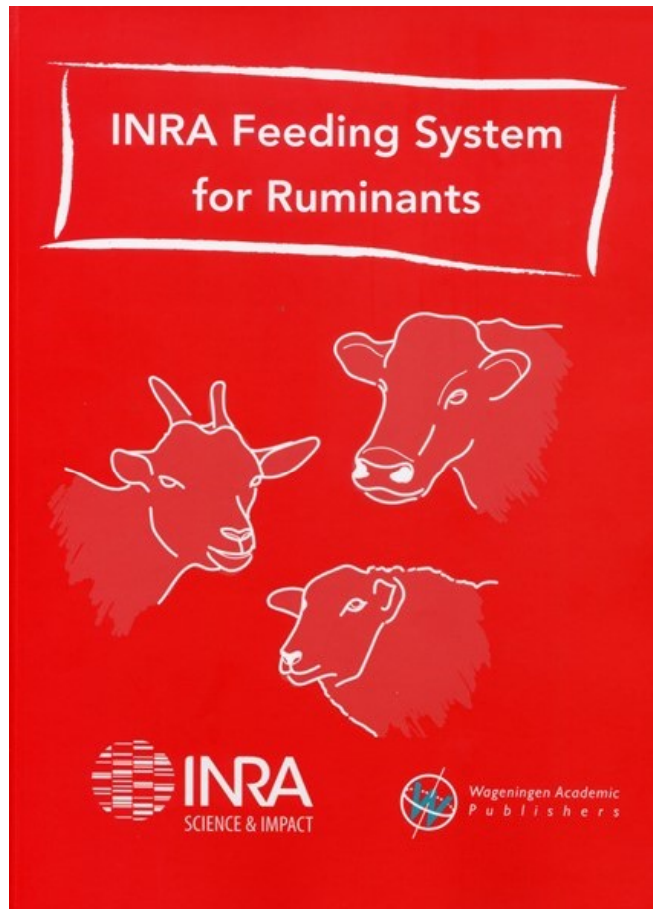
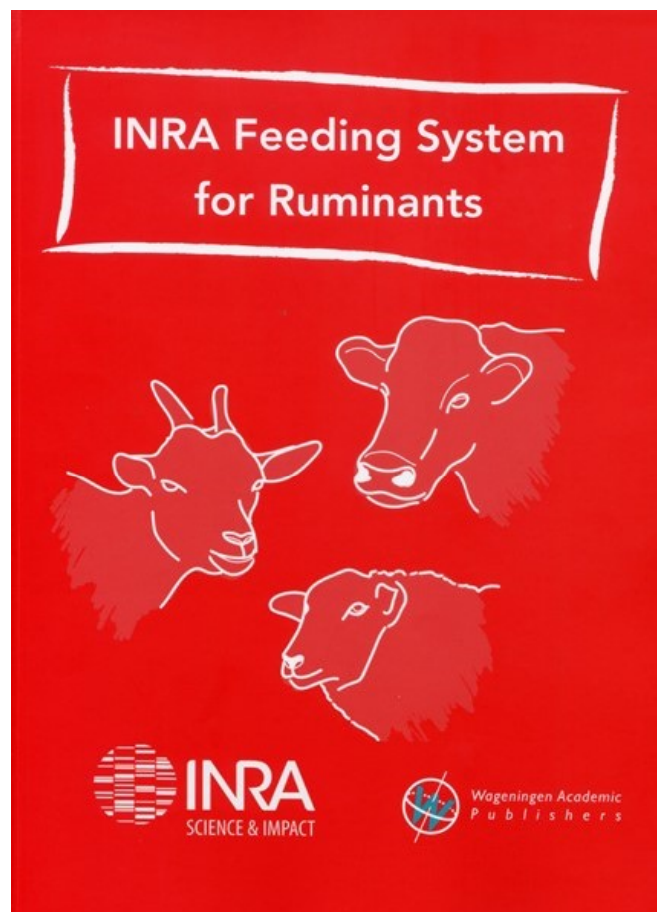


Restitution du projet 'SystAli'



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.

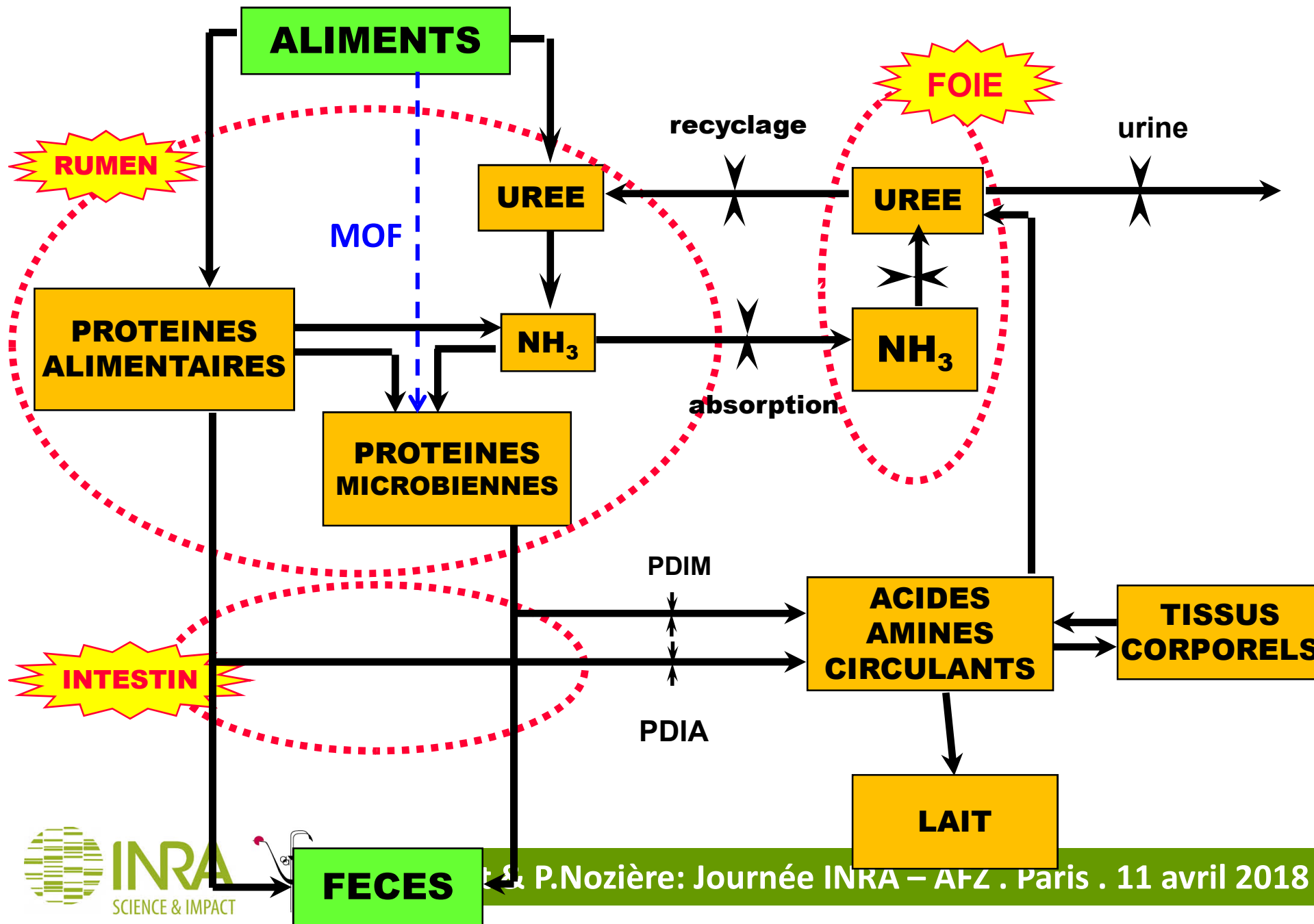
QUELS DEFIS ?

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

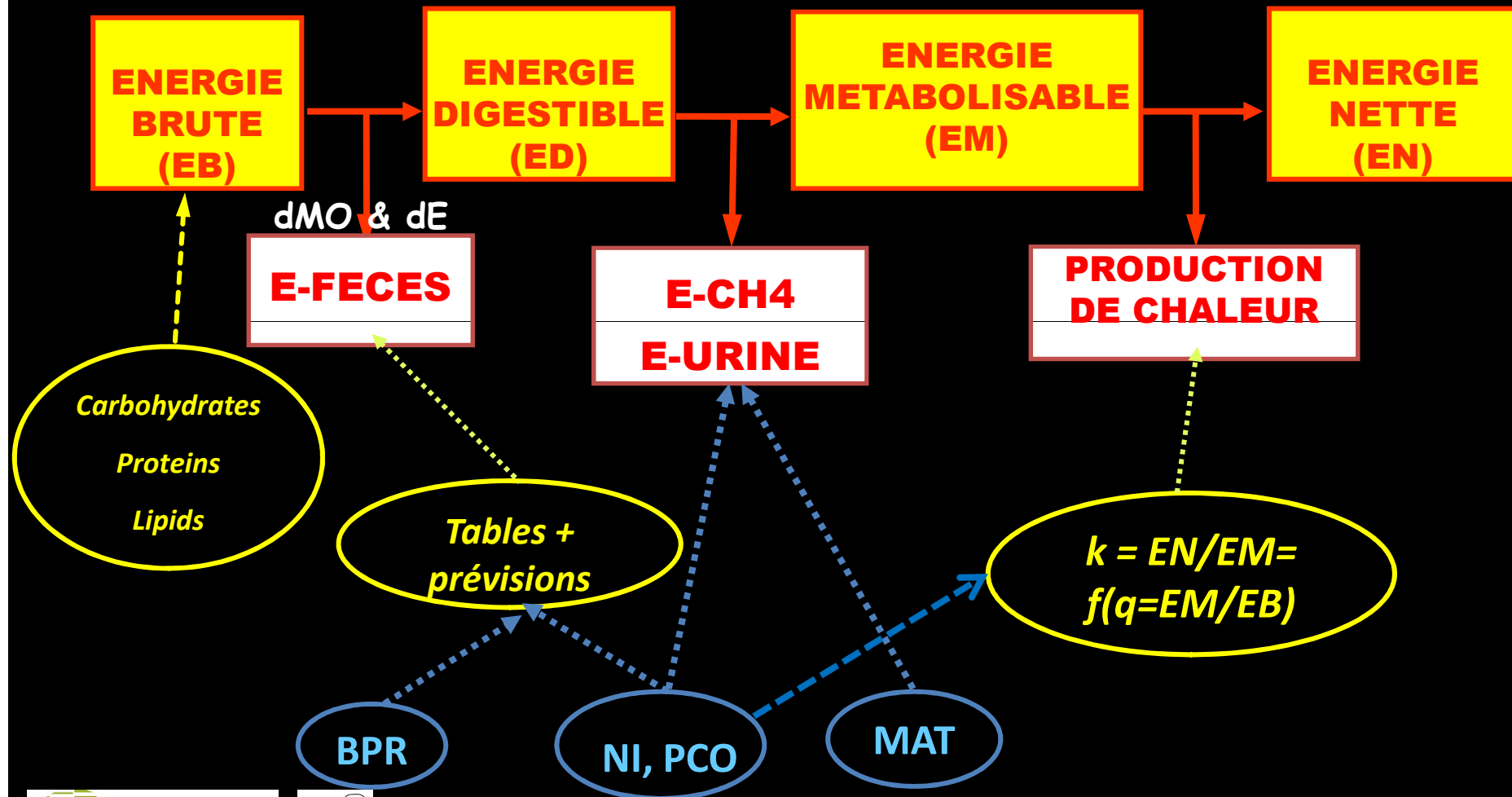
**2.Chercher à modéliser leurs variations à partir de
composantes alimentaires**

**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

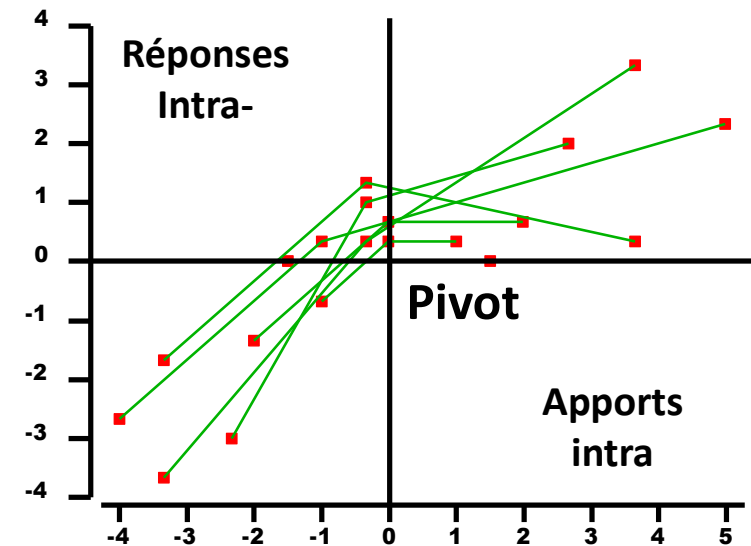
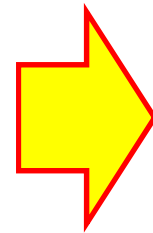
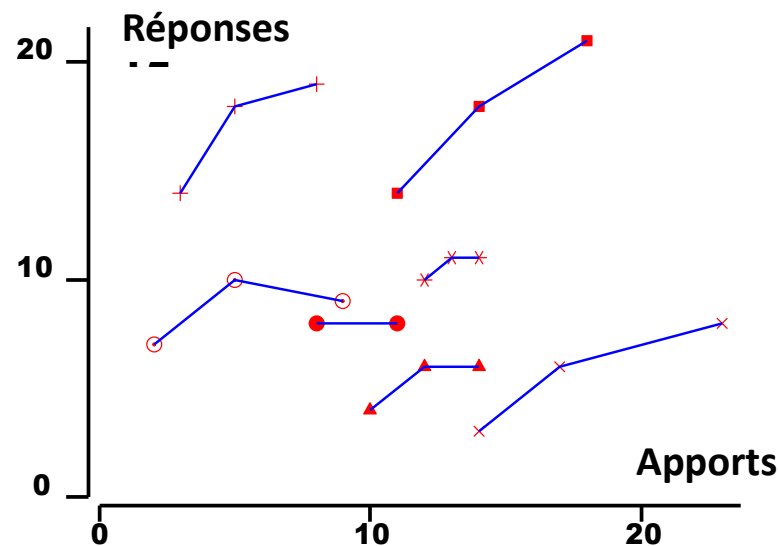


LES PRINCIPAUX FLUX D'UTILISATION DE L'ENERGIE CHEZ LES RUMINANTS



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

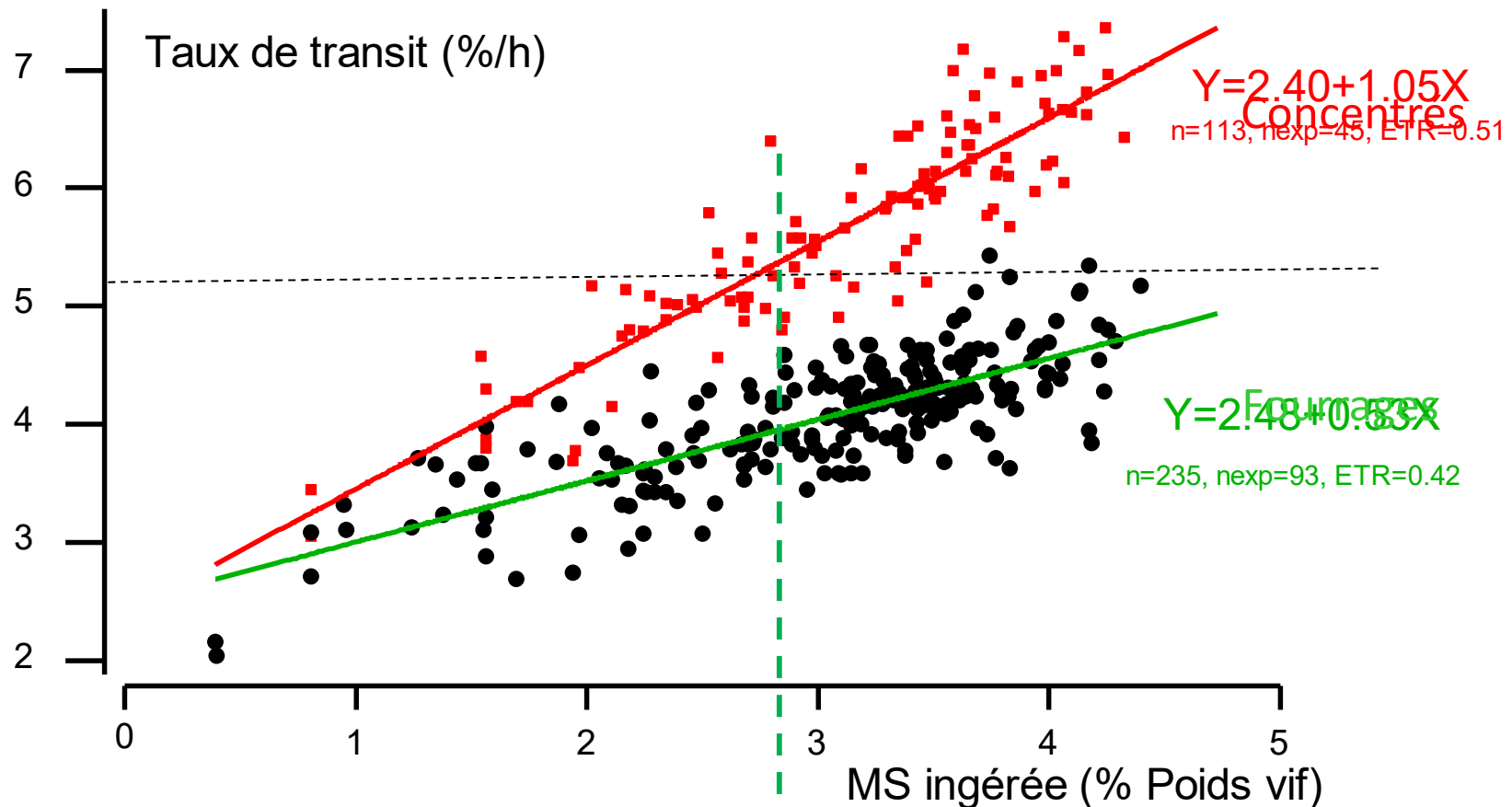
INRA 2007 = constant = $k_p = 6\%/h$

Flux de liquides inexistant

Autres systèmes ?

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

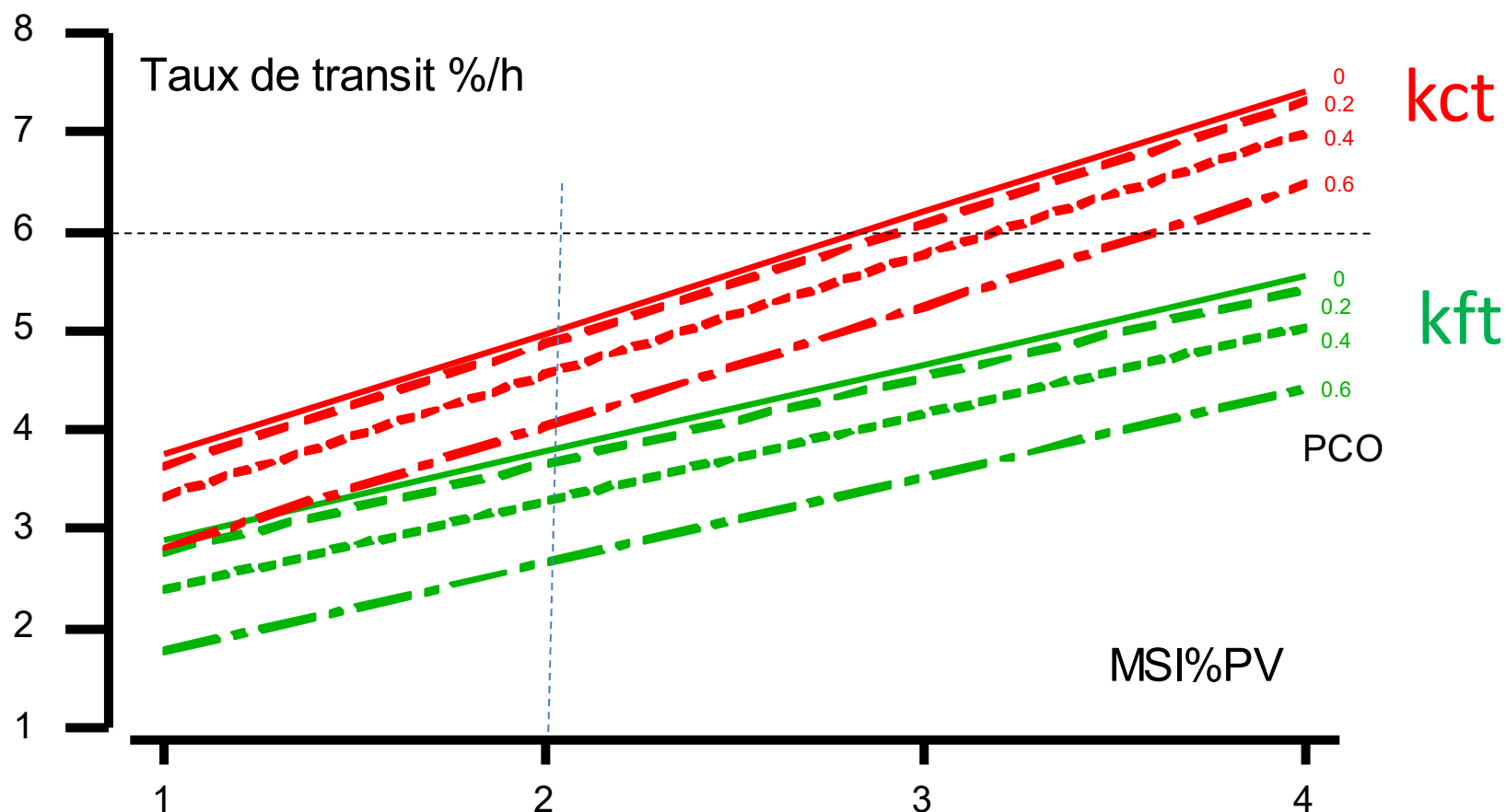
Influences du niveau d'ingestion et des fractions alimentaires sur le taux fractionnaire de transit des bovins



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

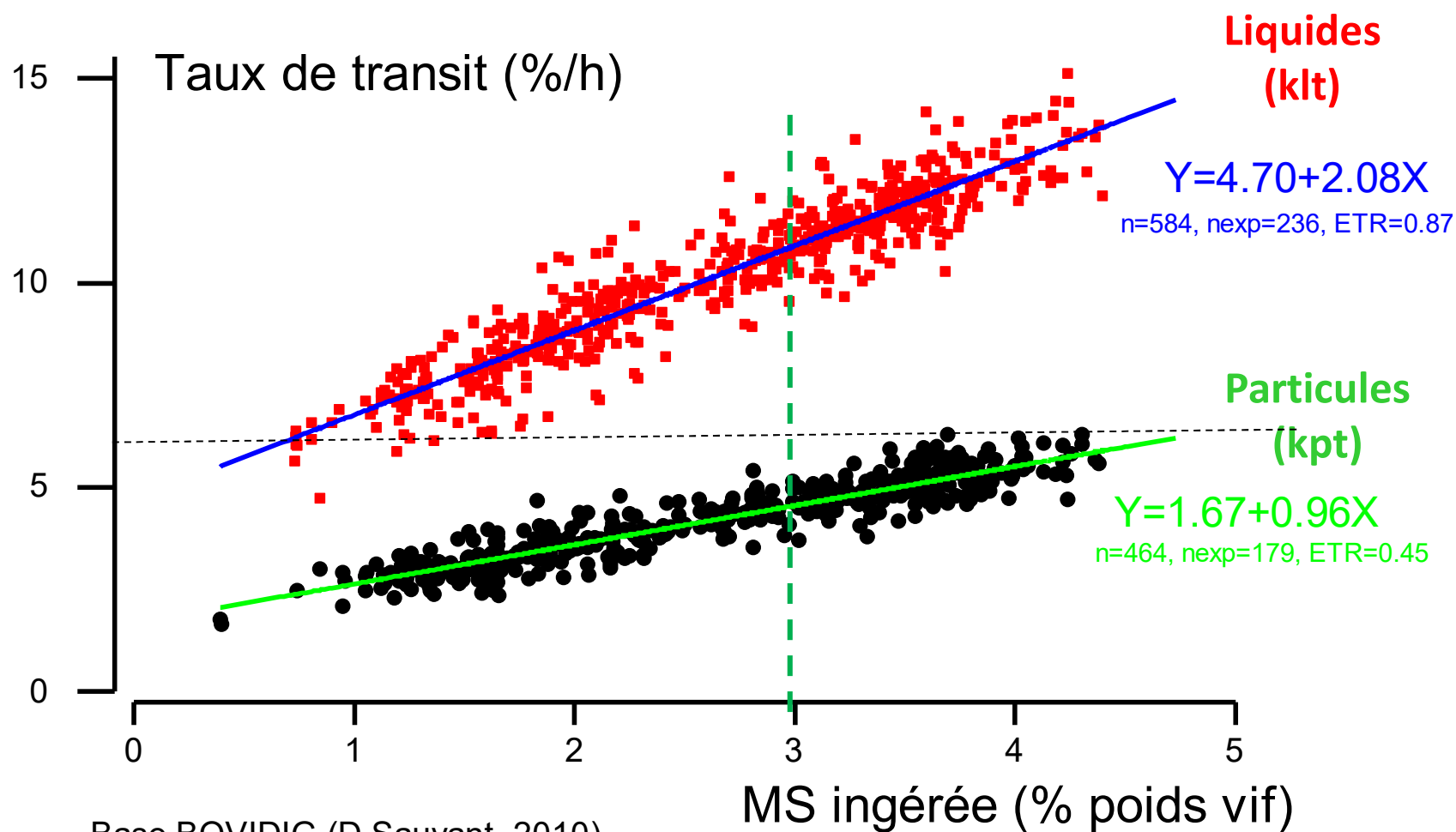


Simulation de valeurs de k_f et k_c en fonction de $MSI\%PV$ et de la proportion de concentré (PCO)



↔ 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*

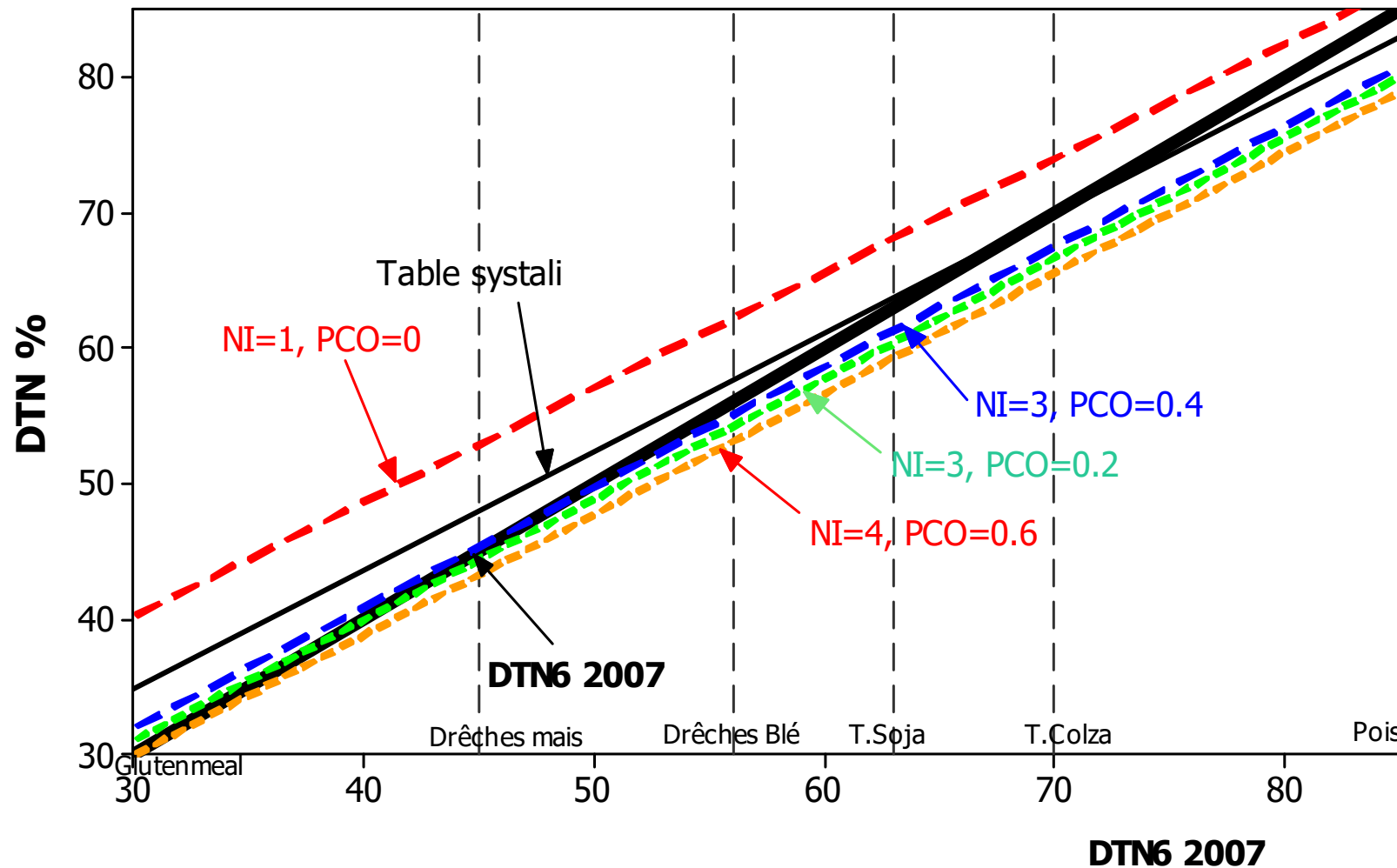
$$DT = a \left(\frac{100}{100 + kl} \right) + b \left(\frac{kd}{kd + kp} \right)$$

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

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

Evaluation *in situ* vs *in vivo* ?

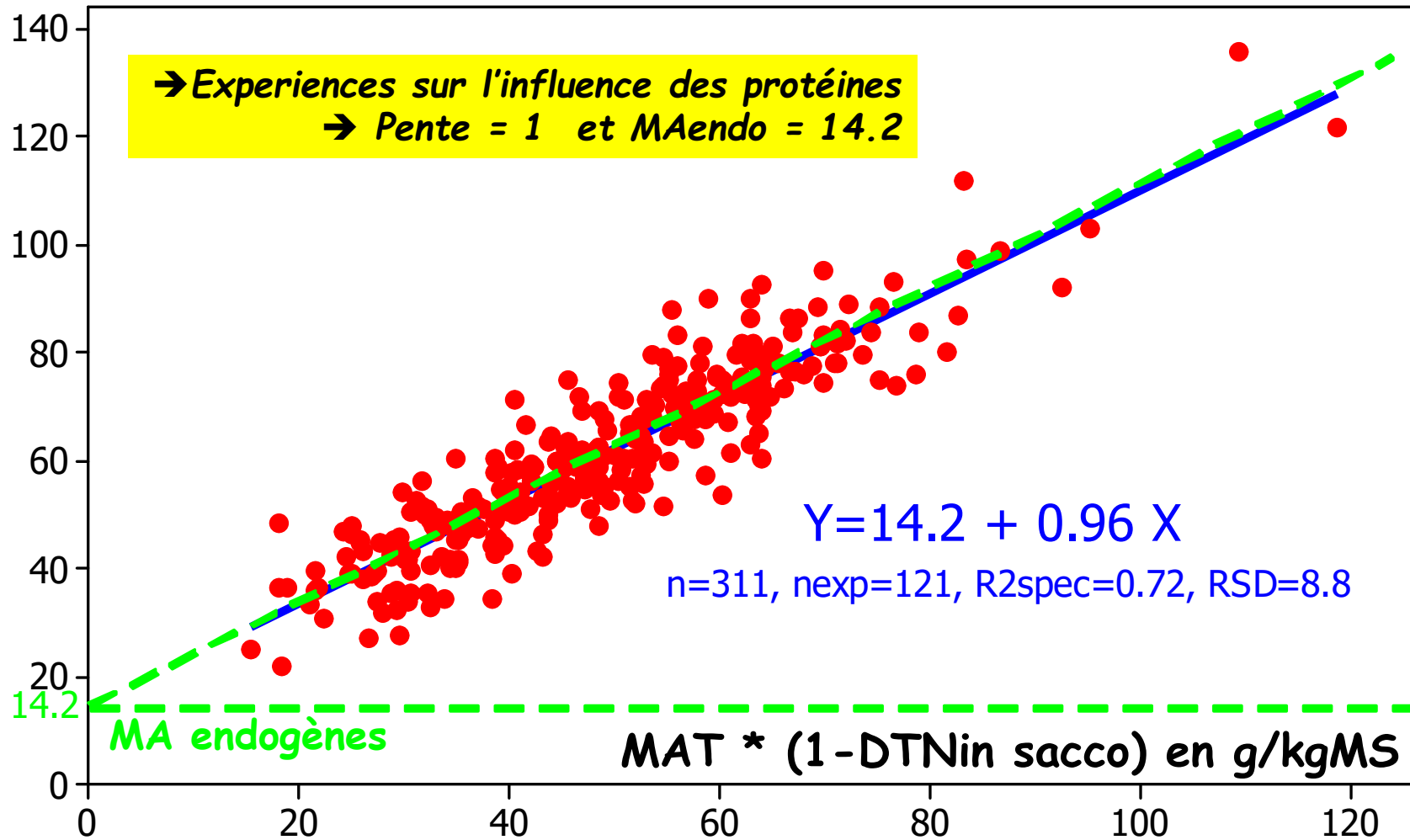
Influence du type de ration sur les valeurs de DTazote



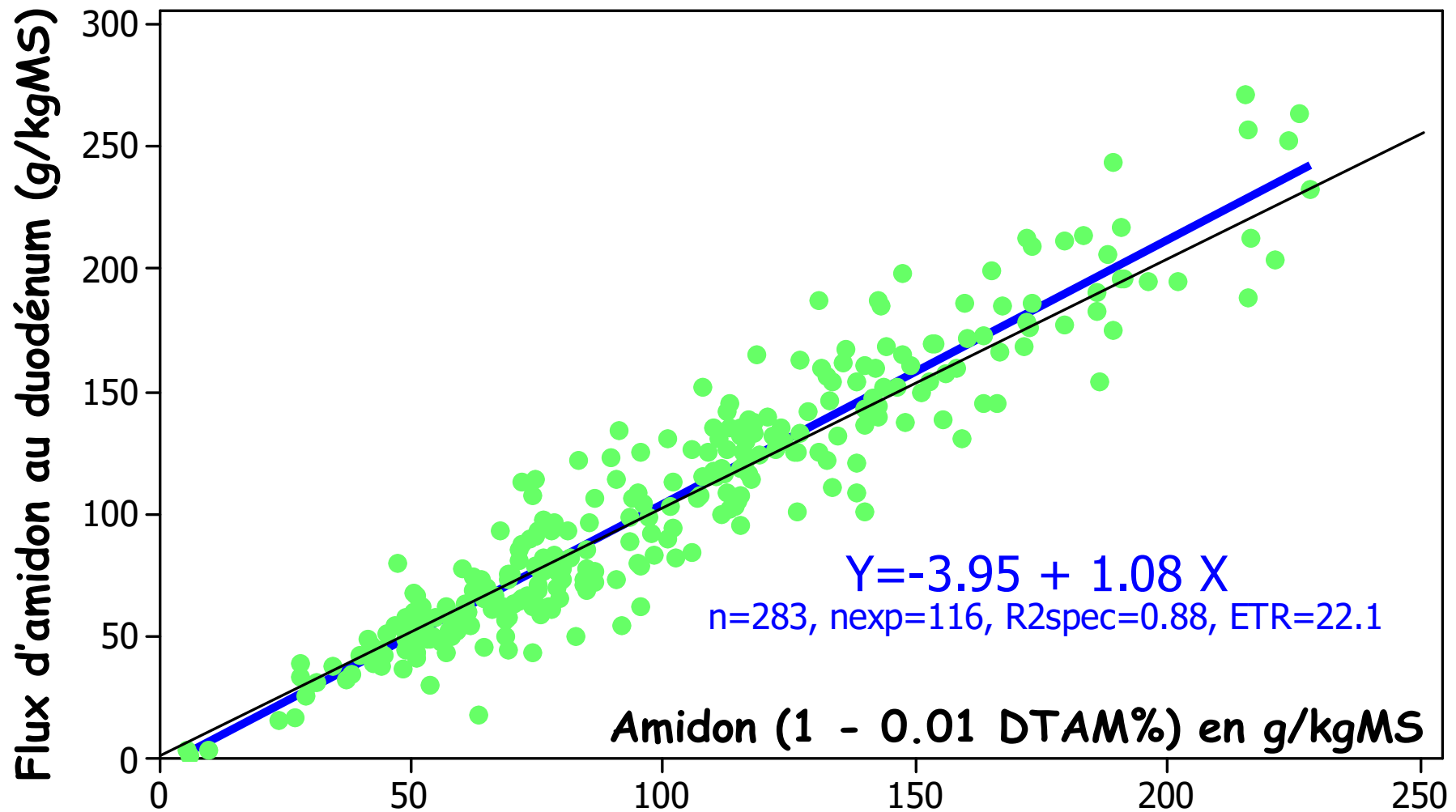
INRA 2018 ⇔ DT%N accrue pour les protéines protégées ⇔ moins de by-pass
et ⇔ DT%N réduit pour les protéines « solubles ».

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:

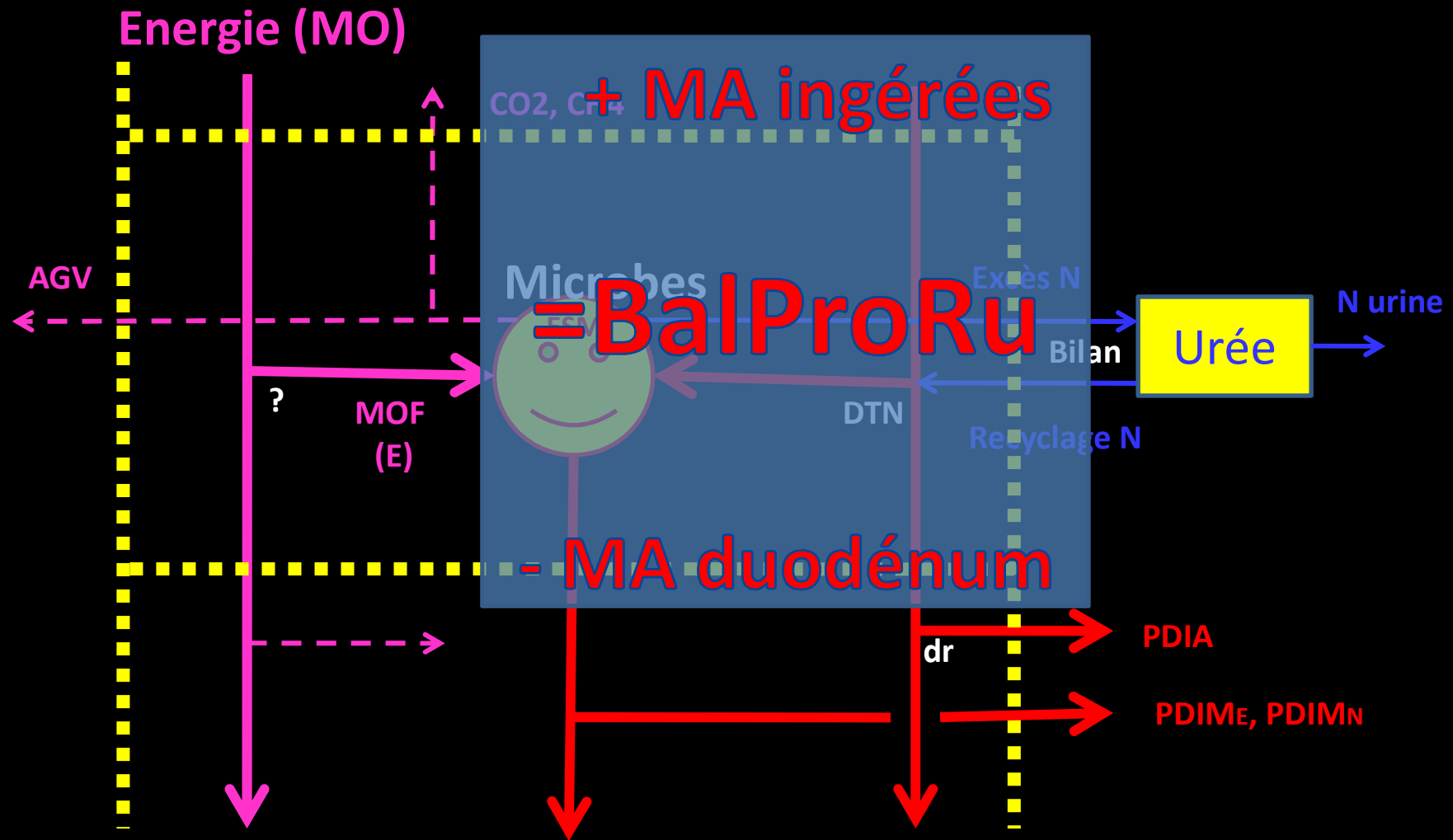
La balance protéique du rumen

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

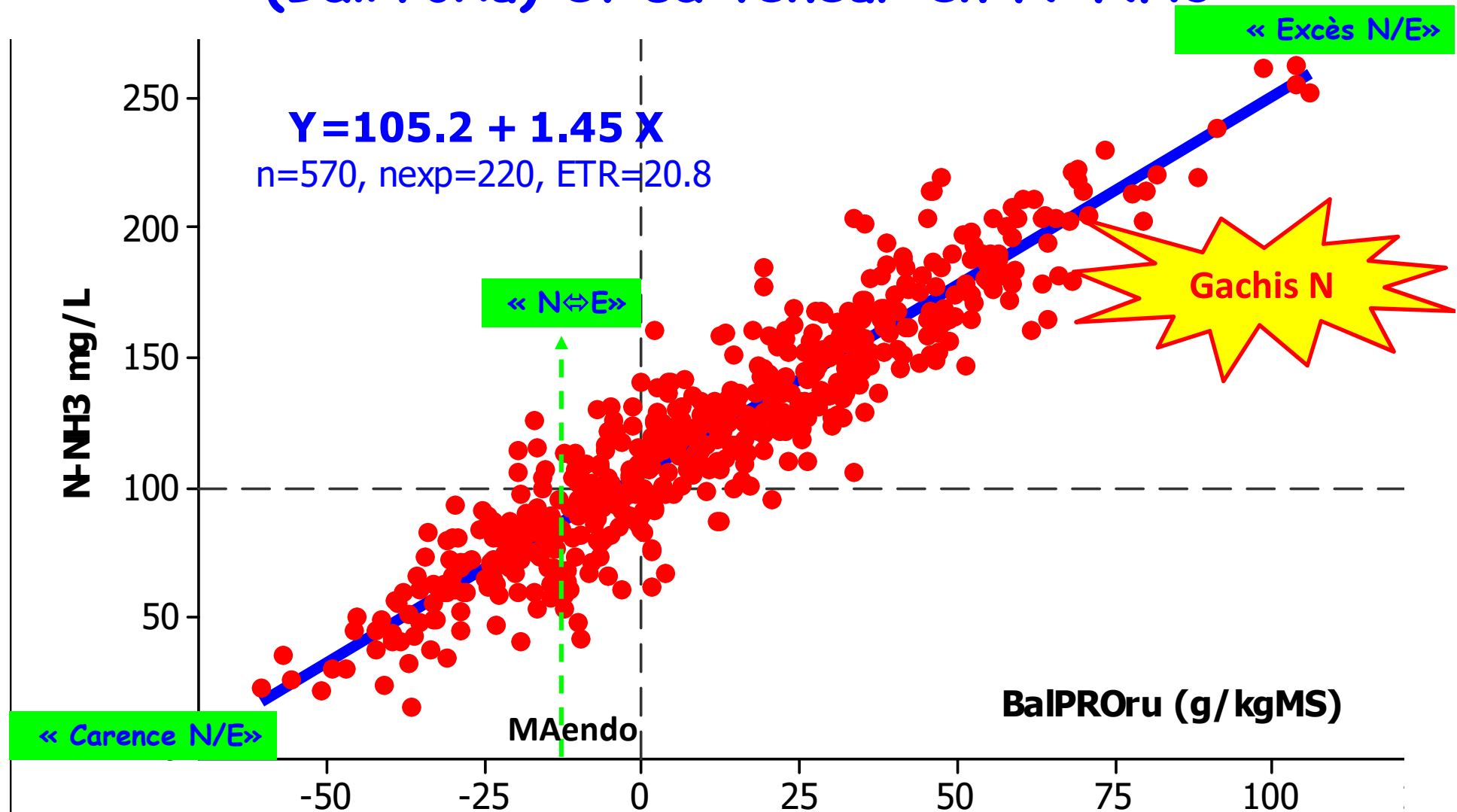
Limites ?

- 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



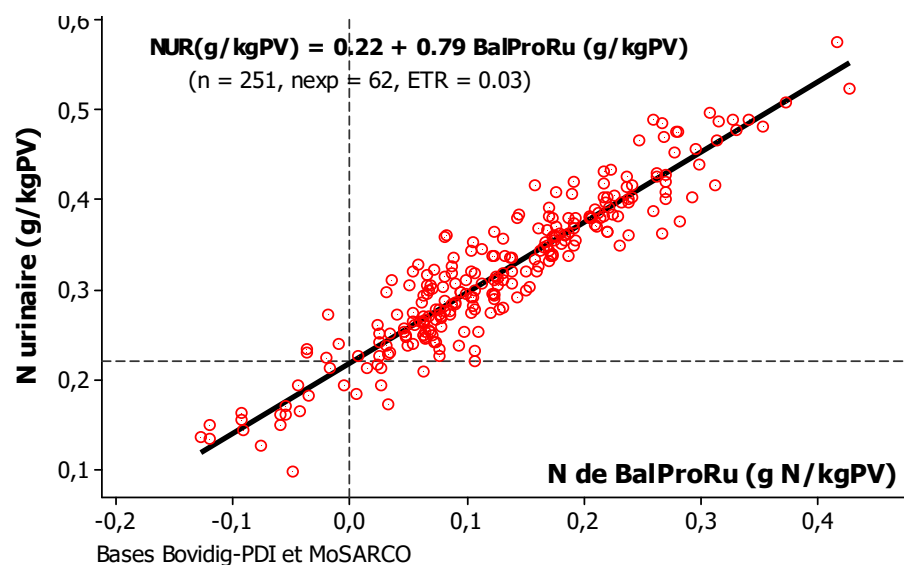
Relation intra entre la balance protéique du rumen (BalProRu) et sa teneur en N-NH3



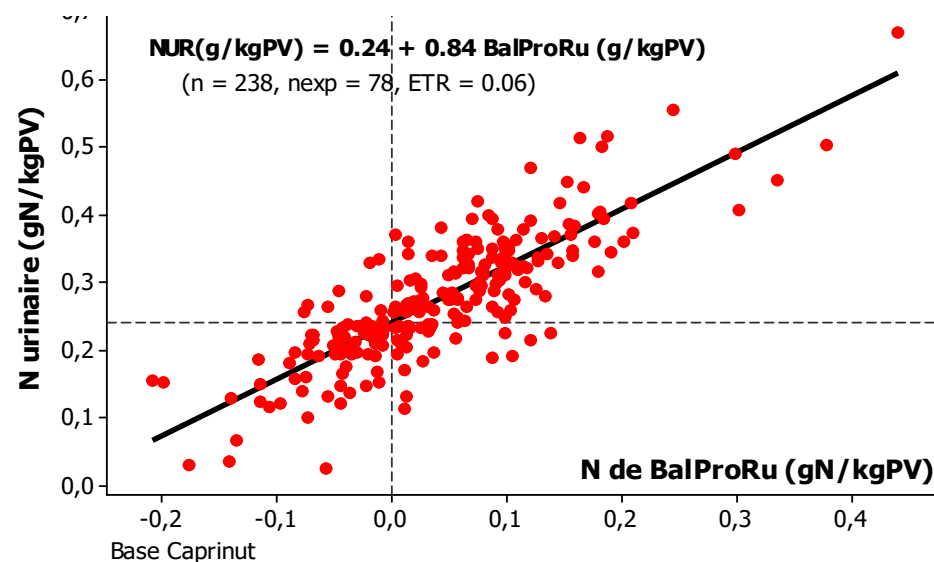
Base Bovidig (D.Sauvant, 2013)

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

VACHES



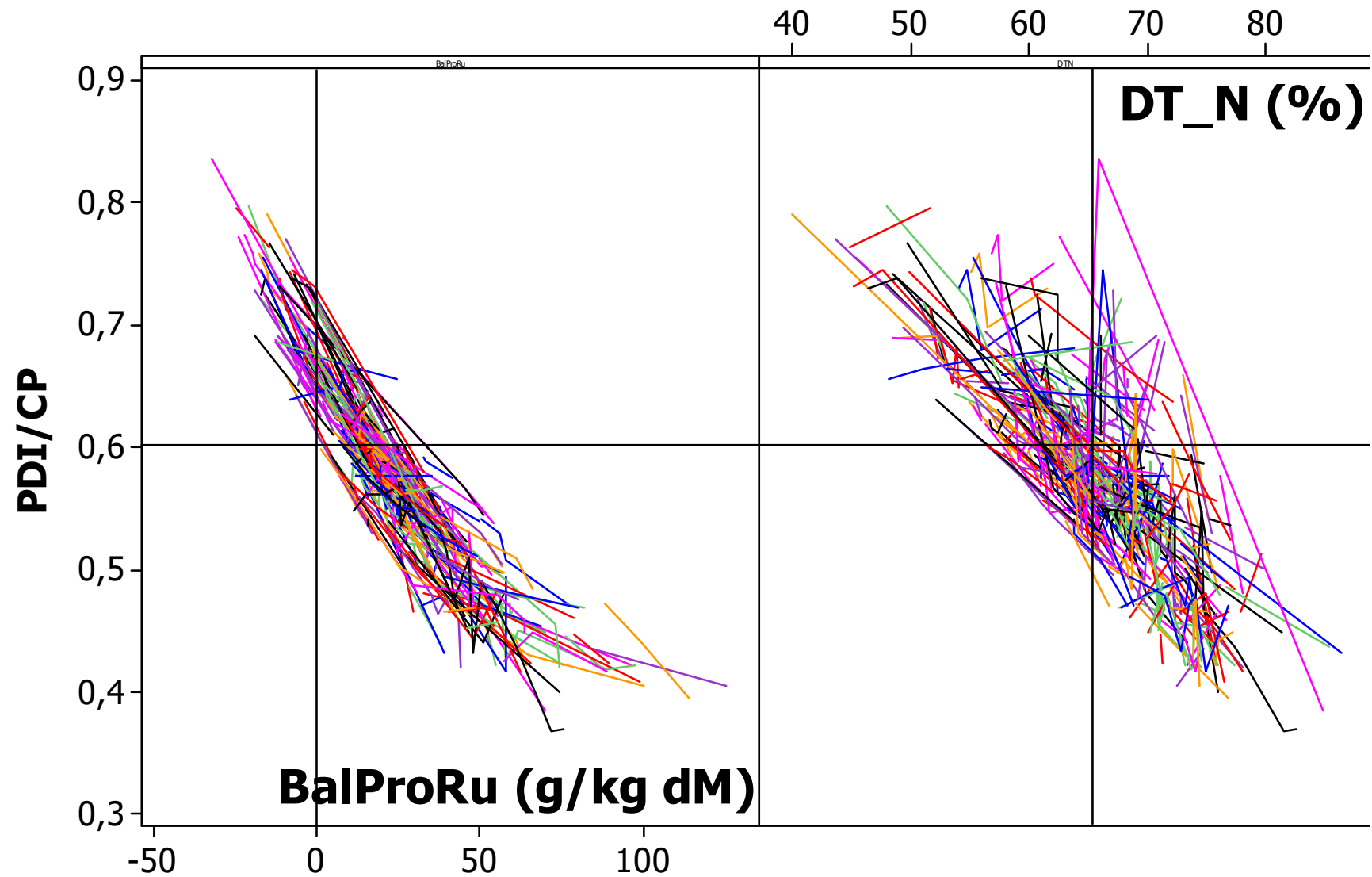
CHEVRES



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



Influence of RPB and DT_N on digestive protein efficiency



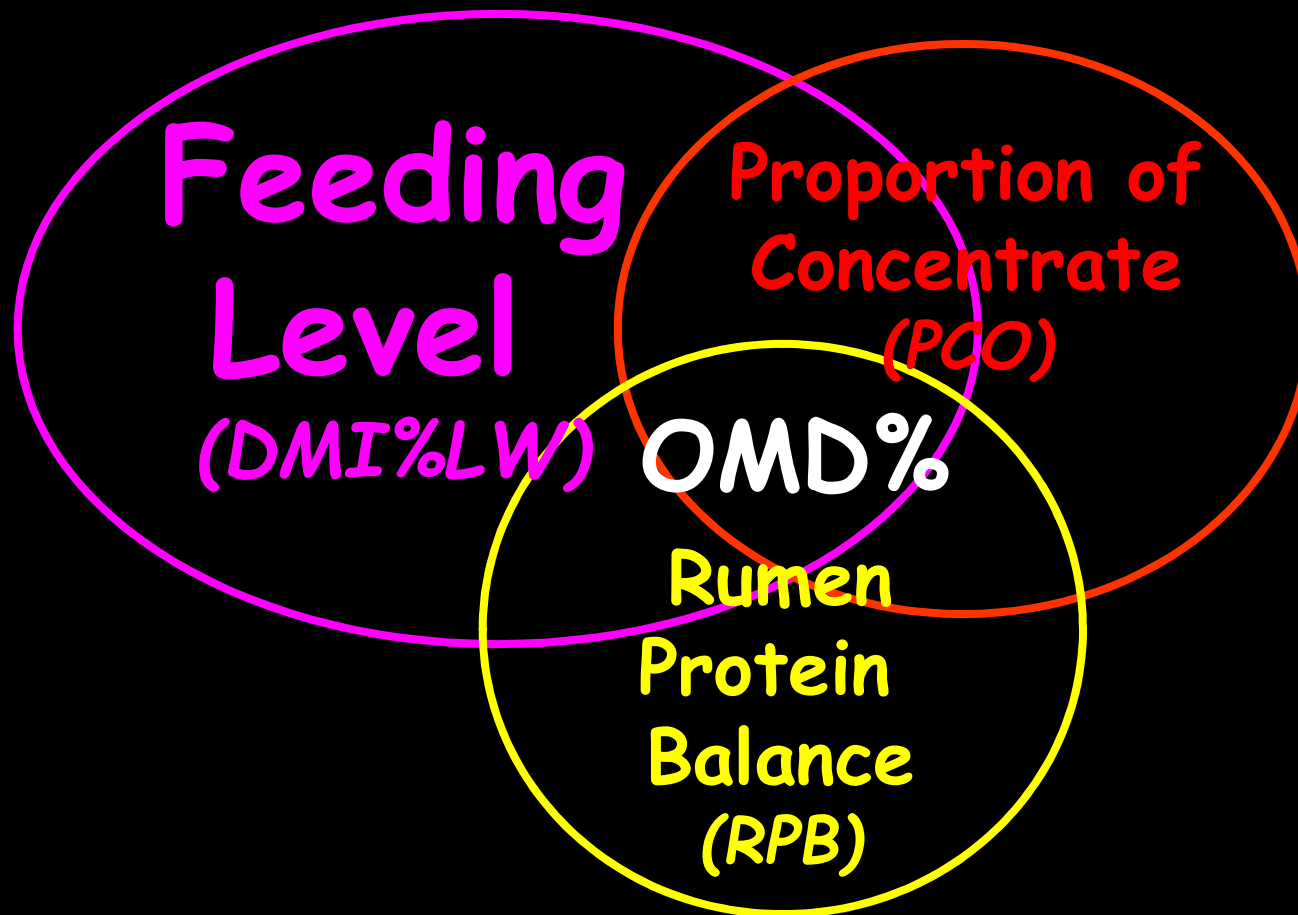
4. Modelisation des interactions digestives

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

Modelling I ?

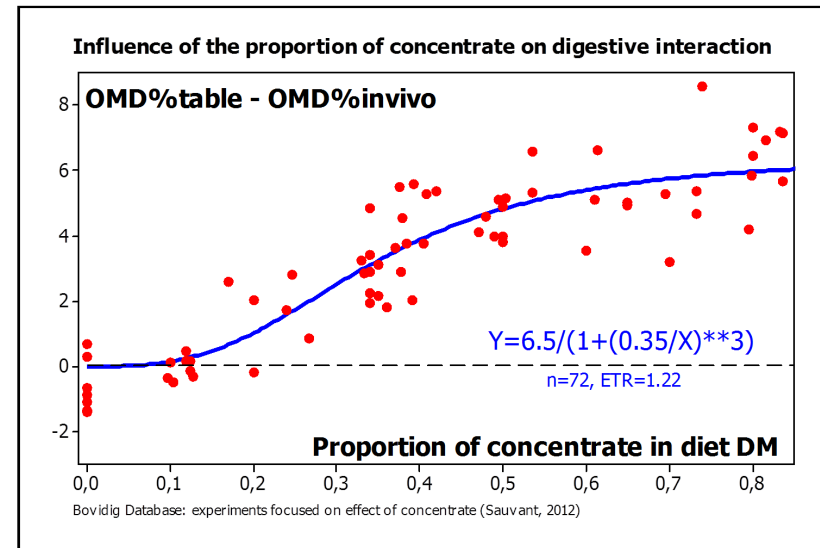
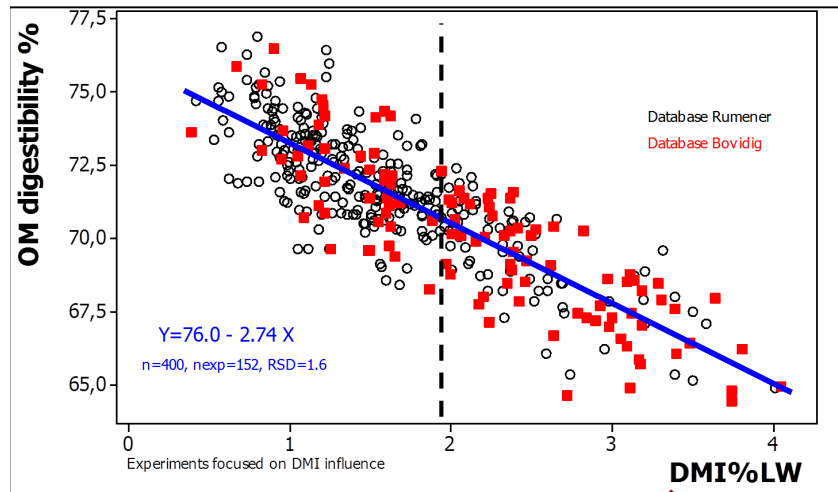
- Major impact : OMD%
- 3 Causes \rightarrow 3 Predictors ?
- Influence of species ?
- Additivity ?

Major causes of digestive interactions altering OM Digestibility ?



→ 3 different data bases focused on these 3 factors

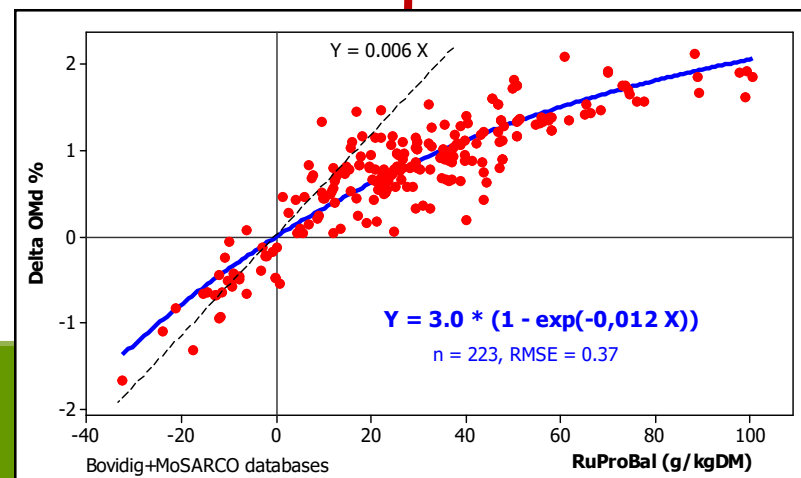
Les interactions digestives



Niveau d'ingestion

Proportion de concentré

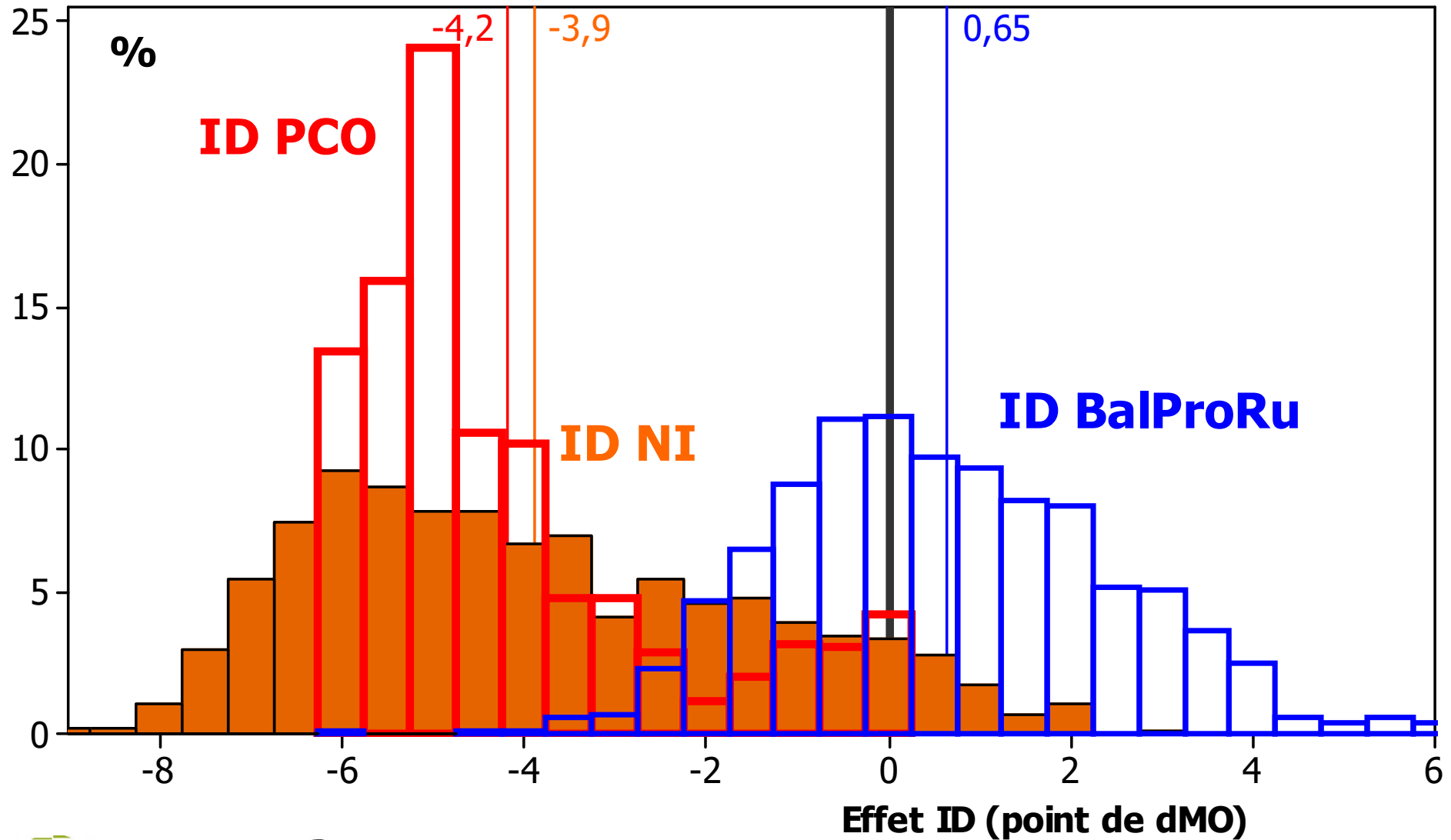
dMO « table » – dMO observée



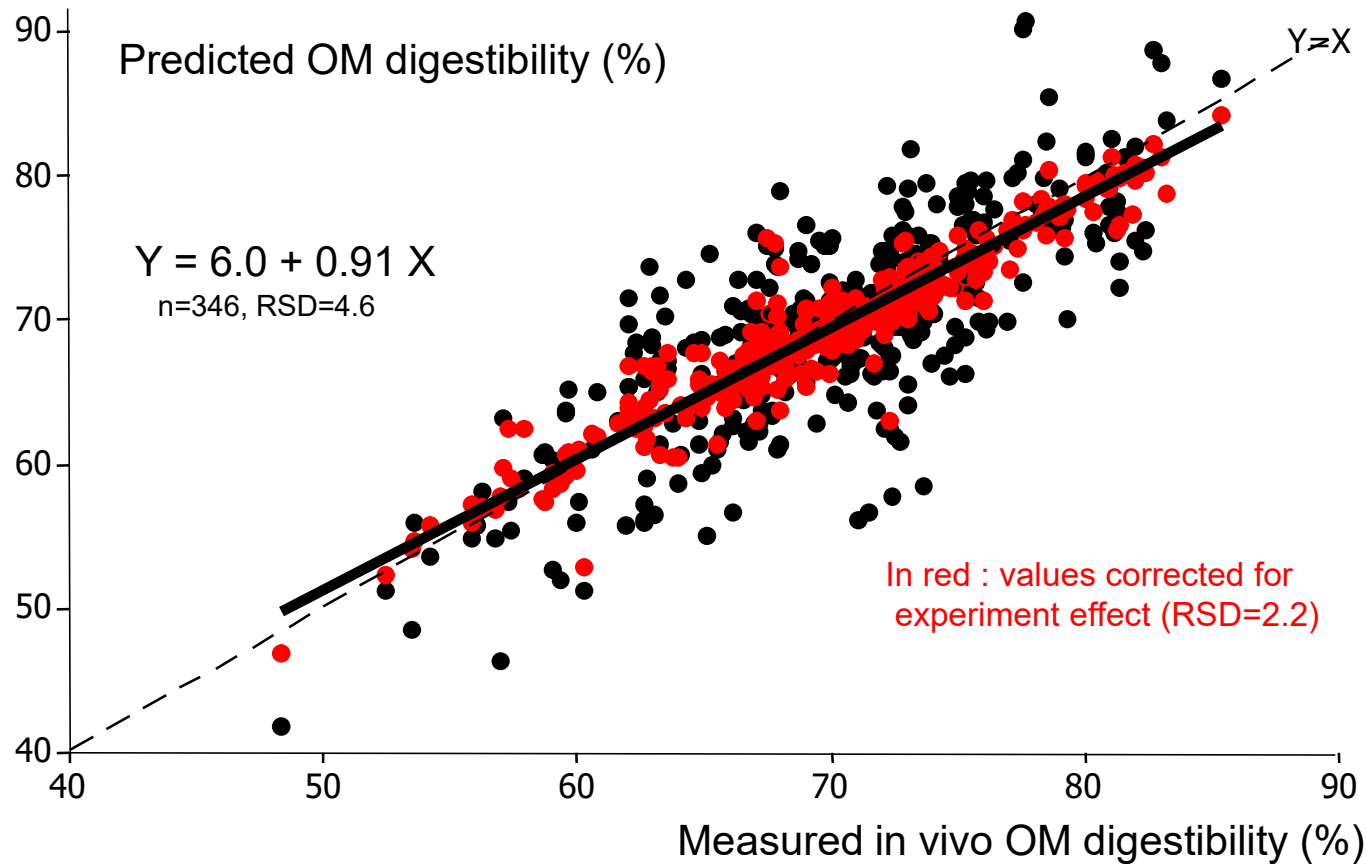
**Balance Protéique
du Rumen**

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

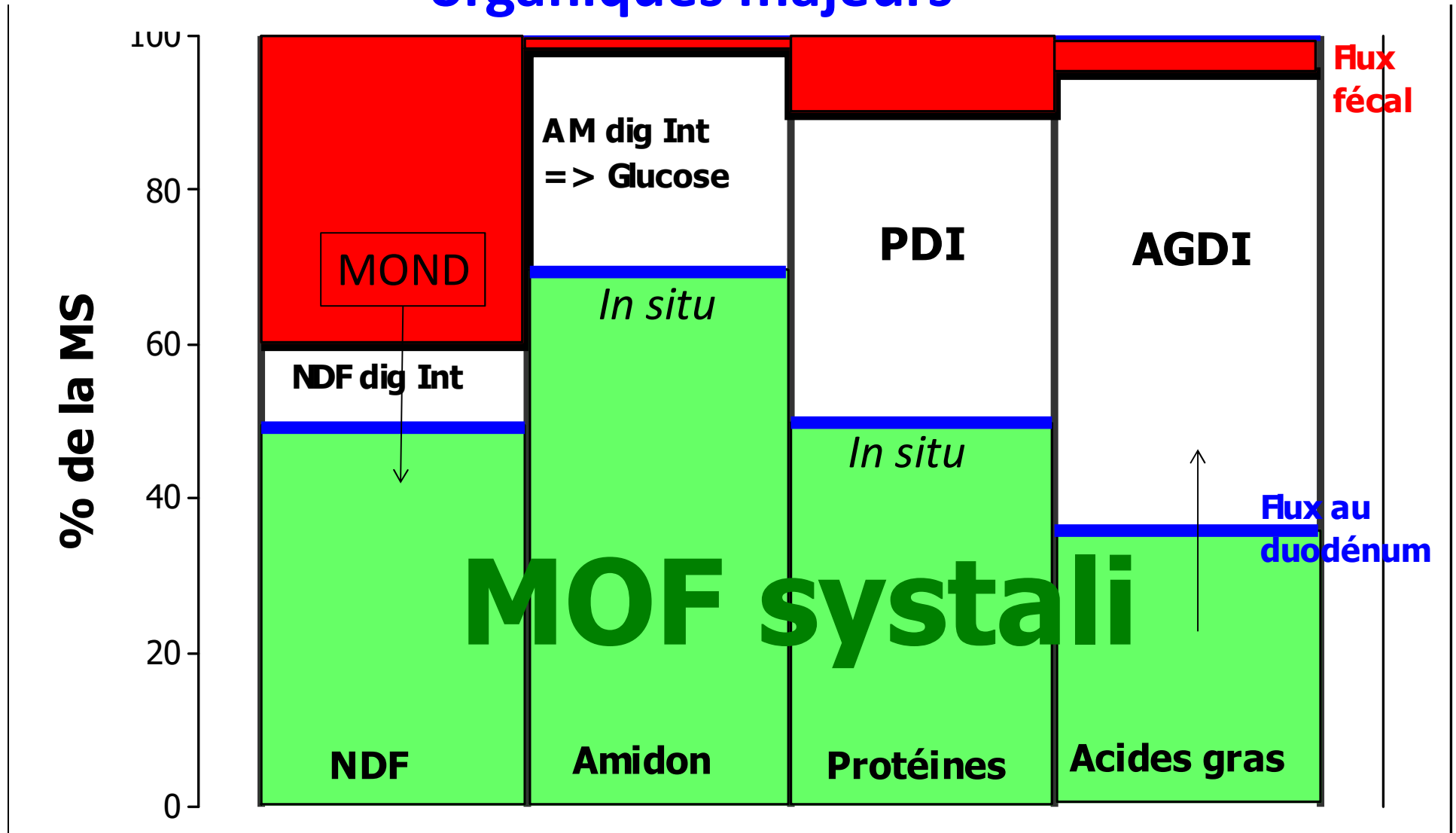
Le Valeurs des ID liées à NI, PCO et BalProRu — dans la base « Bovidig »



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)

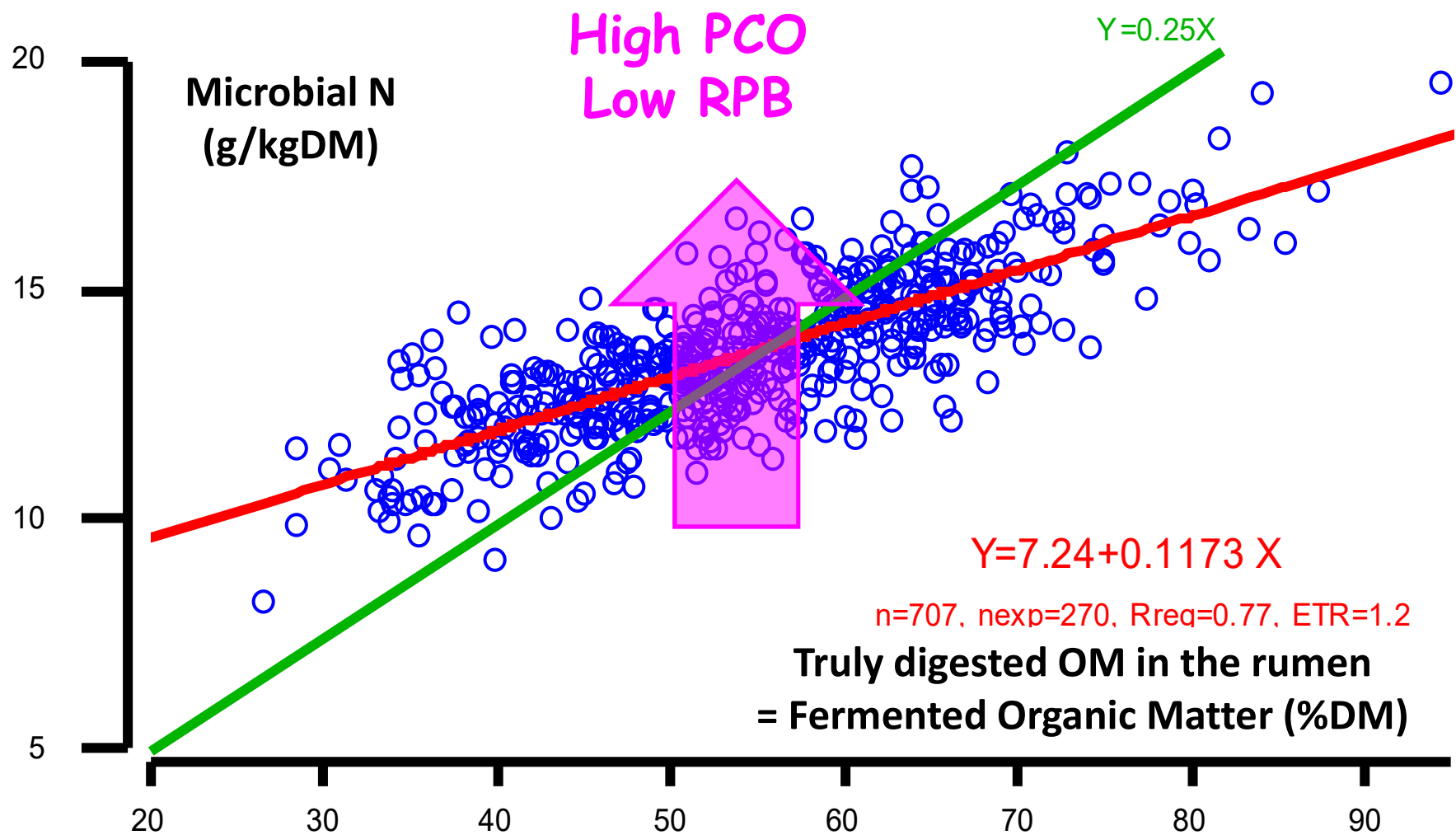
In situ NDF degradation cannot be used...(NorFor, Cornell...)

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

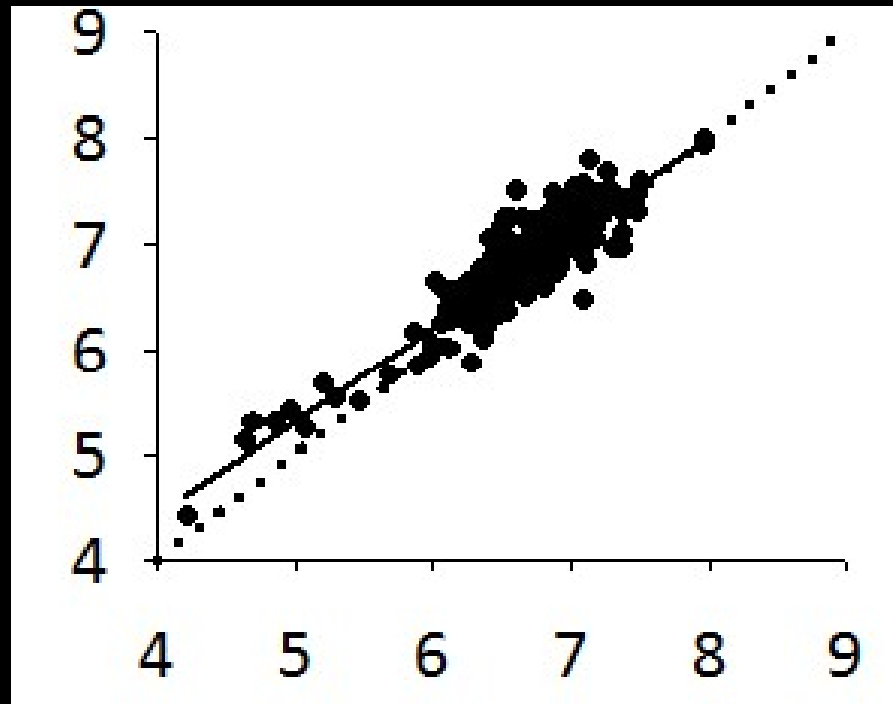
AADI (cf Chapitre 4)

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

Profil des AG (cf chapitre 3)

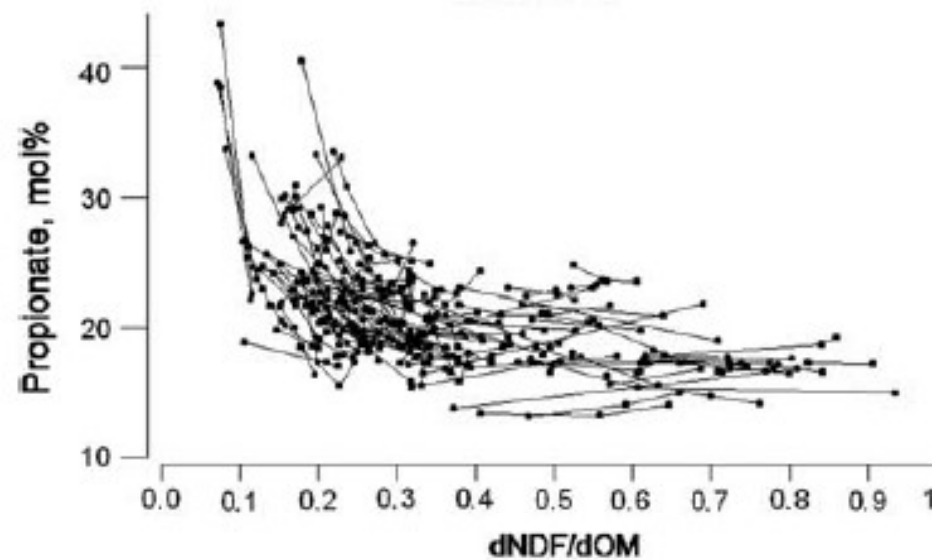
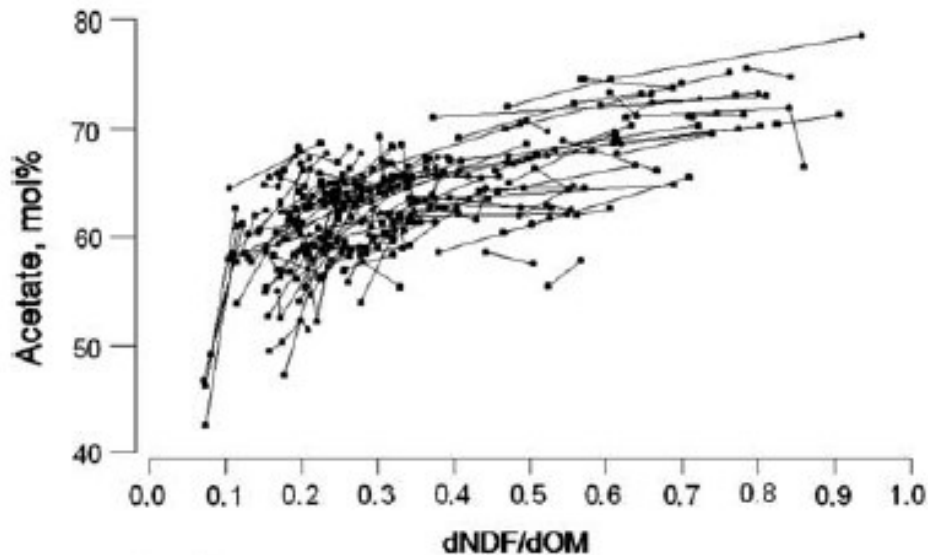
Prediction of duodenal Lys%AA

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)

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

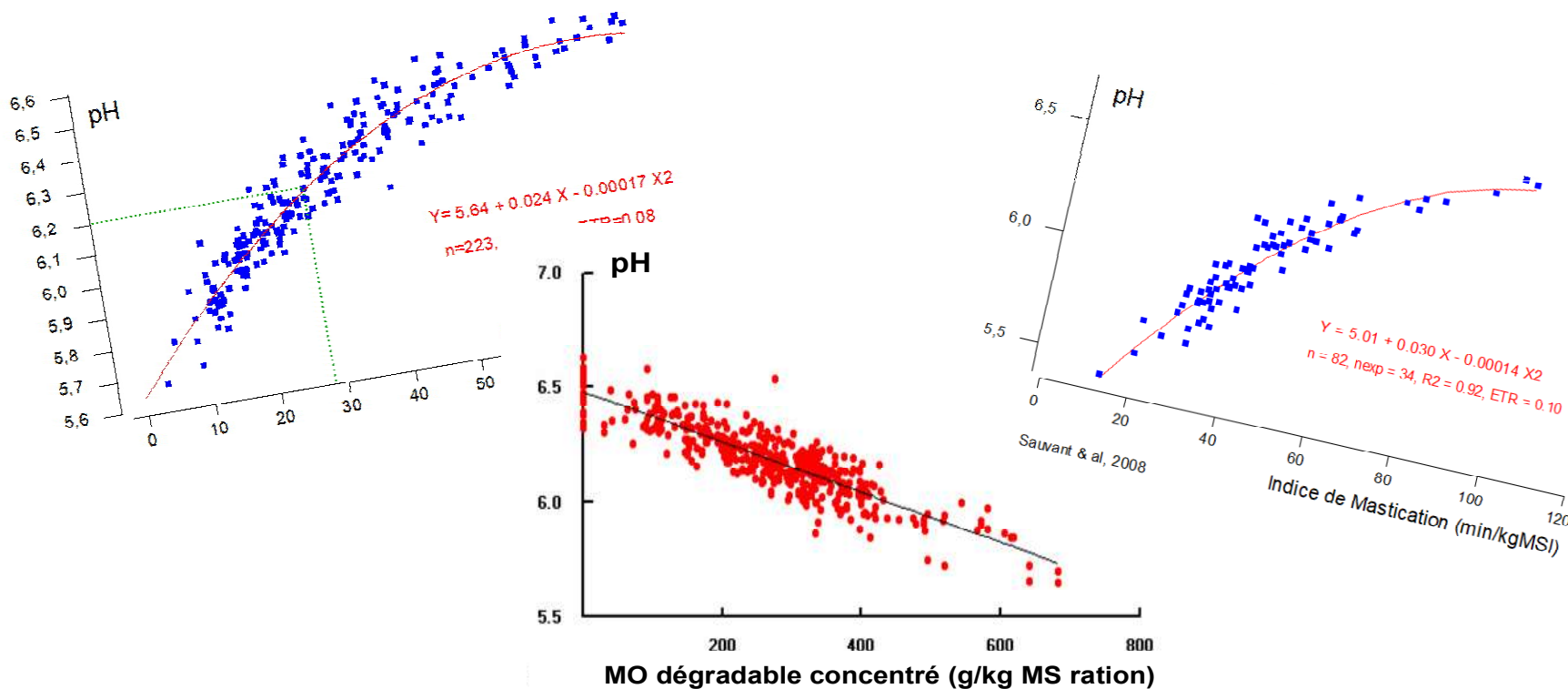
(n = 124, nexp = 44, RMSE=1.45)

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

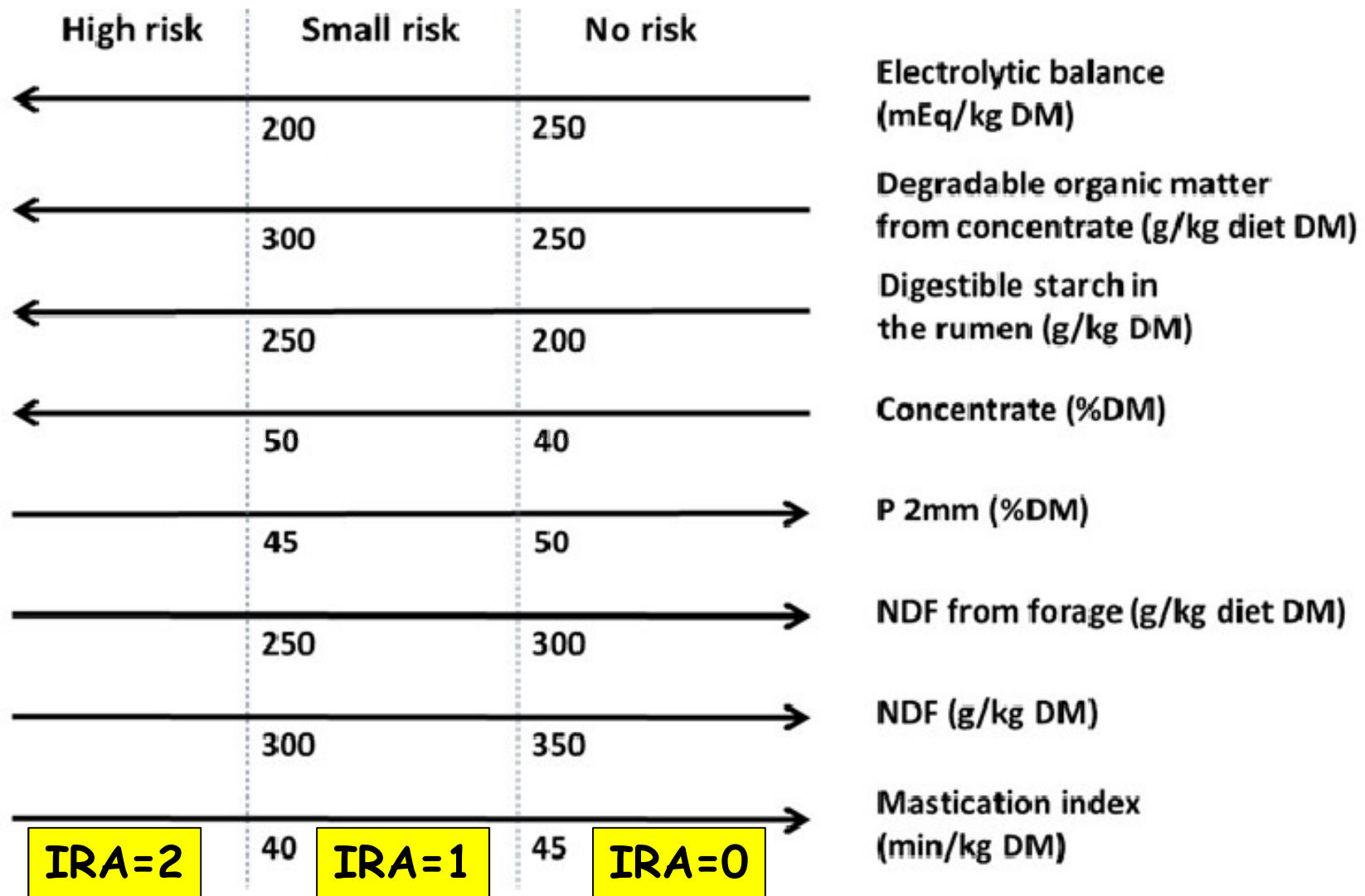
(n=124, nexp=44, RMSE=0.88)

9. Evaluation du risque d'acidose

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

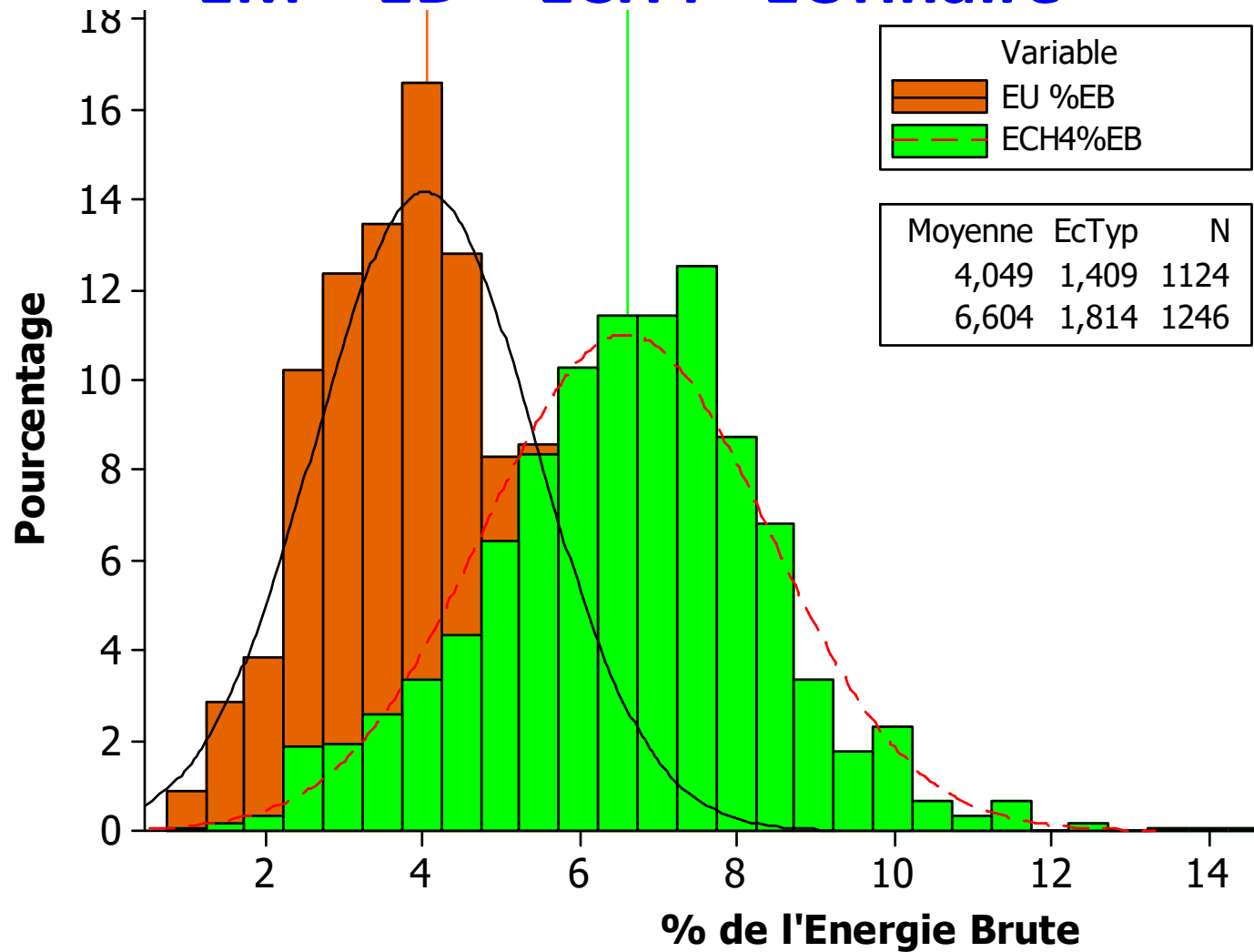


Summary of the limit values of indexes risk of acidosis (IRA) in cattle

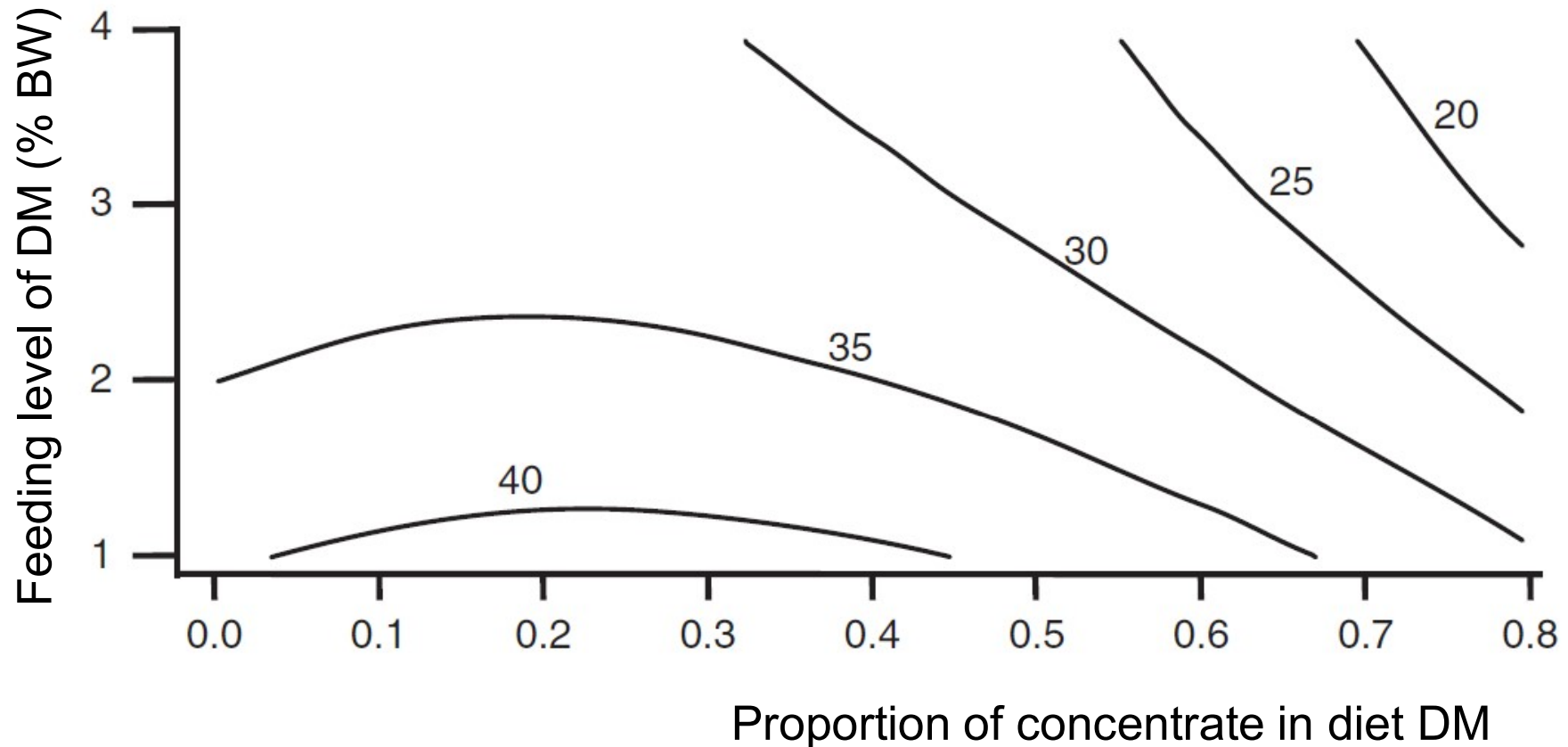


10. Le passage de l'E.Digestible à l'E.Métabolisable:

$$EM = ED - ECH4 - EUrinaire$$



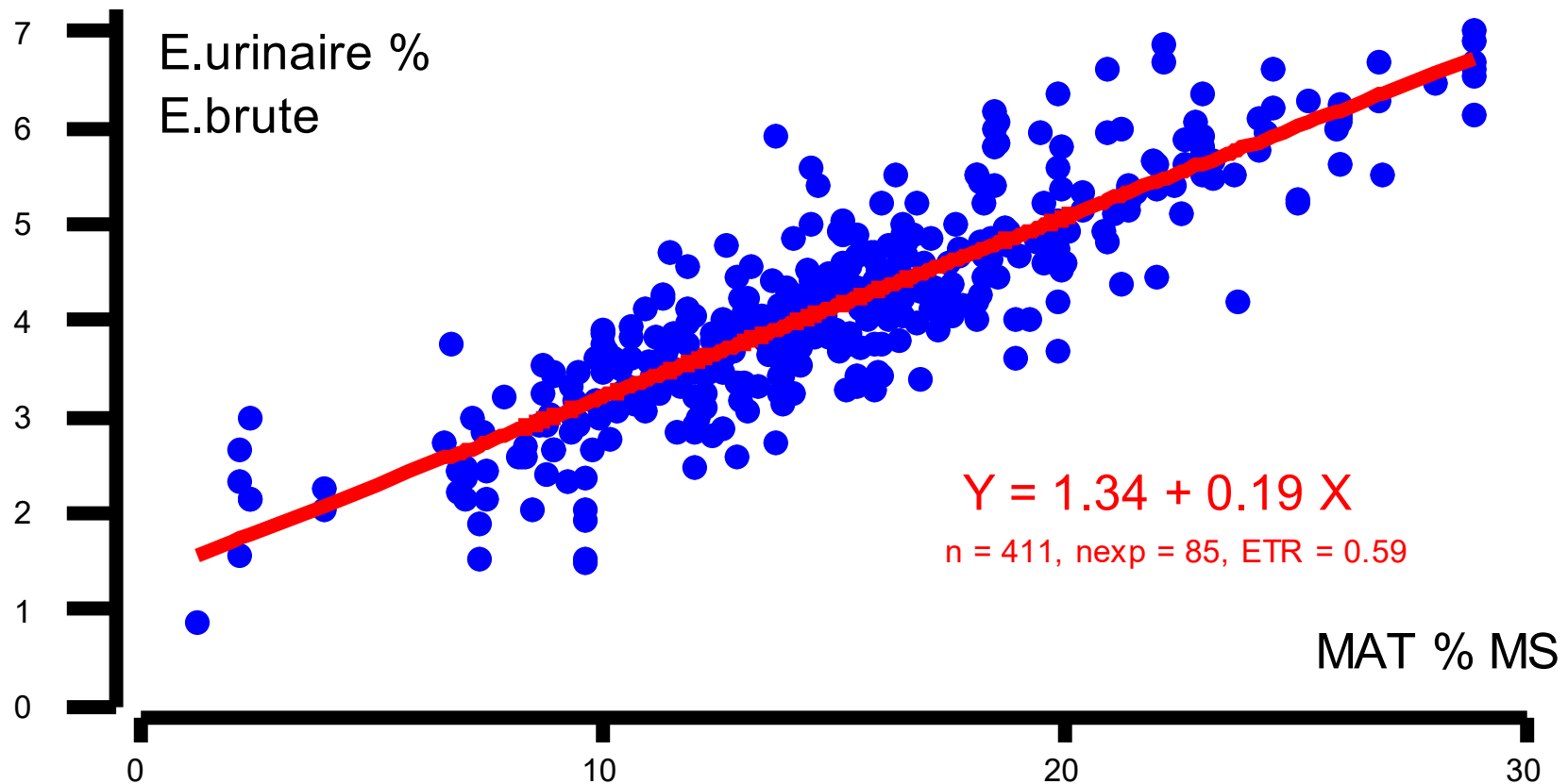
Réponse du rapport CH₄/MOD (g/kg) au niveau d'ingestion de MS et la proportion de concentré de la ration



$$E_{CH_4/MOD} = 45.42 - 6.66 NI + 0.75 NI^2 + 19.65 PCO - 35 PCO^2 - 2.69 NI * PCO$$

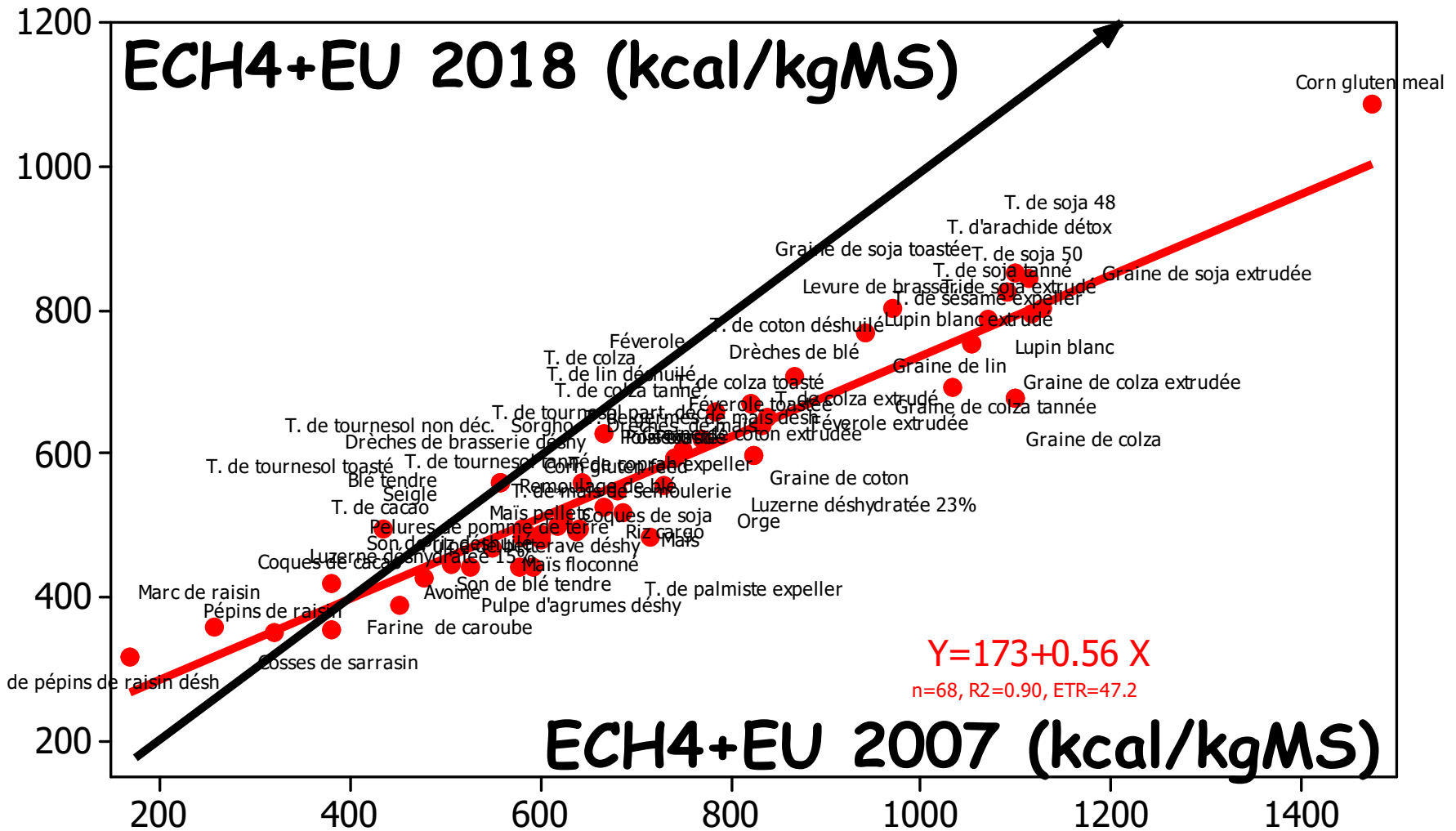
$$\rightarrow E_{CH_4} = 12.5 * MOD * CH_4/MOD$$

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



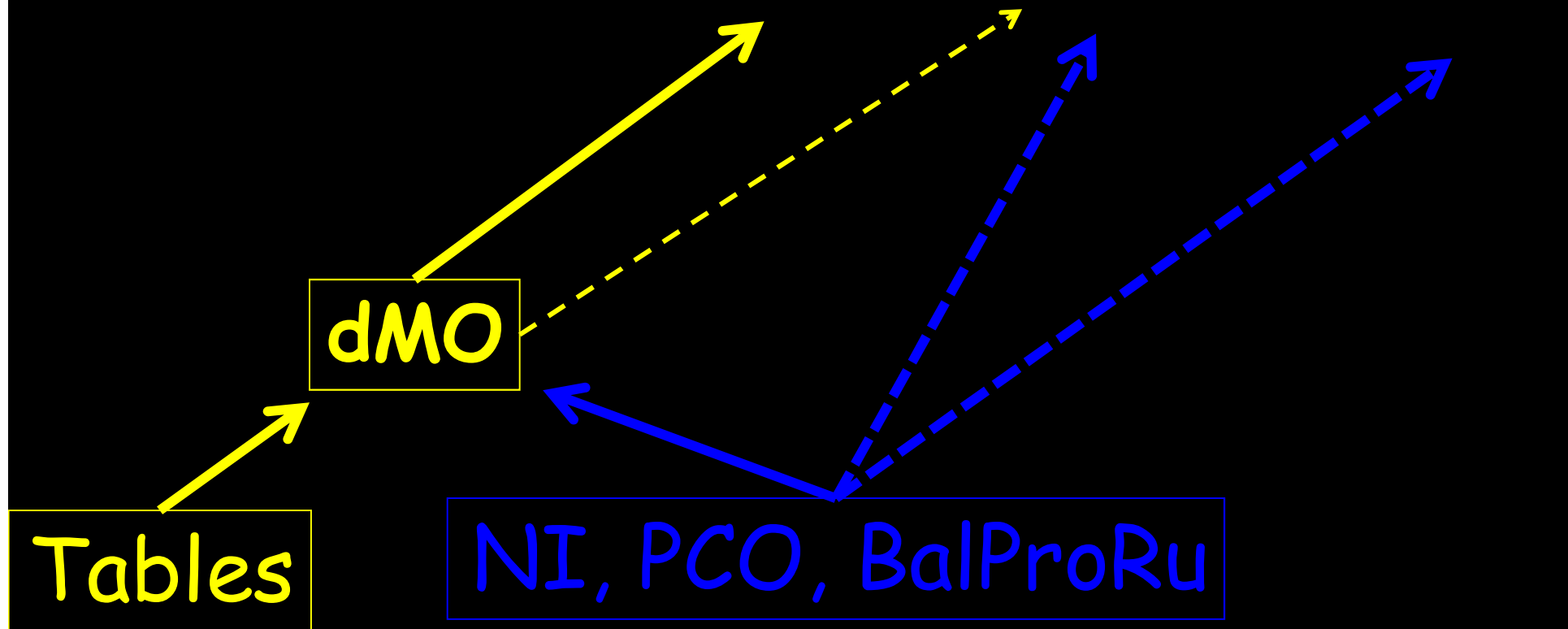
Avec interactions: $EU\%EB = 2.9 + 0.17 MAT\%MS - 0.47 NI - 1.64 PCO$

Comparaison de ECH4 + EU entre 2007 et 2018 (aliments concentrés et co-produits)

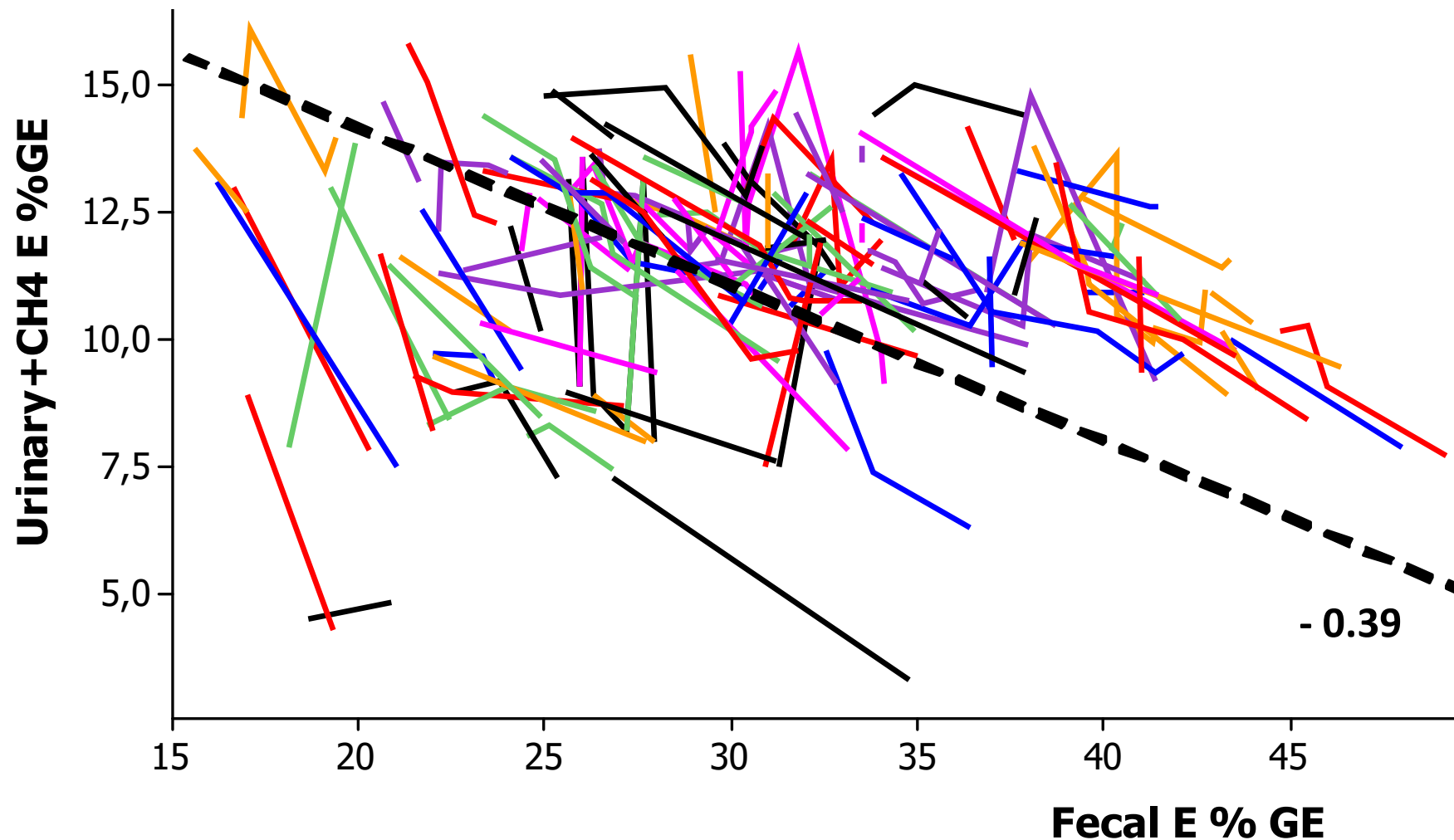


Résumé des effets d'interactions liés à NI, PCO et BalProRu

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



Substitution between Fecal and CH₄+Urine energy losses under influence of FL



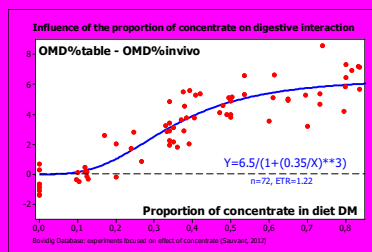
Rumener database, 115 exp, 328 Trt



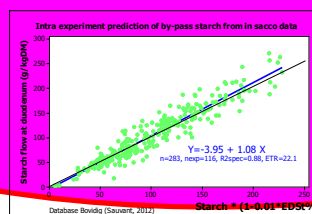
D.Sauvant & P.Nozière: Journée INRA – AFZ . Paris . 11 avril 2018

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

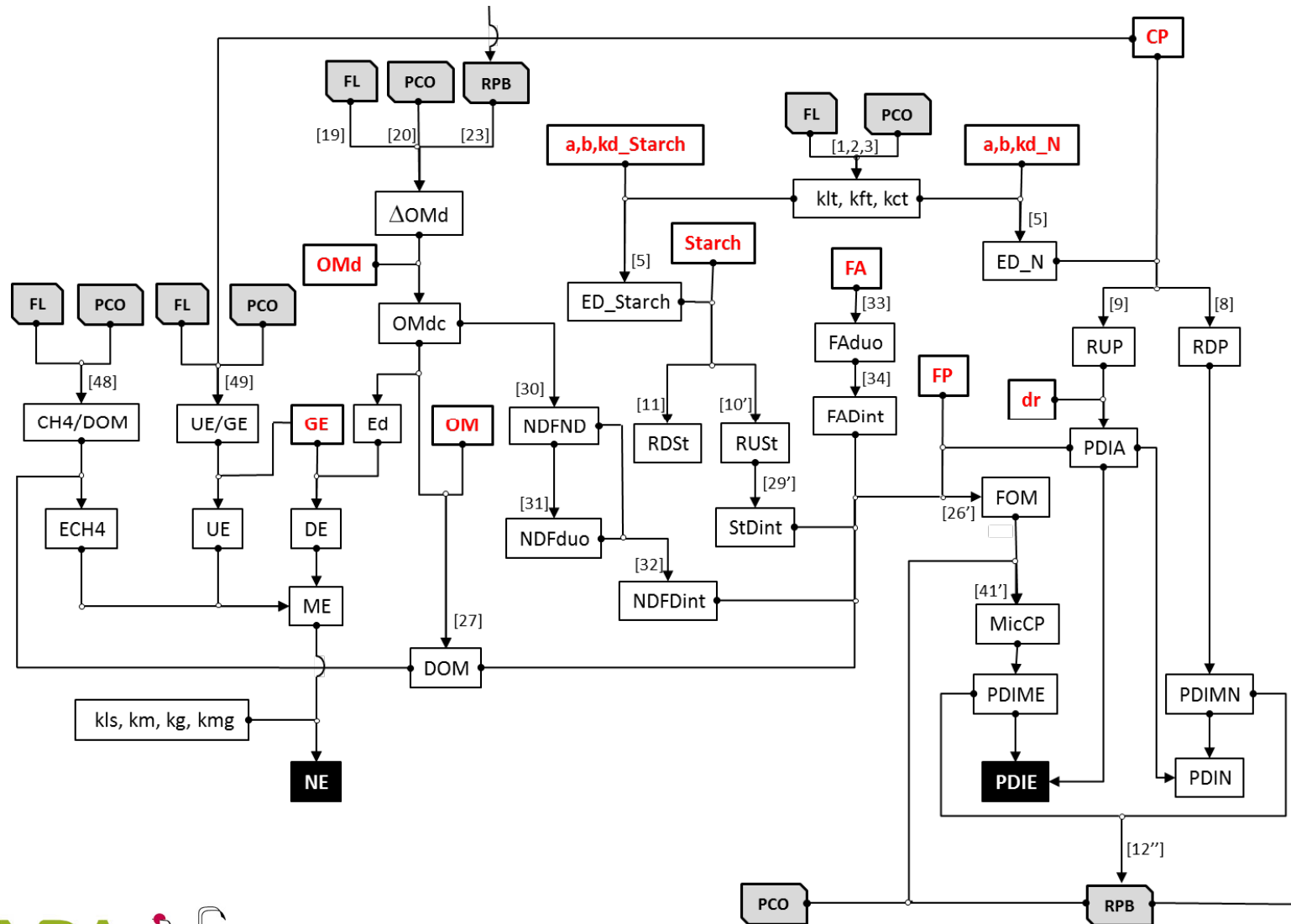


Diagramme des équations du calcul des teneurs en énergie et PDI des aliments et rations

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



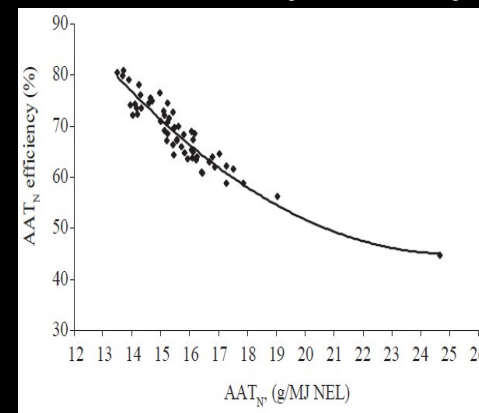
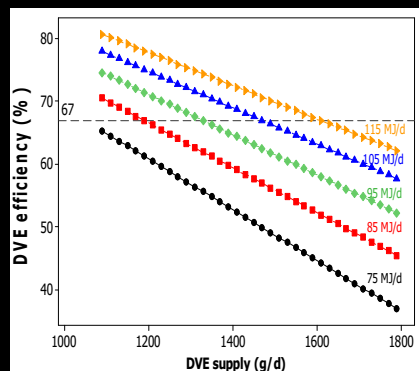
11. Efficience des PDI ?

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

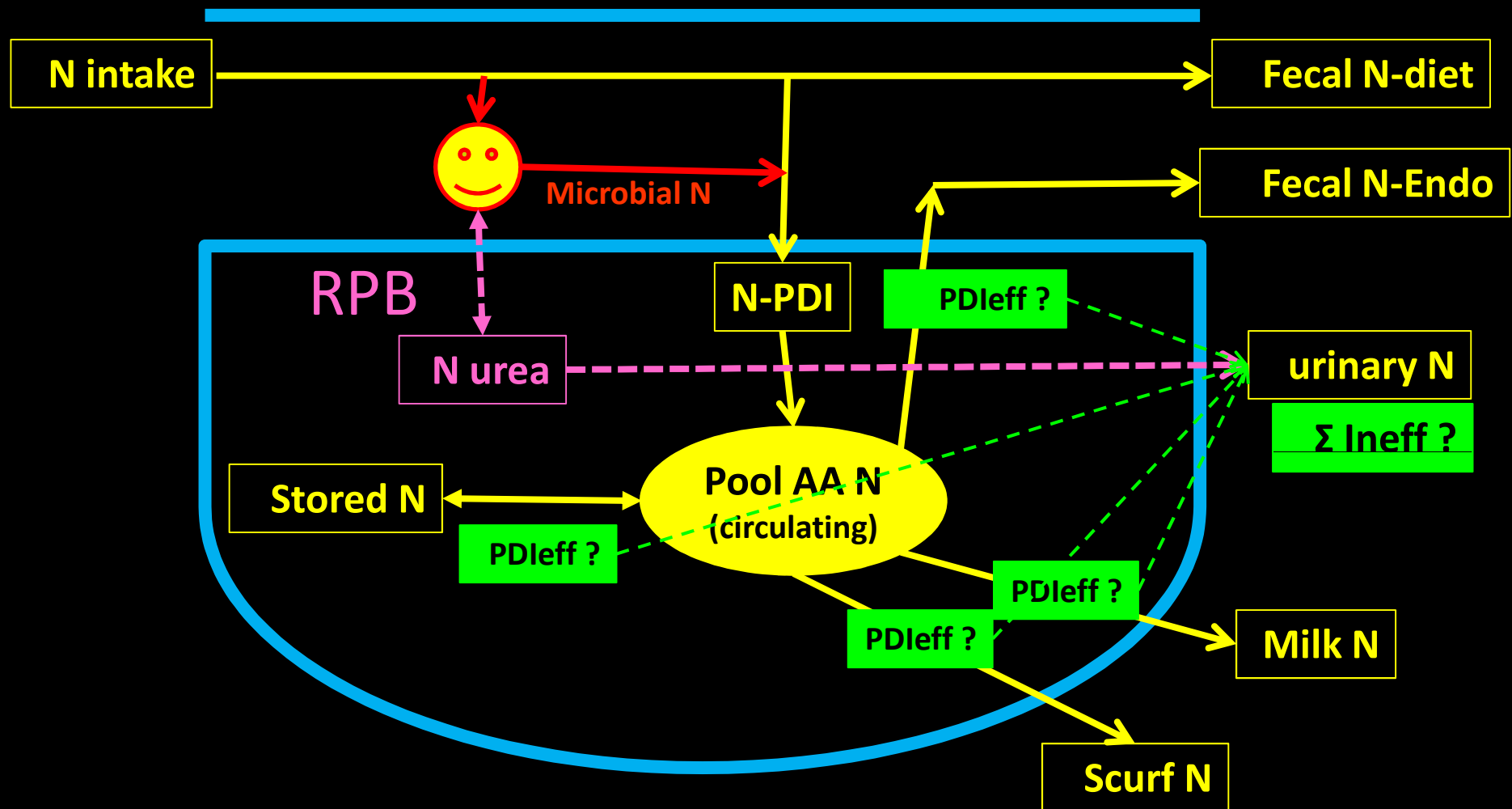
2. Variable:

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:

eff PDI = Σ Dépenses protéines / Apports PDI disponibles

2. Exemple pour femelles en lactation:

*Bilan E>0 \rightarrow BilPROT est une dépense:

effPDI = $(PF_{Endo} + P_{Phan} + P_{MP} + Bil_{PROT}) / (PD_{ling} - P_{UE})$

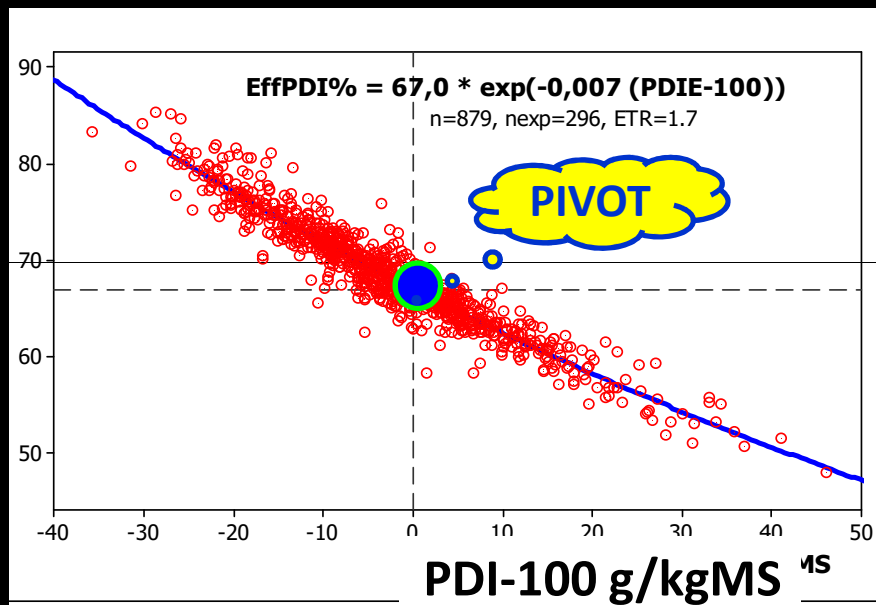
*Bilan E<0 \rightarrow BilPROT est un apport:

effPDI = $(PF_{Endo} + P_{Phan} + P_{MP} + Bil_{PROT}) / (PD_{ling} + IBil_{PROT} - P_{UE})$

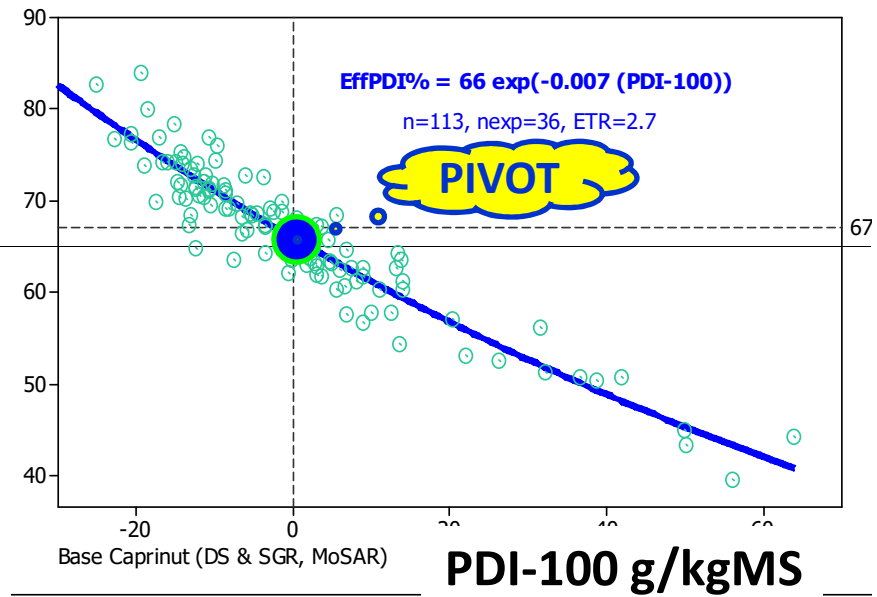
Variations de l'efficacité des PDI en fonction de la concentration du régime chez les femelles laitières

VACHES

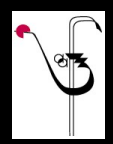
CHEVRES



Efficacité des PDI pour
Les protéosynthèses %



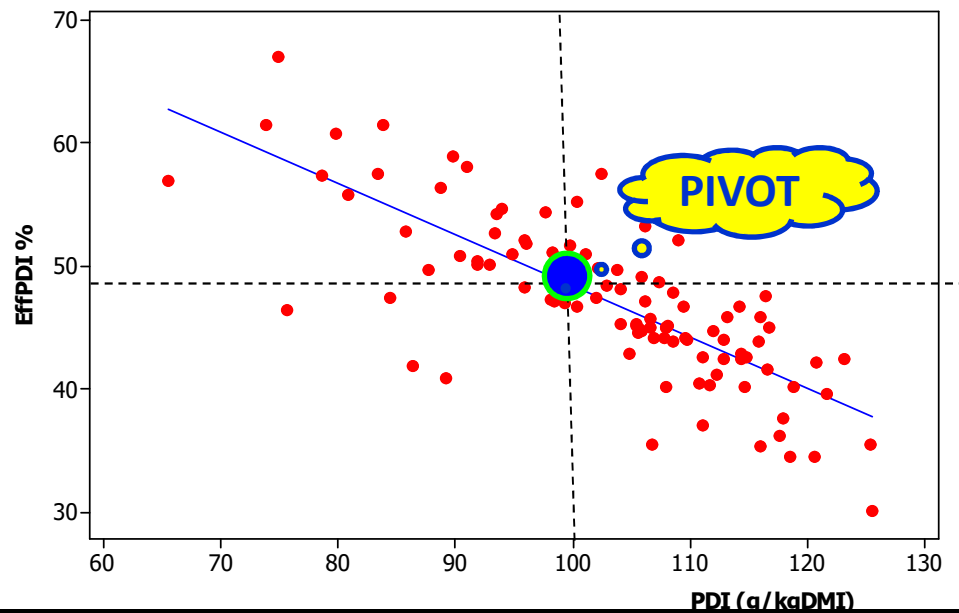
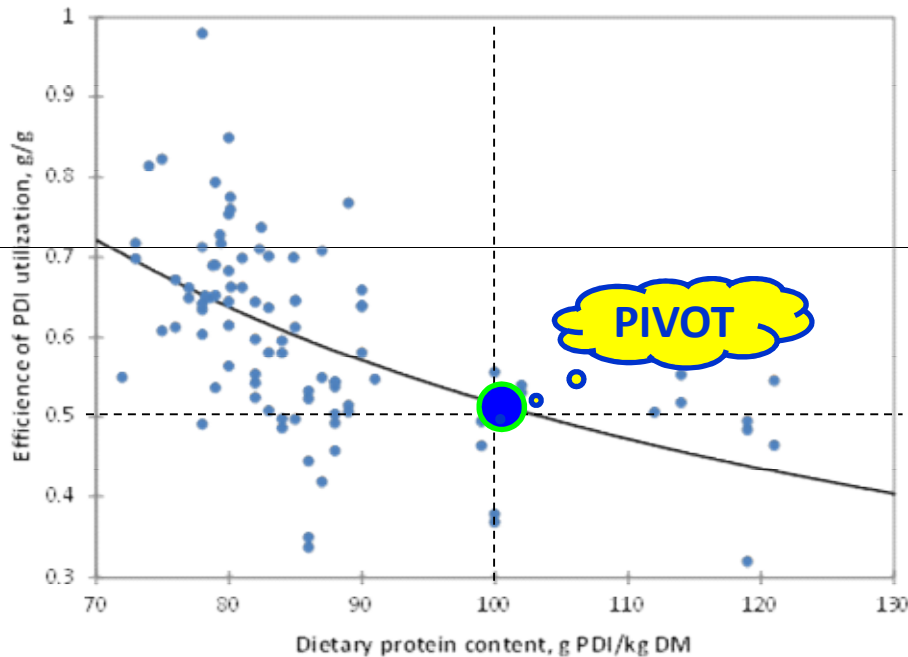
100 g PDI/kgMS → PDLeff = 67%
 Brebis laitières EffPDI=58%



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

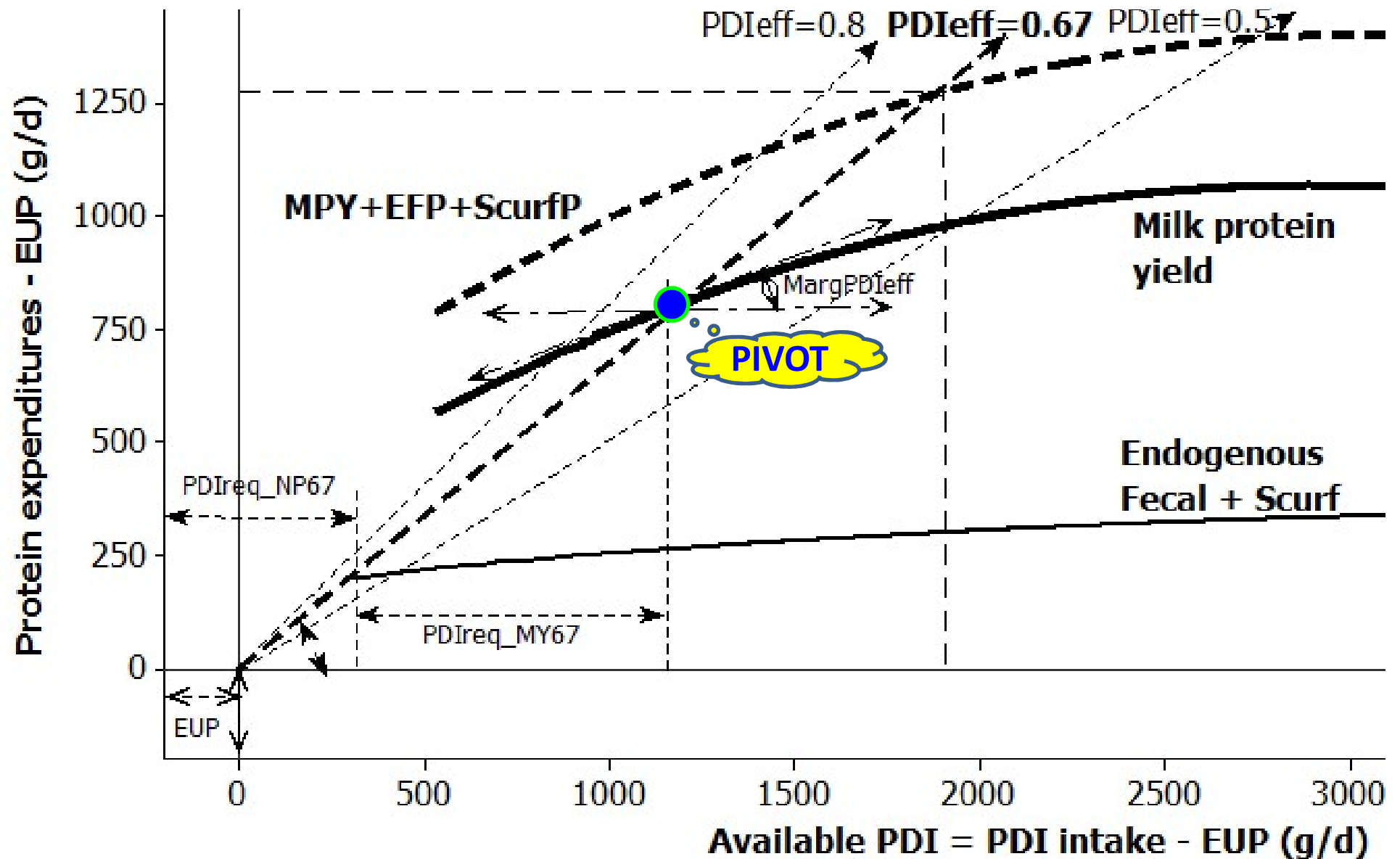
Bovins

Ovins



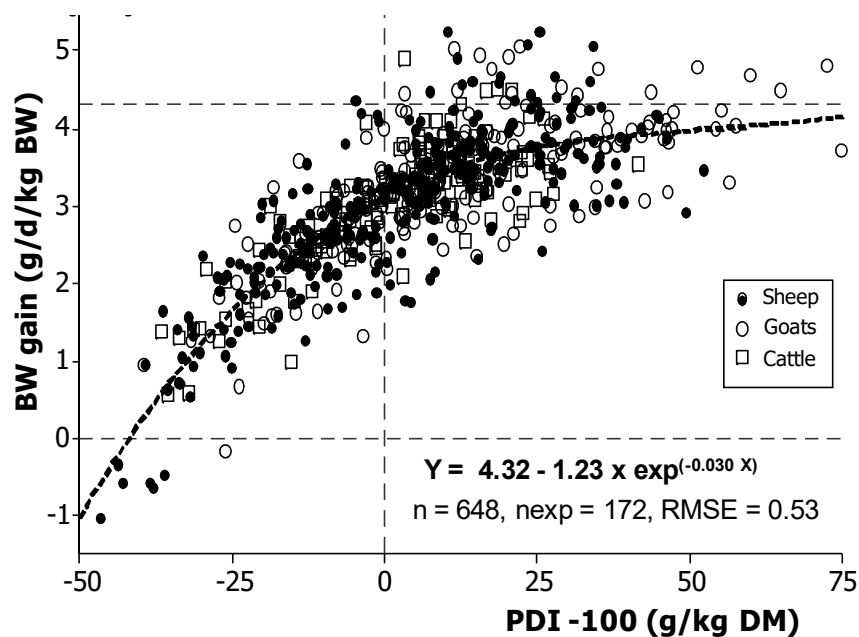
100 g PDI/kgMS → PDLeff = 50%

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

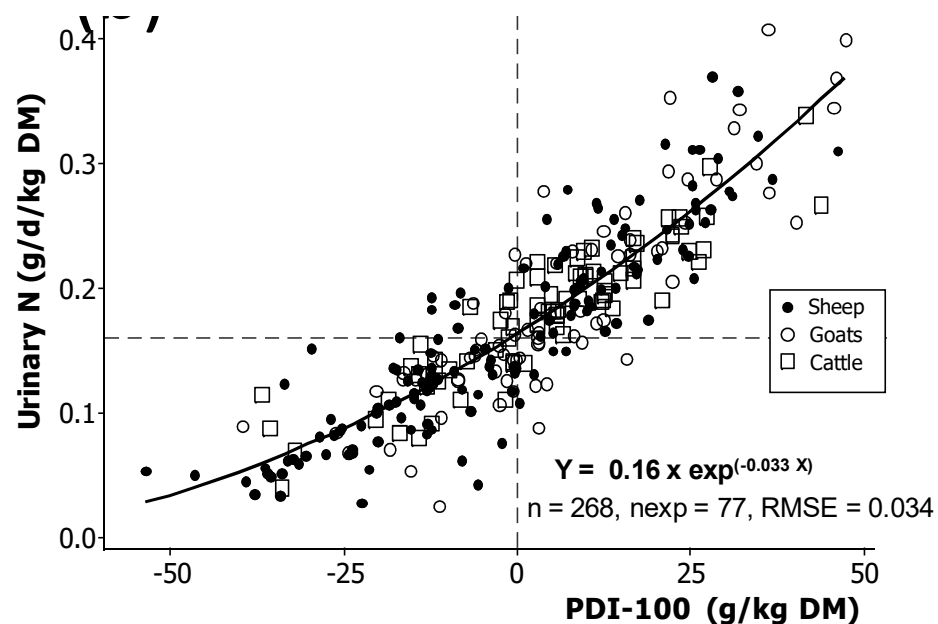


Influence de la concentration en PDI sur la croissance et les rejets N urinaires chez les ruminants en conditions chaudes

Croissance



Rejets Nurine



Factorial prediction of urinary N excretion

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

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

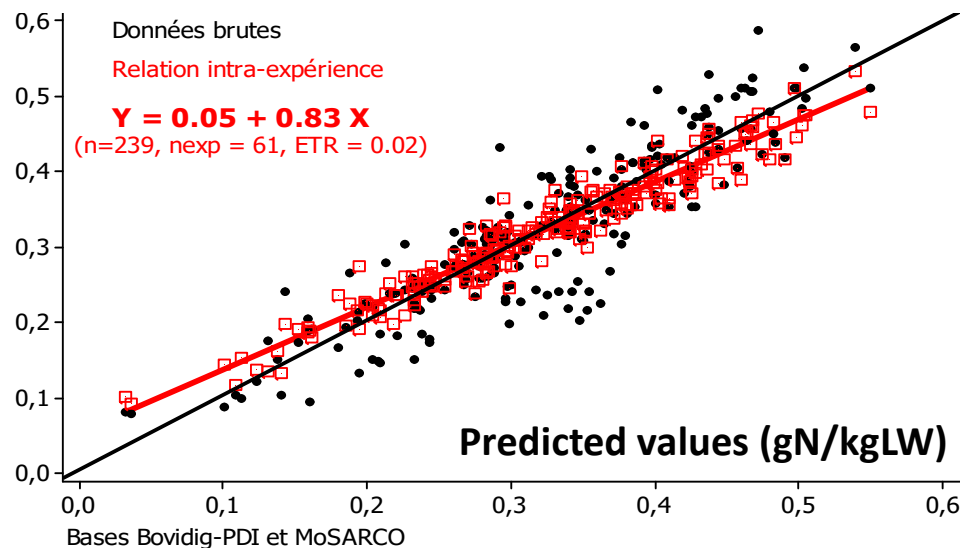
$$4. N_{Puric} = f(N_{Mic})$$

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

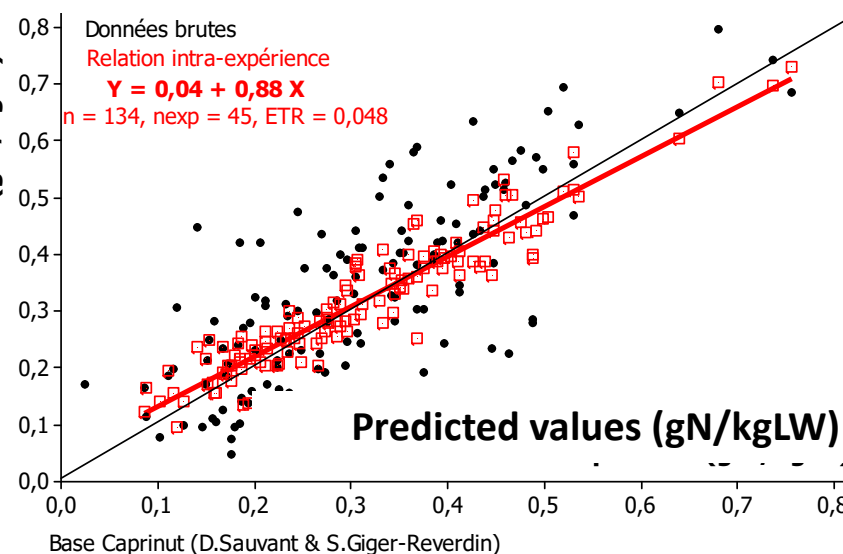
Factorial prediction of urinary-N losses

COWS

GOATS

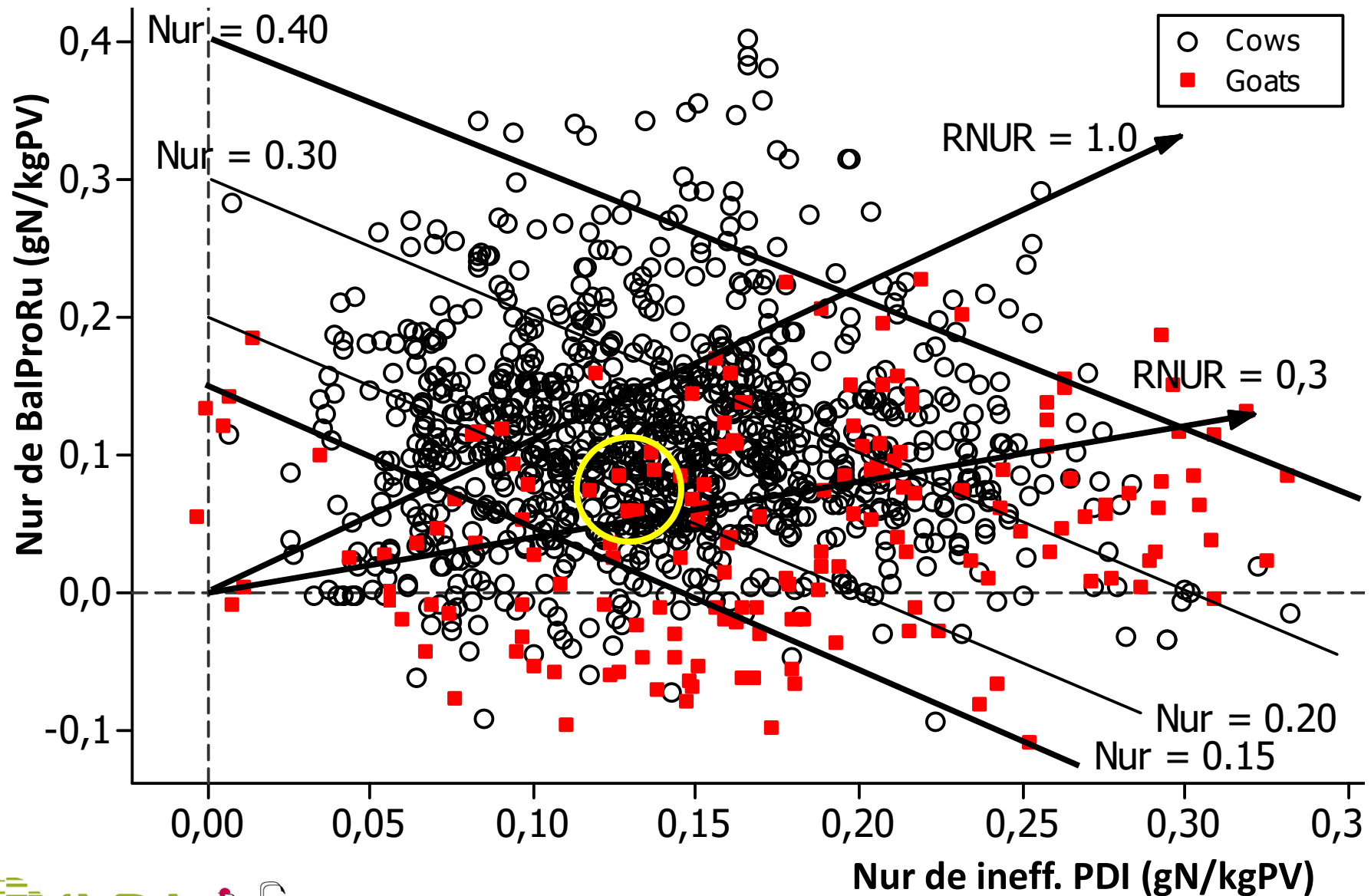


Actual values (gN/kgLW)



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

Diagnostic de la nutrition azotée



12. Efficience de l'Energie Métabolisable en Energie Nette

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

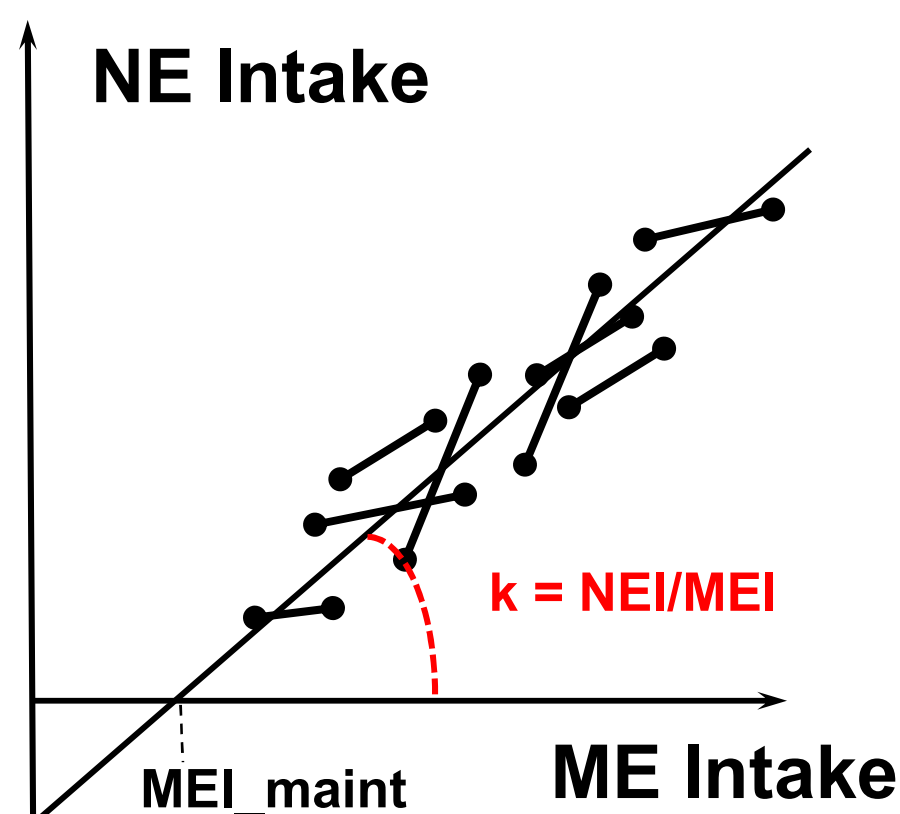
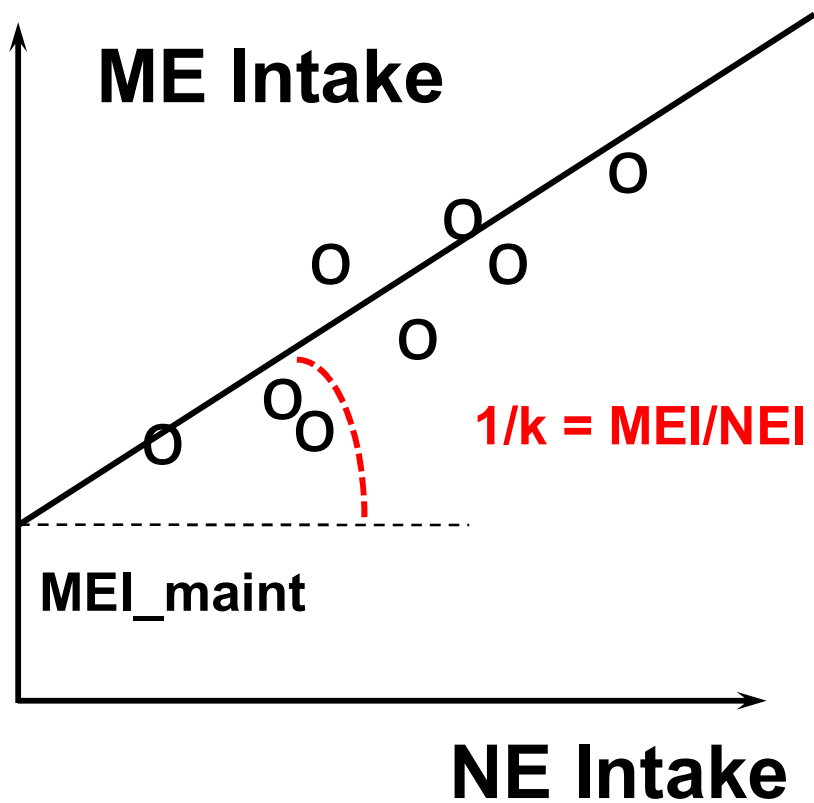
$$\text{ou } EN = k \times EM$$

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

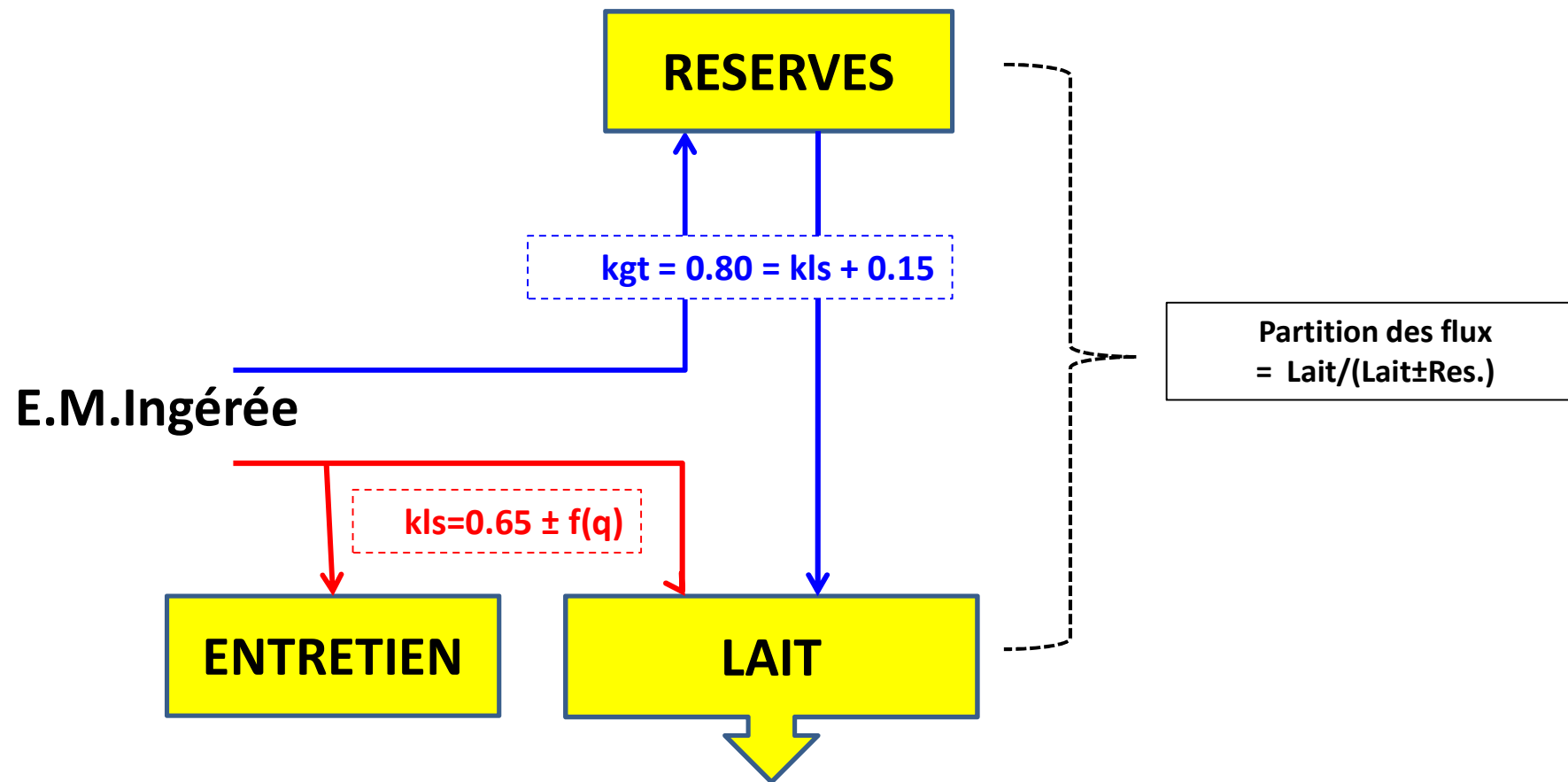
Splitting the responses among and within the experiments for energy use

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

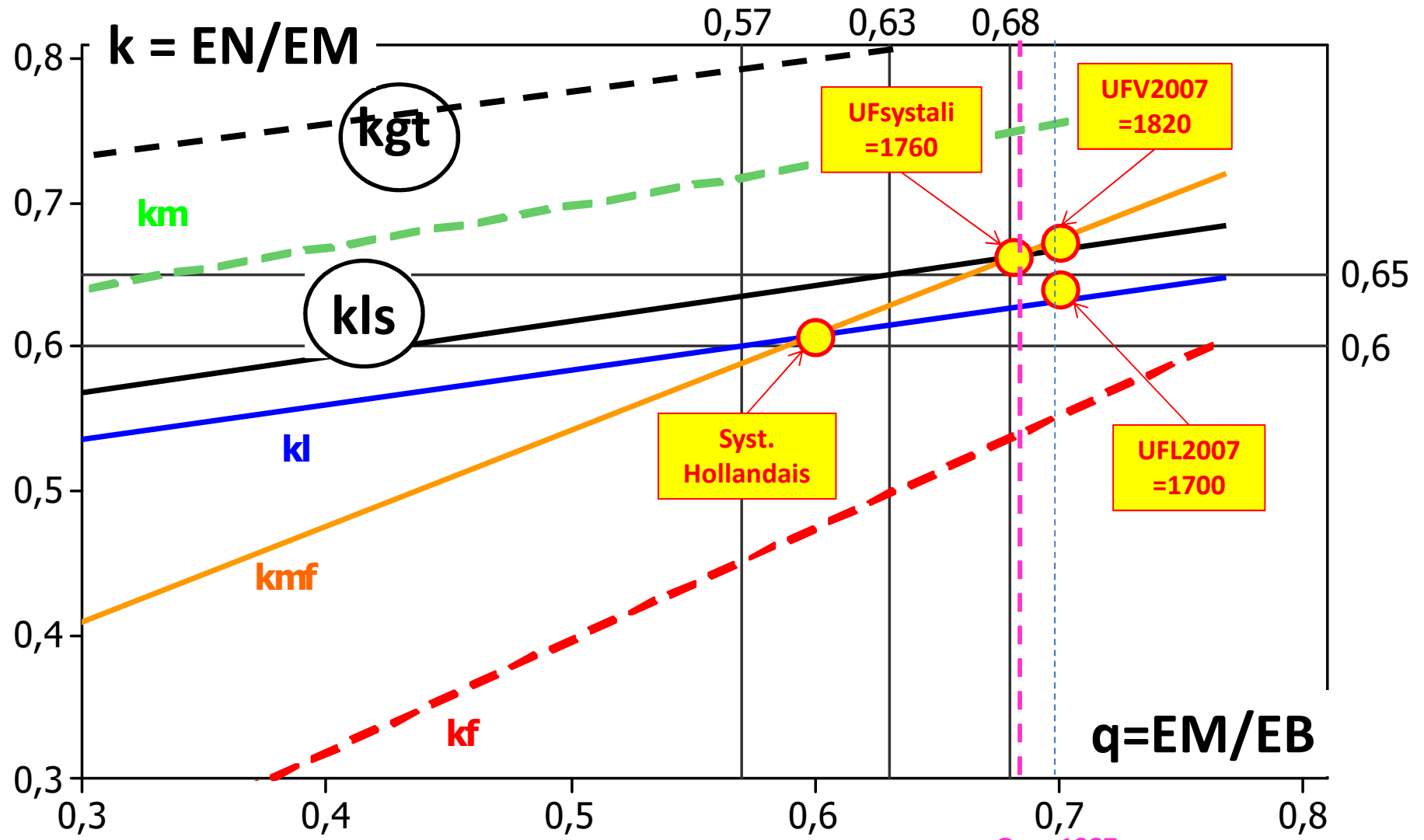
(b) « Response » approach
Intra-experiment
1 point = 1 treatment



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

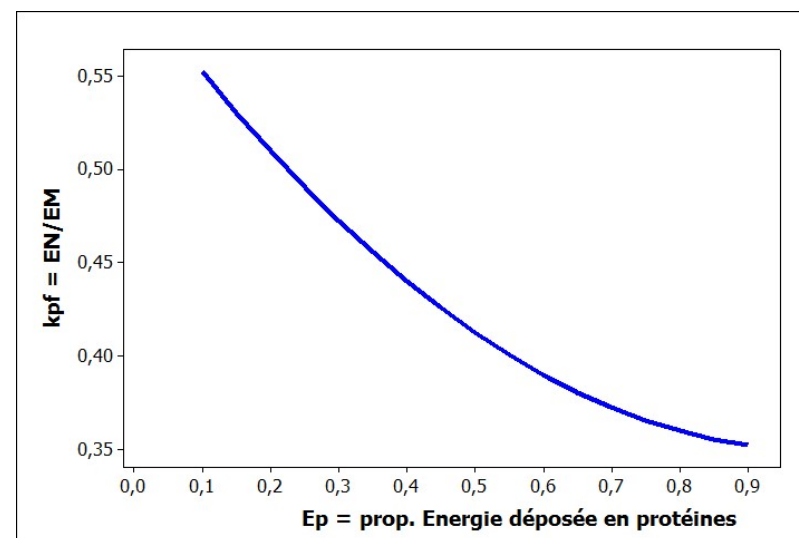
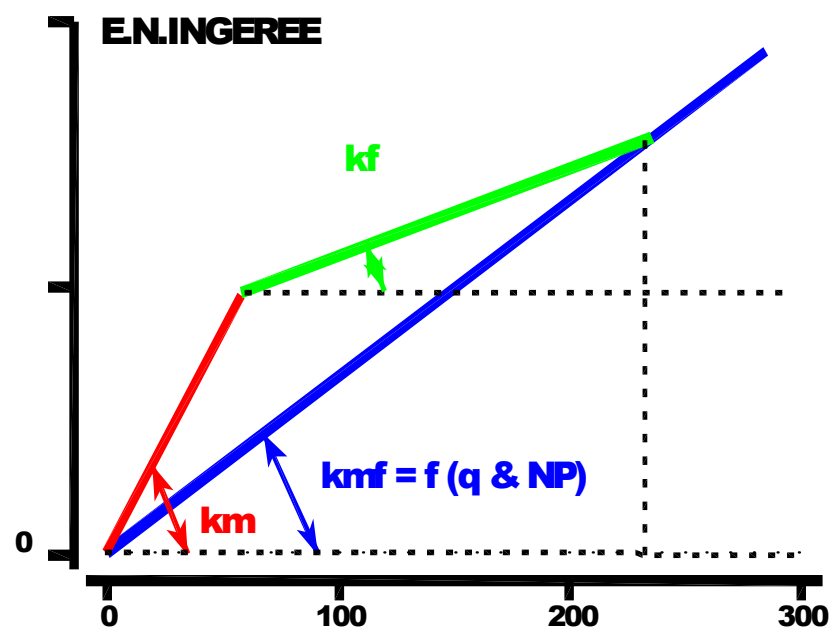
2. Apports croissance lente:

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

→ UFL

3. Calcul du besoin EM pour la croissance:

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



Le :

CONCLUSIONS

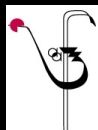
Les réponses physiologiques conditionnent les réponses zootechniques

-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.

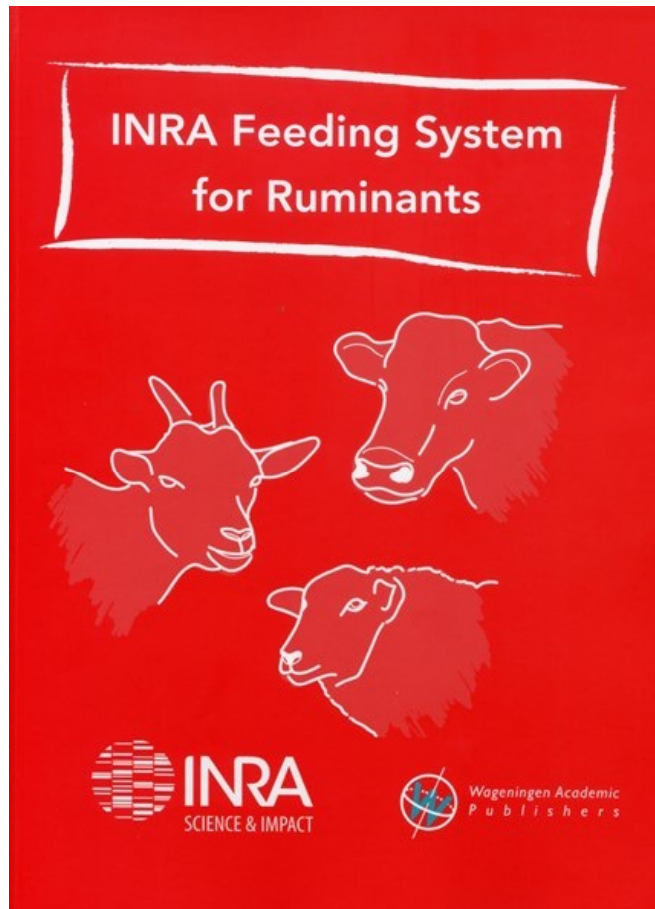
-Des prédictions des flux de nutriments absorbables et de leurs profils sont disponibles (pour information).

-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