



**HAL**  
open science

## InraPorc<sup>®</sup>, EvaPig<sup>®</sup>: des modèles et des logiciels pour optimiser la nutrition des porcs et réduire les rejets

Jean-Yves Dourmad, Ludovic Brossard, Jaap J. van Milgen, Jean Noblet

### ► To cite this version:

Jean-Yves Dourmad, Ludovic Brossard, Jaap J. van Milgen, Jean Noblet. InraPorc<sup>®</sup>, EvaPig<sup>®</sup>: des modèles et des logiciels pour optimiser la nutrition des porcs et réduire les rejets. *Innovations Agronomiques*, 2011, 12, pp.87-96. hal-02641909

**HAL Id: hal-02641909**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02641909>**

Submitted on 28 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## **InraPorc®, EvaPig® : des modèles et des logiciels pour optimiser la nutrition des porcs et réduire les rejets.**

**Dourmad J.Y., Brossard L., van Milgen J., Noblet J.**

INRA, UMR1079 Systèmes d'élevage, nutrition animale et humaine, F-35590 Saint-Gilles, France

Agrocampus Ouest, F-35000 Rennes, France

Correspondance : jean-yves.dourmad@rennes.inra.fr

### **Résumé**

Au cours de ces dernières années, l'alimentation porcine a connu des évolutions majeures. Sur le plan des concepts, trois nouveaux systèmes d'évaluation de la valeur nutritionnelle des aliments ont été développés : l'énergie nette, la digestibilité iléale standardisée des acides aminés et le phosphore digestible, et repris dans un logiciel informatique, Evapig®. Pour ce qui concerne les besoins des animaux, les recommandations moyennes sont remplacées par un outil informatique d'aide à la décision, InraPorc®, qui permet de mieux tenir compte des conditions spécifiques à chaque système de production, ou à chaque élevage. Ces évolutions constituent des atouts majeurs pour adapter, sans trop de risque et au moindre coût, les stratégies d'alimentation aux nouvelles exigences issues de la demande sociale, en particulier l'environnement et le bien-être animal.

**Mots-Clés** : alimentation, besoin, porc, environnement, modèle, aide à la décision, logiciel

### **Abstract: InraPorc® and EvaPig®: models and softwares for optimisation of pig nutrition and reduction of excretion.**

In the recent years, major changes have occurred in pig feeding. New nutritional concepts have been developed and included in a software named Evapig®: net energy, standardized ileal digestibility of amino acids and digestible phosphorus. Concerning the nutritional requirements of pigs, the former average recommendations have been replaced by a decision support tool, named InraPorc®, allowing to better take into account the specific conditions of each pig production system, or of each farm. These new concepts and new tools are of main interest for controlling environmental impact of pig production while ensuring optimal animal performance.

**Keywords**: feeding, requirement, pig, environment, model, decision support, software

### **Introduction**

Pour une production porcine durable, l'émission de polluants et l'utilisation de ressources non renouvelables doivent être réduites autant que possible. L'azote et le phosphore rejetés par les animaux peuvent être à l'origine de phénomènes d'eutrophisation aussi bien des eaux douces que des eaux marines, conduisant à une dégradation de la ressource en eau pour la consommation humaine et des atteintes aux milieux aquatiques et aux paysages côtiers. L'accumulation excessive de cuivre et de zinc dans les sols peut conduire à moyen ou long terme à des phénomènes de toxicité pour les microorganismes du sol ou pour les plantes. Les émissions d'ammoniac par les effluents sont impliquées dans les phénomènes d'acidification et d'eutrophisation dont les effets néfastes sont reconnus sur les sols, les forêts et la biodiversité. Les animaux et leurs effluents sont aussi à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) contribuant ainsi aux phénomènes de réchauffement

climatique. Par ailleurs, les ressources en certains nutriments, en particulier le phosphore, sont limitées et non renouvelables.

Ces dernières années, de nombreux travaux ont été consacrés à la recherche de moyens permettant de réduire l'impact environnemental de l'azote, du phosphore et des éléments traces métalliques contenus dans les effluents porcins. Parmi ces travaux, l'approche nutritionnelle a reçu une attention particulière de la part des chercheurs et des décideurs. L'alimentation est en effet un levier d'action qui permet d'agir sur les flux de nutriments de deux manières (Dourmad et al, 2009). La première repose sur l'amélioration des connaissances relatives aux besoins des animaux de façon à mieux ajuster les apports et ainsi réduire les excès, le besoin étant généralement défini chez le porc comme l'apport permettant de maximiser la rétention. L'amélioration de la disponibilité, ou de la valeur biologique, des nutriments de la ration constitue la seconde voie envisageable.

La mise en œuvre en pratique de ces voies de réduction des rejets nécessite l'acquisition de connaissances fines sur les besoins des animaux et sur la valeur des aliments. Au cours des deux dernières décennies des progrès très notables ont été faits dans ces deux domaines pour l'espèce porcine. De nouveaux concepts ont été mis au point pour évaluer la qualité nutritionnelle des aliments, à la fois pour l'énergie, avec l'énergie nette, les protéines, avec la digestibilité iléale standardisée des acides aminés, et les minéraux avec le phosphore digestible (INRA-AFZ, 2002). De nouvelles approches ont également été proposées pour mieux quantifier les besoins nutritionnels en fonction des objectifs de performances et du potentiel des animaux (méthode factorielle) et, plus récemment, des modèles de prédiction de l'utilisation des nutriments par le porc en croissance (van Milgen et al, 2008) ou la truie reproductrice (Dourmad et al, 2008) ont été développés. Ces nouvelles approches permettent d'avoir une vision beaucoup plus précise et dynamique des besoins, étape indispensable pour développer de manière sécurisée de nouvelles stratégies d'alimentation plus respectueuses de l'environnement.

L'objectif de cette communication est d'illustrer l'évolution de ces concepts et stratégies au travers, d'une part, de la présentation de deux outils développés à l'INRA : Evapig® ([www.evapig.com](http://www.evapig.com)) pour l'évaluation de la valeur des aliments et InraPorc® ([www.rennes.inra.fr/inraporc/](http://www.rennes.inra.fr/inraporc/)) pour la prédiction des besoins, et d'autre part de l'utilisation de ces outils pour développer des stratégies d'alimentation permettant de réduire les rejets d'azote et de phosphore.

## **1 - EvaPig® - de nouveaux concepts et un outil pour l'évaluation de la valeur des aliments**

Dans le domaine de la nutrition porcine, le début des années 2000 a été marqué par l'aboutissement de plusieurs nouveaux concepts d'évaluation de la valeur des aliments et des besoins des animaux. Ceci a conduit à la publication de nouvelles tables de valeur alimentaire des aliments (INRA-AFZ, 2002). Ces informations sont également disponibles depuis peu sous la forme d'un outil informatisé d'aide à la décision: EvaPig®. Par rapport aux tables, cet outil présente l'avantage de permettre l'adaptation des valeurs nutritionnelles (énergie, acides aminés, phosphore...) en fonction des caractéristiques analytiques spécifiques à un lot donné d'une matière première. Il permet aussi de calculer la valeur d'un aliment composé à partir de sa composition en ingrédients.

### *1-1 Énergie nette*

Un nouveau système d'évaluation de la valeur énergétique (Énergie nette: EN) a été développé (Noblet et al, 2002). Comparativement aux systèmes énergie "digestible" (ED) ou "métabolisable" (EM) utilisés jusqu'alors, ce système permet de mieux prédire la réponse des animaux aux apports alimentaires et ainsi de mieux hiérarchiser les matières premières selon leur valeur réelle. A titre d'exemple, on a

comparé (Tableau 1) la valeur énergétique relative de différentes matières premières dans les systèmes ED et EN. Il apparaît clairement que le système ED sous-estime la valeur énergétique des matières premières riches en lipides alors qu'il tend à surestimer la valeur des matières premières riches en protéines ou en fibres. Ces écarts traduisent des différences d'efficacité de transformation métabolique entre les nutriments (protéines, lipides, amidon, fibres).

L'utilisation de ce nouveau système énergétique est ainsi une étape cruciale pour sécuriser la formulation des régimes pauvres en protéines dans le cadre de la réduction des rejets d'azote (voir ci-après). Une autre évolution majeure apportée par ce nouveau système a été de fournir des valeurs énergétiques spécifiques pour les animaux en croissance (porcelets et porc à l'engrais) et les animaux adultes (troues) afin de prendre en compte l'amélioration de la digestibilité des fibres avec l'âge. Pour les matières premières riches en fibres, cet écart peut devenir important (10% pour le son de blé, 35% pour les coques de soja). Ce nouveau système a constitué un atout important pour la formulation des régimes pour les troues reproductrices, en particulier dans le cadre de la prise en compte de la directive bien-être animal.

**Tableau 1.** Valeurs énergétiques relatives de différentes matières premières outils dans trois systèmes d'évaluation (d'après Noblet et al, 2002)

	Énergie digestible	Énergie nette
Aliment de référence	100	100
Mais	103	112
Blé	101	106
Son de Blé	68	63
Pois	101	98
Tourteau de soja	107	82
Huile	243	300

### 1-2 Acides aminés digestibles

Pour l'évaluation de la valeur protéique des aliments, le nouveau concept de digestibilité iléale standardisée (Sève et al, 2000) est utilisé dans les tables INRA-AFZ (2002). La digestibilité est évaluée au niveau iléal puisque l'absorption des acides aminés se déroule exclusivement dans l'intestin grêle, les valeurs mesurées étant standardisées afin de les corriger des pertes endogènes non spécifiques qui sont mesurées avec un régime dépourvu de protéines. Les valeurs rapportées dans les tables indiquent clairement que, pour une même matière première, la digestibilité varie largement selon les acides aminés et que la digestibilité d'un acide aminé donné est très variable selon les matières premières (Tableau 2). Aussi, la formulation des régimes doit-elle être réalisée en tenant compte des apports de chacun des acides aminés sous forme digestible. Ceci est particulièrement important lorsque l'on cherche à réduire la teneur en protéines des régimes pour diminuer l'excrétion azotée, puisque dans ce cas plusieurs acides aminés peuvent devenir limitants, en particulier s'ils sont peu digestibles.

### 1-3 Phosphore digestible

Concernant les minéraux, c'est le concept de phosphore digestible apparent (Jondreville et Dourmad, 2005) qui a été intégré aux tables INRA-AFZ (2002). La digestibilité du phosphore est en effet très variable selon les sources d'apport. Elle est en général élevée pour les sources minérales, bien qu'elle varie également selon les sources de phosphates. Elle est par contre faible dans les végétaux en raison

de la présence prédominante du P sous forme d'acide phytique, très peu digestible chez les animaux monogastriques. Toutefois, pour certaines matières premières qui contiennent des phytases naturelles, la digestibilité du P est accrue mais seulement lorsque les aliments sont apportés sous forme de farine. En effet, ces phytases naturelles sont très sensibles aux températures élevées de granulation. Le nouveau système propose donc pour ces matières premières deux valeurs de P digestible (Tableau 3) selon le mode de présentation de l'aliment. Ce nouveau système permet également de gérer la prise en compte de l'incorporation de phytase exogène (Jondreville et Dourmad, 2005).

**Tableau 2 :** Digestibilité iléale standardisée des acides aminés de quatre matières premières (INRA-AFZ, 2002)

	Blé	Maïs	Tourteau de soja	Pois
Lysine	83,3	81,1	90,9	84,8
Thréonine	83,9	82,1	87,1	79,6
Méthionine	90,6	92,6	93,3	83,2
Tryptophane	88,5	76,0	89,9	75,0

**Tableau 3.** Teneurs en phosphore (P) total et digestible de différentes matières premières selon la présentation de l'aliment (d'après INRA-AFZ, 2002)

	P total (g/kg)	Granulés		Farine	
		digestibilité de P (%)	P digestible (g/kg)	digestibilité du P (%)	P digestible (g/kg)
Blé	3,2 ±0,3	30	0,96	45	1,40
Triticale	3,5 ±0,4	30	1,05	48	1,70
Son de Blé	9,9 ±1,1	25	2,50	50	4,95
Maïs	2,6 ±0,3	28	0,73	28	0,73
Tourteau de soja	6,2 ±0,5	32	2,00	32	2,00

## 2 - De nouveaux outils pour la définition des stratégies d'alimentation

L'alimentation animale doit faire face à des défis nouveaux et complexes qui nécessitent une approche plus intégrative. La prise en compte simultanée des différents enjeux de performance, de qualité des produits, d'environnement... peut en effet s'avérer difficile compte tenu de la diversité des situations rencontrées dans les élevages, par exemple en termes de types génétiques des animaux ou de conditions de logement. Par ailleurs, certains de ces enjeux, comme celui de la réduction des rejets, nécessitent une vision beaucoup plus dynamique de l'évolution des besoins que par le passé. C'est dans ce contexte que se sont développées, depuis quelques années, les approches de modélisation qui visent à intégrer l'ensemble des connaissances acquises en nutrition afin de représenter finement et de façon dynamique l'utilisation des nutriments par les animaux et de prédire leurs performances. InraPorc® est un outil d'aide à la décision construit à partir de deux modèles de ce type, l'un pour le porc en croissance et l'autre pour la truie reproductrice. Il permet à la fois de simuler l'influence de différentes stratégies nutritionnelles sur les performances des animaux et de définir l'évolution des besoins qui y sont associés. Nous allons voir comment l'utilisation de tels outils permet d'affiner les apports nutritionnels aux truies et aux porcs en croissance tout en réduisant l'impact environnemental de la production

## 2-1 Truie reproductrice

Dans le modèle InraPorc la truie est schématisée sous la forme de différents compartiments qui évoluent au cours du cycle de reproduction (les protéines, les lipides, l'utérus, le poids, l'épaisseur de gras dorsal) et les nutriments sous la forme de flux (l'énergie, les acides aminés, les minéraux) (Dourmad et al, 2008). Au cours de la gestation, les dépenses d'entretien et celles associées au développement de la portée et de la mamelle sont prioritaires ; viennent ensuite les dépenses liées la constitution des réserves corporelles. Lorsque les apports sont insuffisants, la truie mobilise ses propres réserves pour assurer le développement de la portée. Au cours de la lactation, la couverture des dépenses d'entretien et de production laitière est assurée en priorité, généralement en partie aux dépens de réserves corporelles.

L'outil InraPorc peut être utilisé pour déterminer les besoins énergétiques, azotés ou minéraux de la truie en fonction d'objectifs de production, ou pour prédire par modélisation l'utilisation des nutriments et l'évolution des réserves corporelles pour une stratégie d'alimentation donnée. L'utilisation d'InraPorc nécessite dans un premier temps de décrire les caractéristiques et le potentiel de performances des truies sur la base de critères simples comme leur poids à la maturité, leur consommation alimentaire et leurs performances de reproduction. Ceci permet alors de calibrer le modèle pour l'adapter aux animaux considérés. Pour réaliser des simulations il est également nécessaire de décrire la stratégie alimentaire (composition des aliments et quantités distribuées) et les modalités de logement. Nous allons illustrer l'intérêt de ces deux approches à l'aide de quelques exemples.

### **Évolution des besoins nutritionnels en fonction du rang de portée des truies**

A titre d'exemple, les besoins moyens en énergie et en acides aminés ont été calculés en fonction du numéro de portée pour un élevage produisant 27 porcelets par truie et par an avec respectivement 13,0 et 11,5 porcelets nés et sevrés par portée (Tableau 4). Pour la période de gestation, on constate que les besoins journaliers en énergie augmentent avec le rang de portée jusqu'à la troisième gestation et qu'ils restent stables par la suite. Il en est de même pour les besoins journaliers en acides aminés (lysine). Par contre, lorsque ces besoins sont exprimés en teneur dans l'aliment, ils diminuent avec le rang de portée. Pendant la lactation, les besoins énergétiques augmentent également avec le rang de portée. En moyenne, l'appétit des truies permet de couvrir 83% des besoins, ce taux étant nettement plus faible pour les truies primipares (75%). Comme pour la gestation, le besoin en acides aminés, exprimé en teneur dans l'aliment, est le plus élevé en première et en seconde portée que par la suite.

### **Stratégies de réduction des rejets d'azote et de phosphore**

A l'aide du modèle InraPorc, nous avons cherché à identifier des stratégies d'alimentation des truies permettant de concilier efficacité économique et impact environnemental. La démarche retenue consiste à rechercher une stratégie alimentaire permettant de mieux adapter les apports aux besoins des animaux de façon à réduire les rejets (Dourmad et al, 2009).

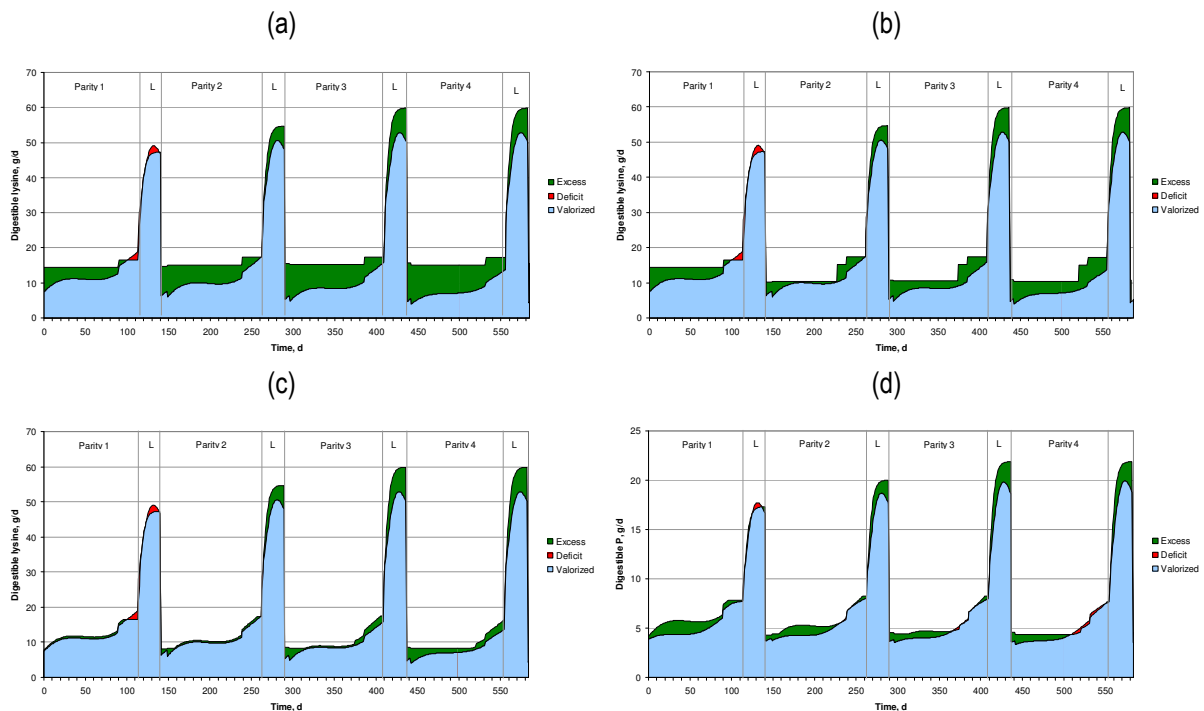
Trois stratégies d'alimentation des truies en gestation ont été comparées : soit l'apport d'un seul aliment, c'est la stratégie habituelle en élevage, soit l'apport de deux aliments différents selon le rang de portée et le stade de gestation, soit un mélange de deux aliments en proportions variables en fonction des besoins des animaux (Dourmad et al, 2009). Cette troisième stratégie nécessite des dispositifs d'alimentation automatiques qui sont déjà disponibles dans quelques élevages. Les aliments sont formulés au moindre coût, les prix des matières premières étant ceux de mai 2009 dans l'ouest de la France. Les résultats de simulation présentés à la Figure 1a montrent clairement que les besoins en lysine sont plus élevés en fin de gestation qu'au début, et chez les truies primipares que chez les multipares. Lorsque le même régime est utilisé pour tous les animaux, cela entraîne des apports excessifs de lysine et de protéines, en particulier en début de gestation et chez les truies les plus

âgées. L'utilisation de deux aliments (Figure 1b) ou d'une stratégie multiphase (Figure 1c) permet de réduire ces excès. La même chose est observée dans le cas des apports de phosphore (Figure 1d).

**Tableau 4.** Évaluation des besoins en énergie et en lysine digestible en fonction du rang de portée (26 porcelets sevrés : truie / an) (d'après dourmad et al, 2008)

Rang de portée	1	2	3	4	5	6
<b>Gestation</b>						
Besoin en énergie, MJ EM/j	33,5	37,2	37,5	36,6	36,3	36,0
Besoin en lysine digestible						
g/j	13,5	12,9	12,2	11,8	11,6	11,4
g/ kg aliment	5,1	4,4	4,2	4,1	4,1	4,0
<b>Lactation</b>						
Energie, MJ EM/j						
Besoin	90,1	94,9	100,5	101,6	101,0	99,3
Consommation	68,1	78,8	86,2	86,2	86,2	86,2
Consommation, % besoin	75,6	83,0	85,8	84,8	85,3	86,8
Besoin en lysine digestible						
g/j	43,3	44,6	46,5	46,5	45,8	44,9
g/ kg aliment	8,3	7,4	7,0	7,0	6,9	6,8

**Figure 1.** Simulation de l'effet des différentes stratégies d'alimentation en gestation sur l'utilisation de la lysine digestible : un aliment (a), deux aliments avec un changement à 80 j de gestation (b), alimentation multiphase (c), et du phosphore digestible avec l'alimentation multiphase (d).



Les effets de ces différentes stratégies alimentaires sur le coût des aliments et les rejets d'azote et de phosphore sont rapportés au Tableau 5. L'utilisation de deux aliments permet de réduire la consommation totale de lysine et de protéines de respectivement 10 et 11 % et les rejets d'azote de 15 %. Dans le cas du phosphore, l'utilisation de deux aliments et l'alimentation multiphase permettent de réduire la consommation de P de respectivement 5 et 9% et son excrétion de 7 et 12% (tableau 5). Lorsque le changement de la stratégie d'alimentation est associé avec l'utilisation de phytase, la réduction d'excrétion peut atteindre 20 % (Tableau 5).

Avec le prix de matières premières de mai 2009, le coût de l'aliment est réduit d'environ 6 % avec la stratégie à deux aliments en gestation et de 8 % avec la stratégie multiphase (Tableau 5). Ceci indique qu'il est possible en affinant la stratégie d'alimentation des truies en gestation de réduire simultanément les rejets des animaux et le coût de l'aliment. Toutefois, pour une évaluation plus précise, il conviendrait de prendre en compte les éventuels coûts supplémentaires liés au stockage et à la distribution des aliments.

**Tableau 5.** Influence de différentes stratégies d'alimentation des truies sur l'excrétion d'azote et de phosphore et sur le coût alimentaire (d'après Doumad et al, 2009).

	Avec phytase			Sans phytase		
	Un aliment	Deux aliments	Multi-Phase	Un aliment	Deux aliments	Multi-Phase
Composition aliment (g/kg)						
Protéines						
gestation 1	-	101,6	98,4	-	102,1	99,7
gestation 2	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0
lactation	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0
Phosphore total						
gestation 1	-	4,99	4,57	-	4,40	4,02
gestation 2	5,84	5,84	5,84	5,24	5,24	5,24
lactation	6,77	6,77	6,77	6,01	6,01	6,01
Coût de l'aliment(€/truie)						
par cycle	81,4	76,8	75,2	80,7	76,0	74,4
par jour	0,555	0,523	0,512	0,550	0,518	0,507
% stratégie 1 <sup>a</sup>	100%	94%	92%	99%	93%	91%
Excrétion						
Azote (g/truie)						
par cycle	8309	7071	6718	8309	7071,5	6718
par jour	56,6	48,2	45,8	56,6	48,2	45,8
% stratégie 1 <sup>a</sup>	100%	85%	81%	100%	85%	81%
Phosphore (g/truie)						
par cycle	2345	2191	2066	2143	1991,5	1875
par jour	16,0	14,9	14,1	14,6	13,6	12,8
% stratégie 1 <sup>a</sup>	100%	93%	88%	91%	85%	80%

<sup>a</sup> Comparativement à la stratégie aliment unique sans phytase.

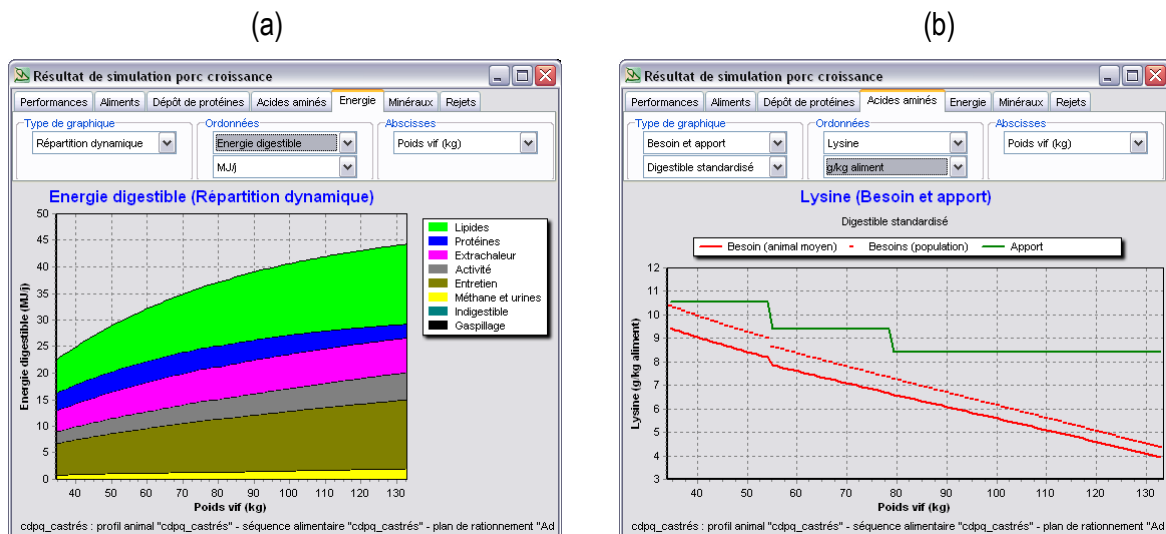


## 2-2 Porc en croissance

La réalisation à l'aide d'InraPorc de simulations sur des porcs en croissance nécessite de définir un profil animal, une séquence alimentaire et un plan de rationnement. La séquence alimentaire permet de décrire les règles de choix des aliments ; par exemple, utiliser l'aliment croissance jusqu'à 65 kg et passer ensuite à l'aliment de finition. Le plan de rationnement permet de décrire les règles définissant la quantité d'aliment ou d'énergie distribuée. On peut aussi choisir d'alimenter les porcs à volonté. La description du profil animal est une étape cruciale pour le bon fonctionnement du modèle. Elle permet de décrire le phénotype des animaux et ceci constitue en quelque sorte une situation de référence pour toutes les simulations. Le modèle InraPorc fonctionne en répartissant les nutriments apportés entre les différentes fonctions. Les dépôts de protéines et de lipides corporels sont prédits chaque jour en tenant compte du potentiel génétique de l'animal et des apports d'énergie et d'acides aminés digestibles. Les paramètres zootechniques comme le poids vif, l'épaisseur de gras dorsal ou la teneur en viande maigre sont prédits à partir de ces dépôts.

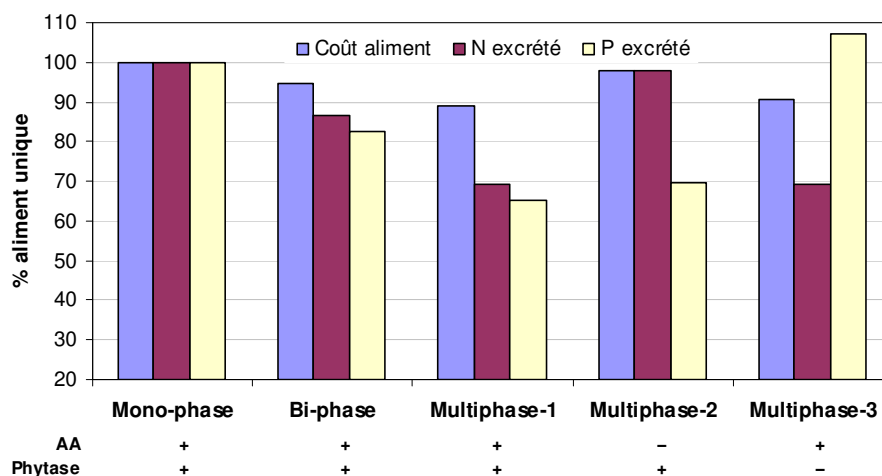
Les résultats des simulations peuvent être présentés sous la forme de tableaux ou de graphiques. A titre d'illustration, nous avons rapporté à la Figure 2 des graphiques montrant, d'une part, l'évolution de l'utilisation de l'énergie digestible en fonction du poids vif et, d'autre part, celle des besoins et des apports en lysine digestible.

**Figure 2.** Simulation de l'évolution de l'utilisation de l'énergie et des besoins en lysine en fonction du poids vif pour des animaux ayant une vitesse de croissance moyenne de 980 g/j et un indice de consommation de 2,65 kg/kg.



Cinq stratégies d'alimentation sont simulées (van Milgen et al, 2008). La stratégie de référence (mono-phase) consiste à distribuer le même aliment sur toute la période d'engraissement (27-100 kg). La seconde stratégie (bi-phase) consiste à distribuer deux aliments différents pour les périodes de croissance (jusqu'à 60 kg de poids vif) et de finition. La troisième stratégie (multiphase-1) consiste à mélanger en proportions variables deux aliments de compositions différentes, correspondant aux besoins en début et en fin d'engraissement, de manière à suivre au mieux l'évolution des besoins. Pour ces trois stratégies, les aliments sont formulés au moindre coût avec une incorporation possible d'acides aminés alimentaires et de phytase microbienne. Les coûts des matières premières sont ceux de 2007 pour l'ouest de la France (van Milgen et al, 2008). Deux autres stratégies multiphase sont également simulées afin de tester l'impact de la suppression de l'incorporation d'acides aminés alimentaires (multiphase-2) ou de phytase (multiphase-3).

**Figure 3.** Influence de la stratégie d'alimentation des porcs à l'engraissement sur le coût de l'aliment et les rejets d'azote et de phosphore.



Les résultats des simulations sont présentés à la Figure 3, en valeurs relatives comparativement à la situation de référence. L'utilisation de deux aliments permet de réduire le coût alimentaire d'environ 6%, l'alimentation multiphase-1 ayant un effet plus marqué avec une réduction de près de 10% du coût. Toutefois, il est important de rappeler que les coûts liés à la gestion, au stockage et à la distribution des aliments ne sont pas pris en compte dans ces simulations et qu'ils sont vraisemblablement supérieurs pour les stratégies les plus sophistiquées. La modification de la stratégie d'alimentation entraîne également une réduction de l'excrétion d'azote et de phosphore qui peut atteindre près de 30% pour l'alimentation multiphase. Les deux dernières simulations réalisées sans ajout d'acides aminés ou de phytase indiquent clairement que ces composés sont nécessaires à la réduction simultanée du coût et des rejets.

## Conclusion

L'alimentation porcine a connu des évolutions majeures au cours de ces dernières années. Sur le plan des concepts, trois nouveaux systèmes d'évaluation de la valeur des aliments ont été développés et repris dans un l'outil d'aide à la décision Evapig : l'énergie nette, la digestibilité iléale standardisée des acides aminés et le phosphore digestible. Pour ce qui concerne les besoins des animaux, les recommandations moyennes sont maintenant remplacées par un outil d'aide à la décision, InraPorc, qui permet de mieux tenir compte des conditions spécifiques à chaque système de production, voire à chaque élevage. Ces évolutions des concepts ont constitué des atouts majeurs pour pouvoir adapter sans trop de risque et au moindre coût les stratégies d'alimentation aux nouvelles exigences issues de la demande sociale, en particulier l'environnement et le bien-être animal. Toutefois, des progrès restent à faire, par exemple dans la recherche de nouveaux indicateurs nutritionnels de l'effet des régimes sur la santé digestive des animaux. De même, l'influence de la santé sur les besoins nutritionnels mériterait d'être mieux prise en compte dans les modèles de prédiction. Par ailleurs, dans un contexte d'accroissement important du coût alimentaire, des outils d'optimisation économique des stratégies alimentaires, et non plus seulement des aliments, mériteraient d'être développés. Un enjeu important sera alors de mieux prendre en compte la variabilité entre animaux (Brossard et al, 2009).

## Références bibliographiques

Brossard L., Dourmad J.-Y., Rivest J., van Milgen J., 2009. Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. *Animal* 3, 1114-1123.

Dourmad J.Y., Brossard L., van Milgen J., 2009. Nutrition-Environment interaction in the sow: interest of modelling approach. in Proceeding of the 30th Western nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba, 182-192.

Dourmad J.Y., Etienne M., Valancogne A., Dubois S., van Milgen J., Noblet J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of sows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143, 372-386.

Dourmad J.Y., Rigolot C., Jondreville C., 2009. Influence de la nutrition sur l'excrétion d'azote, de phosphore, de cuivre et de zinc des porcs, et sur les émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre et d'odeurs. *INRA Prod. Anim.* 22, 41-48.

Evapig®. Un outil de prédiction des valeurs énergétiques, d'acides aminés et de phosphore des matières premières et des aliments pour le porc en croissance et adulte. <http://www.evapig.com/>

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. Sauvant D., Perez J.M., Tran G. (ed), INRA Editions, Paris.

InraPorc®. Un outil d'analyse des performances et d'évaluation des stratégies alimentaires pour des porcs en croissance et des truies. <http://www.rennes.inra.fr/inraporc/>

Jondreville C., Dourmad J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.* 18, 183-192.

Noblet J., Sève B., Jondreville C. 2002. Valeur nutritive pour le porc. In : D. Sauvant, J.M. Pérez, G. Tran (Eds) Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA-AFZ. 301p.

Sève B., 2000. Alimentation du porc en croissance : intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. *INRA Prod. Anim.* 7, 275-291.

van Milgen J., Valancogne A., Dubois S., Dourmad J.Y., Sève B., Noblet J., 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143, 387-405.