

# Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc

L'apport d'énergie alimentaire représente le principal coût en production porcine (plus de 50 %). Il est donc très important de connaître avec précision à la fois les besoins en énergie du porc et la valeur énergétique des aliments complets et des matières premières. Pour celle-ci, les connaissances ont progressé depuis la publication des Tables par l'INRA en 1989 et les Tables récemment publiées (Sauvant *et al* 2002) par l'INRA et l'AFZ (Association française de Zootechnie) prennent en compte de nouveaux concepts tels que l'énergie nette ou des valeurs énergétiques variables selon le stade physiologique de l'animal. De plus, des méthodes ont été proposées pour prendre en compte les variations de la composition chimique des matières premières. L'objet de cet article est de présenter les bases utilisées pour l'établissement des valeurs proposées en 2002 et de fournir des méthodes pratiques pour leur mise en œuvre.

La valeur énergétique des aliments pour le porc peut être estimée sur la base de leur teneur en énergie digestible (ED) ou en énergie métabolisable (EM) ou en énergie nette (EN). Les avantages et les limites de chaque mode d'évaluation ont été fréquemment présentés (Noblet 2001) et il est maintenant admis que la meilleure estimation de la teneur « vraie » en énergie d'un aliment pour le porc est donnée par sa teneur en EN. Toutefois, la teneur en EN est elle-même dépendante des teneurs en EM ou en ED ou en éléments

digestibles. Nous avons donc choisi de présenter dans les Tables 2002 l'ensemble des valeurs ED, EM et EN. Les bases retenues pour le nombre, la définition et les caractéristiques chimiques des matières premières retenues ont été données par Sauvant et Tran (2002) et Tran et Sauvant (2002) à partir des informations collectées auprès des organisations partenaires de la Banque de Données de l'Alimentation Animale de l'AFZ. Par ailleurs, les valeurs nutritionnelles rapportées dans les Tables sont en cohérence avec les caractéristiques chimiques retenues.

## Résumé

Cet article présente la démarche adoptée pour le calcul des données de valeur énergétique, pour le porc, des matières premières (n = 120) des Tables publiées par l'INRA et l'AFZ en 2002. Elle propose également des méthodes simplifiées pour le calcul des valeurs énergétiques de produits dont la composition chimique diffère de celle rapportée dans les Tables. Les résultats sont basés sur la compilation des données de la bibliographie et l'utilisation des connaissances les plus récentes en termes de concepts. Six valeurs énergétiques résultant de la combinaison de trois modes d'expression (ED, EM ou EN) et de deux stades physiologiques (porc en croissance et truie adulte) sont proposées. Les effets de facteurs de variation de la valeur énergétique tels que la technologie (granulation, broyage ...) ou le niveau d'alimentation sont également abordés, mais les données disponibles dans la bibliographie ne permettaient pas de les prendre en compte, du moins de façon systématique.

## 1 / Démarche générale

La démarche adoptée pour le calcul de la valeur énergétique des aliments pour le porc a d'abord consisté à considérer la teneur en énergie digestible (ED) comme le produit de la teneur en énergie brute et du coefficient d'utilisation digestive fécale de l'énergie (dE). La teneur en énergie brute est calculée à partir de la composition chimique selon la méthode décrite par Tran et Sauvant (2002) ; les équations sont rapportées en annexe 1. On considère que dE est affecté, d'une part, par les caractéristiques chimiques du produit et,

| Abréviations   |   |
|--|---|
| EB :   | énergie brute   |
| ED :   | énergie digestible  |
| EM :   | énergie métabolisable                                       |
| EN :   | énergie nette   |
| dE :   | coefficient d'utilisation digestive de l'énergie            |
| dN :   | coefficient d'utilisation digestive de l'azote              |
| MAT :  | matières azotées totales                                    |
| MAD :  | matières azotées digestibles                                |
| MG :   | matières grasses  |
| MGH :  | matières grasses (avec hydrolyse)                           |
| MGD :  | matières grasses digestibles                                |
| CB :   | cellulose brute   |
| MO :   | matière organique   |
| dMO :  | coefficient d'utilisation digestive de la matière organique |
| MOD :  | matière organique digestible                                |
| MOND :   | matière organique non digestible                            |
| MM :   | matières minérales  |
| Le suffixe "c" correspond au porc en croissance, "t" à la truie adulte |   |

d'autre part, par le poids vif du porc. Le coefficient dE est également affecté par la technologie mise en œuvre (tableau 1), mais les données de la bibliographie étaient insuffisantes pour prendre en compte cet effet de façon rigoureuse et systématique. On peut admettre que les valeurs proposées dans les Tables se rapportent plutôt à des aliments sous forme de farine. Pour ce qui concerne l'effet du poids vif, dans un souci de simplification, deux stades principaux ont été retenus : le porc en croissance de 50-70 kg de poids vif et la truie adulte. En effet, les résultats présentés dans le tableau 2 mettent en évidence que des mesures de dE effectuées sur un animal d'environ 60 kg de poids vif rendent compte de l'utilisation digestive de l'aliment lorsqu'il est consommé par des animaux pesant de 30 à 100 kg. Le résultat peut également être extrapolé à des porcs plus légers (porcelets) et à des porcs de 100 à 150 kg en croissance rapide. Le modèle de truie adulte utilisé a été la truie vide alimentée à un niveau voisin du niveau de gestation (Le Goff et Noblet 2001a et 2001b). Les données du tableau 3 montrent de façon indirecte que les

**Tableau 1.** Effet de la granulation sur l'utilisation digestive des matières grasses (dMG, en %) et de l'énergie (dE, en %) chez le porc en croissance (J. Noblet, non publié et Skiba et al 2002).

| Aliment  |     | Farine | Granulé |
|--|-----|--------|---------|
| Régimes maïs-soja (n = 3)                      | dMG | 61,0   | 77,0    |
|  | dE  | 88,4   | 90,3    |
| Maïs (n = 2)                                   | dMG | 60,0   | 80,0    |
|  | dE  | 88,0   | 90,2    |
| Régime blé-soja                                | dE  | 88,6   | 89,2    |
| Régime blé-soja-graine de colza <sup>(1)</sup> | dMG | 27,0   | 84,0    |
|  | dE  | 73,1   | 87,4    |
| Graine de colza <sup>(1)</sup>                 | dMG | 21,0   | 89,0    |
|  | dE  | 35,2   | 83,2    |

<sup>(1)</sup> Graine de colza broyée modérément.

**Tableau 2.** Evolution de l'utilisation digestive de l'énergie (dE) avec le poids vif chez le porc. Données moyennes de 4 régimes à base de blé et tourteau de soja et des proportions variables de son de blé, huile de colza et graisses animales ; mesures réalisées en continu sur les mêmes animaux entre 35 et 95 kg ; l'effet du poids sur dE ( $P < 0,01$ ) est plus marqué pour les régimes riches en parois végétales ( $P < 0,01$ ) (J. Noblet, non publié).

| Poids vif (kg)  | MS ingérée (g/jour) | dE (%) |
|-----------------|---------------------|--------|
| 38              | 1250                | 82,6   |
| 49              | 1680                | 83,0   |
| 61              | 1940                | 83,6   |
| 72              | 2015                | 84,2   |
| 80              | 2060                | 84,8   |
| 90              | 2120                | 85,3   |
| Moyenne (35-95) | 1845                | 83,6   |

**Tableau 3.** Effets du poids vif et du stade physiologique sur l'utilisation digestive de l'énergie (dE) chez le porc.

|                            | Essai 1 <sup>(1)</sup> |                   | Essai 2 <sup>(2)</sup> |                    |
|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
|                            | Porc en croissance     | Truie vide        | Porc en croissance     | Truie en lactation |
| Poids vif (kg)             | 60                     | 227               | 62                     | 246                |
| Aliment ingéré (g MS/jour) | 2044                   | 2119              | 2062                   | 4850               |
| dE (%)                     | 77,2 <sup>a</sup>      | 80,5 <sup>b</sup> | 79,9 <sup>a</sup>      | 84,9 <sup>b</sup>  |

<sup>(1)</sup> Moyenne de 3 aliments à base de maïs, blé, orge (prédominance de l'orge), pois et tourteau de soja et contenant des proportions variables de son de blé, tourteau de tournesol, corn gluten feed et graisses animales (J. Noblet, non publié).

<sup>(2)</sup> Moyenne de 3 aliments à base de maïs, blé, orge (prédominance de maïs), pois et tourteau de soja (en proportions plus élevées que dans l'essai 1) et contenant des proportions variables de son de blé, tourteau de tournesol, corn gluten feed et graisses animales (Etienne et al 1997).

**Tableau 4.** Effet du niveau alimentaire sur l'utilisation digestive de l'énergie (dE) chez le porc.

| Poids vif moyen (kg)       | Porc en croissance <sup>(1)</sup> |      | Truie adulte <sup>(2)</sup> |      |      |
|----------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------|------|------|
|                            | 40,1                              | 43,3 | 260                         | 260  | 260  |
| Aliment ingéré (g MS/jour) | 1106                              | 1478 | 2090                        | 2536 | 2966 |
| dE (%)                     | 83,2                              | 82,6 | 85,2                        | 85,6 | 85,9 |

<sup>(1)</sup> Moyenne de 2 aliments de type complexe contenant 13 et 21 % de NDF ; effet du niveau alimentaire plus marqué pour le régime à teneur élevée en NDF (P < 0,05) (J. Noblet, non publié).

<sup>(2)</sup> Moyenne de 4 aliments à base de blé, maïs, orge et tourteau de soja et des proportions variables d'huile de colza, son de blé, coques de soja, pulpe de betterave et paille de blé (J. Noblet, non publié).

valeurs obtenues chez la truie vide sont applicables à la truie en lactation dont le niveau alimentaire est deux à trois fois plus élevé. Les données obtenues sur la truie adulte sont donc applicables à la fois à la truie en gestation et à la truie en lactation. De plus, les résultats du tableau 4 montrent que les effets du niveau alimentaire sur le dE sont très faibles chez le porc, ils peuvent donc être négligés.

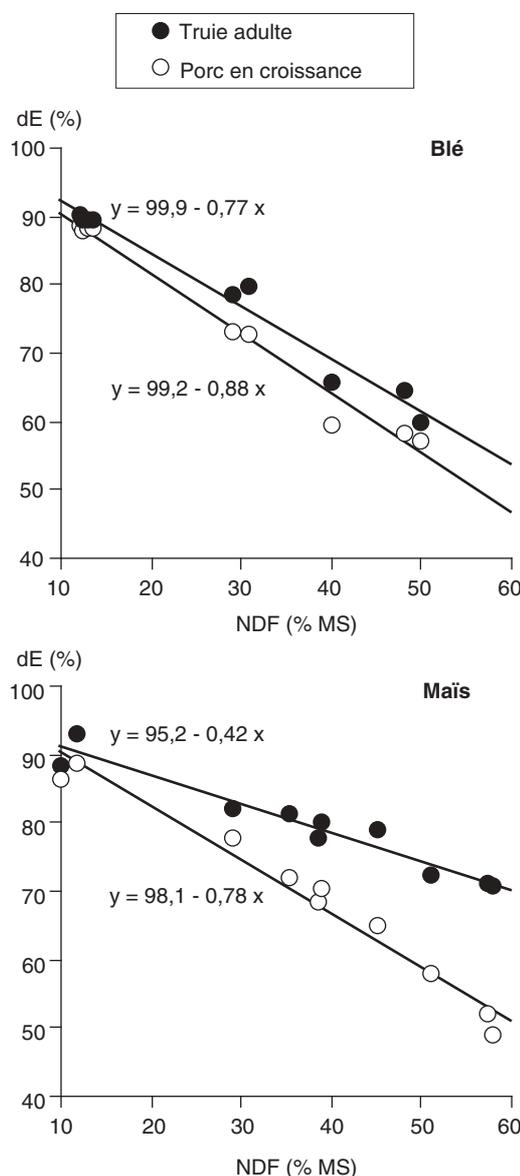
Les pertes d'énergie par l'urine sont calculées à partir de la quantité d'azote excrétée dans les urines et les pertes sous forme de gaz à partir de la quantité de parois végétales dégradées ; cette dernière perte d'énergie diffère entre les deux stades physiologiques retenus pour estimer la teneur en ED. La teneur en énergie métabolisable (EM) est alors la différence entre la valeur ED et les pertes d'énergie par les urines et les gaz. La teneur en énergie nette (EN) est estimée à partir des équations proposées par Noblet *et al* (1994a) et appliquées aussi bien au porc en croissance qu'à la truie (Noblet *et al* 1994b).

## 2 / Estimation de la digestibilité de l'énergie et des principaux nutriments

### 2.1 / Chez le porc en croissance

Le principe retenu pour l'estimation de dE a été de calculer pour chaque matière première une équation prédisant dE à partir d'une ou deux caractéristiques chimiques pouvant être relativement variables et discriminantes. Ceci a été réalisé à partir des données de la bibliographie et de données obtenues à l'INRA et non publiées (n = 670). Cependant, pour la plupart des matières premières, il n'existait pas suffisamment de données de digestibilité et nous avons été amenés à regrouper les données de matières premières ayant des points communs tels qu'une origine botanique et anatomique commune. Un exemple tiré des données de Noblet et Le Goff (2000) pour les produits du blé ou du maïs est donné à la figure 1. En pratique, la plupart des équations prenaient en compte un prédicteur des parois végétales (cellulose brute, NDF ou ADF). Toutefois, il était difficile, pour un produit donné, de privilégier objectivement une des équations. Aussi, les dE rapportés dans les Tables sont le plus souvent issus de la moyenne, pondérée de façon relativement subjective, des estimations issues des différentes équations. Toutes les équations obtenues sont rapportées en annexe 1. Des équations simi-

**Figure 1.** Effet de la teneur en NDF sur la digestibilité de l'énergie (dE) des produits du blé et des produits du maïs chez la truie adulte et le porc en croissance (adapté de Noblet et Le Goff 2000).



lares ont été établies pour le coefficient de digestibilité de l'azote (dN ; annexe 1).

Cependant, pour plusieurs des matières premières ou familles de matières premières retenues dans les Tables, il existait peu ou pas de données dans la bibliographie ou bien les données avaient été obtenues sur des produits de compositions comparables. Il était alors impossible d'établir une équation de

prédiction de dE ou de dN à partir de la composition chimique. Une première solution a alors consisté à retenir pour ce produit la moyenne des données de la bibliographie, à condition qu'elles soient relativement cohérentes entre elles (annexe 2). Une deuxième solution a été de prédire directement la teneur en ED (kcal/kg de produit sec) du produit à partir de ses caractéristiques chimiques. L'équation suivante (Le Goff et Noblet 2001a et 2001b, et J. Noblet, non publié ; n = 77 régimes) :

$$ED = 5,37 \text{ MAT} + 7,58 \text{ MG} + 4,11 \text{ Amidon} + 0,76 \text{ NDF} + 3,90 \text{ Résidu} \quad (\text{ETR} = 83)$$

a été utilisée ; les compositions sont en g par kg de produit sec et "Résidu" correspond à la différence entre la teneur en matière organique et la somme des autres constituants considérés dans l'équation. A défaut d'estimation par les méthodes précédentes, une valeur probable a été arbitrairement choisie pour quelques matières premières.

Les coefficients de digestibilité fécale de l'amidon et des sucres sont supposés égaux à 100 %, tant chez le porc en croissance que chez la truie en reproduction. Les données de digestibilité fécale des matières grasses (dMG) de la bibliographie sont peu nombreuses, parfois incohérentes et surtout peu précises pour les produits ayant des teneurs en MG inférieures à 5 %, soit la majorité des produits. A l'exception des sources de matières grasses (voir ci-dessous), nous avons alors choisi de prédire la teneur en matières grasses digestibles (MGD) à partir d'une équation établie par Le Goff et Noblet (2001a et 2001b) sur 77 régimes ; dMG correspond au rapport (x100) entre MGD et la teneur en matières grasses. L'équation suivante :

$$\text{MGD} = 0,82 \text{ MG} - 0,02 \text{ NDF} - 7 \quad (\text{ETR} = 3,3)$$

dans laquelle MGD, MG et NDF sont exprimées en g par kg de matière sèche a été utilisée. Elle conduit à des valeurs très basses (voire négatives) de dMG pour les produits à faible teneur en matières grasses.

Pour des raisons multiples, il existe peu de données fiables et surtout exhaustives sur la digestibilité des parois végétales chez le porc. Il n'a donc pas été possible d'estimer directement la digestibilité de cette fraction. La solution indirecte a consisté à estimer le coefficient de digestibilité fécale de la matière organique (dMO) ou la teneur en matière organique digestible (MOD, en g/kg de matière sèche) et à identifier, d'une part, un résidu (Res) qui correspond à la différence entre la teneur en MO et la somme des teneurs en matières azotées, matières grasses, amidon et sucres et, d'autre part, un résidu digestible (ResD) égal à la différence entre la teneur en MOD et la somme des teneurs en MAD, MGD, amidon et sucres (calculées selon les méthodes décrites ci-dessus). Les composants Res et ResD sont en principe équivalents à respectivement la teneur en parois végétales et la teneur en parois végétales digestibles, mais les valeurs sont estimées par différence et non issues de mesures directes. Le coefficient dMO (%) a été estimé à partir de l'équation suivante (J. Noblet, non publié, n = 270 régimes) :

$$\text{dMO} = 7,0 + 0,955 \text{ dE} - 0,005 \text{ MAD} - 0,003 \text{ MGD} \quad (\text{ETR} = 0,4)$$

dans laquelle MAD et MGD sont exprimées en g par kg de matière sèche et dE en %. La relation suivante :

$$\text{dMO} = 7,9 + 0,915 + 0,0031 \text{ (Amidon + sucres)}$$

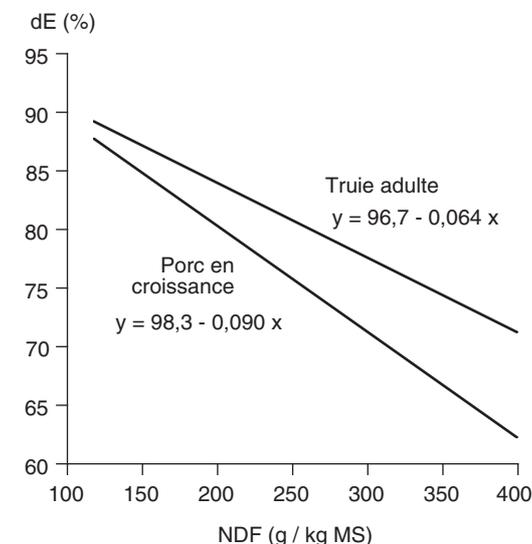
dans laquelle les teneurs en amidon et en sucres sont également exprimées en g par kg de matière sèche, a une précision équivalente (ETR = 0,4).

Pour toutes les matières premières à teneurs très élevées en lipides (huiles, graisses), dMG, dE et dMO ont été supposés égaux à 85 %, tant chez le porc en croissance que chez la truie adulte ; cette valeur correspond à la moyenne des données de la bibliographie et elle ne prend pas en compte les éventuelles (mais faibles) différences de digestibilité associées au degré d'insaturation des acides gras. Elle n'est cependant pas applicable à des produits riches en acides gras libres (type huiles acides) pour lesquels les dMG (et les dE) sont très inférieurs à cette valeur moyenne (Jorgensen et Fernandez 2000). Enfin, le dE des acides aminés industriels a été considéré égal à 100 % et la teneur en ED correspond alors à la teneur en énergie brute de l'équivalent acide aminé pur.

## 2.2 / Chez la truie adulte

La bibliographie met en évidence que la digestibilité de l'énergie est plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance, ce qui justifie l'attribution de deux valeurs énergétiques distinctes (Le Goff et Noblet 2001a et 2001b ; figure 2). De plus, cette supériorité dépend notamment de la teneur de l'aliment en parois végétales et de l'origine botanique de celles-ci. Toutefois, il existe peu de données de digestibilité de l'énergie chez la truie dans la bibliographie, ce qui ne permet pas d'estimer dE par régression comme chez le porc en croissance. De plus, les quelques données disponibles ne correspon-

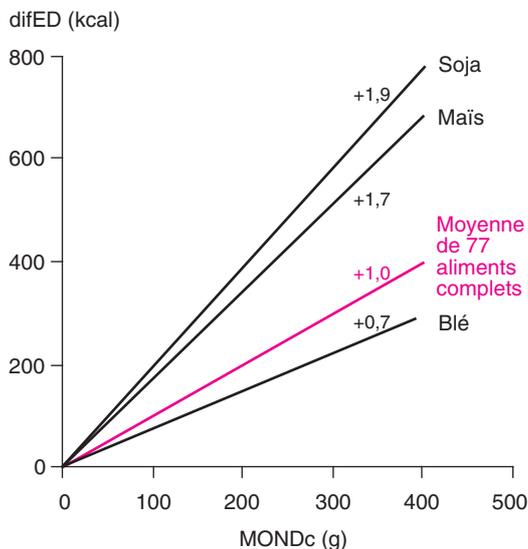
**Figure 2.** Effet de la teneur en NDF de l'aliment et du stade physiologique sur la digestibilité de l'énergie (dE) (d'après Le Goff et Noblet 2001a et 2001b).



dent pas nécessairement aux produits définis dans la table. L'approche décrite par Le Goff et Noblet (2001a et 2001b) dans laquelle la teneur en ED chez la truie est estimée à partir de la teneur en ED mesurée ou estimée chez le porc en croissance était possible pour quelques familles de matières premières (blé, maïs et soja ; Noblet et Le Goff 2000, Le Goff et Noblet 2001a et 2001b). Mais de telles équations de passage n'étaient pas disponibles pour tous les produits et, inversement, l'application d'une même équation à tous les produits présentait des dangers de surestimation ou de sous-estimation de la correction.

Une analyse complémentaire des données utilisées dans la publication de Le Goff et Noblet (2001a et 2001b) montre que la différence de teneur en ED entre la truie et le porc en croissance est directement proportionnelle à la teneur en matière organique non digestible chez le porc en croissance (MONDc). Pour les 77 régimes de leur étude, l'accroissement de la teneur en ED par g de MONDc (ou difED) est en moyenne de 1,0 kcal par g ; ce surplus de 1,0 kcal d'ED est associé à un apport supplémentaire de 0,195 g de MOD se répartissant entre 0,058 g de MAD et 0,137 g de ResD. Les mesures de digestibilité comparées chez la truie et le porc en croissance montrent également que difED varie selon les matières premières (figure 3). En d'autres termes, la valorisation de la MONDc chez la truie dépend de l'origine botanique des matières premières. Ce point est également illustré à la figure 1 qui montre que l'effet négatif des parois végétales sur dE est comparable pour le blé et le maïs chez le porc en croissance alors qu'il est très différent pour la truie adulte. L'utilisation des données obtenues à l'INRA sur environ 50 matières premières (J. Noblet *et al.*, données partiellement publiées) a permis d'estimer la valeur de difED pour tous les produits des Tables (valeurs variant de 0 à 2,0) et de calculer les différences de teneur en ED, en MOD, en

**Figure 3.** Relation entre la différence de teneur en ED entre la truie adulte et le porc en croissance (difED) et la quantité de matière organique non digestible chez le porc en croissance (MONDc) selon la nature de l'aliment (J. Noblet, non publié).



MAD et en ResD entre la truie adulte et le porc en croissance à partir de la teneur en MONDc. Il a été supposé que le ratio de 0,195 g de MOD par kcal et que la répartition du surplus de MOD entre les MAD et le ResD sont constants quelle que soit la valeur de difED. Les coefficients de passage de MONDc à difED (colonne « a ») sont donnés en annexe 2. Les teneurs en ED, MOD, MAD et ResD chez la truie adulte sont alors obtenues en ajoutant les différences ainsi calculées aux teneurs en ED, MOD, MAD et ResD estimées chez le porc en croissance. Il est admis que l'utilisation digestive des matières grasses, de l'amidon et des sucres est identique aux deux stades physiologiques.

### 2.3 / Méthode simplifiée d'estimation de la teneur en ED chez la truie adulte (EDt) à partir de la teneur en ED chez le porc en croissance (EDc)

Les valeurs de EDc et EDt figurant dans les Tables ne sont en principe valables que pour les produits dont la composition chimique est proche des valeurs données dans les Tables et le rapport EDt/EDc ne peut pas, pour une matière première donnée, être considéré comme constant lorsque la composition chimique de la matière première dévie de celle donnée dans les Tables. Dans la démarche exposée ci-dessus, il est proposé de calculer difED à partir de MONDc. Mais, dans la relation  $\text{difED} = a \times \text{MONDc}$ , le coefficient multiplicatif « a » est spécifique d'un groupe de matières premières (cf annexe 2) et, pour effectuer le calcul, il est nécessaire d'estimer MONDc. Cette estimation est possible à partir de la démarche explicitée ci-dessus. Toutefois, dans un souci de simplification, on peut admettre que pour une matière première donnée, le rapport « b » entre la digestibilité de la matière organique (dMO) et dE est peu affecté par les variations de ses caractéristiques chimiques ; il peut alors être considéré comme constant et, chez le porc en croissance, dMOc est alors égal à  $b \times \text{dEc}$ . En conséquence, difED est alors égal à :  $a \text{ MO} \times 10 (100 - b \times \text{dEc})/100$ . Dans cette relation, difED est en kcal par kg de matière sèche, MO en % de la matière sèche et dEc en %. Exprimée relativement à la teneur en matières minérales (MM, en % de la matière sèche), cette relation devient :  $\text{difED} = a (100 - \text{MM}) (100 - b \times \text{dEc})/10$ . Il en résulte que le rapport EDt/EDc ( $\times 100$ ), soit  $(\text{EDc} + \text{difED})/\text{EDc}$ , est égal à :  $100 + a \times 10 (100 - \text{MM}) \times (100 - b \times \text{dEc})/\text{EDc}$  où EDc est exprimée en kcal/kg de matière sèche. Les valeurs de a et b sont rapportées en annexe 2 ; dEc et EDc sont calculées selon les méthodes décrites précédemment.

### 3 / Estimation des teneurs en EM

Comme il est indiqué en introduction, les pertes d'énergie dans les urines (Euri) et dans les gaz de fermentation (méthane ; Egaz) ont été prises en compte dans le calcul de la teneur en EM des matières premières.

L'analyse de données obtenues chez le porc en croissance de 50-70 kg et chez la truie adulte (n = 610 ; J. Noblet, non publié) montre que Euri (kcal par kg de matière sèche ingérée) dépend de la quantité d'azote mesurée dans l'urine (Nuri, en g/kg de matière sèche ingérée) selon les relations suivantes :

Porc en croissance :  $E_{uri} = 45,9 + 7,4 N_{uri}$  (ETR = 13)

Truie adulte :  $E_{uri} = 51,9 + 7,4 N_{uri}$  (ETR = 13)

La quantité d'azote excrétée dans les urines est directement liée à la différence entre les apports quotidiens et la capacité du porc à fixer ces apports sous forme de protéines. On peut considérer qu'à la plupart des stades de production du porc et lorsque les apports protéiques ont un équilibre en acides aminés satisfaisant et sont raisonnés relativement aux besoins de l'animal, la quantité d'azote fixé est voisine de 50 % de l'azote digestible et la quantité d'azote retrouvée dans les urines représente 50 % de l'azote digestible. Ce raisonnement a été appliqué à chaque matière première et pour la teneur en MAD ( $N \times 6,25$ ) estimée selon les méthodes décrites ci-dessus.

La quantité d'énergie perdue sous forme de gaz (Egaz) est calculée à partir de la quantité de parois végétales fermentées ; celle-ci est considérée comme égale à la valeur de ResD obtenue dans la démarche de digestibilité des nutriments. La compilation de données obtenues en chambres respiratoires (Le Goff 2001) permet d'estimer que Egaz est égal à 0,16 et 0,32 kcal par g de ResD chez, respectivement, le porc en croissance et la truie adulte.

Cette démarche conduit pour les produits ne contenant ni parois végétales, ni matière azotées (huiles, graisses), à une valeur EM peu différente de la teneur en ED, ce qui est le cas lors de mesures réalisées sur animaux. Lorsque la composition en acides aminés de l'aliment est un facteur limitant de la rétention azotée, on ajoute des acides aminés industriels à la ration. On peut estimer que le coefficient de rétention de l'azote apporté par ces acides aminés supplémentaires est plus élevé que pour l'azote total ; nous l'avons estimé à 65 % pour le calcul de leur teneur en EM.

Contrairement à dE qui peut varier fortement avec les caractéristiques chimiques de la matière première, le rapport EM/ED (pour un taux de catabolisme moyen des matières azotées) peut être considéré comme peu variable pour une matière première donnée, tant pour le porc en croissance que pour la truie. Ce résultat permet de simplifier considérablement le calcul des teneurs en EM des matières premières lorsque leur composition chimique diffère de celle donnée dans les Tables. La teneur en EM est alors égale à ED x (EM/ED). Les valeurs de EM/ED de chaque matière première, que l'on peut considérer comme des constantes même lorsque la composition chimique varie, sont rapportées en annexe 2 pour toutes les matières premières des Tables 2002.

## 4 / Estimation des teneurs en EN

Les teneurs en EN des aliments (kcal/kg de matière sèche) ont été estimées à partir des équations établies par Noblet *et al* (1994a) sur 61 régimes. Trois équations ont été privilégiées :

$EN2 = 2,89 MAD + 8,37 MGD + 3,42 Amidon + 2,85 Sucres + 2,06 ResD$  (ETR = 60)

$EN4 = 0,703 ED + 1,58 MG + 0,47 Amidon - 0,97 MAT - 0,98 CB$  (ETR = 43)

$EN7 = 0,730 EM + 1,31 MG + 0,37 Amidon - 0,67 MAT - 0,97 CB$  (ETR = 40)

L'équation EN2 est en fait une variante de l'équation EN2 proposée par Noblet *et al* (1994a), le fractionnement dit « de Weende » n'ayant pas été retenu ici pour définir les teneurs en éléments digestibles. En pratique, la valeur EN rapportée dans les Tables 2002 est la moyenne des trois valeurs EN obtenues avec les équations ci-dessus et appliquées aux produits dont les caractéristiques chimiques sont données dans les Tables ; les teneurs en nutriments digestibles ou en ED ou en EM sont obtenues à partir des méthodes décrites ci-dessus. Pour les sources de matières grasses (huiles et graisses) et les produits ne contenant presque que de l'amidon (amidon de maïs) ou que des matières azotées (caséine), seule l'équation EN2 a été utilisée. Dans le cas des acides aminés industriels, il a été supposé que le rendement d'utilisation de l'EM est égal à 85 % pour la fraction fixée dans les protéines corporelles (65 % de l'ED) et 60 % pour la fraction qui a été désaminée (35 % de l'ED).

Comme pour le rapport EM/ED, on peut admettre que le rapport EN/EM pour une matière première donnée varie peu avec sa composition chimique. On peut alors considérer que la teneur en EN est égale à EM x (EN/EM). Les valeurs EN/EM de chaque matière première sont rapportées en annexe 2.

## 5 / Mise en œuvre des données des Tables

### 5.1 / Pour les matières premières des Tables

Il faut d'abord rappeler que la démarche complète décrite pour le calcul des données rapportées dans les Tables 2002 est la méthode de base. Toutefois, elle est relativement lourde et complexe si l'on souhaite l'appliquer à des matières premières dont la composition chimique diffère de celle donnée dans les Tables. Les éléments complémentaires justifiés ci-dessus et documentés en annexes 1 et 2 permettent de la mettre en œuvre de façon simplifiée et de prendre en compte les inévitables variations de la composition chimique des matières premières, relativement à la composition moyenne rapportée dans les Tables 2002. Cette méthode simplifiée est schématisée dans le tableau 5.

**Tableau 5.** Démarche simplifiée d'estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc.

|                    |              |  |
|--------------------|--------------|--|
| EB                 | (kcal/kg MS) | Equation par matière première (annexe 1)   |
| dEc                | (%)          | Equation par matière première (annexe 1) <sup>(1)</sup> ou valeur moyenne (annexe 2)                         |
| EDc                | (kcal/kg MS) | EB x dEc / 100   |
| EDt/EDc            | (%)          | 100 + a x 10 (100 - MM) (100 - b x dEc) / EDc<br>(valeurs de « a » et « b » par matière première ; annexe 2) |
| EDt                | (kcal/kg MS) | EDc x (EDt/EDc) / 100  |
| EMc/EDc ou EMt/EDt | (%)          | Coefficient par matière première (annexe 2)  |
| EMc                | (kcal/kg MS) | EDc x (EMc/EDc) / 100  |
| EMt                | (kcal/kg MS) | EDt x (EMt/EDt) / 100  |
| ENc/EMc ou ENt/EMt | (%)          | Coefficient par matière première (annexe 2)  |
| ENc                | (kcal/kg MS) | EMc x (ENc/EMc) / 100  |
| ENt                | (kcal/kg MS) | EMt x (ENt/EMt) / 100  |

<sup>(1)</sup> Soit l'équation complète, soit l'une des équations selon le(s) prédicteur(s) disponible(s).

## 5.2 / Pour les « nouvelles » matières premières

La démarche simplifiée décrite ci-dessus pour les matières premières des Tables 2002 doit être systématiquement préférée, l'objectif étant, face à une nouvelle matière première, d'essayer de la rapprocher, de par son origine botanique ou anatomique, de matières premières décrites dans les Tables. Si le rapprochement est difficile, la valeur énergétique est estimée à l'aide d'équations génériques et l'estimation ne peut représenter qu'une valeur indicative. Tout d'abord, il est impératif de mesurer la teneur en EB ou, à défaut, de l'estimer à partir des caractéristiques chimiques du produit. L'équation suivante (J. Noblet, non publié) est proposée dans ce but :

$$EB = 54,93 \text{ MAT} + 93,01 \text{ MG} + 41,57 \text{ Amidon} + 39,54 \text{ Sucres} + 45,01 \text{ NDF} + 42,36 \text{ Résidu}$$

Le « Résidu » correspond à la différence entre la teneur en matière organique et la somme des autres constituants de l'équation. Des équations plus spécifiques à certains groupes de matières premières ont également été proposées dans les Tables (Tran et Sauvart 2002). Quant à EDc, elle peut être estimée à partir de l'équation suivante (Le Goff et Noblet 2001a et 2001b, et J. Noblet, non publié) :

$$EDc = 53,7 \text{ MAT} + 75,8 \text{ MG} + 41,1 \text{ Amidon} + 7,6 \text{ NDF} + 39,0 \text{ Résidu}$$

Pour le calcul de EDt, la méthode décrite ci-dessus est à utiliser avec, pour le coefficient « a », la valeur moyenne proposée par Noblet

*et al* (2002), à savoir 1 kcal par g de MONDc. Quant au coefficient b, égal à dMO/dE, il peut être estimé à partir de la relation proposée par Noblet *et al* (2002) :  $dMO = 7,9 + 0,915 \times dE + 0,031$  (Amidon + Sucres) ; dEc est égal à EDc/EB (x100). Enfin, les valeurs de ENc et ENt sont calculées à partir de EDc ou EDt et des caractéristiques chimiques du produit selon l'équation EN4 ci-dessus. L'estimation des teneurs en EM n'est pas indispensable dans un objectif de prédiction des teneurs en EN. Toutefois, la prise en compte des pertes d'énergie dans les urines est possible sur la base des relations proposées ci-dessus, d'une digestibilité des matières azotées estimée selon l'équation générique proposée par Noblet et Perez (1993) (voir annexes 1 et 2) et d'un coefficient de rétention de l'azote de 50 %.

## 5.3 / Pour les aliments complets

Les données des Tables permettent d'abord de caractériser les matières premières tant en termes de composition chimique que de valeur nutritionnelle et notamment de valeur énergétique pour le porc. Ces données peuvent être utilisées pour estimer la valeur énergétique des aliments complets lorsque leur composition centésimale est connue. Mais, pour ce dernier objectif, il est nécessaire d'admettre le principe de l'additivité des apports d'énergie de chaque matière première incluse dans l'aliment. Les données de la bibliographie confirment le bien-fondé du principe de l'additivité (tableau 6). Pour les aliments com-

**Tableau 6.** Principe de l'additivité des valeurs énergétiques chez le porc : validation pour les mélanges de matières premières riches en parois végétales et de sources de matières grasses. Le coefficient dE calculé correspond à la combinaison des dE des composants du mélange lorsqu'ils sont mesurés isolément alors que dE mesuré résulte de la mesure directe du dE du mélange.

| Mélange (% introduction)  | Poids vif (kg)  | dE mesuré (%) | dE calculé (%) | Réf <sup>(2)</sup> |
|---|-----------------|---------------|----------------|--------------------|
| Huile colza (8 %) + sources de parois végétales <sup>(1)</sup> (25 %) | 45 - 100 et 150 | 65            | 66             | 1                  |
| Graisses animales (3 %) + huile colza (3 %) + son de blé (30 %)       | 35 à 95         | 69            | 68             | 2                  |
| Huile de soja (6 %) + son de blé (30 %) ou drèches de maïs (30 %)     | 65<br>245       | 65<br>76      | 65<br>75       | 2<br>2             |

<sup>(1)</sup> Mélange de son de blé (25 %), coques de soja (25 %), pulpe de betterave (25 %) et paille de blé (25 %)

<sup>(2)</sup> Source : 1- Noblet et Shi (1994) ; 2- J. Noblet, non publié.

plets dont la composition centésimale est inconnue, seul le recours à des prédicteurs mesurables au laboratoire est possible. Dans ce contexte, des équations de prédiction de la valeur énergétique des aliments complets ont été proposées ; elles font généralement appel à un ensemble de critères chimiques (Noblet et Perez 1993, Le Goff et Noblet 2001a et 2001b) ou, plus récemment, à la combinaison de critères chimiques et de résultats de digestibilité *in vitro* (Jaguelin-Peyraud et Noblet 2003). Ces équations ne seront pas détaillées ici. On doit cependant mentionner que les équations, notamment celles faisant appel aux seuls critères chimiques, ne sont pas applicables aux matières premières. De plus, dans tous les cas, l'estimation obtenue n'est qu'indicative.

## Conclusion

La démarche proposée pour le calcul de la valeur énergétique des matières premières utilisables par le porc conduit à proposer des valeurs énergétiques adaptées à la situation de l'animal en croissance et à la truie adulte et

selon trois systèmes différents (ED, EM et EN), soit six valeurs énergétiques au total. Le système EN est à utiliser préférentiellement puisqu'il conduit à l'estimation de la valeur énergétique la plus proche de la valeur « vraie » et permet alors de discriminer avec précision les matières premières pour les besoins de la formulation. Il faut remarquer que la valeur EN est très étroitement dépendante des valeurs ED ou EM qui sont elles-mêmes dépendantes à la fois des caractéristiques chimiques du produit, de l'animal qui les consomme et de la technologie appliquée lors de la préparation des aliments (broyage, granulation...). Toutefois, les valeurs proposées dans les Tables se réfèrent d'abord à des produits présentés sous forme de farine ; l'exception est la graine de colza dont la digestibilité est très faible lorsque le produit n'est pas granulé et la valeur rapportée se réfère au produit qui a subi une granulation. Les données rapportées en annexes 1 et 2 et le texte ci-dessus permettent enfin de calculer la valeur énergétique de produits dont la composition chimique diffère de celle rapportée dans les Tables.

## Références

- Etienne M., Noblet J., Dourmad J.Y., Castaing J., 1997. Digestive utilization of feeds in lactating sows: comparison with growing pigs. In : J.P. Laplace, C. Février and A. Barbeau (eds), *Digestive Physiology in Pigs*, 583-586. Ed., EAAP n° 88, INRA, Paris.
- Jaguelin-Peyraud Y., Noblet J., 2003. Prédiction de la digestibilité de la matière organique et de l'énergie chez le porc en croissance à l'aide d'une méthode *in vitro*. *Journées Rech. Porcine en France*, 35, 75-82.
- Jorgensen H., Fernandez J., 2000. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. *Acta Agric. Scand., Section A*, 50, 129-136.
- Le Goff G., 2001. Etude des mécanismes impliqués dans l'évolution de la digestion et de l'utilisation métabolique des fibres alimentaires au cours de la vie du porc ; conséquences sur l'estimation de la valeur énergétique des aliments. Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.
- Le Goff G., Noblet J., 2001a. Comparative digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J. Anim. Sci.*, 79, 2418-2427.
- Le Goff G., Noblet J., 2001b. Utilisation digestive comparée de l'énergie des aliments chez le porc en croissance et la truie adulte. *Journées Rech. Porcine en France*, 33, 211-220.
- Noblet J., 2001. Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: comparison of energy systems. In : P.C. Garnsworthy and J. Wiseman (eds), *Recent Developments in Pig Nutrition 3*, chapter 8, 161-184. Nottingham University Press, Nottingham.
- Noblet J., Le Goff G., 2000. Utilisation digestive et valeurs énergétiques du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance et la truie adulte. *Journées Rech. Porcine en France*, 32, 177-184.
- Noblet J., Perez J.M., 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.*, 71, 3389-3398.
- Noblet J., Shi X.S., 1994. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 37, 323-338.
- Noblet J., Fortune H., Shi X.S., Dubois S., 1994a. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 72, 344-354.
- Noblet J., Shi X.S., Fortune H., Dubois S., Lechevestrier Y., Corniaux C., Sauvant D., Henry Y., 1994b. Teneur en énergie nette des aliments chez le porc : mesure, prédiction et validation aux différents stades de sa vie. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 235-250.
- Noblet J., Sève B., Jondreville C., 2002. Valeurs nutritives pour les porcs. In : D. Sauvant, J.M. Perez et G. Tran (eds), *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*, 25-35. INRA Editions et AFZ, Paris.
- Sauvant D., Tran G., 2002. Principes de construction. In : D. Sauvant, J.M. Perez et G. Tran (eds), *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*, 11-15. INRA Editions et AFZ, Paris.
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions et AFZ, Paris.
- Skiba F., Noblet J., Callu P., Evrard J., Melcion J.P., 2002. Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance. *Journées Rech. Porcine en France*, 34, 67-74.
- Tran G., Sauvant D., 2002. Données chimiques et valeurs nutritives. In : D. Sauvant, J.M. Perez et G. Tran (eds), *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*, 17-24. INRA Editions et AFZ, Paris.

## Abstract

---

***Estimation of the energy value of compound feeds for pigs.***

Energy supply represents the main cost in pig production (>50 %). Therefore, it is quite important to evaluate precisely both the energy requirements of pigs and the energy value of compound feeds or ingredients. This review presents the concepts and the information used for calculating the energy value for pigs of the ingredients (n = 120) listed in the Feeding Tables published by INRA and AFZ in 2002. Simplified methods for estimating the energy value of ingredients whose chemical composition differs from the values given in the Feeding Tables are also proposed. The results are based on a compilation of available litera-

ture information and according to the most recent concepts. Six energy values resulting from the combination of three modes of expression (digestible energy, metabolizable energy and net energy) and two stages of pig production (growing pigs and adult sows) have been proposed. The effects of other factors such as technology (pelleting, grinding, ...) or feeding level on energy value are also presented. However, the available literature information was insufficient for taking them into account in the estimation of energy value.

NOBLET J., BONTEMS V., TRAN G., 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Prod. Anim., 16, XXX-XXX.

**Annexe 1.** Equations de prédiction des teneurs en énergie brute et de la digestibilité de l'énergie (dE) et de l'azote (dN) chez le porc en croissance. Le fichier correspondant est disponible à : [http://www.inapg.inra.fr/dsa/aifz/tables/energie\\_porc.htm](http://www.inapg.inra.fr/dsa/aifz/tables/energie_porc.htm)

|   | Energie brute (kcal/kg MS) <sup>(1)</sup>       | dE porc croissance (%) <sup>(2)</sup>                    | dN porc croissance (%) <sup>(2)</sup>  |
|---|---|--|--|
| Avoine                                      | 4215 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | 93,6 - 2,13 CB   |  |
| Avoine décortiquée                          |   |  |  |
| Blé dur                                     | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (96,7 - 3,79 CB + 2 x (98,2 - 4,01 CB)) / 3              | 89,7 - 2,38 CB                         |
| Blé tendre                                  |   |  |  |
| Mais  | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (97,3 - 3,83 CB + 97,4 - 3,11 ADF + 88,0) / 3            | (90,7 - 3,39 CB + 88,9 - 0,78 NDF) / 2 |
| Orge  | 4176 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (2 x (94,2 - 2,53 CB) + 90,9 - 1,72 ADF) / 3             |  |
| Riz cargo                                   | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | EDg / EB   | 84,7 - 2,34 MM - 1,31 CB + 0,92 MAT    |
| Seigle                                      | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Sorgho                                      | 4215 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Triticale                                   | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (2 x (94,7 - 3,33 CB) + 87,3) / 3                        | 96,2 - 4,51 CB                         |
| Remoulage de blé dur                        |   |  |  |
| Son de blé dur                              |   |  |  |
| Farine basse de blé tendre                  | 4215 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Remoulage blanc de blé tendre               |   |  |  |
| Remoulage demi-blanc de blé tendre          |   | (96,7 - 3,79 CB + 99,4 - 0,92 NDF + 98,2 - 4,01 CB) / 3  | 89,7 - 2,38 CB                         |
| Son de blé tendre                           |   |  |  |
| Drèches de distillerie de blé, amidon < 7 % |   |  |  |
| Drèches de distillerie de blé, amidon > 7 % |   |  |  |
| Gluten feed de blé, amidon 25 %             | 4278 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Gluten feed de blé, amidon 28 %             |   |  |  |
| Corn gluten feed                            | 4215 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Corn gluten meal                            | 4448 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Drèches et solubles de distillerie de maïs  | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MGH - 44,6 MM | (97,3 - 3,83 CB + 97,4 - 3,11 ADF + 100,0 - 4,04 CB) / 3 |  |
| Farine fourragère de maïs                   | 4215 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Son de maïs                                 | 4278 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  | (90,7 - 3,39 CB + 88,9 - 0,78 NDF) / 2 |
| Tourteau de germes de maïs déshuilé         |   |  |  |
| Tourteau de germes de maïs expeller         | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (97,3 - 3,83 CB + 97,4 - 3,11 ADF + 100 - 4,04 CB) / 3   |  |
| Tourteau de maïs de semoulerie              |   |  |  |
| Drèches d'orge de brasserie déshydratées    | EBg   |  | dNg                                    |
| Radicelles d'orge de brasserie déshydratées | 4097 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | (94,2 - 2,53 CB + 90,9 - 1,72 ADF) / 2                   |  |
| Brisures de riz                             | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  | EDg / EB   | dNg                                    |
| Son de riz déshuilé                         | 4278 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |
| Son de riz gras                             | 4278 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM  |  |  |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Graine de colza                               | 4256 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Graine de coton                               | 4256 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   | dNg                                       |
| Féverole à fleurs blanches                    | 4053 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Féverole à fleurs colorées                    | 4256 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   | dNg                                       |
| Graine de lin                                 |  |  |   |
| Lupin blanc                                   | 4053 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Lupin bleu                                    | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Pois  |  |  |   |
| Pois chiche                                   | 4094 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Graine de soja extrudée                       |  |  |   |
| Graine de soja toastée                        |  |  |   |
| Graine de tourmesol                           |  |  |   |
| Tourteau d'arachide, cellulose < 9 %          | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Tourteau d'arachide, cellulose > 9 %          |  |  |   |
| Tourteau de cacao                             | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   | dNg                                       |
| Tourteau de colza                             | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | (97,2 - 1,34 ADF + 106,0 - 1,21 NDF) / 2                   | (110,0 - 1,53 ADF + 116,0 - 1,31 NDF) / 2 |
| Tourteau de coprah expeller                   | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Tourteau de coton déshuilé, cellulose 7-14 %  |  |  |   |
| Tourteau de coton déshuilé, cellulose 14-20 % | 4256 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Tourteau de lin déshuilé                      |  |  |   |
| Tourteau de lin expeller                      | 4094 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   | dNg                                       |
| Tourteau de palmiste expeller                 |  |  |   |
| Tourteau de pépins de raisin déshuilé         |  |  |   |
| Tourteau de sésame expeller                   | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Tourteau de soja 46                           |  |  |   |
| Tourteau de soja 48                           | 4094 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | (92,2 - 1,01 CB + 94,8 - 0,71 NDF + 95,0 - 0,71 NDF) / 3   | (95,4 - 1,39 CB + 101,0 - 0,96 NDF) /     |
| Tourteau de soja 50                           |  |  |   |
| Tourteau de tourmesol non décortiqué          | 4094 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | (90,8 - 1,27 CB + 94,9 - 1,32 ADF + 98,9 - 1,04 NDF) / 3   | (96,2 - 0,87 CB + 100,0 - 0,67 NDF) / 2   |
| Tourteau de tourmesol part, décortiqué        |  |  |   |
| Amidon de maïs                                | EBg  |  |   |
| Manioc, amidon 67 %                           | 4085 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | (99,8 - 1,52 CB - 0,88 MM + 102,2 - 1,79 CB - 1,10 MM) / 2 |   |
| Manioc, amidon 72 %                           |  |  |   |
| Patate douce déshydratée                      | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Pomme de terre entière déshydratée            |  |  |   |
| Concentré protéique de luzerne                | 4388 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | 102,6 - 1,06 MM - 0,79 NDF                                 |   |
| Concentré protéique de pomme de terre         |  |  |   |
| Coques de cacao                               | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Coques de soja                                     | 3909 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | (92,2 - 1,01 CB + 94,8 - 0,71 NDF + 95,0 - 0,71 NDF) / 3 | (95,4 - 1,39 CB + 101,0 - 0,96 NDF) / 2 |
| Cosses de sarrasin                                 | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   | dNg                                     |
| Farine de gousse de caroube                        | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | 100,5 - 0,79 MM - 0,88 NDF - 1,18 LIGN                   | dNg                                     |
| Levure de brasserie déshydratée                    | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Marc de raisin                                     |  |  |   |
| Mélasses de betterave                              | 4037 + 14,73 MAT + 52,4 MG - 44,6 MM           |  |   |
| Mélasses de canne                                  |  |  |   |
| Pépins de raisin                                   | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Puïpe d'agrumes déshydratée                        | 4085 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Puïpe de betterave déshydratée                     | 4037 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Puïpe de betterave déshydratée mélassée            | 4037 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  | dNg                                     |
| Puïpe de betterave surpressée                      | 4037 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Puïpe de pomme de terre déshydratée                | EBg  |  |   |
| Purée-pelures de pomme de terre                    | 4037 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | EDg / EB   |   |
| Vinasse d'acide glutamique                         |  |  |   |
| Vinasse de levurerie                               | 4037 + 14,73 MAT + 52,4 MG - 44,6 MM           |  |   |
| Vinasse déminéralisée (mélange)                    |  |  |   |
| Herbe déshydratée                                  | 4186 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  | dNg                                     |
| Luzerne déshydratée, protéines < 16 %              |  |  |   |
| Luzerne déshydratée, protéines 17-18 %             |  |  |   |
| Luzerne déshydratée, protéines 18-19 %             | 4140 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM | 40,0 - 0,9 (NDF - 50,3)                                  | dNg                                     |
| Luzerne déshydratée, protéines 22-25 %             |  |  |   |
| Paille de blé                                      | 4186 + 14,73 MAT + 9,25 CB + 52,4 MG - 44,6 MM |  |   |
| Lactosérum acide déshydraté                        |  |  |   |
| Lactosérum doux écrémé déshydraté                  | 3963 + 14,73 MAT + 52,4 MGH - 44,6 MM          |  |   |
| Poudre de lait écrémé                              |  |  |   |
| Poudre de lait entier                              |  |  |   |
| Concentré de protéines solubles de poisson, gras   |  |  |   |
| Concentré de protéines solubles de poisson, maigre |  |  |   |
| Farine de poisson type 62                          | 4140 + 14,73 MAT + 52,4 MGH - 44,6 MM          |  |   |
| Farine de poisson type 65                          |  |  |   |
| Farine de poisson type 70                          |  |  |   |

<sup>(1)</sup> A partir de Tran et Sauvart (2002) ou équation générique EBg (kcal) = 54,93 MAT + 93,01 MG + 41,57 Amidon + 39,54 Sucres + 45,01 NDF + 42,36 (100 - MM - MAT - MG - Amidon - Sucres-NDF) (données de composition chimique en % ; J. Noblet, non publié) ; si pas d'équation, une valeur moyenne a été proposée (voir annexe 2)

<sup>(2)</sup> A partir de compilation de données de la bibliographie ou des équations génériques : EDg (kcal) = 53,78 MAT + 75,76 MG + 41,11 Amidon + 7,65 NDF + 38,96 (100 - (MAT + MM + Amidon + NDF + MG)) (données de composition chimique en % ; J. Noblet, non publié) et dNg (%) = 84,7 - 2,34 MM - 1,31 CB + 0,92 MAT (Noblet et Perez 1993) ; si pas d'équation, une valeur moyenne issue de la bibliographie a été proposée (voir annexe 2)

**Annexe 2.** Teneurs moyennes en énergie brute (kcal/kg MS) et coefficients moyens d'utilisation de l'azote et de l'énergie (%) chez le porc en croissance et la truie adulte(1). Le fichier correspondant est disponible à : [http://www.inapg.inra.fr/dsa/afz/tables/energie\\_porc.htm](http://www.inapg.inra.fr/dsa/afz/tables/energie_porc.htm)

| Nom  | EB   | dEc  | EDt/EDc | EMc/EDc | ENc/EMc | EMt/EDt | ENt/EMt | a <sup>(2)</sup> | b <sup>(2)</sup> | dN   |
|--|------|------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|------------------|------|
| Avoine   | 4656 | 64,1 | 106,3   | 96,2    | 74,9    | 95,2    | 74,5    | 0,60             | 1,057            | 75,0 |
| Avoine décortiquée                             | 4484 | 83,7 | 102,1   | 96,8    | 76,5    | 96,1    | 76,7    | 0,60             | 1,032            | 80,0 |
| Blé dur  | 4425 | 85,4 | 102,2   | 96,5    | 76,8    | 96,0    | 76,7    | 0,72             | 1,029            | 82,3 |
| Blé tendre                                     | 4351 | 87,6 | 101,8   | 97,0    | 78,3    | 96,5    | 78,2    | 0,72             | 1,029            | 83,6 |
| Maïs   | 4463 | 87,9 | 104,0   | 97,6    | 80,1    | 97,1    | 79,6    | 1,67             | 1,030            | 80,9 |
| Orge   | 4390 | 80,6 | 102,7   | 96,8    | 76,7    | 96,1    | 76,8    | 0,60             | 1,036            | 75,0 |
| Riz cargo                                      | 4299 | 97,5 | 100,3   | 97,8    | 80,0    | 97,6    | 80,0    | 0,72             | 1,005            | 89,8 |
| Seigle   | 4294 | 83,9 | 102,6   | 97,0    | 77,3    | 96,2    | 77,5    | 0,72             | 1,034            | 70,9 |
| Sorgho   | 4502 | 87,3 | 101,8   | 97,5    | 78,9    | 97,1    | 78,9    | 0,72             | 1,030            | 75,0 |
| Triticale                                      | 4311 | 86,3 | 101,7   | 97,1    | 78,4    | 96,6    | 78,3    | 0,60             | 1,031            | 84,1 |
| Remoulage de blé dur                           | 4606 | 65,6 | 107,0   | 95,5    | 73,6    | 94,7    | 73,3    | 0,72             | 1,051            | 70,2 |
| Son de blé dur                                 | 4585 | 52,4 | 112,3   | 94,9    | 72,5    | 93,8    | 71,5    | 0,72             | 1,078            | 62,0 |
| Farine basse de blé tendre                     | 4515 | 90,1 | 101,3   | 96,9    | 77,0    | 96,5    | 77,2    | 0,72             | 1,025            | 85,6 |
| Remoulage blanc de blé tendre                  | 4553 | 75,5 | 104,3   | 95,9    | 74,0    | 95,1    | 74,2    | 0,72             | 1,038            | 76,4 |
| Remoulage demi-blanc de blé tendre             | 4542 | 66,4 | 106,8   | 95,3    | 72,2    | 94,3    | 72,3    | 0,72             | 1,049            | 70,7 |
| Son de blé tendre                              | 4511 | 56,8 | 110,4   | 94,8    | 70,8    | 93,6    | 70,6    | 0,72             | 1,068            | 64,7 |
| Drèches de distillerie de blé, amidon < 7 %    | 5125 | 58,6 | 108,8   | 92,3    | 63,9    | 90,9    | 64,8    | 0,72             | 1,051            | 65,5 |
| Drèches de distillerie de blé, amidon > 7 %    | 4864 | 73,7 | 104,5   | 93,6    | 65,8    | 92,2    | 67,3    | 0,72             | 1,033            | 75,1 |
| Gluten feed de blé, amidon 25 %                | 4439 | 72,5 | 105,0   | 95,1    | 70,3    | 93,7    | 71,6    | 0,72             | 1,042            | 75,0 |
| Gluten feed de blé, amidon 28 %                | 4546 | 70,2 | 105,7   | 95,4    | 70,9    | 94,2    | 71,7    | 0,72             | 1,046            | 73,3 |
| Corn gluten feed                               | 4468 | 65,7 | 116,4   | 94,2    | 67,0    | 92,5    | 68,1    | 1,67             | 1,051            | 60,4 |
| Corn gluten meal                               | 5510 | 94,1 | 102,0   | 92,2    | 64,3    | 91,9    | 65,2    | 1,67             | 0,996            | 86,8 |
| Drèches et solubles de distillerie de maïs     | 4628 | 65,9 | 115,9   | 93,6    | 66,6    | 91,9    | 67,7    | 1,67             | 1,047            | 61,8 |
| Farine fourragère de maïs                      | 4632 | 72,6 | 111,7   | 97,0    | 77,9    | 96,0    | 76,9    | 1,67             | 1,045            | 67,1 |
| Son de maïs                                    | 4506 | 45,2 | 138,4   | 96,0    | 75,8    | 94,5    | 72,3    | 1,67             | 1,104            | 41,8 |
| Tourteau de germes de maïs déshuilé            | 4658 | 73,5 | 104,8   | 93,4    | 63,9    | 91,6    | 65,7    | 0,72             | 1,036            | 70,5 |
| Tourteau de germes de maïs expeller            | 4964 | 75,0 | 104,0   | 96,2    | 76,8    | 95,2    | 77,0    | 0,72             | 1,036            | 70,5 |
| Tourteau de maïs de semoulerie                 | 4540 | 74,2 | 110,7   | 96,1    | 75,4    | 94,9    | 75,1    | 1,67             | 1,041            | 67,7 |
| Drèches d'orge de brasserie déshydratées       | 4900 | 52,4 | 109,8   | 92,3    | 67,9    | 91,0    | 67,5    | 0,60             | 1,067            | 77,0 |
| Radicelles d'orge de brasserie déshydratées    | 4415 | 60,0 | 107,7   | 93,0    | 64,6    | 91,6    | 65,1    | 0,60             | 1,057            | 73,8 |
| Brisures de riz                                | 4311 | 93,8 | 100,4   | 97,7    | 81,7    | 97,6    | 81,2    | 0,72             | 1,041            | 88,9 |
| Son de riz déshuilé                            | 4220 | 58,0 | 111,4   | 95,5    | 73,5    | 94,5    | 72,5    | 0,84             | 1,067            | 56,5 |
| Son de riz gras                                | 5133 | 64,5 | 107,4   | 96,8    | 80,6    | 96,1    | 79,2    | 0,84             | 1,051            | 56,5 |
| Graine de colza                                | 6836 | 83,0 | 102,3   | 97,0    | 78,3    | 96,3    | 78,9    | 0,72             | 0,976            | 80,0 |
| Graine de coton                                | 5753 | 61,3 | 107,2   | 95,0    | 71,0    | 93,6    | 70,8    | 0,72             | 1,025            | 62,2 |
| Féverole à fleurs blanches                     | 4475 | 86,0 | 102,2   | 94,4    | 70,4    | 93,8    | 70,4    | 0,72             | 1,021            | 83,0 |
| Féverole à fleurs colorées                     | 4479 | 83,0 | 102,8   | 94,6    | 71,0    | 93,9    | 70,9    | 0,72             | 1,025            | 81,0 |
| Graine de lin                                  | 6402 | 72,6 | 103,8   | 95,8    | 77,9    | 94,9    | 78,0    | 0,72             | 1,025            | 83,2 |
| Lupin blanc                                    | 5060 | 81,0 | 105,9   | 92,9    | 64,4    | 91,6    | 65,7    | 1,43             | 1,019            | 84,0 |
| Lupin bleu                                     | 4849 | 77,0 | 110,4   | 92,6    | 62,2    | 91,0    | 63,9    | 1,91             | 1,026            | 84,0 |
| Pois   | 4366 | 88,0 | 103,6   | 95,3    | 73,2    | 94,6    | 73,1    | 1,43             | 1,023            | 84,0 |
| Pois chiche                                    | 4708 | 87,0 | 103,7   | 96,0    | 75,1    | 95,5    | 75,1    | 1,43             | 1,024            | 80,0 |
| Graine de soja extrudée                        | 5530 | 78,0 | 108,6   | 93,8    | 71,9    | 93,0    | 71,8    | 1,91             | 1,017            | 85,0 |
| Graine de soja toastée                         | 5614 | 78,0 | 108,5   | 93,9    | 72,4    | 93,2    | 72,2    | 1,91             | 1,016            | 85,0 |
| Graine de tournesol                            | 6849 | 71,0 | 104,4   | 97,1    | 83,7    | 96,5    | 82,4    | 0,72             | 0,976            | 80,0 |
| Tourteau d'arachide détoxifié, cellulose < 9 % | 4917 | 83,1 | 102,7   | 91,2    | 61,3    | 90,4    | 62,1    | 0,72             | 1,009            | 90,0 |
| Tourteau d'arachide détoxifié, cellulose > 9 % | 4834 | 78,3 | 103,7   | 90,4    | 58,6    | 89,7    | 59,3    | 0,72             | 1,012            | 90,0 |
| Tourteau de cacao                              | 4295 | 61,3 | 108,7   | 92,3    | 61,1    | 90,6    | 62,0    | 0,72             | 1,054            | 65,8 |
| Tourteau de colza                              | 4611 | 67,5 | 107,4   | 91,7    | 59,7    | 90,4    | 61,0    | 0,84             | 1,037            | 75,4 |
| Tourteau de coprah expeller                    | 4767 | 54,2 | 110,9   | 93,3    | 68,0    | 91,8    | 67,9    | 0,72             | 1,066            | 71,1 |
| Tourteau de coton déshuilé, cellulose 7-14 %   | 4900 | 72,7 | 104,8   | 90,8    | 60,1    | 90,0    | 61,0    | 0,72             | 1,020            | 93,4 |
| Tourteau de coton déshuilé, cellulose 14-20 %  | 4858 | 66,2 | 106,5   | 91,3    | 57,9    | 89,9    | 59,3    | 0,72             | 1,036            | 80,3 |
| Tourteau de lin déshuilé                       | 4610 | 75,8 | 104,3   | 91,8    | 61,5    | 90,2    | 63,1    | 0,72             | 1,026            | 87,9 |

|   |      |       |       |      |      |      |      |      |       |       |
|---|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Tourteau de lin expeller                  | 4882 | 75,2  | 104,2 | 92,6 | 65,0 | 91,1 | 66,3 | 0,72 | 1,026 | 86,2  |
| Tourteau de palmiste expeller             | 4803 | 42,3  | 118,0 | 92,6 | 68,6 | 90,6 | 68,0 | 0,72 | 1,105 | 63,2  |
| Tourteau de pépins de raisin déshuilé     | 4636 | 31,9  | 119,5 | 92,2 | 45,5 | 89,0 | 46,7 | 0,48 | 1,171 | 23,1  |
| Tourteau de sésame expeller               | 4956 | 78,9  | 103,2 | 91,9 | 66,5 | 91,1 | 67,1 | 0,72 | 1,014 | 90,6  |
| Tourteau de soja 46                       | 4659 | 85,0  | 106,3 | 91,4 | 60,5 | 90,3 | 62,0 | 1,91 | 1,012 | 86,6  |
| Tourteau de soja 48                       | 4703 | 85,2  | 106,2 | 91,3 | 60,5 | 90,3 | 61,9 | 1,91 | 1,010 | 86,8  |
| Tourteau de soja 50                       | 4697 | 87,7  | 105,0 | 91,1 | 60,8 | 90,2 | 62,1 | 1,91 | 1,007 | 90,2  |
| Tourteau de tourmesol non décortiqué      | 4626 | 52,1  | 114,3 | 91,2 | 55,9 | 89,7 | 56,7 | 0,84 | 1,068 | 70,0  |
| Tourteau de tourmesol part, décortiqué    | 4628 | 58,9  | 110,8 | 91,0 | 56,8 | 89,7 | 57,6 | 0,84 | 1,050 | 74,3  |
| Amidon de maïs                            | 4185 | 98,0  | 100,0 | 98,8 | 81,7 | 98,5 | 81,9 | 0,00 | 1,000 | 0,0   |
| Manioc, amidon 67 %                       | 3937 | 86,6  | 102,2 | 98,3 | 81,4 | 97,8 | 80,9 | 0,72 | 1,028 | 30,0  |
| Manioc, amidon 72 %                       | 4073 | 92,9  | 101,3 | 98,4 | 80,5 | 98,0 | 80,4 | 0,72 | 1,001 | 30,0  |
| Patate douce déshydratée                  | 4145 | 90,4  | 101,5 | 98,1 | 79,3 | 97,7 | 79,3 | 0,72 | 1,017 | 60,0  |
| Pomme de terre entière déshydratée        | 4080 | 91,2  | 101,4 | 97,6 | 78,5 | 97,1 | 78,5 | 0,72 | 1,014 | 60,0  |
| Concentré protéique de luzerne            | 5149 | 83,3  | 102,0 | 91,8 | 63,7 | 90,9 | 64,9 | 0,72 | 1,035 | 85,0  |
| Concentré protéique de pomme de terre     | 5313 | 94,5  | 100,7 | 89,4 | 59,0 | 89,0 | 59,8 | 0,72 | 1,002 | 95,0  |
| Coques de cacao                           | 4477 | 20,0  | 136,7 | 93,0 | 68,6 | 91,0 | 63,3 | 0,48 | 1,201 | 0,0   |
| Coques de soja                            | 4355 | 51,4  | 136,8 | 93,2 | 53,4 | 90,5 | 57,6 | 1,91 | 1,059 | 41,5  |
| Cosses de sarrasin                        | 4575 | 24,7  | 128,5 | 91,2 | 46,3 | 88,3 | 47,2 | 0,48 | 1,235 | 27,0  |
| Farine de gousse de caroube               | 4164 | 51,3  | 109,5 | 96,7 | 70,5 | 95,9 | 69,3 | 0,48 | 1,088 | 69,9  |
| Levure de brasserie déshydratée           | 4776 | 85,0  | 102,3 | 91,4 | 62,4 | 90,1 | 64,0 | 0,72 | 1,011 | 85,0  |
| Marc de raisin                            | 4505 |       |       |      |      |      |      |      |       |       |
| Mélasses de betterave                     | 3685 | 85,0  | 103,0 | 97,2 | 68,5 | 97,0 | 68,6 | 0,72 | 1,000 | 50,0  |
| Mélasses de canne                         | 3573 | 85,0  | 103,0 | 98,1 | 69,9 | 97,8 | 70,3 | 0,72 | 1,000 | 40,0  |
| Pépins de raisin                          | 5185 | 39,0  | 112,8 | 94,4 | 66,2 | 91,9 | 64,6 | 0,48 | 1,125 | 29,9  |
| Pulpe d'agrumes déshydratée               | 4186 | 74,0  | 111,3 | 95,6 | 64,6 | 93,2 | 66,9 | 1,67 | 1,047 | 57,1  |
| Pulpe de betterave déshydratée            | 4060 | 72,0  | 112,9 | 94,3 | 60,2 | 91,2 | 63,4 | 1,67 | 1,049 | 49,8  |
| Pulpe de betterave déshydratée mélassée   | 4077 | 73,0  | 112,3 | 94,4 | 60,4 | 91,4 | 63,4 | 1,67 | 1,048 | 51,7  |
| Pulpe de betterave surpressée             | 4086 | 72,0  | 113,0 | 94,1 | 59,7 | 90,9 | 63,0 | 1,67 | 1,049 | 49,9  |
| Pulpe de pomme de terre déshydratée       | 4210 | 71,6  | 107,8 | 96,6 | 72,1 | 95,0 | 72,2 | 0,96 | 1,039 | 57,2  |
| Purée-pelures de pomme de terre           | 4019 | 89,4  | 102,4 | 96,0 | 73,2 | 94,7 | 74,3 | 0,96 | 1,008 | 73,6  |
| Vinasse d'acide glutamique                | 4838 | 75,0  | 100,0 | 90,4 | 59,4 | 90,2 | 59,2 | 0,00 | 1,000 | 75,0  |
| Vinasse de levurerie                      | 4554 | 75,0  | 100,0 | 90,2 | 59,9 | 90,0 | 59,5 | 0,00 | 1,000 | 75,0  |
| Vinasse déminéralisée (mélange)           | 4732 | 75,0  | 100,0 | 90,8 | 59,9 | 90,6 | 59,8 | 0,00 | 1,000 | 75,0  |
| Herbe déshydratée                         | 4465 | 38,0  | 122,1 | 92,7 | 58,6 | 90,8 | 59,1 | 0,72 | 1,114 | 45,7  |
| Luzerne déshydratée, protéines < 16 %     | 4302 | 40,0  | 120,5 | 92,7 | 53,0 | 90,0 | 55,1 | 0,72 | 1,113 | 31,3  |
| Luzerne déshydratée, protéines 17-18 %    | 4301 | 42,6  | 118,3 | 92,8 | 54,5 | 90,2 | 56,3 | 0,72 | 1,102 | 35,3  |
| Luzerne déshydratée, protéines 18-19 %    | 4299 | 43,8  | 117,4 | 92,8 | 55,2 | 90,3 | 56,9 | 0,72 | 1,097 | 37,2  |
| Luzerne déshydratée, protéines 22-25 %    | 4279 | 51,2  | 112,8 | 92,7 | 58,7 | 90,7 | 59,9 | 0,72 | 1,070 | 48,2  |
| Paille de blé                             | 4420 | 12,0  | 155,7 | 88,6 | 54,2 | 87,5 | 54,1 | 0,36 | 1,000 | 0,0   |
| Lactosérum acide déshydraté               | 3686 | 95,0  | 100,0 | 97,1 | 81,7 | 96,9 | 80,9 | 0,00 | 1,041 | 95,0  |
| Lactosérum doux écrémé déshydraté         | 3868 | 95,0  | 100,0 | 96,8 | 83,4 | 96,6 | 82,3 | 0,00 | 1,041 | 95,0  |
| Poudre de lait écrémé                     | 4375 | 95,0  | 100,0 | 94,1 | 73,3 | 93,9 | 73,1 | 0,00 | 1,028 | 95,0  |
| Poudre de lait entier                     | 5619 | 93,0  | 100,0 | 96,5 | 78,9 | 96,4 | 79,2 | 0,00 | 1,011 | 95,0  |
| Concentré de protéines de poisson, gras   | 6105 | 85,0  | 100,0 | 91,9 | 69,4 | 91,8 | 69,1 | 0,00 | 1,000 | 85,0  |
| Concentré de protéines de poisson, maigre | 5281 | 85,0  | 100,0 | 89,6 | 60,9 | 89,4 | 60,7 | 0,00 | 1,000 | 85,0  |
| Farine de poisson type 62                 | 4644 | 85,0  | 100,0 | 90,5 | 65,0 | 90,3 | 64,8 | 0,00 | 1,000 | 85,0  |
| Farine de poisson type 65                 | 4948 | 85,0  | 100,0 | 90,5 | 64,8 | 90,3 | 64,6 | 0,00 | 1,000 | 85,0  |
| Farine de poisson type 70                 | 5210 | 85,0  | 100,0 | 90,4 | 64,5 | 90,3 | 64,2 | 0,00 | 1,000 | 85,0  |
| Corps gras                                | 9380 | 85,0  | 100,0 | 99,4 | 89,7 | 99,3 | 89,8 | 0,00 | 1,000 |       |
| L-Lysine HCL                              | 4807 | 100,0 | 100,0 | 90,9 | 77,9 | 90,8 | 77,9 | 0,00 | 1,000 | 100,0 |
| L-thréonine                               | 4140 | 100,0 | 100,0 | 91,6 | 77,7 | 91,5 | 77,8 | 0,00 | 1,000 | 100,0 |
| L-tryptophane                             | 6600 | 100,0 | 100,0 | 94,0 | 77,3 | 93,9 | 77,3 | 0,00 | 1,000 | 100,0 |
| DL-méthionine                             | 5668 | 100,0 | 100,0 | 94,9 | 77,1 | 94,8 | 77,1 | 0,00 | 1,000 | 100,0 |

<sup>(1)</sup> Valeurs estimées à partir des équations de l'annexe 1 et relativement à la composition chimique donnée dans les Tables INRA & AFZ ou à partir de moyennes de données de la bibliographie.

<sup>(2)</sup> a = (EDt-EDc) / MONDc ; b = 100 x dMOC/dEc (voir texte pour méthode simplifiée de calcul de EDt/EDc).