

Evolutions récentes des recommandations d'apport en phosphore pour les ruminants

F. MESCHY¹, A.-H. RAMIREZ-PEREZ^{1,2}

¹ UMR, INRA INA-PG, Physiologie de la Nutrition et Alimentation, 16, rue Claude Bernard, F-75231 Paris cedex 05

² Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior Cd. Universitaria, Colonia de Carmen Coyoacán, México D.F. CP 04510

Courriel : meschy@jouy.inra.fr

Depuis une dizaine d'années, un regain d'intérêt s'observe pour les recherches dans le domaine de la nutrition en phosphore (P) des animaux domestiques, en particulier ruminants. Cette évolution, particulièrement marquée en Europe, est en grande partie la conséquence de préoccupations environnementales. L'excès de P dans les effluents d'élevage entraîne l'eutrophisation des eaux de surface qui, sans être un problème potentiel de santé publique comme c'est le cas des rejets azotés, n'en constitue pas moins un risque de dégradation de notre environnement (eutrophisation des eaux de surface et développement d'algues, odeurs nauséabondes, raréfaction de la vie aquatique). Il est significatif de constater que la reprise de ces études aux Etats-Unis à la fin des années 90 a coïncidé avec le début de l'eutrophisation du lac Michigan. Les élevages de ruminants sont responsables en France des deux tiers environ de l'ensemble des rejets de P dans les effluents d'élevage (Guéguen 1993), mais il faut relativiser la charge polluante des ruminants dans la mesure où une part non négligeable de ces rejets est recyclée dans la production fourragère ; néanmoins, une marge de progrès dans le contrôle des rejets de P est possible par une meilleure adéquation des apports aux besoins réels des animaux.

Le présent article se propose, après un bref rappel de l'évolution récente des systèmes de recommandations d'apport alimentaire de P pour les ruminants, d'analyser les conséquences pratiques de leur application en matière de rationnement.

1 / Evolution récente des recommandations d'apport alimentaire en phosphore

Les recommandations d'apport alimentaire en P «ancienne génération» ont été publiées avant la fin des années 80 (NCMN 1973, INRA 1978, ARC 1980, INRA 1988, NRC 1989) et ont été établies à partir de données correspondant aux standards animaux et aux modes d'alimentation de l'époque. De plus, des marges de sécurité, parfois importantes, avaient été adoptées pour pallier les incertitudes dues au manque d'information ou pour prendre en compte une partie de la variabilité expérimentale. Les standards nutritionnels récemment publiés (NRC 2001, Meschy 2002, Valk et Beynen 2003, Sehested 2005) sont en fait des mises à jour des recommandations précédentes intégrant la production scientifique des vingt dernières années ; la publication de l'AFRC (1991) peut, dans l'esprit, être associée à cette «nouvelle génération».

Pour la détermination des Apports Journaliers Recommandés (AJR) en P, le schéma factoriel continu à être utilisé ; il consiste à déterminer d'une part les besoins physiologiques nets d'entretien et de production (croissance, gestation et lactation) et à évaluer,

d'autre part, l'efficacité de l'absorption digestive de l'apport alimentaire (Coefficient d'Absorption digestive Réelle ou CAR). Contrairement au porc (Jondreville et Dourmad 2005), un système basé sur l'absorption apparente (ne tenant compte ni du besoin d'entretien ni des pertes endogènes fécales) ne peut être retenu chez le ruminant en raison de l'importance et de la forte variabilité des pertes endogènes fécales.

A partir de cette démarche commune, certains systèmes expriment les besoins en P absorbé et l'apport alimentaire en P absorbable (NRC 2001, Meschy 2002) et d'autres en P total (Valk et Beynen 2003, Sehested 2005), les AJR étant alors obtenus en divisant la somme des besoins physiologiques nets par la valeur de CAR retenue.

1.1 / Les besoins physiologiques nets

Les différents systèmes s'accordent pour relier le besoin d'entretien en P non plus au Poids Vif (PV) mais à la production salivaire, soit directement (Valk et Beynen 2003), soit indirectement (NRC 2001, Meschy 2002, Sehested 2005) à partir de la Matière Sèche Ingérée (MSI). Les différences observées (tableau 1) peuvent s'expliquer par les équations adoptées qui intègrent ou non une partie de la com-

Tableau 1. Comparaison des besoins physiologiques nets d'une vache en lactation (750 kg de poids vif, 35 l de lait/j, ingestion de 23 kg de MS).

	Danemark ¹	France 1988 ²	France 2002 ³	Pays-bas ⁴	USA ⁵
Entretien (g/j)	24,4	21,0	20,5	17,0	24,4
Lactation (g/j)	35,0	31,5	31,5	31,5	31,5
Total (g/j)	59,4	52,5	52,0	48,5	55,9

¹ Sehested 2005, ² INRA 1988, ³ Meschy 2002, ⁴ Valk et Beynen 2003, ⁵ NRC 2001.

posante excrétoire des pertes endogènes fécales de P ; la salive étant le facteur principal de l'homéostasie digestive de P chez le ruminant (pour plus de détails, voir Meschy 2002). Il est à noter qu'il n'y a pas de différence notable avec notre précédente évaluation du besoin d'entretien chez la vache en production, mais il est vrai que nous prenions en compte l'effet MSI en modulant le besoin d'entretien basal par le niveau de production laitière et donc la MSI (Guéguen *et al* 1987). Pour les petits ruminants le besoin d'entretien par kg de MSI (0,905 MSI kg + 0,30 + 0.002 PV kg) est légèrement supérieur à celui des bovins, ce qui confirme, par une approche différente ce que nous observions précédemment (Guéguen *et al* 1987).

Pour la croissance le NRC (2001), Meschy (2002) et Sehested (2005) adoptent les équations allométriques proposées par l'AFRC (1991) basées sur le PV (kg), le PV adulte (PVad en kg) et la vitesse de croissance (GMQ en kg) :

$$\begin{aligned} \text{bovins} &= (1,2 + 4,655\text{PVad}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22}) \times \text{GMQ} \\ \text{petits ruminants} &: (1,2 + 3,188\text{PVad}^{0,28} \\ &\quad \times \text{PV}^{-0,28}) \times \text{GMQ} \end{aligned}$$

Ces équations présentent l'intérêt de prendre en compte l'évolution de la composition minérale du croît avec l'âge des animaux exprimé par le poids.

Pour la gestation, ces mêmes prescripteurs retiennent l'équation de

Tableau 2. Révision des coefficients d'absorption réels.

Pays	Précédent (%)	Actuel (%)
Danemark-Suède	55 ¹	70 ²
France	55-60 ^{3*}	60-90 ^{4**} (70) ^{***}
Pays-Bas	50 ⁵	70 ⁶
USA	50 ⁷	64-70 ^{8**} (68) ^{***}

¹ Spörndly 1999 cité par Ekelund *et al* 2003 ; ² Sehested 2005 ; ³ INRA 1988 ; ⁴ Meschy 2002 ; ⁵ NCMN, 1973 ; ⁶ Valk *et* Beynen, 2003 ; ⁷ NRC 1989 ; ⁸ NRC 2001.

* Selon le niveau de production laitière.

** Selon la nature de l'apport alimentaire.

*** Valeur moyenne.

House *et* Bell (1993) indexée sur le nombre de jours de gestation à partir du septième mois

$$\begin{aligned} \text{Besoin (g/j)} &= 0,02743e^{(0,05527-0,000075)t} \\ &- 0,02743e^{(0,05527-0,000075)(t-1)}(t-1) \end{aligned}$$

Pour la lactation, le besoin est directement déduit de la teneur en P du lait. La valeur de 0,9 g/L est adoptée pour les vaches, à l'exception du système danois (1g pour la race Holstein et 1,1 g pour la race Jersiaise). Le système français propose les valeurs de 0,95 g/l pour les caprins (Pfeffer *et* Rodehutsord 1998) et de 1,5 g/l pour les brebis (Guéguen *et al* 1987)

En fait, pour les besoins de production, il n'y a pas de modification majeure par rapport aux systèmes antérieurs, même si le mode de calcul est différent.

1.2 / Absorption digestive réelle de l'apport alimentaire du phosphore

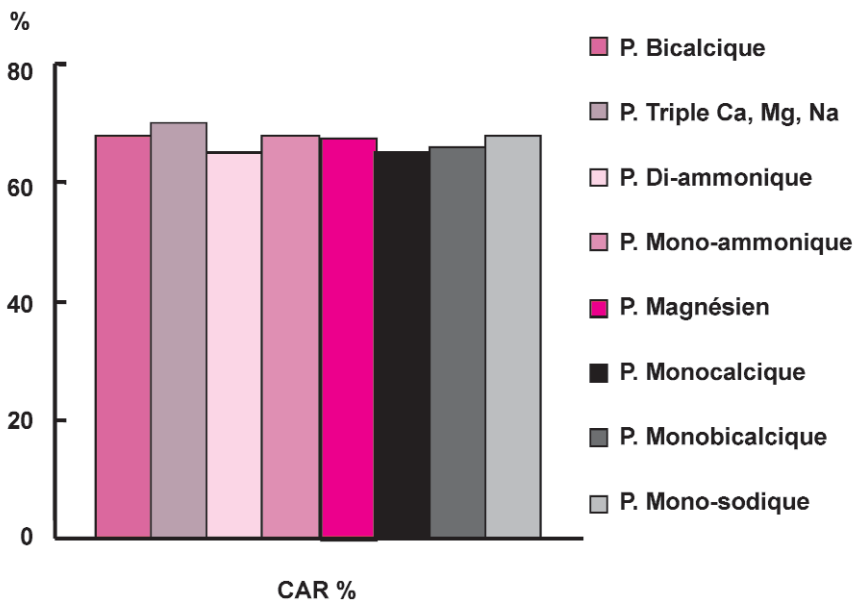
L'intégration de données expérimentales et l'analyse quantitative de données plus anciennes a conduit à une réévaluation significative des valeurs du coefficient d'absorption réelle (tableau 2). Les différents systèmes de recommandation adoptent soit une valeur unique de CAR (Valk *et* Beynen 2003, Sehested 2005), soit des valeurs distinctes pour les fourrages, les aliments concentrés et les sources inorganiques de P (NRC 2001) ou encore des valeurs spécifiques à l'intérieur de ces catégories (Meschy 2002). Les différentes approches convergent vers une valeur moyenne de CAR de l'ordre de 70 %. Le tableau 3 indique les valeurs de CAR retenues pour les aliments

Tableau 3. Valeurs des CAR % retenues pour les principales catégories d'aliments (nombre d'effets) destinés aux ruminants (Meschy 2002).

Aliments	Valeur retenue	Aliment	Valeur retenue
Graminées fourragères		Légumineuses fourragères	
Ensilage d'herbe (5)	60	Ensilage de luzerne (2)	65
Ensilage de maïs (7)	70	Foin de luzerne (16)	60
Foin (19)	70	Luzerne déshydratée (6)	74
Herbe déshydratée (3)	73	Trèfle (3)	69
Ray grass (12)	60	Moyenne (27)	65
Pâturage graminées (16)	70		
Moyenne (62)	67		
Céréales		Tourteaux	
Blé (3)	72	Arachide (1)	65
Orge (3)	76	Colza (5)	71
Moyenne (6)	75	Coton (1)	63
		Lin (1)	67
		Soja (7)	70
		Tournesol (2)	65
		Moyenne (17)	68
Coproduits de céréales		Divers	
Son de riz (4)	64	Pulpes de betteraves (2)	90
Drèches de brasserie (1)	78	Graines de coton (2)	74
Gluten de maïs (5)	68	Farine de poisson (3)	85
Moyenne (10)	68		
Concentrés (25) *			
	70		

* En moyenne 70 % de céréales et 30 % de tourteaux.

Figure 1. Coefficient d'absorption réelle de quelques phosphates chez les ruminants (d'après Jongbloed et al 2002).



concentrés et les fourrages dans le système français ; pour les phosphates de bonne qualité nutritionnelle (aujourd'hui très majoritairement utilisés dans notre pays), très peu de différences d'utilisation digestive sont observées (figure 1) et la valeur moyenne de 65 % a été retenue.

La prise en compte de ces différents éléments entraîne une diminution des AJR de P de l'ordre de 15 % qui doit se traduire par une « épargne » de P dans les effluents d'élevages de ruminants de l'ordre de 25 % (tableau 4).

2 / Conséquences de leur application

La mise en application de ces AJR, pour lesquels les marges de sécurité ont été sensiblement réduites, doit être accompagnée d'une vigilance accrue vis-à-vis des pratiques d'alimentation des animaux, le « droit à l'erreur » étant restreint dans les mêmes proportions. Les principaux points concernés sont la couverture des besoins en P des micro-organismes du rumen, l'évaluation de l'apport alimentaire de P et les pratiques de complémentation minérale des rations.

2.1 / Besoins en phosphore des micro-organismes du rumen

Les besoins en minéraux des micro-organismes du rumen ont fait l'objet d'un nombre non négligeable de travaux dans les années 80 notamment en France (équipe de Michèle Durand à

l'INRA de Jouy-en-Josas). Tous les éléments d'intérêt nutritionnel sont probablement essentiels pour les micro-organismes du rumen mais, pour nombre d'entre eux (calcium, sodium,

potassium, magnésium et oligoéléments), les apports du régime, même insuffisants pour l'animal-hôte, couvrent largement les besoins des microbes. Il n'en est pas de même pour le soufre, le cobalt et le phosphore, les besoins des micro populations étant largement supérieurs à ceux du ruminant. Le besoin en P est plus élevé pour la cellulolyse que pour l'amylolyse et la protéosynthèse (respectivement 4,5 et 2,8 g/kg MOD, Guéguen *et al* 1987). Autrement dit, les besoins en P des bactéries cellulolytiques représentent plus du double de ceux de l'animal-hôte. En conséquence une carence en P des bactéries du rumen se traduit principalement par une diminution de leur activité cellulolytique (figure 2). Le phosphore présent dans le rumen doit être sous forme soluble (orthophosphates) pour pouvoir être utilisé par les micro-organismes ; il provient de deux origines : le phosphore recyclé par la salive qui représente la part la plus importante de P disponible dans le rumen (Tomas 1974, Milton et Ternouth 1984), jusqu'à 70 % de P entrant dans le rumen (Tomas et Somers 1974) et le phosphore alimentaire solubilisé dans le rumen.

Tableau 4. Bilan du phosphore chez une vache laitière (750 kg de PV, 35 l de lait par jour, ingestion de 23 kg de MS).

	INRA 1988	INRA 2002
Ingéré g/j *	87,5	74,0
Absorbé g/j	52,5	52,0
Lait g/j	31,5	31,5
Urinaire g/j	1,4	1,4
Fécal endogène g/j	19,6	19,1
Fécal alimentaire g/j	35,0	22,0
Total excrété	55,0	42,5

* Pour rendre la comparaison plus aisée la quantité de P absorbé est exprimée en P total pour INRA 2002 sur la base d'un CAR moyen de 70 %.

Figure 2. Effets d'une carence en phosphore sur le métabolisme bactérien (Durand et al 1989).

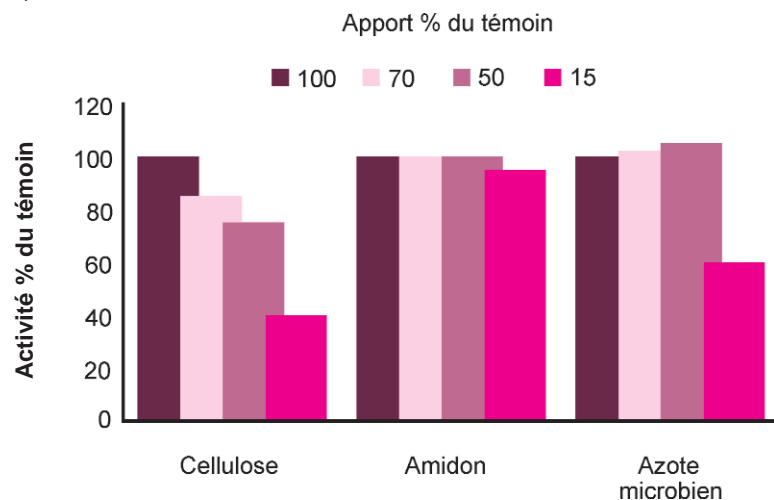
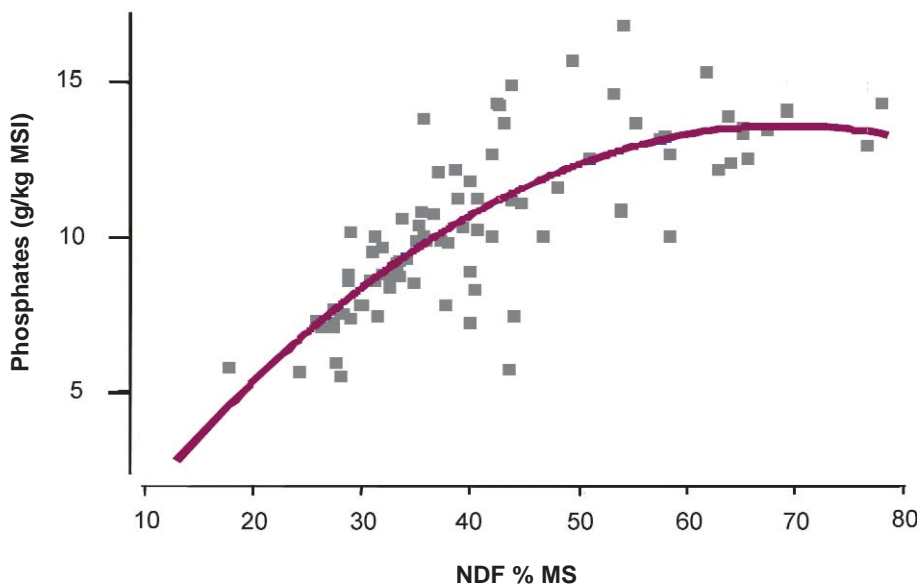


Figure 3. Estimation du recyclage des phosphates en fonction du niveau de NDF de la ration (Sauvant et al 1999).



Le recyclage de P par la salive dépend de la concentration en P dans la salive, fortement corrélé à la phosphorémie (Breves et Schröder 1991) et du flux salivaire, influencé par la quantité de MS ingérée et la fibrosité de la ration (Sauvant et al 1999, figure 3). La production salivaire au cours de la rumination est nettement plus importante que pendant l'ingestion, ce qui souligne l'importance de bonnes conditions de fonctionnement du rumen pour l'optimisation du recyclage salivaire de P. Une situation de (sub)acidose entraînant une réduction de la rumination et de la production salivaire se traduit par une baisse du recyclage des substances tampon (fragilisation de l'écosystème ruminal) et du phosphore (moindre valorisation de la fraction fibreuse de la ration).

La libération du phosphore des aliments dans le rumen n'a été étudiée qu'assez récemment. Ces travaux ont surtout concerné les aliments concentrés, d'une part parce qu'ils fournissent une fraction importante de l'apport de P alimentaire et, d'autre part compte-tenu des difficultés méthodologiques rencontrées avec les fourrages lors de mesures en sachets nylon (Bravo et al 2000). Les résultats ont montré une importante disparité de la libération de P dans le rumen : de 38 % à 93 % (Sehested et Weisberg 2002) et de sa vitesse selon les aliments (Bravo et al 2000) ; de plus, les traitements technologiques peuvent avoir un effet négatif marqué sur la disponibilité de P dans le rumen des aliments concentrés, qu'il s'agisse de traitements thermiques (Konishi et al 1999) ou de tannage par

le formol (Park et al 1999, Bravo et al 2000, figure 4). La figure 5 illustre la cinétique théorique de la couverture des besoins en P des microbes du rumen et, souligne le risque potentiel d'une carence transitoire durant les heures qui suivent le repas où la faible vitesse de la solubilisation de P de certains aliments pourrait avoir des conséquences préjudiciables à l'activité cellulolytique. Aujourd'hui aucune étude spécifique sur les effets de la solubilité des sources de P sur l'activité microbienne n'est disponible. Néanmoins des travaux sont en cours au Danemark et en France ; ils devront répondre aux principales questions concernant la

gestion par les micro-organismes des variations circadiennes de la concentration en orthophosphates de la phase liquide du rumen et l'existence de voies métaboliques particulières évoquées par Komisarczuk (1985) lors de la rarefaction de P disponible dans le rumen. Toutefois, dans les essais de Ekelund et al (2003) la différence de solubilité *in vitro* de P entre le tourteau de colza (74 %) et le phosphate monosodique (94 %) n'a pas entraîné de modification significative de la digestibilité de la matière organique qui peut être considérée comme un bon indicateur de l'efficacité fermentaire (respectivement 87 % et 88 %). Des résultats obtenus au laboratoire (Meschy et Godoy 2005) ont également montré l'absence d'effet sur la digestibilité des composés pariétaux et celle du phosphore lorsque 70 % du phosphore alimentaire étaient apportés par du tourteau de colza tanné ou non par le formol. Il convient de noter que ces essais ont été menés dans de bonnes conditions de rations : fibrosité suffisante, pourcentage d'aliments concentrés modéré et granulométrie suffisante. Dans le cas de rations à risque acidotique élevé et au titre du principe de prévention, une partie de l'apport alimentaire de P pourrait être envisagée sous une forme soluble dans le rumen. Cette pratique ne doit pas devenir la règle générale, la priorité devant demeurer la qualité hygiénique des rations.

Il convient également de souligner qu'il n'y a pas de relation entre la solubilité de P dans le rumen des aliments et

Figure 4. Effet du tannage sur la disponibilité du phosphore dans le rumen (Bravo et al 2000).

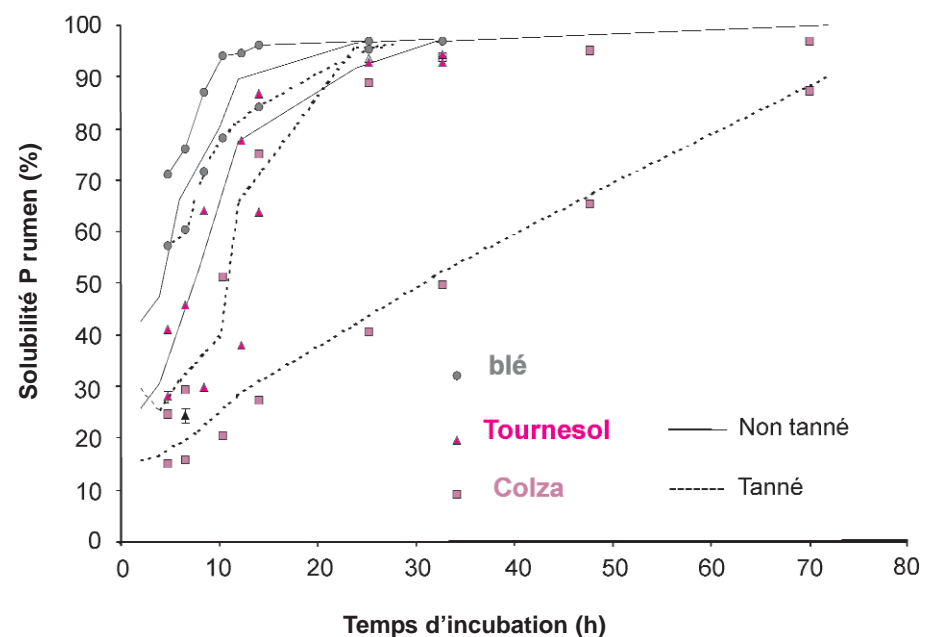
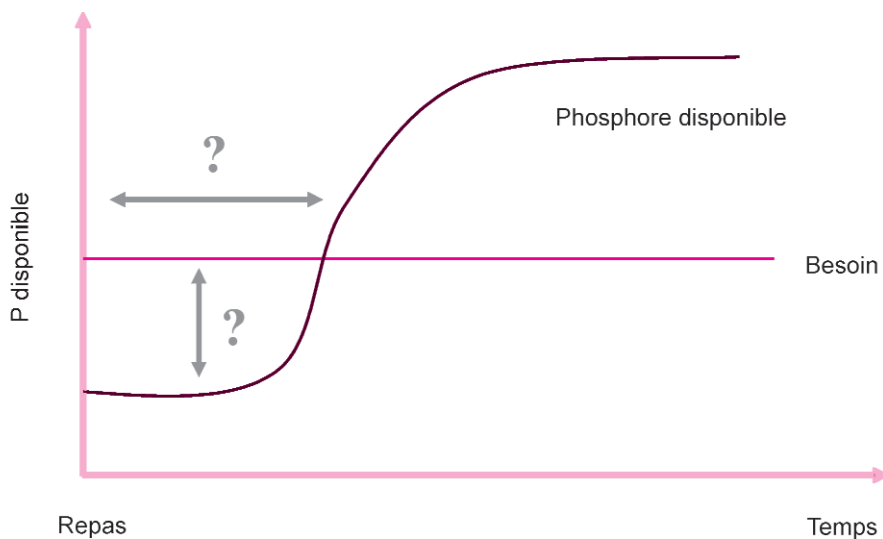


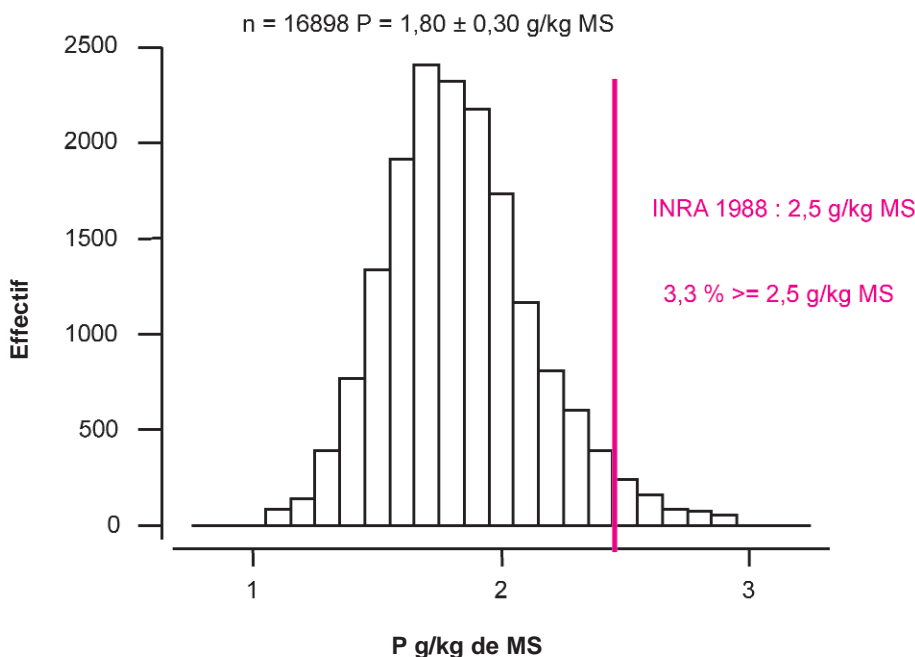
Figure 5. Cinétique de la couverture du besoin en P des micro-organismes du rumen.


l'efficacité de son utilisation digestive (Bravo *et al* 2003, Ekelund *et al* 2003).

2.2 / Evaluation de l'apport alimentaire en phosphore

L'application en toute sécurité des AJR de 2002 nécessite l'évaluation la plus précise possible des apports alimentaires de P, tant au plan quantitatif (teneur en P des aliments) que qualitatif (CAR) puisque la valeur en P absorbable résulte du produit de ces deux composantes. Pour les fourrages, la principale difficulté concerne l'évaluation de la teneur en P total. Les valeurs de référence ont été établies il y a une vingtaine d'années (INRA 1988) ; depuis les

fourrages et leurs modes de production (diminution des engrais phosphatés notamment) et de récolte ont fortement évolué, ce qui se traduit par une diminution marquée de leur teneur en P rendant les tables obsolètes quant à cette composante de leur valeur nutritionnelle. La figure 6, issue d'un travail en cours, en est l'illustration pour l'ensilage de maïs. Ce phénomène s'observe également pour les autres fourrages avec une diminution moyenne de l'ordre de 25 %. Se référer aujourd'hui aux valeurs de ces tables conduit à une forte surestimation de l'apport alimentaire et par conséquent à une complémentarité minérale des rations insuffisante (une centaine de grammes d'un aliment minéral contenant 7 % de P si la ration de base contient 12 kg de MS d'ensila-

Figure 6. Distribution du phosphore dans l'ensilage de maïs.


ge de maïs par exemple). La publication d'une mise à jour des valeurs de composition minérale (ne se limitant pas à P) des fourrages, sur la base de nombreux échantillons récents, est prévue pour le second semestre 2005.

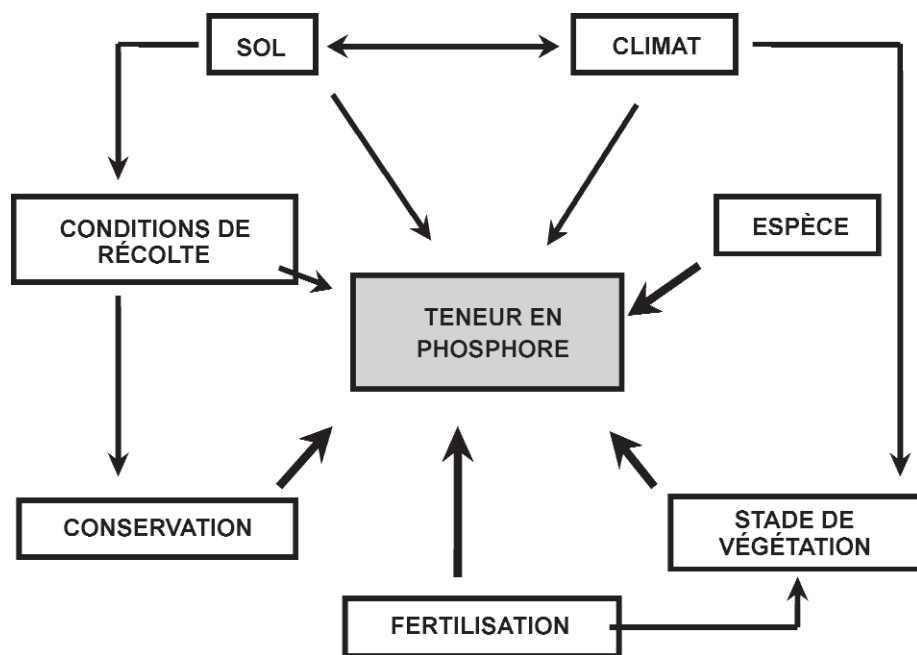
Outre l'évolution dans le temps de la teneur en P se pose le problème de sa variabilité. Les teneurs sont susceptibles de modifications importantes (figure 7) en raison du lieu de production (sols) de la fertilisation, du cycle et de l'âge de la plante (surtout pour les graminées) et du climat (teneurs sensiblement plus faibles en année sèche). L'analyse chimique procure probablement l'information la plus fiable, mais il ne faut pas oublier qu'elle est le reflet d'un échantillon (quelques grammes représentent un silo de 50 T ou plus) et qu'elle a un coût. Les références régionales souvent disponibles auprès des organisations professionnelles agricoles et des firmes service sont une solution alternative intéressante lorsqu'elles portent sur des fourrages bien identifiés (herbe) et proviennent de régions agricoles homogènes pour leurs sols et leurs pratiques culturales.

Les aliments concentrés et les co-produits ont des teneurs en P beaucoup moins variables ; leurs valeurs ont été récemment mises à jour parce que la teneur en P des graines est stable et dépend peu des conditions de production (INRA-AFZ 2004). Globalement les valeurs sont similaires à celles publiées en 1988. Les valeurs tables peuvent donc être utilisées avec un risque minime d'erreur dans la mesure où la variabilité est faible, par exemple les coefficients de variation pour la teneur en P sont de l'ordre de 9 % pour les céréales et de 8 % pour les tourteaux (INRA-AFZ 2004).

La concentration en P total des phosphates alimentaire est connue avec précision et est contrôlée au cours des processus de fabrication. Des valeurs s'écartant des moyennes pour un produit donné peuvent être un indicateur d'une pureté insuffisante ou d'une réaction chimique incomplète lors de la fabrication (Bleuks 2005).

Par ailleurs, chez les ruminants, il n'y a pas de différence significative pour l'efficacité de l'absorption digestive des phosphates de bonne qualité nutritionnelle qui sont très majoritairement utilisés dans notre Pays (Jongbloed *et al* 2002).

Figure 7. Origines de la variation de la teneur en phosphore des fourrages.



2.3 / Pratiques de complémentarité minérale

L'application des nouvelles recommandations se traduit par une réduction de l'apport alimentaire de P aux vaches laitières de l'ordre de 15 %, soit environ 30 % à 50 % de l'apport complémentaire. Il convient de souligner ici que plus on approche le besoin réel de l'animal, ce qui est le cas, et plus la tolérance vis-à-vis d'erreurs de rationnement diminue. Si la mise en place des recommandations 2002 permet de répondre à des enjeux écologiques et économiques majeurs, leur interprétation trop simplificatrice ou erronée ne doit pas se traduire par une dégradation des performances zootechniques ou sanitaires des animaux.

Il n'y a pas lieu de remettre en cause la démarche habituelle qui consiste à déterminer la formule de l'Aliment

Minéral (AM) et la quantité à distribuer **quotidiennement** aux animaux à partir du bilan entre les recommandations d'apport et l'évaluation la plus précise possible (voir ci-dessus) de l'apport alimentaire. Cette démarche conduit à réduire (dans de nombreux cas de moitié environ) soit la quantité d'AM distribuée soit sa concentration en P. C'est probablement dans le premier cas que le risque de complémentarité minérale insuffisante est le plus grand ; en effet, il faut garder présent à l'esprit que l'AM est le vecteur de la correction de la ration pour l'ensemble des éléments minéraux et des vitamines. Si cette option devait être choisie, il faut **impérativement doubler la concentration des autres ingrédients de l'AM, solution de toute façon impossible pour le calcium** ce qui revient à envisager une distribution spécifique de cet élément et alourdir ainsi la charge de travail de l'éleveur.

La solution qui consiste à réduire la concentration en P de l'AM est assurément la meilleure dans la mesure où elle ne perturbe pas les habitudes de l'éleveur et permet de corriger l'ensemble des insuffisances minérales et vitaminiques de la ration. Le tableau 5 illustre les conséquences de ces différentes approches sur la correction de la ration (ensilage de maïs, foin, blé et tourteau de soja) distribuée à une vache laitière de 650 kg produisant 30 litres de lait par jour. En outre, ces AM, désormais disponibles sur le marché, doivent être à un prix sensiblement inférieur en raison du « poids » du phosphore dans le prix d'un aliment minéral.

Conclusion

L'application des recommandations récentes d'apport alimentaire de P permet une épargne substantielle des rejets dans les effluents d'élevages de ruminants (de l'ordre de 40 000 T/an pour les seules vaches laitières). Cependant les éleveurs doivent encore être plus attentifs que par le passé à la qualité hygiénique des rations (fibrosité, granulométrie, périodes de transition...) et à l'évaluation de l'apport alimentaire en phosphore. Par ailleurs, il faut absolument éviter des simplifications excessives en termes de pratiques de complémentarité qui permettent certes de respecter les recommandations actuelles mais risquent de compromettre dangereusement l'efficacité globale de la complémentarité minérale. Enfin des recherches complémentaires sont nécessaires pour préciser les facteurs de variation des flux salivaires (et donc du recyclage de P) et l'efficacité digestive pour certaines catégories d'aliments.

Tableau 5. Conséquences du choix de l'aliment minéral sur la correction des insuffisances de la ration.

	P g	Ca g	Cu mg	Zn mg	Mn mg	Se mg	Vit A UI	Vit D UI	Vit E UI
Déficits 1988	21	60	150	700	750	1,5	50 000	22 000	220
7 - 21 300 g/j	21	63	240	1050	1200	1,8	75 000	24 000	250
Déficits 2002	10,5	60	150	700	750	1,5	50 000	22 000	220
7 - 21 150 g/j	10,5	31,5	120	525	600	0,9	37 500	12 000	110
3,5 - 21 300 g/j	10,5	63	240	1050	1200	1,8	75 000	24 000	250

Pour rendre la comparaison plus aisée le déficit en P 2002 est exprimé en phosphore total, sur la base d'un CAR moyen de 70 %. Composition des AM : 7 (7 - 21) ou 3,5 % (3,5 - 21) P, 21 % Ca, 4 % Mg, 800 ppm Cu, 3500 ppm Zn, 4000 ppm Mn, 8 ppm Co, 6 ppm Se, 250 000 UI vitamine A, 80 000 UI vitamine D et 750 UI vitamine E.

Références

- ARC, Agricultural Research Council, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. CAB. Slough. UK, 351p.
- AFRC, Agricultural and Food Research Council, 1991. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. *Nutr. Abstr. Rev.*, Ser. B, 61, 573-612.
- Bleuks W., 2005. Les caractéristiques de la qualité nutritionnelle des phosphates alimentaires. *INRA Prod. Anim.*, 18, 169-173.
- Bravo D., Meschy F., Bogaert C., Sauvant D., 2000. Ruminant phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique. *Reprod. Nutr. Develop.*, 40, 149-162.
- Bravo D., Bogaert C., Meschy F., Sauvant D., 2003. Plasma phosphorus content and dietary phosphorus availability in adult sheep. *Anim. Res.*, 52, 427-435.
- Breves G., Schröder B., 1991. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.*, 4, 125-140.
- Durand M., Komisarczuk-Bony S., Meschy F., 1989. Phosphorus requirements for rumen microbial activity. *Proc. Int. Meeting on Mineral Nutrition and Mineral requirements in ruminants*. Kyoto, Japon, 3-4 August 1989, 27-34.
- Ekelund A., Spörndly R., Valk H., Murphy M., 2003. Influence of feeding various phosphorus sources on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 109, 95-104.
- Guéguen L., 1993. Bien nourrir les animaux en minéraux. II. Pour préserver la santé de l'Homme et son environnement. *Symp. AFCA-Vitolmin*, Angers, France, 3-4 juin, 2-8.
- Guéguen L., Durand M., Meschy F., 1987. Apports recommandés en éléments minéraux majeurs pour les ruminants. *Bull. Tech. CRVZ Theix INRA*, 70, 105-112.
- House W.A., Bell A.W., 1993. Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 76, 2999-3010.
- INRA, 1978. Alimentation des ruminants. R. Jarrige (ed.). INRA Publications. Versailles, France, 621p.
- INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige (Ed.). INRA Publications. Paris, France, 471p.
- INRA-AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D. Sauvant, J.-M. Perez, G. Tran (eds), 2^e édition révisée, INRA, Paris, 301p.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.*, 18, 183-192.
- Jongbloed A.W., Kemme De P.A., Groote G., Lippens M., Meschy F., 2002. Bioavailability of major and trace minerals. *EMFEMA Brussels*, 153p.
- Komisarczuk S., 1985. Etude de l'influence du phosphore sur l'activité fermentaire, la protéosynthèse et les teneurs en ATP de contenus de rumen dans différents systèmes de culture continus, Université Paris XI, 97p.
- Konishi C., Matsui T., Park W., Yano H., Yano F., 1999. Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 80, 115-122.
- Meschy F., 2002. Recommandations d'apport en phosphore absorbé chez les ruminants. *Renc. Rech. Ruminants*, Paris, France, 4-5 décembre 2002, 9, 279-285.
- Meschy F., Godoy S., 2005. Effet du tannage par le formol sur l'utilisation du phosphore du tourteau de colza par les chèvres en lactation. *Renc. Rech. Ruminants*, 12, (à paraître).
- Milton J.T.B., Ternouth J.H., 1984. The effect of phosphorus upon microbial digestion. *Anim. Prod. Austr.*, 15, 472-475.
- NCMN, Netherlands Committee on Mineral Nutrition, 1973. Tracing mineral disorders in cattle. *Cent. Agric. Pub. Wageningen*.
- NRC, National Research Council., 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington D.C., 157p.
- NRC, National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington D.C., 381p.
- Park W.Y., Matsui T., Konishi C., Kim, S.W., Yano F., Yano H., 1999. Formaldehyde treatment suppresses ruminal degradation of phytate in soyabean meal and rapeseed meal. *Brit. J. Nutr.*, 81, 467-471.
- Pfeffer E., Rodehutschord M., 1998. Body chemical composition and utilization of dietary energy by male Saanen kids fed either milk to satiation or solid complete feeds with two proportions of straw. *J. Agric. Sci.*, 131, 487-495.
- Sauvant D., Meschy F., Mertens D.R., 1999. Empirical modelling of buffer recycling in cattle. *J. Dairy Sci.*, 82, Suppl. 1, 39.
- Sehested J., 2005. Feeding phosphorus (P) to cattle a new basis for Nordic recommendations. *Acta Agric. Scand.*, (in press).
- Sehested J., Weisberg M.R., 2002. Release of phosphorus from feedstuffs for cattle. *J. Dairy Sci.*, 85 Suppl.1, 364.
- Tomas F.M., 1974. Phosphorus homeostasis in sheep. II. Influence of diet on the pathway of excretion of phosphorus. *Austr. J. Agric. Res.*, 25, 484-493.
- Tomas F.M., Somers M., 1974. Phosphorus homeostasis in sheep. I. Effects of ligation of parotid salivary ducts. *Austr. J. Agric. Res.*, 25, 475-483.
- Valk H., Beynen A.C., 2003. Proposal for the assessment of phosphorus requirements of dairy cows. *Liv. Prod. Sci.*, 79, 267-272.

Résumé

Des révisions récentes des recommandations d'apport alimentaire en phosphore (P) ont été publiées tant en France qu'à l'étranger (USA, Pays-Bas, Pays nordiques...). Toutes convergent vers une réduction de l'ordre de 15 % de l'apport alimentaire de P. Après en avoir rappelé les bases, cet article analyse les conséquences de ces Apports Journaliers Recommandés (AJR) qui doivent permettre une réduction substantielle des rejets en P dans les élevages de ruminants. La réduction de l'apport alimentaire associée à des différences de vitesse de solubilisation de P dans le rumen selon les aliments réactualise l'étude de la couverture des besoins en P des micro-organismes, principalement de ceux des bactéries. Les résultats disponibles ne montrent pas de modification notable de l'activité fermentaire dans des conditions de production salivaire (prise alimentaire et rumination) normales. Une attention particulière doit être portée à l'évaluation de l'apport alimentaire réalisé par les rations, en particulier leur fraction fourragère ; la réduction des AJR et une surestimation de l'apport effectif de P constituent un risque important de situations carencielles. Il n'y a pas lieu de modifier les pratiques de complémentation minérale des rations, le choix de l'Aliment Minéral (AM) et la quantité à distribuer quotidiennement doivent être établies selon la même démarche que précédemment. Dans ce domaine, il faut se garder de simplifications extrêmes (par exemple réduire de moitié la quantité d'AM distribuée habituellement) qui conduiraient à une correction nettement insuffisante des rations de base pour les autres éléments minéraux et pour les vitamines. Pour répondre pleinement à leur objectif de réduction des rejets en P dans le respect des performances et de la santé des animaux, les AJR doivent donc être appliqués sur une base rationnelle.

Abstract

Recent developments of dietary phosphorus recommendations

Recent re-assessments of dietary phosphorus (P) supply for ruminants have been published in France as well as in other countries (USA, The Netherlands, Nordic Countries...). All converge to a decrease by about 15 % of dietary P supply. After a brief reminder of their basis, this article comments on the main consequences of the application of these dietary allowances (DA) that must allow a substantial decrease of P in animal wastes. A decrease of DA associated with differences in P rumen release among feedstuffs update the studies on microbial P requirements. The recent available data do not show any important modification in the metabolism of rumen bacteria related to P supply under normal conditions of saliva production. Special attention must be paid to the assessment of the real P supply by the diet, essentially by its forage fraction. In fact, a decrease of DA associated with an overestimation of P supply could lead to a situation of P deficiency. The strategy of mineral supplementation of the rations must be the same as previously. The formula and quantity to feed the animals remain based on the mineral insufficiencies of the diet. Some oversimplification of these practices (e.g. half quantities of the complement given before with the same concentration in other components) must be discarded because of the risk of a markedly unbalanced supply of other minerals and vitamins. In order to reduce pollutant load with respect to animal performances and health, these new DA must be adopted in a rational way.

MESCHY F., RAMIREZ-PEREZ A.-H., 2005. Evolutions récentes des recommandations d'apport en phosphore pour les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 18, 175-182.