

## Teneur en énergie métabolisable des céréales françaises pour les volailles. Synthèse d'enquêtes annuelles

La production française d'aliments composés est en constante progression et est évaluée à 18,3 millions de tonnes pour 1990 (Source SNIA-SYNCO PAC). Cet accroissement de production se traduit par une augmentation des quantités de céréales utilisées même si leur proportion dans l'aliment tend à diminuer au profit des produits de substitution tels que manioc ou Corn gluten feed. En effet le pourcentage moyen d'incorporation des céréales est actuellement inférieur à 50 %. Malgré cela, les céréales demeurent un produit de base de l'alimentation animale à cause de l'apport énergétique élevé indispensable à l'alimentation des animaux monogastriques et des volailles en particulier. L'énergie métabolisable est à ce titre un bon indicateur.

Les enquêtes "qualité" réalisées depuis 1980 par l'ITCF, l'ONIC, l'AGPM et l'INRA s'inscrivent dans la perspective de mieux connaître la composition et la valeur alimentaire des céréales françaises. Un autre objectif de ces enquêtes est d'informer, dès la récolte, les utilisateurs sur la qualité de ces céréales.

La participation des instituts techniques et offices céréaliers consiste à la mise en place

sur le terrain d'un réseau de culture et de collecte des échantillons élémentaires dès la récolte ou auprès des organismes stockeurs, puis à l'élaboration des échantillons représentatifs des zones de prélèvement. Ces échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique dans plusieurs laboratoires.

Pour sa part l'INRA (Unité d'Évaluation des Matières Premières Alimentaires et la Station de Recherches Avicoles) a effectué la mesure *in vivo* de la valeur en Énergie Métabolisable (EM) des échantillons. Blé, orge, maïs, sorgho, avoine, seigle et triticales ont ainsi fait l'objet d'enquêtes dont la plupart sont achevées. Lors de chaque campagne céréalière les résultats sont publiés par voie de presse ou même par télématique ces dernières années et ils sont directement exploitables par les utilisateurs de céréales. Néanmoins il nous a paru intéressant de dresser un tableau des principaux résultats obtenus, en particulier des valeurs d'EM qui conditionnent largement le prix d'intérêt et donc le pourcentage d'incorporation de céréales dans les aliments composés.

Un travail similaire portant sur les mélanges nationaux a été conduit sur le porc (Pérez 1989).

### Résumé

Il y a une dizaine d'années débutaient des enquêtes annuelles sur la qualité des céréales. Elles ont été réalisées dans des régions à forte production et ont porté sur la composition chimique et l'évaluation de la teneur en énergie métabolisable pour les volailles (EM). Blé, orge et maïs ont fait l'objet respectivement de 11, 6 et 8 enquêtes. Ce nombre est de 4 pour le sorgho, l'avoine, le seigle et le triticales. Les moyennes suivantes ont été obtenues pour l'EM (kcal/kg MS) : sorgho : 3844, maïs : 3726, blé : 3458, triticales : 3411, orge de printemps 2R : 3227, orge d'hiver 2R : 3207, escourgeon : 3132, seigle : 3131, avoine blanche : 2879, avoine noire : 2660. Le coefficient de variation entre années a été de 1,19 % pour le blé, 1,46 % pour l'orge de printemps, 1,68 % pour l'orge d'hiver, 1,93 % pour l'escourgeon et 0,70 % pour le maïs. Un effet significatif entre années a été mis en évidence pour l'EM de ces céréales sur coqs adultes.

L'origine géographique des échantillons n'a pas donné lieu à des écarts significatifs entre EM d'une zone de production à l'autre, quelle que soit la céréale. La recherche d'équations de prédiction de la valeur de l'EM à partir des valeurs disponibles de la composition chimique a pu aboutir seulement pour l'avoine et le sorgho.

## 1 / Méthodologie des enquêtes

Les enquêtes ont été effectuées pour les céréales suivantes : blé, orge, maïs, sorgho, avoine, triticale et seigle. Elles ont débuté en 1980 pour le blé, l'orge et le sorgho, en 1983 pour le maïs et en 1985 pour l'avoine, le seigle et le triticale. Ces 3 dernières céréales ne font plus à ce jour l'objet d'enquête "qualité". En revanche pour le blé et le maïs l'opération continue sous sa forme initiale. Pour l'orge on se limite aux analyses chimiques sans poursuivre les mesures de valeurs énergétiques.

### 1.1 / Echantillonnage

**Blés :** 40 échantillons élémentaires de blés tendres ont été constitués pour chaque département. Chaque prélèvement est fait directement au champ au moment de la moisson à la sortie de la moissonneuse batteuse. Le nombre de départements enquêtés est passé de 17 en 1980 à 42 en 1987 et 45 en 1990 (cf carte 1). Il en résulte 3 types de mélanges constitués à partir de regroupements : des mélanges variétaux par département ; des mélanges régionaux, soit 10 mélanges représentatifs des variétés et des superficies ; des mélanges nationaux.

Au total 100 échantillons ont été analysés pour leur teneur en EM.

**Orges :** La distinction entre orges à 6 rangs (OH6) ou escourgeons, orges à 2 rangs d'hiver (OH2) et de printemps (OP) a été maintenue au cours de l'enquête. La méthode d'échantillonnage des orges est celle décrite pour le blé. 9 régions sont représentées en permanence dans ces enquêtes pour OH2 et OP, et 6 pour OH6, ce qui a fourni respectivement 54, 54 et 36 échantillons qui ont été soumis aux mesures d'EM.

**Maïs :** Les principales régions productrices sont représentées lors des enquêtes (cf carte 2). 30 prélèvements élémentaires sont effectués chaque année auprès d'organismes stockeurs dans chaque département. Le regroupement à part égale des échantillons départementaux aboutit à des échantillons représentatifs. 48 échantillons ont fait l'objet de mesure d'EM.

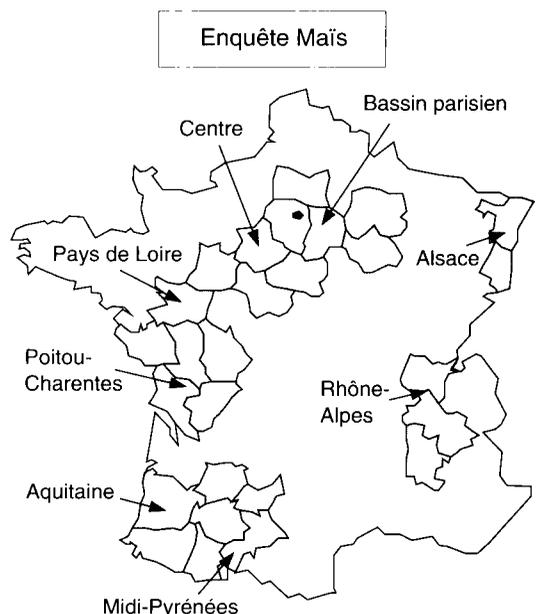
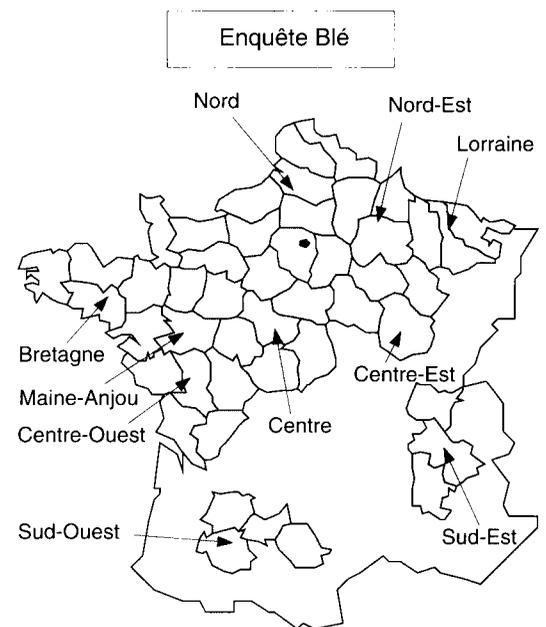
**Sorghos :** Les études se sont déroulées sur 3 années consécutives en 1980, 81 et 82. Il s'agissait de prélèvements par variété et les échantillons de graines ont été constitués à partir de 3 lieux de production ou plus (Midi-Pyrénées, Languedoc, Poitou-Charentes). En 1989 et 1990, quelques échantillons de sorghos ont été à nouveau constitués afin d'estimer la valeur de nouvelles variétés, en moyenne plus pauvres en tanins.

**Avoines :** L'enquête a duré 4 années, de 1985 à 1988. 214 échantillons élémentaires ont été prélevés auprès de 5 organismes stockeurs dans chacun des 9 départements retenus. Il en

est résulté 4 types de mélanges : avoines noires d'hiver et de printemps, avoines blanches d'hiver et de printemps

**Triticales :** De 1985 à 1988, 130 échantillons élémentaires ont été fournis par une dizaine de départements, différemment localisés d'une année sur l'autre, soit 6 départements enquêtés durant les 3 dernières années.

**Seigles :** Récoltés en 1985, 86, 87 et 88, les échantillons élémentaires ont été regroupés par département d'origine de façon à ce que 6 de ces départements soient représentés annuellement à partir de 1986. 120 échantillons au total ont été collectés.



## 1.2 / Analyses

Les mesures suivantes ont été réalisées :

- Poids spécifique (PS) mesuré au niléma-litre : kg/hl
- Matière sèche (MS)
- Poids de 1000 grains (P1000) déterminé par le comptage de grains entiers
- Matières azotées totales (MAT) : méthode de Kjeldahl (N x 6,25)
- Teneur en amidon (AM) : méthode polarimétrique Ewers
- Teneur en cellulose brute (CB) : méthode de Weende
- Teneur en matières grasses (MG) : extrait éthéré
- Mesure des parois (PAR) : teneur en parois végétales insolubles dans l'eau (AFNOR V 18 - Fév. 1989).

## 1.3 / Mesure *in vivo* de l'Energie Métabolisable (EM)

La méthode de mesure utilisée est classique et repose sur la technique du bilan alimentaire appliquée ici à 8 coqs adultes par régime. Les aliments sont donnés *ad libitum* et les excréta font l'objet d'une collecte totale.

Après une période d'accoutumance de 3 jours, les coqs sont mis à jeun 24 heures puis nourris à nouveau pendant 2 jours. Cette période est suivie d'un dernier jeûne de 24 heures. Les excréta sont collectés en totalité pendant les 3 derniers jours. L'EM du régime est égale à la différence entre l'énergie brute ingérée et l'énergie brute excrétée.

Les résultats sont exprimés par rapport à la MS et obtenus à partir des régimes comportant 96,5 % de céréales. Ces mesures ont été assurées par les laboratoires de l'INRA (Magneraud et Station de Recherches Avicoles).

Afin d'éviter tout biais méthodologique, nous avons toujours utilisé le même protocole expérimental que nous avons étalonné 5 ans de suite grâce un mélange en proportions égales d'orge, de blé, de maïs.

Il n'a pas été apporté à ces mesures de correction pour l'azote retenu ni pour les pertes azotées. Il s'agit d'une énergie métabolisable apparente, puisque les pertes énergétiques endogènes ne sont pas évaluées. S'agissant de coqs adultes ces corrections ne sont pas nécessaires, car faibles (Leclercq 1985).

## 2 / Résultats

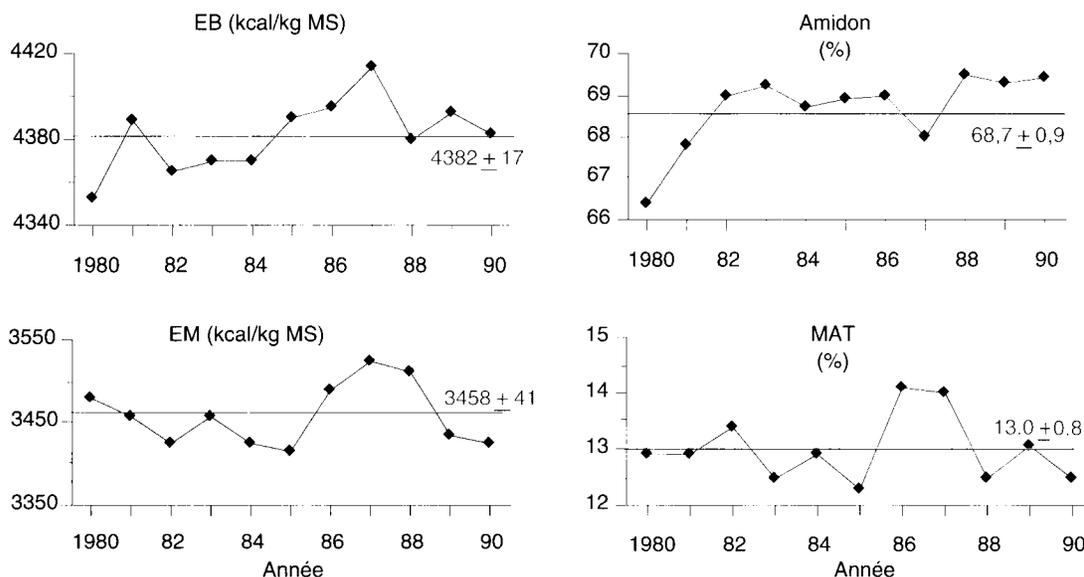
### 2.1 / Le blé

Les caractéristiques moyennes de 1980 à 1990 sont données au tableau 1, les variations annuelles étant représentées sur la figure 1.

|                   | Moyennes 1980-90 | Ecart type | Extrêmes     |
|-------------------|------------------|------------|--------------|
| PS                | 78,1             | 1,9        | 75,9<br>79,7 |
| Poids 1000 grains | 35,0             | 3,3        | 31,4<br>37,8 |
| MAT (% MS)        | 13,0             | 0,8        | 12,3<br>14,2 |
| CB (% MS)         | 2,5              | 0,2        | 2,3<br>2,8   |
| AM (% MS)         | 68,8             | 1,2        | 66,4<br>69,8 |
| EB kcal/kg MS     | 4382             | 17         | 4353<br>4417 |
| EM kcal/kg MS     | 3458             | 41         | 3408<br>3532 |

Tableau 1. Caractéristiques moyennes des mélanges régionaux de blé de 1980 à 1990.

Figure 1. Evolution des caractéristiques moyennes des blés tendres.



**Le blé a une teneur moyenne en EM de 3 458 kcal/kg MS, mais qui varie beaucoup suivant l'année.**

La variation de la teneur moyenne en protéines est importante puisque la différence entre extrêmes atteint jusqu'à 2 points et que le CV dépasse 6 %. Cette variation peut être reliée aux caractéristiques pédo-climatiques des régions enquêtées et aux techniques culturales (Beaux et Martin 1985) et sans doute aux caractéristiques génétiques des variétés.

La teneur en MAT est corrélée positivement avec la teneur en EM et négativement avec la teneur en amidon (tableau 2).

S'agissant de l'EM il n'a pas été mis en évidence d'effet de l'origine géographique, en revanche l'effet année s'est révélé significatif. Les données disponibles n'ont pas permis d'établir d'équation de prédiction satisfaisante.

Tableau 2. Coefficients de corrélation entre les caractéristiques analytiques des blés. Mélanges régionaux de blés de 1980 à 1990 (n = 100).

|    | MAT   | CB    | AM    | EB   |
|----|-------|-------|-------|------|
| CB | 0,10  |       |       |      |
| AM | -0,42 | -0,01 |       |      |
| EB | 0,48  | 0,10  | -0,08 |      |
| EM | 0,26  | 0,11  | -0,11 | 0,13 |

pour  $r > 0,20$ ,  $p < 0,05$

## 2.2 / L'orge

Les valeurs moyennes des teneurs en protéines diffèrent significativement selon le type d'orge : 10,8 % pour l'orge d'hiver à 6 rangs et 12 % MAT/MS pour les orges à 2 rangs. Cet écart diminue avec les années (Seroux et Métayer 1990) en même temps que la teneur moyenne en protéines tend à augmenter. Des observations analogues ont pu être faites concernant la cellulose brute. Les variations annuelles des caractéristiques des 3 types d'orges sont représentées sur la figure 2, les relations entre ces caractéristiques étant mentionnées au tableau 3.

Les teneurs en EB et en EM diffèrent significativement entre orges à 6 rangs et orges à 2 rangs. Quel que soit le type d'orge considéré, l'effet année est significatif s'agissant de l'EM.

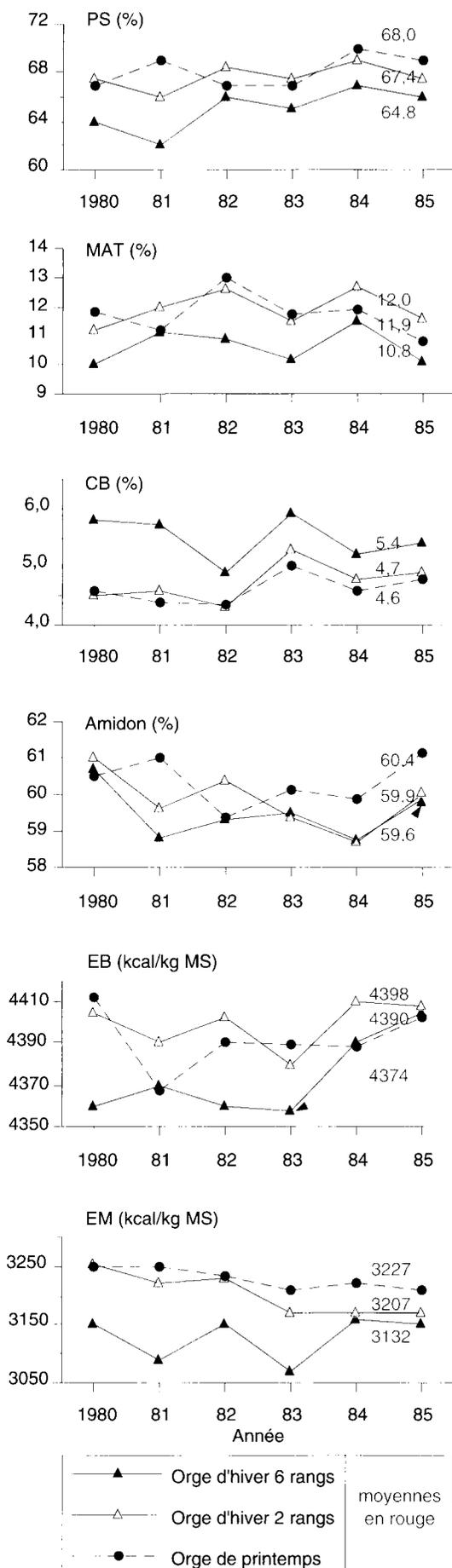
Un regroupement des données relatives aux valeurs de l'EM des orges à 2 rangs permet de mettre en évidence un effet de l'origine géographique à l'avantage des zones septentrionales enquêtées.

Tableau 3. Coefficients de corrélation entre les caractéristiques analytiques des orges, tous types confondus de 1980 à 1985 (n = 143).

|    | MAT   | CB    | AM    | EB   |
|----|-------|-------|-------|------|
| CB | -0,41 |       |       |      |
| AM | -0,52 | -0,30 |       |      |
| EB | 0,42  | -0,23 | -0,14 |      |
| EM | 0,29  | -0,66 | 0,33  | 0,23 |

pour  $r > 0,17$ ,  $p < 0,05$

Figure 2. Evolution des caractéristiques moyennes des orges.



**La valeur énergétique des orges à 2 rangs varie selon leur type, l'année et la région.**

Le calcul d'équations de prédiction de l'EM de l'orge n'a pas abouti à des résultats satisfaisants. En marge de l'enquête habituelle une tentative engagée en 1980 et 1981 était principalement orientée vers l'utilisation du poids spécifique comme seule variable prédictrice de l'EM. A cet effet, au sein des lots variétaux d'orge, 12 échantillons de chacun des 3 types avaient été constitués selon un poids spécifique croissant. La corrélation entre l'EM et le poids spécifique (PS) était de 0,86 toutes orges confondues, mais seulement de 0,61 pour les orges à 6 rangs.

On constate par ailleurs que la valeur du coefficient de corrélation entre les valeurs d'EM et du PS s'abaisse à  $r = 0,42$  quand on considère l'ensemble des données (143). Dès lors le PS utilisé seul comme variable prédictrice n'est pas un bon estimateur de l'EM. Cela tient à la signification même du poids spécifique dont la mesure est très dépendante des modifications de l'état physico-chimique du grain. De plus la corrélation avec la teneur en cellulose brute est faible en moyenne (Pérez et Leuillet 1986, Lelong et Métayer 1981). Aussi les moyennes obtenues demeurent-elles les références proposées.

### 2.3 / Le maïs

Les moyennes annuelles des caractéristiques analytiques sont rassemblées à la figure 3. L'écart-type inter-années est associé à chaque moyenne. Les relations entre ces différentes caractéristiques figurent au tableau 4.

Le tableau 5 montre des valeurs d'EM obtenues à partir d'échantillons régionaux sur 8 années consécutives, soit 48 échantillons. Une analyse de variance appliquée à ces données montre un effet significatif du facteur année ( $CV = 0,7\%$ ) mais non pour le facteur région ( $CV = 0,2\%$ ). Les écarts extrêmes sont de 74 kcal/kg entre moyennes d'années et seulement de 13 kcal/kg entre moyennes régionales. Les EM des échantillons du Sud-ouest se révèlent les moins variables.

En l'absence d'équation de prédiction satisfaisante pour l'EM du maïs, la valeur moyenne de 3726 kcal/kg MS (écart-type inter-années = 26 kcal, écart-type intra-années = 33 kcal) peut être gardée comme une valeur de référence. La relative stabilité des résultats ne doit pas masquer la tendance observée de 1983 à 1989 à la réduction du contenu en EM du maïs

Tableau 4. Coefficients de corrélation entre les caractéristiques analytiques des maïs, toutes régions confondues, de 1983 à 1990 (n = 8).

|    | MAT   | CB   | AM    | EB   |
|----|-------|------|-------|------|
| CB | -0,07 |      |       |      |
| AM | -0,44 | 0,60 |       |      |
| EB | 0,44  | 0,05 | -0,68 |      |
| EM | 0,76  | 0,13 | -0,38 | 0,62 |

pour  $r > 0,82$ ,  $p < 0,05$

Figure 3. Evolution des caractéristiques moyennes des maïs.

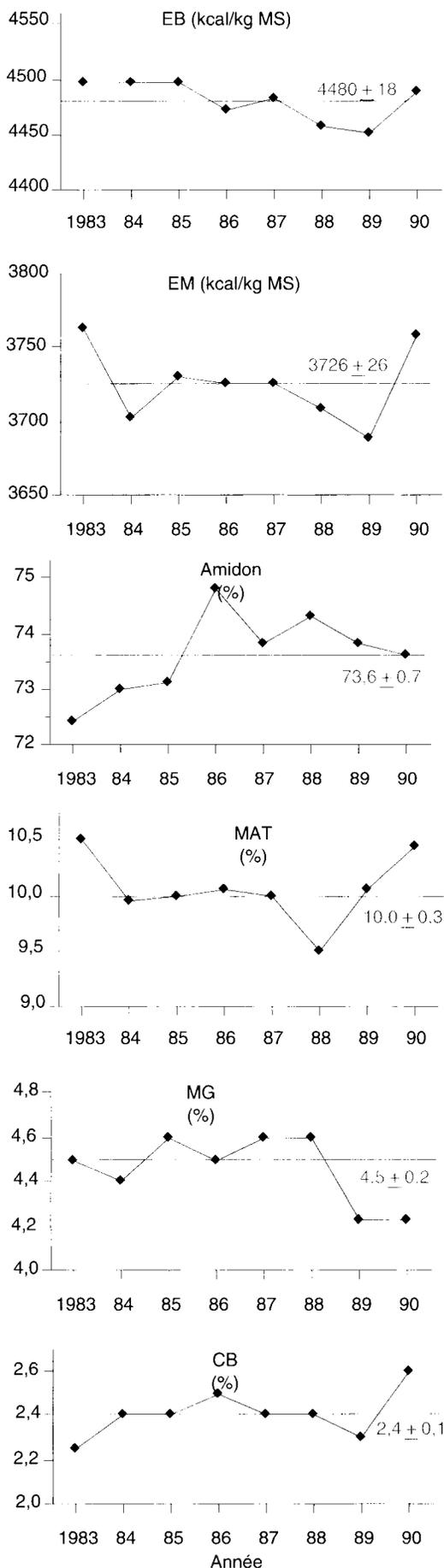


Tableau 5. Teneur en énergie métabolisable (kcal/kg MS) du maïs suivant la région et l'année.

|                          | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | moyenne pluri-annuelle | et * |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|
| Bassin parisien          | 3818 | 3684 | 3774 | 3716 | 3678 | 3699 | 3696 | 3774 | 3730                   | ±52  |
| Centre                   | 3799 | 3708 | 3737 | 3708 | 3723 | 3733 | 3707 | 3791 | 3738                   | ±37  |
| Poitou-Charentes         | 3750 | 3689 | 3708 | 3760 | 3721 | 3732 | 3675 | 3739 | 3722                   | ±30  |
| Rhône-Alpes              | 3744 | 3703 | 3748 | 3761 | 3741 | 3687 | 3661 | 3750 | 3724                   | ±36  |
| Aquitaine                | 3725 | 3719 | 3719 | 3706 | 3746 | 3713 | 3707 | 3761 | 3725                   | ±19  |
| Midi-Pyrénées            | 3741 | 3711 | 3702 | 3707 | 3749 | 3693 | 3685 | 3735 | 3715                   | ±23  |
| Moyenne Annuelle         | 3763 | 3702 | 3731 | 3726 | 3726 | 3709 | 3689 | 3758 | 3726                   | ±26  |
| Energie brute kcal/kg MS | 4496 | 4497 | 4496 | 4473 | 4482 | 4457 | 4451 | 4489 | 4479                   |      |

\* écart-type inter-années.

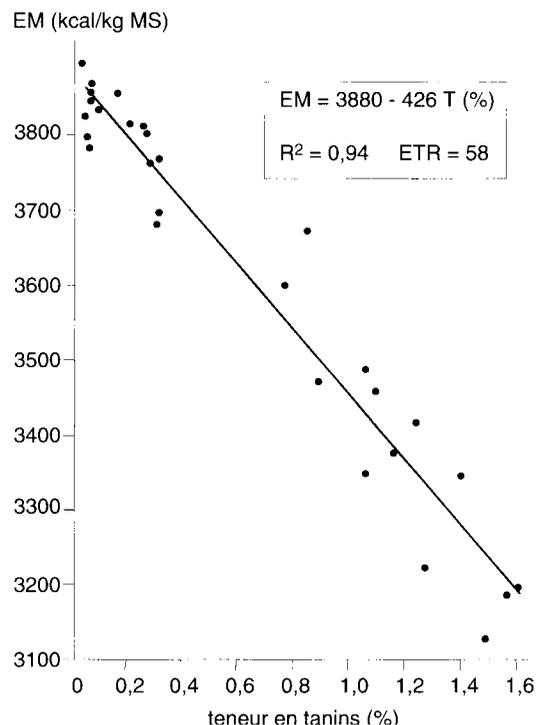
**La teneur en EM, du maïs a été plus variable selon l'année (écart maximum : 74 kcal/kg MS) que selon la région (écart maximum : 13 kcal/kg MS).**

pour la volaille (-2 kcal/an). Cette question déjà évoquée par l'un d'entre nous (Lessire 1985) mériterait une attention particulière. Les chiffres de 1990, en nette progression, inversent cette tendance.

## 2.4 / Le sorgho

La teneur en tanins a été mesurée sur les échantillons variétaux collectés. La méthode de Daiber (1975) a été utilisée. Les 3 premières

Figure 4. Relation entre la teneur en tanins des sorghos et l'énergie métabolisable mesurée sur coqs adultes.



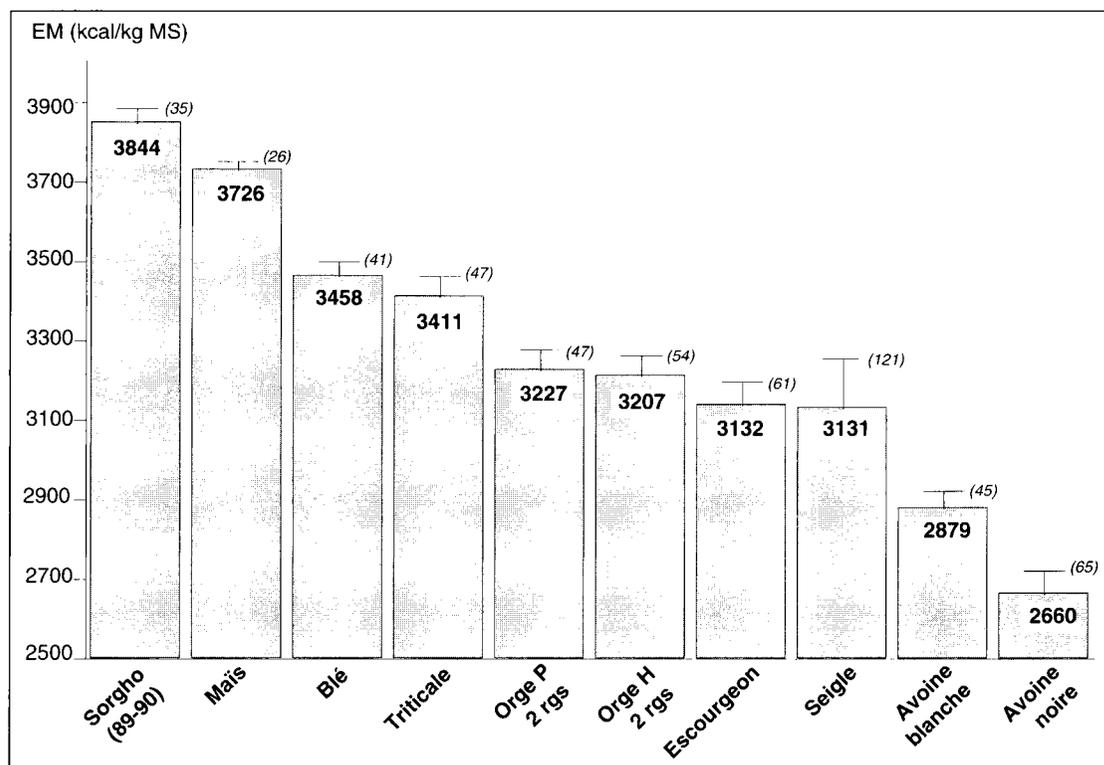
années d'enquête, une grande variabilité de la teneur en tanins a été constatée. Cela tenait à la présence de variétés très riches en tanins comme NK 123 (1,53 %), Sultan (1,61 %) et leur remplacement par des variétés pratiquement dépourvues de tanins (0,06 % en moyenne) en 1989 et 1990. La composition chimique moyenne des échantillons de sorgho, en % de la MS est la suivante : MAT 12 %, CB 2,3 %, MG 3,6 %, AM 72,6 %.

L'équation de prédiction (figure 4) associe étroitement la valeur de l'EM sur coqs à la teneur en tanins. La présence de tanins a également été retenue par Pérez et Bourdon (1984) comme source majeure de variation de la valeur alimentaire des sorghos pour le porc, affectant à la fois sa valeur énergétique et la digestibilité des protéines de cette céréale. La disparition progressive de variétés riches en tanins limite le champ d'application d'une telle équation de prédiction. Notons que les valeurs récemment obtenues pour l'EM des sorghos placent ceux-ci à un niveau supérieur à celui des maïs dans les conditions françaises de production (figure 5), avec une moyenne de 3844 kcal/kg MS (± 35).

## 2.5 / L'avoine

L'étude de la qualité des avoines s'est faite en fonction de la précocité (hiver et printemps) et de la couleur (noire et blanche). Les résultats font apparaître des différences significatives entre avoines blanches et avoines noires pour ce qui concerne l'EM (tableau 6). En revanche l'effet précocité n'est pas significatif. Le tableau des corrélations (tableau 7) indique que le choix de l'amidon comme variable prédictive peut être retenu, aucun critère supplémentaire ne venant améliorer valablement la prédiction  $EM \text{ kcal/kg MS} = 763 + 48,2 AM \%$  ( $R^2 = 0,82$ , ETR = 58).

Figure 5. Teneurs en énergie métabolisable apparente (mesurée sur coqs adultes) des différentes céréales étudiées.

Tableau 6. Composition chimique <sup>(1)</sup> et valeur énergétique <sup>(2)</sup> de 4 types d'avoines de 1985 à 1988 (Seroux et Métayer 1989).

| Type d'avoine  | MAT         | CB          | AM          | MG         | EB               | EM               |
|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------------|------------------|
| Hiver noire    | 10,6        | 13,4        | 40,4        | 6,1        | 4619 (19)        | 2667 (68)        |
| Print. noire   | 12,1        | 13,3        | 39,2        | 5,4        | 4595 (12)        | 2652 (59)        |
| <i>moyenne</i> | <i>11,4</i> | <i>13,3</i> | <i>39,8</i> | <i>5,7</i> | <i>4607 (19)</i> | <i>2660 (65)</i> |
| Hiver blanche  | 10,8        | 12,4        | 43,1        | 7,1        | 4686 (21)        | 2870 (39)        |
| Print. blanche | 11,2        | 12,1        | 43,5        | 6,5        | 4665 (28)        | 2888 (50)        |
| <i>moyenne</i> | <i>11,0</i> | <i>12,2</i> | <i>43,4</i> | <i>6,8</i> | <i>4676 (26)</i> | <i>2879 (45)</i> |

(1) en % MS. Mesures effectuées sur les échantillons élémentaires, soit environ 50 par type.

(2) 4 déterminations par type.

Tableau 7. Coefficients de corrélation entre les caractéristiques analytiques des avoines.

|    | MAT   | CB    | AM   | MG   | EB   |
|----|-------|-------|------|------|------|
| CB | -0,36 |       |      |      |      |
| AM | 0,05  | -0,90 |      |      |      |
| MG | -0,37 | -0,47 | 0,64 |      |      |
| EB | 0,09  | -0,72 | 0,79 | 0,88 |      |
| EM | 0,04  | -0,85 | 0,91 | 0,74 | 0,86 |

pour  $r > 0,54$ ,  $p < 0,05$

## 2.6 / Le triticale

L'analyse de 20 échantillons de triticale a porté outre les caractères habituels sur la présence d'ergot dans les échantillons. Parmi les échantillons élémentaires, 1 sur 100 dépassait

0,5 g d'ergot par kg de grains, limite maximale autorisée par la législation de la CEE pour la commercialisation. On a relevé les moyennes suivantes : MAT 12,2 % ( $\pm 1,2$ ), CB 2,8 % ( $\pm 0,3$ ), AM 66,3 % ( $\pm 1,4$ ), EB 4378 kcal/kg MS ( $\pm 21$ ), EM 3411 kcal/kg MS ( $\pm 47$ ). Les corrélations entre variables mesurées sont faibles. Seule la corrélation entre MAT et AM a été trouvée significative ( $r = -0,59$ ).

Des variations importantes entre cultivars de la teneur en énergie digestible pour les porcs ont été trouvées (Pérez et Bourdon 1986) et en énergie métabolisable pour les poules pondeuses : 3369 à 3537 kcal/kg MS, (Rundgren 1988).

## 2.7 / Le seigle

Les analyses effectuées sur 20 échantillons départementaux de seigle ont fourni les

**Des équations de prédiction de la teneur en EM ont pu être obtenues pour le sorgho, en fonction de la teneur en tanins, et pour l'avoine, en fonction de la teneur en amidon.**

moyennes suivantes : MAT 10 % ( $\pm 1,2$ ), CB 2,2 ( $\pm 0,1$ ), AM 63,2 ( $\pm 1,1$ ), EB 4337 kcal/kg MS ( $\pm 20$ ), EM 3131 kcal/kg MS ( $\pm 121$ ).

L'intolérance digestive des coqs au seigle a conduit à n'utiliser que 50 % de seigle dans les régimes servant à la détermination de l'EM. Ceci peut expliquer pour le seigle une variation de l'EM supérieure à celle des autres céréales. AM et MAT d'une part, EM et AM d'autre part ont été les seules variables à être significativement corrélées, respectivement  $r = -0,82$  et  $r = 0,61$ . La fréquence de l'ergot (*Claviceps purpurea*) dans les échantillons élémentaires s'élevait à 25 %, mais seulement 4 % des échantillons en contenaient plus de 0,5 g/kg.

## 2.8 / Comparaison Blé - Seigle - Triticale

La comparaison a porté sur la composition chimique et les valeurs énergétiques de ces trois céréales cultivées dans 4 lieux d'essais ITCF de la région Centre, choisis pour la similitude de leurs conditions pédo-climatiques. Ces études se sont poursuivies pendant 4 années consécutives. Les résultats figurent au tableau 8. Ils se révèlent très proches des valeurs moyennes obtenues par ailleurs.

Les teneurs du triticale en protéines, en amidon, en énergie brute sont intermédiaires entre celles du blé et du seigle, et proches de la moyenne. La teneur en cellulose apparaît légèrement supérieure à celle des deux autres céréales et la teneur en matières grasses est proche de celle du seigle. On peut constater que la teneur en énergie métabolisable de cet hybride qu'est le triticale est intermédiaire entre celle du seigle et celle du blé, mais plus proche de ce dernier.

## 3 / Discussion

Les valeurs moyennes de l'énergie métabolisable des céréales obtenues à l'issue de ces années d'enquête sont conformes aux valeurs qui figurent dans les Tables INRA (INRA 1989). Elles sont voisines les unes des autres, s'agissant des orges et du blé, et les écarts observés sur le maïs sont inférieurs à l'écart-

type annoncé. L'agrégation de nos données aux valeurs des tables de cet ouvrage ne modifierait pas sensiblement les valeurs moyennes car elles sont déjà partiellement incluses. Une comparaison des valeurs d'EM issues des enquêtes avec celle de la bibliographie nécessiterait l'étude préalable des conditions d'obtention des données et la connaissance des technologies appliquées aux graines. Il y a là en effet des sources de variation dans la détermination de l'EM (Calet 1965). De plus, les écarts-types associés aux valeurs d'EM n'apparaissent généralement pas dans les diverses tables. La variation des valeurs de composition chimique des graines de céréales induit aussi en grande partie celle de l'EM mais on peut également s'interroger sur l'influence des méthodes utilisées pour la détermination de l'EM.

Une série d'expérimentations peut rassurer en ce domaine : une action concertée a été lancée par les laboratoires français à l'adresse d'une dizaine de laboratoires européens concernés (Bourdillon *et al* 1989). On peut y vérifier que les valeurs de l'EM apparente, corrigée il est vrai pour l'azote retenu, obtenues avec des méthodologies propres à chaque laboratoire sont très proches de celles obtenues avec la méthode de référence proposée (CV = 2,95 % pour la variation inter-laboratoires utilisant des échantillons communs).

Concernant la représentativité des échantillons, les échantillons constitués annuellement se rangent bien dans une série chronologique définie quelle que soit la céréale. On ne peut en dire autant de l'origine géographique des échantillons régionaux pour lesquels un effet lieu a été recherché. En effet les sites de prélèvement des échantillons pour une région donnée se déplacent d'une année à l'autre au sein d'une aire de dispersion relativement vaste et tout porte à croire que, bien souvent, des conditions pédo-climatiques équivalentes sont rencontrées d'une région à l'autre. Ceci peut expliquer l'absence d'effet lieu au cours de ces enquêtes. Toutefois la bibliographie mentionne des exemples contraires (Gohl et Thomke 1976, Willingham *et al* 1960). En revanche des variations annuelles affectent la composition chimique des céréales ; cela s'observe par exemple sur la teneur en protéines du blé, sur la teneur en cellulose brute et en matières azotées totales des orges à 2 rangs. Les corrélations simples calculées entre critères de composition chimique et teneur en EM sont faibles, sauf dans le cas du sorgho où les tanins jouent un rôle majeur. Aussi les équations de prédiction obtenues sont elles décevantes. Il est vrai qu'il existe des corrélations négatives entre éléments digestibles tels que protéines et amidons, et somme toute il y a une faible variation des caractéristiques analytiques dont la signification est par ailleurs limitée.

Enfin, dans la recherche d'une approche à la fois plus efficace et plus précise de l'évaluation de la prédiction de l'EM, plusieurs voies s'ou-

Tableau 8. Composition chimique (en % MS) et valeur énergétique (kcal/kg MS) des blés, seigles, et triticales (moyenne de 4 années).

|                 | MAT  | CB  | AM   | MG  | EB   | EM   |
|-----------------|------|-----|------|-----|------|------|
| (B) Blé         | 13,6 | 2,4 | 68,6 | 2,2 | 4395 | 3480 |
| (S) Seigle      | 11,0 | 2,2 | 62,6 | 1,8 | 4335 | 3154 |
| Tritic.         | 12,7 | 2,6 | 66,6 | 1,8 | 4379 | 3429 |
| $\frac{B+S}{2}$ | 12,2 | 2,3 | 65,6 | 2,0 | 4375 | 3331 |

vrent parmi lesquelles le recours aux méthodes chimiques. On peut citer à cet égard le critère PAR. Il est dommage de n'avoir pu l'utiliser car cette mesure est intervenue trop tardivement. En effet, appliqué à de nombreux types de régimes alimentaires, ce prédicteur, représenté par la fraction insoluble des parois cellulaires, s'est avéré efficace (Carré *et al* 1984, 1990).

Par ailleurs, l'utilisation de nouvelles méthodes d'analyse telles que la réflexion dans le proche infra-rouge relance-t-elle les investi-

gations dans ce domaine, qu'il s'agisse de régimes (Valdes et Leeson 1992) ou de matières premières alimentaires (Pérez Vendrell *et al* 1992). Les méthodes de détermination *in vitro* sont également prospectées (Valdes et Leeson 1992).

#### Remerciements

Les auteurs remercient tous les membres de leurs équipes respectives, en particulier l'ITCF, qui ont contribué année après année au bon déroulement de ces enquêtes.

### Références bibliographiques

- Beaux Y., Martin G., 1985. Techniques culturales et qualité du blé. Colloques de l'INRA, Ecophysiologie du blé : 207 - 221.
- Calet C., 1965. The relative value of pellets versus mash and grain in poultry nutrition. *World's poultry Science journal*, 21 : 23 - 52.
- Carré B., Prévotel B., Leclercq B., 1984. Cell wall content as a predictor of metabolizable energy value of poultry feedingstuffs. *Br. Poultry Sci.*, 25 : 561 - 572.
- Carré B., Derouet L., Leclercq B., 1990. The digestibility of cell-wall polysaccharides from wheat (bran or whole grain), soybean meal, and white lupin meal in cockerels, muscovy ducks and rats. *Poultry Sci.*, 69 : 623 - 633.
- Daiber K.H., 1975. Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. *J. Sci. Food. Chem.*, 26 : 1399 - 1411.
- David S., 1990. La qualité du maïs français en alimentation animale. Communication Symposium Qualité des céréales. Toulouse 6 juillet 1990. Edition ITCF.
- Gohl B., Thomke S., 1976. Digestibility coefficients and metabolizable energy of barley diets for layers as influenced by geographical area of production. *Poultry Sci.* 55 : 2369 - 2374.
- I.N.R.A., 1989. L'alimentation des animaux monogastriques. J.C. Blum, éditeur. 2ème édition. I.N.R.A, Paris. pp 170 - 173.
- Leclercq B., 1985. Mesure et prédiction de la valeur énergétique, intérêt, signification, limites. Conférence avicole WPSA, cahier n° 1 - SIMAVIP 18 octobre 1985 pp 4 - 12.
- Lelong C., Métayer J.P., 1981. Les orges 1980. Le Producteur Agricole Français n° 1 pp 26 - 27.
- Lessire M., 1985. Faut-il remettre en cause la valeur énergétique du maïs ? Conférence avicole WPSA, cahier n° 1. SIMAVIP 18 octobre 1985 pp 26 - 36.
- Pérez J.M., 1989. Valeur énergétique des céréales françaises pour le porc : synthèse des résultats sur trois années de récolte successives. *INRA Prod. Anim.*, 2, 137-143.
- Pérez J.M., Bourdon D., 1984. Prévion de la valeur énergétique et azotée des sorghos à partir de leurs teneurs en tanins. Journées de la recherche porcine en France, 16 : 293 - 300.
- Pérez J.M., Leuillet M., 1986. Les céréales dans l'alimentation du porc : composition et valeur nutritive. *Perspectives Agricoles* 105 : 56 - 61.
- Pérez J.M, Bourdon D, 1986. Valeur énergétique et azotée du triticale français. Journées de la recherche porcine en France, 18 : 79 - 82.
- Pérez-Vendrell A.M, Francesch M, Capro E, Estève-Garcia E, Brufau J, 1992. Estimation of apparent metabolizable energy of barley using near-infrared reflectance techniques. Proceedings of the XIX W.P.S.A congress, Amsterdam, 3 pp 540 - 541.
- Rundgren M, 1988. Evaluation of triticale given to pigs, poultry and rats. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 19 : 359 - 375
- Seroux M., Métayer J.P, 1989. Avoine, Seigle, Triticale : qualité pour l'alimentation animale. Synthèses des enquêtes ONIC-ITCF 1985 - 1988.
- S.N.I.A., 1992. Les industries de la Nutrition animale en chiffres. Syndicat National des Industriels de la Nutrition Animale, 41 bis bd de Latour-Maubourg, 75007 Paris.
- Valdes E.V., Leeson S., 1992. Measurement of metabolizable energy in poultry feeds by an *in vitro* system. *Poultry Sci.*, 71 : 1493 - 1503.
- Valdes E.V., Leeson S., 1992. Near infrared reflectance analysis as a method to measure metabolizable energy in complete poultry feeds. *Poultry Sci.*, 71 : 1179 - 1187.
- Willingham H.E., Leong K.C, Jensen L.S., 1960. Influence of geographical area of production on reponse of different barley samples to enzyme supplements or water treatment. *Poultry Sci.*, 39 : 103 - 108.

## Summary

### *Metabolizable energy content of cereal grains in poultry. Recent yearly surveys in France*

Ten years ago surveys concerning the quality of cereal grains took place in the main areas of French production. Chemical composition analyses and apparent metabolizable energy value (AME) determination were carried out in poultry. Wheat, barley and maize had respectively 11, 6 and 8 annual surveys carried out, while sorghum, oats, triticale and rye had 4. The following means were obtained for AME (kcal/kg DM) : sorghum : 3844, maize : 3726, wheat : 3458, triticale : 3411, two rowed spring barley (2RSB) : 3227, two rowed winter barley (2RWB) : 3207, six rowed barley (6RB) : 3132, rye : 3131, white oats : 2879, black oats : 2660.

Between years, variation of AME in adult cockerels was found to be significant for wheat, barley and maize. Mean coefficients of variation were, 1.19 % for wheat, 1.46 % for 2 RSB, 1.68 % for 2 RWB, 1.93 % for 6 RB, and 0.70 % for maize.

In all production areas and for all cereals no significant difference was found between samples for AME values. From available data of proximate analysis no predictive equation was performed except for oats and sorghum.

CONAN L., MÉTAYER J.P., LESSIRE M., WIDIEZ J.L. 1992. Teneur en énergie métabolisable des céréales françaises pour les volailles. Synthèse d'enquêtes annuelles. INRA Prod. Anim., 5 (5), 329-338.