



Alimentation azotée des ruminants :

comment réduire les rejets dans l'environnement ?

(Cas du bovin intensif viande)

Yves Beckers

Unité Zootechnie

Avril 2009



gembloux

faculté universitaire des sciences agronomiques
unité de zootechnie



Alimentation azotée

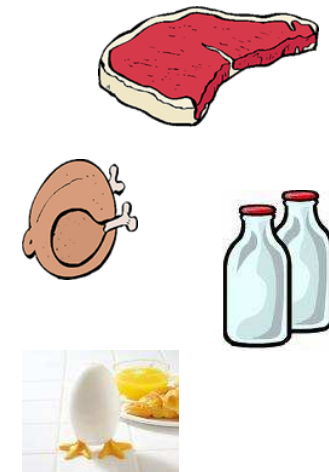
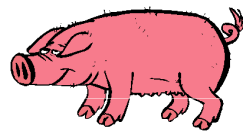
- Introduction
- Gestion de l'azote en agriculture
- Rejets azotés
- Digestion des matières azotées
- Bilan des recherches



Introduction

Nutrition animale

Cycle biologique de transformation

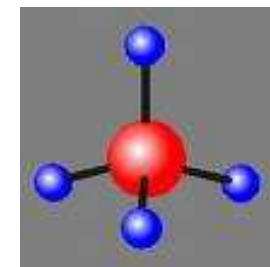


Nutriments
Digestibilités
Valeur alimentaire

Axe 1

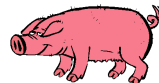
Nutrition animale

Cycle biologique de transformation



Nutrition animale

Cycle biologique de transformation



Efficienc

Rejets

Environnement

Axe 2



Gestion de l'N en agriculture



Gestion de l'azote

- Protection des ressources en eau
 - Nombreux aquifères dans le Sud de la Belgique
 - Teneur en nitrates : 35 ppm
 - Potabilité OMS : max 50 ppm de nitrates
 - Agriculture : un des acteurs
- Programme de gestion durable de l'N (PGDA)
 - <http://www.nitrawal.be/index.html>

PGDA

- Azote organique épandable (norme 115/230)
 - Cultures : 115 kg/ha x an
 - Prairies : 230 kg/ha x an
- Azote organique produit
 - Nombre d'animaux x norme/animal
- Azote organique importé et exporté
- → Taux de liaison au sol

PGDA (2)

● Zone vulnérable

- Maximum 170 kg N organique/ha x an en moyenne
- 50 % de la SAU du Sud du pays
- Dérogation possible
- Couverture du sol : piège à nitrates

● Périodes et conditions d'épandage

● Azote total :

- Cultures : 250 kg/ha x an
- Prairie : 350 kg/ha x an



Rejets azotés

Efficiace azotée

- $N \text{ ingéré} - N \text{ rejeté} = N \text{ retenu (GQM) ou exporté}$
(lait, viande, veau)
- Animal à l'entretien : 0 %
- Vache laitière : 20 – 25 %
 - Charge polluante : 90 kg N/an en Belgique
- Taurillon intensif viande : 20-35 %
 - Charge polluante : 40 kg N/an en Belgique

Formes azotées rejetées

- **Matières fécales : protéines, acides nucléiques, ammoniac**
 - Causes digestives
 - **Fraction indigestible des aliments**
 - **Fonctionnement du tube digestif**
- **Urines : urée**
 - Causes métaboliques
 - **Carence en énergie ou excès de protéines digestibles**
 - **Profil en acides aminés non adéquat**
- **Potentiel de nuisance variable**
 - 60 à 75 % de l'N excrété sont transformés en ammoniac durant le stockage (dont 25 à 40 % sont volatilisés)



Réduction des rejets azotés

- Extensification vs intensification
- Réduction de l'N ingéré par les animaux
 - Avec réduction des performances
 - Sans réduction des performances
 - Réduction des pertes fécales
 - Réduction des pertes urinaires



Réduction des rejets azotés



Pertes fécales

– Travailler la digestibilité des rations

- Fourrages
- Concentrés

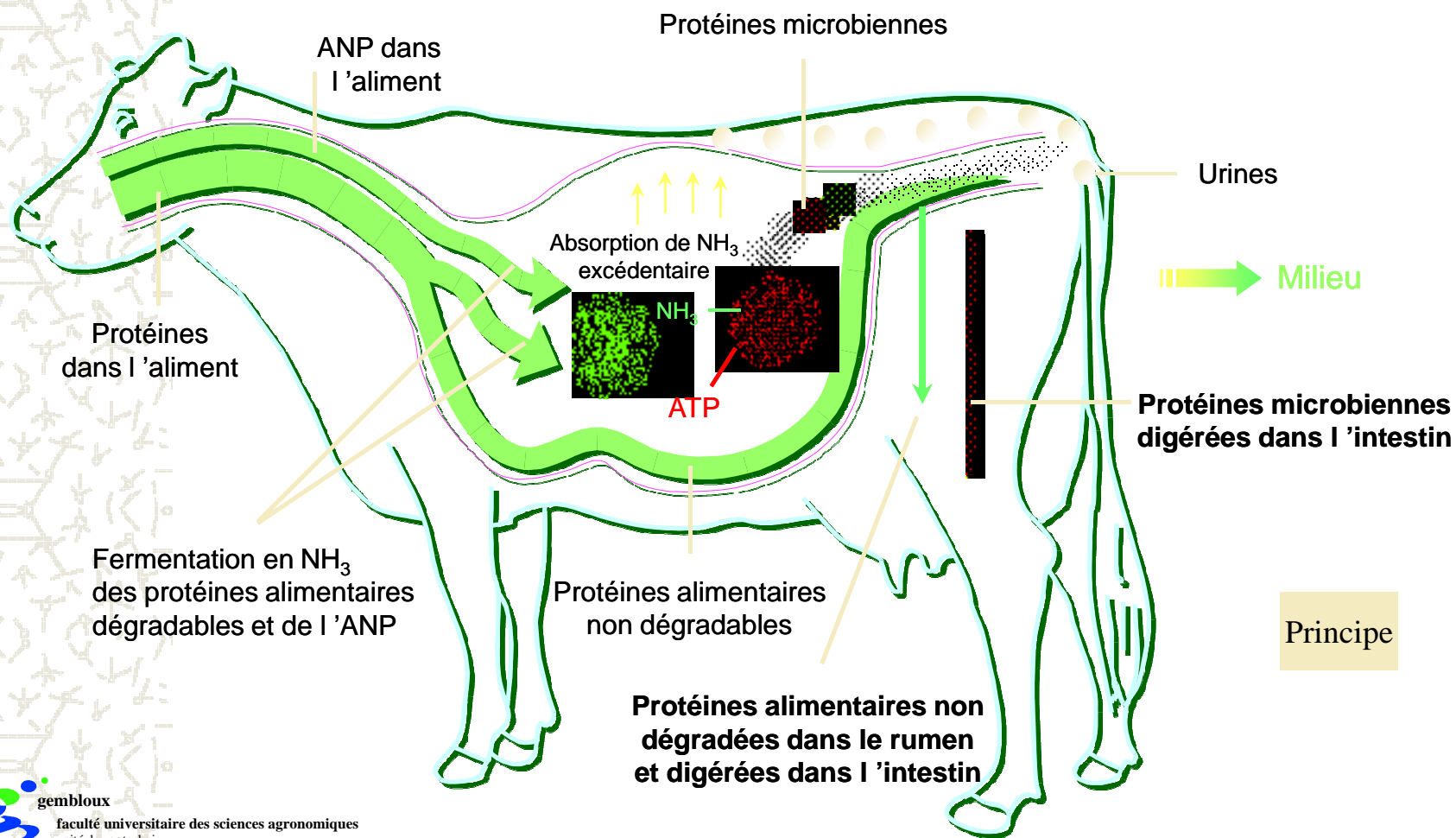


Pertes urinaires



Digestion de l'azote

Digestion des matières azotées





Axes de recherches

Réduction des pertes urinaires

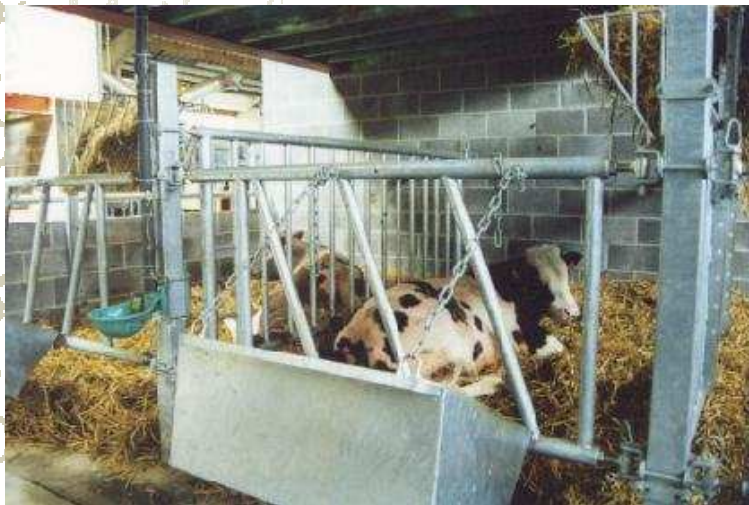
- Axe 1 : apports en acides aminés digestibles
- Axe 2 : besoins en acides aminés digestibles des taurillons BBBC
- Axe 3 : alimentation azotée du rumen
 - Synchronisme des rations
 - Carence azotée au niveau du rumen

Centre d'Etudes des Productions Animales (CEPA)



Photo : R. Caussin

Animaleries



Animaleries



gembloux

faculté universitaire des sciences agronomiques
unité de zootechnie

Animaleries



gembloux

faculté universitaire des sciences agronomiques
unité de zootechnie



Alimentation azotée : axe 1

- Devenir des matières azotées alimentaires dans le tube digestif
 - Beckers *et al.*, 1995. *Journal of Animal Science* **73**:220
 - Beckers *et al.*, 1996. *Animal Feed Science and Technology* **61**:305
- Mécanismes complexes simplifiés dans les systèmes d'évaluation de la valeur protéique des aliments

Alimentation azotée : axe 2

● Besoins en acides aminés du taurillon

- Froidmont *et al.*, 2000. *Journal of Animal Science* **78**:233
- Froidmont *et al.*, 2002. *Canadian Journal of Animal Science* **82**:95
- Besoins pour les premiers acides aminés limitants

● Satisfaction des besoins en acides aminés du taurillon

- Froidmont *et al.*, 2002. *Reproduction Nutrition Développement* **42**:537
- Acides aminés libres : importance du by-pass (Lys et Met)

Alimentation azotée : axe 3

● Synchronisation des apports azotés et énergétiques au niveau du rumen

- Systèmes de stockage de l’N excédentaire peuvent être activés chez l’animal
- Valkeners *et al.*, 2004. *Journal of Animal Science* **82**: 1818.
- Valkeners *et al.*, 2006. *Journal of Animal Science* **84**: 877.

● Recyclage N chez le ruminant

- Valkeners *et al.*, 2008. *Journal of Animal Science* **86**: 680.

Principes de l'alimentation

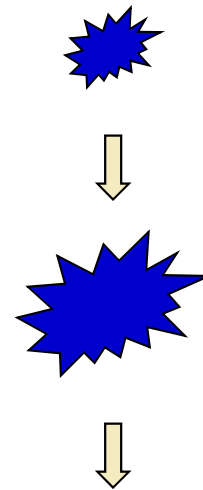
Pulpes de bet.

T. soja

**X % P. bet.
Y % de T. soja**

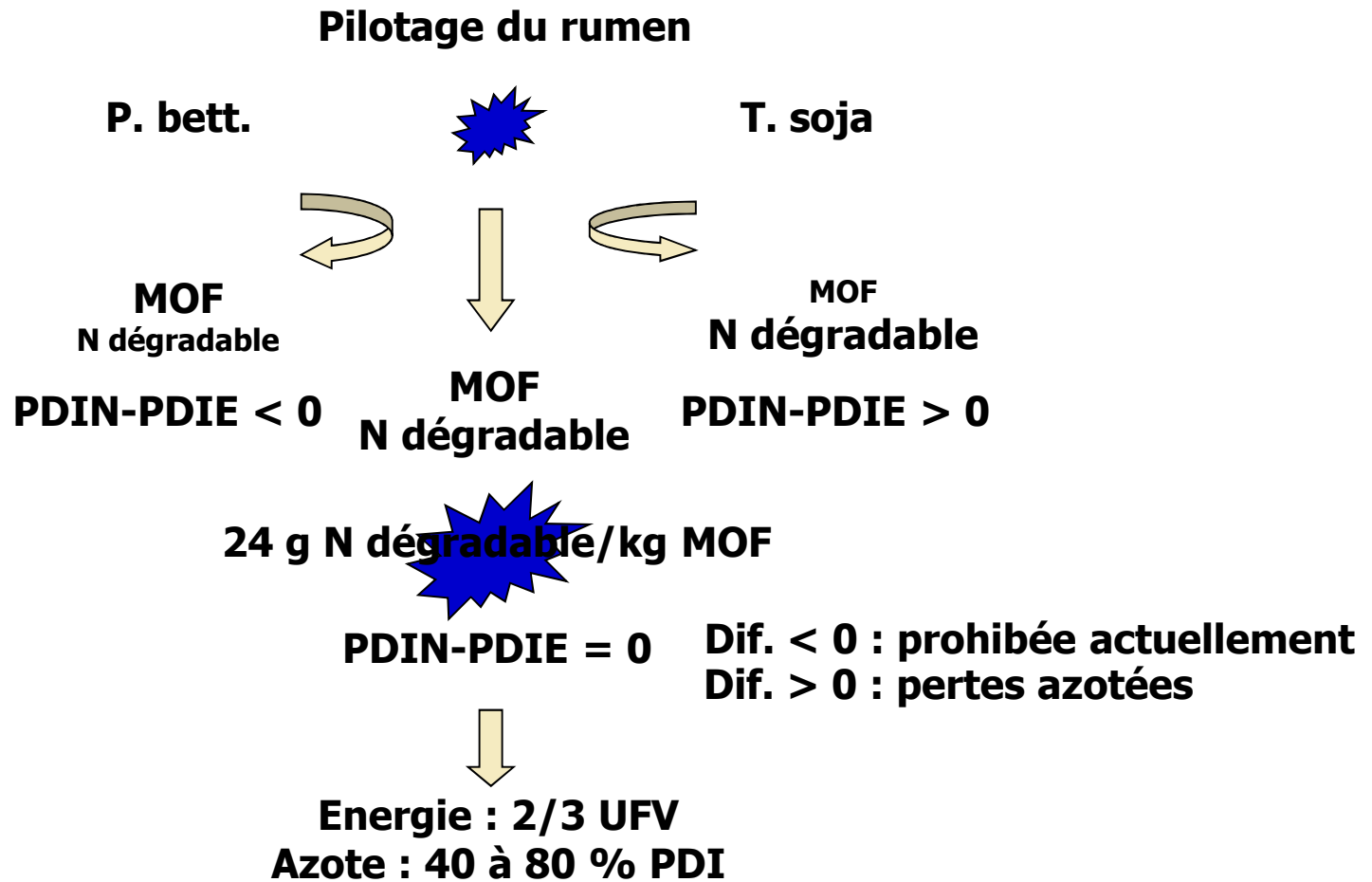
**Objectifs de production
Energie : UFV
Azote : PDI**

Pilotage du rumen



**Energie : 2/3 UFV
Azote : 40 à 80 % PDI**

Pilotage du rumen



Synchronisme du rumen

PDIN-PDIE = 0 → Nycthémère : ok

↙ ↘
Chaque bouchée ingérée PDIN-PDIE = 0

Conséquences :

- Technique de mélange
- Information précise sur les aliments
- Possible en stabulation
- Impossible au pâturage
- Suppression des silos en libre service
- Organisation du travail

Pilotage du rumen : synchronisme

Aliments

T. Soja
Dif PDI > 0

P. Bet.
Dif PDI < 0

Ration

X % P. bett.
Y % T. soja
Dif PDI = 0

Rumen

24 g N deg
1 kg MOF

Synchronisme précis

- Base journalière (24 h)
- Instantané (chaque bouchée)

?

Synchronisme plus souple

- Base journalière (24 h)
- Corrections par l'animal

Recherche

Désynchronisme

Repas matin

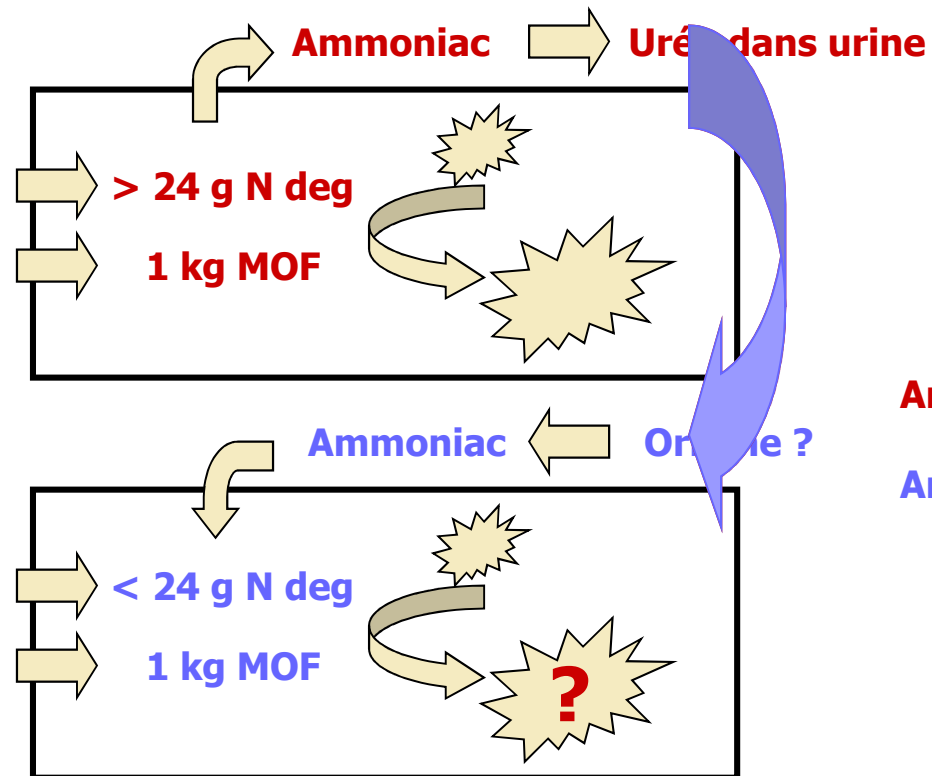
Aliments à Dif PDI > 0

Repas soir

Aliments à Dif PDI < 0

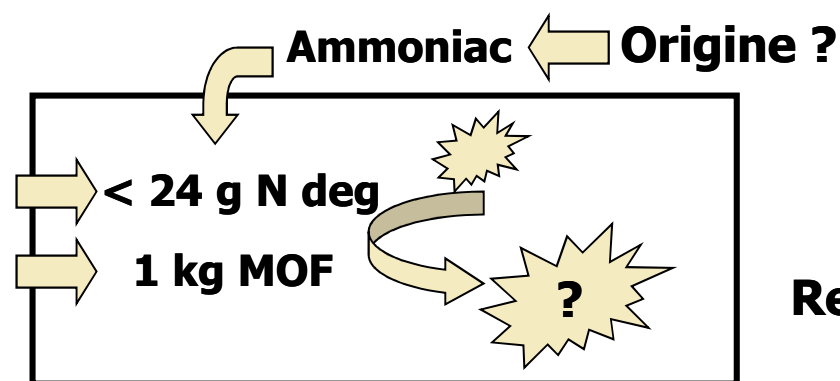
Nyctémère

Dif PDI = Matin + Soir = 0



Régime à valeur Dif PDI négative

Régime à Dif PDI < 0



Dif PDI = +15

Ret N : 55 g/j

- Ingéré : 190 g

- Recyclage : - 20 g

- Ret. N : 29 %

- Rejets : 135 g

Dif PDI = 0

Ret N : 55 g/j

- Ingéré : 170 g

- Recyclage : 0 g

- Ret. N : 32 %

- Rejets : 115 g

Dif PDI = -15

Ret N : 55 g/j

- Ingéré : 150 g

- Recyclage : 20 g

- Ret. N : 37 %

- Rejets : 95 g



gembloux

faculté universitaire des sciences agronomiques
unité de zootechnie

Principes expérimentaux

3 régimes :

- 55 %MS ensilage de pulpes de betteraves
- 45 %MS concentrés
- iso-DVE (89 g/kg MS)
- iso-VEVI (1080 g/kg MS)
- iso-MOF (569 g/kg MS)

82 g DVE/1000 VEVI

Composition centésimale du complément concentrés variable

(Epeautre, luzerne, T. lin et tournesol, urée, PBD)

☞ trois niveaux d'OEB différents :

- 15 g/kg MS
- 0 g/kg MS
- 15 g/kg MS

Principes expérimentaux

Compositions chimiques des 3 régimes :

	Valeur OEB du régime (g/kg MS)		
	- 15	0	15
MO, g/kg MS	899	899	899
MAT, g/kg MS	133	148	164
NDF, g/kg MS	331	330	328
ADF, g/kg MS	219	218	217
Amidon, g/kg MS	97	95	92

Principes expérimentaux

1^{re} partie: effet de la valeur OEB sur l'ingestion volontaire

- 6 taurillons BBbc non canulés
- dispositif expérimental en cross-over
- logés en box individuel paillé, eau disponible à tout moment



Principes expérimentaux

1^{re} partie: effet de la valeur OEB sur l'ingestion volontaire

2^e partie: effet de la valeur OEB sur

- le fonctionnement du rumen
- l'efficacité azotée



Principes expérimentaux

1^{re} partie: effet de la valeur OEB sur l'ingestion volontaire

2^e partie: effet de la valeur OEB sur

- le fonctionnement du rumen
- l'efficacité azotée

Facteurs de réponse :

- conditions fermentaires dans le rumen
- synthèse ruminale de prot. microbiennes
- digestibilités ruminale et fécale
- rétention azotée
- concentration plasmatique en urée

Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire
2. Conditions fermentaires
3. Concentration plasmatique en urée
4. Paramètres digestifs et synthèse de protéines microbiennes
5. Bilan azoté



Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire

	Valeur OEB du régime (g/kg MS)			ESM	P
	- 15	0	15		
Poids moyens, kg	396 ^a	402 ^b	404 ^b	1,9	0,033
MS ingérée, kg/j	7,0	7,2	7,2	0,1	0,186
MS ingérée, g/PV ^{0,75}	78	81	80	0,9	0,436
N ingéré, g/j	149 ^a	166 ^b	178 ^c	3,9	0,002
NDF ingéré, kg/j	2,3 ^a	2,4 ^b	2,4 ^b	0,04	0,031

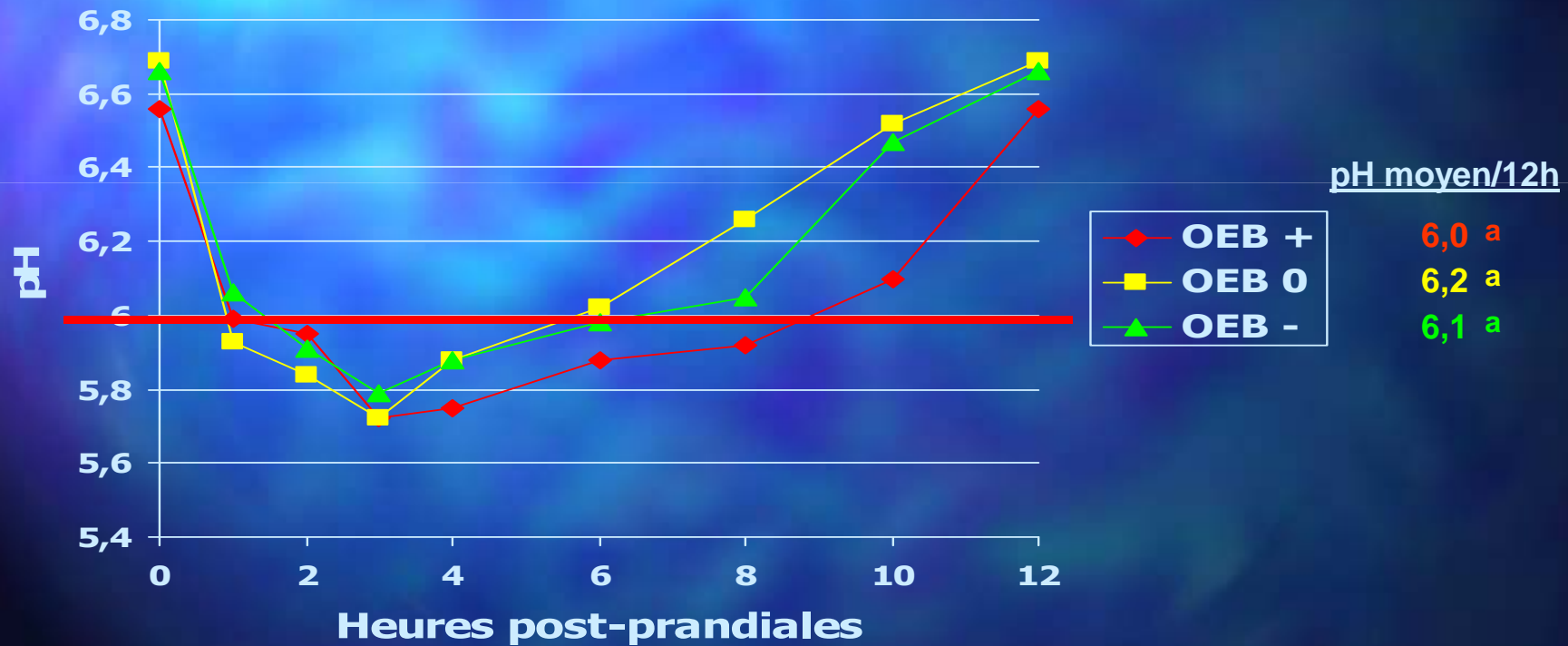
Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire
- 2. Conditions fermentaires**
3. Concentration plasmatique en urée
4. Paramètres digestifs et synthèse de protéines microbiennes
5. Bilan azoté



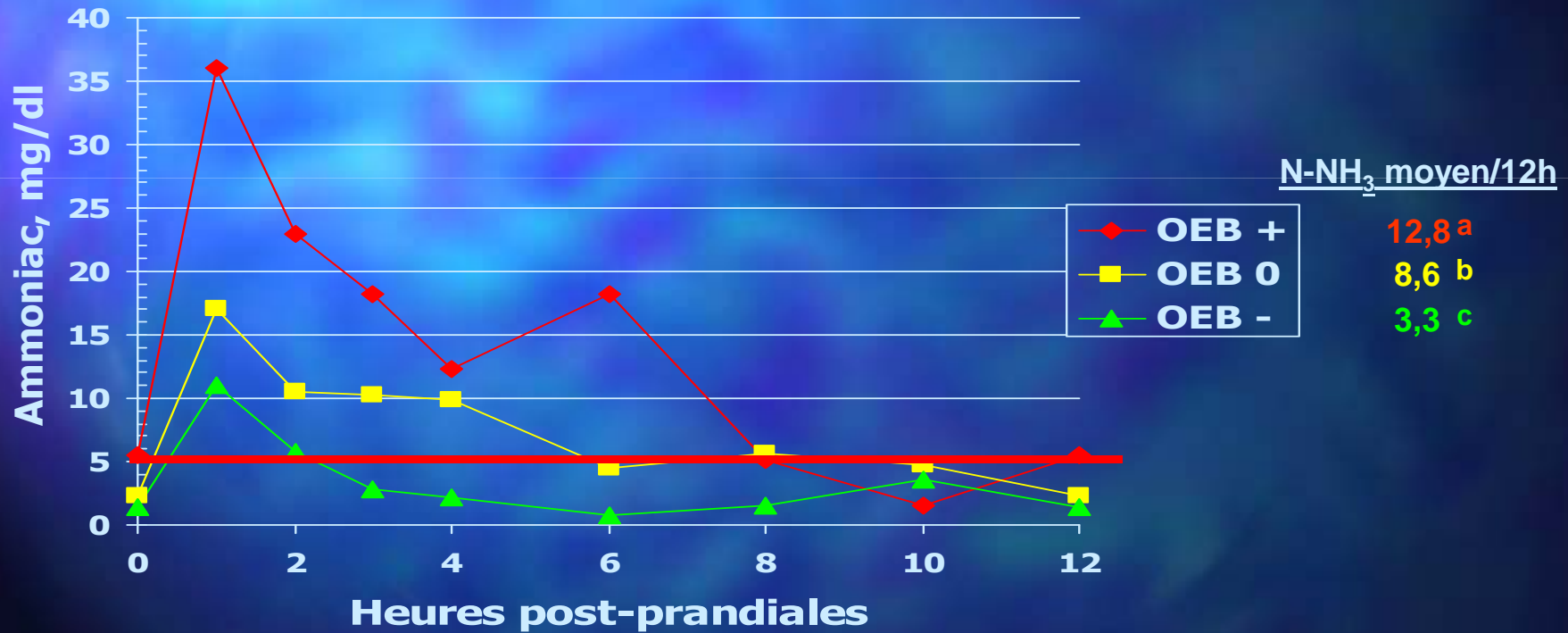
Résultats & Discussion

2. Conditions fermentaires (pH)



Résultats & Discussion

2. Conditions fermentaires (N-NH₃)



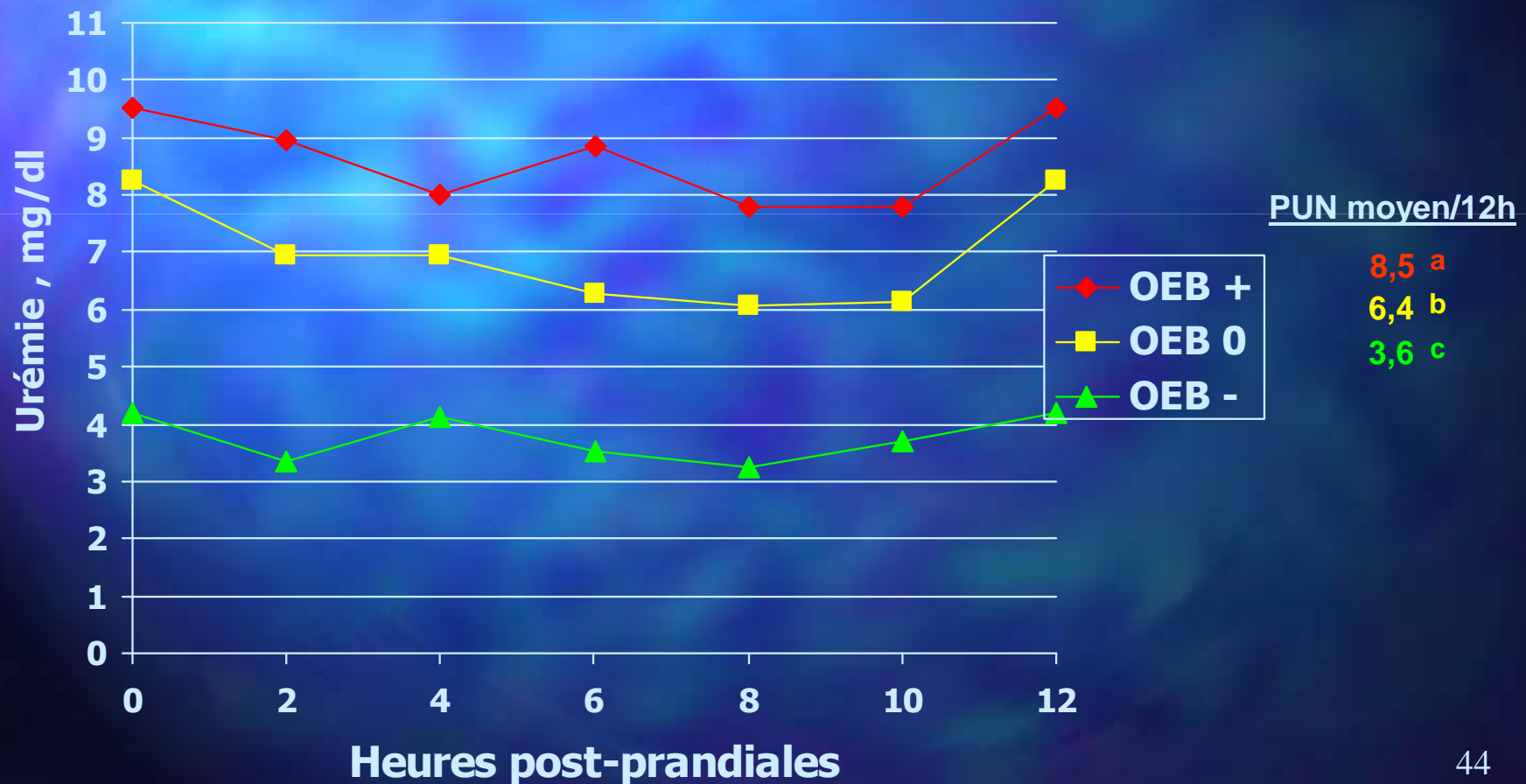
Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire
2. Conditions fermentaires
- 3. Concentration plasmatique en urée**
4. Paramètres digestifs et synthèse de protéines microbiennes
5. Bilan azoté



Résultats & Discussion

3. Concentration plasmatique en urée



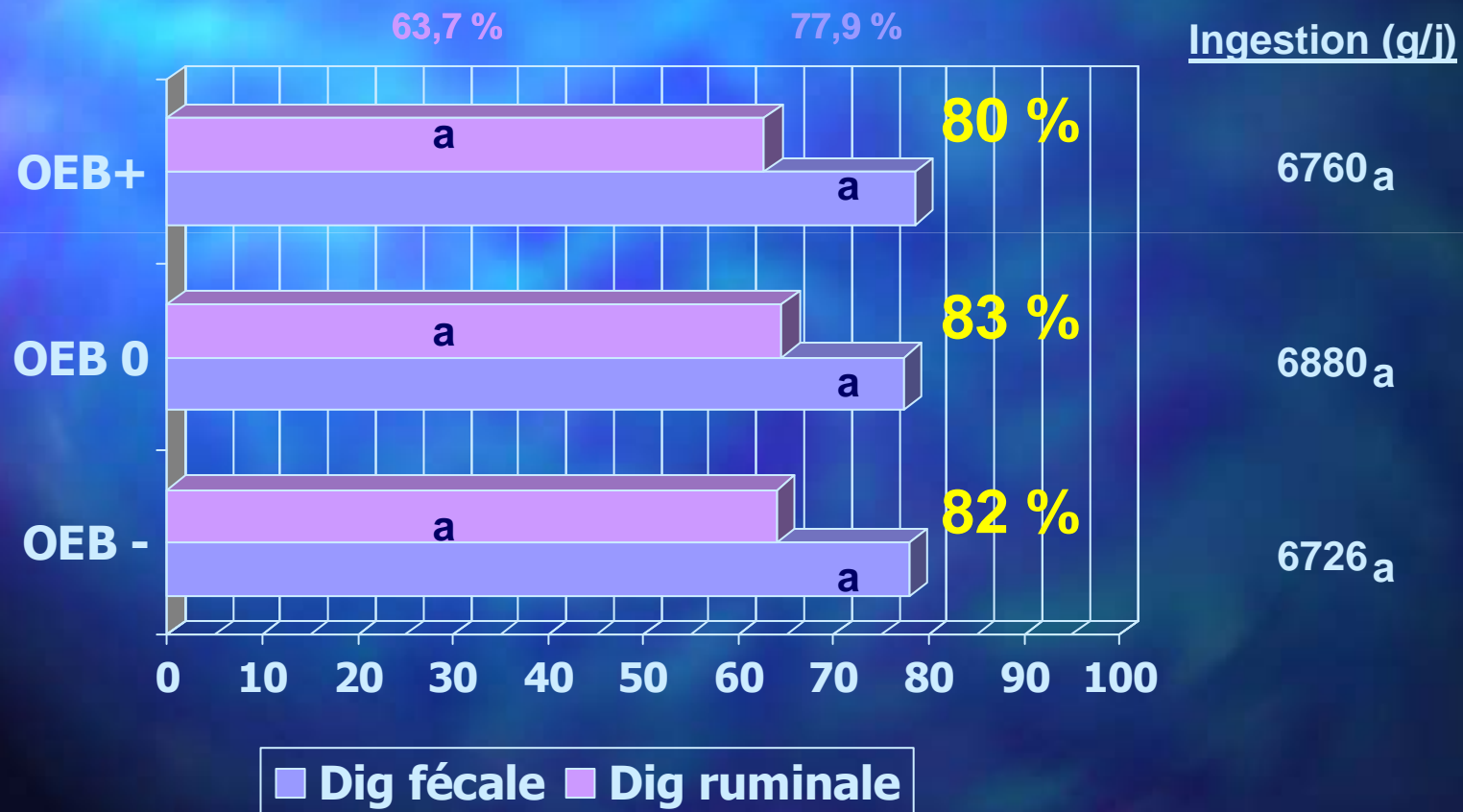
Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire
2. Conditions fermentaires
3. Concentration plasmatique en urée
- 4. Paramètres digestifs et synthèse de protéines microbiennes**
5. Bilan azoté



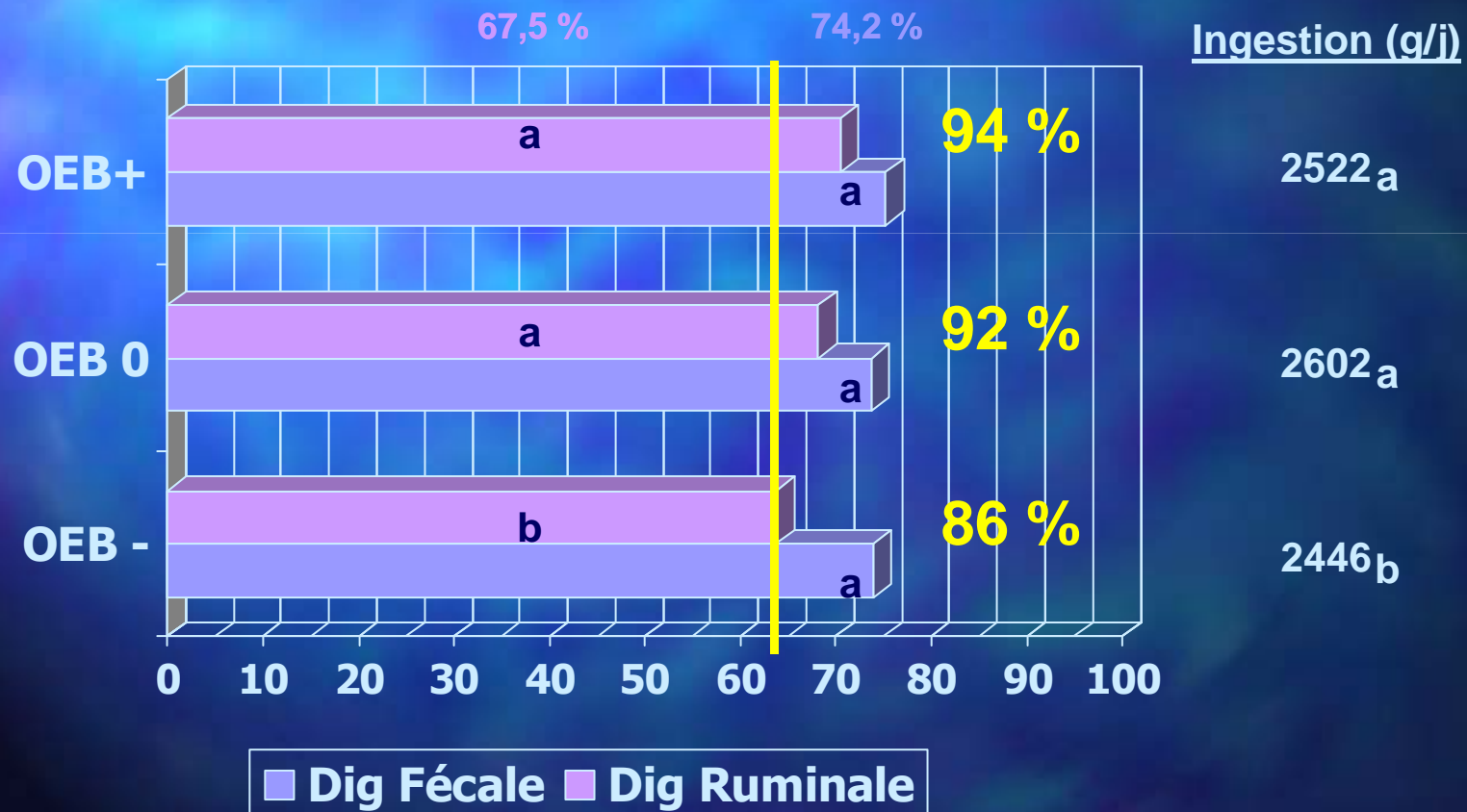
Résultats & Discussion

4. Paramètres digestifs (MO)



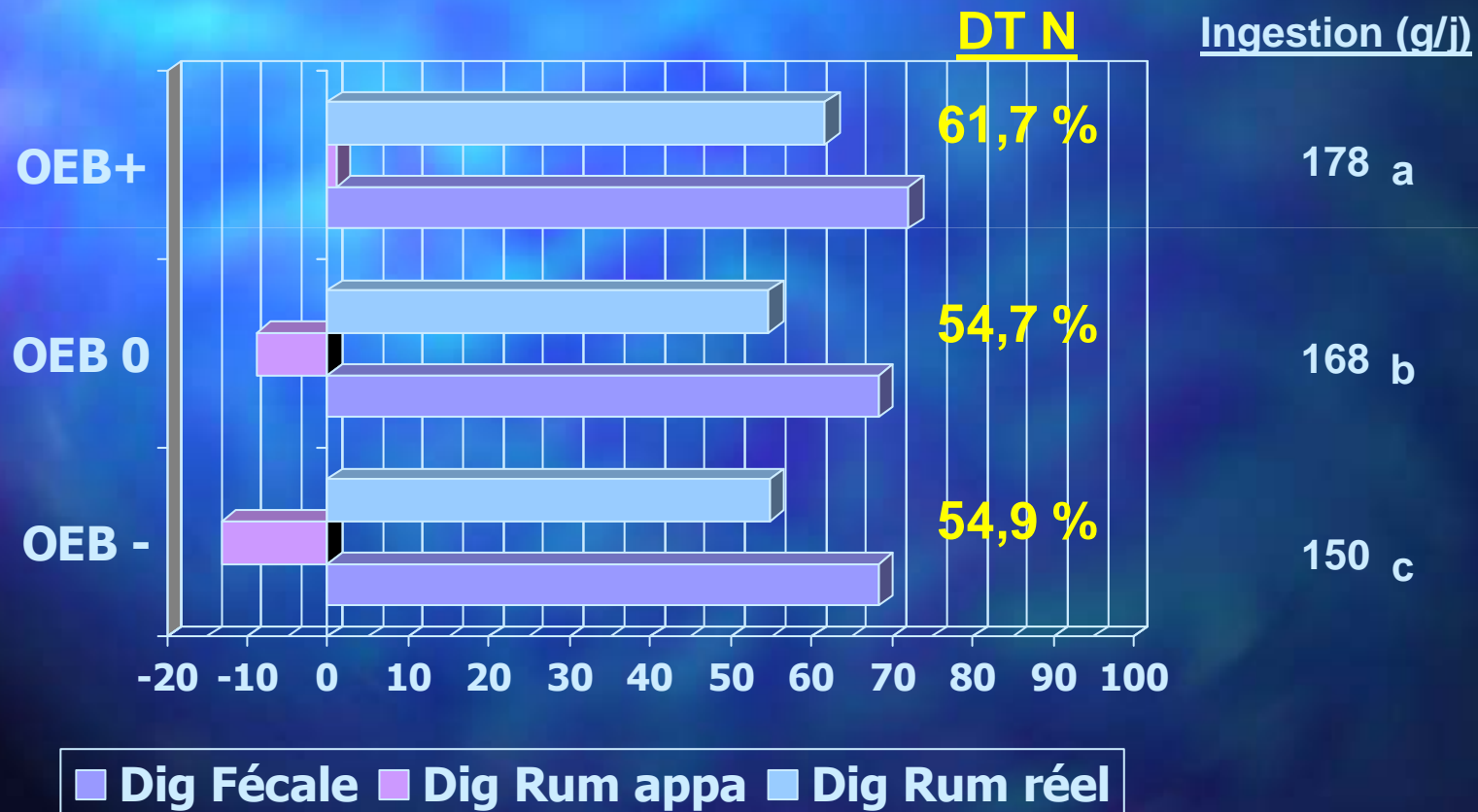
Résultats & Discussion

4. Paramètres digestifs (NDF)



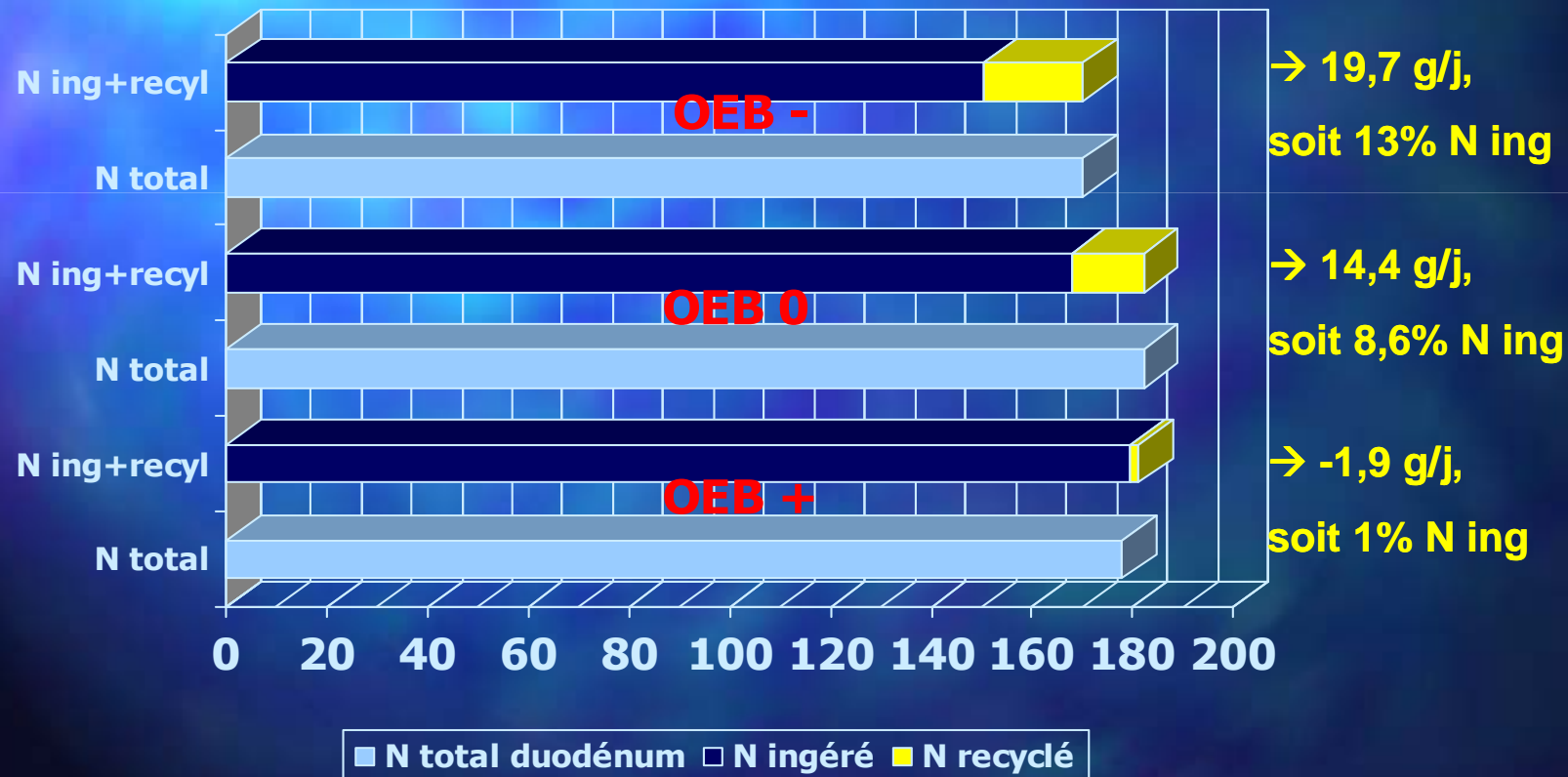
Résultats & Discussion

4. Paramètres digestifs (N)



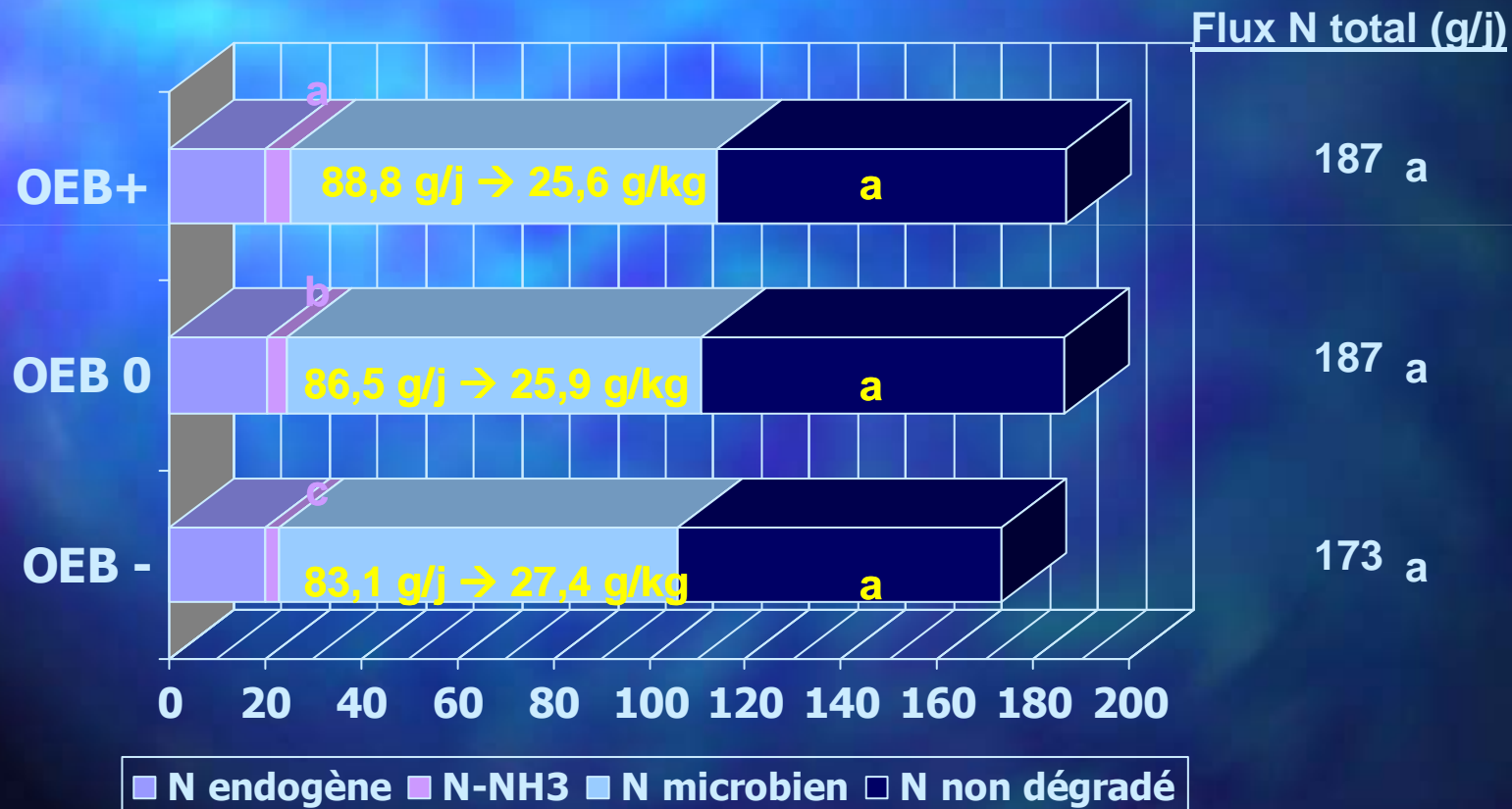
Résultats & Discussion

4. Flux d'N au duodénum, N ingéré et recyclé dans le rumen



Résultats & Discussion

4. Flux d’N au duodénum et synthèse de protéines microbiennes



Résultats & Discussion

1. Ingestion volontaire
2. Conditions fermentaires
3. Concentration plasmatique en urée
4. Paramètres digestifs et synthèse de protéines microbiennes
5. Bilan azoté

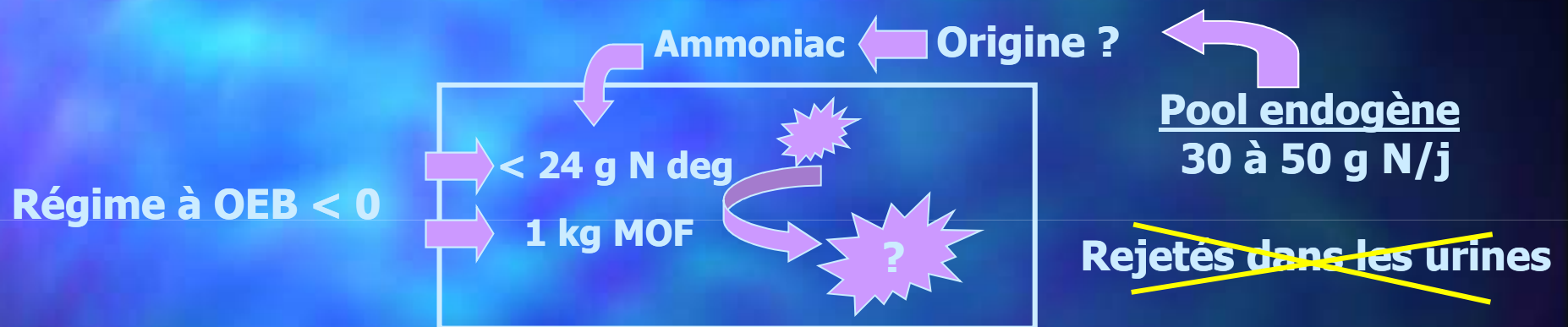


Résultats & Discussion

5. Bilan azoté

	Valeur OEB du régime (g/kg MS)			ESM	P
	- 15	0	15		
N ingéré, g/j	150,3 ^a	167,8 ^b	179,5 ^c	1,65	<0,001
N fécal, g/j	47,6	53,2	49,8	1,63	0,385
N urinaire, g/j	48,3 ^a	62,7 ^b	79,7 ^c	2,06	<0,001
Rétention azotée :	↘ 33,6	↘ 13,6			
g/j	54,5	51,9	50,2	2,50	0,243
% N ingéré	36,3 ^a	30,9 ^b	28,0 ^b	1,32	0,018
% N digéré	52,9 ^a	45,3 ^b	38,9 ^c	1,75	0,008

Régime à valeur OEB négative



Soit -30 g OEB/kg MS
 ± 15 kg d'N/an
19 g N deg/kg MOF ?

Objectifs des régimes à valeur OEB négative

- Profiter des mécanismes de recyclage de l'N
- Maintenir le niveau des performances
- 2 scénarios alimentaires
 - Ration pulpes surpressées
 - Ration maïs plante entière
- Bilan actuel

Régime à valeur OEB négative : pulpe

- Ration pulpe avec OEB -15 et 0 g/kg MS : ok
 - Réduction des rejets N : 4 à 12 kg/an, et ...
 - GQM maintenu : OEB + = OEB 0 > OEB -
 - Chute de l'ingestion : limitée à 4 % pour OEB -
 - Rétention azotée identique
 - Valkeners *et al.*, 2007. ISEP, Vichy.
- Essai d'engraissement : supra

Régime à valeur OEB négative : maïs

- Ration maïs avec OEB -15 et 0 g/kg MS : KO
 - Réduction des rejets N : 6 à 10 kg/an, mais ...
 - Chute du GQM : OEB + > OEB 0 > OEB -
 - Chute de l'ingestion : de 2 à 5 %
 - Chute de la rétention azotée : de 11 à 28 %
 - Valkeners *et al.*, 2005. Proc. Br. Soc. Anim. Sci. - Annual meeting 2005, 182
 - Valkeners *et al.*, 2008. Journal of Animal Science 86:680
- Hypothèses :
 - Niveau énergétique ?
 - Recyclage épuisé : plus urée dans l'urine ?
 - Formes azotées pour les microorganismes du rumen ?

Supplément énergétique

- 2005 - 2006
 - Supplément d'énergie sous forme de lipides
 - 1050 VEVI → 1150 VEVI/kg MS
 - 76 g DVE → 70 g DVE/KVEVI
 - Ingestion et GQM
 - OEB + = OEB 0 > OEB - (moins 5 et 21 %)
 - Réduction des rejets N
 - OEB 0 : 6 kg/an
 - OEB - : 10 kg/an

Supplément énergétique

- 2005 - 2006
- 2006 - 2007
 - Supplément d'énergie sous forme d'amidon by-pass
 - 1050 VEVI → 1150 VEVI/kg MS
 - 76 g DVE/KVEVI → 70 g DVE/KVEVI
 - Ingestion et GQM
 - OEB + = OEB 0 > OEB - (moins 6 et 15 %)
 - Réduction des rejets N
 - OEB 0 : 4 kg/an
 - OEB - : 7 kg/an

Alimentation azotée : axe 3

- Carence azotée au niveau du rumen
 - Valkeners *et al.*, 2008. *Journal of Animal Science* **86**:680.
- Recyclage d'N intra-animal permet de compenser une carence azotée permanente au niveau du rumen
 - Taurillon de 400 kg : \pm 20 g d'N/jour
 - Pulpes de betteraves : performances maintenues
 - Ensilage de maïs : chute de 5 à 15 % des performances (effet ingestion)
- Essai d'engraissement

Essai d'engraissement

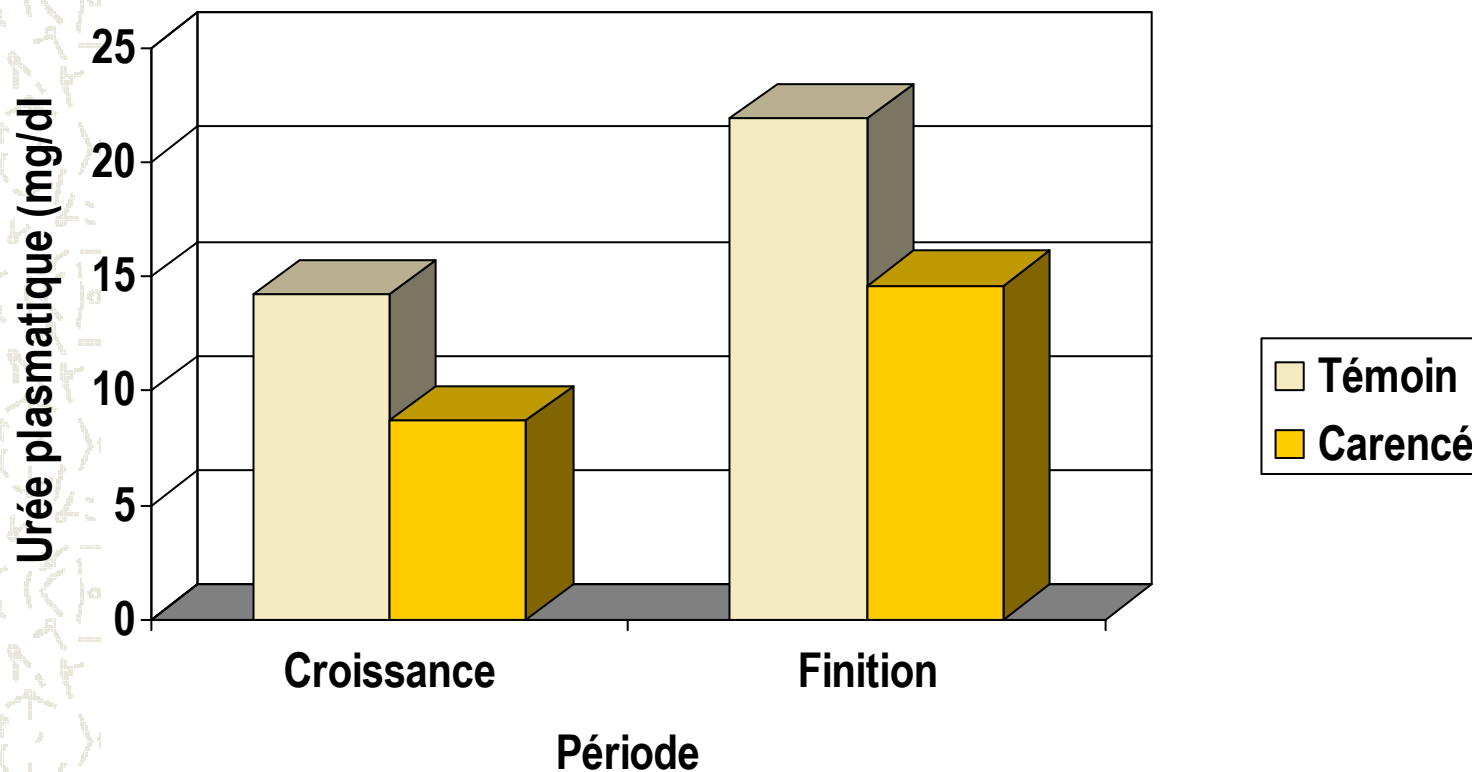
- 24 taurillons BBBC en 4 loges de 6
- 2 rations (témoin et carencée) à base :
 - De pulpes surpressées de betteraves (55 % MS)
 - Mélange de concentrés (45 % MS)
 - Paille
- Mesure de l'ingestion et des performances de croissance



Paramètres de croissance

Paramètres	Témoin	Carence N
Poids initial (kg)	350	347
Poids final (kg)	704	702
Durée (j)	278	277
Delta poids (kg)	354	355
GQM (kg/j)	1,27	1,28
MS ingérée (kg/j)	7,8	7,8
IC (kg/kg)	6,2	6,1

Teneur en urée plasmatique



Caractéristiques des carcasses

Paramètres	Témoin	Carence N
Poids final (kg)	704	702
Poids carcasse (kg)	473 (S2)	469 (S2)
Rendement (%)	67,2	66,8
<u>8^{ème} côte</u>		
% viande	73,7	73,1
% gras	8,1	9,9
% os	18,2	17,0

Conclusions

- Diminution des rejets N et maintien des performances sont possibles
- Réduction de 4 à 10 kg d’N rejeté par an
- Norme charge polluante : 40 kg d’N/an
- Soit au minimum 10 % de charge polluante en moins !
- Soit au maximum 25 % de charge polluante en moins !