



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie DFE
Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP



Recommandation d'apport en phosphore pour la vache laitière

P. Schlegel

Journée d'information ALP 2011, 27.09.2011

ALP fait partie de l'unité ALP-Haras



Phosphore (P)

Essentiel

Polluant

Ressource non renouvelable

Dernières actualisations des recommandations d'apport CH:
1979, 1984, 1994 et 1999

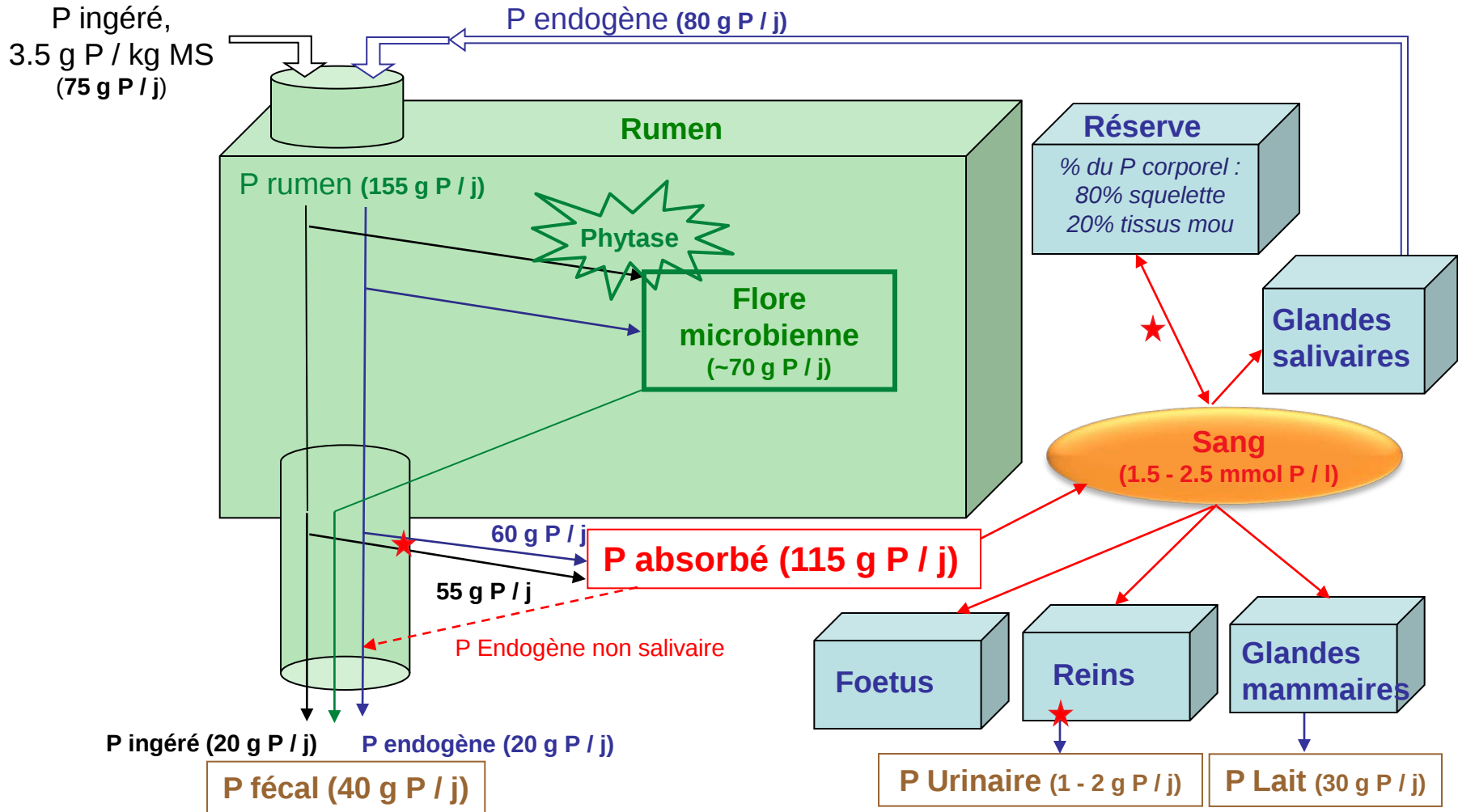
Besoin en P basé sur la méthode factorielle:

- 1) Besoin en P net pour: entretien + lactation + croissance + gestation
- 2) Absorbabilité du P alimentaire [%]
- 3) Besoin en P brut: $\text{Besoin net} / \text{absorbabilité} * 100$
équivalent aux apports recommandés



Flux du phosphore

Vache laitière (30 kg lait / j; 650 kg PV; 21 kg MSI)





Besoin en P net [g/j]: Entretien

ALP 1999: $1.6 * (-0.06 + 0.693*MSI)$

AFRC, 1991

NRC 2001: $1.00*MSI + 0.002*PV$

ARC, 1980; Spiekers et al., 1993

GfE 2001: $1.00*MSI$

Spiekers et al., 1993

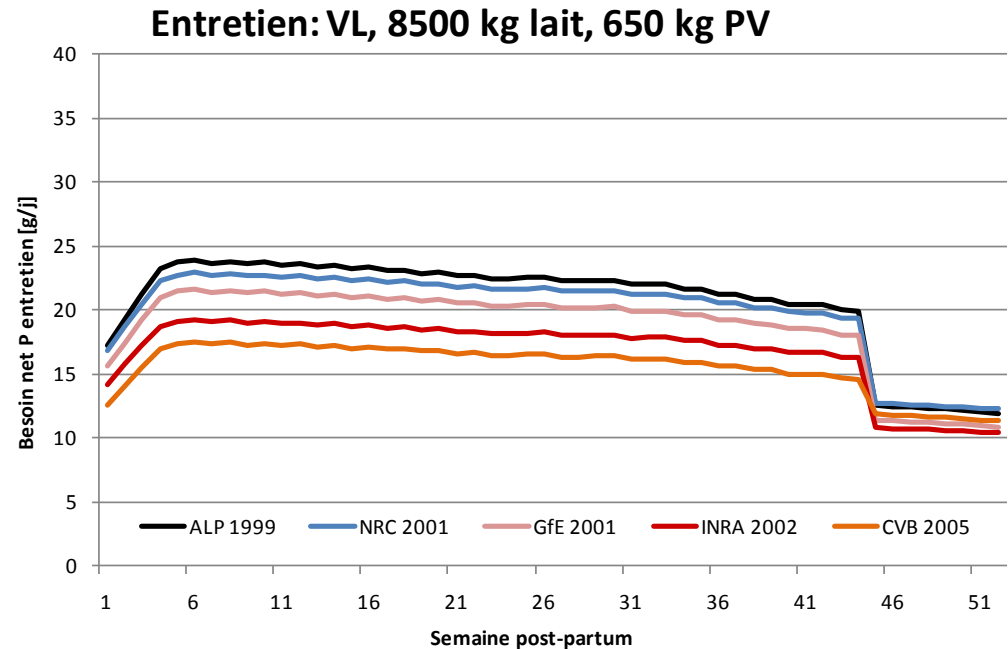
INRA 2002: $0.83*MSI + 0.002*PV$

Meschy, 2002

CVB 2005: $0.81*MSI$ (lactation); $1.04*MSI$ (tarie)

MSI: matière sèche ingérée [kg/j]

PV: poids vif [kg]





Besoin en P net [g/j]: Production lait

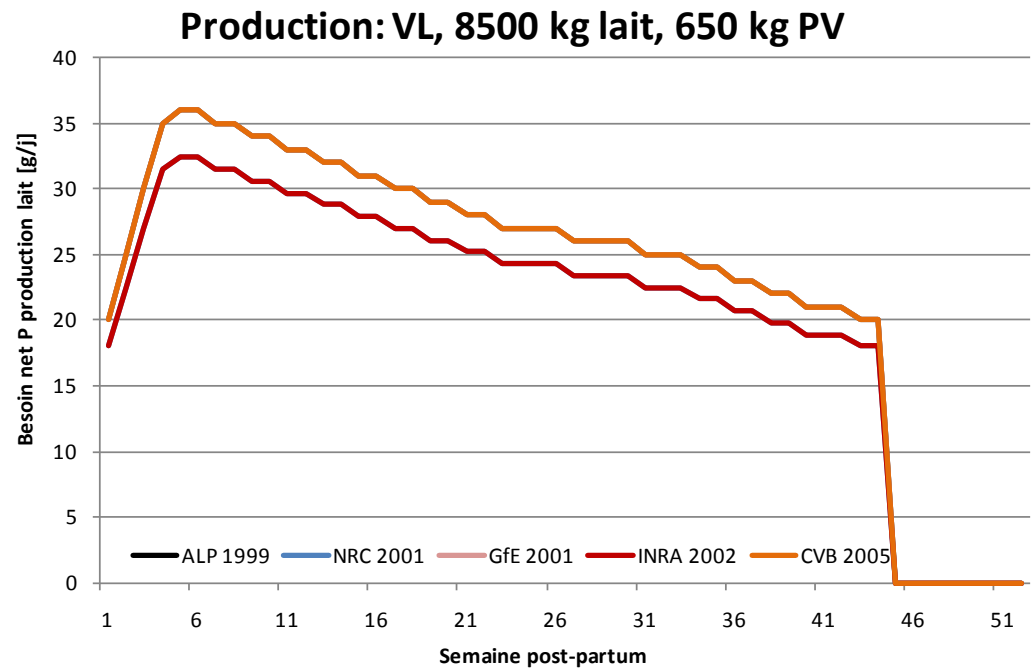
ALP 1999: 1.0 g P / kg lait et jour

NRC 2001: 0.9 g P / kg lait et jour

GfE 2001: 1.0 g P / kg lait et jour

INRA 2002: 0.9 g P / kg lait et jour

CVB 2005: 1.0 g P / kg lait et jour





Besoin en P net [g/j]: Gestation

ALP 1999: 2.0 g / j dès 8 semaines avant vêlage ARC, 1980; INRA, 1988

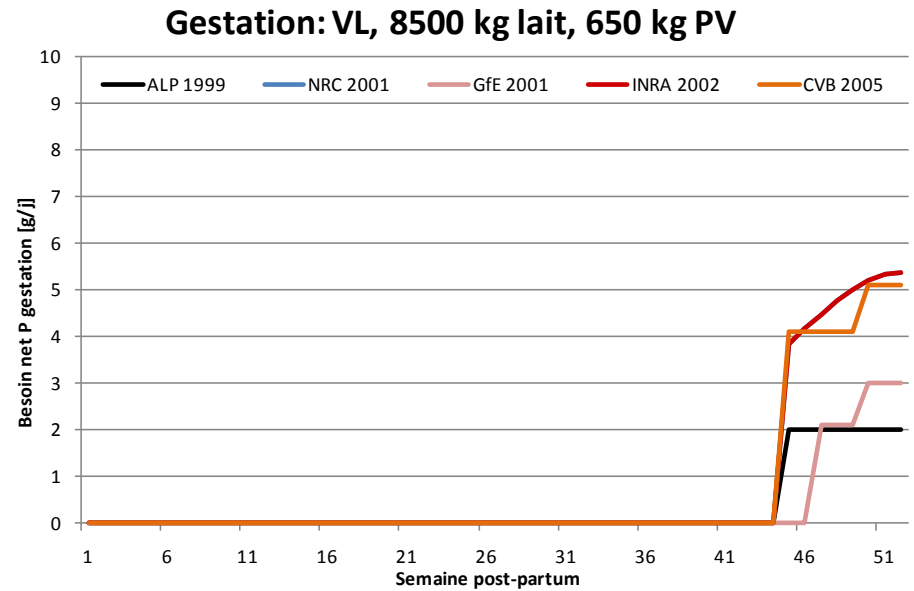
NRC 2001: $0.02743 * e^{(0.05527 - 0.000075 * t) * t} - 0.02743 * e^{(0.05527 - 0.000075 * (t-1) * (t-1))}$
(dès 7^e mois de gestation) House et Bell, 1993

GfE 2001: 2.1 g / j de 6 à 3 sem. avant vêlage puis 3.0 g / j Ferrell et al. 1982

INRA 2002: $0.02743 * e^{(0.05527 - 0.000075 * t) * t} - 0.02743 * e^{(0.05527 - 0.000075 * (t-1) * (t-1))}$
(dès 7^e mois de gestation) House et Bell, 1993

CVB 2005: 4.1 g / j de 8 à 3 sem. avant vêlage, puis 5.1 g / j

t: nombre de jours de gestation





Besoin en P net [g/j]: Croissance

ALP 1999: $GMQ * 8.0$ (PV < 100 kg); sinon $GMQ * 9.0$

NRC, 1984; DLG, 1986; INRA, 1988; Pfeffer et Keunecke 1986

NRC 2001: $GMQ * (1.2 + 4.665 * PV_{adulte}^{0.22} * PV^{-0.22})$ *AFRC, 1991*

GfE 2001: $GMQ * 7.5$ *Schulz et al., 1974; Schwarz et al., 1995*

INRA 2002: $GMQ * (1.2 + 4.665 * PV_{adulte}^{0.22} * PV^{-0.22})$ *AFRC, 1991*

CVB 2005: $GMQ * (1.2 + 4.665 * PV_{adulte}^{0.22} * PV^{-0.22})$ *AFRC, 1991*

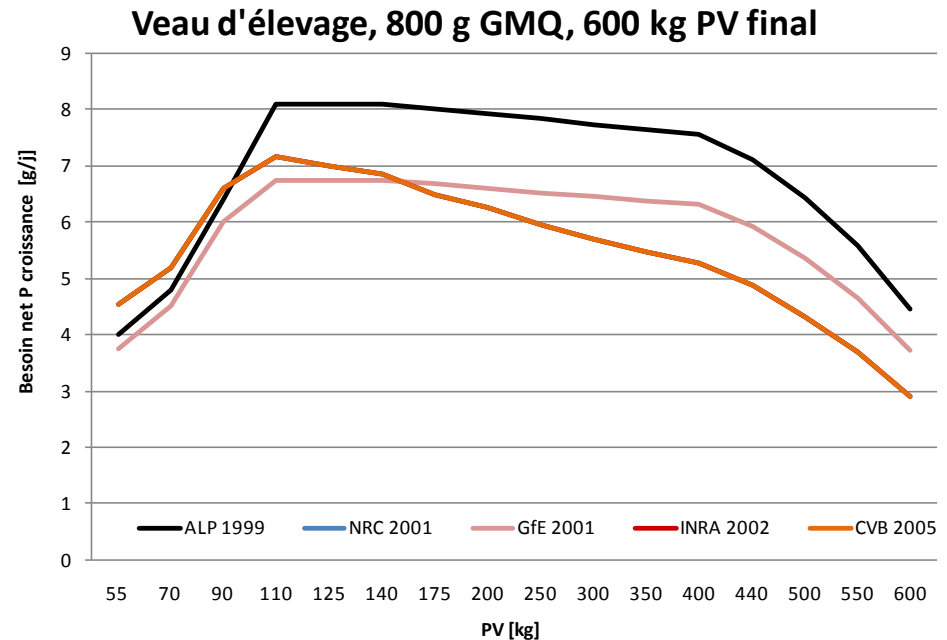
GMQ: gain moyen quotidien [kg/j]

PV: poids vif [kg]

PV_{adulte}: poids vif [kg] prévu adulte

Besoin en P net croissance
pour vache en 1^{ère} lactation:

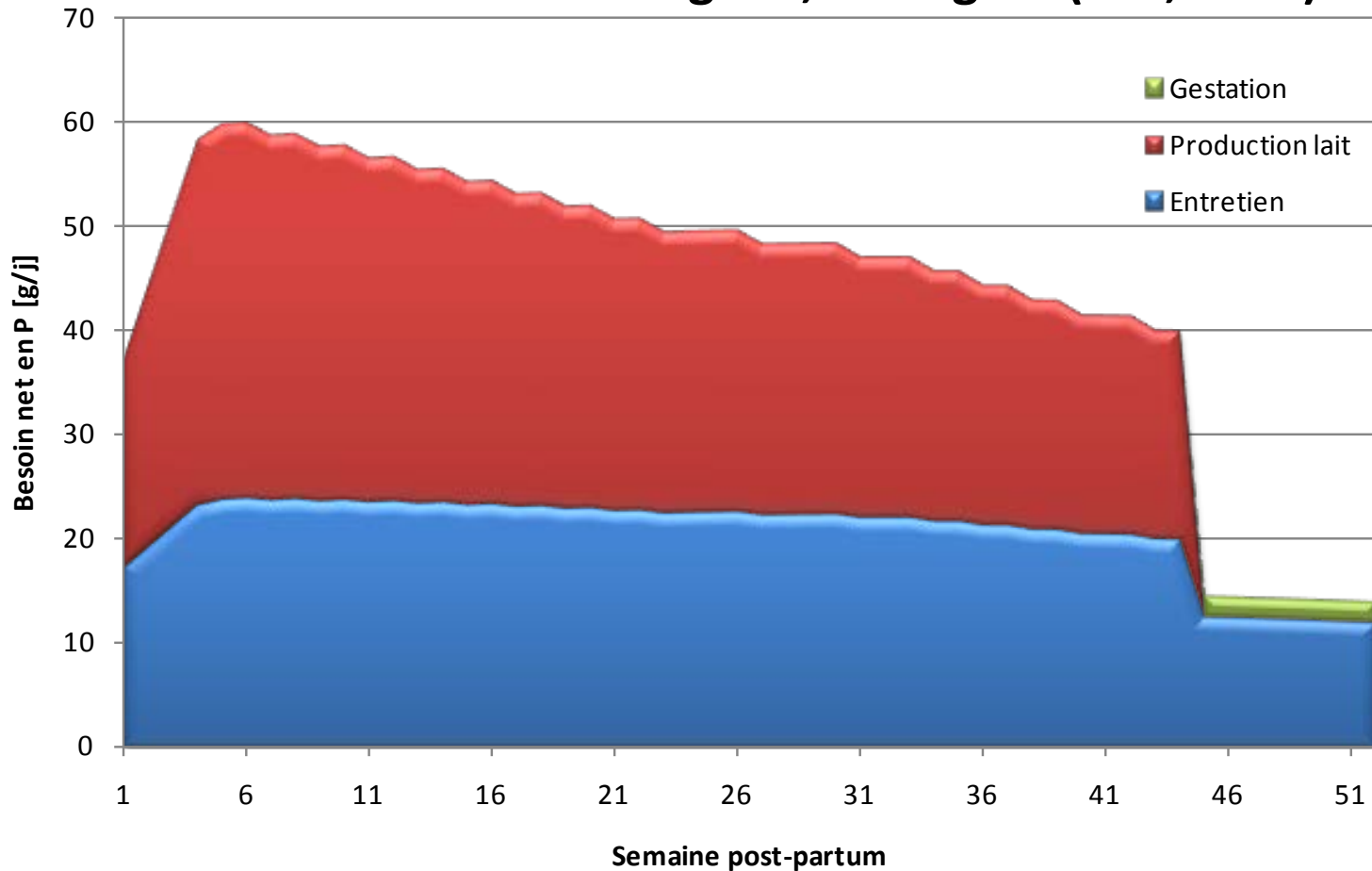
entre 1.0 et 2.0 g P / j





Besoin en P net [g/j]

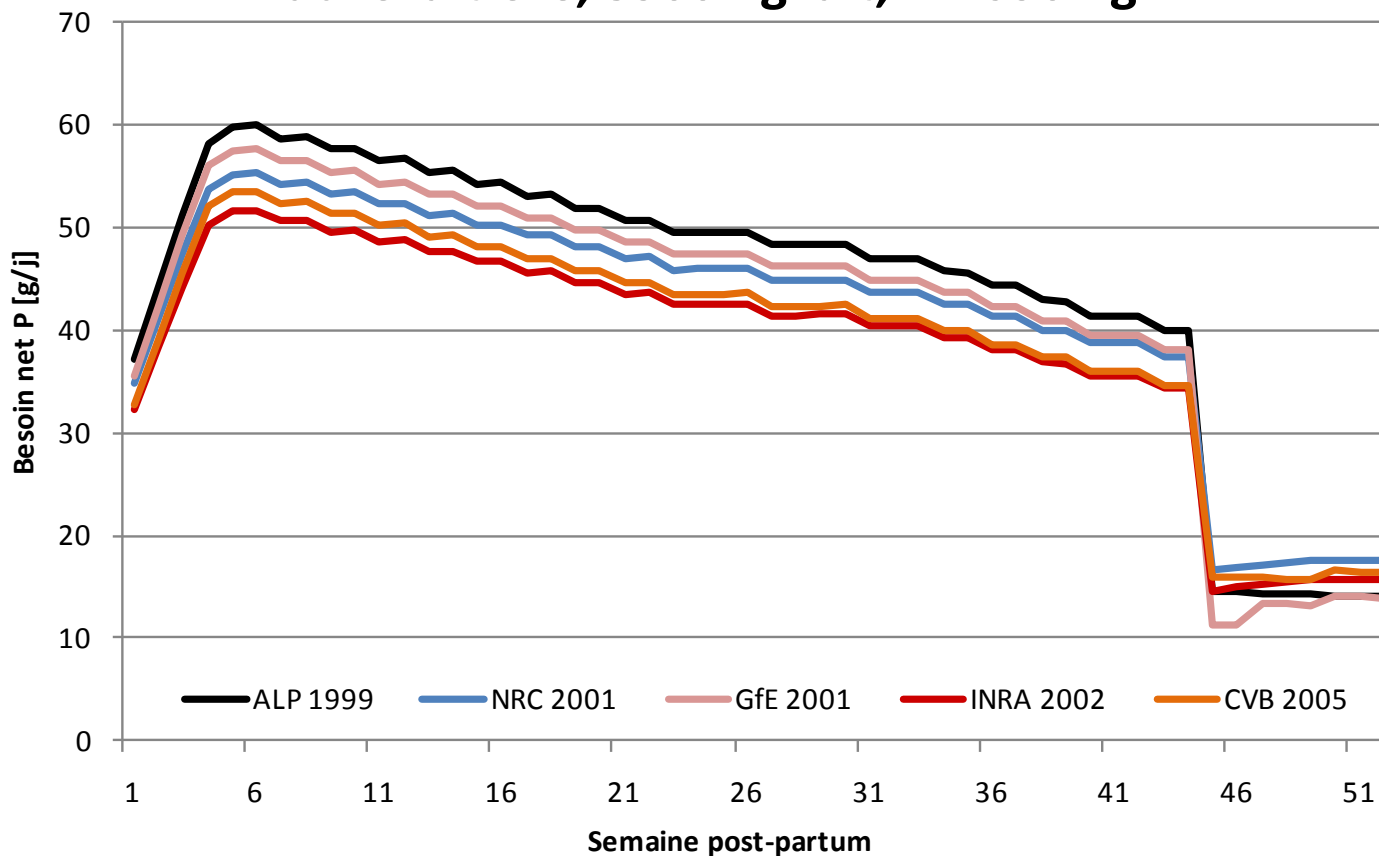
Besoin net en P: 8500 kg lait, 650 kg PV (ALP, 1999)





Besoin en P net [g/j]

Vache laitière, 8500 kg lait, PV 650 kg



Différence entre institutions du besoin en P net annuel : 6% - 13%



Coefficient d'absorption / utilisation

ALP 1999: Début lactation: 70%;
lactation 65%;
tarie: 60%

NRC 2001: Fourrage: 64%;
Aliment concentré: 70%;
Phosphates: 75-90%

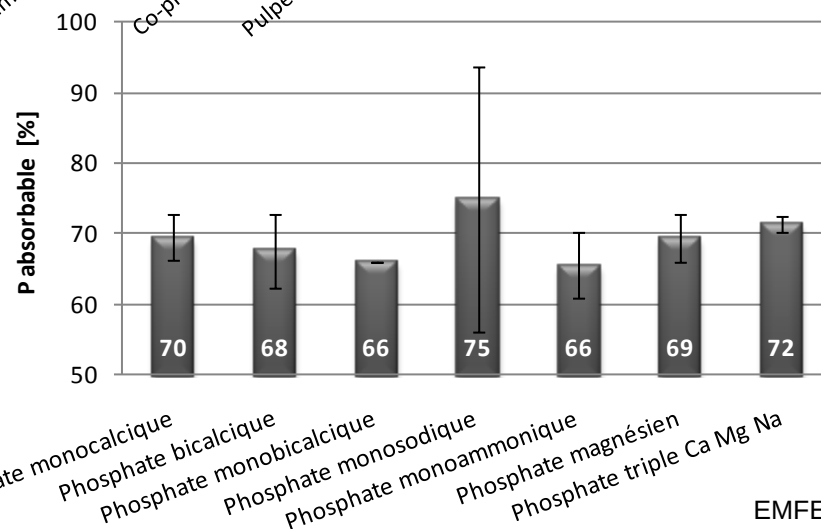
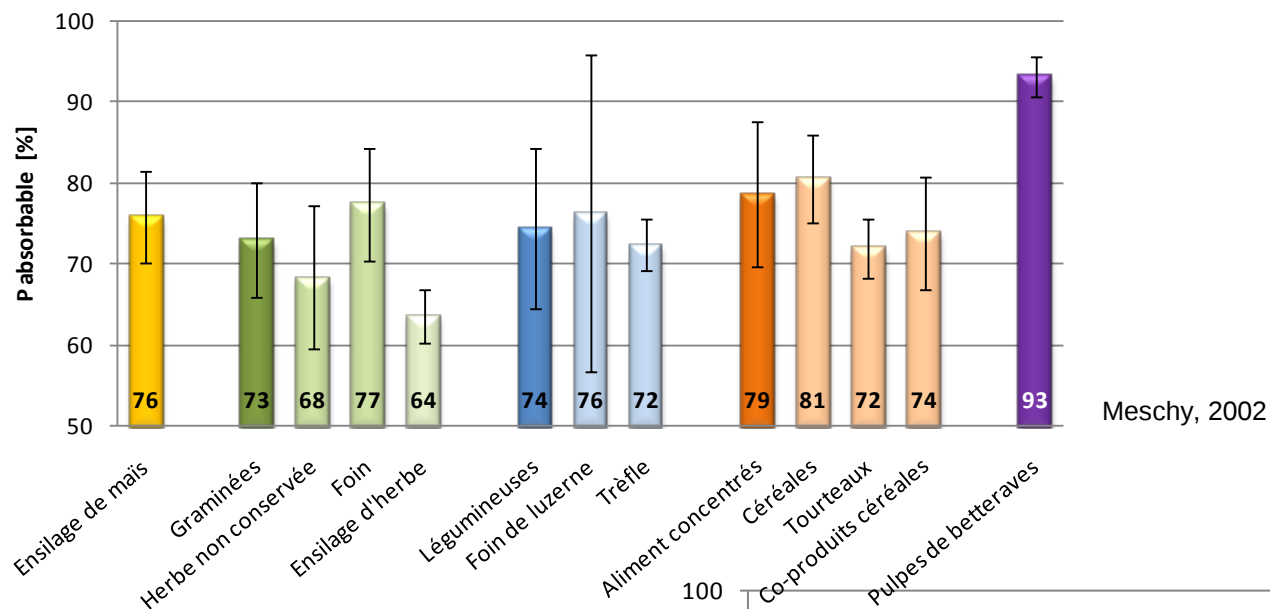
GfE 2001: 70%

INRA 2002: Variable selon la matière première
« CAR, coeff. d'absorption réelle »

CVB 2005: 75%



Coefficient d'absorption / utilisation

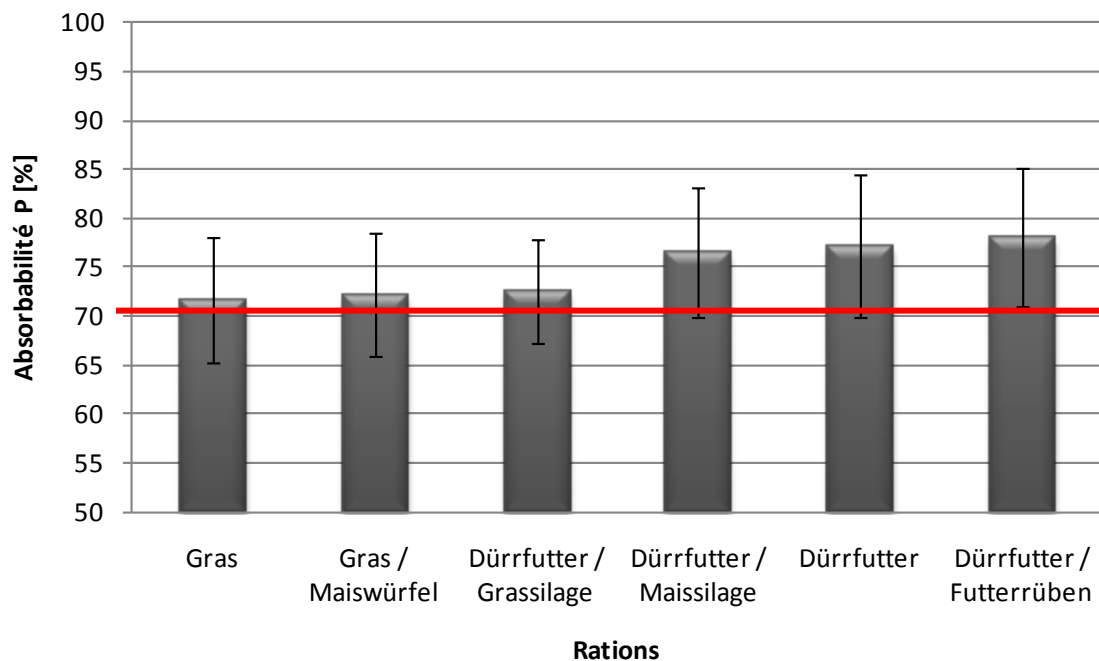




Coefficient d'absorption de rations

Meta-analyse: P absorbable de rations pour vaches laitières contenant 2.5 à 5.0 g P / kg MS: **73%** Bravo et al., 2003

Absorbabilité du P dans différentes rations



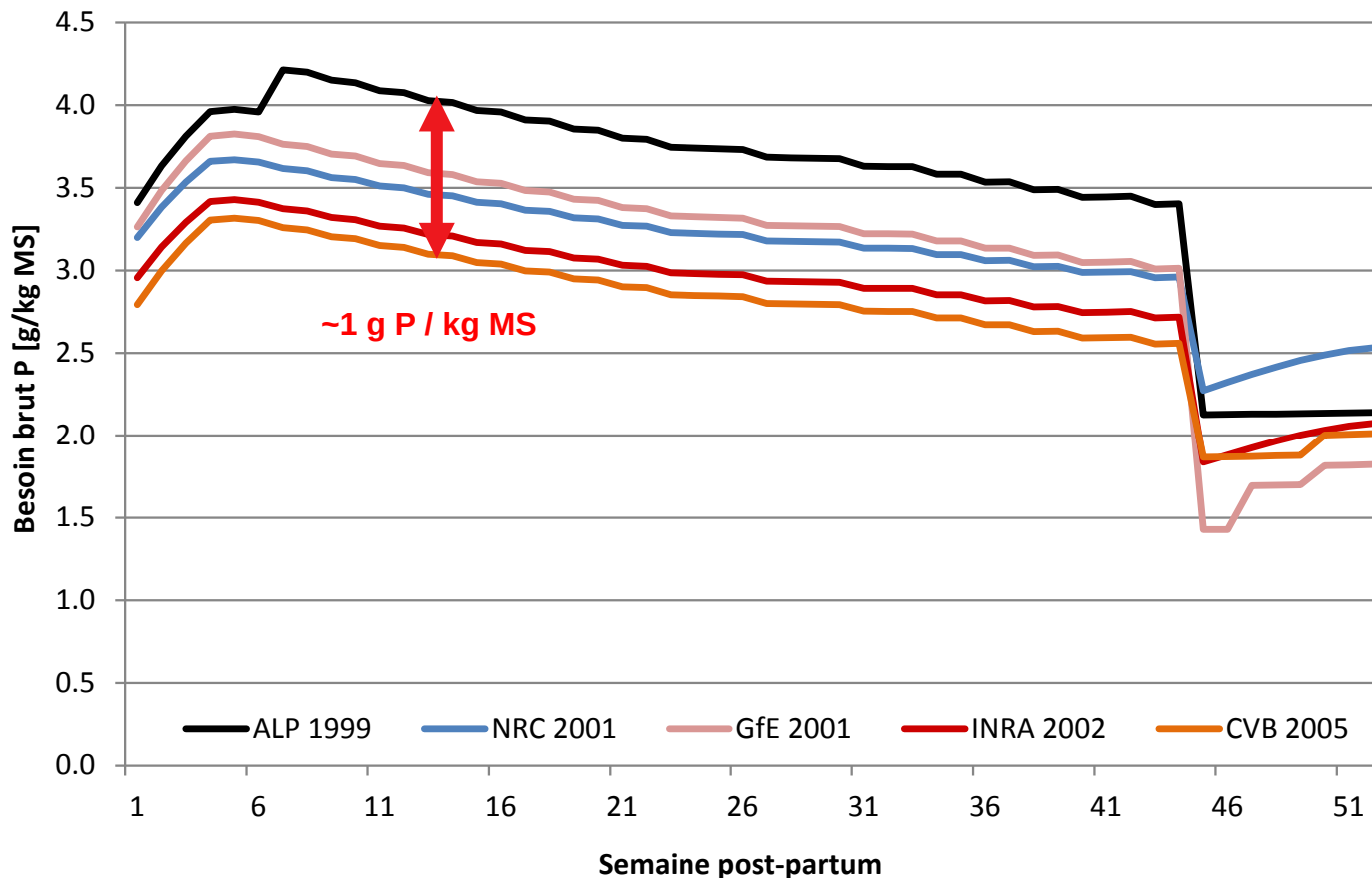
GfE, 2001

Coeff. d'absorption P utilisés pour fourrages, aliments concentrés, phosphates: Meschy, 2002



Besoin en P brut [g/kg MS]

Vache laitière, 8500 kg lait, 650 kg PV



Absorbabilité P: ALP: 70%, 65%, 60%;
NRC: 70%; 70%, 64%;
INRA: 70%;
CVB: 75%



Besoin en P dans le rumen

Besoin en P soluble des M.O.

Cellulolyse: 4.5 g P / kg MO digestible

Protéolyse: 2.8 g P / kg MO digestible *Guéguen et al., 1987; Komisarczuk et al., 1987*

Solubilité ruminale du P

Salive: 100%

Aliments: ~75% *Georgievskii, 1982* Phytates hydrolysées à 75% *Hill et al., 2008*

Phosphates: variable selon source: Monoammonique (Tessenderlo): 98%;
Monocalcique (Timab) 75%; Monosodique (Kemira): 75%; Triple (Kemira): 55%

La solubilité ruminale du P n'influence pas son absorbabilité intestinale.

Cinétique: Carence potentielle

Production salivaire faible (durant ingestion, avant rumination). Les M.O. seraient capable de survivre à ce genre de déficit cyclique *Ramirez-Perez et al., 2009*

⇒ Ration structurée (favorables à la rumination et la salivation): Pas d'indication que les apports recommandés en P soient limitant pour couvrir le besoin des M.O. du rumen.



Interactions minérales avec P ?

Calcium

Ca: **5.2, 7.8, 10.3** g/kg MS; P: 3.5 g/kg MS

=> Pas d'interaction Taylor et al., 2009

=> Tant que Ca et P alimentaire couvre le besoin de l'animal, le rapport Ca:P alimentaire n'est pas important au niveau physiologique.

GfE, 2001; Meschy, 2002; Taylor et al., 2009

Potassium

P sanguin ↘ ; P urinaire ↗ ; P fèces =; P retenu = Suttle et Field, 1967



Peut-on encore aller plus bas ?

Source		Valk and Sebek, 1999	Wu et Satter, 2000	Wu et al., 2000	Wu et al., 2001	Odoongo et al., 2007	Ferris et al., 2009
Pays		NL	USA	USA	USA	CND	UK
Durée	[an]	1.5	2	1	3	2	4
Performance	[kg / lact.]	9000	9500 - 11000	11000	12000	11000	9000
P alimentaire	[g / kg MS]	2.4 / 2.8 / 3.3	3.5 / 4.6	3.1 / 4.0 / 4.9	3.1 / 3.9 / 4.7	3.5 / 4.2	3.5 / 4.5
Paramètres mesurés	Production	X	X	X	X	X	X
	Qual. lait		X	X	X	X	X
	Fertilité		X	X	X	X	X
	Statut sang		X		X		X
	Statut os				X		X
	Excretion			X	X	X	
Conclusion		jusqu'à 2.8: o.k.; MSI affectée par 2.4	P minimal: o.k.	P minimal: o.k.	P minimal: limite (os)	P minimal: o.k.; limite pour 1ère lact.	P minimal: o.k.

Mobilisation osseuse

4.3 et 3.2 g P / kg MS, mois de lactation 1-4: Pas d'effet. Ekelund et al., 2006

Immunité

5.2; 4.3 et 3.4 g P / kg MS. Pas de prolifération de lymphocytes, ni d'activité bactéricide Mullarky et al, 2009



Recommandations d'apport en P actualisées chez la vache laitière

BESOIN NET [g P / j]

Entretien: **0.90 * MSI** Meschy, 2002; simplifié sur MSI

Prod. lait: **1.00 g P / kg lait** (Lait CH: 0.92 ± 0.04 g P / kg Sieber, 2011)

Croissance: **< 200 kg PV: 7.5 g P / kg GMQ**
> 200 kg PV: 6.7 g P / kg GMQ; >500 kg PV_{adulte}
6.0 g P / kg GMQ; <500 kg PV_{adulte}

AFRC, 1991; simplifié

Gestation: **de 8 à 3 semaines avant vêlage: 4.5 g P / j**
puis: 5.2 g P / j

House et Bell 1993, simplifié

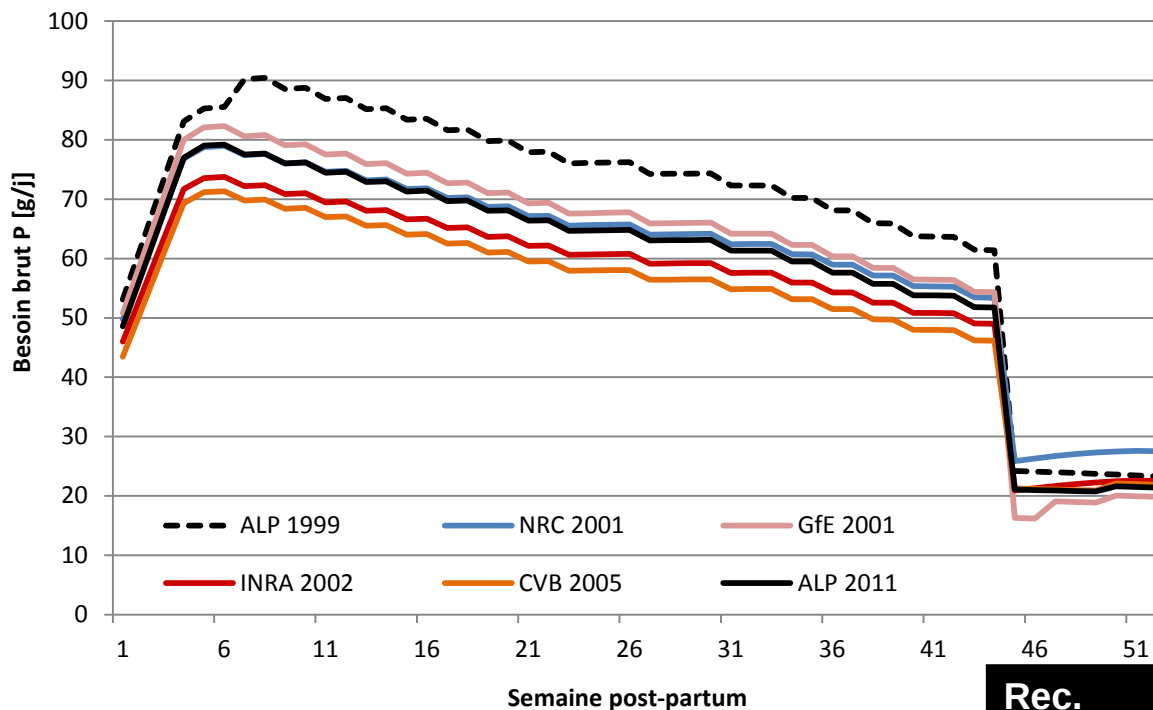
COEFFICIENT D'ABSORPTION: 0.70

APPORT RECOMMANDE: Besoin net / coefficient d'absorption



Recommandations d'apport en P actualisées chez la vache laitière

Vache laitière, 8500 kg lait, 650 kg PV



Rec.	[kg P / an]	[%]
ALP 1999	24.7	100
ALP 2011	21.3	85



Recommandations d'apport en P actualisées chez la vache laitière

Stade / Production		MSI [kg/j]	P [g/j]	P [g/kg MS]
Lactation [kg/j]	10	13	31	2.4
	20	16	49	3.1
	30	20	69	3.4
	40	24	88	3.7
	50	26	105	4.0
Tarissement	début	11	21	1.9
	fin	11	22	2.0

Vache laitière de 650 kg PV, dès 2^e lactation (sans croissance)

MSI estimée [kg/j]	18	19	20	21	22
P recommandé [g/j]	66	67	69	70	71
P recommandé [g/kg MS]	3.7	3.5	3.4	3.3	3.2

Vache laitière de 650 kg PV, **30 kg lait par j**, dès 2^e lactation (sans croissance)



Apport en P alimentaire?

Tables des valeurs nutritives Agroscope: www.feedbase.ch

Aliment [g/kg MS]	Min	Max	Moy	E-type	Source
Herbe E3, 1 ^{er} cycle	2.3	4.7	3.4	0.6	Schlegel et al., 2011
Herbe E3, 2 ^e cycle	2.6	4.6	3.8	0.6	Schlegel et al., non publié
Herbe, stade 4-5	1.5	3.7			Huguenin, 2011
Foin / regain	1.8	3.7	3.4		Python et al., 2010
Ensilage de maïs			2.2 – 2.9		www.feedbase.ch
Aliment énergétique	2.0	7.0	4.7	0.9	Agridea, 2011
Aliment protéique	2.5	10.4	6.7	1.3	Agridea, 2011
Aliment équilibré	3.0	8.0	5.5	0.8	Agridea, 2011

- ⇒ Variation importante **autour** du niveau des apports recommandés
- ⇒ **Analyse régulière** des teneurs fourragères; Prendre en compte les teneurs des aliments.



Conclusions

Apport recommandé 2011:

- Apport en P alimentaire adéquat
- Avec un coefficient d'absorption constant, adaptation aisée des outils basés sur les recommandations de 1999
- Compatible avec les recommandations actuelles d'autres institutions
- Sur l'année, **-15%** par rapport à 1999
- Potentielle réduction des rejets en P par rapport à 1999
- Réduction de dépendance aux phosphates alimentaires / Réduction potentielle des coûts alimentaires

Les **marges de sécurités** sont sensiblement réduites par rapport à 1999

⇒ Vigilance accrue

⇒ **Connaissance des teneurs en P (fourrages et concentrés)**

⇒ Ration favorable à la rumination

⇒ Bonne estimation de la MSI

⇒ Phosphates: prendre en compte leur solubilité dans l'eau



Sources

- AFRC. 1991. Technical Committee on responses to nutrients, report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. *Nutrition Abstracts and Reviews* 61, 573-612.
- ALP 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. LMZ, Zollikofen, Schweiz
- Bravo D, Sauvant D, Bogaert C, Meschy F 2003. Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. *Reproduction Nutrient Développement* 43 271-284.
- Bravo D, Sauvant D, Bogaert C, Meschy F 2003. Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. *Reproduction Nutrient Développement* 43, 285-300
- CVB 2005. Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten. Centraal Veevoerbureau, Lelystad, Netherlands.
- EMFEMA 2002. Bioavsielbilitx of major and trace elements. EMFEMA, Brussels, Belgium.
- Ekelund A, Spörndly R, Holtenius K 2006. Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Livestock Science* 99, 227-236.
- Ferrell CL, Laster DB, Prior RL 1982. Mineral accretion during prenatal growth if cattle. *Journal of Animal Science* 54, 618-624.
- Ferris CP, Patterson DC, McRoy MA, Kilpatrick DJ 2009. Effect of offering dairy cows diets differing in phosphorus concentration over four successive lactations. 1. food intake, milk production, tissue changes and blood metabolites. *Animal*.
- Guéguen L, Durand M, Meschy F 1987. Apports recommandés en éléments minéraux majeurs pour les ruminants. *Bulletin Technique CRZV Theix, INRA* 70, 105-112.
- GfE 2001. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Hill SR, Knowlton KF, Kebreab E, France J, Hanigan MD 2008. A model of phosphorus digestion and metabolism in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 91, 2021-2032.
- House WAHuguenin O 2011. Nutrient content in grassland communities: objectives and influencing factors. *Mineralstoffgehalte in Pflanzen*. ETH Zürich 13.01.2011.
- Bell AW 1993. Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 76, 2999-3010.
- Komisarczuk S, Merry RJ, McAllan AB 1987. Effect of different levels of phosphorus on rumen microbial fermentation and synthesis determined using a continuous culture technique. *British Journal of Nutrition* 57, 279-290.
- Meschy F 2002. INRA 2002. Recommandations d'apport en phosphore absorbé chez les ruminants. *Rencontre Recherche Ruminants*, 281-285.
- Mularky IK, Wark WA, Dickenson M, Martin S, Petersson-Wolfe CS, Knowlton KF 2008. Analysis of immune function in lactating dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *Journal of Dairy Science* 92, 365-368.
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. The National academies press, Washington D.C., U.S.A.
- Odongo NE, McKnight D, Koekkoek A, Fisher JW, Sharpe P, Kebreab E, France J, McBride BW 2007. Long term effects of feeding diets without mineral phosphorus supplementation on the performance and phosphorus excretion in high-yielding dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 87, 639-646.
- Python P, Boessinger M, Buchmann M 2010. Teneur moyenne en minéraux majeurs des fourrages secs ventilés selon l'altitude et la situation géographique. *ETH Schrifreihe zur Tierernährung*.
- Pfeffer E, Keunecke R 1986. The content of protein, fat and major minerals in growing goats. *Source. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 55, 166-171.
- Ramirez-Perez AH, Sauvant D, Meschy F 2009. Effect of phosphate solubility on phosphorus kinetics and ruminal fermentation activity in dairy goats . *Animal Feed Science and Technology* 149 , 209-227
- Rodriguez RR 2004. Cinética de fosforo em bezerras infectados com Cooperia punctata avaliada pela tecnica de diluição isotopica. Thèse, Université de Sao Paulo.
- Schwarz FJ, Heindl U, Kirchgessner M 1995. Content and deposition of major mineral elements in defferent tissues and empty body of growing bulls of the german Simmental breed. *Archives of Animal Nutrition* 48, 183-199.
- Schulz E, Oslage HJ, Daenicke R 1974. Untersuchung über Zusammensetzung der Körpersubstanz sowie den Stoff- und Energieansatz bei wachsenden Mastbullen. *Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung* 4, 1-70.
- Sieber R 2011. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. *ALP Science* 538.
- Spiekers H, Bintrup R, Balmelli M, Pfeffer E 1993. Influence of dry matter intake on fecal phosphorus losses in dairy cows fed rations low in phosphorus. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 69, 37-43
- Schlegel P, Python P, Amaudruz M 2011. Mise à l'herbe et apports en minéraux. *Agri Hebdo* 22.04.2011
- Suttle NF, Field AC 1967. Effect of increased intakes of potassium and water on the metabolism of magnesium, phosphorus, sodium, potassium and calcium in sheep. *British Journal of Nutrition* 21, 819-831.
- Taylor MS, Knowlton KF, McGilliard ML 2009. Dietary calcium has little effect on mineral balance and bone mineral metabolism through twenty weeks of lactation in Holstein cows *Journal of Animal Science* 92, 223-237
- Valk H, Sebek LBJ 1999. Influence of long term feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production and body weight of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82, 2157-2163.
- Wu Z and Satter LD 2000. Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentratons of phosphorus for two years. *Journal of Dairy Science* 83, 1052-1063.
- Wu Z, Satter DL, Sojo R 2000. Milk production, reproductive performance and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *Journal of Dairy Science* 83, 1028-1041
- Wu Z, Satter LD, Blohowiak AJ, Stauffacher RH, Wilson JH 2001. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *Journal of Dairy Science* 84, 1738-1748.



Merci pour votre attention