

NASEM 2021:

Protéines et acides aminés dans les rations laitières : nouvelle approche du Guide bovins laitiers du NRC (NASEM)

Hélène Lapierre

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Jeff Firkins

The Ohio State University

Mark D. Hanigan

Virginia Tech

Nouveautés

1. Composition en AA des protéines
2. Prédiction des apports en PM et AAE
3. Prédiction de la PPL
4. Recommandations en PM et AAE
5. Exemples

Abréviations

NRC (National Research Council)

change pour

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering
et Medicine)

Abréviations

AAE: acides aminés essentiels

Eff_{AAE} : efficacité d'utilisation des AAE

Eff_{PM} : efficacité d'utilisation des PM

PBMic: protéine brute microbienne

PMF: protéine métabolique fécale

PM: protéine métabolisable

PPL: production de protéines laitières

PnDR: protéine non-dégradée dans le rumen

PB: protéine brute

PVr: protéine vraie

PV: poids vif

1. Composition en AA des protéines

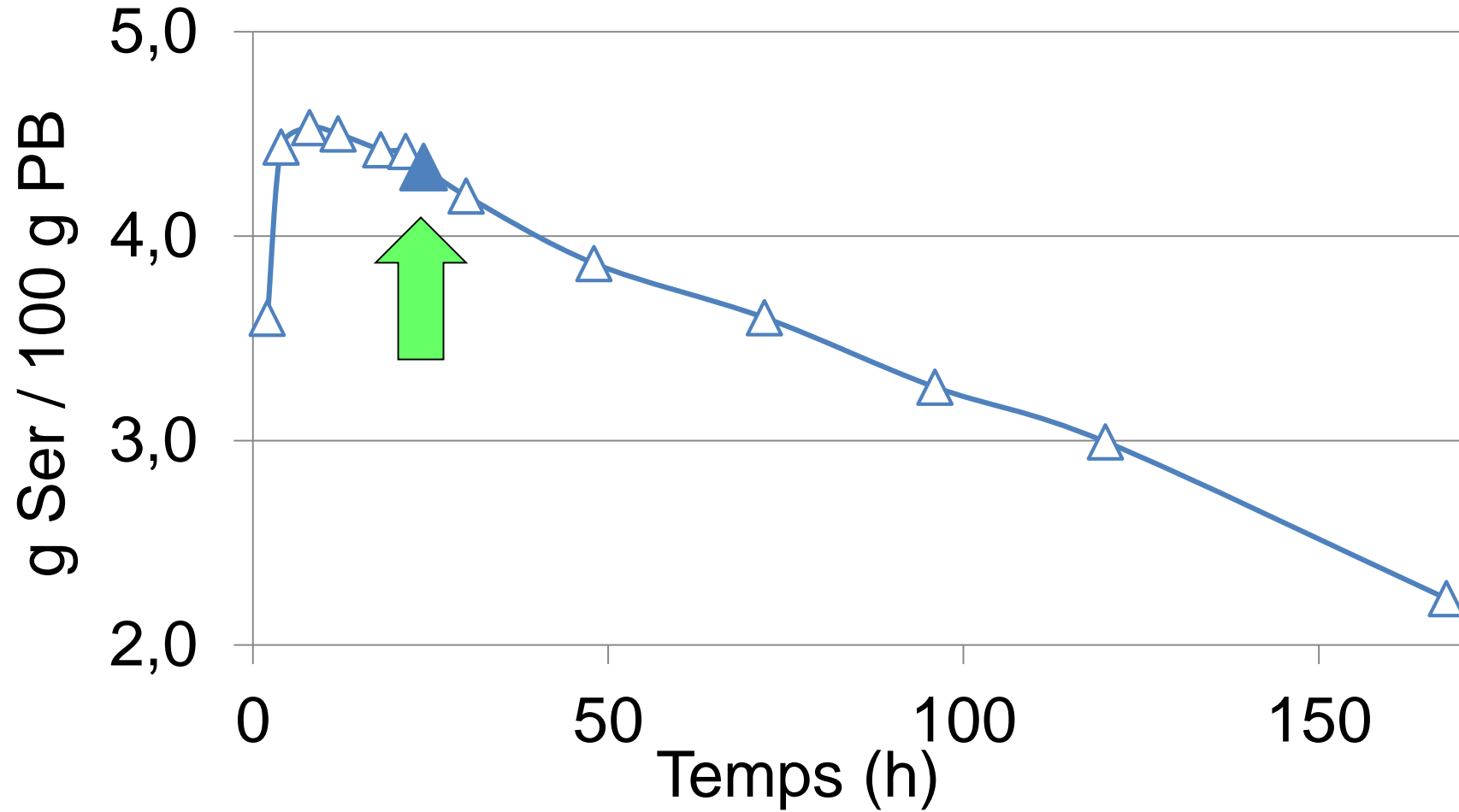
- Pour les apports et tous les besoins, sauf le lait:
 - [AA] obtenue par hydrolyse des protéines -> 24 heures = compromis
- Pour le lait:
 - [AA] obtenue par calcul selon les séquences ADN des protéines du lait



+



[Ser] dans le tourteau de canola



Facteurs de correction pour tenir compte d'une récupération incomplète des AA avec une hydrolyse de 24 h d'une protéine

AA	Facteur
His	1,07
Lys	1,07
Met	1,05
Val	1,10
Δ	1,02 - 1,15

(Lapierre et al., JDS 2019)

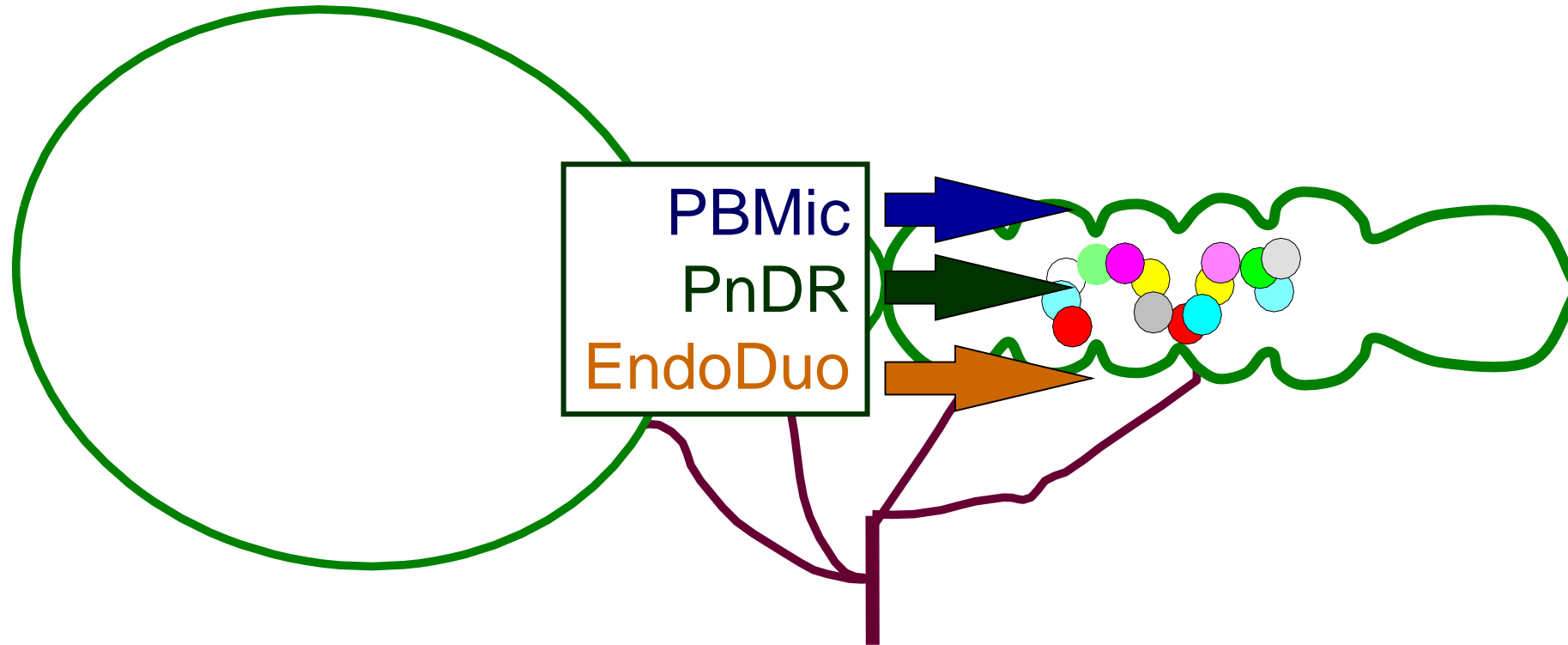
- **Pas d'effet de matrice:**
 - même facteur à utiliser pour chaque AA pour tous les types de protéines.
- **Tableaux: [AA] tel qu'analysés.**
- **Flux digestibles et recommandations d'AA:**
 - incluent les facteurs de correction.

2. Prédiction des apports en PM et AAE

Approche factorielle

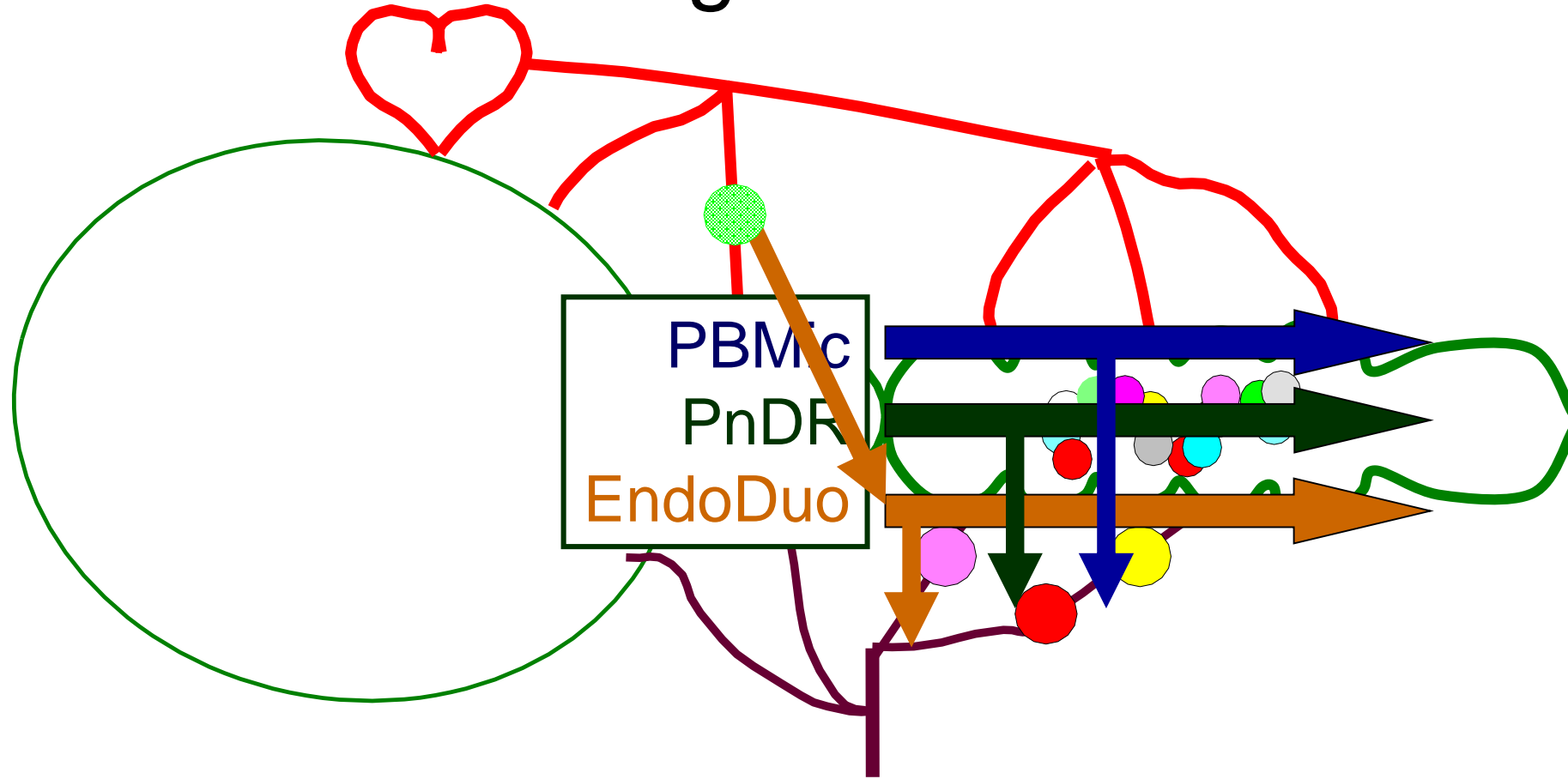
- **Flux duodénal de PB et AAE:**
 - Somme de PBMic, PnDR et protéines endogènes arrivant au duodénum (EndoDuo)
- **Apport en PM et flux digestibles des AAE:**
 - Somme des PVr digérées provenant de PBMic et PnDR

Flux duodénal de PB et AAE



- AAE_{duo} de PB Mic = $PBMic \times PVr/PB \times [AA]_{PVr}$ - Sok et al., 2019
- AAE_{duo} de PnDR = $PnDR \times [AA]_{ingrédient}$
- AAE_{duo} EndoDuo = $EndoDuo \times [AA]_{PB}$ - Ørskov et al., 1986

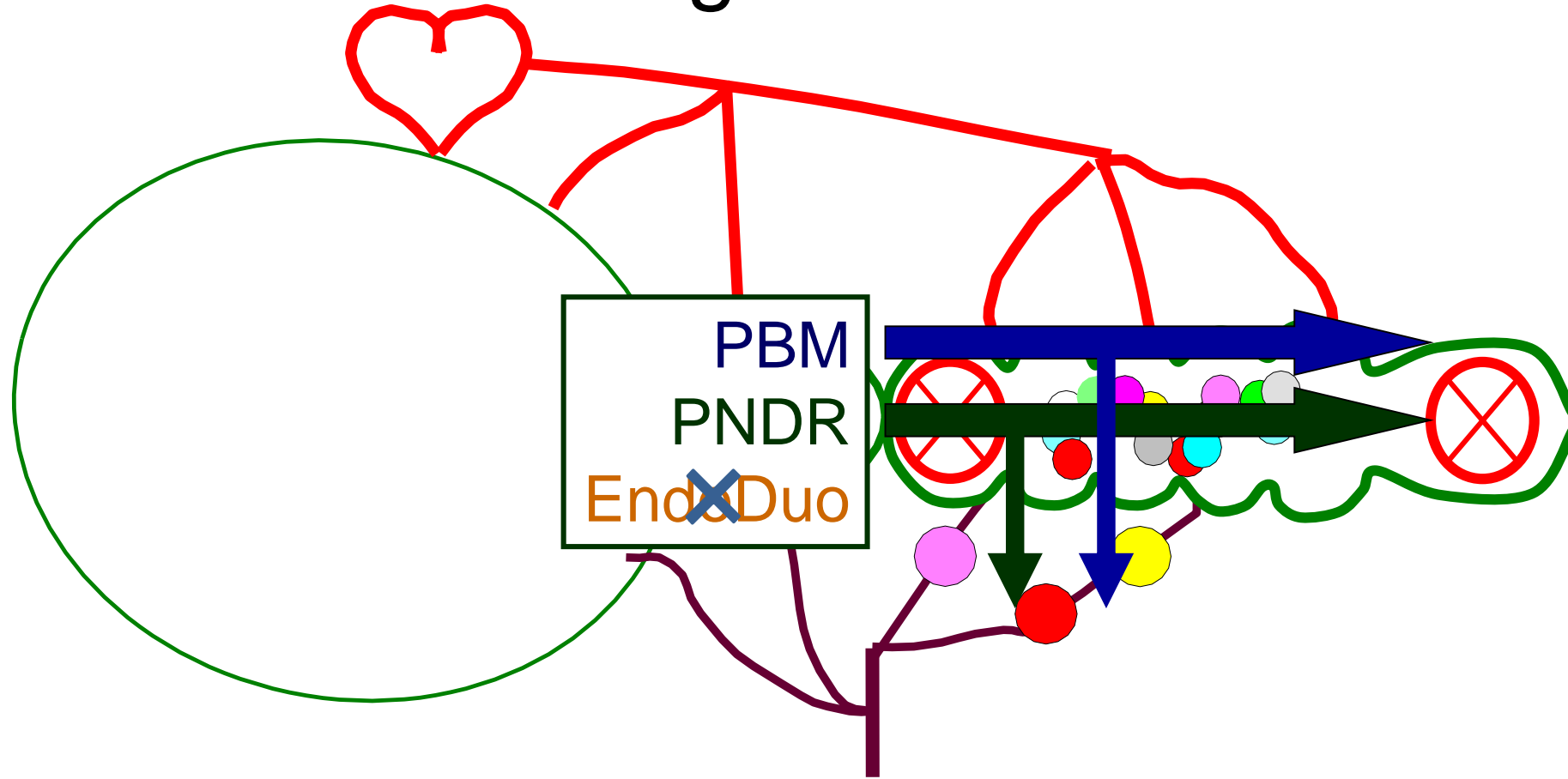
Apport de PM et flux digestible en AAE



EndoDuo synthétisé à partir de l'apport sanguin artériel

➤ PAS un apport net

Apport de PM et flux digestible en AAE



- AAE_{duo} de PBMic \times digestibilité intestinale
- AAE_{duo} de PnDR \times digestibilité intestinale

3. Prédiction de la PPL

- Réponse non-linéaire aux apports
- Réponse aux apports de différents AAE
- Apport d'énergie et le type d'énergie affecte l'efficacité d'utilisation des AAE

Équation multivariée: PPL =

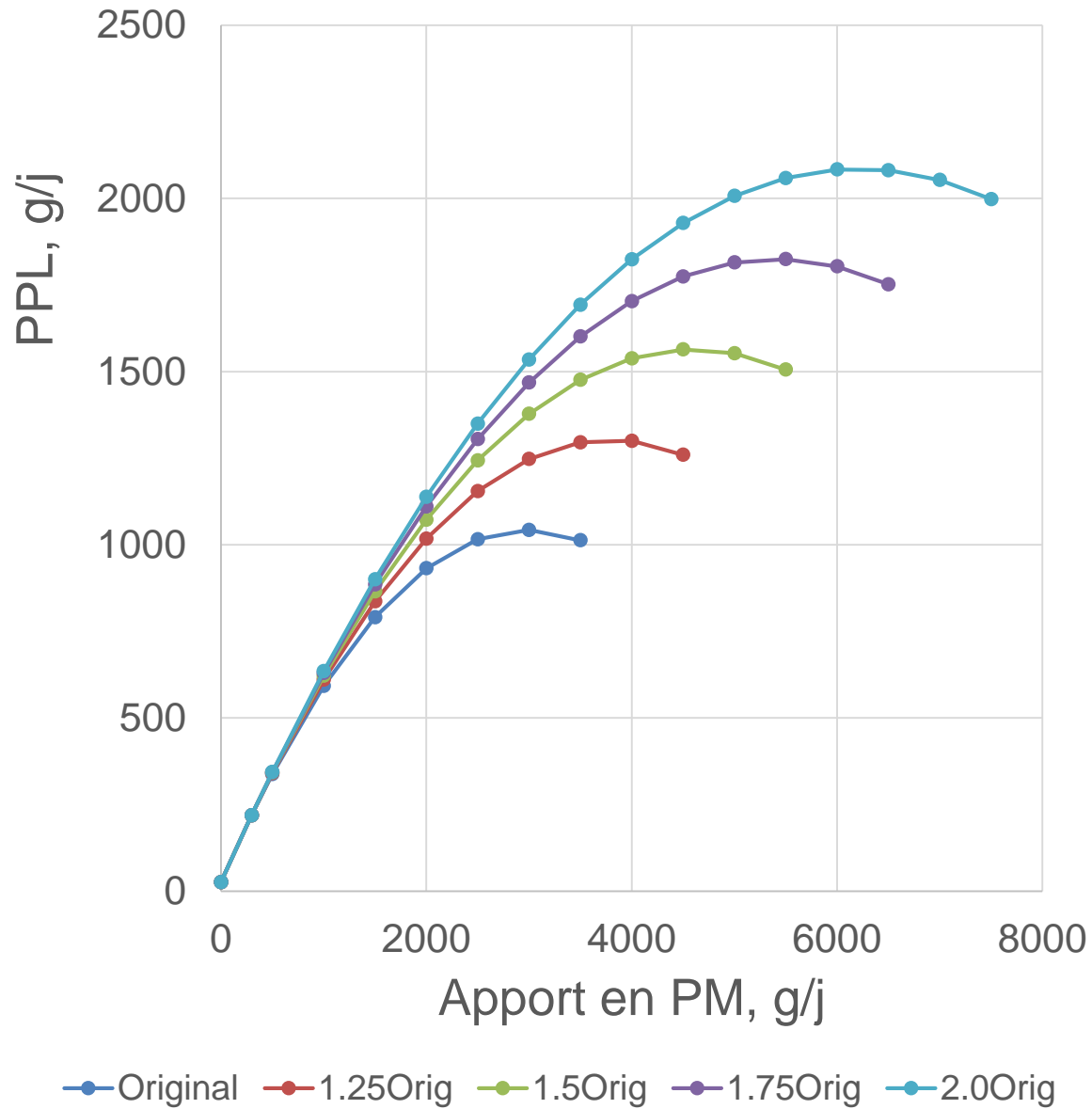
Item	Int.	His	Ile	Leu	Lys	Met	Autres AA	$\Sigma(EAA^2)$	EDnp	NDFd	PV
		----- g/j -----							Mcal/j	% DM	kg
Coefficients	-97	1,68	0,89	0,47	1,15	1,84	0,077	-0,0022	10,8	-4,60	-0,42

- EDnp: Énergie digestible non protéique
- NDFd: Fibres détergent neutre digestibles
- PV: poids vif

Évaluation – 500 itérations

Variable	NRC 2001	NASEM 2021
Moyenne observée, g/j	918	921
Moyenne prédite, g/j	890	923
REQM, % moyenne	24,9	14,3
Biais de moyenne, % EQM	2	0,7
Biais de pente, % EQM	32	4
Coefficient de concordance	0,65	0,75

Ajustement pour la fonction quadratique



- Terme quadratique (AAE) significatif
- Plateau à 3000 g/j de PM
 - 1050 g PPL
- Ajustement algébrique du terme quadratique (AAE) et des coefficients de régression
 - Basé sur la moyenne mobile du troupeau (kg PPL /305 j)
 - Réflète la génétique, la gestion, l'environnement...

4. Recommendations

R. Martineau, D.R. Ouellet

Agriculture et Agri-Food Canada, Sherbrooke, QC, Canada

M.D. Hanigan,

Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA

H.J. van Lingen, E. Kebreab

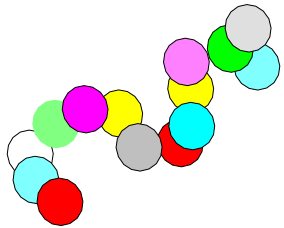
University of California, Davis, CA, USA

J.W. Spek

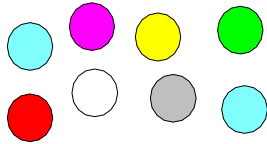
Wageningen UR Livestock Research, the Netherlands

Approche factorielle

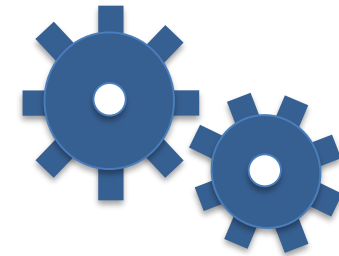
Protéines:
sécrétions &
accrétions



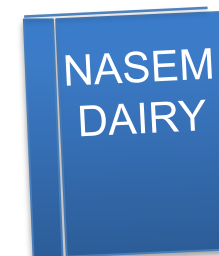
AAE:
composition
des protéines

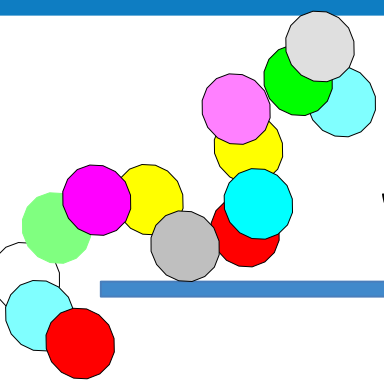


Eff_{AAE} & Eff_{PM}



Recommandations



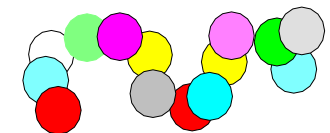
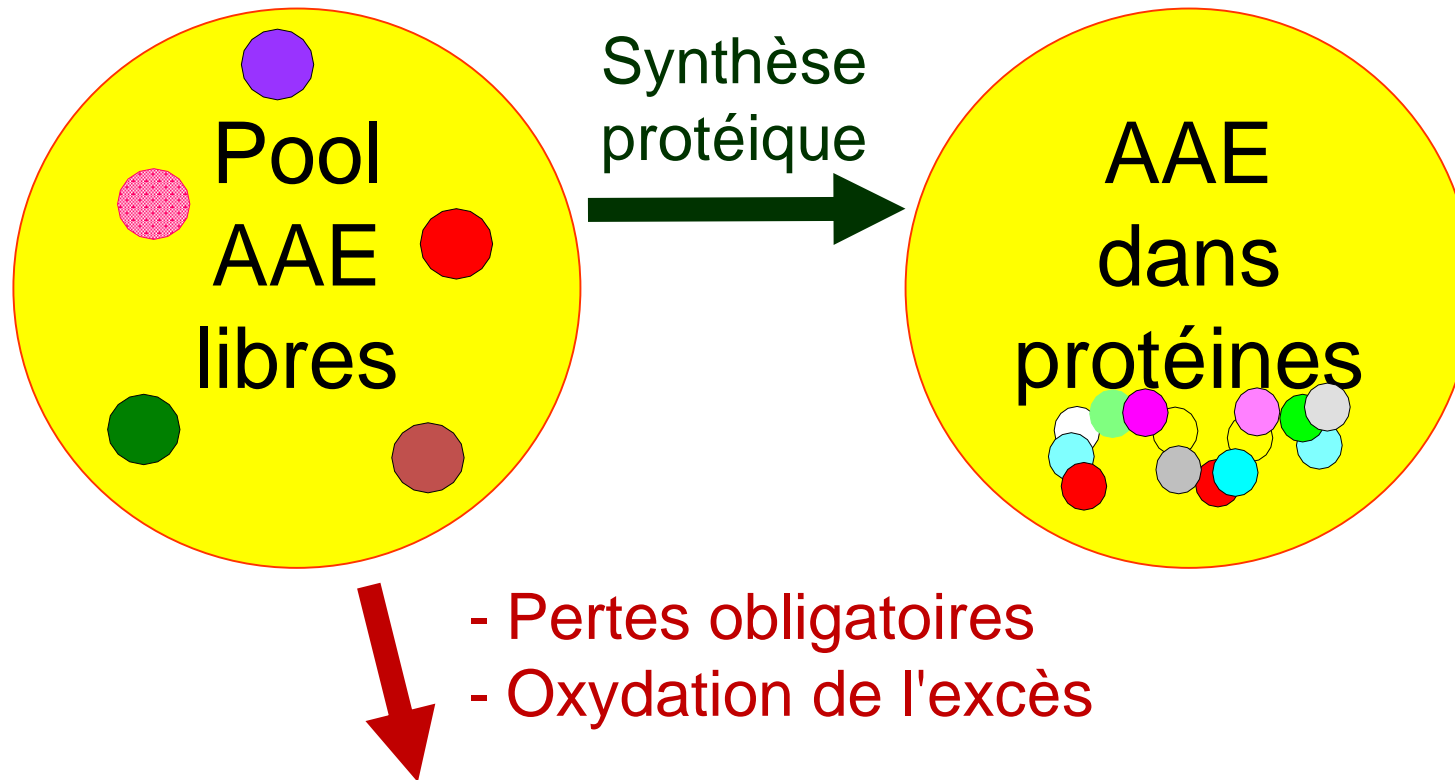


Sécrétions et accrétions

- a. Pourquoi sécrétions et accrétions seulement?
- b. Sécrétions: quantification
- c. Accrétions: quantification

Pourquoi sécrétions et accrétions?

Voies métaboliques des AAE



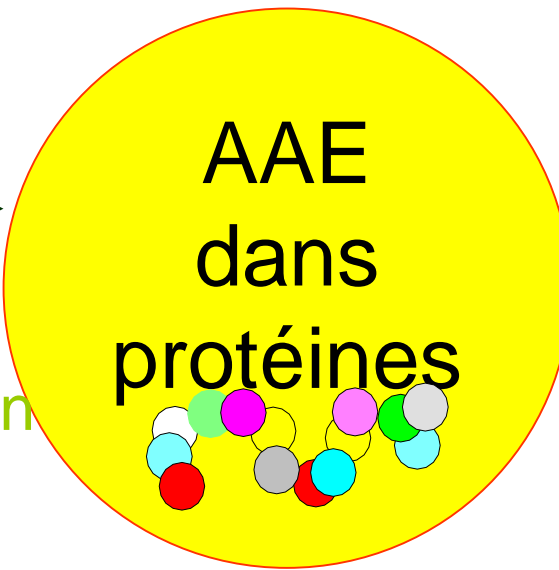
Flux d'AAE digérés



Synthèse
protéique

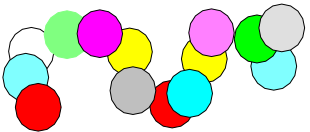


Dégradation

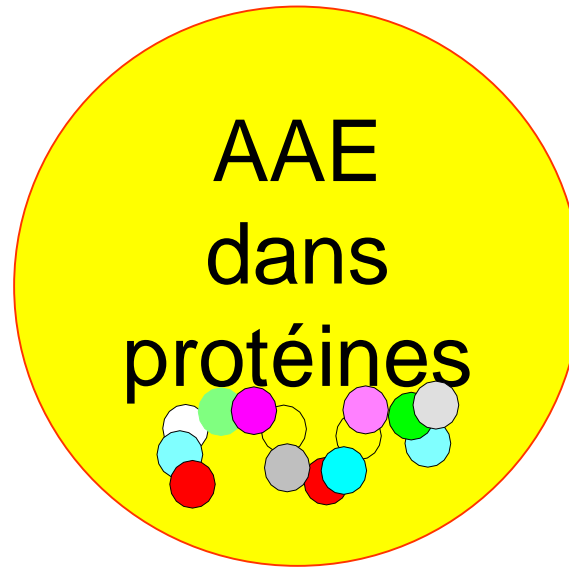


Protéines
- Sécrétions
- Accrétions

- Pertes obligatoires
- Oxydation de l'excès



Demande nette d'AAE



Protéines

- **Sécrétions:**

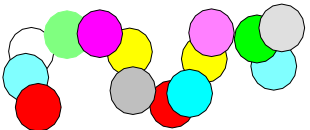
- téguments



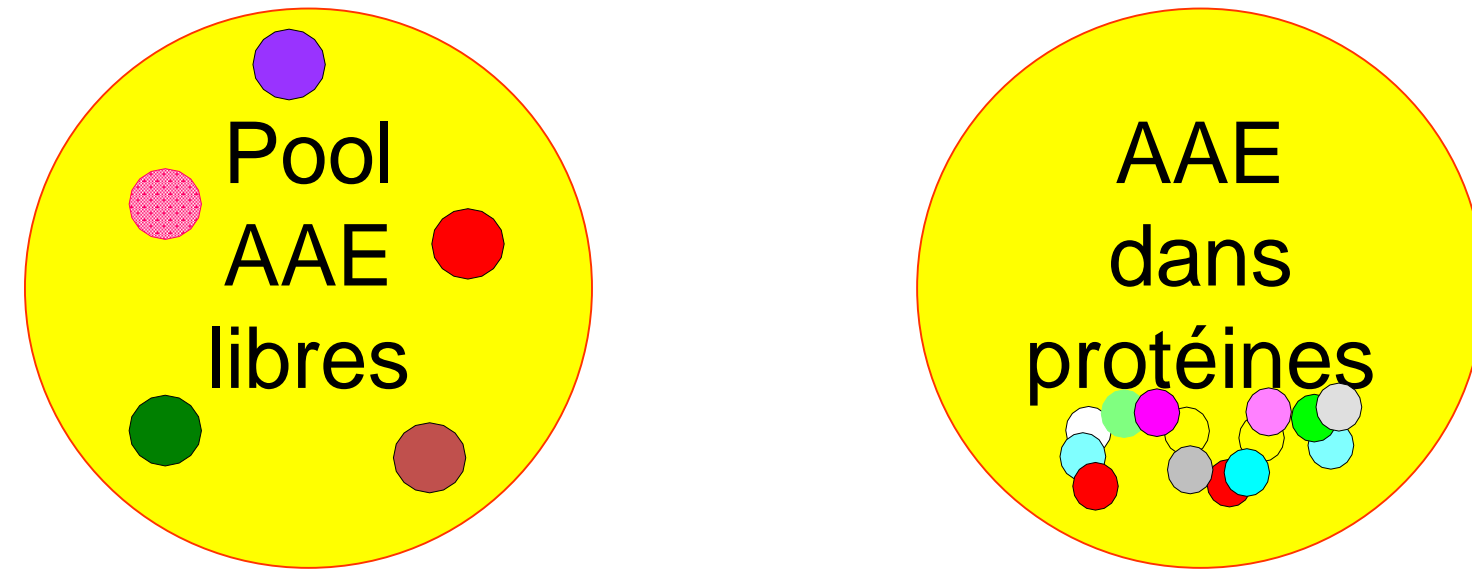
- **Accrétions:**

- croissance

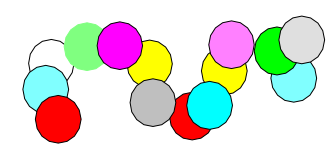
- gestation



Demande nette d'AAE



- Pertes obligatoires:
-> **perte endogène urinaire**



Protéines

▪ Sécrétions:

- téguments

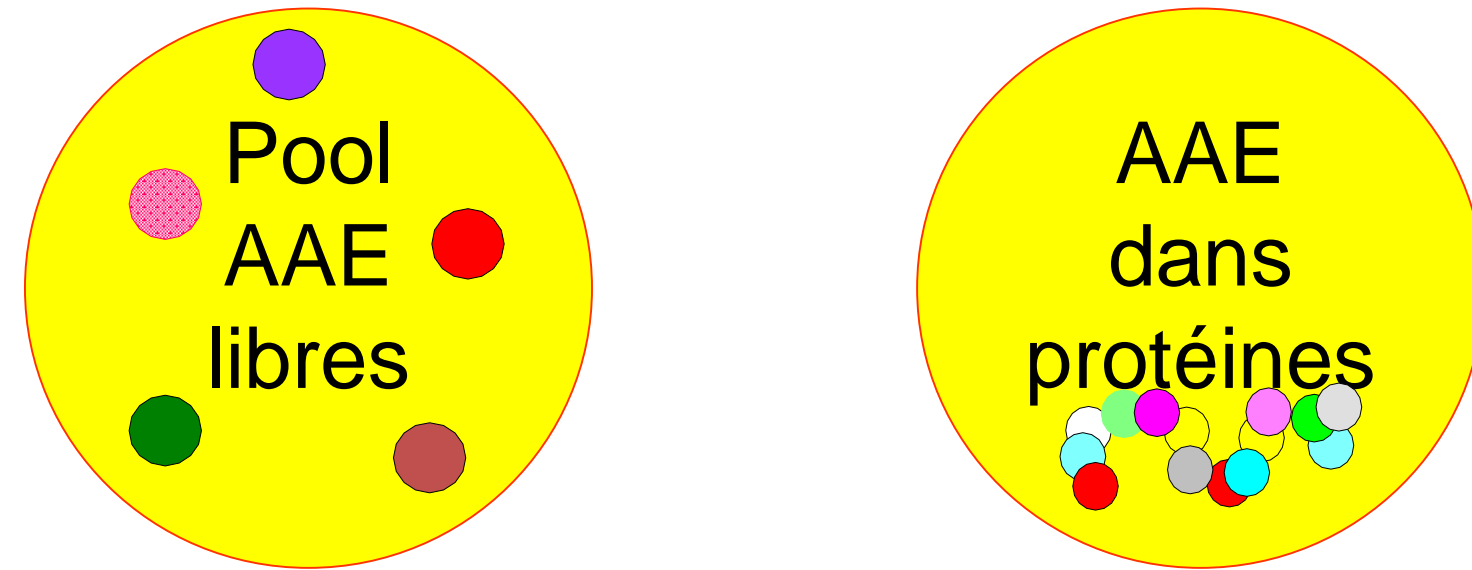


▪ Accrétions:

- croissance

- gestation

Demande nette d'AAE



- Pertes obligatoires:
-> **perte endogène urinaire**

- Oxydation de l'excès
-> **inefficacité**

Protéines

▪ Sécrétions:

- téguments

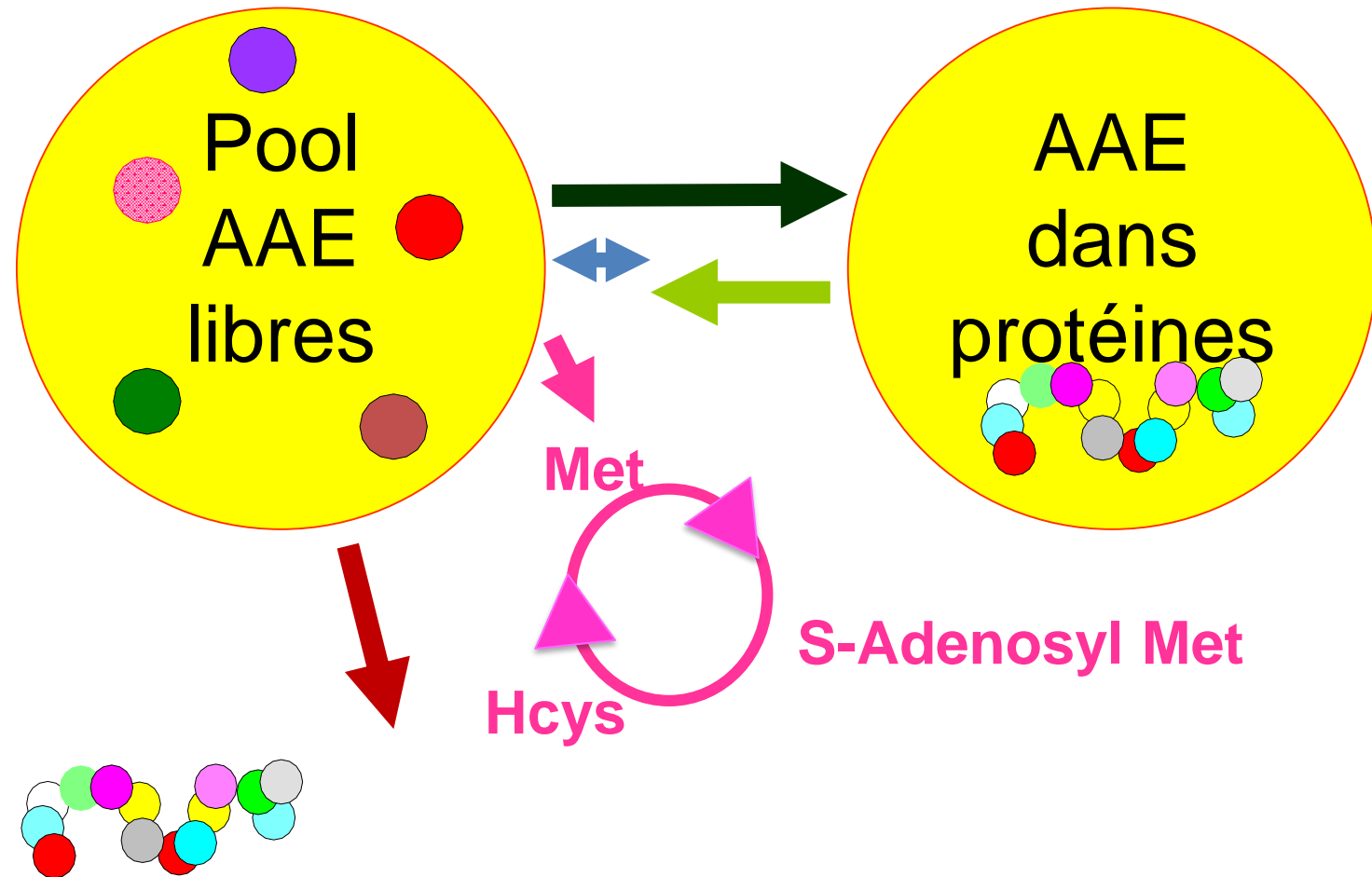


▪ Accrétions:

- croissance

- gestation

Autres fonctions pour les AAE?



Sécrétions: g PVr/j



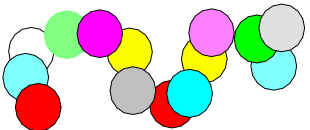
✓ Téguments: $0,2 \times 0,85 / PV_{\text{kg}}^{0,60}$ (Swanson, 1977)



✓ Lait: tel que mesuré (ou attendu)



✓ Tel que précédemment



Sécrétions: g PVr/j

➤ Endogène urinaire

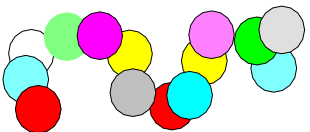
✓ Téguments: $0,2 \times 0,85 / PV_{\text{kg}}^{0,60}$ (Swanson, 1977)

➤ Métabolique fécal

✓ Lait: tel que mesuré (ou attendu)

➤ Revisité

✓ Tel que précédemment

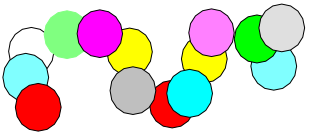


Endogène urinaire

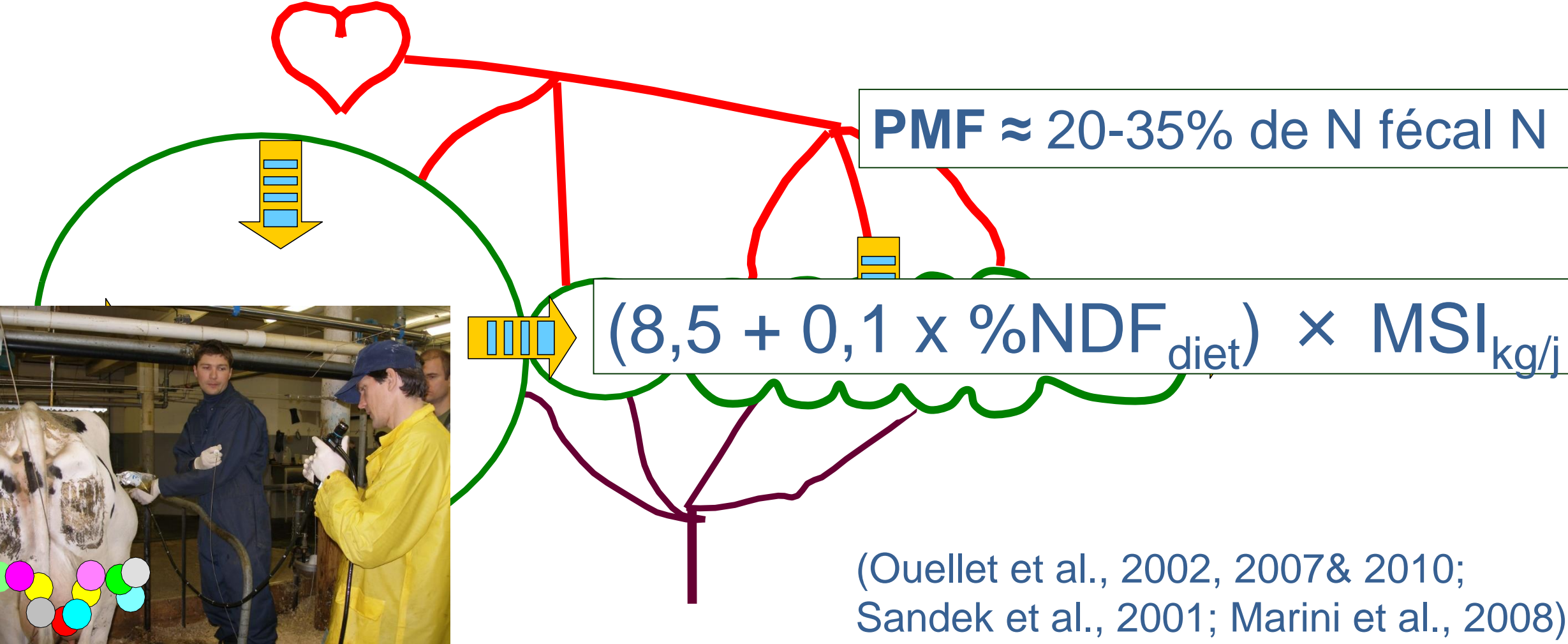
Aucun de ces composés est une protéine; mais tous dérivés du catabolisme d'AA

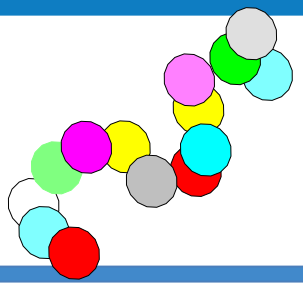
- Urée endogène
- Bases puriques endogènes
- Créatinine
- Créatine
- 3-met His
- Acide hippurique

$$\Sigma = (0,33 \times PV_{\text{kg}}) \text{ g PV/j}$$
$$(0,053 \text{ g N/kg PV})$$



Protéine métabolique fécale (PMF)





Demande nette en PM = PVr

Sécrétions
& accrétions

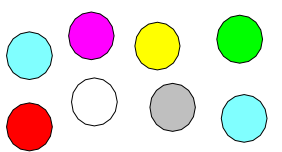
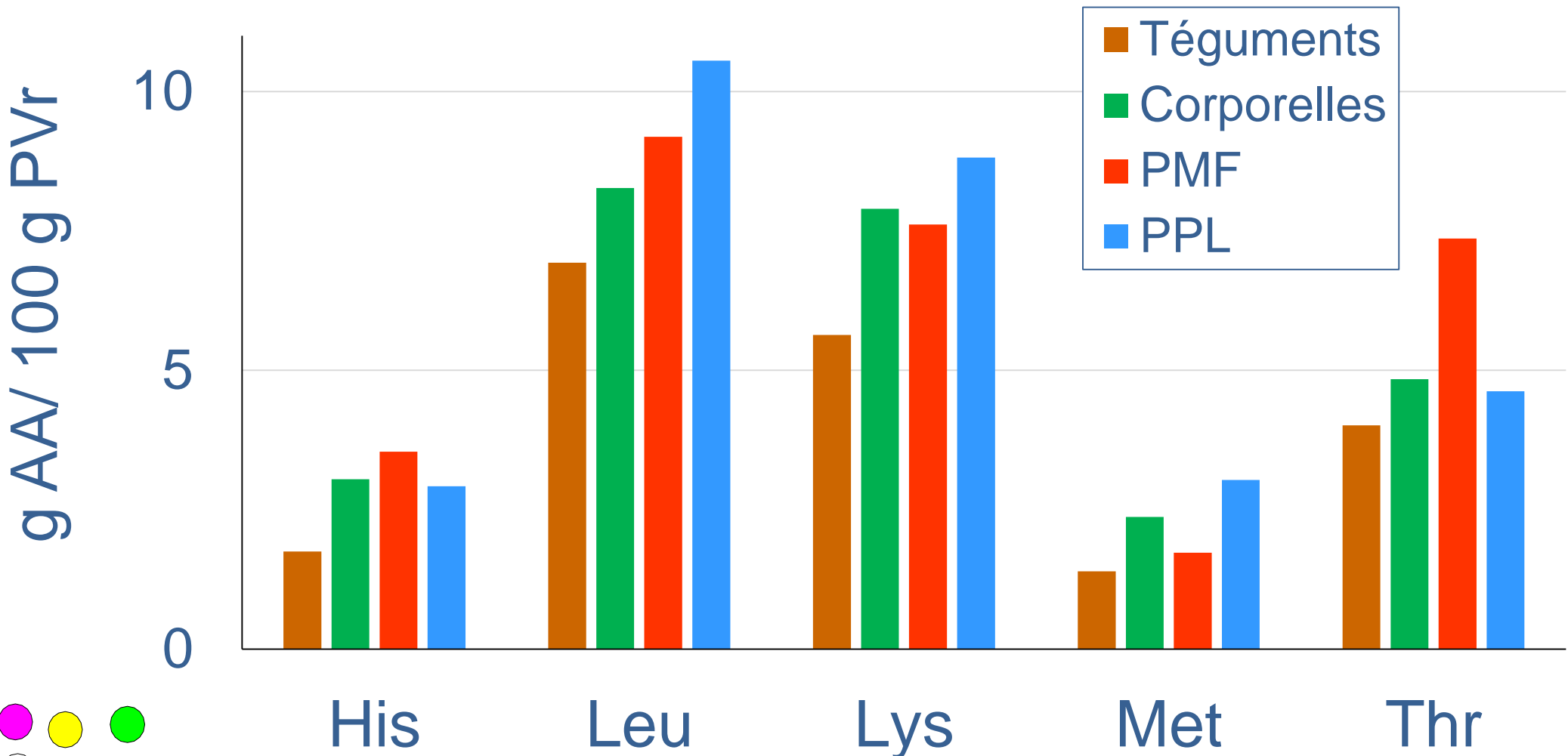
Endo Uri
Téguments
PMF
PPL
Croissance
Gestation

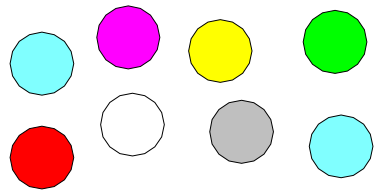


AAE: composition des protéines

- À partir de revue de littérature
(pas nécessaire avec l'approche proportionnelle)
- En fonction de la PVr
- Pour [AA] obtenues par hydrolyse
 - ✓ Facteurs de correction (Lapierre et al., 2019)
- Détaillée dans NASEM (2021)

Composition en AAE





Demande nette d'AAE

Sécrétions
& accrétions

×

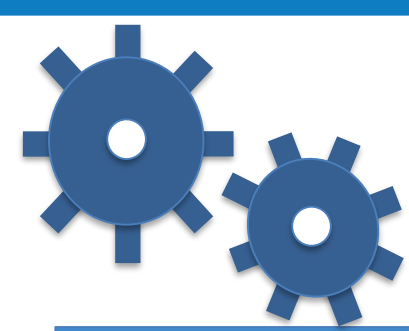
[AAE]_{protéine}

=

Demande nette
d'AAE

Endo Uri
Téguments
PMF
PPL
Croissance
Gestation

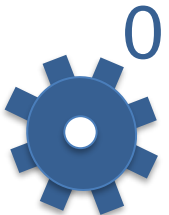
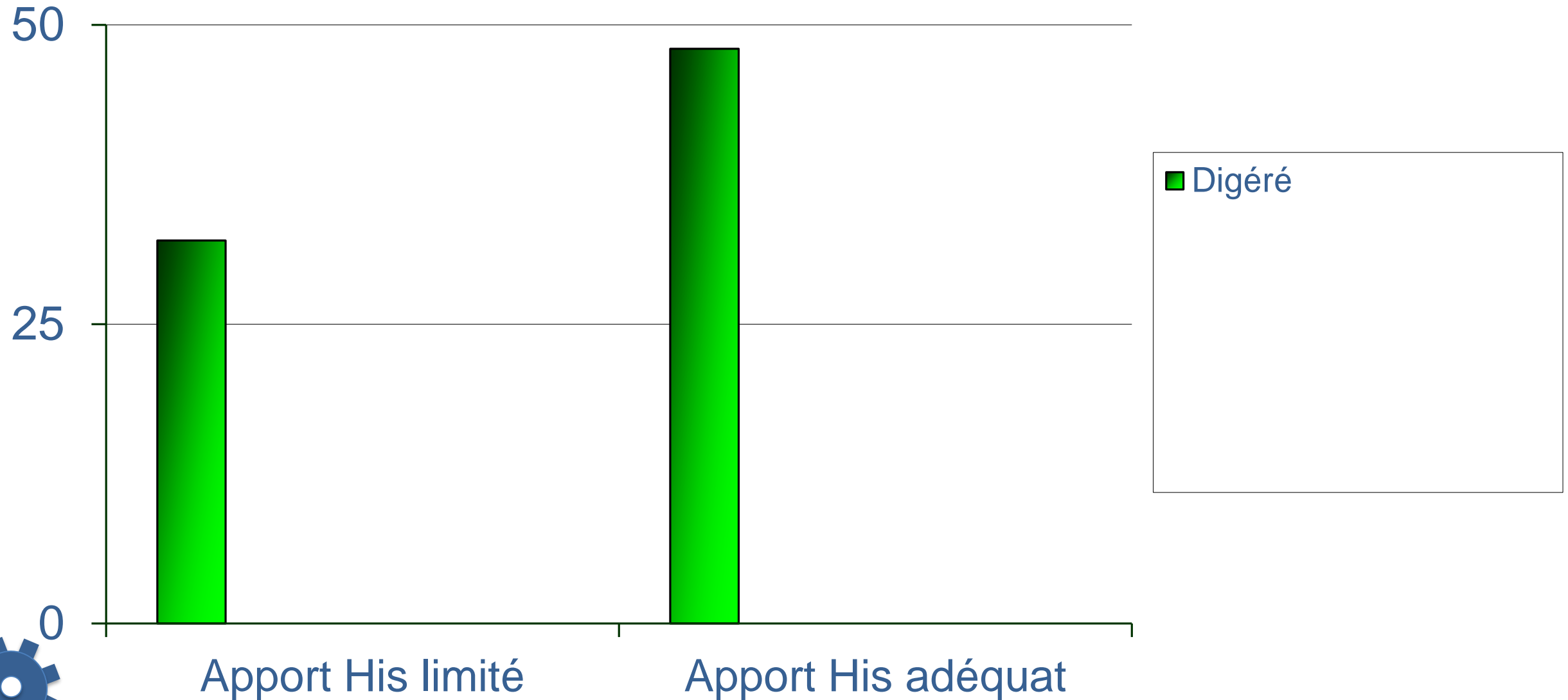
[AAE]_{corporelles}
[AAE]_{téguments}
[AAE]_{PMF}
[AAE]_{PPL}
[AAE]_{corporelles}
[AAE]_{corporelles}



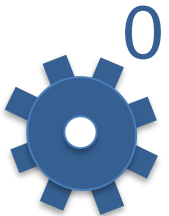
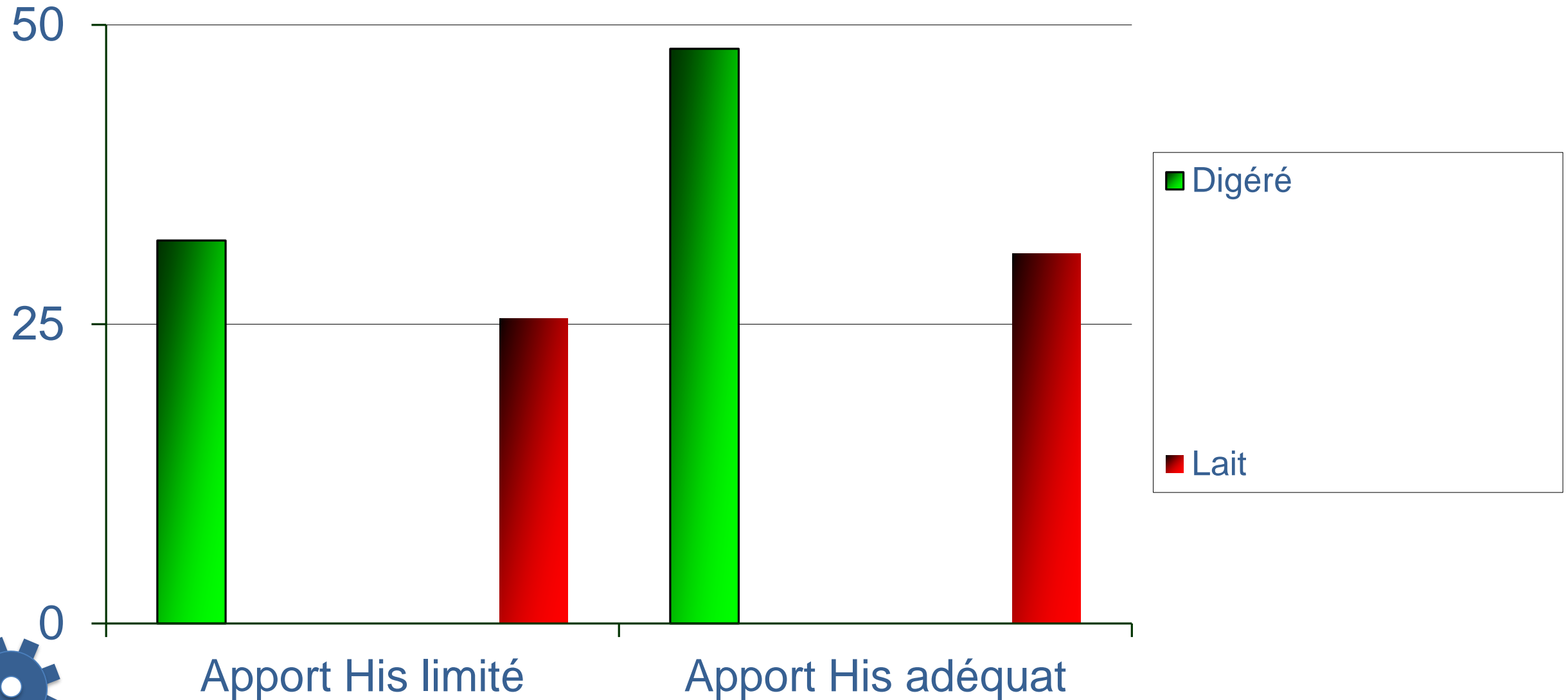
Efficacité d'utilisation

- Habituellement, Eff_{AA} fixe pour l'entretien et pour la lactation
- Besoin $= \frac{\text{Sécrétion}_{\text{MAINT}}}{Eff_{\text{MAINT}}} + \frac{\text{Sécrétion}_{\text{LAIT}}}{Eff_{\text{LAIT}}}$
- **Mais la biologie suggère autre chose...**

Bilans nets d'histidine (g/j)

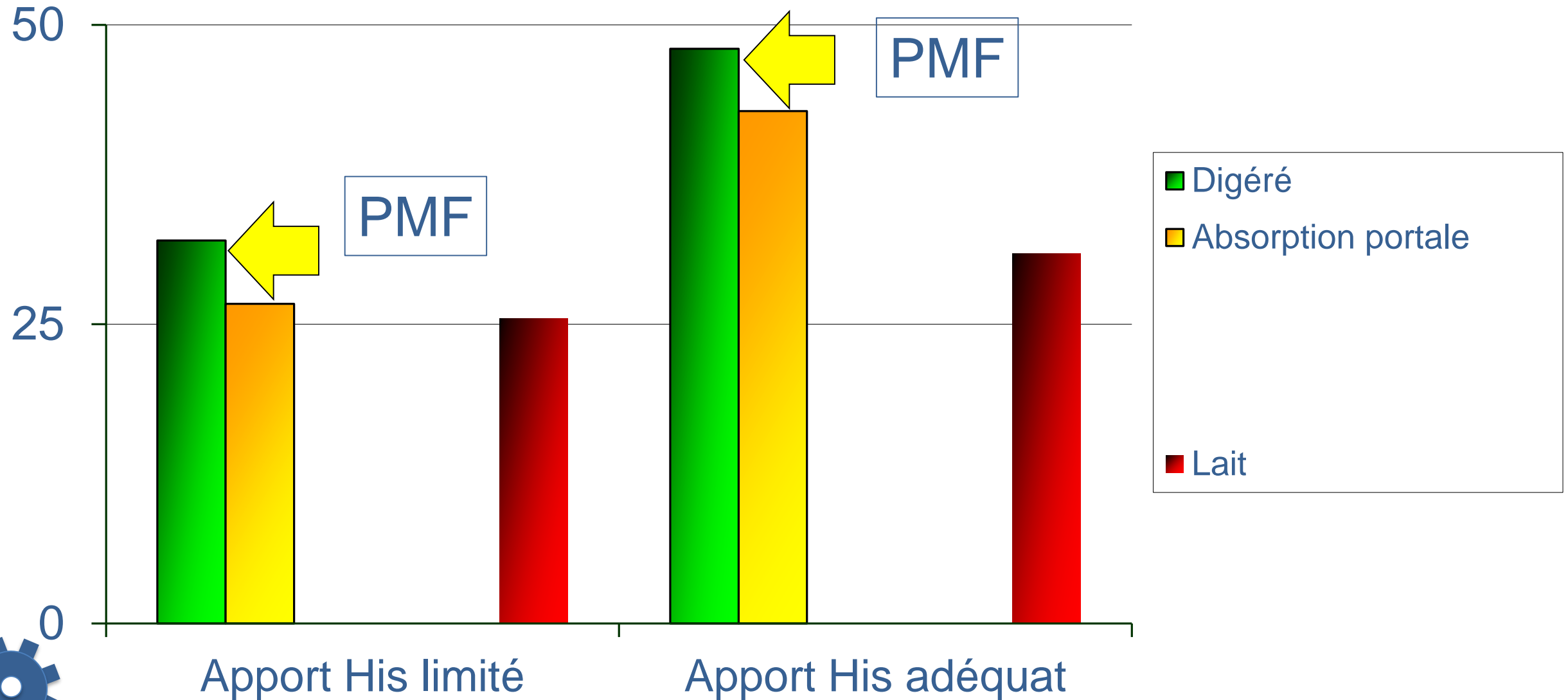


Bilans nets d'histidine (g/j)



(Lapierre et al., 2021)

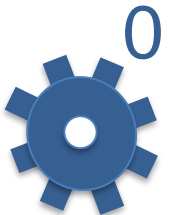
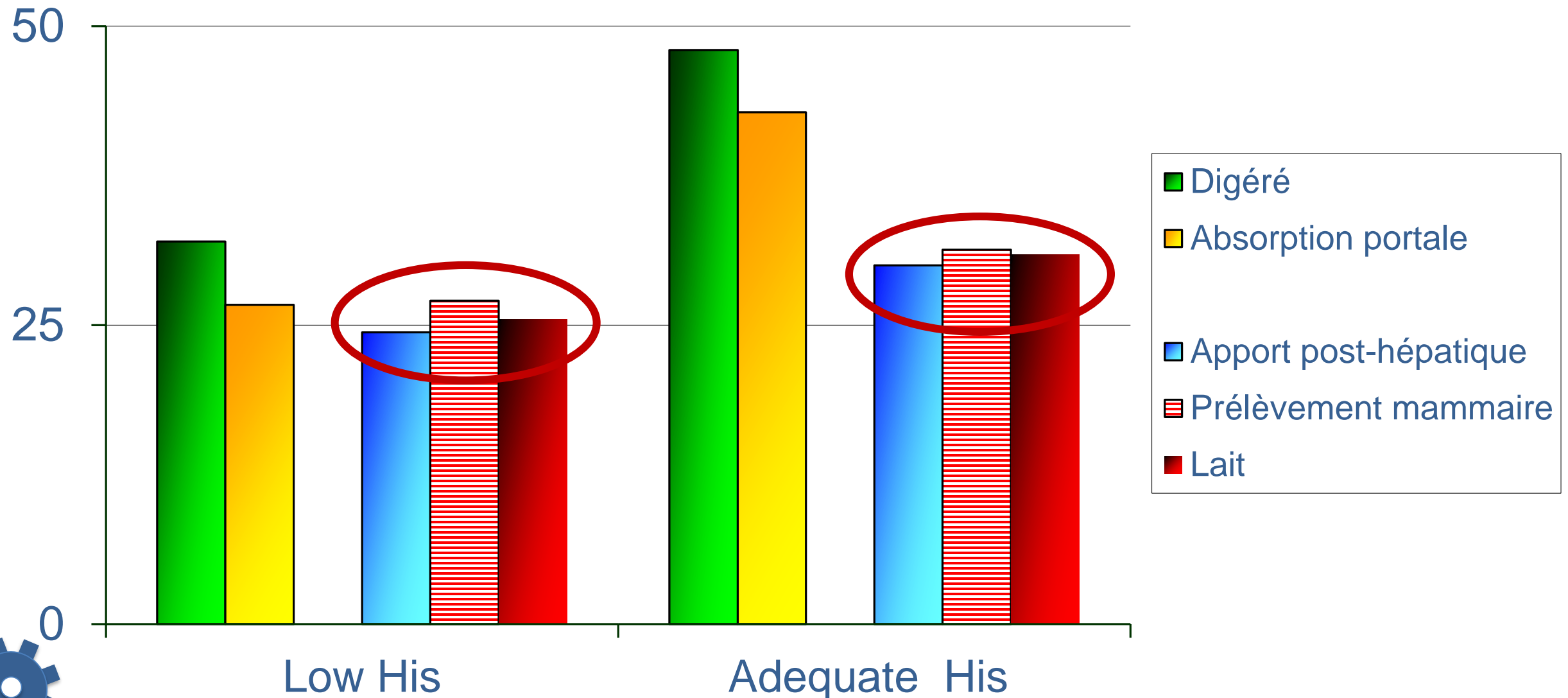
Bilans nets d'histidine (g/j)



(Lapierre et al., 2021)

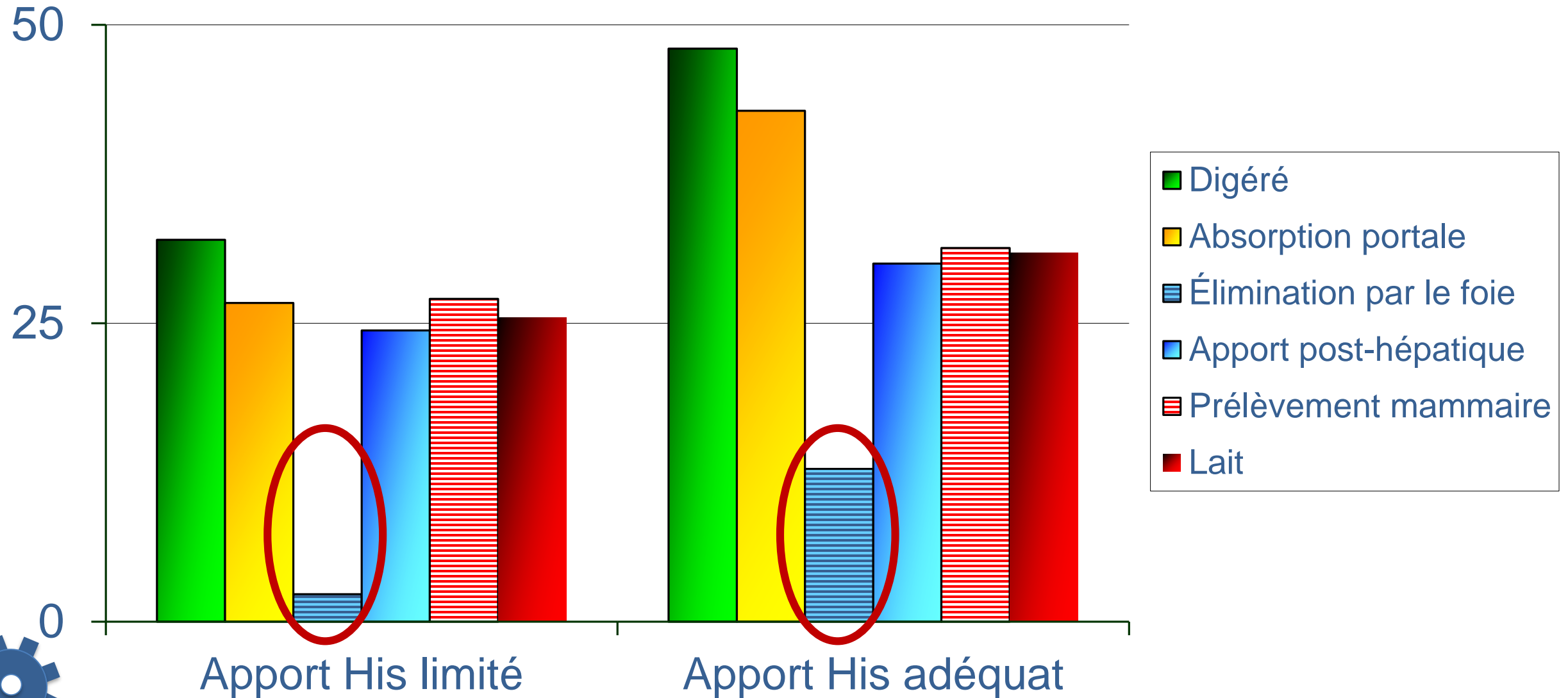


Bilans nets d'histidine (g/j)

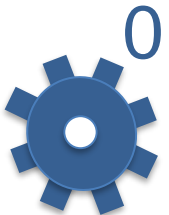


(Lapierre et al., 2021)

Bilans nets d'histidine (g/j)



(Lapierre et al., 2021)

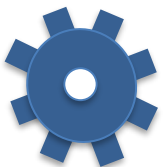


Eff_{AAE} ou Eff_{PM} combinée

Eff_{AAE} or Eff_{PM}

$$= \frac{\text{Demande nette}}{\text{Apport}_{\text{ajusté}}}$$

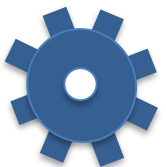
- Demande nette = téguments + PMF + PPL + croissance
 - (pas suffisamment d'information pour inclure la gestation)
- Apport_{ajusté} = Apport moins Endo Uri
 - > Endo Uri : efficacité de 1



Eff_{PM} / Eff_{AAE}

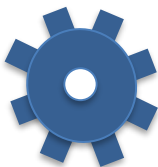
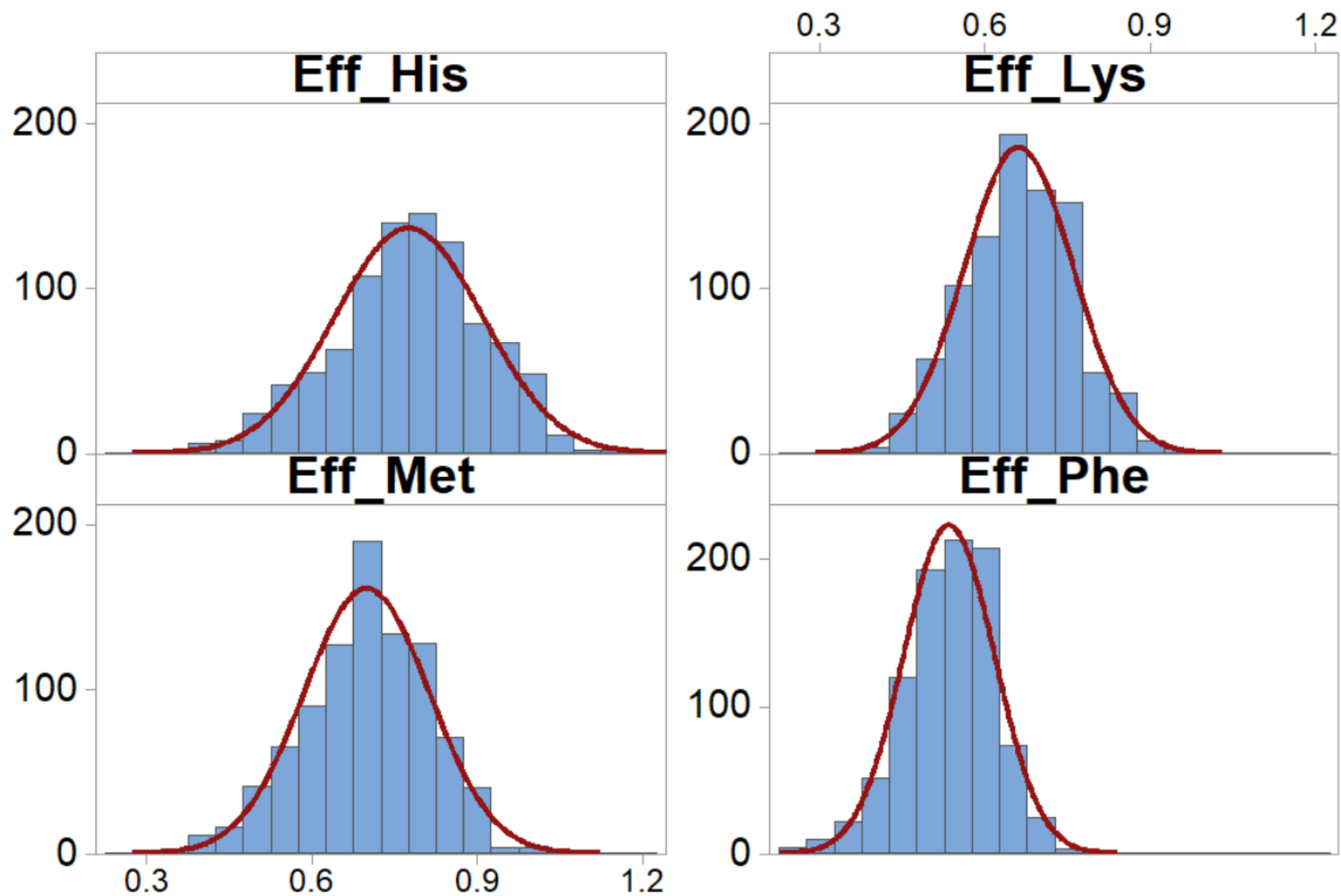
921 traitements de 215 études

PM / AAE	Moyenne	Min	Max
PM	0,65	0,35	0,98
His	0,78	0,37	1,27
Leu	0,67	0,31	1,05
Lys	0,67	0,36	1,06
Met	0,71	0,37	1,10
Phe	0,54	0,31	0,81

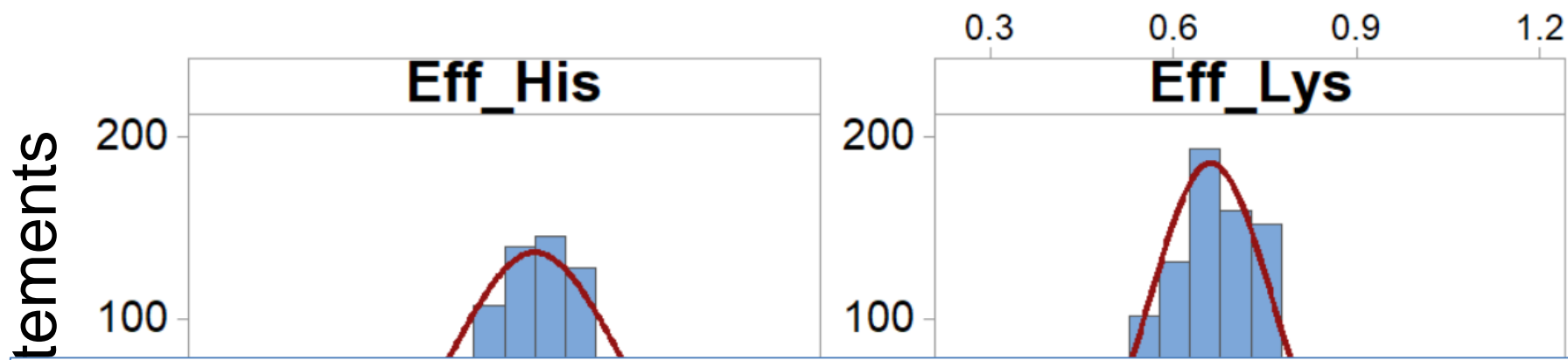


Distribution de Eff_{AAE}

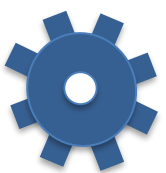
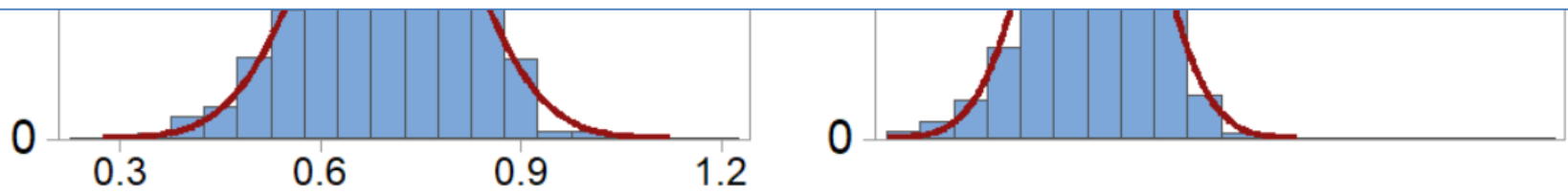
Nombre de traitements



Distribution de Eff_{AAE}



- Varie pour un AAE
- Varie entre les AAE
- Une valeur de référence est nécessaire
-> **CIBLE**



Eff_{PM} / Eff_{AAE} CIBLES

PM /AAE	Cible
PM	0,69
His	0,75
Leu	0,73
Lys	0,72
Met	0,73
Phe	0,60



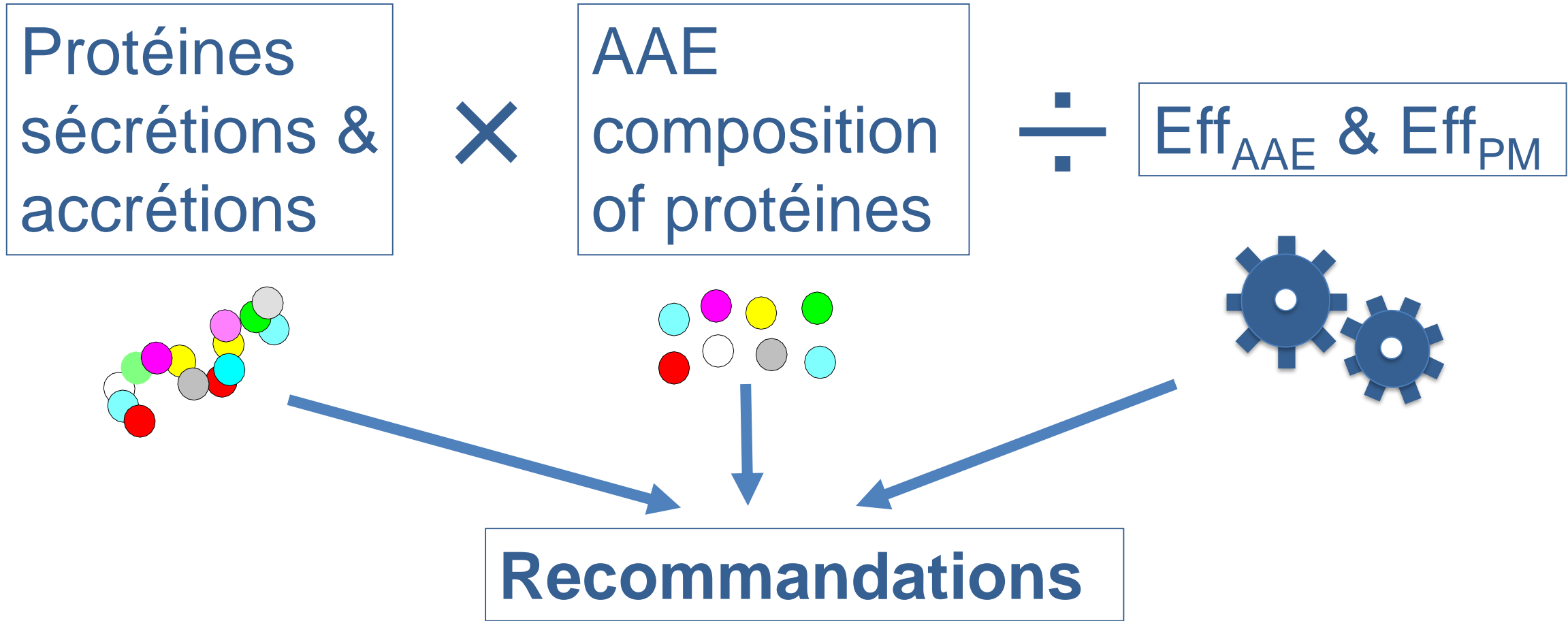
Recommandations en AAE

$$= \frac{\text{Endo Uri}}{1} + \frac{(\text{Téguments} + \text{PMF} + \text{PPL} + \text{Croissance})}{\text{Eff}_{\text{AAE}} \text{ Cible}} + \frac{\text{Gestation}}{0,33}$$

Recommandations en PM

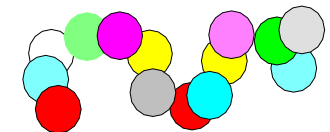
$$= \underbrace{\text{Endo Uri}}_1 + \underbrace{(\text{Téguments} + \text{PMF} + \text{PPL} + \text{Croissance})}_{0,69} + \underbrace{\text{Gestation}}_{0,33}$$

4. Recommendations for AAE



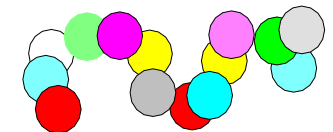
5. Exemple #1

- 38,3 kg/j lait
- 3,09% PVr, 3,27% gras
- mange 23 kg/j de MS
- Ration à 16,5% PB
- Pas de variation de PV (589 kg)
- Non gestante
- Tiré de Olmos Colmenero et Broderick, 2006

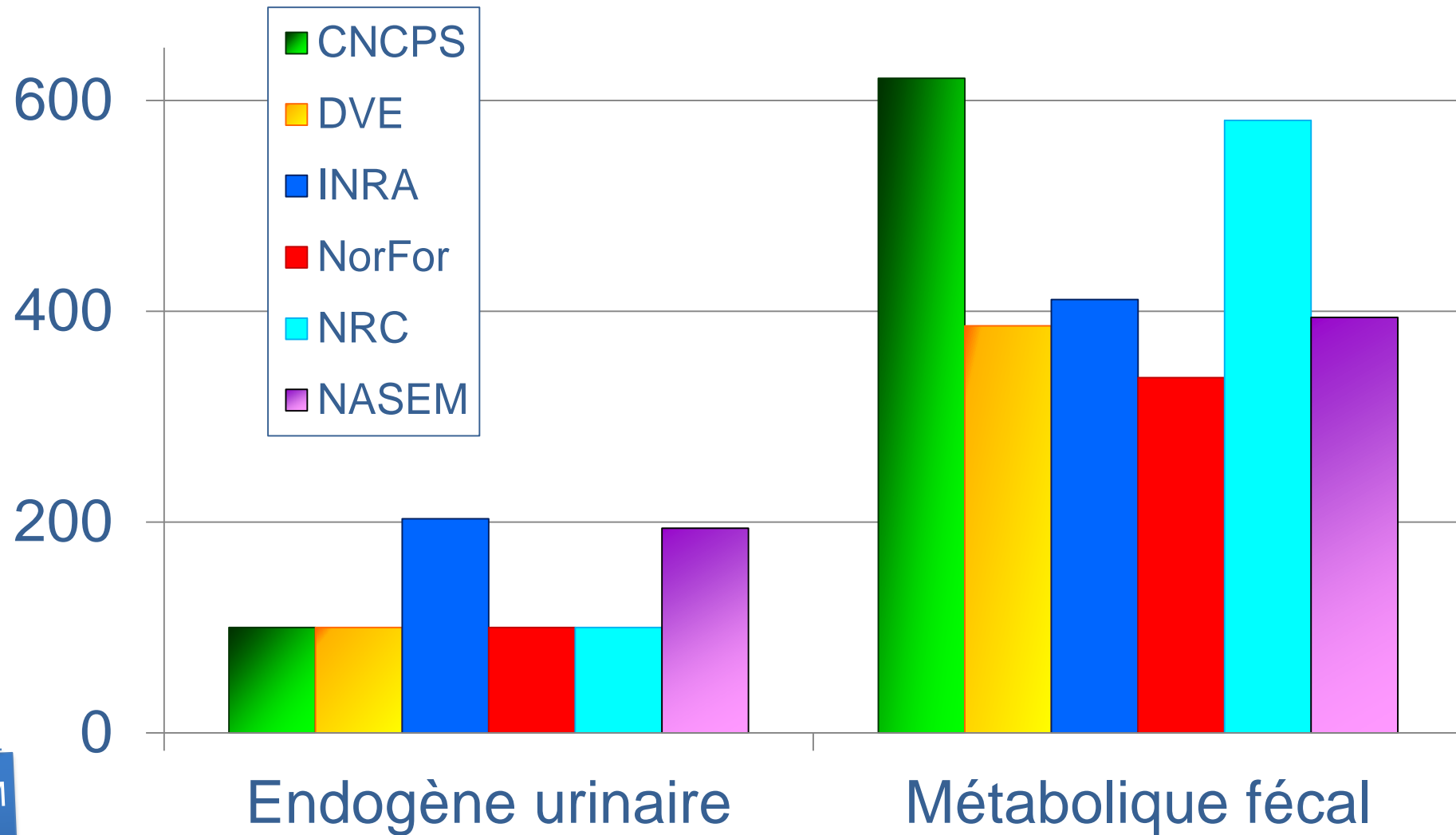


NASEM (2021) vs. autres modèles

- **CNCPS** (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, v 6.5 - 2004 & 2015)
- **DVE/OEB** (The Netherlands: DarmVerteerbaar Eiwit/Onbestendig Eiwit Balans - 1991 & 2007)
- **INRA** (Institut national de la recherche agronomique - 2018)
- **NorFor** (Nordic system - 2011)
- **NRC** (National Research Council - 2001)
- **NASEM** (current revision)

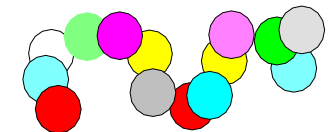


Recommandations de PM, g/j



Exemple #2. Recommandations

- Mange 28,5 kg/j de MS
- Ration à 30,2% NDF
- Gain de poids: 80 g/j (700 kg)
- 40 jours de gestation
- Prévu: 55,0 kg/j lait @ 2,80% PVr -> PPL = 1540 g PPL



Exemple de calculs pour recommandations (g/j)

		Demande nette					
Item	Digéré	UriEndo	PMF	Téguments	PPL prévue	Gestation	Gain de poids
PM	2770	232	325	9	1540	0,75	8
His	67	1,7	11,5	0,2	45	<0,1	0,2
Leu	253	3,6	29,8	0,6	163	0,1	0,6
Lys	203	3,5	24,8	0,5	136	0,1	0,5
Met	60	1,0	5,6	0,1	47	<0,1	0,2
Phe	158	1,9	17,2	0,3	81	<0,1	0,3

Exemple de recommandations (g/j)

Item	Digéré	Efficacité cible	Recommandation PPL prévue		
PM	2770	0,69	2961		
His	67	0,75	78		
Leu	253	0,73	269		
Lys	203	0,72	228		
Met	60	0,73	73		
Phe	158	0,60	167		

Exemple de recommandations (g/j)

Item	Digéré	Efficacité cible	Recommandation PPL prévue	Efficacité PPL prévue	
PM	2770	0,69	2961	0,74	
His	67	0,75	78	0,87	
Leu	253	0,73	269	0,78	
Lys	203	0,72	228	0,81	
Met	60	0,73	73	0,89	
Phe	158	0,60	167	0,63	

Prédiction de PPL à partir de l'équation multivariée

Item	Apport prédit (Mcal ou g/j)	Coefficients de régression ajustés	PPL prédite (g/j)
Intercepte/NDFd/PV			-122
ED non-protéique	68	10,79	739
His	67	1,64	110
Ile	161	0,87	140
Leu	253	0,46	116
Lys	203	1,13	230
Met	60	1,81	108
(EAA) ²	1406	-0,0014	-190
Autres AA	2439	0,08	189
PPL prédite			1318

Vérification de la prédiction

Item	Digéré	Efficacité cible	Recommandation PPL prévue	Efficacité PPL prévue	Efficacité PPL prédite
PM	2770	0,69	2961	0,74	0,58
His	67	0,75	78	0,87	0,77
Leu	253	0,73	269	0,78	0,68
Lys	203	0,72	228	0,81	0,71
Met	60	0,73	73	0,89	0,78
Phe	158	0,60	167	0,63	0,56

Conclusion

- Développement d'un modèle factoriel, fondé sur la biologie (facile d'y ajouter de nouvelles connaissances);
- Pour tous les AAE (Arg considéré semi-essentiel);
- Eff_{AAE} cible évoluera, surtout en fonction des apports énergétiques;
- Équation multivariée pour prédire PPL, avec une mise à niveau selon la moyenne mobile du troupeau.

Merci!

