

Picorage et préhensibilité des particules alimentaires chez les volailles

Les connaissances nutritionnelles et le contrôle chimique de l'alimentation des volailles ont atteint un niveau théorique élevé et sont largement mis en pratique. Par contre, les caractéristiques physiques optimales du régime sont encore très fréquemment estimées de manière imprécise. Or, les volailles voient et picorent d'abord des particules dont l'aspect, la rugosité, la dureté, la friabilité, l'élasticité... sont autant de signaux qui sont perçus par l'œil et par le bec, mémorisés par le cerveau et qui vont conditionner la préhensibilité.

Le but de cet article est de proposer des méthodes d'évaluation de la préhensibilité des particules alimentaires, étape essentielle et mal connue du comportement alimentaire chez les volailles.

Résumé

Les conditions d'alimentation des volailles constituent un modèle extrême à la fois de simplification (un seul aliment) et de sophistication (caractéristiques nombreuses contrôlées avec rigueur). Spécifique des oiseaux, le picorage est une activité complexe dont l'analyse est nécessaire à la compréhension des méthodes de mesures de la préhensibilité. Le poussin sort de l'œuf grâce à son bec. Sa première activité après la naissance est de picorer. Il acquiert, plus ou moins rapidement selon sa vitesse de croissance, une sélectivité pour les particules alimentaires qui induisent des renforcements sensoriels et métaboliques.

Le picorage alimentaire est une activité discontinue, anticipée, hétérogène et sélective. Le rythme des accès à l'aliment est le résultat d'une adaptation de l'animal à son environnement plutôt que le reflet intangible d'une régulation interne de l'appétit. L'observation vidéo ralentie du picorage confirme que la tête est immobile pendant les deux tiers du temps, ce qui permet l'observation des particules. La particule touchée ou saisie est choisie avant le coup de bec qui s'effectue membrane nictitante fermée. La majorité des coups de bec ne saisissent pas d'aliment mais sont exploratoires et font partie d'un besoin global d'« activités du bec ». La force du coup de bec peut être mesurée sur une balance ultra-rapide. La force et le rythme du picorage varient selon la nature des particules consommées. Trois mesures permettent de caractériser rapidement la préhensibilité d'un aliment : la « vitesse » d'ingestion (quantité consommée / temps passé), le rythme de picorage (nombre de coups de bec / temps passé) et l'efficacité d'un coup de bec (quantité consommée / nombre de coups de bec).

Ces mesures pourront par la suite être affinées en distinguant coups de becs exploratoires ou consommateurs et en mesurant la force d'un coup de bec.

Au poulailler, le temps passé à consommer peut être évalué par comptage répété du nombre de volailles à la mangeoire sur un ou plusieurs sites du bâtiment. D'autres informations comme les interactions sociales pendant un accès à la mangeoire ou le picorage du sol rapidement après, sont de indicateurs potentiels de difficultés d'adaptation à l'aliment.

Les mesures de préhensibilité chez les volailles contribueront à une caractérisation physique précise des particules alimentaires qui complétera les connaissances nutritionnelles actuelles qui sont surtout biochimiques.

Consommer un seul aliment complet est une expérience relativement récente pour les espèces avicoles dont les capacités à choisir, saisir et consommer des aliments tous déséquilibrés pour en faire un « régime » ont été sélectionnées depuis des millions d'années dans un environnement complexe et fluctuant. Le comportement alimentaire est la résultante d'au moins trois grands mécanismes distincts et complémentaires : identification, préhension, ingestion. L'identification du caractère consommable d'une particule trouvée dans l'environnement fait appel à l'apprentissage de ses caractéristiques et de ses conséquences post-ingestives, à la mémoire des expériences passées. La préhension par le bec est un acte conditionné par l'identification. Le picorage conduit à l'ingestion mais fournit aussi à l'animal un complément d'informations sensorielles sur les caractéristiques de la particule saisie qui est parfois simplement touchée, bougée ou recrachée. L'ingestion quantitative d'aliments dépend de la régulation à moyen terme de la motivation à manger (faim) et de la reconnaissance des particules présentes dans l'environnement.

La consommation alimentaire est donc la résultante (l'intégrale ?) d'une série de décisions (déplacement vers la mangeoire, choix d'une particule, toucher, préhension, déglutition ou rejet, arrêt ou poursuite de l'activité

de picorage). Chacune de ces décisions est contrôlée par plusieurs facteurs. Dans l'étude globale de la consommation alimentaire, les paradigmes expérimentaux limitent souvent la complexité du comportement de l'animal aux dépens de la généralisation des conclusions à d'autres environnements. Une voie de recherche pour tenter de mieux comprendre le comportement alimentaire est de le décomposer en analysant distinctement ses différentes composantes et, dans le cas de la préhension, en partant de l'« unité de base » de cette activité : le picorage.

Le comportement de picorage est inné mais il s'enrichit très vite des expériences de l'animal. Spécifique des oiseaux, le picorage est une activité complexe dont l'analyse est nécessaire à la compréhension des méthodes de mesure de la préhensibilité. Ces dernières sont considérées successivement comme un outil de description du picorage alimentaire puis comme une technique d'évaluation des aliments pour aboutir à des propositions pratiques.

1 / Qu'est ce que le picorage ?

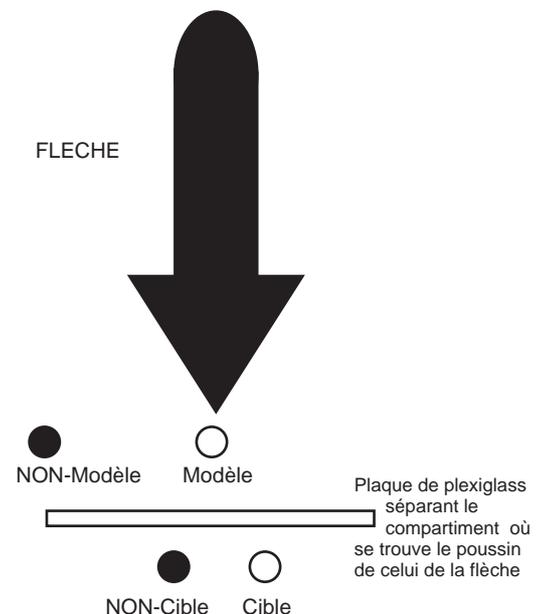
1.1 / Une activité initiale

Le poussin sort de l'œuf grâce à son bec. Sa première activité après la naissance est de picorer des petits *stimuli* visuels de forme sphérique et de couleur bleue ou rouge de préférence (Rogers 1995). Une perception visuelle particulière de l'environnement (perception de détails dans un vaste champ visuel et latéralisation des fonctions cérébrales) est couplée à la détection des caractéristiques physiques et chimiques des particules par le bec (Megret *et al* 1996) et à une détection efficace des odeurs (Turro *et al* 1994b). Le jeune poussin a un résidu vitellin (15 à 20 % du poids vif à la naissance) qui constitue un apport nutritionnel important pendant les trois premiers jours de la vie (Chamblee *et al* 1992, Murakami *et al* 1992). Cette réserve nutritionnelle chez des poussins à croissance lente semble freiner la perception d'un renforcement post-ingestif lié à la consommation de nourriture. Le poussin consomme au début de sa vie indifféremment du sable ou de l'aliment (Hogan 1971, Hogan-Warburg et Hogan 1981, Hale et Green 1988). Le picorage seul (sans déglutition) ou la déglutition non associée au picorage (gavage) ne permettraient aucun apprentissage selon Hogan (1984). Cependant Hogan avait testé des poulets de jungle et Hale et Green des coquelets de souche Leghorn, c'est-à-dire dans les deux cas des génotypes à croissance lente. Des poussins à croissance rapide comme les Cornish mémorisent à long terme leurs toutes premières expériences alimentaires (Capretta 1969). La vitellectomie retarde leur développement corporel mais modifie peu les choix alimentaires lorsque du vitellus séché est offert en libre choix avec de l'aliment (Turro *et al* 1994a, Turro-Vincent *et al* 1994). L'en-

semble des travaux d'Isabelle Turro-Vincent (1994) montre que le poussin de chair à croissance rapide perçoit très tôt les renforcements positifs de la consommation alimentaire. Cependant, des préférences tactiles (bec) peuvent s'établir très tôt indépendamment de la déglutition (Workman et Rogers 1990). L'association entre picorage et déglutition de particules alimentaires est observée dès l'âge de 24 h chez des poussins débecqués ou non (Hausberger 1992). Le picorage est donc une activité innée et la sélectivité dépend de renforcements sensoriels et métaboliques qui agissent plus ou moins rapidement après la naissance selon la vitesse de croissance des poussins. La précision du coup de bec peut également s'améliorer avec l'expérience.

Dans les premières heures de vie l'apprentissage du geste de picorage peut être induit et/ou renforcé par l'imitation de la mère (ou, à défaut, des partenaires sociaux). Si le contact entre les animaux est un aspect important des relations sociales à la mangeoire, le mouvement mécanique de picorage reproduit par un crayon ou une marionnette stimule efficacement le picorage (Tolman 1964 et 1968, Turner 1964). Ce modèle transposé à une flèche oscillante de 8 cm de haut par Suboski et Bartashunas (1984 ; figure 1) permet de démontrer que les mouvements sont des *stimuli* efficaces dans l'apprentissage social de l'alimentation. A un âge ultérieur on retrouve

Figure 1. Dispositif expérimental utilisé par Suboski et Bartashunas (1984) pour analyser les aspects mécaniques de la transmission du picorage de particules d'un poussin nouveau-né à l'autre. La flèche oscille 200 fois par minute d'une amplitude de 3 cm au-dessus en produisant un son à chaque impact. La nature du modèle en-dessous de la flèche oscillante influence le choix d'une cible d'aspect semblable par le poussin placé de l'autre côté de la plaque de Plexiglass.



souvent des mécanismes d'imitation (ou allélomimétisme, Hughes 1971) qui peuvent interférer avec le comportement alimentaire (Meunier-Salaün et Picard 1996).

L2 / Une activité multiple

Le picorage alimentaire n'est qu'une forme de picorage. Les rôles multiples du bec (Megret *et al* 1996) s'expriment vers d'autres substrats que l'aliment. Par exemple, des poulettes âgées de 6 semaines donnent en moyenne par heure d'activité 6 000 coups de bec à l'aliment, 100 à 400 coups de bec à la litière et 10 à 30 coups de bec au plumage des congénères (Blokhuis 1989). Le comportement de confort dit du « bain de poussière » est initié par le picorage et le grattage des matériaux préférés (Petherick et Duncan 1989, Vestergaard et Hogan 1992, Sanotra *et al* 1995). L'impossibilité de connaître les motivations exactes d'une volaille en train de picorer un substrat (y compris de l'aliment !) prévient une analyse trop directe de la relation du picorage à l'ingestion. Des gallinacés de même taille corporelle et de besoins nutritionnels voisins peuvent passer de moins de 5 % à plus de 40 % de leur temps à « manger » selon leur génotype, leur âge et les contraintes ou les attraits de leur environnement (Savory 1979, Hill *et al* 1986, Van Roijen 1991, Bessei 1992).

Lorsqu'une activité est inhibée, on observe des picorages redirigés vers d'autres substrats : un toilettage de frustration (Duncan et Wood-Gush 1972), un picorage de la litière lorsque l'aliment rationné est fini (Savory et Maros 1993) ou lors d'un changement de régime (Vilarino 1997), du picage des plumes des congénères induit par une modification de l'environnement (Blokhuis 1989, Blokhuis et Van den Haar 1992, Johnsen et Vestergaard 1996). Ces exemples suggèrent une certaine substitution d'un comportement de picorage à l'autre (Tanaka et Yoshimoto 1986) qui font proposer l'existence d'un besoin global d'« activités du bec » à Bubier (1996) chez la poule pondeuse et à Hughes et Grigor (1996) chez le dindon. Le picorage alimentaire doit donc être observé de manière critique si on veut l'utiliser dans le seul but de décrire le comportement d'ingestion.

L3 / Une activité complexe et précise

Un ensemble d'informations sensorielles diverses est nécessaire à l'établissement et au contrôle du picorage alimentaire (revue de Gentle 1985). Elles mettent en jeu cinq voies neuro-anatomiques majeures dont le système sensorimoteur trigéminal qui assure l'essentiel de la coordination de l'action de picorage (Kuenzel 1989). Les actes successifs qui conduisent à la préhension, la mandibulation et la déglutition d'une particule alimentaire sont décrits de manière détaillée par Zweers (1982) chez le pigeon et Van den Heuvel (1992) chez la poule à partir d'études cinématographiques rapides (64 à 250 images par

seconde) et de mesures électromyographiques permettant de décomposer les mouvements. Ces travaux montrent une grande similitude entre les deux espèces et soulignent la complexité des différents actes coordonnés sur une échelle de temps de quelques centièmes de seconde.

Le picorage de la poule adulte consommant des grains de blé peut être décomposé en trois phases (Hutchinson et Taylor 1962a) :

- coup de bec proprement dit qui dure 130 à 170 ms ;
- mandibulation et déglutition pendant 180 à 250 ms ;
- phase apparemment inactive de 100 à 220 ms.

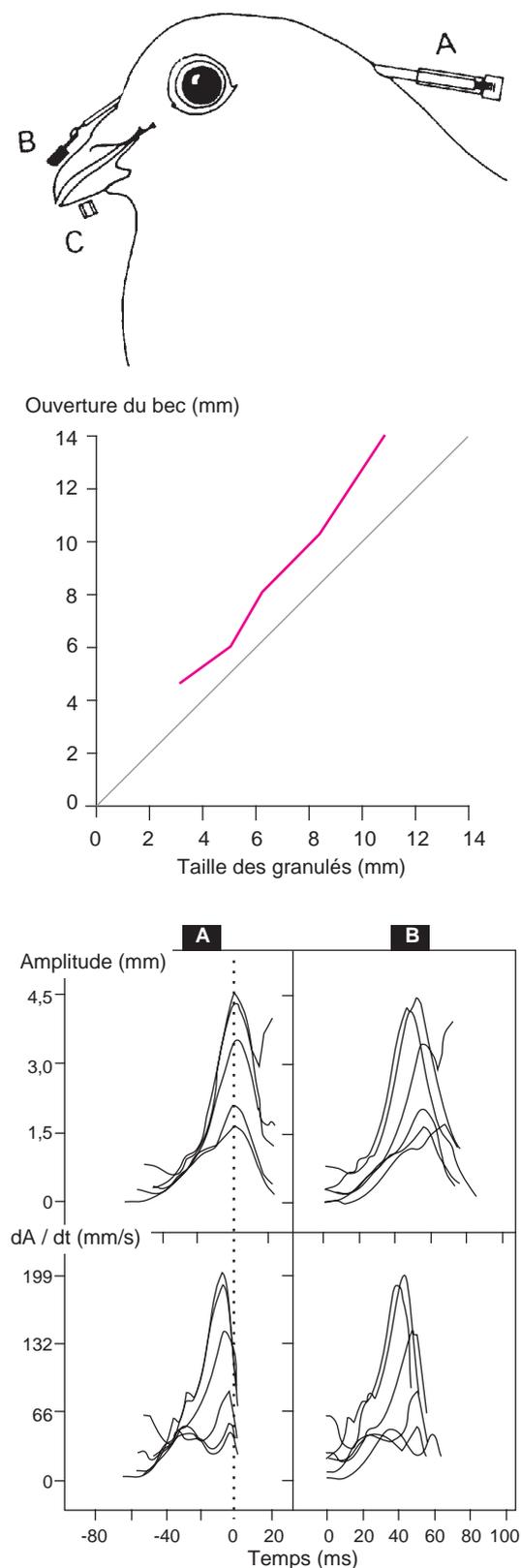
Le picorage n'est donc pas une activité continue comme la rapidité des oiseaux le laisse supposer à un observateur humain mais une succession d'actes et de périodes d'observation. Pendant le coup de bec, la membrane nictitante est fermée, l'action est donc probablement programmée avant sa réalisation. Ce point est confirmé par les travaux de Bermejo et Ziegler (1989) et Bermejo *et al* (1989 et 1994) chez le pigeon. En utilisant un système électromagnétique placé sur le bec (Deich *et al* 1985) ils mesurent de manière continue l'ouverture des mandibules et observent que l'ouverture du bec est proportionnelle à la taille de la particule saisie avant le contact (figure 2).

L'efficacité du picorage n'est cependant pas de 100 %. Tous les travaux publiés font état d'une proportion variable de coups de bec qui n'aboutissent pas à la préhension d'une particule. Hutchinson et Taylor (1962b) observent une forte variabilité d'une poule à l'autre (de 14 à 82 % de grains saisis sur un plateau mobile, de 24 à 86 % sur un sol fixe). Un sol mou semble favoriser le taux de succès. Cependant ce type de résultat doit être discuté en prenant en considération les périodes de jeûne précédant la plupart des tests et, d'autre part, le fait que de nombreux coups de bec sont donnés à l'aliment bec fermé et ne peuvent donc pas être préhensibles (Rogers 1995). Chez des poussins âgés de une semaine, et recevant des vers de farine, le choix de la cible est en partie déterminé par la facilité d'accès (Bovet et Vauclair 1985). Le choix de particules alimentaires inertes par des jeunes (Wauters *et al* 1997) ou par des poules pondeuses (Rousselle et Rudeaux 1994) n'est pas aléatoire mais déterminé par les caractéristiques particulières notamment de taille. Le picorage alimentaire est donc une activité discontinue, anticipée, hétérogène et sélective.

Après préhension, la langue rigide, non préhensile, enduite de salive colle la particule sur le toit du palais dur puis la fait progresser par des mouvements rapides vers l'arrière jusqu'à la fourchette postérieure. Des mouvements rapides du larynx assurent la propulsion vers l'œsophage (White 1968). Il n'y a pas mastication mais des mouvements du bec (mandibulations) peuvent accompagner le transfert.

Le picorage n'a pas pour seule finalité la préhension d'un aliment : la majorité des coups de bec sont exploratoires.

Figure 2. Mesures du coup de bec chez le pigeon. Le dispositif électromagnétique placé sur le bec (en haut, selon Deich et al 1985 © Pergamon Press Ltd 1985) permet de mesurer de manière constante son ouverture. L'ouverture du bec est ajustée à la taille du granulé qui sera saisi (au milieu). L'enregistrement de la cinétique de l'amplitude et de la vitesse d'ouverture du bec confirme que celle-ci est déterminée avant l'impact (en bas : A = ajusté sur l'ouverture maximale selon la taille des granules, B = ajusté sur le début de l'ouverture - Bermejo et Zeigler 1989 © Springer-Verlag 1989).



2 / Mesurer le picorage alimentaire

2.1 / De la notion de repas à celle d'accès à la mangeoire

L'enregistrement de l'activité alimentaire des volailles conduit à s'interroger sur l'existence réelle de repas et sur l'intérêt de leur mesure. En conditionnement opérant, un rythme d'ingestion existe chez la poulette et la poule pondeuse, mais les très nombreux accès varient énormément d'un individu à l'autre, en durée et en taille (quantité consommée) (Duncan *et al* 1970). Certaines poules font des accès longs assimilables à des repas, d'autres semblent manger selon un rythme aléatoire. Clifton (1979) confirme cette observation et conclut qu'en situation d'alimentation *ad libitum*, il est impossible de proposer un modèle unique décrivant les rythmes de consommation. Comme chez les mammifères, lorsque le « coût d'accès » à l'aliment augmente (nombre d'appuis sur un bouton par exemple), le nombre de repas diminue et leur taille augmente (Kaufman et Collier 1983, Savory 1989). Chez le poulet de chair, l'isolement, ou au contraire la présence de partenaires, modifie complètement les rythmes de consommation pour une ingestion journalière constante en temps et quantité (Picard *et al* 1992). Le rôle du jabot n'explique que partiellement cette variabilité (Savory 1985). Les caractéristiques des repas dépendent d'abord des contraintes environnementales.

L'adaptation de la rythmicité des accès à l'aliment aux contraintes environnementales n'est pas une spécificité des volailles. Elle existe chez des espèces pour lesquelles la notion de repas est admise. Ainsi, le rat semble capable d'évaluer globalement le « coût d'accès » à la mangeoire, même lorsque celui-ci fluctue au cours du test (Johnson et Collier 1994). Castonguay *et al* (1986) font remarquer que le choix d'une durée minimale d'arrêt entre deux accès à l'aliment peut modifier sensiblement les relations entre taille du repas et intervalles pré- ou post-prandiaux. L'absence de durée minimale conduit à considérer chaque accès à la nourriture comme un repas. Or, un coup de bec n'est pas plus un repas chez une volaille qu'un coup de fourchette chez un humain. La détermination de la limite entre un arrêt court entre deux contacts avec l'aliment et une pause inter-prandiale est possible en étudiant la fréquence des arrêts selon leurs durées par une analyse du type « fonction de survie » (Slater et Lester 1982). Dans un environnement peu contraignant, les valeurs-seuils qui permettent de distinguer un arrêt entre deux repas d'un arrêt entre deux becquées sont variables d'un jeune poulet de chair à l'autre et, pour un même individu, d'un jour à l'autre (Picard *et al* 1992). Dans ces conditions la définition d'un repas standard est arbitraire ou très difficile à déterminer et comporte des risques

importants de biais. Cependant les rythmes d'accès à la mangeoire varient selon la composition des particules alimentaires offertes (Picard *et al* 1994). Des poulets de 3 semaines s'interrompent deux fois plus souvent lorsqu'ils picorent un aliment complémentaire granulé (sans céréale) que des granulés de mêmes caractéristiques physiques incluant les céréales, dans les conditions de mesures de Yo *et al* (1997).

L'organisation du comportement alimentaire des volailles en séquences dépend donc de l'environnement et des caractéristiques de l'aliment consommé. Le rythme des accès à l'aliment est le résultat d'une adaptation de l'animal à son environnement plutôt que le reflet intangible d'une régulation interne de l'appétit. Si ce type de mesure a un intérêt éthologique pour caractériser l'adaptation, il ne permet pas, dans les conditions de nos connaissances actuelles, de caractériser un aliment de manière précise et reproductible. Par contre, deux types de mesures restent possibles : la « vitesse » d'ingestion, par une évaluation du temps passé à la mangeoire et de la quantité d'aliment consommée sur une période de plusieurs heures, et le rythme détaillé des coups de bec pendant une séquence de consommation.

2.2 / Description précise du coup de bec

En 1968, Wood-Gush et Grower enregistrent graphiquement le picorage d'un coq sur le plateau d'une balance. Ils concluent que le rythme de picorage dépend de la durée du jeûne précédant le test et de la taille des particules consommées. Cependant l'appareillage utilisé comme celui des études de cinématographie ne permet pas une étude aisée dans des conditions de consommation comparables à celles de la pratique, à cause du rythme rapide du picorage (supérieur à un coup de bec par seconde) et de la tendance des

volailles à manger en groupe (Mills et Faure 1989). Une prise de vue vidéo (25 images par seconde) de la tête d'un poulet à la mangeoire avec une caméra équipée d'un obturateur électronique, peut être visionnée au ralenti (8 à 16 fois) avec un magnétoscope à vitesse variable. L'observateur distingue alors des activités diverses. Les coups de bec brefs et de durée mesurable sont séparés par des périodes où la tête est fixe et pendant lesquelles l'animal semble observer l'aliment, avec de temps en temps des changements limités d'orientation de la tête. Certains coups de bec sont donnés bec ouvert et conduisent à la mandibulation puis à la déglutition d'une particule (plus rarement à son rejet), d'autres sont donnés bec fermé ou ouvert sans prise d'aliment, comme pour le toucher ou le remuer. En utilisant un magnétoscope qui code le temps sur la bande magnétique en même temps que les images, le programme « The Observer 3.0 » équipé du complément d'analyse des bandes vidéo (Noldus 1991) permet de suivre les attitudes successives de l'animal en conservant sur le même écran d'ordinateur l'image et le fichier d'enregistrement. Cet outil permet une décomposition aisée des attitudes d'animaux rapides comme les volailles.

A titre d'exemple, le tableau 1 montre que la tête est en mouvement pendant un quart du temps seulement. Les deux tiers des coups de bec dans les conditions des mesures réalisées sont dits exploratoires dans la mesure où ils ne conduisent à aucune préhension de particules alimentaires. La durée d'un coup de bec peut être obtenue en divisant le temps passé (budget temps) par la fréquence (nombre de coups de bec par seconde). Le résultat de ce calcul suggère une relative constance de la durée d'un coup de bec, quel que soit le type de particule consommé dans l'exemple cité tableau 1 (153, 160 et 157 ms en moyenne pour les coups de bec consommateurs et 139, 141 et 132 ms pour les coups de

On peut caractériser la préhensibilité d'un aliment par le rythme et l'efficacité des coups de bec nécessaires à son ingestion.

Tableau 1. Observations par focal sampling (voir texte) de séquences de picorage de poulets âgés de 16 à 18 jours. Films vidéo ralentis 16 fois et codage sur The Observer 3.0. Moyennes (\pm erreurs standard ; $n = 11$ cages par traitement) de deux sessions de picorage de 15-25 secondes (en temps réel) par cage et par type de particules alimentaires. D'après Yo *et al* (1997).

	Régime complet	Alimentation séparée		Kruskal-Wallis χ^2 (Prob)
		Grains de blés	Aliment complém.	
Nb total de coups de bec (cdb) / s dont :				
- consommateurs	1,50 \pm 0,09 ^{a*}	1,25 \pm 0,08 ^b	1,07 \pm 0,07 ^b	11,4 (0,01)
- exploratoires	0,45 \pm 0,04	0,35 \pm 0,03	0,35 \pm 0,05	3,3 (ns)
	1,05 \pm 0,08 ^a	0,90 \pm 0,06 ^{ab}	0,71 \pm 0,07 ^b	9,3 (0,01)
Nb moyen de mouvements de la tête / s	0,53 \pm 0,07	0,65 \pm 0,04	0,71 \pm 0,06	3,5 (ns)
Budget temps (%)				
- cdb consommateurs	6,9 \pm 0,7	5,6 \pm 0,5	5,5 \pm 0,7	3,0 (ns)
- cdb exploratoires	14,6 \pm 1,1 ^a	12,7 \pm 0,8 ^a	9,4 \pm 0,8 ^b	13,4 (0,01)
- rotations de la tête	4,5 \pm 0,6	5,6 \pm 1,3	6,7 \pm 0,8	4,2 (ns)
- tête en position fixe	74,1 \pm 1,3 ^a	76,1 \pm 1,4 ^{ab}	78,4 \pm 1,1 ^b	7,0 (0,03)

* test de Mann-Whitney : les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) ; calcul fait quand le test de Kruskal-Wallis est significatif ($P < 0,05$). ns : non significatif ($P > 0,05$).

bec exploratoires). La prise d'une particule alimentaire semble donc ralentir très légèrement le geste. Ces valeurs sont cohérentes avec celles obtenues par Hutchinson et Taylor (1962a) chez l'adulte. Il faudra cependant une étude systématique des effets de l'âge et

des caractéristiques particulières de l'aliment avant de conclure sur la constance de la durée d'un coup de bec.

Les mouvements de rotation de la tête sont en général brefs (environ 80 ms) et interviennent tous les deux ou trois coups de bec. Bien que les résultats ne soient pas significativement différents dans les conditions de l'exemple du tableau 1, on note qu'ils tendent à être plus fréquents lorsque les poulets picorent l'aliment complémentaire. Le rythme de picorage est significativement plus lent pour ce dernier par rapport au régime complet. Cependant les caractéristiques particulières des deux aliments granulés sont semblables et leur composition ne diffère que par la teneur en céréale (Yo *et al* 1997). Le ralentissement du rythme de picorage est associé à une augmentation de la durée d'immobilité de la tête qui suggère une observation (ou une hésitation) plus soutenue entre deux actes.

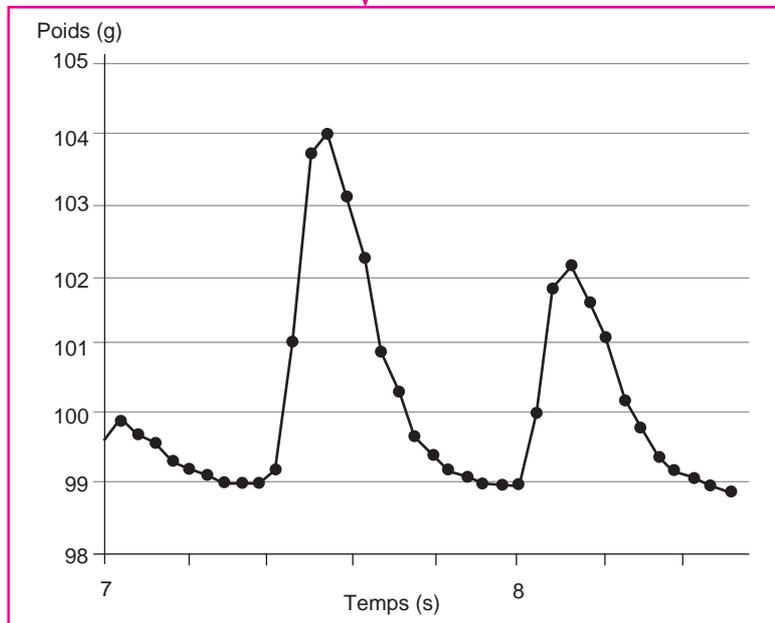
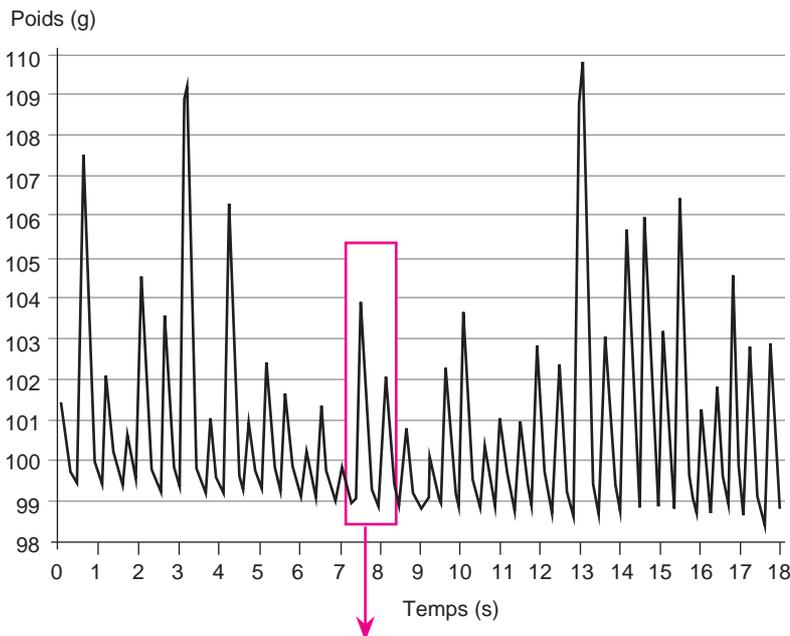
L'intérêt principal de la méthode proposée est qu'elle peut être pratiquée sans contrainte matérielle excessive et en laissant les animaux libres de consommer en groupe. La mesure détaillée du rythme de picorage est une voie de recherche majeure pour l'étude des effets des caractéristiques physiques des particules alimentaires sur le comportement des volailles.

2.3 / Force du coup de bec

Au cours de l'expérience illustrée au tableau 1, Yo *et al* (1997) évaluent la force du picorage en plaçant la mangeoire sur le plateau d'une balance électronique qui transmet toutes les variations de poids 24 fois par seconde. L'enregistrement sur ordinateur des poids au cours d'une séquence de picorage permet de tracer le graphique illustré figure 3. Plus un coup de bec est fort plus la balance dévie et donc plus le pic enregistré diffère de la ligne de base. Les balances électroniques utilisent un système d'amortissement des variations (cf. figure 3, bas) qui freine le retour à la ligne de base. Les oscillations du signal émis par une jauge de contrainte présentent les mêmes inconvénients. En conséquence, l'évaluation quantitative de la consommation d'un coup de bec ne peut être faite que lorsque le suivant n'est pas trop rapproché. En distinguant les coups de bec isolés consommateurs, Yo *et al* mesurent un ingéré moyen par coup de bec de 47 ± 4 mg pour l'aliment complet, 47 ± 9 mg pour les grains de blé et 39 ± 7 mg pour l'aliment complémentaire (pour un poids moyen des particules offertes de 32,4 - 43,9 et 32,8 mg respectivement). Il peut donc y avoir quelques coups de bec saisissant deux particules ou, plus vraisemblablement, tri des plus grosses particules, mais en général une seule particule est prélevée par coup de bec consommateur dans cet exemple.

La force moyenne d'un coup de bec diffère significativement entre le blé et les deux types de granulés quel que soit le type de coup de bec : isolé ou non dissociable, consumma-

Figure 3. Enregistrement d'une séquence de picorage avec la balance rapide pour un aliment complet granulé. En haut : 18 secondes pendant lesquelles 36 coups de bec sont enregistrés. Certains sont isolés mais la plupart se succèdent trop rapidement pour que la balance ait le temps de revenir au poids initial. La force d'un coup de bec est mesurée indirectement par la taille d'un pic, c'est-à-dire de la variation maximale de poids de la balance par rapport au poids stable précédent. La consommation lors d'un coup de bec isolé consommateur est calculée par la différence de poids avant et après le pic. En bas : agrandissement d'une portion de la courbe montrant les enregistrements individuels (24 points par seconde) entre 7 et 8,5 secondes après le début de l'enregistrement. Ce graphique illustre le problème de « freinage » de la balance pendant la décroissance du poids. Adapté de Yo *et al* 1997 © Elsevier Science Inc. 1997.



teur ou exploratoire. A titre d'exemples un coup de bec isolé consommateur entraîne une variation de poids de la balance de $2,8 \pm 0,5$ g pour l'aliment complet, $1,4 \pm 0,2$ g pour les grains de blé et $2,4 \pm 0,3$ g pour l'aliment complémentaire. La force du coup de bec apporte donc une information complémentaire du rythme puisqu'elle permet de distinguer le blé des granulés. Ce résultat est cohérent avec celui de Wood-Gush et Gower (1968) sur coq qui observaient que le type de particule offert modifie la force du coup de bec. Le système proposé par Yo *et al* (1997) présente deux types d'inconvénient : deux poulets ne peuvent pas manger ensemble pendant un enregistrement et un coup de bec donné sur le bord de la mangeoire est enregistré comme s'il était donné à l'aliment. Ce dernier défaut peut être corrigé par un contrôle vidéo simultané. Enfin, contrairement à l'observation des rythmes, ce type de mesure nécessite des équipements et programmes spéciaux non disponibles dans le commerce. L'importance d'une mesure de la force du coup de bec pour la caractérisation physique des particules alimentaires justifie cependant leur poursuite au niveau du laboratoire.

3 / Evaluer la préhensibilité d'un aliment

3.1 / Préhensibilité et valeur nutritionnelle

Le rythme de picorage et le temps passé à consommer un aliment varie selon l'équilibre nutritionnel. Un aliment subcarencé en un acide aminé indispensable est consommé plus lentement au cours d'accès plus brefs et plus nombreux à la mangeoire (Picard *et al* 1994). En situation de choix les poulets de chair développent des stratégies différentes pour équilibrer leur régime. A titre d'exemple, placés devant un choix céréale + complémentaire, les poulets peuvent équilibrer leur ingestion en augmentant la fréquence ou la durée des accès à la mangeoire contenant la céréale (Yo 1996). Les rythmes de picorage varient selon l'aliment, mais, d'une manière générale, la mesure de la préhensibilité de régimes de valeurs nutritionnelles différentes se heurte à deux types de difficultés d'interprétation :

- il est difficile de dissocier l'effet du régime sur l'état métabolique général de l'animal de l'incidence spécifique directe d'un aliment sur le picorage ;
- les différences de valeur nutritionnelle sont souvent associées à des différences de caractéristiques physiques qui peuvent agir aussi sur la préhensibilité.

Une volaille dans un environnement naturel ne picore que des aliments nutritionnellement déséquilibrés pour constituer un régime, ce qui explique sans doute que les mécanismes de régulation de l'appétit soient inté-

grés sur des périodes de plusieurs heures et que la sélectivité alimentaire se base d'abord sur l'association entre caractéristiques physiques et effets post-ingestifs (Meunier-Salaün et Picard 1996). La durée du jeûne précédant un accès alimentaire modifie l'efficacité des cinq à dix premières minutes de picorage (Savory 1988). Cependant cette stimulation initiale ne dure pas et les compensations quantitatives d'ingestion nécessitent une période d'équilibrage beaucoup plus longue (> 90 min). En conséquence, les mesures de préhensibilité ne peuvent caractériser un équilibre nutritionnel qu'après un apprentissage assez long, ce qui limite leur intérêt dans ce cas. D'autre part, les tests de préhensibilité doivent éviter le biais induit par un jeûne avant les mesures.

3.2 / Préhensibilité et caractéristiques physiques des particules alimentaires

Les méthodes pratiques d'évaluation des caractéristiques physiques des aliments composés pour volailles sont le tamisage des particules pour mesurer leur taille (tamis échelonnés selon la norme AFNOR NF X 11-501) ou des méthodes plus sophistiquées telles que la diffraction de la lumière laser (norme AFNOR X 11-666) et la résistance à l'écrasement ou dureté (Delort-Laval et Drevet 1970, Fell et Newton 1970) et/ou la résistance à l'abrasion et aux chocs ou durabilité selon différents principes : désagrégation des aliments agglomérés (granulés) par voie mécanique (Pfoest et Allen 1962, Schultz 1965), pneumatique (Payne 1979) ou simplement concassage grossier (Tecaliman 1994). Les volailles consomment préférentiellement les particules suffisamment grosses pour être saisies efficacement par leur bec. La taille moyenne des particules alimentaires et leur variabilité peuvent affecter les performances des poulets de chair (Nir *et al* 1994). Les grosses particules sont consommées immédiatement après chaque distribution de l'aliment dans les conditions d'un élevage industriel de poules (Rousselle et Rudeaux 1994). Les préférences s'expriment très vite aussi chez le poulet de chair (Nir *et al* 1990), quelle que soit la composition du régime (Wauters *et al* 1997). Ces préférences correspondent à une optimisation énergétique (bénéfice/coût) du comportement alimentaire que l'on retrouve chez toutes les espèces. Cependant, elles induisent un tri particulière néfaste à l'ingestion d'une ration équilibrée par tous les animaux. En agglomérant les particules par granulation, la taille moyenne des particules est ajustée et la variabilité réduite. Les effets positifs de la granulation sur les performances de croissance et l'efficacité alimentaire chez le poulet (Hamilton et Proudfoot 1995) et chez la poule pondeuse (Vilariño *et al* 1996) sont dus en partie à la taille des particules qui limite le temps passé à les consommer et la dépense énergétique correspondante.

La force du coup de bec doit également être prise en compte puisqu'elle varie selon la nature des particules alimentaires.

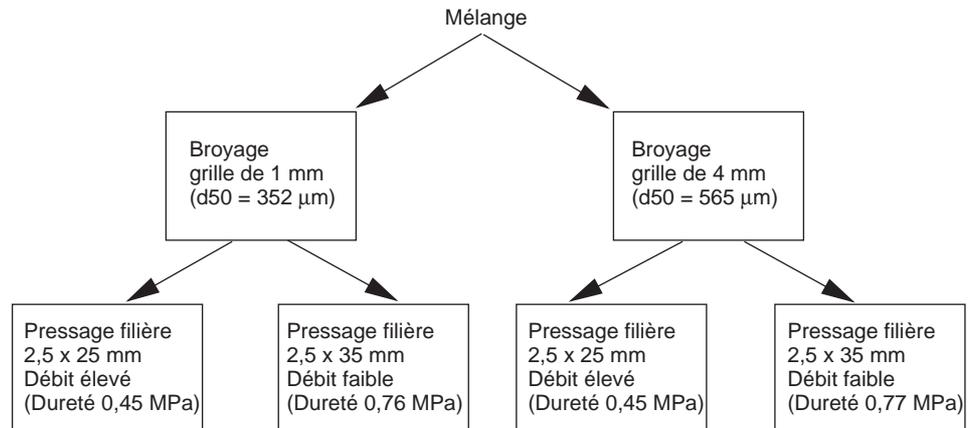
La taille moyenne et la variabilité de la taille des particules ne sont pas les seuls facteurs qui modifient les rythmes d'ingestion. Des aliments de même composition dont les matières premières ont été broyées plus ou moins finement puis agglomérées pour obtenir des granulés de dureté différente mais de même taille sont consommés à des « vitesses » différentes par les poulets de chair (figure 4). Les granulés durs sont consommés plus rapidement. La « vitesse » d'ingestion (qui est en fait un débit) est obtenue par division de la quantité d'aliment consommée par le temps moyen passé par une volaille à la mangeoire. Le temps passé peut être évalué par deux

méthodes distinctes d'observation : le *focal sampling*, qui correspond à un chronométrage direct des activités d'un animal, et le *scanning*, qui consiste à compter à intervalles réguliers le nombre d'animaux effectuant une activité (Martin et Bateson 1986, Picard et Faure 1997). Le *scanning* s'applique plus facilement à des conditions d'alimentation en groupe. La difficulté principale de ce type de mesure réside dans la définition rigoureuse de l'attitude observée - « à la mangeoire » ou « en train de manger », qui peut varier d'un observateur à l'autre. Une mesure plus univoque est celle du nombre de coups de bec donnés à l'aliment. Mais cette dernière implique l'ob-

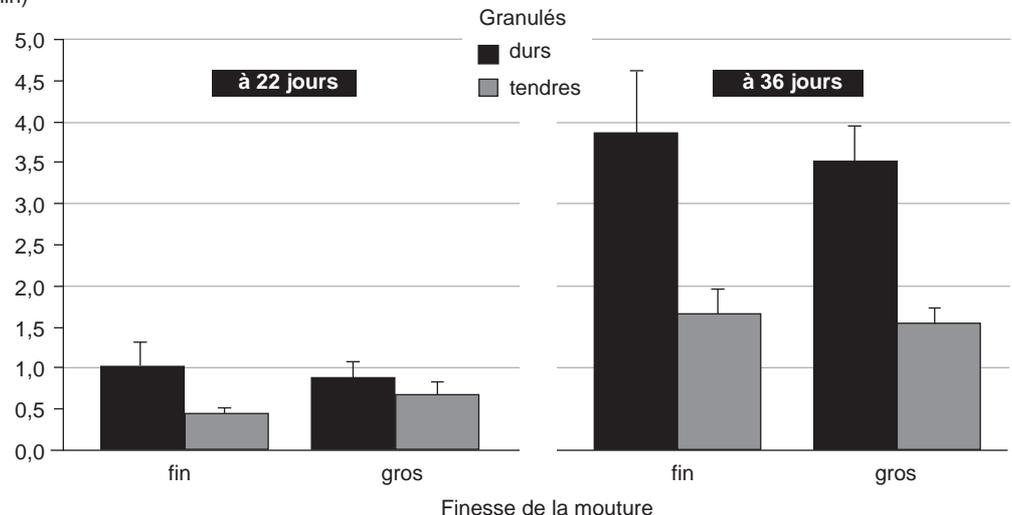
Figure 4. « Vitesse d'ingestion » chez le poulet de chair selon la finesse de la mouture et la dureté des granulés en fonction de l'âge. La vitesse d'ingestion est calculée en divisant la quantité d'aliment consommée par le temps passé à la mangeoire. L'estimation du temps passé à la mangeoire est obtenue par scanning (voir texte) de 6 parquets de 20 poulets par aliment avec 30 scans au cours d'une heure (1 chaque 2 min) à chaque âge.

La présente étude a été réalisée 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.)

Procédé de fabrication des aliments pour obtenir des granulés durs ou tendres à partir de farines moulues finement ou grossièrement (d50 : diamètre moyen des particules)



Vitesse apparente de consommation (g / min)



servation par *focal sampling* d'un seul animal à la fois, ce qui constitue un travail assez long. Les deux évaluations sont complémentaires car le rythme de picorage pendant une période d'accès à la mangeoire est une notion différente de la fréquence et la durée des accès (Yo *et al* 1997).

Trois mesures peuvent être réalisées pour caractériser rapidement la préhensibilité d'un aliment par les volailles :

- la « vitesse » d'ingestion = quantité consommée / temps passé ;
- le rythme de picorage = nombre de coups de bec / temps passé ;
- l'efficacité d'un coup de bec = quantité consommée / nombre de coups de bec.

Ces mesures pourront par la suite être affinées en considérant les paramètres déjà décrits précédemment (en distinguant coups de bec exploratoires ou consommateurs, en mesurant la force d'un coup de bec...).

Les capacités de détection et d'adaptation d'une volaille aux caractéristiques physiques d'un aliment sont encore mal connues et peut être sous-estimées. Dans un aliment équilibré, des particules de maïs et de pois de même taille offertes à des poulets sous la forme d'éclats de graine ou de miettes reconstituées sont immédiatement identifiées. Le poulet s'adapte progressivement et finit par préférer les miettes lorsqu'il a le choix (Picard *et al* 1997). La caractérisation physique des particules alimentaires pourrait également s'enrichir par des méthodes à mettre au point, de mesures d'élasticité (courbe de compression, amplitude de rebond), de forme et d'angularité (vision artificielle), de rugosité (porosité de surface par adsorption ou porosimétrie) dont les effets sur l'ingestibilité ne sont pas connus.

3.3 / Propositions pratiques d'étude de la préhensibilité

L'évaluation de la préhensibilité d'un aliment peut se faire par la mesure précise des rythmes et des forces de picorage au laboratoire, mais également par des évaluations dans les conditions du terrain. Les exemples suivants sont des propositions qui doivent être validées avant d'être introduites comme techniques de routine car nous ne disposons pas aujourd'hui de suffisamment de recul pour en connaître les limites. Néanmoins les premiers résultats obtenus sont suffisamment encourageants pour qu'elles puissent être testées.

Le temps passé à consommer peut être évalué par *scanning* du nombre de volailles à la mangeoire sur un ou plusieurs sites du bâtiment. Le calcul consiste à rapporter le nombre d'animaux observés sur quelques équipements (ex. 4 mangeoires) au nombre total de mangeoires et à l'effectif du poulailler. Un *scanning* prolongé n'est pas nécessaire (dix minutes suffisent) par contre il est indispensable d'attendre que les animaux aient repris une activité normale après l'arrivée de l'observateur et il faut observer des

équipements situés à quelques mètres de celui-ci. Pour certaines espèces (dindons) ou certains systèmes de production, le temps d'adaptation et les précautions nécessaires peuvent être plus importants. Quel que soit l'élevage il est indispensable de tester la reproductibilité des mesures et l'homogénéité du poulailler en répétant au début les observations sur plusieurs sites. En effet, une condition essentielle de validité est la représentativité de l'échantillonnage spatio-temporel. Les résultats obtenus à ce jour montrent qu'il existe une relative stabilité des activités au cours du nyctémère dans des poulaillers où l'ambiance est contrôlée. D'autre part, sauf entraînement spécifique, la même personne doit faire les observations comparatives et, si cela est possible, les variantes alimentaires seront testées successivement sur le même troupeau dans les mêmes conditions.

Une fois les mesures par *scanning* maîtrisées, d'autres mesures peuvent être effectuées par *focal sampling* comme le temps moyen d'un accès à la mangeoire (avec un chronomètre) et le nombre de coups de bec donnés par un individu pendant cet accès. Ce travail est un peu plus long car il faut observer plusieurs dizaines d'accès individuels pour obtenir une mesure fiable et reproductible. D'autres informations comme les interactions sociales pendant un accès à la mangeoire ou le picorage du sol rapidement après, sont des indicateurs potentiels de difficultés d'adaptation à l'aliment. L'utilisation d'un matériel vidéo peut faciliter les mesures en supprimant l'effet observateur (élevages en cages). Dans ce dernier cas le temps d'interprétation des bandes vidéo (relativement long et fastidieux) doit être prévu dès le début pour ne pas faire des mesures inutiles.

Pour une même composition, la vitesse d'ingestion d'un aliment dépend de la taille des particules mais aussi de leur dureté.

Conclusions

L'alimentation des volailles constitue un modèle extrême à la fois de simplification (un seul aliment) et de sophistication (caractéristiques nombreuses contrôlées avec rigueur). Toutefois ces conditions ne correspondent pas au biotope originel de l'espèce qui a évolué depuis des dizaines de millions d'années dans un environnement varié et fluctuant où l'animal choisissait des aliments tous déséquilibrés et de caractéristiques physiques différentes pour constituer un régime équilibré. Les capacités sensorielles et le comportement alimentaire correspondant à cette évolution s'expriment toujours dans les conditions actuelles d'élevage.

Le picorage est une activité précise, discontinue, dont la finalité n'est pas forcément de prendre mais peut être aussi de simplement toucher. L'influence des caractéristiques physiques des particules alimentaires sur les rythmes et la force du picorage méritent d'être étudiées au laboratoire en développant les méthodes d'observation vidéo rapprochée et décomposée et l'enregistrement indirect de

la force du coup de bec. L'objectif de ces mesures est double : déterminer les ou la caractéristique physique alimentaire réellement détectée par les volailles et en optimiser la valeur selon l'âge et le génotype. Ce travail suppose une collaboration étroite entre le technologue et le biologiste.

Les études de comportement doivent tenir compte des interactions possibles entre les facteurs environnant l'animal. Une vitesse d'ingestion par exemple peut devenir limitante dans certaines conditions d'élevage alors qu'elle est sans effet au laboratoire. Les mesures d'ingestibilité peuvent être adaptées aux conditions de la pratique pour vérifier directement l'applicabilité d'une hypothèse.

Ces méthodes, sous réserve de validation directement en conditions réelles, constituent donc des outils prometteurs de communication entre l'usine d'aliments et l'élevage.

A l'heure actuelle, en nutrition avicole, on connaît assez bien les besoins en termes de quantités de nutriments requises pour une performance donnée. Les principales inconnues sont la consommation alimentaire moyenne d'un groupe de volailles et sa variabilité individuelle (hétérogénéité). Quantifier les facteurs susceptibles d'améliorer la prédiction de l'ingestion est, en aviculture comme pour d'autres productions, une priorité économique.

Références bibliographiques

- Bermejo R., Zeigler H.P., 1989. Prehension in the pigeon II. Kinematic analysis. *Exp. Brain Res.*, 75, 577-585.
- Bermejo R., Allan R.W., Houben D., Deich J.D., Zeigler H.P., 1989. Prehension in the pigeon I. Descriptive analysis. *Exp. Brain Res.*, 75, 569-576.
- 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.
- Bessei W., 1992. Das Verhalten von Broilern unter intensiven Haltungsbedingungen. *Arch. Geflügelk.*, 56, 1-7.
- 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.
- Blokhuis H.J., Van den Haar J.W., 1992. Effects of pecking incentives during rearing on feather pecking of laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 33, 17-24.
- Bovet P., Vauclair J., 1985. A probabilistic model of spatial patterning of pecking in birds pilot study with young chicks *Gallus gallus*. *Behav. Processes*, 11, 349-364.
- Bubier N.E., 1996. Pecking and scratching as a « need » in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 37 (suppl), S11-S12.
- Capretta P., 1969. The establishment of food preferences in chicks *Gallus gallus*. *Anim. Behav.*, 17, 229-231.
- Castonguay T.W., Kaiser L.L., Stern J.S., 1986. Meal pattern analysis, artifacts, assumptions and implications. *Brain Res. Bull.*, 17, 439-443.
- Chamblee T., Brake J., Schultz C., Thaxton J., 1992. Yolk sac absorption and initiation of growth in broilers. *Poult. Sci.*, 71, 1811-1816.
- Clifton P.G., 1979. Temporal patterns of feeding in the domestic chick. I. *Ad libitum*. *Anim. Behav.*, 27, 811-820.
- Deich J.D., Houben D., Allan R.W., Zeigler H.P., 1985. « On-Line » monitoring of jaw movements in the pigeon. *Physiol. Behav.*, 35, 307-311.
- Delort-Laval J., Drevet S., 1970. Méthode d'appréciation de la dureté des aliments agglomérés. *Ind. Alim. Anim.*, 213, 43-54.
- Duncan I.J.H., Wood-Gush D.G.M., 1972. An analysis of displacement preening in the domestic fowl. *Anim. Behav.*, 20, 68-71.
- Duncan I.J.H., Horne A.R., Hughes B.O., Wood-Gush D.G.M., 1970. The pattern of food intake in female brown Leghorn fowls as recorded in skinner box. *Anim. Behav.*, 18, 245-255.
- Fell J.T., Newton J.M., 1970. Determination of tablet strength by the diametral compression test. *J. Pharmaceutical Sci.*, 59, 688-691.
- Gentle M.J., 1985. Sensory involvement in the control of food intake in poultry. *Proc. Nut. Soc.*, 44, 313-321.
- 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., Proudfoot F.G., 1995. Ingredient particle size and feed texture : effects on the performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 51, 203-210.
- Hausberger M., 1992. Visual pecking preferences in domestic chicks. Part II. The role of experience in their maintenance or not. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 314 (series III), 331-335.
- Hill W., Rovee-Collier C., Collier G., Wasserloos L., 1986. Time budgets in growing chicks. *Physiol. Behav.*, 37, 353-360.
- Hogan J.A., 1971. The development of a hunger system in young chicks. *Behaviour*, 39, 128-201.
- 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., 1971. Allelomimetic feeding in the domestic fowl. *Br. Poult. Sci.*, 12, 359-366.

- 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 Congress, 112-116.
- Hutchinson J.C.D., Taylor W.W., 1962b. Motor coordination of pecking fowls. *Anim. Behav.*, 10, 55-64.
- Johnsen P., Vestergaard K.S., 1996. Dustbathing and pecking behaviour in chicks from a high and a low pecking line in laying hens. *Appl. Anim. Behav.*, 49, 237-246.
- Johnson D.F., Collier G., 1994. Meal patterns of rats encountering variable food procurement cost. *Anim. Behav.*, 47, 1279-1287.
- Kaufman L., Collier G., 1983. Meal-taking by domestic chicks (*Gallus gallus*). *Anim. Behav.*, 31, 397-403.
- Kuenzel W.J., 1989. Neuroanatomical substrates in the control of food intake. *Poult. Sci.*, 68, 926-937.
- Martin P., Bateson P., 1986. *Measuring Behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 48-69.
- Megret S., Rudeaux F., Faure J.M., Picard M., 1996. Rôles du bec chez les volailles. Conséquences du débecquage. *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.
- Mills A.D., Faure J.M., 1989. Social attraction and the feeding behaviour of domestic hens. *Behav. Proc.*, 18, 71-45.
- Murakami H., Akiba Y., Horiguchi M., 1992. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth Devel. Aging*, 56, 75-84.
- 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., 1994. Effect of particle size on performance. 1. corn. *Poult. Sci.*, 73, 45-49.
- Noldus L.P.J.J., 1991. The observer, a software system for collection and analysis of observational data. *Behav. Res. Methods Instrum. Comput.*, 23, 415-429.
- Payne J.D., 1979. Recent developments in the application of lignosulphonate binders. Holmen pelleting symposium, London (GB), nov. 20th, G1-G15.
- Petherick J.C., Duncan I.J.H., 1989. Behaviour of young domestic fowl directed towards different substrates. *Br. Poult. Sci.*, 30, 229-238.
- Pfost H.B., Allen R.N., 1962. A standard method of measuring pellet durability. Proc. Feed Prod. School, Kansas City (EU), 12-14 nov., 25-29.
- Picard M., Faure J.M., 1997. Comportement : Scan ou focal, faut-il choisir ? Journées de la Recherche Avicole, 2, 213-216.
- 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 Poult. Sci. Congress, 429-434.
- Picard M., Faure J.M., Siegel P.B., Dunnington E.A., Uzu G., Dalibard P., 1994. Food intake and amino acids in poultry. Rhône Poulenc Animal Nutrition (ed.), Antony, France, 44 p.
- Picard M., Giboulot B., Melcion J.P., 1997. Miettes ou éclats de graines d'aspects semblables sont identifiés par le jeune poulet. Journées de la Recherche Avicole, 2, 197-200.
- Rogers L.J., 1995. The development of the brain and behaviour in the chicken. CAB International, Wallingford, UK, 95-110.
- Rousselle V., Rudeaux F., 1994. Moins de passages de chariots : une alimentation plus équilibrée. *L'Aviculteur*, 556, 65-67.
- Sanotra G.S., Vestergaard K.S., Agger J.F., Lawson L.G., 1995. The relative preferences for feathers, straw, wood-shavings and sand for dustbathing, pecking and scratching in domestic chicks. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 43, 263-277.
- 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., 1988. Rates of eating by domestic fowls in relation to changing food deficit. *Appetite*, 10, 57-65.
- Savory C.J., 1989. Responses of fowls to an operant feeding procedure and its potential use for reducing randomness of meal occurrence. *Physiol. Behav.*, 45, 373-380.
- Savory C.J., Maros K., 1993. Influence of the degree of food restriction, age and time of day on behaviour of broiler breeder chickens. *Behav. Processes*, 29, 179-190.
- Schultz R., 1965. Über das messen der mechanischen Festigkeit von gepressten Mischfutter. *Die Mühle*, 102, 147-155.
- Slater P.J.B., Lester N.P., 1982. Minimising errors in splitting behaviour into bouts. *Behaviour*, 79, 153-161.
- Suboski M.D., Bartashunas C., 1984. Mechanisms for social transmission of pecking preferences to neonatal chicks. *J. Exp. Psychol. : Anim. Behav. Processes*, 10, 182-194.
- Tanaka T., Yoshimoto T., 1986. Comparison of behavior of laying hens under conditions of *ad libitum* and 80 % feeding. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 57, 1029-1034.
- Tecaliman, 1994. Le Quick-Test. *Bull. de liaison* n° 35, p 2.
- Tolman C.W., 1964. Social facilitation of feeding behaviour in domestic chicks. *Anim. Behav.*, 12, 245-251.
- Tolman C.W., 1968. The varieties of social stimulation in the feeding behaviour of domestic chicks. *Behaviour*, 30, 275-286.
- Turner E.R.A., 1964. Social facilitation in birds. *Behaviour*, 24, 1-46.

- Turro I., Dunnington E.A., Nitsan Z., Picard M., Siegel P.B., 1994a. Effect of yolk sac removal at hatch on growth and feeding behavior in lines of chickens differing in body weight. *Growth Dev. Aging*, 58, 105-112.
- Turro I., Porter R.H., Picard M., 1994b. Olfactory cues mediate food selection by young chicks. *Physiol. Behav.*, 55, 761-767.
- Turro-Vincent I., 1994. Ontogénèse du comportement alimentaire du poussin (*Gallus domesticus*) dans les conditions de l'élevage intensif. Thèse Université F. Rabelais, Tours, France, 205 p.
- Turro-Vincent I., Nitsan Z., Picard M., Dunnington E.A., Siegel P.B., 1994. Removal of residual yolk at hatch influences food choice and feeding activity in lines of chickens selected for high or low juvenile body weight. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34, 449-460.
- Van den Heuvel W.F., 1992. Kinetics of the skull in the chicken (*Gallus gallus domesticus*) *Neth. J. Zool.*, 42, 561-582.
- Van Roijen J., 1991. Feeding behaviour as an indirect measure of food intake in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30, 105-115.
- Vestergaard K., Hogan J.A., 1992. The development of a behaviour system : dustbathing in the brumese red junglefowl. III. Effects of experience on stimulus preference. *Behaviour*, 121, 215-230.
- Vilariño M., 1997. Identification de l'aliment par le jeune poulet de chair (*Gallus gallus domesticus*). Thèse Ecole Nationale Agronomie, Rennes, France, 114-140.
- 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.
- 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.
- White S.S., 1968. Mechanisms involved in deglutition in *Gallus domesticus*. *J. Anat.*, 104, 177.
- Wood-Gush, D.G.M., Gower, D.M., 1968. Studies on motivation in the feeding behaviour of the domestic cock. *Anim. Behav.*, 16, 101-107.
- 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., 1996. Adaptation comportementale au choix alimentaire du poulet de chair et de la poule pondeuse (*Gallus domesticus*) en milieu tropical. Thèse Ecole Nationale Agronomie, Rennes, F, 235-239.
- Yo T., Vilariño M., Faure J.M., Picard M., 1997. Pecking in young chickens : new techniques of evaluation. *Physiol. Behav.*, 61, 803-810.
- Zweers, G.A., 1982. Pecking of the pigeon (*Columba livia l.*). *Behaviour*, 81, 173-230.

Abstract

Pecking and Prehension of feed particles in domestic fowls.

Poultry feeding is at the same time a simple (one single feed) and sophisticated (precisely controlled) model. Feed pecking, a bird specific activity, is complex and requires a detailed analysis to define methods of evaluation of feed prehension. Chicks hatch thanks to their beak. Their first activity after hatch is to peck. Sensorial and metabolic reinforcements are more or less rapidly acting on feed selection depending on the growth potential of the chick.

Feed pecking is a discontinuous, anticipated, heterogeneous and selective activity. Rhythms of access to the feeder rather depends on adaptation of the animal to its environment than on an internal regulation of appetite. Slow motion video observation of feed pecking confirms that during the two third of the pecking time, the head of the chicken remains in a steady position which permits observation of the particles. The particle to be taken or touched is chosen prior to the peck which is performed with closed eyelid. Most of the pecks do not seize a particle but can be characterised as « exploratory » pecks and correspond to a global requirement for « beak related activities ». Strength of a peck can be measured by a fast balance. Strength and rhythm of feed pecks vary according to the type of feed particles eaten.

Three measurements can be done to quickly characterise feed prehension :

- Feeding rate = Amount of feed eaten / Time eating,
- Pecking rate = Number of pecks at feed / Time eating,
- Pecking efficiency = Amount of feed eaten / Number of pecks at feed.

These measurements will be further improved taking into account ratios between exploratory and intake pecks and pecking strengths.

Under practical rearing conditions, scanning of the number of chicken at feeders in several sites of the shed give an estimation of the time spent eating. Increased number of social interactions at the feeder and floor pecking just after eating are indicators of a problem of adaptation to the diet.

Control of feed prehension in fowls will contribute to a better assessment of physical structure of feed particles which will complement the already available extended knowledge of biochemical nutrition.

Picard M., Melcion J.-P., Bouchot C., Faure J.-M., 1997. Picorage et préhensibilité des particules alimentaires chez les volailles. *INRA Prod. Anim.*, 10 (5), 403-414.