

INRA Prod. Anim.,
2000, 13 (2), 117-130

M. PICARD, C. LE FUR, J.-P. MELCION*,
C. BOUCHOT

INRA Station de Recherches Avicoles,
37380 Nouzilly

*INRA Phytoc, BP 71627,
44316 Nantes cedex 3

e-mail : picard@tours.inra.fr

Caractéristiques granulométriques de l'aliment : le « point de vue » (et de toucher) des volailles

Améliorer la productivité des élevages avicoles a souvent conduit à utiliser des aliments complets granulés. Ce sont les hommes qui les fabriquent, mais les volailles qui les mangent en utilisant leurs capacités sensorielles spécifiques. La vitesse de consommation ou les capacités d'adaptation à un changement d'aliment dépendent en grande partie de ses caractéristiques granulométriques. Mieux connaître le comportement alimentaire des volailles devrait permettre d'optimiser les caractéristiques physiques des aliments qui leur sont distribués.

Un chercheur a parfois l'impression de répéter le même chant, les mêmes enchaînements de mots, tout comme une volaille picore son aliment ! Et pourtant, chaque coup de bec est différent et vise une particule. Le picorage peut se résumer en une activité précise,

discontinue, dont la finalité n'est pas forcément de prendre mais peut être aussi de simplement toucher (Picard *et al* 1997b pour revue).

Résumé

Grâce à une vision précise des détails et une perception tactile spécifique du bec, une volaille apprend, dès ses premières heures de vie, à associer les caractéristiques sensorielles des particules alimentaires à leurs effets nutritionnels. Le choix particulaire est très rapide et précis, mais il peut également changer avec l'expérience sensorielle que l'animal a de l'aliment. La taille et la dureté des particules déterminent une vitesse d'ingestion dont les conséquences zootechniques réelles dépendent de l'environnement. Exposées à des conditions d'élevage variées ou constantes, les volailles s'adaptent plus ou moins vite à un changement d'aliment. Le type d'élevage peut donc modifier sensiblement la perception et les conséquences de la granulométrie du régime. Cela rend difficile l'établissement de normes de besoin des animaux. La collaboration entre technologues et nutritionnistes permet la mise au point de nouvelles méthodes évaluant ce que les volailles perçoivent réellement de la texture et de la forme des particules. L'étude du comportement alimentaire est utile pour suivre, au laboratoire et directement en élevage, l'incidence d'ajustements technologiques, et pour développer de nouveaux modes de distribution des aliments. Nutrition et détection sensorielle interagissent sur les trois phases du comportement alimentaire : identification, préhension et ingestion de l'aliment. Une conception efficace de la technologie alimentaire intégrée à l'élevage devrait distinguer chacune de ces trois étapes.

Trois étapes conduisent à l'ingestion : la détection sensorielle, l'identification et la préhension - déglutition. Les effets post-ingestifs d'un aliment apportent des informations métaboliques (suppression d'un malaise - la faim - ou, au contraire, déséquilibre induisant un malaise) qui, associées à des informations sensorielles (vue, toucher, odeur, goût) participent à son évaluation et à sa catégorisation dans la mémoire d'un individu. Il n'existe aucune conscience du « besoin nutritionnel » chez l'Homme et il est douteux que les oiseaux soient plus performants. La détection sensorielle revêt donc un double intérêt pour le nutritionniste. Elle participe à la perception immédiate hédonique positive ou négative d'un aliment et elle sert, à plus long terme, d'identifiant résumant pour l'animal ses effets nutritionnels.

L'Homme n'a pas de bec et sa vue est différente de celle des volailles, peut-on lui faire confiance pour évaluer les caractéristiques optimales d'un aliment destiné à ces espèces ?

Il faut reconnaître que la connaissance actuelle des facultés et des besoins sensoriels des animaux est encore balbutiante et ne sera réellement reconnue comme utile que lorsqu'elle profitera à l'Homme. Pourtant, de temps en temps, un troupeau refuse de consommer « un très bon aliment » pendant plusieurs heures, un élevage connaît un problème de sous-consommation ou de surconsommation alors que l'éleveur voisin qui est livré par la même usine n'a aucun problème ! Même lorsqu'un seul aliment est distribué, les animaux semblent choisir ; choisir des particules plutôt que d'autres, choisir de manger ou non.

Les signaux sensoriels perçus par les volailles sont tout d'abord décrits pour mieux comprendre leur comportement alimentaire et les possibilités d'application de ces connaissances en élevage.

1 / Détection sensorielle

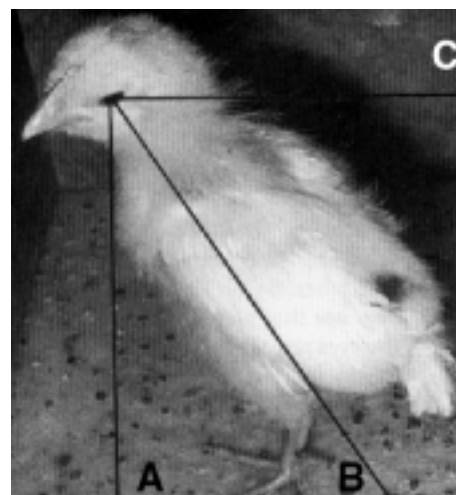
Apprendre l'aliment est l'une des premières nécessités de la vie. A la naissance, le picorage de l'environnement conduit à l'ingestion de particules alimentaires sans que cette activité corresponde à une motivation nutritionnelle (Hogan 1984, Rogers 1995). Très tôt dans sa vie le poussin est capable d'associer des caractéristiques visuelles et tactiles comme la couleur ou la texture de ce qu'il picore à un malaise (Martin et Bellingham 1979, Hale et Green 1988). Un effet positif lié à l'ingestion d'aliment apparaît lorsqu'il ressent la faim et que ce qu'il ingère supprime ce malaise (Reymond et Rogers 1981, Hogan-Warburg et Hogan 1981). L'apprentissage semble plus rapide chez les poulets de chair à croissance rapide que chez ceux à croissance lente (Picard *et al* 1999). La reconnaissance sensorielle de l'aliment utilise l'ensemble des canaux sensoriels (Gentle 1985), mais la perception par une volaille dépend de la spécificité de ses organes des sens (figure 1).

1.1 / Vision

Deux yeux de grande taille placés latéralement par rapport à la tête couvrent un large champ dont la vision binoculaire est limitée à quelques degrés, mais joue un rôle essentiel dans l'appréciation des distances (Meyer 1987). L'acuité visuelle des volailles est très supérieure à celle de mammifères comme le porc à cause, entre autres, d'une densité supérieure de cellules cônes et bâtonnets dans la rétine (Moran 1982). La vision latérale relativement indépendante de chaque œil permet au poulet une perception précise de détails rapprochés dans deux secteurs situés à une distance angulaire de 34-39° et 61-66° du bec. Il peut simultanément observer l'environnement éloigné dans un vaste champ, pour détecter l'approche éventuelle d'un prédateur par exemple (figure 1 ; Rogers 1995 pour revue). La reconnaissance d'objets ou de couleurs par les poules est efficace à une distance relativement courte, d'environ 5 à 25 cm (Stamp-Dawkins et Woodington 1997). L'identification d'un objet-cible par le pigeon dépend en partie du contexte, c'est-à-dire de la présence et de la distance d'objets voisins de la cible (Donis *et al* 1994).

Chez l'oiseau, la latéralisation des fonctions cérébrales associée à l'œil droit la catégorisation d'un objet alors que l'œil gauche serait plus efficace pour en observer les détails (Rogers 1995). Ces tendances générales semblent toutefois admettre un apprentissage ou une compensation. Ainsi, la privation monoculaire gêne peu l'identification et la préhension de l'aliment si elle est pratiquée chez un poussin jeune ou après une période de vision binoculaire. Par contre, après plusieurs jours de privation de l'utilisation d'un œil, celui-ci perd durablement ses capacités à guider la préhension des particules lorsqu'il est à nouveau sollicité en vision monoculaire (Guiton 1972).

Figure 1. Vision des détails et sensibilité tactile du bec sont les deux outils principaux de détection et d'identification de l'aliment chez les volailles. « Le bec est la main des oiseaux » et plusieurs positions successives de la tête, avant de donner un coup de bec, leur permettent une perception précise des détails d'une particule en A tout en observant une autre particule en B et en vérifiant en C qu'aucun prédateur n'approche. Adapté de Rogers (1995), © CAB International 1995.



La perception des couleurs et l'effet de celles-ci sur le comportement des volailles dépend de leur sensibilité spectrale (380 à 700 nm) qui est légèrement différente de celle de l'Homme. La vision de l'ultraviolet et de la lumière bleue (380 à 500 nm) serait supérieure à ce qui était couramment admis (Prayitno et Phillips 1997, Prescott et Wathes 1998). L'intensité lumineuse réellement perçue par les volailles selon la couleur de la lumière peut expliquer les variations comportementales observées : plus calmes en lumière verte ou bleue, plus actives en lumière rouge ou blanche (Prayitno *et al* 1997).

La perception visuelle des particules alimentaires par les volailles est donc d'abord une observation rapprochée des détails par un œil impliqué dans plusieurs tâches simultanées, plus ou moins spécialisées selon le côté, et qui perçoit des couleurs légèrement différentes de celles vues par l'Homme. L'observation qui précède le coup de bec (Picard *et al* 1997b) cesse-t-elle pendant le mouvement de picorage à cause de la fermeture de la paupière comme cela était admis ? Un travail récent chez le pigeon montre qu'en fait la paupière est entrouverte. : une ouverture réduite à 1,5 mm permettrait au contraire un contrôle visuel rapproché accru pendant les quelques 50 ms du mouvement (Ostheim 1997).

1.2 / Olfaction et gustation

Contrairement à ce qui est souvent répété sans justification scientifique sérieuse, les volailles perçoivent le goût et l'odeur de ce qu'elles mangent. Des poussins recevant un aliment odorisé (même sans modification du goût) suivi d'une injection de LiCl, associent l'odeur au malaise induit par l'injection et développent une aversion conditionnée à l'odeur (Turro *et al* 1994). De nombreuses molécules sont perçues et modifient le comportement des volailles (Jones et Roper 1997 pour revue). Toutefois les réactions à une variation de l'odeur de l'aliment, qui sont détectables à court terme, disparaissent rapidement si l'animal ne subit pas d'effet négatif ou positif associé. La perception gustative est limitée par l'absence de mastication et la langue cornée. Des goûts marqués peuvent néanmoins modifier le comportement alimentaire (Ganchrow *et al* 1990). Il est souvent difficile dans la pratique de dissocier le goût de l'odeur perçue après l'ingestion d'un aliment. Une meilleure compréhension de la manière dont les volailles utilisent les signaux aromatiques est nécessaire à l'utilisation des odeurs et des goûts en alimentation (Picard et Porter 1998).

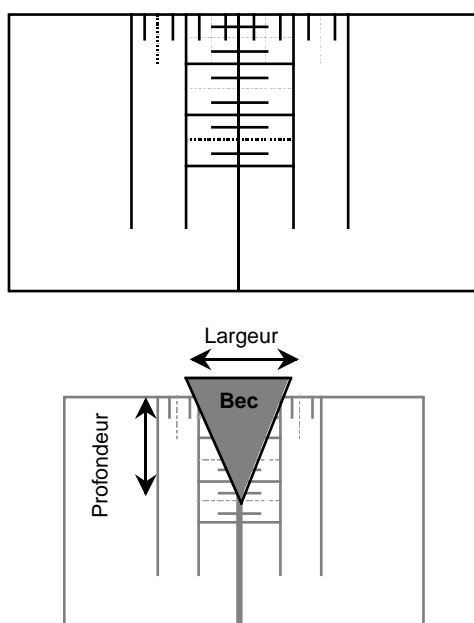
1.3 / Toucher

La complexité squelettique de la mâchoire des oiseaux (6 à 11 os selon Bühler 1981) se double d'un équipement sensoriel hautement spécialisé constitué de mécanorécepteurs (corpuscules de Merkel et de Herbst) regroupés dans les papilles dermiques juste sous la couche cornée du bec (Gentle et Breward

1986). Le bec est un outil polyvalent et indispensable, utilisé par l'oiseau comme unique organe pour toucher l'environnement et particulièrement l'aliment, faire le toilettage de son plumage, boire, manger, se défendre, faire son nid ou cocher une femelle (Megret *et al* 1996 pour revue).

La croissance corporelle très rapide des poussins de chair conduit à des ajustements de choix particuliers qui sont partiellement liés à la croissance du bec. La mesure de ce dernier peut être faite par un «becomètre», une réglette graduée en deux dimensions que l'on introduit horizontalement dans le bec d'une volaille pour mesurer la largeur (L) au niveau des commissures et la profondeur (P), de la pointe du bec supérieur aux commissures (figure 2). Pour un poussin pesant 100 g, P = 1,7 cm et L = 1,1 cm. Quelques jours plus tard, lorsqu'il pèse 500 g, P = 2,4 cm et L = 1,7 cm. La croissance du bec suit la croissance squelettique ($R^2 = 0,93$ entre L ou P et la longueur du tarse). Une analyse précise de la granulométrie optimale d'un aliment devrait considérer avec attention les caractéristiques et l'état de l'organe essentiel de la préhension et du toucher qu'est le bec.

Figure 2. Croissance du bec : mesure des caractéristiques anatomiques avec un «becomètre» Il existe une relation étroite ($R^2 = 0,9$) entre la profondeur du bec (plus facile à mesurer) et son ouverture chez le poussin de chair à différents âges. Programme Sypram (cf Remerciements).



Il existe, entre les différentes activités du bec, un certain équilibre qui a fait suggérer qu'une alimentation granulée unique pourrait faire augmenter le temps passé aux activités dirigées vers le plumage en réduisant le temps nécessaire à l'ingestion chez le dindon (Hughes et Grigor 1996). Lorsque le plumage appartient aux individus voisins cela peut induire des épisodes de picage dont l'impact

négligé sur la production et sur la santé des volailles conduit à pratiquer le débécage partiel préventif chez les poules et les dindons. Les effets du débécage sur la production et le comportement sont très variables (Cunningham 1992). Il semble qu'un époinçage modéré pratiqué avant l'âge de 10 jours n'induit pas de douleur d'amputation durable (Gentle *et al* 1997). Néanmoins, les facultés sensorielles de l'animal restent fortement réduites. Il existe d'autre part une grande discordance entre les pratiques de terrain efficaces (débécage important et tardif si on veut dissuader le picage) et les recommandations de débécage précoce et limité pour éviter une douleur chronique. Le développement de techniques d'élevage qui nécessitent le débécage et qui sont souvent proposées pour « améliorer la condition des animaux d'élevage » posent un problème éthique dont l'Homme sous-estime l'importance car il est lui-même dépourvu de bec.

Apprendre un aliment consiste à associer son identification sensorielle - forme, couleur, toucher, odeur et goût - aux effets métaboliques et hédoniques engendrés par sa consommation.

La perception tactile des particules alimentaires est essentiellement faite par le bec. Une réduction des sensations tactiles modifie la perception de l'aliment qui est, au tout début de la vie, relativement indépendante de la nutrition (Hogan 1984). Chez des animaux débécés, il semble que les signaux post-ingestifs remplacent les informations tactiles (Workman et Rogers 1990). Le rôle du bec n'est pas seulement de prendre mais aussi d'informer l'animal sur ce qu'il mange et les deux fonctions sont affectées par le débécage. Il faut reconnaître que les informations disponibles sur la perception des caractéristiques granulométriques des aliments par des volailles débécées à différents âges sont rares (Megret *et al* 1996).

1.4 / Effets post-ingestifs

La détection sensorielle d'un aliment ne se résume pas aux organes céphaliques. La réplétion du jabot et le fonctionnement du tube digestif sont perçus, mais le rôle précis des mécanismes de la digestion sur la prise alimentaire est encore mal compris. La réplétion du jabot réduit la prise alimentaire, mais seulement au-delà d'un seuil, ce qui ne représente, *in fine*, qu'une explication très partielle de la régulation de l'ingéré (Savory 1979 et 1985). L'injection d'aliment dans le duodénum chez le dindon de 6 à 12 semaines stimule paradoxalement l'ingestion à court terme et la réduit sur une période de 11 heures (Jackson et Duke 1995). Il existe des interactions complexes entre la motilité et la réplétion des différents segments du tube digestif dont les effets sur la régulation de l'ingestion sont encore très mal connus. Le blocage des récepteurs de type A (abdominal) de la CCK par le Dévazépide inhibe la mémorisation de la consommation d'un nouvel aliment chez la jeune caille (Berthelot *et al* 1996). Ces quelques exemples confirment que l'animal perçoit le fonctionnement du tube digestif dès les stades initiaux de la digestion. Les signaux sensoriels d'origine digestive participent à la régulation de la prise alimentaire ET

à l'identification de l'aliment consommé. L'action de la granulométrie de l'aliment sur le fonctionnement du tube digestif fait partie de ces sujets dont tout le monde « connaît » l'importance sans en avoir une mesure précise ! Des particules ingérées dures ou de grande taille nécessitent une hydratation dans le jabot avant de pouvoir être broyées dans le gésier. La distribution de céréales entières stimule le développement pondéral du gésier, ce qui modifie la digestion et pourrait, dans certaines conditions, améliorer la résistance naturelle à la coccidiose (Noirot *et al* 1998 pour revue). Or tous les aliments granulés ou non contiennent des morceaux de céréales partiellement ou non broyées dont les effets quantitatifs sont largement ignorés.

1.5 / Combinaison de signaux sensoriels

Les caractéristiques sensorielles d'un aliment sont toujours une combinaison complexe de signaux. La granulation d'un aliment modifie la taille des particules mais aussi leur forme, leur odeur et leur couleur. L'identification d'un aliment est facilitée si plusieurs signaux sont associés et, dans le domaine des sens, les réponses quantitatives suivent des lois plus complexes que la linéarité ou l'additivité. La concentration croissante d'une odeur par exemple, est d'abord non détectée puis induit des réponses positives puis des réactions négatives de plus en plus fréquentes (Burne et Rogers 1996). La combinaison d'une forme et d'une odeur ou celle d'une odeur et d'un goût renforce l'effet des deux signaux pris individuellement (Turro-Vincent 1994). Dans les conditions particulières des tests d'aversion, un signal supposé mineur comme l'odeur peut prendre plus d'importance pour le poulet que la couleur (Roper et Marples 1997). L'animal connaît son aliment de manière progressive par l'accumulation de signaux sensoriels et d'effets métaboliques qui conditionnent ses choix et son comportement alimentaire (Meunier-Salaun et Picard 1996 pour revue).

Le débat qui oppose d'une part les tenants de la formation d'une « image mentale » de l'aliment chez l'animal à, d'autre part, ceux qui pensent qu'une somme de signaux sensoriels conduit à l'ingestion, reste assez théorique. La conséquence pratique est en fait la même : la consommation d'un aliment est déterminée par son identification sensorielle par l'animal qui anticipe les effets métaboliques associés lors d'expériences antérieures de cet aliment ou d'aliments semblables. La connaissance de ce que l'on peut appeler la « nutrition physique » ou sensorielle complète dans ce sens la « nutrition biochimique » ou post-ingestive. Le comportement alimentaire est un outil nécessaire pour mieux comprendre les réactions d'un poulet qui voit avec ses yeux d'oiseau et touche avec son bec des particules de l'environnement que nous appelons « aliment » (Picard *et al* 1999).

2 / Comportement alimentaire

La détection sensorielle se traduit par une vitesse et des rythmes de consommation différents, des choix ou un tri particulière variables et par l'acceptation plus ou moins rapide d'un nouvel aliment. Le picorage et la préhensibilité des aliments par les volailles ayant fait l'objet d'une revue récente (Picard *et al* 1997 b), les exemples choisis ici complètent cette synthèse en insistant sur les mesures de choix et de tri particulière.

2.1 / Vitesse et rythmes d'ingestion

La vitesse et les rythmes de consommation peuvent être mesurés de plusieurs manières. La notion de repas est discutable car les volailles nourries *ad libitum* font de très nombreux accès de taille et de durée très variables à l'aliment. La variabilité inter-individuelle de ces mesures est considérable et la définition même d'un "repas" repose sur des hypothèses de durée minimale d'un intervalle pour distinguer les arrêts inter- des arrêts intra- repas qui dépendent du matériel utilisé et sont souvent issues de généralisations abusives (Picard *et al* 1997 b).

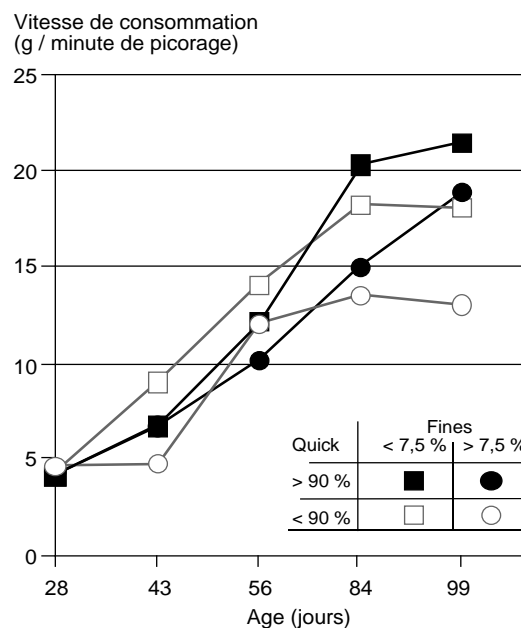
Si le coup de bec est pris comme mesure de l'activité alimentaire, la durée réelle d'un coup de bec est relativement brève (130 à 170 ms, Hutchinson et Taylor 1962a, Yo *et al* 1997a) et deux coups de bec successifs sont séparés d'une phase d'observation, avec ou sans mandibulation, qui est deux à trois fois plus longue. La majorité des coups de bec ne vise pas à prendre mais à toucher une particule alimentaire. La proportion des coups de bec exploratoires ainsi que leur force dépendent du type de particule habituellement consommé (Yo *et al* 1997a). Une analyse plus précise de la cinétique du coup de bec chez le pigeon (Bermejo *et al* 1994) comme chez les volailles adultes (Hutchinson et Taylor 1962b) montre que le mouvement est précisément dirigé vers une particule avec une ouverture du bec « programmée » à la taille de celle-ci. Les recherches menées actuellement au laboratoire mesurent la structuration temporelle des enchaînements entre les différents actes du picorage par analyse vidéo décomposée.

D'une manière plus globale, la vitesse apparente d'ingestion peut être mesurée par le rapport : quantité consommée / temps passé à la mangeoire, le rythme de picorage par : nombre de coups de bec / temps passé à la mangeoire, et l'efficacité du picorage par : quantité consommée / nombre de coups de bec. Les mesures de comportement alimentaire dépendent de l'environnement social pour les volailles (Picard *et al* 1992) comme pour les autres espèces (Nielsen 1999). L'organisation des accès à la mangeoire (par exemple le nombre de « repas », déjà critiqué plus haut) est nettement dépendante de l'environnement social. Des poulets âgés de trois semaines, en groupes de quatre animaux, font deux à trois fois moins d'accès de durée moyenne plus longue que les mêmes animaux isolés. Dans ces conditions, la consommation

totale et le temps passé à manger ne changent pas avec l'environnement social (Picard *et al* 1992). Il serait toutefois inexact de faire du comportement alimentaire une mesure indépendante de l'aliment consommé. Le principal effet de la granulation d'un aliment n'est-il pas de réduire le temps passé par les animaux à le consommer ? D'autres facteurs comme le rythme de distribution de l'aliment dans les mangeoires peuvent aussi modifier sensiblement les mesures.

La vitesse de consommation, le rythme et l'efficacité de l'ingestion dépendent de l'environnement ET des caractéristiques physiques précises du régime. C'est probablement pour cette raison qu'elles sont des mesures utiles pour les producteurs et qu'elles doivent être transcrites avec prudence d'une station de recherche au terrain ! Le temps passé par une volaille à manger peut être facilement mesuré par « scan sampling » c'est-à-dire par comptage répété du nombre d'animaux observés à la mangeoire dans un groupe (Picard et Faure 1997).

Figure 3. Vitesse apparente de consommation chez le dindon en fonction de la taille (% de particules fines) et de la durabilité (Quick Test : pourcentage de granulés restant aggloméré après abrasion mécanique dans des conditions standardisées, Zell Lignin, Dusseldorf) des particules alimentaires offertes en fonction de l'âge des dindons observés par « scan-sampling ». Programme Sypram (cf Remerciements).



La mesure de vitesse apparente de consommation a été réalisée dans le cadre d'un programme Sypram (cf. Remerciements) dans cinq stations expérimentales différentes sur des dindons aux âges de 28, 43, 56, 84 et 99 jours. Les aliments, de même composition pour les cinq stations, ont été granulés de manière à faire varier de manière indépendante la proportion de fines particules et la dureté des granulés. La vitesse de consommation apparente a varié en fonction des deux paramètres granulométriques et de l'âge des dindons (figure 3). Les dindons ont mangé

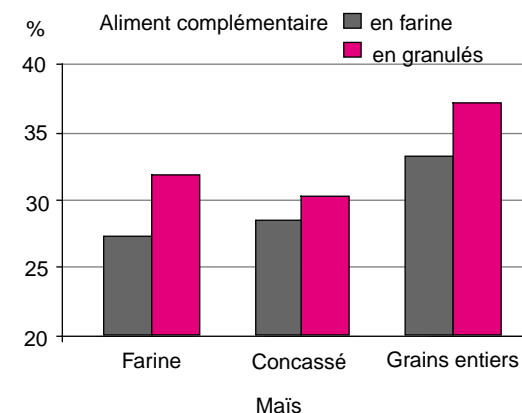
plus vite les aliments contenant moins de particules fines et de dureté supérieure. Dans les conditions expérimentales, les différences de vitesse de consommation se sont traduites par des variations de performances de croissance peu marquées. Or, dans les élevages de production, la qualité des granulés est un facteur déterminant de réussite zootechnique chez cette espèce. Il est tout à fait possible qu'une variation de vitesse de consommation due à la granulométrie devienne critique dans les conditions de distribution de l'aliment et d'interactions sociales de l'élevage. Dans les petits parquets d'une station d'essais où les mangeoires sont remplies et vidées moins souvent, les effets sur la croissance sont limités car l'utilisation de l'espace et l'accessibilité des mangeoires sont différentes de celles du terrain.

2.2 / Choix et préférences

Pendant des millions d'années les volailles ont su choisir dans un environnement complexe des particules alimentaires pour équilibrer leur régime sans s'intoxiquer. Ces facultés extraordinaires n'ont pas disparu parce que les hommes ont placé les volailles dans des situations où le choix a moins d'importance pour leur survie. Elles exercent leurs capacités de choix sur les particules qu'elles trouvent dans leur environnement. La valeur nutritive des particules a une importance déterminante dans leur ingestion mais les caractéristiques physiques également. A titre d'exemple, des poulets de chair ayant depuis l'âge de 15 jours un choix libre entre du maïs et un aliment complémentaire consomment une proportion de ce dernier qui varie de 27 à 37 % selon la forme physique respective des deux aliments (figure 4, Yo *et al* 1997b). L'effort de préhension des particules et/ou le plaisir sensoriel associé au picorage modifient par conséquent nettement le choix nutritionnel des volailles. Pendant la première semaine de distribution, le maïs et l'aliment complémentaire sont distribués en farine et, lorsque l'aliment complémentaire est présenté ensuite en granulé, il faut environ trois jours pour que la consommation se stabilise. Ce délai correspond à une phase d'identification et d'adaptation sensorielles que l'on retrouve de durée variable dans de nombreuses transitions alimentaires.

La taille et la composition des particules alimentaires offertes ne sont pas seules responsables des réactions observées par Yo *et al* (1997 b). Deux aliments contenant 46 % de maïs et 30 % de pois sont fabriqués en incorporant ces matières premières sous la forme d'éclats de graines calibrées ($1,41 \text{ mm} \pm 0,49$ pour le maïs et $1,52 \pm 0,46 \text{ mm}$ pour le pois) ou sous la forme de miettes de même taille fabriquées à partir des mêmes éclats. L'aspect visuel de ces deux aliments ne diffère pas pour l'Homme sans l'utilisation d'une loupe. A l'âge de 13 jours, des poulets ayant reçu depuis la naissance un aliment témoin en farine doivent choisir entre deux aliments. Ils font, dès la première demi-heure de consommation, un choix très net en préférant l'aliment témoin qu'ils connaissent par rapport à

Figure 4. Proportion d'aliment complémentaire consommée (% de l'ingéré total) selon la taille des particules de maïs (farine diamètre médian (d50) = 0,78 mm, concassé d50 = 2,90 mm ou grains entiers) et d'aliment complémentaire (farine d50 = 0,36 mm ou granulés 4 mm) offerts en libre choix au poulet de chair de 15 à 42 j (Yo *et al* 1997b).

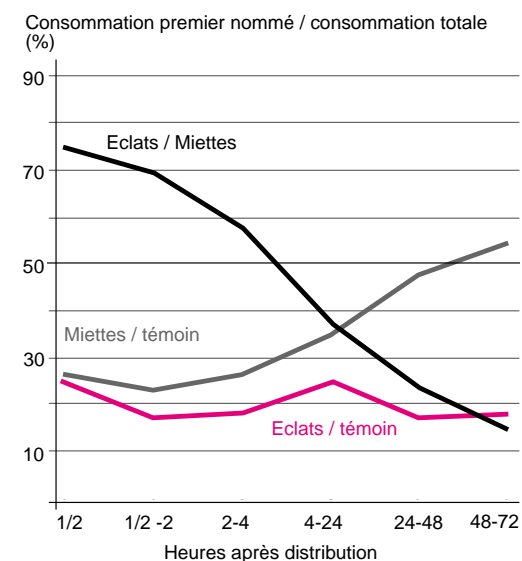


tout aliment nouveau. Lorsque le choix comporte deux aliments nouveaux (miettes vs éclats), ils préfèrent les éclats de graines qui ressemblent aux particules de l'aliment témoin. Il est logique que les miettes leur soient apparues plus étranges dans un premier temps. Cependant, au bout de 24 heures environ, la préférence des animaux s'inverse lorsque des miettes font partie du choix et ils consomment plus de ce dernier type de particules (Picard *et al* 1997a, figure 5).

Trois caractéristiques du comportement alimentaire des volailles sont illustrées par cette dernière expérience :

- les volailles réagissent presque instantanément à une variation de caractéristiques physiques de l'aliment (Nir *et al* 1990) ;

Figure 5. Evolution des préférences entre des particules de même taille et composition sous la forme de miettes ou d'éclats de graines par rapport à un aliment témoin distribué avant le test sur des poulets de chair âgés de 13 jours (Picard *et al* 1997a). Programme Sypram (cf Remerciements).



Les volailles choisissent les particules qu'elles consomment, mais elles peuvent progressivement modifier leurs préférences initiales avec l'expérience de l'aliment.

- en face d'un aliment nouveau qu'elles identifient comme consommable elles le testent, c'est-à-dire en consomment d'abord une proportion faible ;

- pendant un délai qui dure de plusieurs heures à plusieurs jours, elles modifient progressivement leurs préférences (y compris ici pour des raisons purement sensorielles tactiles) tout en continuant de consommer une proportion significative de l'aliment non favori.

Ce type de comportement correspond sans doute à des mécanismes généraux d'adaptation pour survivre dans un milieu complexe. D'autres espèces comme le porc suivent des

stratégies de choix comparables (Meunier-Salaün et Picard 1996).

Dans les conditions d'un aliment unique, la seule possibilité de choix qui demeure est celle des particules dans la mangeoire. La préférence pour les particules de grande taille est connue depuis longtemps. Chez la poule pondeuse, les plus grosses particules de l'aliment sont seules consommées après le passage du chariot et les particules les plus fines sont mangées en dernier, ce qui nécessite des ajustements pratiques pour conduire les poules à consommer tout leur aliment (Rousselle et

Figure 6. Choix particulière chez le poulet de chair de deux semaines en fonction de la composition du régime. La sélection de particules d'un diamètre supérieur à 0,8 mm se retrouve pour les trois aliments, mais les conséquences nutritionnelles dépendent de la composition des différentes classes de particules qui, elle, varie selon le régime (Wauters et al 1997).

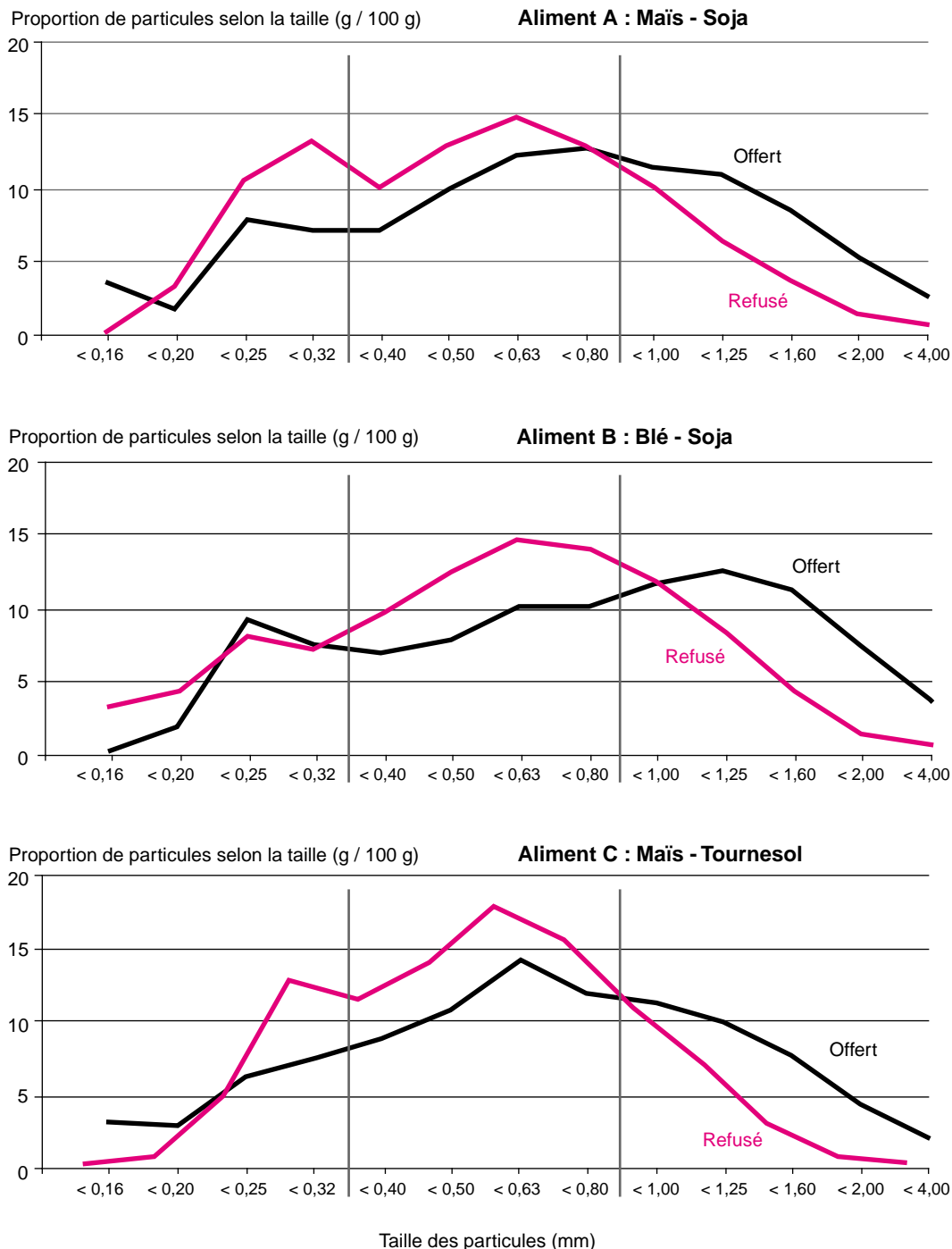
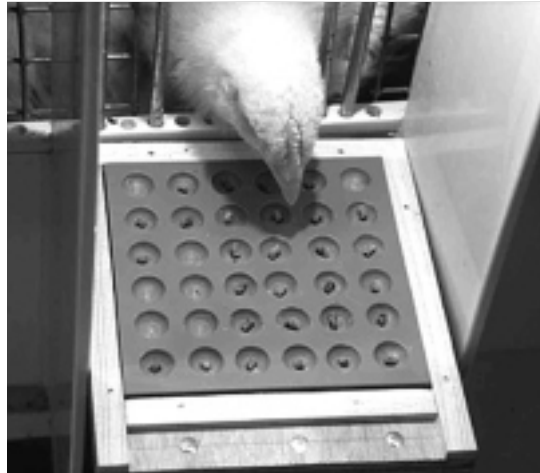


Figure 7. Dispositif d'étude du choix particulière sur plaque en cours de validation à la station INRA de Recherches Avicoles. L'ordre de consommation de particules est comparé à leurs caractéristiques (Le Fur et al 1998, non publié). Crédit photo : Claude Bouchot.



Rudeaux 1994). Chez le poulet en croissance, les animaux de 8 et 16 jours consomment d'abord des particules de taille comprise entre 1,18 et 2,36 mm puis, à partir de la troisième semaine, les particules de taille supérieure à 2,36 mm (Portella *et al* 1988), ce qui correspond à la croissance de leur bec (cf figure 2).

**Le poulet de chair
comme la poule
pondeuse
consomment
préférentiellement
les particules
de grande taille.**

Quelle que soit la composition en matières premières de l'aliment, la préférence pour les particules de grande taille est conservée chez des poussins âgés de 10 jours (figure 6). La quantité de grosses particules (ici de taille supérieure à 0,8 mm) consommées est proportionnelle à leur fréquence dans l'aliment. L'incidence nutritionnelle de ce tri particulier dépend de la composition des différentes fractions qui varie avec les matières premières contenues dans les aliments. Ainsi l'écart entre consommé et offert varie dans l'exemple de la figure 6 de -2,3 à +0,2 % de protéines brutes lorsque la moitié du contenu de la mangeoire est ingérée (Wauters *et al* 1997).

Dans les élevages, l'incidence de ces tris est limitée par la granulation des aliments et les techniques de distribution de l'aliment qui obligent les animaux à vider leur mangeoire. Cependant, l'aliment granulé redevient parfois farine avant de parvenir à son destinataire à cause des systèmes de distribution. Toutes les mangeoires ne se vident pas en même temps et les volailles expriment, par le choix particulière, des caractéristiques individuelles qui contribuent à la variabilité du développement corporel des poulets. Le tri particulière coûte cher. Au coût de la granulation s'ajoute celui des marges de sécurité sur les normes nutritionnelles pour limiter l'hétérogénéité des lots de poulets. Des solutions alternatives comportant des farines très grossières enduites de graisse ont été testées après l'âge de deux semaines en Belgique et Israël.

INRA Productions Animales, mai 2000

La rapidité des décisions prises par une volaille dans le choix des particules qu'elle consomme (environ 200 millisecondes) et la méconnaissance des caractéristiques visuelles précises qui déterminent ce choix ont conduit à mettre au point un nouveau test de choix particulière sur plaque (figure 7) qui est encore en cours de validation. Après adaptation au dispositif, le poulet dispose d'une plaque creusée de 36 cupules contenant chacune une particule ou de 9 godets contenant plusieurs particules. Le comportement est filmé et le ralentissement de la bande vidéo permet ensuite de déterminer avec précision l'ordre de picorage et de consommation des dix premières particules de la plaque. Le test est relativement reproductible pour un même animal et des caractéristiques majeures comme la taille ou la couleur des particules sont facilement identifiées. L'entraînement des animaux afin qu'ils n'aient pas peur de la plaque sans avoir recours à des périodes de jeûne avant les tests (qui biaiseraient le résultat et la mesure) fait encore l'objet de mises au point. Cette méthode peut être couplée avec l'analyse d'image sur photos numériques prises avant ou après picorage, pour étudier par différence les critères du choix particulière.

2.3 / Homogénéité de l'environnement et néophobie

Le choix particulière suppose déjà que l'animal ait accepté de consommer l'aliment proposé. Il est cependant des cas dans la pratique, chez le dindon et les poules pondeuses, plus rarement chez les poulets de chair, où une nouvelle livraison d'un aliment qui ne présente aucun défaut par ailleurs, est ignorée par les animaux ou fortement sous-consommée pendant plusieurs heures. Les caractéristiques physiques des particules alimentaires sont souvent mises en cause dans ces incidents qui demeureraient sans importance si la perturbation induite ne conduisait pas les animaux à des comportements de picorage redirigé vers la litière (et les déjections) l'eau ou les plumes des congénères. Il s'agit de réactions délicates à étudier car leur reproductibilité expérimentale est aléatoire, ce qui explique sans doute la discrétion de la documentation scientifique sur le thème (Picard *et al* 1999).

Certains auteurs (par exemple Jones 1986) assimilent ces réactions à de la « néophobie » ou peur de la nouveauté. Il est possible que la peur puisse participer à l'explication des réactions observées, toutefois la non identification d'un aliment ne se traduit pas par des réactions caractéristiques d'inhibition, de fuite ou d'agressivité induites habituellement par la peur. Celles-ci apparaissent éventuellement dans un deuxième temps, lorsque la faim conduit l'animal à rechercher de la nourriture qu'il ne trouve pas. Le bec étant un outil exploratoire de toucher, tout changement environnemental, comme un changement de litière par exemple (Blokhuis 1989) ou un changement de lumière, peut induire des réactions de picorage redirigé. Il semble que

l'homogénéité de l'environnement précédant un changement puisse faciliter la réaction à un nouveau stimulus (Broom 1969, Jones 1986). Le jeune poussin de chair présente dans les premiers jours de vie d'extraordinaires capacités d'adaptation à des contraintes environnementales, à des modifications d'accès ou de composition de l'aliment, on peut le rendre « néophile » par des changements répétés (figure 8a). Après deux à trois semaines d'élevage dans un environnement homogène il devient très difficile de lui faire apprendre une nouvelle activité (Turro-Vincent 1994). La recherche d'un aliment caché sous des balles de riz est de moins en moins efficace lorsque les animaux sont testés pour la première fois aux âges de 4, 10 et 16 jours (Vilarino *et al* 1998).

Dans un environnement stable et homogène - un bon élevage ! - la probabilité d'obtenir une réaction de non identification de l'aliment ou de rendre l'adaptation à une situation nouvelle problématique augmente avec l'âge de l'animal. Compte tenu de l'importance de l'alimentation dans les activités d'un poulet de chair, d'un dindon ou d'une poule, l'aliment représente un élément majeur de la vie des volailles. Une expérience alimentaire variée, même lorsque cette variabilité ne concerne que la taille des particules, modifie les choix et les réactions ultérieures d'une volaille (figure 8b). Parmi les solutions qui permettraient peut-être de réduire à moindre coût l'homogénéité de l'environnement, figurent les variations du programme lumineux et également la distribution de régimes alimentaires qui tiennent mieux compte des caractéristiques comportementales de l'espèce, c'est-à-dire qui comprennent plusieurs types de particules, voire plusieurs aliments.

3 / Applications et perspectives

Des génotypes qui se développent de plus en plus vite, parfois trop, et dont on doit maîtriser la courbe de croissance ; des poules qui passent beaucoup de temps à explorer leur aliment et réagissent parfois de manière inattendue ; un marché qui demande des produits aux caractéristiques précises dans un calendrier rigoureux ; des aliments dont la composition et la technologie varient avec le marché des matières premières et l'emploi de nouveaux additifs... Autant de contraintes qui justifient une connaissance plus précise des caractéristiques des particules alimentaires qui agissent sur le comportement des volailles. En partant du constat que les « besoins granulométriques » des volailles sont relativement imprécisément connus, quelles propositions sont-elles envisageables pour progresser ?

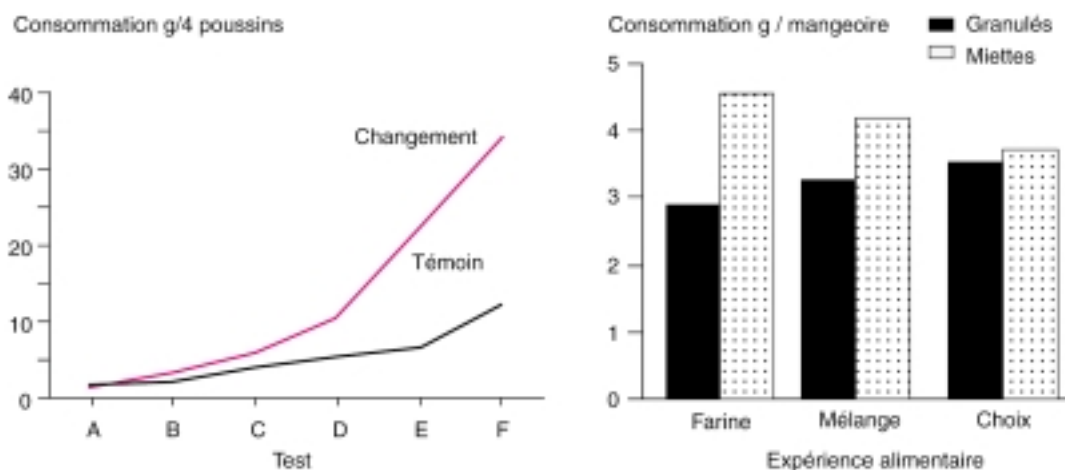
3.1 / Quels besoins ?

Les volailles préfèrent et mangent plus vite les particules dont la taille facilite la préhension par un bec de dimensions variables. Ce fait ne justifie pas la définition d'une norme de besoin. La facilité de préhension peut n'avoir aucun effet réel sur la rentabilité de l'élevage et une action sur l'adaptation de l'animal à son milieu d'élevage pour le moins discutable. Le temps passé à consommer un aliment comporte une part déterminante d'exploration qui maintient une connaissance de l'environnement et probablement la capacité d'accepter un changement de celui-ci. L'« exploration » de l'aliment peut, dans ce sens, être une activité souhaitable dont cer-

Figure 8. Influence de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité des expériences alimentaires du poulet de chair sur ses réactions à un changement d'aliment.

a - Les poussins du groupe « changement » reçoivent un nouvel aliment tous les trois jours et la consommation pendant les 20 premières minutes des tests successifs de A à F, augmente suggérant (quel que soit le changement étudié) que le poussin devient « néophile » par rapport au groupe témoin dont l'aliment ne change pas.

b - Des poussins ayant le choix entre deux nouvelles formes d'un même aliment (granulés vs miettes) expriment des préférences différentes selon les expériences alimentaires qu'ils ont eues avant le test (aliment en farine, mélanges de particules de taille différente dans la même mangeoire, les mêmes particules en choix dans des mangeoires différentes). Programme Sypram (cf Remerciements).



taines volailles, comme les poules pondeuses, usent largement (Vilarino *et al* 1996).

Les conséquences de la granulométrie sur la rentabilité de l'élevage ne sont ni simples ni transposables sans risque d'un milieu expérimental vers la production. Par exemple, les effets de cinq aliments de taille et de dureté croissantes des particules (farine, mélange pour moitié de farine et granulés, granulés, mélange pour moitié de granulés passés une et deux fois dans la presse et enfin granulés passés deux fois) ont été comparés sur le comportement, le développement des capacités digestives, la consommation et la croissance des poulets de 1 à 6 semaines d'âge (figure 9, Nir *et al* 1994 c). L'introduction de 50 % de granulés dans le régime farine a fait augmenter la consommation et l'efficacité alimentaire, réduit la taille du gésier et le temps passé à manger. Au-delà, l'augmentation de la dureté des particules tend plutôt à diminuer l'ingéré sans améliorer la productivité. On peut s'interroger sur la transposition de ce résultat obtenu en cages individuelles sans compétition sociale avec une présence constante de l'aliment aux conditions d'un poulailler de 30 000 têtes avec des distributions d'aliment conditionnées par la réplétion des mangeoires. Cette remarque ne remet pas en cause l'intérêt d'un travail précis absolument indispensable à un progrès attendu dans ce domaine. Elle souligne simplement la difficulté de définir une « norme pratique » sur des variables comme la granulométrie alimentaire qui dépendent d'interactions complexes entre facteurs environnementaux.

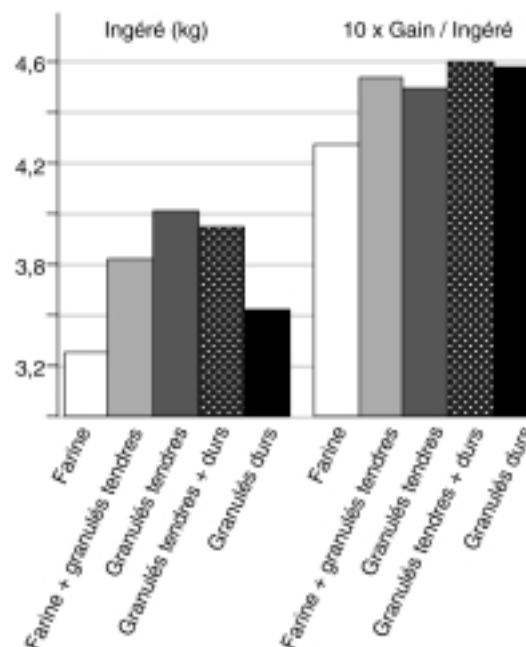
La faculté d'adaptation à un changement d'aliment est d'autant plus grande que l'expérience alimentaire dans le jeune âge a été variée.

Les effets de la granulation sur la prise alimentaire chez le dindon et le poulet, quelle que soit la teneur en graisse du régime, sont purement physiques selon Plavnik *et al* (1997) puisque le broyage des granulés les abolit complètement. Une conclusion divergente de celle de Hamilton et Proudfoot (1995) qui évoquent l'effet de la granulation sur la digestibilité des nutriments. Il semble en effet essentiel de distinguer ces deux modes d'action possibles si la définition d'un besoin doit s'exprimer indépendamment de la composition de l'aliment en matières premières.

La mortalité des poulets de chair mâles par « mort subite » (Proudfoot et Hulan 1989) ou par « ascite » (Nir *et al* 1995) semble favorisée par la granulation du régime. Dans la pratique, une augmentation de ce type de mortalité doit être prise en compte dans la définition d'une norme, mais la mesure objective du risque est délicate.

Globalement, les travaux scientifiques publiés mesurent des différences significatives de comportement et de croissance des poulets alimentés avec des farines ou des granulés, mais les caractéristiques optimales des granulés ne sont pas définies. Les praticiens ont retenu des valeurs limites de caractéristiques particulières dont la variabilité d'une entreprise ou d'une usine à l'autre pour un même type de produit reste large. Cela peut

Figure 9. Exemple d'effets de la forme physique d'un aliment sur la consommation et l'efficacité alimentaire du poulet âgé de 7 à 42 j. Les granulés dits « tendres » sont passés une seule fois dans la presse alors que les granulés dits « durs » subissent deux traitements successifs. D'après Nir *et al* 1994c.



vouloir dire que les volailles sont adaptables et que la définition de normes rigoureuses ne s'impose pas. Dans ce cas la technique de fabrication la plus économique serait la meilleure et le « paysage technologique » des aliments pour poulets serait plus uniforme qu'il n'est aujourd'hui. Il semble bien en fait qu'il reste des progrès à faire !

3.2 / Vers une définition plus précise des caractéristiques physiques des aliments

La définition même des mesures physiques effectuées sur les aliments pour mesurer leur texture et leurs effets sur les volailles requiert une nouvelle évaluation comme celle entamée en Israël (Nir *et al* 1994a, 1994b et 1995). Une particule alimentaire peut se définir par sa taille, sa forme, sa ou ses couleur(s), sa dureté, sa densité, son élasticité, sa rugosité... Et il n'est pas possible d'envisager une évaluation exhaustive des normes de besoins des volailles à chaque âge, ni des interactions entre ces variables et les facteurs d'environnement. Il paraît cependant peu réaliste de se contenter d'un diamètre moyen mesuré par tamisage et/ou d'une mesure plus ou moins précise de la durabilité compte tenu de la précision du comportement alimentaire.

Les tests de choix particulière, comme celui en cours de mise au point (cf figure 7), devraient conduire à trier assez rapidement les caractéristiques particulières détectées ou non. Le fait que les poulets fassent un choix ne signifie pas qu'il soit nécessaire de se

conformer à leur préférence, mais au moins que les animaux détectent les variantes étudiées. La réciproque n'est toutefois pas vraie : s'ils n'expriment pas de préférence, cela ne signifie pas qu'ils ne la détectent pas, mais que la variante leur est indifférente. Il faudra donc sans doute accentuer le caractère néophobe ou néophile des animaux expérimentaux pour rendre le test plus performant (cf figure 8). Le travail n'aura de sens qu'accompagné de mesures physiques précises des caractéristiques granulométriques qui permettront ensuite de passer directement à des suivis de terrain.

3.3 / Une ou plusieurs façons de granuler ?

Le nombre de paramètres techniques réellement utilisables dans une usine pour ajuster la présentation des particules alimentaires à d'éventuelles normes reste limité. Le travail nécessaire au simple changement de la filière d'une presse rend la réflexion sur de nouvelles normes technologiques de l'aliment indissociable d'un dialogue réaliste entre technologues et nutritionnistes. Il ne s'agit pas ici d'une boutade mineure. L'expérience des auteurs dans ce domaine particulier confirme qu'un véritable échange est un préalable indispensable à des progrès réels. La mesure du comportement alimentaire des volailles en élevage peut devenir un moyen de sensibiliser les partenaires à un enjeu si des méthodes simplifiées et validées sont appliquées en routine dans l'avenir (Picard *et al* 1999).

3.4 / Notion de régimes complexes

Depuis de nombreuses années, des millions de volailles reçoivent des céréales entières mélangées ou non aux autres matières premières (Forbes et Covasa 1995 pour revue). Le regain d'intérêt en France pour les graines entières (Noirot *et al* 1998) est un bon modèle pour l'étude de la granulométrie. En effet les grains de blé sont des particules beaucoup plus dures que des granulés de même taille. Ils sont pourtant très facilement consommés par les volailles. Leur forme arrondie aux extrémités, leur contact moins rugueux que celui des granulés expliquent-ils les différences de picorage observées (Yo *et al* 1997a) ?

La distribution séquentielle de graines de céréales en alternance avec un aliment complémentaire (Rose *et al* 1995) ouvre la voie à des régimes complexes utilisant dans un même élevage deux aliments différents au cours d'un cycle de 24 h. De telles pratiques sont encore loin d'être généralisées. Elles permettraient sans doute une plus grande souplesse d'adaptation du régime aux conditions environnementales tout en enrichissant l'expérience sensorielle des volailles donc en facilitant probablement leur acceptation des changements d'aliments.

3.5 / Interactions entre techniques d'élevage et technologie de l'aliment

A de nombreuses reprises les interactions entre le milieu (ou la technique d'élevage) et les réactions comportementales des volailles ont été soulignées. Il s'agit à la fois d'une priorité de recherche et d'une évolution de la production. Les techniques d'élevage se transforment pour satisfaire à une demande d'image de la part de certains consommateurs ou à la législation communautaire. Les caractéristiques physiques de l'aliment doivent sans doute être modifiées lorsque les animaux sont débéqués tardivement ou équipés de dispositifs visant à réduire le picage social, deux techniques qui modifient la mécanique du bec (Savory et Hetherington 1997). Les programmes lumineux adoptés pour moduler la croissance et les rythmes d'ingestion chez les poulets de chair et les dindons ont rarement été étudiés en interaction avec les caractéristiques physiques du régime (Hamilton et Kennie 1997). Enfin, la densité et la répartition spatiale des volailles ne sont pas homogènes dans le poulailler ni constantes quel que soit l'âge. La forme des aliments de fin de cycle de production chez les volailles en croissance peut interférer avec les rythmes d'ingestion. Des aliments consommés rapidement sont mieux adaptés aux densités animales élevées. Ces quelques exemples non exhaustifs soulignent l'intérêt d'une démarche d'observation directe des animaux dans les poulaillers.

Conclusions

Les volailles picorent des particules de leur environnement. Les trois mots clés de cette phrase sont :

- « Picorer », une activité précise et cordonnée qui, à chaque coup de bec, suppose une décision basée sur une perception sensorielle dont les caractéristiques sont spécifiques des volailles

- « Particules », éléments d'un aliment dont seules la taille et la dureté ont fait jusqu'à présent l'objet de mesures mais dont d'autres éléments visibles et/ou perceptibles par le bec méritent d'être systématiquement étudiés par des technologues et nutritionnistes en étroite collaboration ;

- « Environnement », c'est-à-dire l'élevage dont on a voulu homogénéiser les composantes dans le but d'optimiser les conditions de production, ce qui pose parfois aux animaux des problèmes d'adaptation à une nouvelle livraison d'aliment. Pour certains types de production, l'environnement évolue aussi vers de nouvelles techniques plus ou moins éprouvées mais imposées par la législation ou la notion d'image, avant que l'on en connaisse toutes les conséquences.

Manger est la principale activité des volailles. C'est aussi un critère essentiel d'adaptation des animaux et de mesure de la productivité. Il semble toutefois essentiel de distinguer les principales composantes du comportement

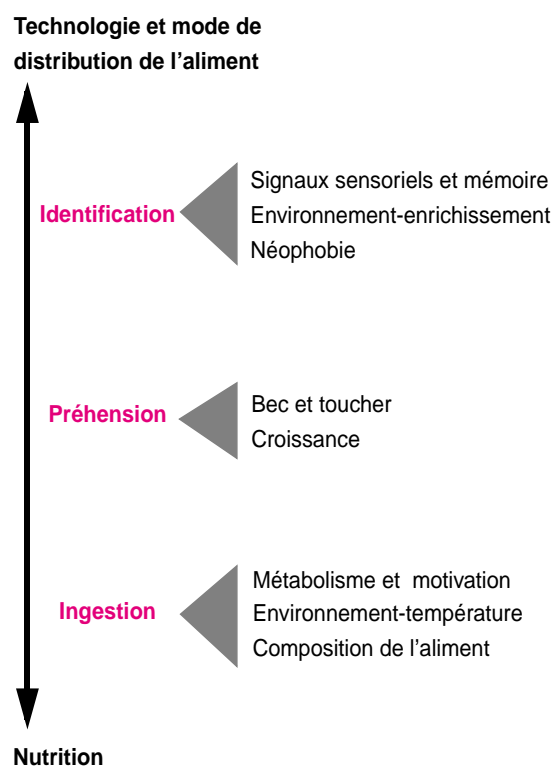
alimentaire afin d'éviter de se tromper de cause par une globalisation inefficace. La figure 10 propose trois phases principales : l'identification, la préhension et l'ingestion. Les deux premières sont directement liées aux caractéristiques particulières de l'aliment. L'identification dépend aussi et surtout de l'histoire d'un animal, de ses expériences passées qui conditionnent une acceptation facile ou non de la nouveauté. La vision y joue un grand rôle. La préhension est affaire de vue et surtout de toucher par le bec. Dans ce domaine il nous reste à mesurer ce que le poulet détecte et les conséquences réelles des modifications d'aspect, de taille, forme, dureté et élasticité (?) des particules alimentaires dans les conditions de la production. Par association entre les effets post-ingestifs de l'aliment consommé et ses caractéristiques sensorielles, une mémoire alimentaire se constitue progressivement. Elle est mise en œuvre dans les identifications ultérieures.

Le lien entre sensoriel et nutrition renforce l'intérêt pour la technologie des aliments pour volailles et son intégration dans les décisions de la filière (avicole, bien sûr !).

Remerciements

Les auteurs expriment leur reconnaissance à Cécile Arnould et Jean-Michel Faure pour leur suggestions et corrections du manuscrit original. Plusieurs travaux cités dans cet article ont été réalisés avec le financement du Fonds SYPRAM sous la responsabilité des auteurs. Toute reproduction totale ou partielle doit faire mention de l'origine du financement. Le SYPRAM a été créé en 1990 en vue de faciliter toute action d'intérêt collectif au profit des entreprises du secteur de l'alimentation animale, avec des fonds apportés par les adhérents des trois associations suivantes : AMEB, Association pour le Maintien de l'Élevage en Bretagne ; SNIA, Syndicat National des Industriels de la Nutrition Animale ; SYNCOPAC, Fédération Nationale des Coopératives de Production et d'Alimentation Animales.

Figure 10. Les trois phases du comportement alimentaire sont régulées par des facteurs différents cités dans la partie droite de la figure. Le génotype, l'âge, les interactions sociales et l'environnement des volailles agissent sur chacune de ces phases par des voies différentes. En pratique, l'identification et la préhension de l'aliment peuvent être manipulées par la technologie alimentaire et les modes de distribution du régime. Les variations à moyen terme de l'ingéré alimentaire demeurent principalement régulées par les facteurs nutritionnels. Adapté de Picard et al 1999.



Références

- Bermejo R., Houben D., Zeigler H.P., 1994. Dissecting the conditioned pecking response, an integrated system for the analysis of pecking response parameters. *J. Exp. Anal. Behav.*, 61, 517-527.
- Berthelot V., Belzung C., Meunier-Salaün M.C., Nowak R., Picard M., 1996. Cholecystokinin A receptor antagonist inhibits feed memory in Japanese quail. *Physiol. Behav.*, 60, 575-579.
- Blokhuis H.J., 1989. The effect of a sudden change in floor type on pecking behaviour in chicks. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 22, 65-73.
- Broom D.M., 1969. Effects of visual complexity during rearing on chicks' reactions to environmental change. *Anim. Behav.*, 17, 773-780.
- Bühler P., 1981. Functional anatomy of the avian jaw apparatus. In : King A.S. and McLelland J. (eds), *Form and function in birds*, 439-440. Academic Press, London.
- Burne T.H.J., Rogers L.J., 1996. Responses to odorants by the domestic chicks. *Physiol. Behav.*, 60, 1441-1447.
- Cunningham D.L., 1992. Beak trimming effect on performance, behavior and welfare of chickens. A review. *J. Appl. Poult. Res.*, 1, 129-134.
- Donis F.J., Heinemann E.G., Chase S., 1994. Context effects in visual pattern recognition by pigeons. *Percept. Psychophys.*, 55, 676-688.
- Forbes J.M., Covasa M., 1995. Application of diet selection by poultry with particular reference to whole cereals. *World's Poult. Sci. J.*, 51, 149-165.

- Ganchrow J.R., Steiner J.E., Bartana A., 1990. Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Dev. Psych.*, 23, 103-117.
- Gentle M.J., 1985. Sensory involvement in the control of food intake in poultry. *Proc. Nut. Soc.*, 44, 313-321.
- Gentle M.J., Breward J., 1986. The bill tip organ of the chicken. *J. Anat.*, 145, 79-85.
- Gentle M.J., Hughes B.O., Fox A., Waddington D., 1997. Behavioural and anatomical consequences of two beak trimming methods in 1- and 10-d-old domestic chicks. *Br. Poultry Sci.*, 38, 453-463.
- Guiton P., 1972. Le comportement du picorage du poussin à la suite d'une privation visuelle monoculaire. *Rev. Comp. Anim.*, 6, 175-173.
- Hale C., Green L., 1988. Effects of early ingestional experiences on the acquisition of appropriate food selection by young chicks. *Anim. Behav.*, 36, 211-224.
- Hamilton R.M.G., Kennie J., 1997. The effects of lighting program, ingredient particle size and feed form on the performance of broiler turkeys. *Can. J. Anim. Sci.*, 77, 503-508.
- Hamilton R.M.G., Proudfoot F.G., 1995. Ingredient particle size and feed texture: effects on the performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 51, 203-210.
- Hogan J.A., 1984. Pecking and feeding in chicks. *Learn. Motiv.*, 15, 360-376.
- Hogan-Warburg A.J., Hogan J.A., 1981. Feeding strategies in the development of food recognition in young chicks. *Anim. Behav.*, 29, 143-154.
- Hughes B.O., Grigor P.N., 1996. Behavioural time-budgets and beak related behaviour in floor-housed turkeys. *Anim. Welfare*, 5, 189-198.
- Hutchinson J.C.D., Taylor W.W., 1962a. Mechanics of pecking grain. *Proc. XII World Poultry Congr.*, 112-116.
- Hutchinson J.C.D., Taylor W.W., 1962b. Motor co-ordination of pecking fowls. *Anim. Behav.*, 10, 55-64.
- Jackson S., Duke G.E., 1995. Intestine fullness influences feeding behaviour and crop filling in the domestic turkey. *Physiol. Behav.*, 58, 1027-1034.
- Jones R.B., 1986. Responses of domestic chicks to novel food as a function of sex, strain and previous experience. *Behav. Processes*, 12, 261-271.
- Jones R.B., Roper T.J., 1997. Olfaction in the domestic fowl : a critical review. *Physiol. Behav.*, 62, 1009-1018.
- Martin G.M., Bellingham W.P., 1979. Learning of visual food aversions by chickens (*Gallus gallus*) over long delays. *Behav. Neur. Biol.*, 25, 58-68.
- Megret S., Rudeauux F., Faure J.M., Picard M., 1996. Rôles du bec chez les volailles. Conséquences du débéquage. *INRA Prod. Anim.*, 9, 113-119.
- Meunier-Salaün M.C., Picard M., 1996. Les facteurs de choix alimentaires chez le porc et les volailles. *INRA Prod. Anim.*, 9, 339-348.
- Meyer D.C., 1987. The avian eye. In : Sturkie P.D. (ed), *Avian physiology*, 38-47. Springer-Verlag, New York.
- Moran E.T., 1982. Food seeking. In : Moran E.T. (ed), *Comparative nutrition of fowl and swine, the gastro intestinal systems*, 5-16. University of Guelph.
- Nielsen B.L., 1999. On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 63, 79-91.
- Nir I., Melcion J.P., Picard M., 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poult. Sci.*, 69, 2177-2184.
- Nir I., Shefet G., Aaroni Y., 1994a. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poult. Sci.*, 73, 45-49. Nir I., Hillel R., Shefet G., Nitsan Z., 1994b. Effect of particle size on performance. 2. Grain texture interactions. *Poult. Sci.*, 73, 781-791.
- Nir I., Twina Y., Grossman E., Nitsan Z., 1994c. Quantitative effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behaviour of meat-type chickens. *Br. Poultry Sci.*, 35, 589-602.
- Nir I., Hillel R., Ptichi I., Shefet G., 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.*, 74, 771-783.
- Noirot V., Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Castaing J., Zwick J.L., Picard M., 1998. Céréales entières pour les poulets de chair : le retour ? *INRA Prod. Anim.*, 11, 349-357.
- Ostheim J., 1997. Visual sensation during pecking in pigeons. *Eur. J. Morphol.*, 35, 269-276.
- Picard M., Faure J.M., 1997. Comportement : Scan ou focal faut-il choisir ? *Journées de la Recherche Avicole*, 2, 213-216.
- Picard M., Porter R.H., 1998. The unexploited sense of smell in chickens. *World Poultry*, 14, 18.
- Picard M., Turro I., Launay F., Mills A.D., Melin J.M., Faure J.M., 1992. Food intake patterns of three week old broilers caged individually or in groups. *Proc. XIX World's Poultry Sci. Congress*, 429-434.
- Picard M., Giboulot B., Melcion J.P., 1997a. Miettes ou éclats de graines d'aspect semblable sont identifiés par le jeune poulet. *Journées de la Recherche Avicole*, 2, 197-200.
- Picard M., Melcion J.P., Bouchot C., Faure J.M., 1997b. Picorage et préhensibilité des particules alimentaires chez les volailles. *INRA Prod. Anim.*, 10, 403-414.
- Picard M., Plouzeau M., Faure J.M., 1999. A behavioural approach to feeding broilers. *Ann. Zootech.*, 48, 233-245.
- Plavnik I., Wax E., Sklan D., Hurwitz S., 1997. The response of broiler chickens and turkey poults to steam-pelleted diets supplemented with fat or carbohydrates. *Poult. Sci.*, 76, 1006-1013.
- Portella F.J., Caston L.J., Leeson S., 1988. Apparent feed particle size preference by broilers. *Can. J. Anim. Sci.*, 68, 923-930.
- Prayitno D.S., Phillips C.J.C., 1997. Equating the perceived intensity of coloured lights to hens. *Br. Poultry Sci.*, 38, 136-141.
- Prayitno D.S., Phillips C.J.C., Ohmed H., 1997. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poult. Sci.*, 76, 452-457.

- Prescott N.B., Wathes C.M., 1998. Spectral sensitivity of the domestic broiler chicken. Proc. 32 nd Congress Internat. Soc. Appl. Ethol., 21-25 July, Clermont Ferrand, 100.
- Proudfoot F.G., Hulan H.W., 1989. Feed texture effects on the performance of roaster chickens. Can. J. Anim. Sci., 69, 801-807.
- Reymond E., Rogers L.J., 1981. Deprivation of the visual and tactile aspects of food important to learning performance of an appetitive task by chicks. Behav. Neur. Biol., 31, 425-434.
- Rogers L.J., 1995. The development of the brain and behaviour in the chicken. CAB International, Wallingford, UK, 95-110.
- Roper T. J., Marples N.M., 1997. Odour and colour as cues for taste avoidance learning in domestic chicks. Anim. Behav., 53, 1241-1250.
- Rose S.P., Fielden M., Foote W.R., Gardin P., 1995. Sequential feeding of whole wheat to growing broiler chickens. Br. Poult. Sci., 36, 97-111.
- Rousselle V., Rudeaux F., 1994. Moins de passages de chariots : une alimentation plus équilibrée. L'Aviculteur, 556, 65-67.
- Savory C.J., 1979. Feeding behaviour. In : K.N. Boorman, B.M. Freeman (eds), Food intake regulation in poultry, 277-323. Br. Poult. Sci., Edimburgh, UK.
- Savory C.J., 1985. An investigation into the role of the crop in control of feeding in Japanese quails and domestic fowls. Physiol. Behav., 35, 917-928.
- Savory C.J., Hetherington J.D., 1997. Effects of plastic anti-pecking devices on food intake and behaviour of laying hens fed on pellets or mash. Br. Poult. Sci., 38, 125-131.
- Stamp-Dawkins M., Woodington A., 1997. Distance and the presentation of visual stimuli to birds. Anim. Behav., 54, 1019-1025.
- Turro I., Porter R.H., Picard M., 1994. Olfactory cues mediate food selection by young chicks. Physiol. Behav., 55, 761-767.
- Turro-Vincent I., 1994. Ontogenèse du comportement alimentaire du poussin (*Gallus domesticus*) dans les conditions de l'élevage intensif. Thèse Université F. Rabelais, Tours, France, 205 p.
- Vilariño M., Picard M., Melcion J.P., Faure J.M., 1996. Behavioural adaptation of laying hens to dilution of diets under mash and pellet form. Br. Poult. Sci., 37, 895-907.
- Vilariño M., Leon A., Faure J.M., Picard M., 1998. Ability of broiler chicks to detect hidden food. Arch. Geflügelk., 62, 156-162.
- Wauters A.M., Guibert G., Bourdillon A., Richard M.A., Melcion J.P., Picard M., 1997. Choix de particules alimentaires chez le poussin : effet de la taille et de la composition. Journées de la Recherche Avicole, 2, 201-204.
- Workman L., Rogers L.J., 1990. Pecking preferences in young chicks: effects of nutritive reward and beak-trimming. Appl. Anim. Behav., 26, 115-126.
- Yo T., Vilariño M., Faure J.M., Picard M., 1997a. Pecking in young chickens: new techniques of evaluation. Physiol. Behav., 61, 803-810.
- Yo T., Siegel P.B., Guerin H., Picard M., 1997b. Self-selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate : effect of feed particle size on the feed choice. Poult. Sci., 76, 1467-1473.

Abstract

Feed particles : what chickens see and touch !

Day-old chicks learn to associate nutritional effects with the sensorial characteristics of feed particles, thanks to a precise visual observation of details and specific tactile capabilities of their beak. Selection of feed particles is fast and accurate. However this selection may vary according to the sensorial experience of the animal concerning the feed. Eating rate depends on the size and hardness of the pecked particles. The consequences on production are dependent on environmental conditions. Under fluctuating environmental conditions, chickens adapt faster to a dietary change than when they are kept under a homogenous and constant environment in the shed. The production system may therefore change the perception of the structure of feed particles by chickens and its consequences on productivity. Optimal characteristics are difficult to

standardise. New methods result from the collaboration between nutritionists and feed technologists. They evaluate how the bird actually perceives the shape and texture of the feed particles. Studies of food intake behaviour of chickens are useful, at both the farm and laboratory levels, to measure the consequences of feed technology and adapt new modes of feed distribution. Nutrition and sensorial detection interact at the three critical phases of food intake behaviour : identification, prehension and intake of the feed. Modern feed technology that is integrated into the production system should take these three phases into account.

PICARD M., LE FUR C., MELCION J.-P., BOUCHOT C., 2000. Caractéristiques granulométriques de l'aliment : le « point de vue » (et de toucher) des volailles. INRA Prod. Anim., 13, 117-130.