

# Recommandations et calcul de l'apport en phosphore digestible par les matières premières et les phytases

**L**e phosphore (P) constitue un enjeu environnemental important pour la production porcine, il représente également une contrainte dans le coût de revient des aliments, notamment lors de l'application des recommandations du Corpen (2003). Cette contrainte est accentuée par la brutale augmentation du prix des phosphates observée depuis novembre-décembre 2007, liée à la raréfaction de la disponibilité de ces produits sur le marché des matières premières.

Ces conditions conduisent, à vouloir améliorer l'adéquation entre, d'une part, les besoins en P digestible des porcs par stade physiologique et, d'autre part, les apports constitués par les matières premières et les additifs utilisables en alimentation porcine. Les besoins s'expriment depuis plusieurs années sous la forme de teneur en P digestible ; ce système d'appréciation étant plus précis que la seule prise en compte de la teneur en P total des aliments. Cet article décrit les modalités de calcul des besoins des porcs et de l'apport représenté par les matières premières et les phytases.

En préambule, il est nécessaire de préciser que la réduction des marges de sécurité en terme d'apport nutritionnel, augmente le risque lié à une erreur au cours des étapes successives de formulation, de fabrication et de distribution des aliments. Ainsi, le choix par exemple, de diversifier les sources de P digestible peut, dans certaines situations, se justifier, même si celui-ci représente un coût supplémentaire de l'aliment. D'autre part, un troupeau ou une bande de porcs charcutiers ne sont pas constitués d'animaux homogènes dont les besoins sont strictement identiques. Lorsque la teneur d'un nutriment de l'aliment diminue, elle devient limitante pour une proportion croissante des porcs. Les conséquences en élevage sont alors plus ou moins perceptibles selon la nature du nutriment, le stade physiologique des animaux concernés et les conditions dans lesquelles ils sont élevés.

## Besoin des porcs

La détermination du besoin en P digestible des porcs à l'engrais dans un élevage donné

est possible, si l'on dispose de leurs profils de croissance et de consommation en fonction du poids vif. Sur la base de ces données, des équations permettent, de calculer le besoin en P digestible des porcs. Ces calculs, basés sur l'approche factorielle développée par l'INRA, tiennent compte de la vitesse de croissance et de l'indice de consommation observés à un poids vif donné. **Le besoin d'entretien est estimé à 10 mg de P par kg de poids vif, et le besoin de croissance représente environ 5,3 g de P par kg de croît.** Le niveau de consommation journalier, ou l'indice de consommation obtenu à ce stade, permettent alors de définir la teneur en P digestible de l'aliment. Il est bien entendu difficile d'appliquer cette méthode en élevage, dans la mesure où ces profils de croissance et de consommation sont peu ou mal connus. D'où l'intérêt d'établir des recommandations qui visent à proposer des teneurs permettant de satisfaire les besoins de porcs dans une majorité de situations. Pour mémoire, le tableau 1 présente les recommandations actuelles de l'IFIP-institut du porc, figurant dans l'édition 2002 des Tables d'alimentation pour les porcs, et établies par kg d'aliment complet.

**Tableau 1 : Recommandations d'apport en P digestible par stade physiologique <sup>(1)</sup>**

Stade physiologique	P digestible g/kg
1 <sup>er</sup> âge	3,5
2 <sup>ème</sup> âge	3,5
Croissance	2,5
Finition	2,0
Jeune reproducteur	3,0
Truie gestante	2,7
Truie allaitante	3,8

<sup>(1)</sup> : tables d'alimentation pour les porcs ITP-ITCF-ADÆSO-UNIP-CETIOM (2002)



## Résumé

Cet article décrit les modalités de calcul des besoins des porcs et de l'apport représenté par les matières premières et les phytases. Il y est notamment question de la réponse non linéaire à l'apport de phytase microbienne. Une méthode permettant de prendre en compte cet aspect est proposée. Les phytases végétales provenant des céréales à paille, peuvent contribuer également à l'apport en P digestible de l'aliment. Le calcul de leur contribution est présenté, ainsi que l'interaction dans ce cas, avec les phytases microbiennes. Enfin, une synthèse des derniers essais zootechniques fait le point des besoins des porcs en P digestible. Dans le contexte actuel du marché des matières premières, ce travail donne des indications utiles à la maîtrise des rejets de P, ainsi qu'à la détermination de l'apport alimentaire en P digestible permettant de satisfaire les besoins.

Didier GAUDRÉ  
Laurent ALIBERT  
Nathalie QUINIOU  
Eric ROYER

Cette étude a bénéficié du soutien financier du CASDAR.



Tourteau de soja

**Dans l'approche factorielle, le besoin est calculé pour permettre une minéralisation osseuse maximale.**

Les recommandations établies pour le porc en croissance et en finition (respectivement 2,5 et 2,0 g/kg) sont issues de l'analyse de 17 essais menés entre 1993 et 2002 dans les stations expérimentales de l'ADÆSO, de l'ITP et de la Chambre d'Agriculture de Bretagne (Castaing et al., 2003). Les teneurs de 2,5 et 2,0 g/kg correspondent aux niveaux pour lesquels les performances de croissance et d'efficacité alimentaire optimales sont constatées, après mise en commun de toutes les données expérimentales recueillies. Parallèlement, la méthode factorielle appliquée à ces mêmes données confirme ces résultats. Cependant, les auteurs de l'étude soulignent, que dans l'approche factorielle, le besoin est calculé pour permettre une minéralisation osseuse maximale et devrait donc légèrement dépasser le besoin permettant d'optimiser les performances. Ils concluent donc que l'absence de différence entre ces deux estimations est vraisemblablement liée à une légère surestimation de la teneur en P digestible des régimes des 17 essais. En d'autres termes, les teneurs en P digestible optimales pour la croissance et l'efficacité alimentaire seraient **légèrement inférieures à 2,5 et 2,0 g/kg**.

Dans un essai récent, Pomar et al. (2006) observent une diminution régulière de la résistance à la rupture des os avec la diminution de l'apport en P digestible. Ces auteurs ne démontrent cependant pas d'effet sur les performances de croissance, mais la puissance statistique est faible compte tenu des effectifs d'animaux étudiés. En tout état de cause, cet essai montre que les risques d'une carence en P digestible portent donc, en premier lieu, sur la fragilité osseuse. Les conséquences peuvent alors en être diverses en élevage et pour la filière : fractures en période d'en-

graissement, puis au moment de l'abattage, voire ultérieurement lors des opérations de transformation de la viande.

L'IFIP-institut du porc a mené des essais en phase de 2<sup>ème</sup> âge et en périodes de croissance et finition (Ernandorena et al., 2007 et 2008). Il ressort qu'en 2<sup>ème</sup> âge, au delà de 3,0 g/kg de P digestible, soit 0,31 g/MJ EN, l'indice de consommation de post-sevrage ne diminue plus. Sur cette même période, il faut 3,5 g/kg soit 0,36 g/MJ EN, pour maximiser la vitesse de croissance. En croissance et finition, les performances zootechniques ne sont pas affectées, tant que l'apport reste supérieur à 90 % du besoin estimé par l'approche factorielle : soit 2,05 pour un besoin estimé de 2,25 g/kg en croissance et 1,65 pour un besoin estimé de 1,85 g/kg en finition. Ces résultats, lorsqu'ils sont exprimés par unité d'énergie nette, sur la base de la concentration énergétique des régimes, aboutissent aux ratios minimaux suivants : 0,21 g de P digestible par MJ EN en croissance, et 0,17 g par MJ EN en finition. Ces teneurs minimales avant d'être recommandées, nécessitent d'autres évaluations, en particulier avec des régimes présentant des concentrations énergétiques variées. En effet, il est important de préciser que ces résultats ont été obtenus dans de bonnes conditions d'élevage (station expérimentale de Villefranche de Rouergue). Les indices de consommation constatés au cours de ces essais sont inférieurs à 1,50 en post-sevrage (1,60 au cours de la période de 2<sup>ème</sup> âge), et proches de 2,75 en engraissement (2,10 en croissance et 3,00 en finition). D'autre part, les profils de consommation et de croissance en cours de post-sevrage et d'engraissement de cet élevage sont bien connus, et le même type génétique y a été utilisé durant plusieurs

années. Ces conditions, si elles ne sont pas remplies, exigent une certaine prudence dans la mise en œuvre de ces résultats. Celle-ci suppose de plus, d'estimer précisément les apports par les matières premières.

## **Teneur en phosphore digestible et sources d'apport**

Les matières premières végétales contiennent du P en quantités variables. Les matières premières animales constituent une ressource intéressante, mais la réglementation actuelle réduit leur domaine d'utilisation. Les phosphates minéraux ont représenté et représentent toujours une part essentielle des apports en P. Ils ont été supplantés peu à peu par les phytases microbiennes utilisées en tant qu'additif dans les aliments. Enfin, les phytases végétales provenant des céréales à paille peuvent également contribuer à l'apport en P digestible.

## **Les phosphates minéraux**

Deux sources principales de phosphates sont disponibles en alimentation porcine : les phosphates mono et bicalcique. La digestibilité du P provenant du phosphate bicalcique est de 69 % (tables INRA-AFZ, 2004), ce qui représente 121 g de P digestible par kg pour une teneur moyenne en P de 175 g/kg. La digestibilité du P du phosphate monocalcique est de 83 % ; soit 191 g de P digestible par kg pour une teneur moyenne en P de 230 g/kg.

D'autres tables proposent pour les phosphates minéraux des valeurs de digestibilité du P différentes. Ainsi, Johansen et Poulsen (2003) estiment que la digestibilité du P contenu dans le phosphate monocalcique est de 67 %. L'utilisation

de cette référence ou de celle des tables INRA-AFZ, pour quantifier la digestibilité du P des matières premières et déterminer les équivalences en P digestible des phytases microbiennes aboutira de fait à des résultats différents. Il est donc important de préciser que le mélange de références provenant de tables différentes est susceptible de conduire à des **erreurs de formulation**.

### Les matières premières animales

Les seules matières premières animales utilisables en porc et contenant du P en quantité intéressante sont le lait, le lactosérum et les farines de poisson. La digestibilité du P de ces matières premières est très élevée, 90 % pour les produits laitiers, 77 % pour les farines de poisson (INRA-AFZ, 2004), mais seuls les aliments de sevrage incorporent ce type de produit compte tenu de leurs coûts respectifs. Aussi, **les produits animaux ne représentent actuellement, qu'une part mineure des ressources en P pour le porc**.

### Les matières premières végétales

Le P des matières premières végétales est en grande partie contenu sous la forme de **phytates**. Le P phytique constitue la forme de stockage principale du P des plantes. Il représente en moyenne **les deux tiers du P des céréales, des co-produits de céréales et des tourteaux d'oléagineux**. Pour être rendu disponible pour le porc, le P des phytates doit être libéré par l'action d'enzymes, les phytases. Elles agissent en rompant la liaison entre la molécule de phytate et les groupes phosphates qui lui sont liés. Ces enzymes sont présentes en quantité variable dans les céréales à paille (phytases végé-

tales), et peuvent être ajoutées à l'aliment en tant qu'additif (phytases microbiennes). La mesure de l'activité phytasique d'une matière première ou d'un mélange de matières premières est réalisée en laboratoire selon la méthode proposée par Engelen et al. (1994) (voir encadré). On distingue les phytases en fonction de la position de la liaison phytate phosphate à partir de laquelle commence la déphosphorylation.

Une unité d'activité phytasique est égale à la quantité de phytase permettant la libération d'une  $\mu\text{mol}$  par minute de P inorganique, à partir d'une solution de pH 5,5, maintenue à 37°C et contenant 5,1 mmol de phytate de sodium par l (Engelen et al., 1994). Les activités phytasiques s'expriment en FTU pour la 3-phytase Natuphos®, en FYT pour la 6-phytase Ronozyme®, et en UI pour les phytases végétales.

La teneur en P digestible des matières premières végétales est estimée par le coefficient de digestibilité fécale apparent (dP) fournit par les tables INRA-AFZ (2004). Dans le logiciel de formulation Porfal (ITP, 2003), le nutriment Pdig correspondant à la teneur en P digestible des matières premières est calculé à l'aide de ce coefficient. Par exemple, le coefficient dP étant de 28 % pour le maïs et la teneur moyenne en P du maïs étant de 2,6 g/kg, la teneur en Pdig de cette matière première est égale à 0,73 g/kg. La présence de phytases végétales dans les céréales à paille a conduit à la création d'un second critère de digestibilité du P. Le coefficient de digestibilité du P correspondant est le dPphy des tables INRA-AFZ (2004). Dans Porfal, la teneur en P digestible des matières premières est alors celle indiquée par le nutriment Pdig.phyt. Ainsi, dans le cas du blé, le coefficient dPphy étant

égal à 45 %, la teneur en Pdig.phyt de cette matière première est égale à 1,44 g/kg.

### Les phytases végétales

L'activité phytasique végétale est limitée. Ainsi, on considère que la contribution à la digestibilité du P est nulle au delà de 500 unités d'activité phytasique (UI) par kg d'aliment, et l'on retient que l'équivalence est de 0,4 g de P digestible par kg d'aliment, pour une activité phytasique végétale égale à 500 UI/kg. En mesurant ou en estimant l'activité phytasique végétale de l'aliment à partir des valeurs disponibles dans les tables INRA-AFZ (2004), il est possible d'en déduire l'apport en P digestible, en considérant que la réponse à l'augmentation de l'activité phytasique végétale est linéaire entre 0 et 500 UI/kg (Tableau 2).

**Tableau 2 : Équivalences d'apport en P digestible selon le niveau d'activité phytasique végétale**

P digestible (g/kg d'aliment)	Activité phytasique (UI/kg)
0,16	200
0,24	300
0,32	400
0,40	≥500

Le traitement thermique de la granulation engendre une dénaturation des phytases végétales. Il est ainsi recommandé de considérer celles-ci comme **inactives lorsque l'aliment est granulé**. Dans ce cas, le calcul de la contribution des matières premières se fait en utilisant la teneur en P digestible issue de l'application du coefficient d'utilisation fécale apparent du P (dP) des tables INRA-AFZ (2004). Ainsi dans le cas du blé, Pdig est égal à 0,96 g/kg et correspond à la teneur en P digestible en l'absence de phytases végétales (digestibilité fécale apparente de 30 % dans ce cas).



Orge

**Pour être rendu disponible pour le porc, le P des phytates doit être libéré par l'action d'enzymes, les phytases.**

**Le traitement thermique de la granulation engendre une dénaturation des phytases végétales.**



**Les phytases microbiennes sont des enzymes ajoutées à l'aliment en tant qu'additif.**

**L'efficacité maximale de la phytase microbienne Natuphos® est observée entre 0 et 250 FTU/kg puis diminue ensuite graduellement.**

### Les phytases microbiennes

Les phytases microbiennes sont des enzymes ajoutées à l'aliment en tant qu'additif. La phytase Natuphos® est une 3-phytase d'origine fongique. Cette phytase est la plus anciennement utilisée et a servi de référence à l'établissement des recommandations. Les quantités ajoutées s'expriment en FTU. L'équivalence d'apport en P digestible de cette phytase a été estimée à partir de mesures de digestibilité fécale apparente. Il est important de considérer que la réponse à son incorporation n'est pas linéaire (Tableau 3). L'efficacité maximale est observée entre 0 et 250 FTU/kg, puis diminue ensuite graduellement (Jondreville, 2004). Pour en tenir compte en formulation, nous proposons de créer 4 phytases comportant des teneurs en P digestible différentes et dont les taux d'incorporation sont limités (Tableau 4). Ces 4 phytases permettent de reproduire la réponse curvilinéaire de l'introduction de

3-phytase Natuphos®, sous la forme de 4 droites de pentes décroissantes. En formulation, on attribuera le même prix à chaque phytase ainsi créée, ce qui leur permettra d'être introduite dans un ordre logique fixé par leur valeur d'équivalence en P digestible. Au final, le taux d'incorporation de phytase microbienne dans l'aliment, correspond à la somme des taux d'incorporation des niveaux 1 à 4.

D'autres phytases microbiennes sont disponibles. Leur activité peut différer de celle de la phytase citée en référence. Ainsi, on considère généralement que la 6-phytase Ronozyme® permet une activité phytasique équivalente à celle de la 3-phytase Natuphos® lorsque son taux d'incorporation est augmenté de 50 %. Selon Péron et al. (2008), la 6-phytase Phyzyme XP® produite à partir de bactéries *Escherichia coli* présenterait une activité phytasique supérieure à celles des enzymes fongiques.

Les phytases microbiennes peuvent être en partie désactivées par le processus de granulation, il convient de calculer la contribution des enzymes sur la base des teneurs restantes dans l'aliment après granulation. En pratique, le surdosage des produits initiaux est susceptible de prévoir ce type de perte. D'autre part, le «sprayage» d'une phytase sous forme liquide sur les granulés permet également d'éviter ce risque.

### Interaction entre phytases microbiennes et végétales

Les phytases végétales et microbiennes agissent sur le même substrat. Cela se traduit par une diminution de l'équivalence apparente en P digestible des phytases microbiennes, en présence de phytases végétales (Jondreville et Dourmad, 2005). Il est ainsi recommandé d'adapter l'équivalence en P digestible par unité de phytase microbienne, en présence de phytases végétales. Des équivalences différentes de celles présentées dans le tableau 3 sont à prendre en compte dans ce cas et elles sont, de plus, susceptibles de varier selon l'intensité de l'activité phytasique végétale. Celles présentées dans le tableau 5 considèrent le cas d'une activité phytasique végétale de 300 UI/kg, représentant 0,24 g/kg de P digestible (Tableau 2). Le tableau 6 décrit les caractéristiques de la 3-phytase Natuphos® à retenir dans la matrice de formulation, en présence de 300 UI/kg de phytases végétales.

**Tableau 3 : Équivalences d'apport en P digestible selon le taux d'incorporation de 3-phytase Natuphos® à utiliser dans le cadre de l'évaluation de l'ensemble des matières premières selon les tables INRA-AFZ (2004)**

P digestible (g/kg d'aliment)	FTU/kg <sup>(1)</sup>	g/T
0,54	300	60
0,75	500	100
0,88	750	150
0,95	1000	200

<sup>(1)</sup> : l'incorporation minimale de 3-phytase Natuphos® est de 280 FTU/kg pour les porcs charcutiers et de 500 FTU/kg pour les truies et les porcelets

**Tableau 4 : Teneurs en P digestible et taux d'incorporation de la 3-phytase Natuphos® à renseigner dans la matrice de formulation**

	FTU (par kg d'aliment)	P digestible (g/kg de phytase)	Taux <sup>(1)</sup> (g par T d'aliment)	P digestible (g/kg d'aliment)
Niveau 1	0 ou 300	9000	0 ou 60	0 ou 0,54
Niveau 2	300 à 500	5250	0 à 40	0 à 0,21
Niveau 3	500 à 750	2600	0 à 50	0 à 0,13
Niveau 4	750 à 1000	1400	0 à 50	0 à 0,07

<sup>(1)</sup> : en g de 3-phytase microbienne commerciale Natuphos®

**Tableau 5 : Équivalences d'apport en P digestible selon le taux d'incorporation de phytase Natuphos® dans le cas d'une activité phytasique végétale de 300 UI/kg (évaluation des matières premières selon tables INRA-AFZ, 2004)**

P digestible (g/kg d'aliment)	FTU/kg	g/kg
0,43	300	60
0,58	500	100
0,68	750	150
0,75	1000	200

Pour compléter ces tableaux, les équivalences et les caractéristiques de la 3-phytase Natuphos® à retenir pour différents niveaux d'activité phytasique végétale variant entre 0 et 500 UI/kg sont précisées en annexe.

## Applications au calcul de la teneur en P digestible d'un aliment

La méthode de calcul de la teneur en P digestible d'un aliment diffère selon son niveau d'activité phytasique végétale. Lorsque l'aliment est granulé, il est préférable de ne pas tenir compte d'une activité phytasique végétale éventuellement résiduelle, puisque les phytases végétales sont fortement susceptibles d'être dénaturées par l'action de la chaleur. La teneur en P digestible d'un aliment granulé est estimée en additionnant la contribution de chaque matière première sur la base du nutriment Pdig de Porfal. L'apport en P digestible dû à l'activité des phytases microbiennes est déterminé selon les indications des tableaux 3 et 4, correspondant de fait à une activité phytasique végétale nulle. La méthode de calcul est identique lorsque l'on utilise des matières premières végétales ne provenant pas de céréales à paille (régimes maïs-soja). Par ailleurs, on peut également adopter par sécurité cette méthode de calcul même en présence d'une activité phytasique végétale. Toutefois, les marges de sécurité utilisées, dans ce cas, ont un coût qu'il est utile d'apprécier. Le calcul est illustré dans le cas d'un aliment granulé pour porc en croissance (voir encadré).

Lorsque l'aliment est constitué de matières premières provenant de céréales à paille, qu'il est distribué sous forme de farine et n'a subi aucun traitement thermique, la contribution des phytases végétales peut être prise en compte. Le calcul consiste à additionner les teneurs en Pdig.phyt de chaque matière première. Dans Porfal, les teneurs en Pdig et Pdig.phyt sont identiques pour les matières premières autres que les céréa-

**Tableau 6 : Teneurs en P digestible et taux d'incorporation de la 3-phytase Natuphos® à renseigner dans la matrice de formulation en présence d'une activité phytasique végétale de 300 UI/kg**

	FTU (par kg d'aliment)	P digestible (g/kg de phytase)	Taux <sup>(1)</sup> (g par T d'aliment)	P digestible (g/kg d'aliment)
Niveau 1	0 ou 300	7165	0 ou 60	0 ou 0,43
Niveau 2	300 à 500	3750	0 à 40	0 à 0,15
Niveau 3	500 à 750	2000	0 à 50	0 à 0,10
Niveau 4	750 à 1000	1400	0 à 50	0 à 0,07

<sup>(1)</sup> : en g de 3-phytase microbienne commerciale Natuphos®

### Application à l'estimation de la teneur en P digestible d'un aliment granulé

La somme des contributions de chaque matière première est ajoutée à la teneur en P digestible résultant du taux d'incorporation de 3-phytase Natuphos® de l'aliment.

Matière Première	P total (g/kg)	P digestible <sup>(1)</sup> (g/kg)	Taux (kg/T)	P digestible <sup>(1)</sup> apporté (g/kg)
Blé	3,2	0,96	500	0,48
Orge	3,4	1,09	176	0,19
Maïs	2,6	0,73	102	0,07
Tourteau de soja 48	6,2	1,98	98	0,19
Tourteau de colza	11,4	3,65	98	0,36
Acides aminés	0	0	4,5	0
Sel, COV, CaCO <sub>3</sub>	0	0	19,57	0
Phosphate bicalcique	185	121	1,8	0,22
3-phytase Niv. 1	0	9000	0,06	0,54
3-phytase Niv. 2	0	5250	0,04	0,21
3-phytase Niv. 3	0	2600	0,03	0,08
<sup>(1)</sup> nutriment Porfal Pdig			Total	2,34

### Application à l'estimation de la teneur en P digestible d'un aliment farine

La somme des contributions de chaque matière première est ajoutée à la teneur en P digestible déduite du taux d'incorporation de phytase Natuphos® de l'aliment et de la présence de 300 UI/kg de phytases végétales.

Matière Première	P (g/kg)	P digestible <sup>(1)</sup> (g/kg)	Taux (kg/T)	P digestible <sup>(1)</sup> apporté (g/kg)
Blé	3,2	1,44	500	0,72
Orge	3,4	1,39	176	0,24
Maïs	2,6	0,73	102	0,07
Tourteau de soja 48	6,2	1,98	98	0,19
Tourteau de colza	11,4	3,65	98	0,36
Acides aminés	0	0	4,5	0
Sel, COV, CaCO <sub>3</sub>	0	0	19,57	0
Phosphate bicalcique	185	121	1,8	0,22
3-phytase Niv. 1	0	7165	0,06	0,43
3-phytase Niv. 2	0	3750	0,04	0,15
3-phytase Niv. 3	0	2000	0,03	0,06
<sup>(1)</sup> : nutriment Porfal Pdig.phyt			Total	2,44

**Une méthode consiste à imposer que l'écart entre P<sub>dig</sub> et P<sub>dig.phyt</sub> ne dépasse pas 0,4g/kg.**

les à paille. L'activité phytasique végétale étant limitée à 500 UI/kg d'aliment, une méthode, pour ne pas surestimer celle-ci consiste à imposer que l'écart entre teneurs en P<sub>dig.phyt</sub> et P<sub>dig</sub> ne dépasse pas 0,4 g/kg, soit des minima fixés par exemple, à 2,1 g/kg de P<sub>dig</sub> et 2,5 g/kg de P<sub>dig.phyt</sub> pour un aliment de type croissance. Si de la phytase microbienne est utilisée, l'intensité de l'activité phytasique de celle-ci va varier selon le niveau d'activité phytasique végétale. La difficulté étant dans

ce cas de l'estimer, compte tenu de sa variabilité pour une même catégorie de matières premières, nous proposons en première approche d'utiliser des équivalences calculées pour une activité phytasique moyenne fixée arbitrairement à 300 UI/kg, et qui représente 0,24 g/kg de P digestible (Tableaux 5 et 6). Le calcul de la teneur en P digestible de l'aliment pour porc en croissance est repris, avec cette hypothèse, dans le cas d'une présentation en farine (voir encadré).

## Conclusion

Les éléments présentés dans cet article permettent une évaluation de la contribution en P digestible des matières premières et des phytases, dans un même système de référence. Ce calcul est réalisé de manière différente selon l'activité phytasique végétale de l'aliment. En effet, les phytases végétales provenant des céréales à paille, peuvent contribuer à l'apport en P digestible de l'aliment. Une synthèse des derniers essais zootech-

**Équivalences d'apport en P digestible selon le taux d'incorporation de 3-phytase Natuphos® et l'activité phytasique végétale (UI/kg)**

Activité Phytasique. végétale (UI/kg)	Activité microbienne de la 3-phytase Natuphos® FTU/kg			
	300	500	750	1000
0	0,54	0,75	0,88	0,95
50	0,52	0,72	0,85	0,92
100	0,51	0,69	0,81	0,88
150	0,49	0,66	0,78	0,85
200	0,47	0,63	0,75	0,82
250	0,45	0,61	0,71	0,78
300	0,43	0,58	0,68	0,75
350	0,41	0,55	0,64	0,71
400	0,39	0,52	0,61	0,68
450	0,38	0,49	0,58	0,65
500	0,36	0,46	0,54	0,61

**Teneurs en P digestible et taux d'incorporation de la 3-phytase Natuphos® à renseigner dans la matrice de formulation pour différents niveaux d'activité phytasique végétale**

Activité Phytasique. végétale (UI/kg)	Activité microbienne de la 3-phytase Natuphos® FTU/kg			
	0 ou 300	300 à 500	500 à 750	750 à 1000
0	9000	5250	2600	1400
50	8667	5000	2600	1400
100	8500	4500	2400	1400
150	8165	4250	2400	1400
200	7835	4000	2400	1400
250	7500	4000	2000	1400
300	7165	3750	2000	1400
350	6835	3500	1800	1400
400	6500	3250	1800	1400
450	6335	2750	1800	1400
500	6000	2500	1600	1400

**Dans le contexte actuel du marché des matières premières, ce travail donne des indications utiles à la maîtrise des rejets de P et à la détermination de l'apport alimentaire en P utilisable par le porc.**

niques fait également le point des besoins des porcs en P digestible. Dans le contexte actuel du marché des matières premières, ce travail

donne des indications utiles à la maîtrise des rejets de P et à la détermination de l'apport alimentaire en P utilisable par le porc. ■



**Contact pour tout renseignement relatif à cet article et la mise à jour de votre matrice Porfal :**  
[didier.gaudre@ifip.asso.fr](mailto:didier.gaudre@ifip.asso.fr)

### Références bibliographiques

- Engelen A.J., van der Heeft F.C., Randsdorp P.H.G., Smit E.L.C., 1994. Simple and rapid determination of phytase activity. Journal of AOAC International 77, 760-764.
- Erandoréna, V., Gaudré D., Granier R., 2007. Effets de la teneur en phosphore digestible de l'aliment distribué entre 12 et 30 kg de poids vif sur les performances zootechniques. Journées de la Recherche Porcine, 39, 149-152.
- Erandoréna, V., Gaudré D., Granier R., 2008. Quelle teneur en phosphore digestible alimentaire retenir pour le porc en phases de croissance et de finition ?. Journées de la Recherche Porcine, 40, 191-196.
- Johansen K., Poulsen H.D., 2003. Substitution of inorganic phosphorus in pig diets by microbial phytase supplementation-a review. Pig news and information, 24(3), 77N-82N.
- Jondreville C., 2004. Calculer la teneur en P digestible apparent d'un aliment porcs à partir des valeurs fournies dans les tables INRA-AFZ. Addendum 04/2004.
- Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. INRA Prod. Anim. 18(3), 183-192.
- Porfal, 2003. Application développée par l'Institut Technique du Porc.

### Pour en savoir plus

Formation IFIP : Alimentation animale / Formulation

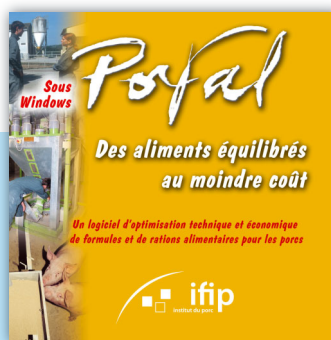
**Alimentation : mise en œuvre des recommandations**

24-25 mars 2009

**Formuler ses aliments avec Porfal**

Sur mesure

*Le catalogue des formations est disponible sur le site internet de l'Ifip : [www.ifip.asso.fr](http://www.ifip.asso.fr)  
 Rubrique «Formation» - A télécharger*



*Pour acquérir le logiciel de formulation d'aliment pour porc  
 Contact : [ifip@ifip.asso.fr](mailto:ifip@ifip.asso.fr)*