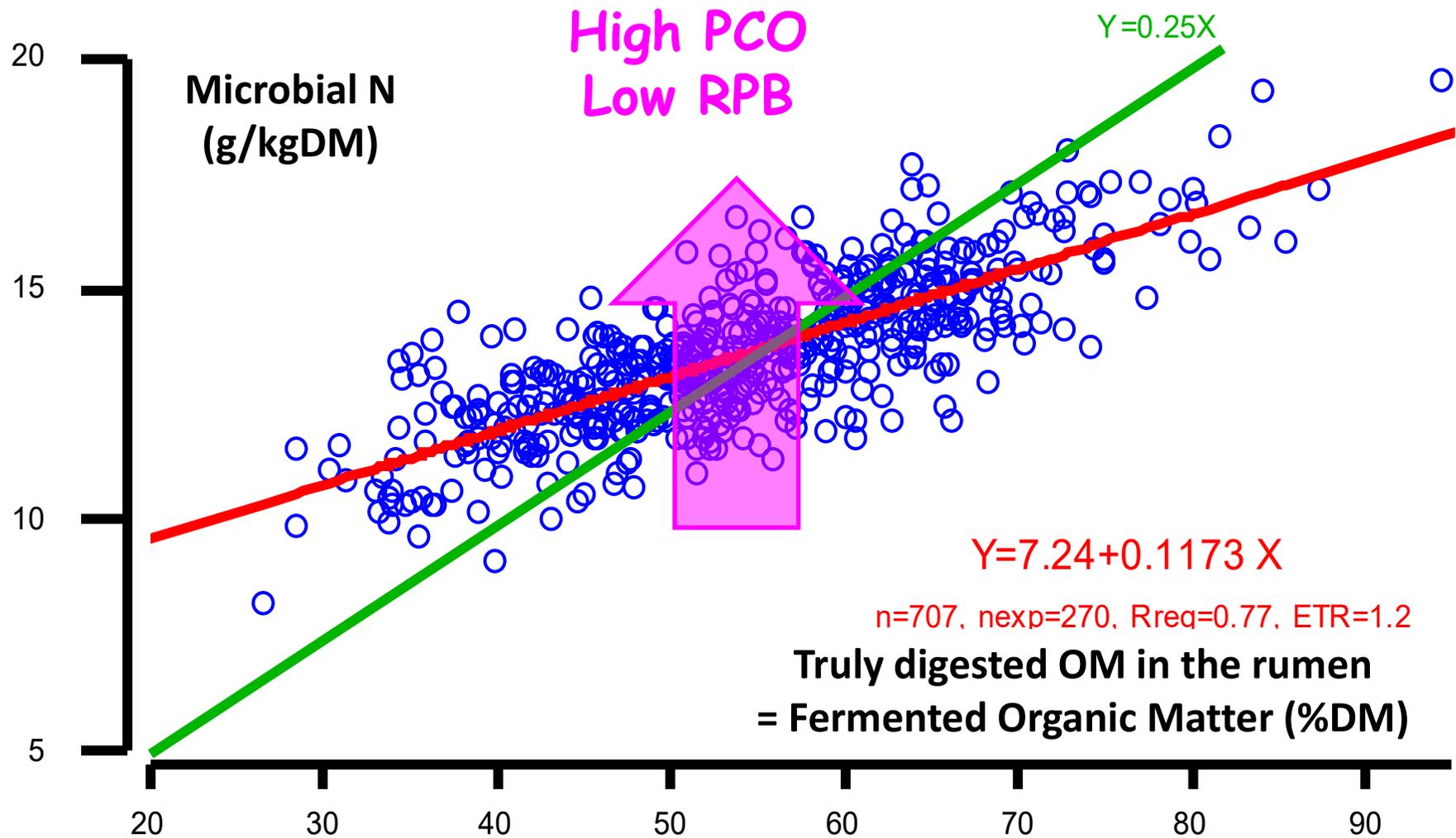
*In situ NDF degradation cannot be used...(NorFor, Cornell...)*

Fermented  
organic  
matter

Proportion  
of concentrate  
(or Chemostat  
Effect)

Rumen  
Protein  
Balance

# Prediction of microbial N synthesis from FOM



« Bovidig » database (D.Sauvant, 2012)

# 8. Nutriments absorbables

**PDI**

**AGV = f(MOF)**

**Glucose = f(Am.digéré dans l'IG)**

**Acides Gras = f(AGduod x digAG)**

**Profils des nutriments absorbables**

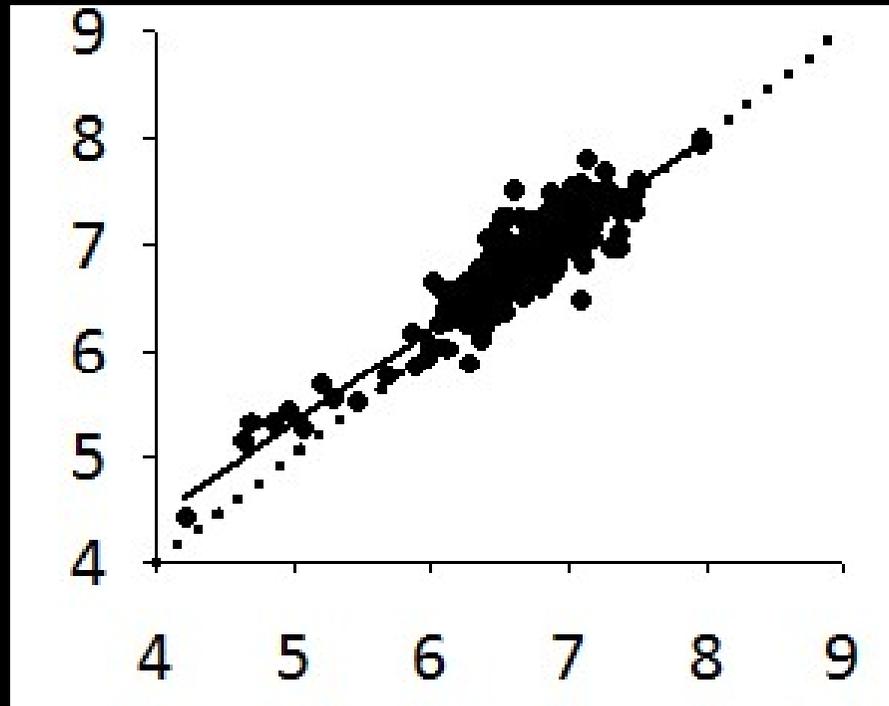
**AADI (cf Chapitre 4)**

**Profil des AGV (Ac, Prop, Bu; Ch 3)**

**Profil des AG (cf chapitre 3)**

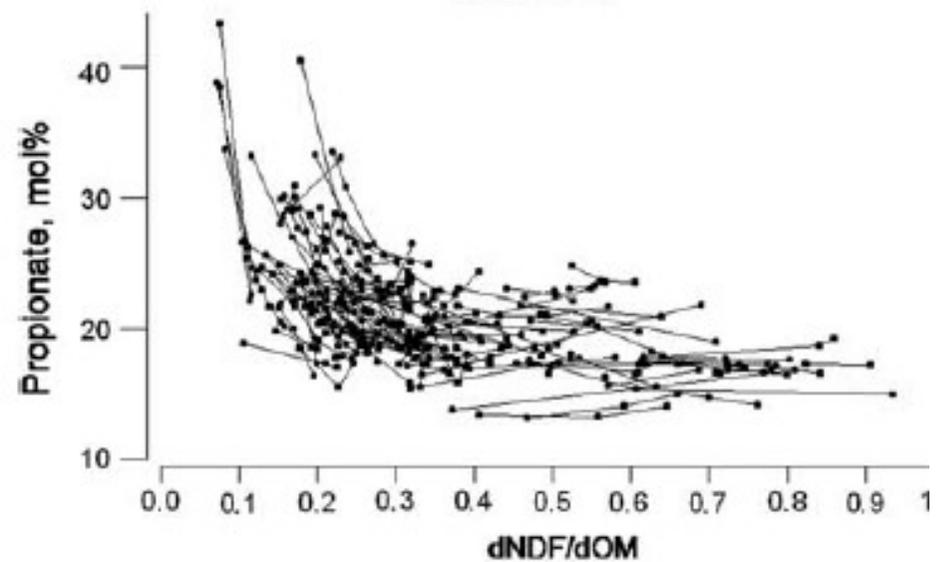
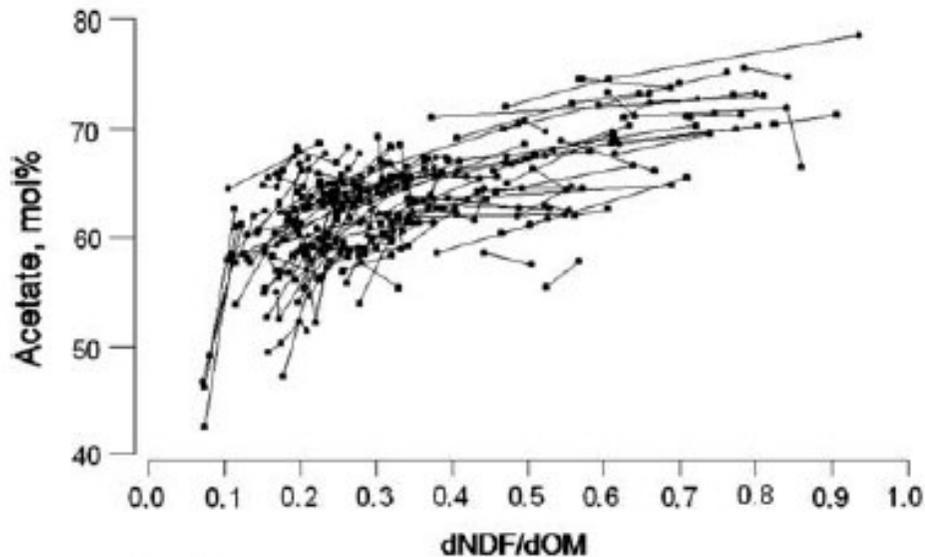
# Prediction of duodenal Lys%AA

Measured duodenal lysine (% 16 AA)



Predicted duodenal lysine (%16AA)  
(from calculated RUP, MicCP, EndoCP)

# Prediction of the VFA profile -



## Influences of DNDF/DOM, Starchd\_ru and Feeding level

$$\text{ACE\%} = 54.2 + 12.0 \log 100 \text{ DNDF/DOM} - 0.052 \text{ Std\_ru} - 1.99 \text{ FL}$$

(n = 124, nexp = 44, RMSE=1.23)

$$\text{PRO\%} = 19.7 - 6.63 \log 100 \text{ DNDF/DOM} + 0.070 \text{ Std\_ru} - 2.62 \text{ FL}$$

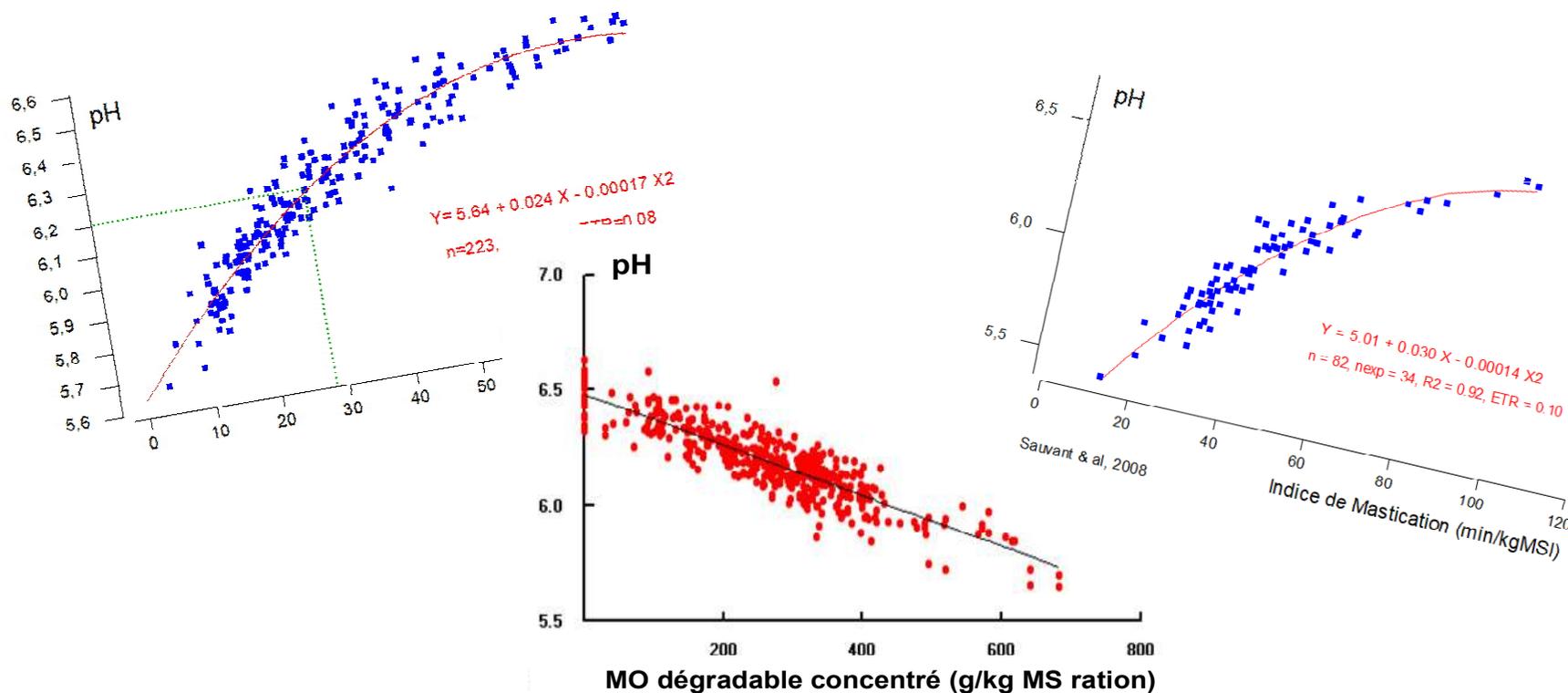
(n = 124, nexp = 44, RMSE=1.45)

$$\text{BUT\%} = 19.0 - 3.99 \log 100 \text{ DNDF/DOM} - 0.026 \text{ Std\_ru}$$

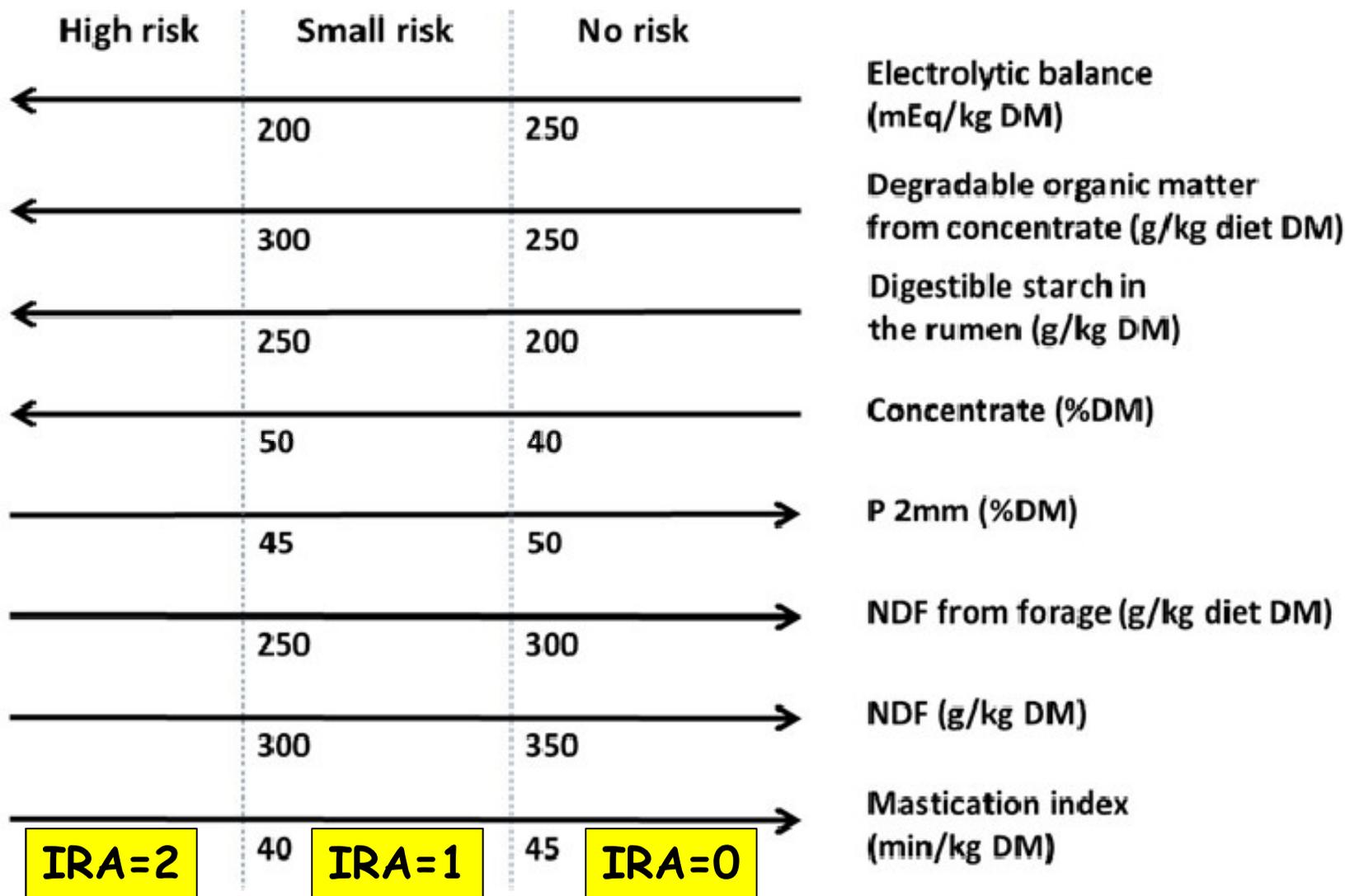
(n=124, nexp=44, RMSE=0.88)

## 9. Evaluation du risque d'acidose

8 critères mesurables sur les rations ont été étudiés comme prédicteurs du pH du rumen:

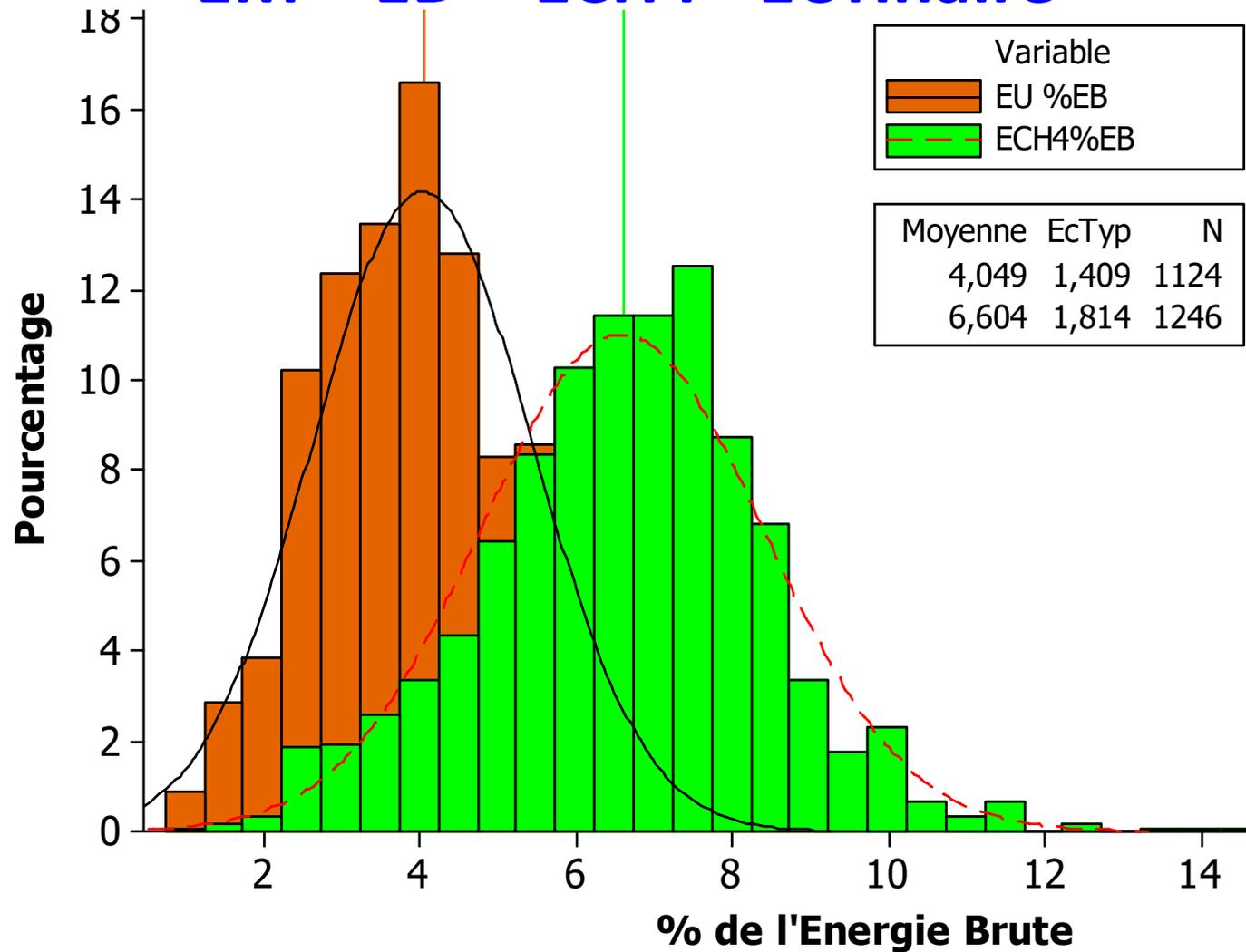


# Summary of the limit values of indexes risk of acidosis (IRA) in cattle

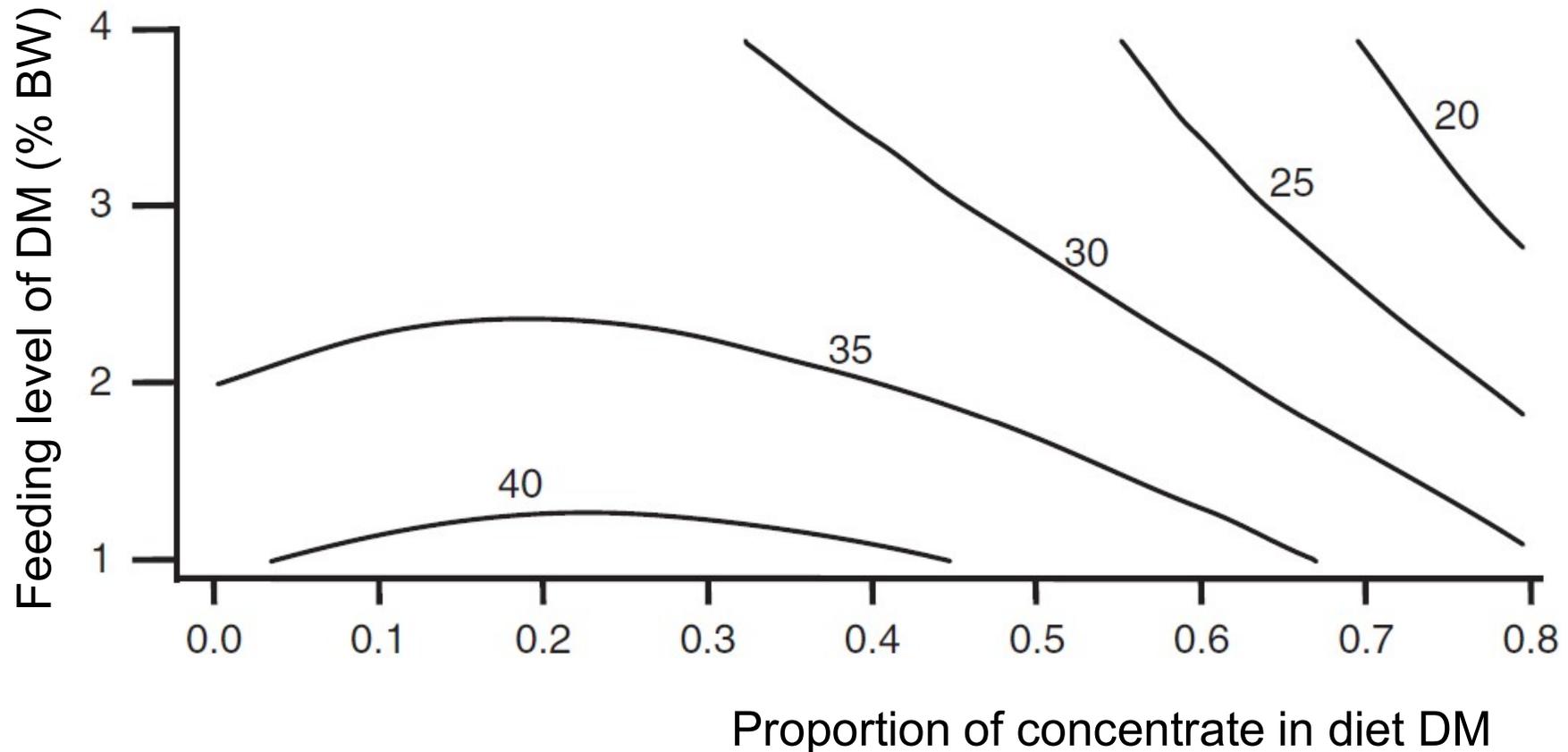


# 10. Le passage de l'E.Digestible à l'E.Métabolisable:

$$EM = ED - ECH4 - EUrinaire$$

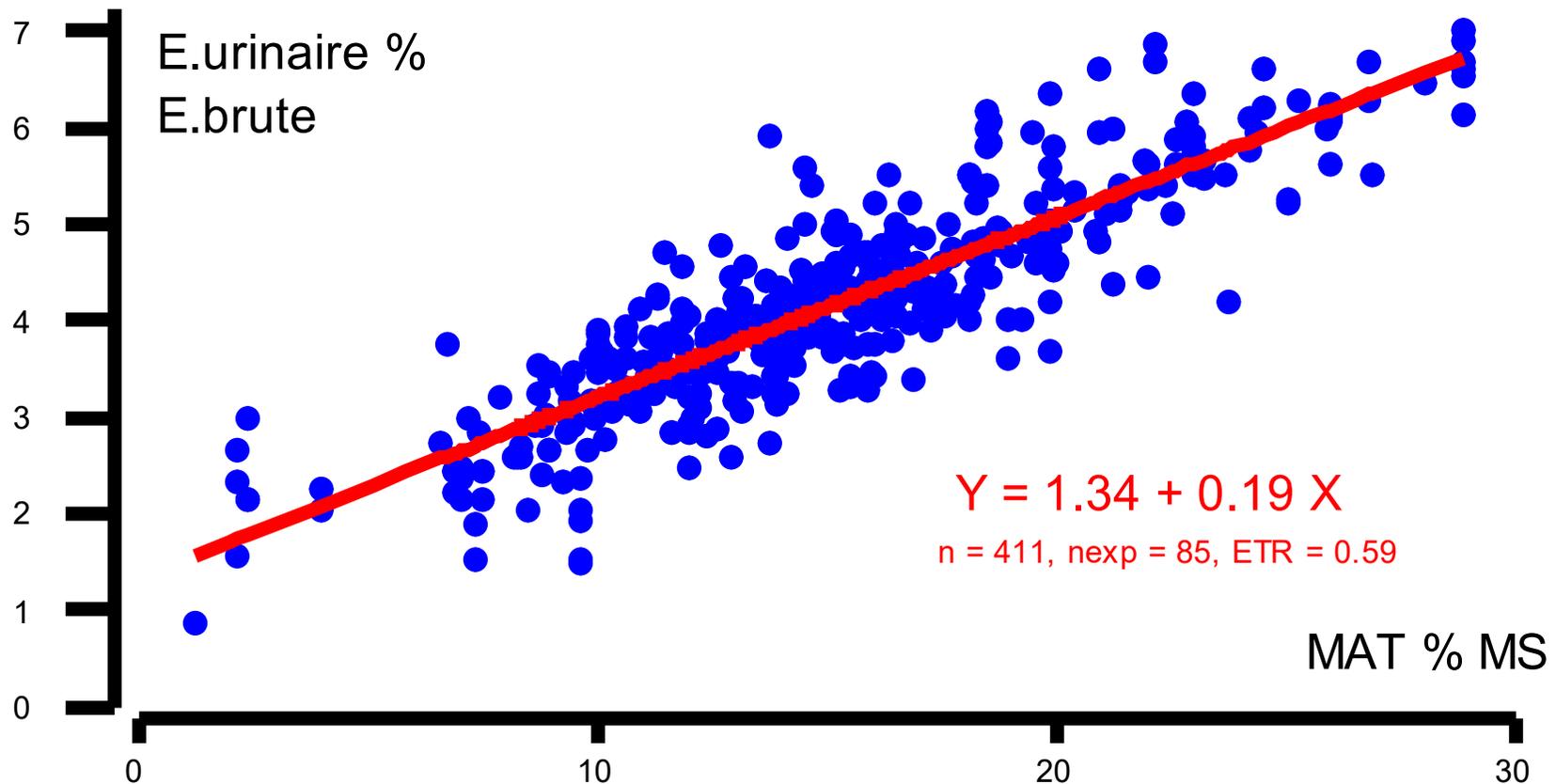


## Réponse du rapport CH<sub>4</sub>/MOD (g/kg) au niveau d'ingestion de MS et la proportion de concentré de la ration



$$\text{ECH}_4/\text{MOD} = 45.42 - 6.66 \text{ NI} + 0.75 \text{ NI}^2 + 19.65 \text{ PCO} - 35 \text{ PCO}^2 - 2.69 \text{ NI} * \text{PCO}$$
$$\rightarrow \text{ECH}_4 = 12.5 * \text{MOD} * \text{CH}_4/\text{MOD}$$

# Réponse du rapport EU/EB (%) à la teneur en MAT et aux facteurs d'interactions digestives

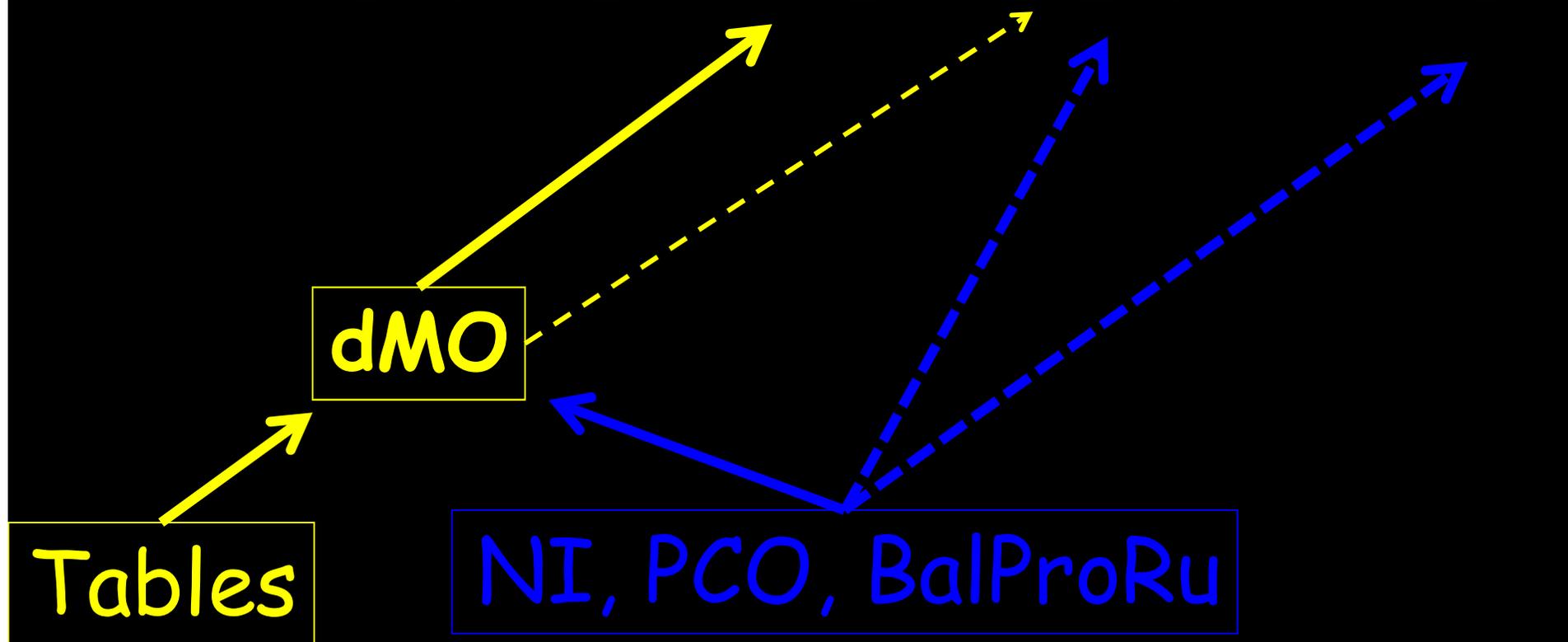


Avec interactions:  $EU\%EB = 2.9 + 0.17 MAT\%MS - 0.47 NI - 1.64 PCO$

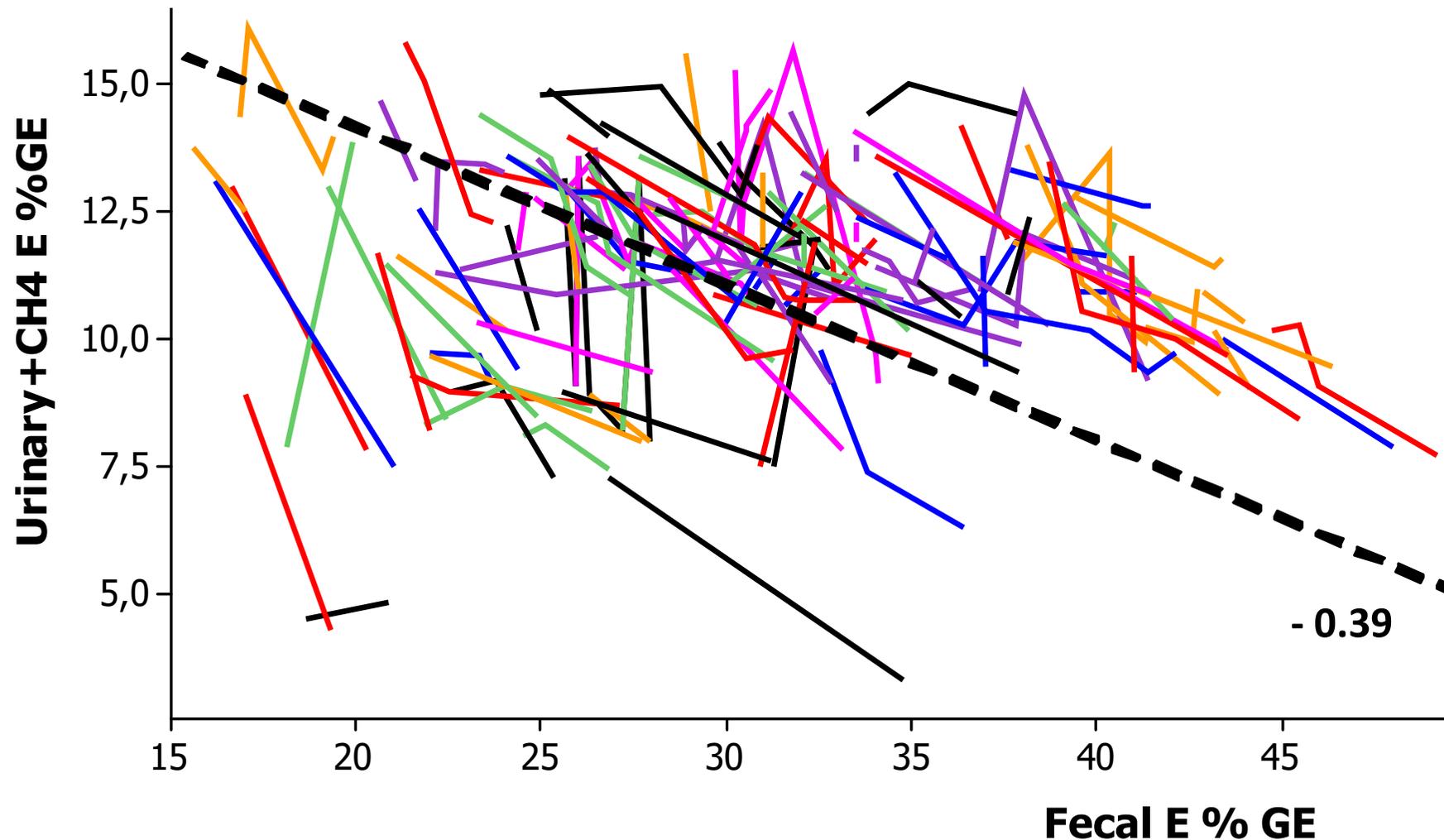


# Résumé des effets d'interactions liés à NI, PCO et BalProRu

$$EM = EB * dE - ECH4 - EU$$



# Substitution between Fecal and CH<sub>4</sub>+Urine energy losses under influence of FL



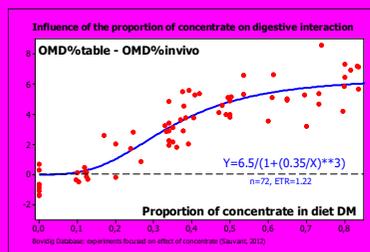
Rumener database, 115 exp, 328 Trt



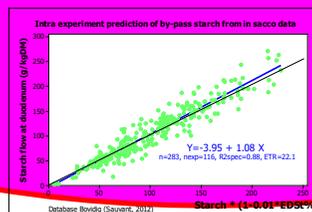
D.Sauvant & P.Nozière: Journée INRA – AFZ . Paris . 11 avril 2018

# 11.La mise en cohérence des équations

Equations de  
prédiction  
UFL, PDI...



Autres équations  
(Mastication, pH,  
Encombrement,  
Flux nutriments...)

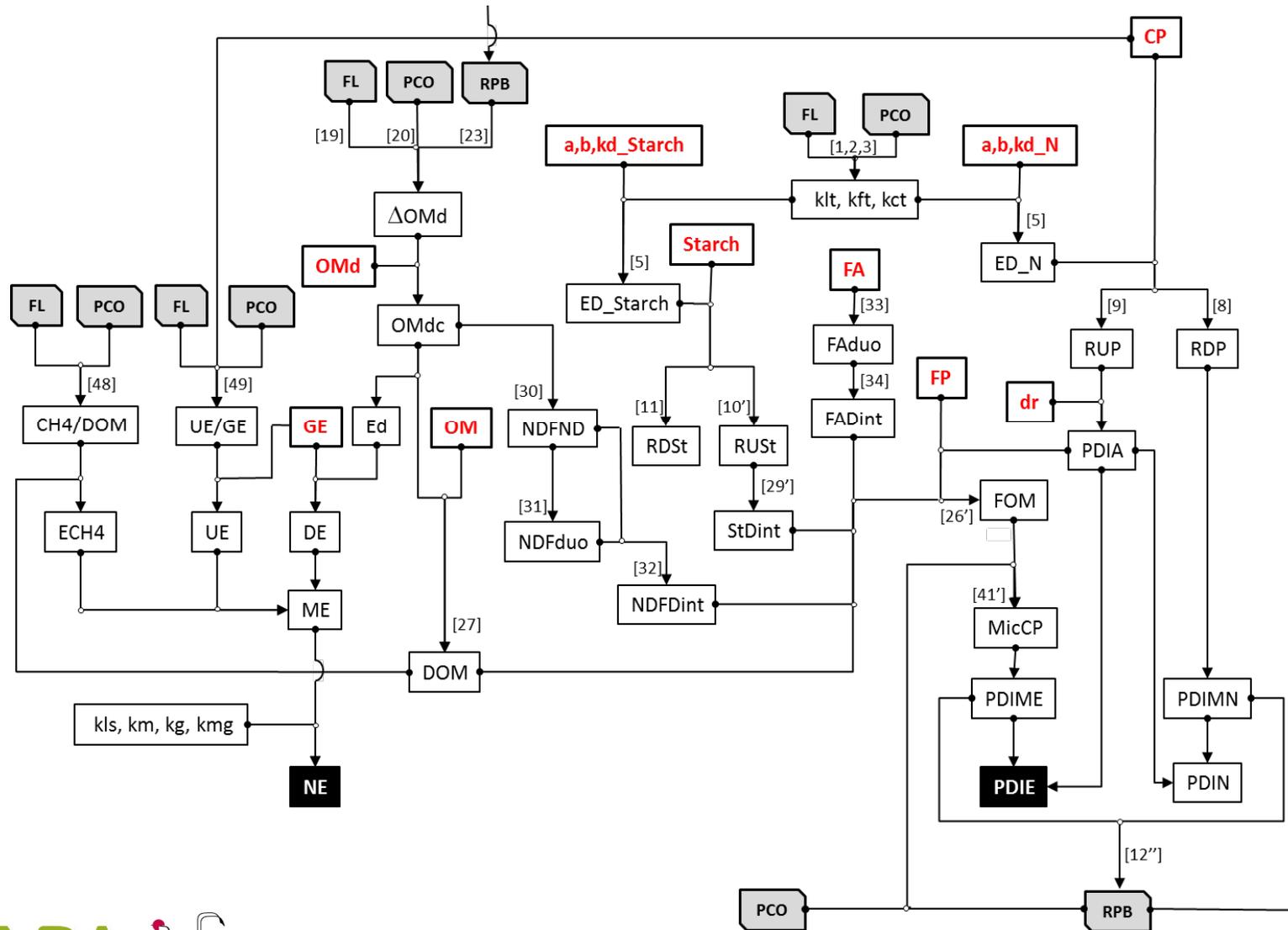


9. La mise en cohérence des équations

**Intégration  
dans un modèle  
mécaniste du  
rumen et du  
Tube digestif  
(D.Sauvant & al)**



# Diagramme des équations du calcul des teneurs en énergie et PDI des aliments et rations



# Diagramme des équations du calcul des teneurs en énergie et PDI des aliments et rations

**Intégration dans « Systool » pour calculer les rations avec les nouvelles Unités (P.Chapoutot & al)**



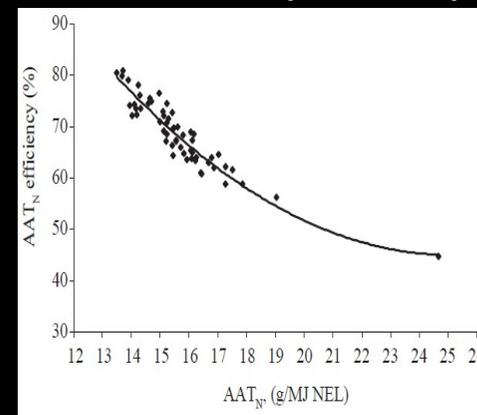
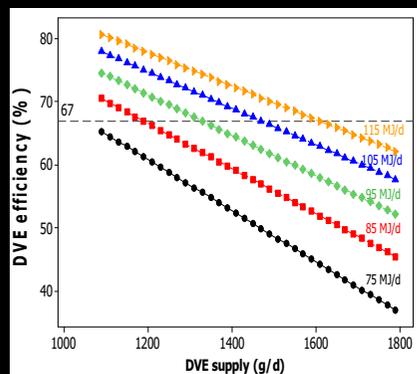
# 11. Efficience des PDI ?

1. Constant: 64%, 67% (NRC, INRA...)

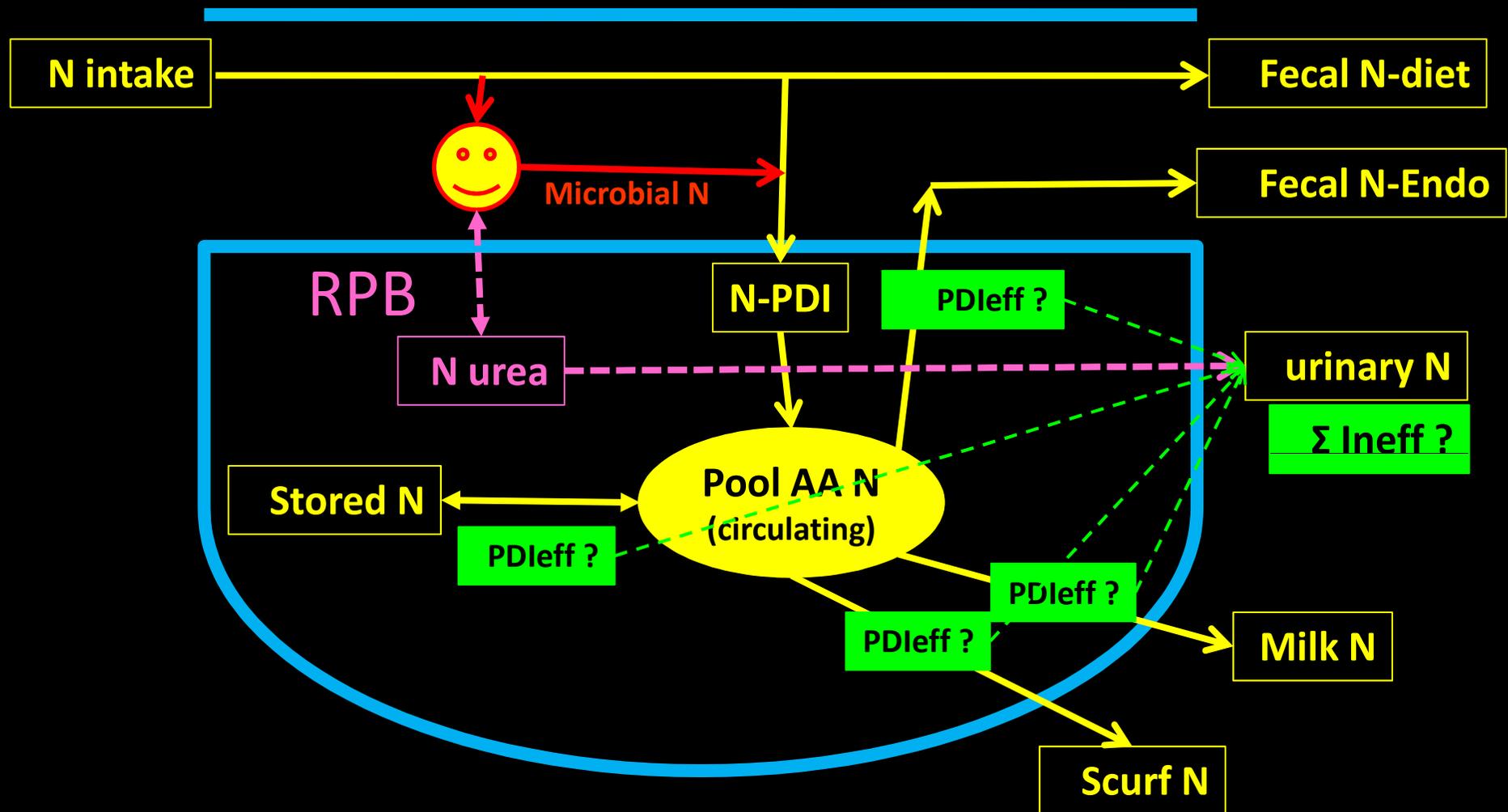
2. Variable:

NorFor:  $MP_{eff} \rightarrow MPY = f(MP/NE)$

OEB/DVE:  $MP_{eff} \rightarrow MPY = f(MY)$



# L Major N flows and PDI efficiency



# Calcul de l'efficacité des PDI

## 1. Expression de base:

$\text{eff PDI} = \Sigma \text{Dépenses protéines} / \text{Apports PDI disponibles}$

## 2. Exemple pour femelles en lactation:

\*Bilan  $E > 0 \rightarrow \text{BilPROT}$  est une dépense:

$\text{effPDI} = (\text{PFEndo} + \text{PPhan} + \text{PMP} + \text{BilPROT}) / (\text{PDling} - \text{PUE})$

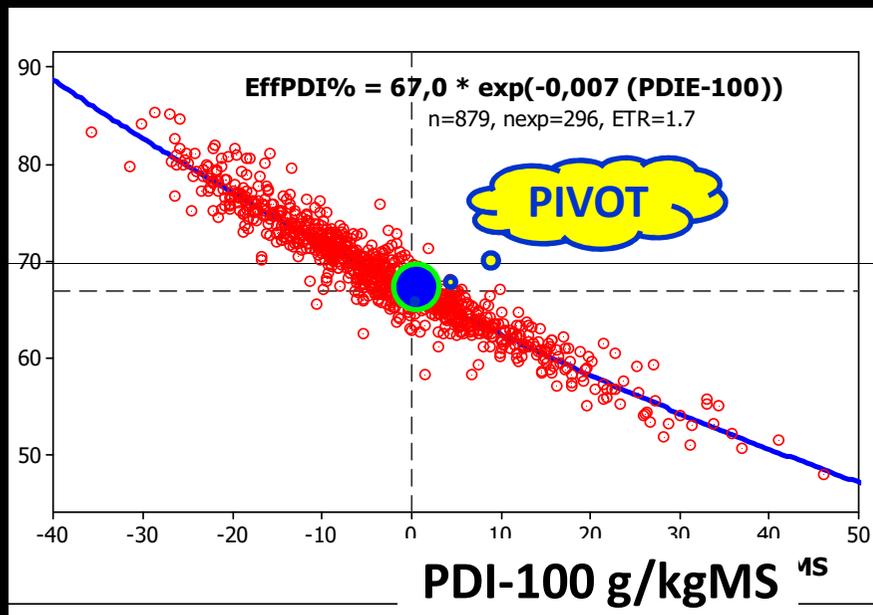
\*Bilan  $E < 0 \rightarrow \text{BilPROT}$  est un apport:

$\text{effPDI} = (\text{PFEndo} + \text{PPhan} + \text{PMP} + \text{BilPROT}) / (\text{PDling} + \text{BilPROT} - \text{PUE})$

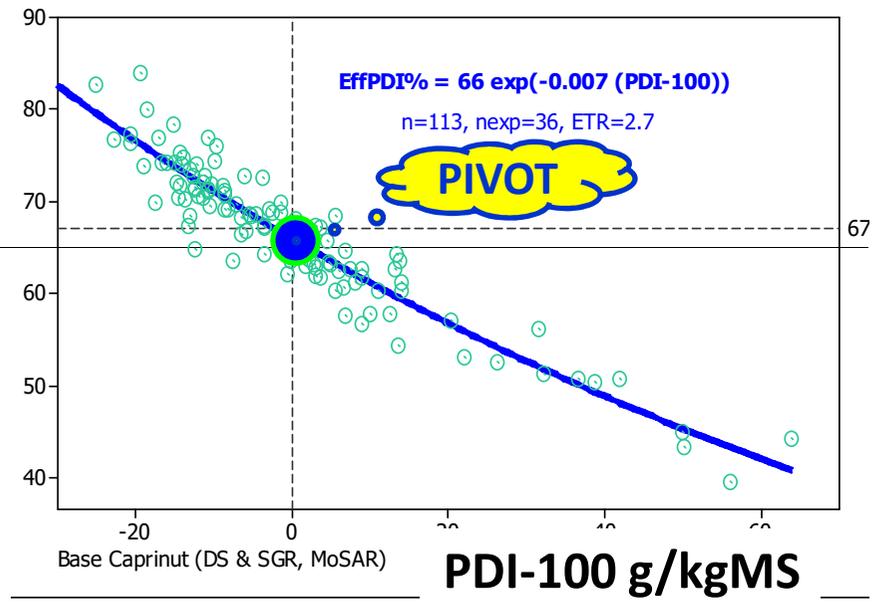
# Variations de l'efficacité des PDI en fonction de la concentration du régime chez les femelles laitières

VACHES

CHEVRES



Efficacité des PDI pour  
Les protéosynthèses %



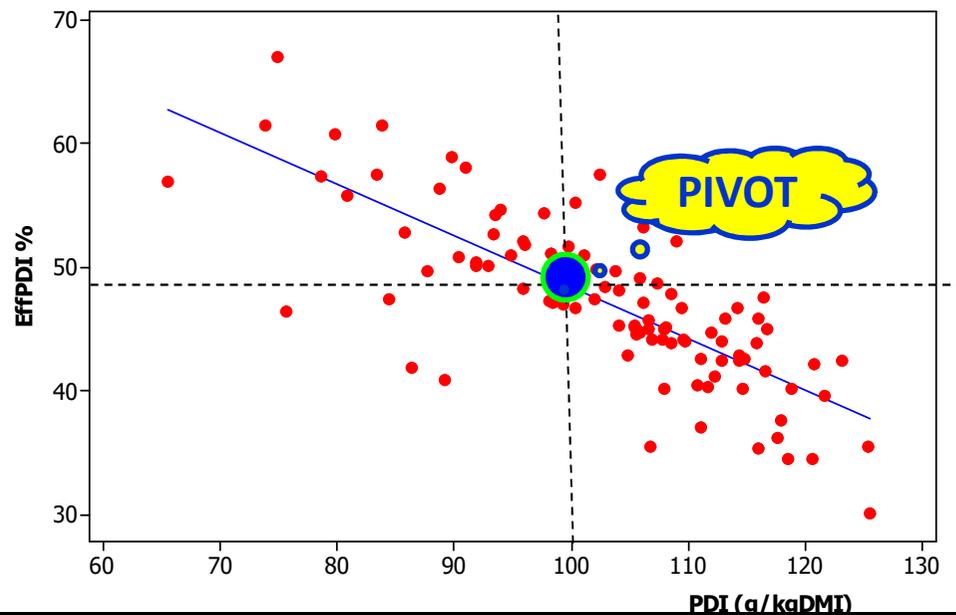
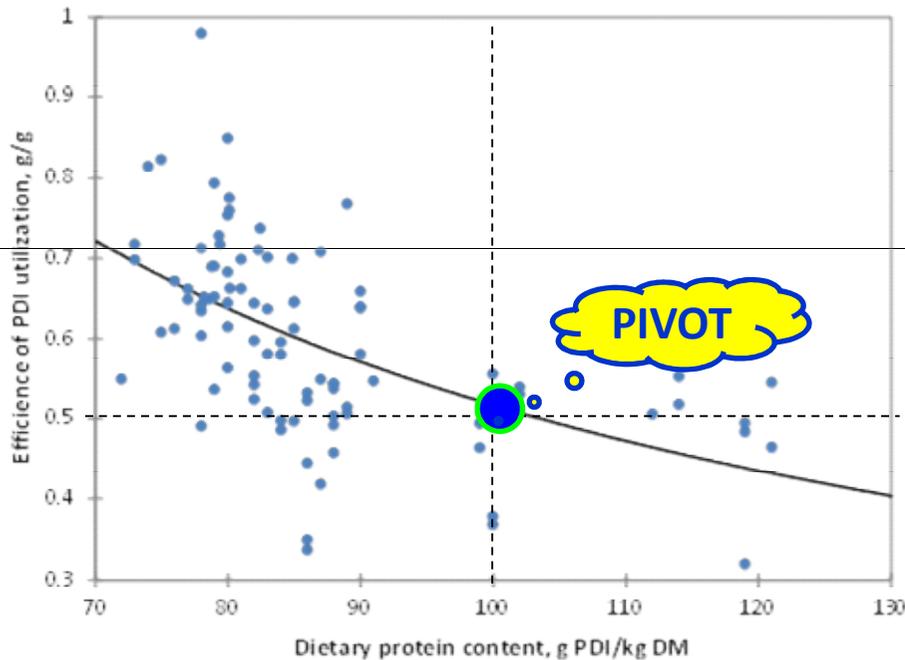
100 g PDI/kgMS → PDLeff = 67%  
 Brebis laitières EffPDI=58%



# Variations de l'efficacité des PDI en fonction de la concentration du régime chez les animaux en croissance

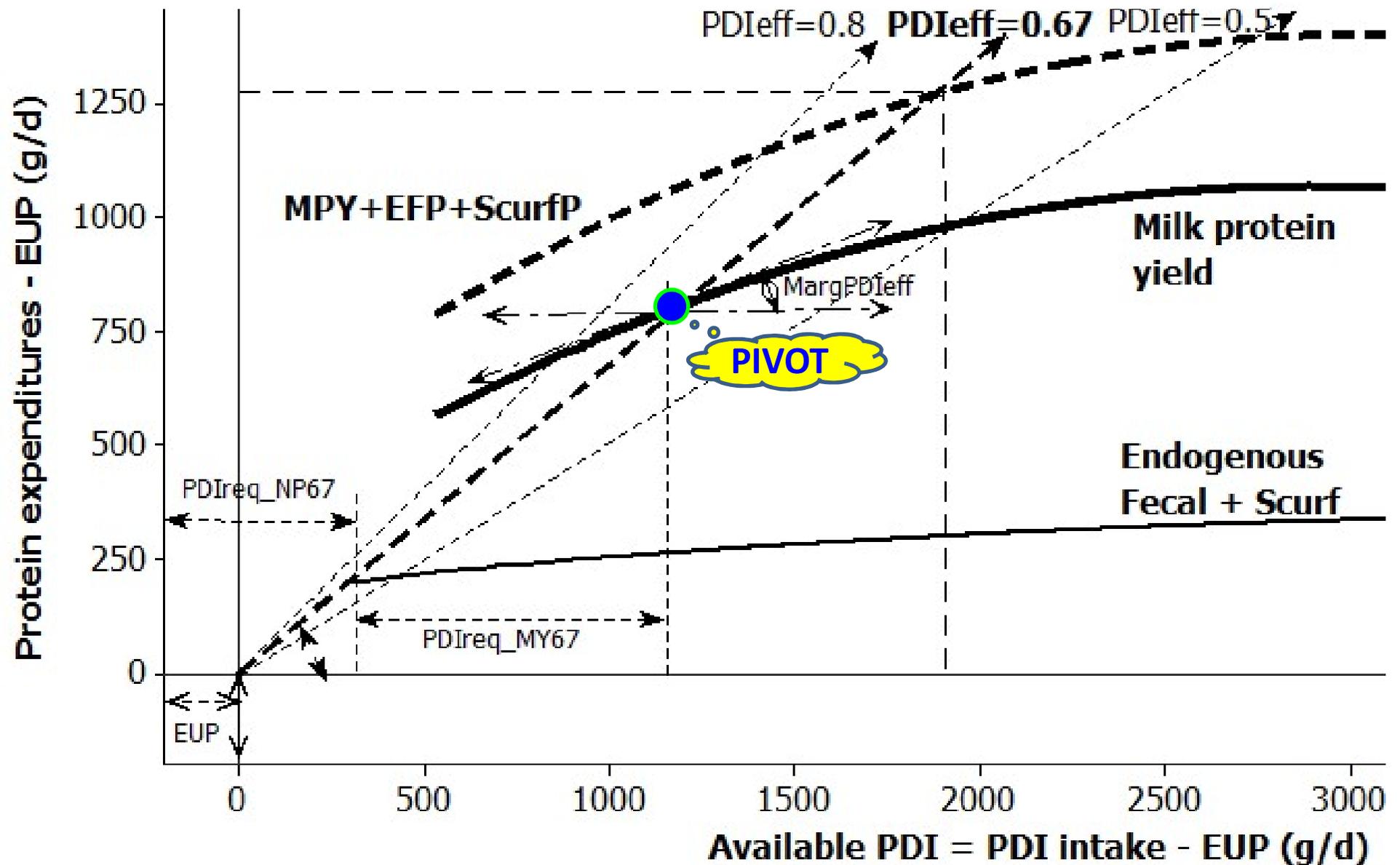
## Bovins

## Ovins



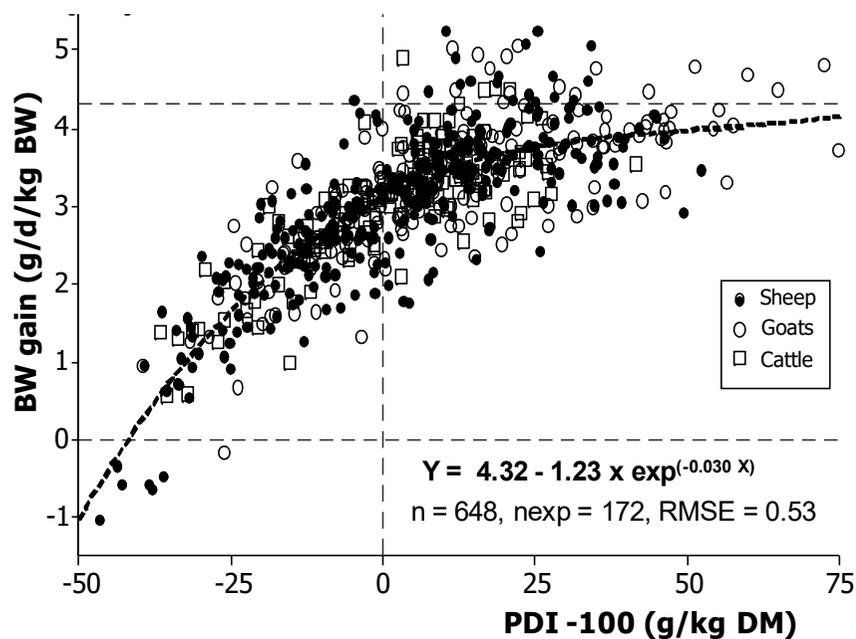
100 g PDI/kgMS → PDLeff = 50%

# Réponses protéiques aux apports de PDI disponibles, — efficacités moyenne et marginale

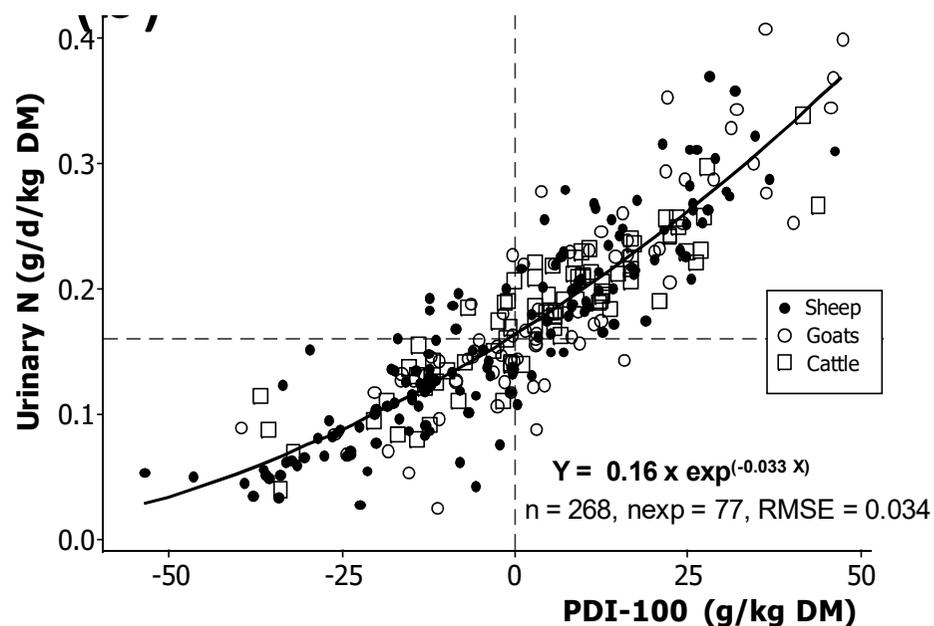


# Influence de la concentration en PDI sur la croissance et les rejets N urinaires chez les ruminants en conditions chaudes

## Croissance



## Rejets Nurine



# Factorial prediction of urinary N excretion

$$1. \approx 0.7 * N_{RuProBal}$$
$$2. N_{PDI} * (100 - PDLeff)/100$$

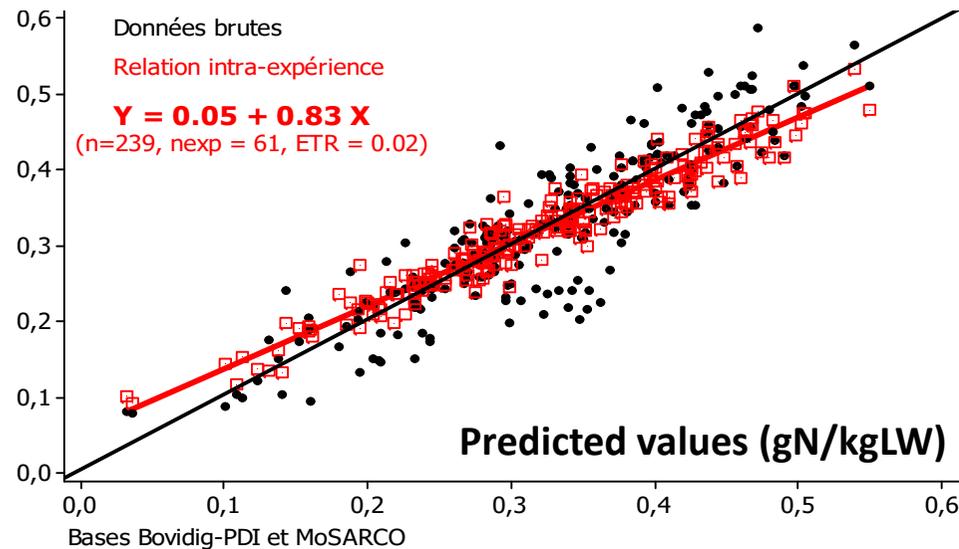
$$3. N_{EndUr} = f(BW)$$

$$4. N_{Puric} = f(N_{Mic})$$

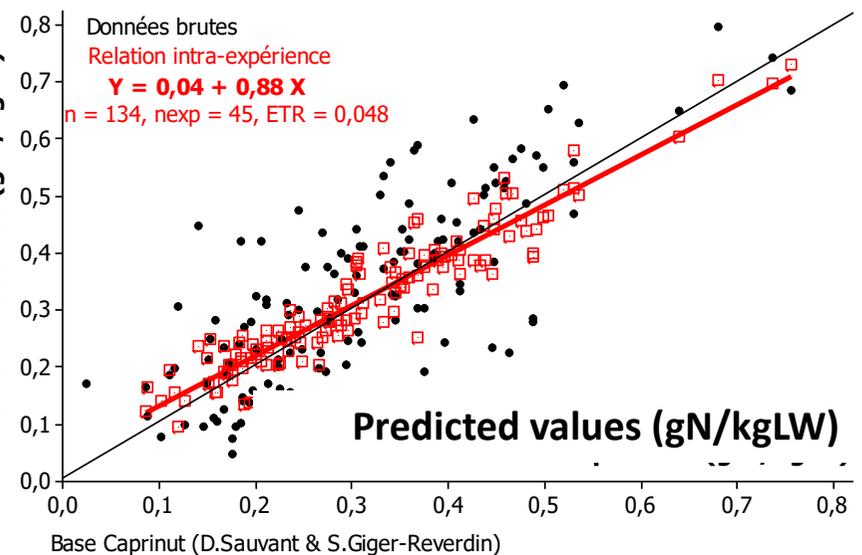
$$5. 0.47 * N_{Bal}$$

# Factorial prediction of urinary-N losses

## COWS



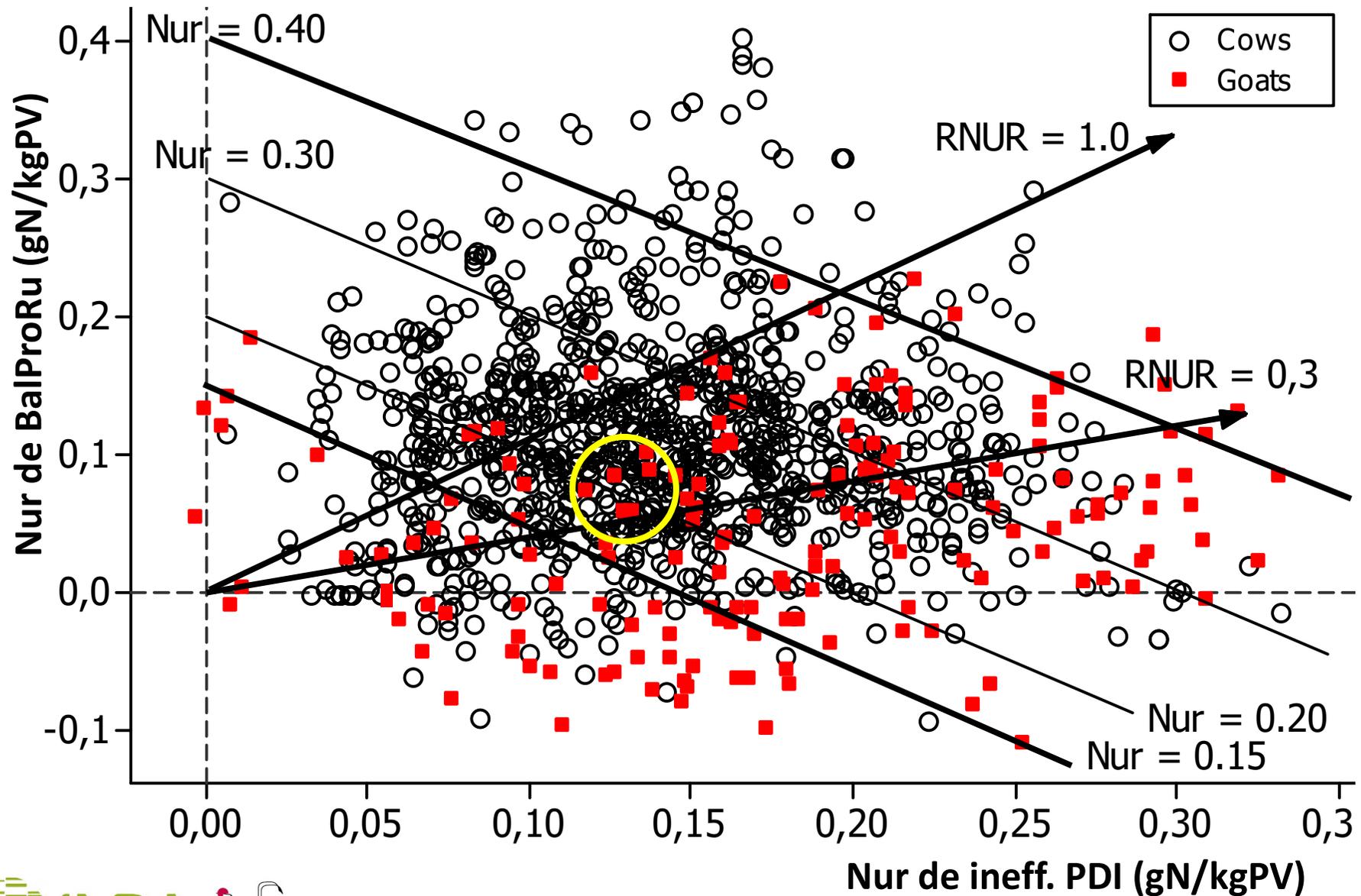
## GOATS



Actual values (gN/kgLW)

Predicted values = f(RPB, IneffPDI, LW...)

# Diagnostic de la nutrition azotée



# 12. Efficience de l'Energie Métabolisable en Energie Nette

$$EN = EM - \text{Production de Chaleur}$$

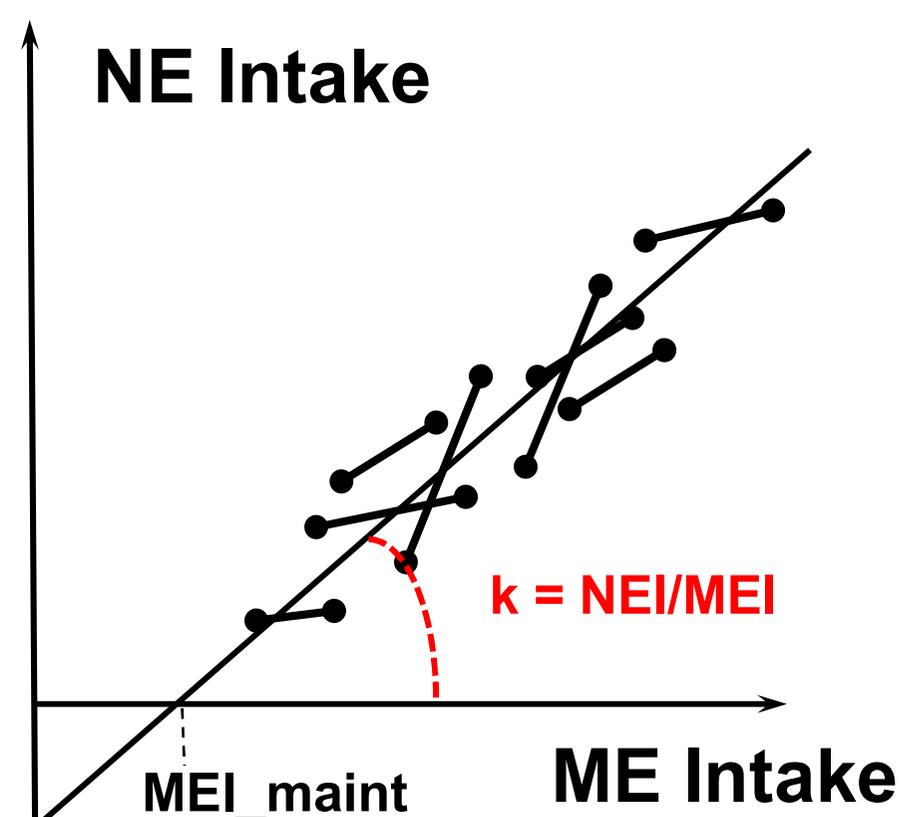
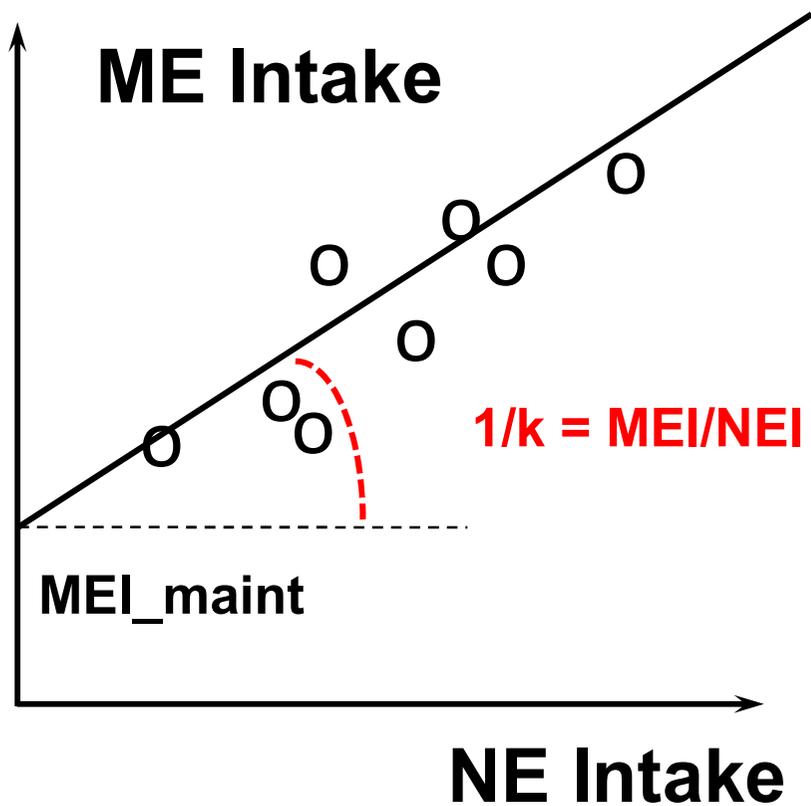
$$\text{ou } EN = k \times EM$$

$$\text{avec } k = f(q=EM/EB)$$

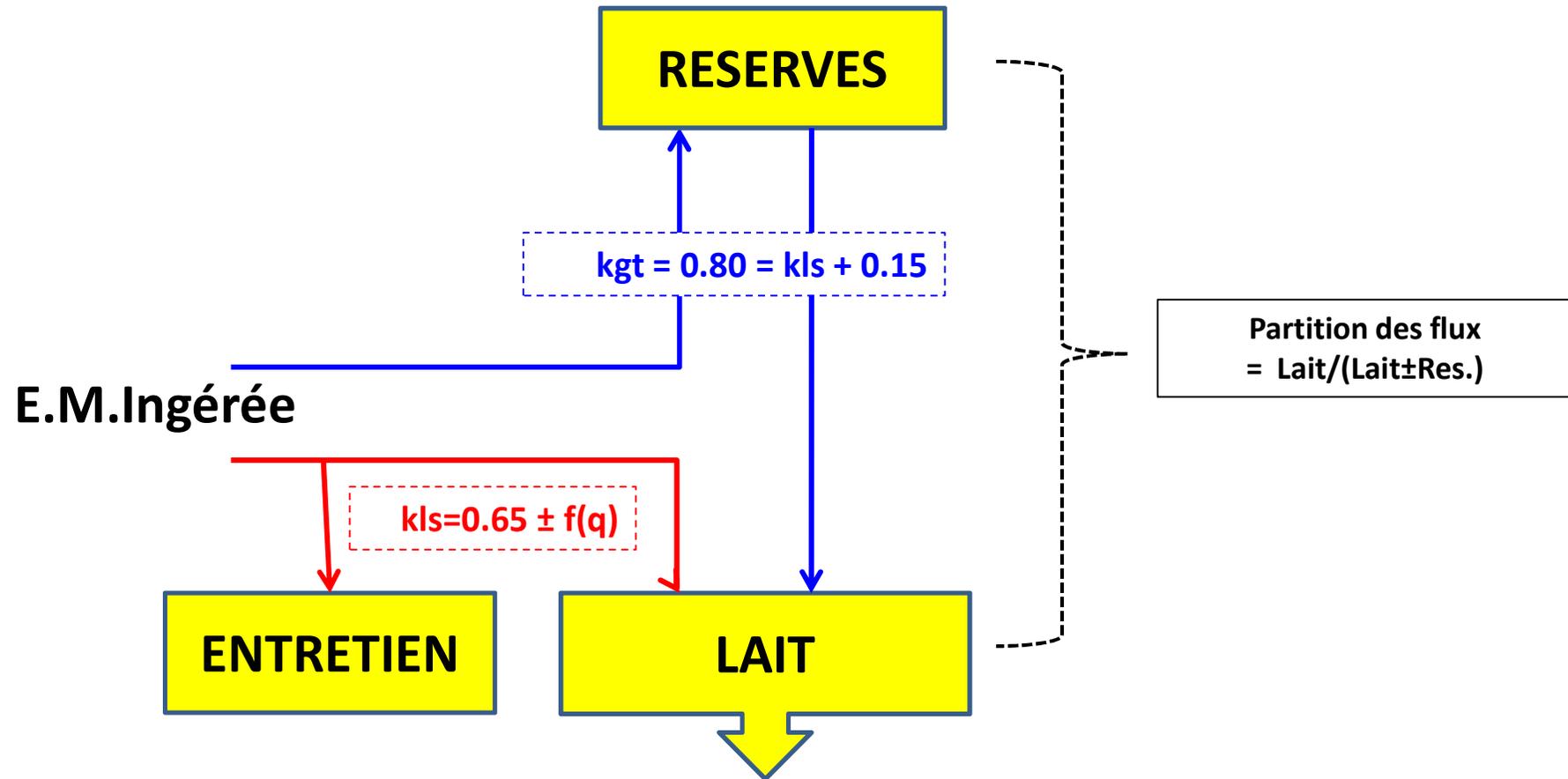
# Splitting the responses among and within the experiments for energy use

(a) « Requirement » approach  
Inter-experiment  
1 point = 1 experiment

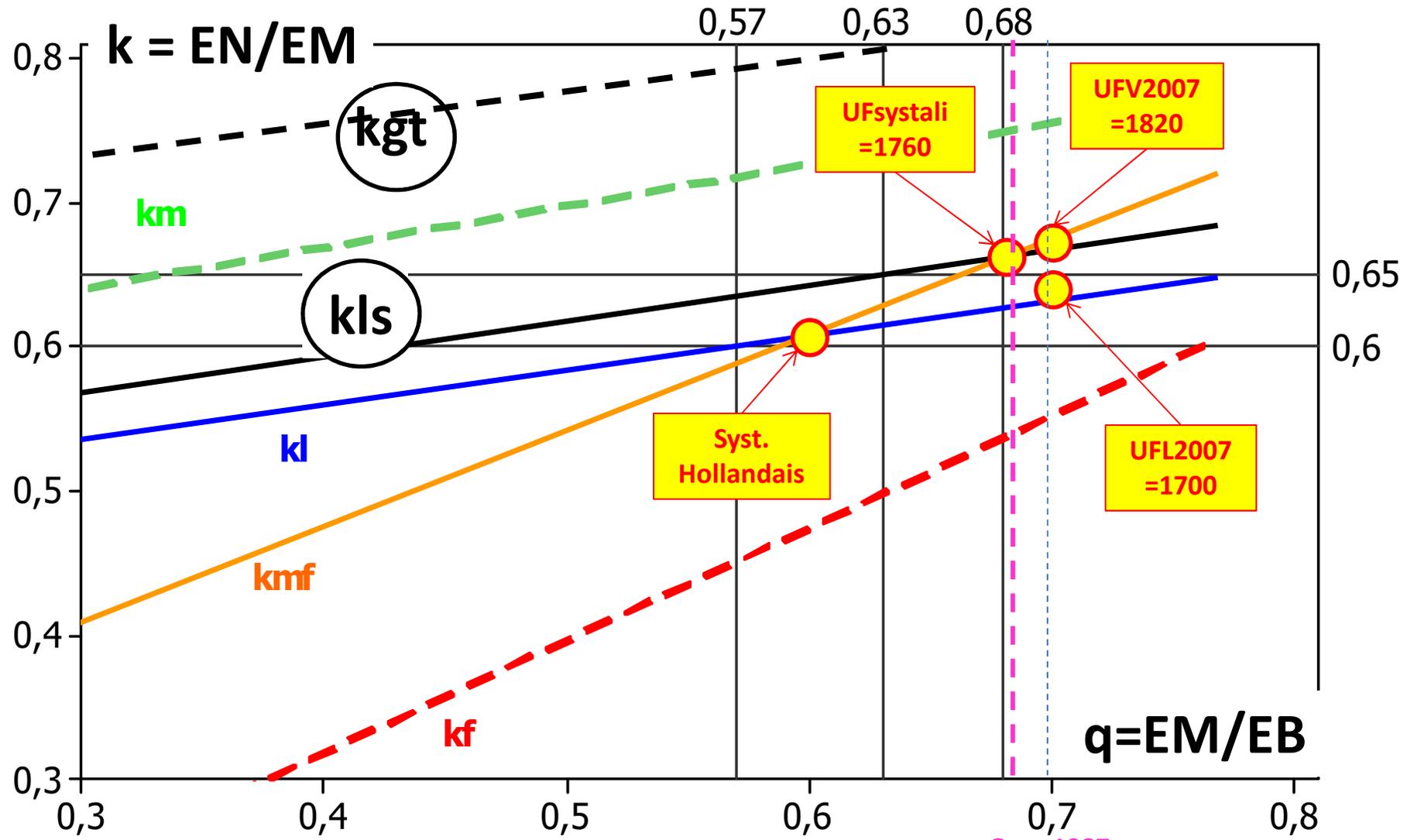
(b) « Response » approach  
Intra-experiment  
1 point = 1 treatment



# Effacité de l'utilisation de l'Energie Métabolisable ingérée chez la femelle ruminant



# Bases du choix des UFL & UFV ?



# Effacité de l'utilisation de l'Energie Métabolisable ingérée chez le ruminant en croissance

1. Apports croissance rapide:

$$kmf = (km \times kf \times 1.5)$$

$$/ (kf + 0.5 \times km)$$

$$km = 0.287 \times q + 0.554$$

$$kf = 0.78 \times q + 0.006$$

→ UFL

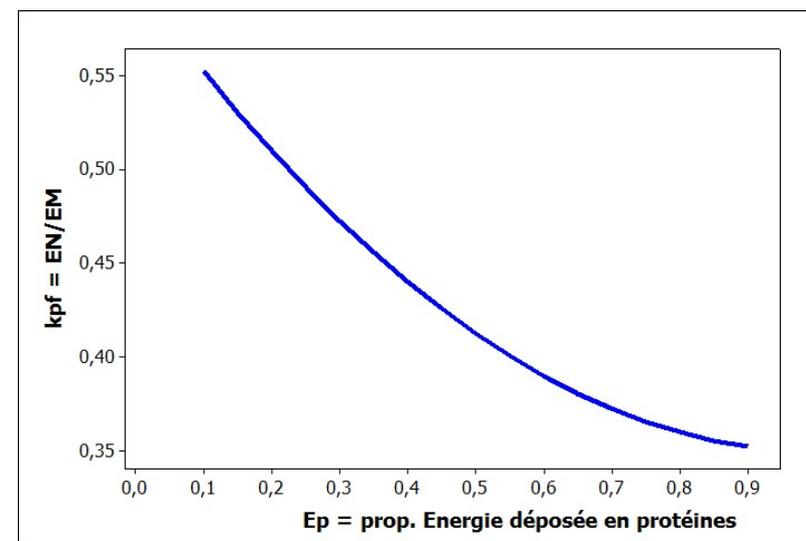
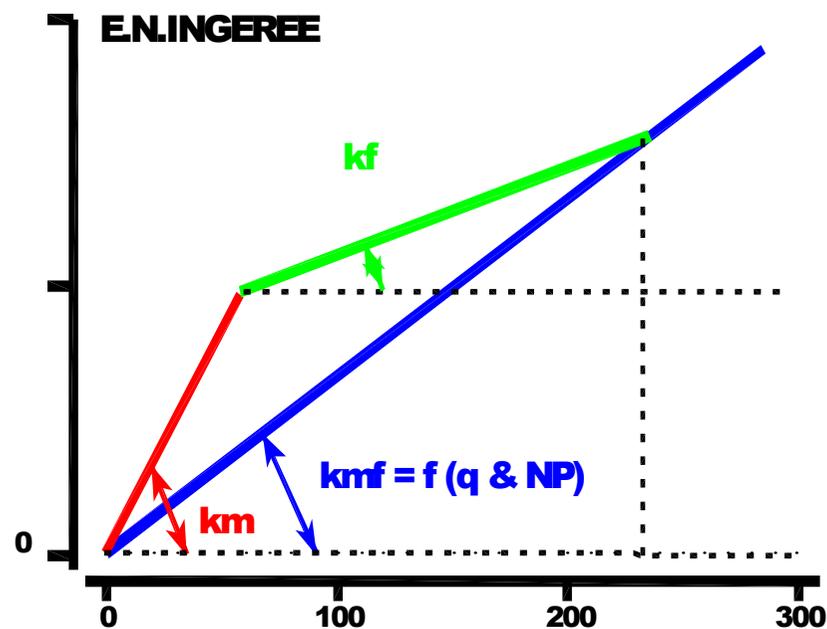
2. Apports croissance lente:

$$kls = 0.65 + 0.247 (q-0.63)$$

→ UFL

3. Calcul du besoin EM pour la croissance:

$$kpf = 0.35 + 0.25 (1-E_p)$$



Le :

# CONCLUSIONS

**Les réponses physiologiques conditionnent les réponses zootechniques**

**-Les 12 innovations présentées permettent de mieux prendre en compte les phénomènes biologiques liés aux réponses**

**-Un ensemble cohérent d'équations rénovées permet de mieux prédire les apports PDI et UF.**

**-Des prédictions des flux de nutriments absorbables et de leurs profils sont disponibles (pour information).**

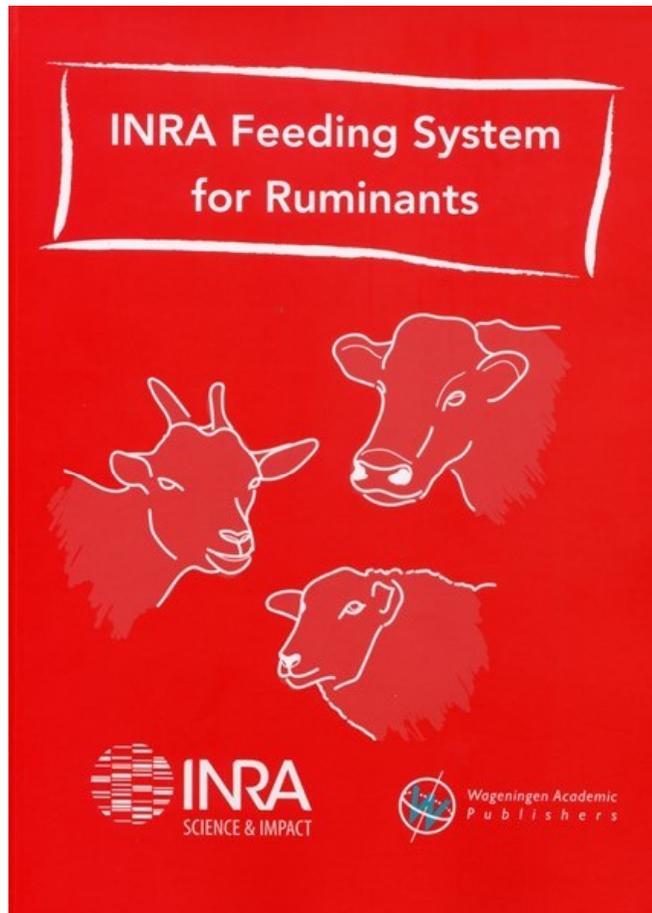
**-l'accroissement des phénomènes pris en compte et l'amélioration de la précision induisent une certaine complication compensée par les applications informatiques**



D.Sauvant & P.Nozière: Journée INRA – AFZ . Paris . 11 avril 2018

# Le système d'alimentation INRA 2018

---



**Merci pour votre attention**