

Préface

A la question «*Qui de l'œuf ou de la poule est né le premier ?*» Silésius répondait «*l'œuf est dans la poule et la poule dans l'œuf*» soulignant sa dualité, le passage du deux en un. Dans l'imagerie populaire, l'œuf reflète le tout et son contraire, fragilité, protection, épargne, abondance (être «*plein comme un œuf*»), richesse («*avoir pondu ses œufs*»), éternité (le Phénix est né de l'œuf) mais aussi mort et destruction («*casser ses œufs*» se dit d'une fausse couche). Dans la mythologie de nombreuses civilisations, l'œuf est le symbole de la naissance du monde (Apollon, le dieu grec de la lumière est né de l'œuf). L'œuf décoré apparut 3000 ans avant J.-C. en Ukraine fête, au printemps, le retour de la fécondité de la nature ; l'œuf de Pâques la résurrection du Christ.

L'œuf est un tout à condition d'en sortir ! Fragile cependant car selon La Fontaine briser l'œuf de la poule aux œufs d'or (par curiosité) rompt l'effet magique (Auer et Streff 1999).

Pour l'Homme, l'œuf séduit pour sa valeur nutritionnelle, sa diversité d'utilisation en cuisine et son prix modique. Il en existe une grande diversité, de l'œuf de Colibri (0,5 g) à l'œuf de l'Aepyornis (8 litres soit l'équivalent de 150 œufs), un oiseau de Madagascar (500 kg) disparu au 18^{ème} siècle. Mais l'Homme ne consomme que l'œuf de caille, de poule ou de cane. L'ère moderne a considérablement intensifié la production de ces deux dernières espèces car les poules saisonnées, qui étaient élevées avec soin par la fermière, ont plus que doublé leur production en 60 ans (de 120 œufs par an dans les années 50 à plus de 300 aujourd'hui). Cette révolution technique résulte des efforts conjugués de la sélection génétique, d'une alimentation raisonnée répondant aux besoins nutritionnels, d'une évolution du système de production (apparition des cages) et d'une meilleure connaissance de la pathologie aviaire. Qu'en est-il du contrôle de la qualité nutritionnelle, organoleptique, technologique et hygiénique de l'œuf ?

L'œuf est la plus large cellule reproductrice en biologie animale. Il assure dans un milieu externe le développement et la protection d'un embryon dans une enceinte fermée matérialisée par la coquille. Aussi, une de ses particularités est la diversité de ses constituants, de leur parfait équilibre nutritionnel et leur forte digestibilité, qui assure la croissance d'un être vivant. Ces caractéristiques sont à l'origine de la qualité nutritionnelle exceptionnelle de l'œuf pour l'Homme. Une autre particularité est la présence d'une protection physique, la coquille mais, aussi d'un système complexe de défenses chimiques. Aussi, ce produit est-il remarquable de par son aptitude à engendrer la vie et pour l'œuf de table à se conserver. Outre les éléments nutritifs, on y trouve de multiples molécules participant au développement et à la protection de l'embryon (molécules antibactériennes, antivirales, antioxydantes). Certaines d'entre elles, comme par exemple le lysozyme de blanc d'œuf, sont partiellement valorisées par différents secteurs industriels (agroalimentaire, cosmétique, santé animale/humaine). La révélation récente d'un grand nombre de nouveaux constituants de l'œuf, suite au séquençage génomique de la poule et au développement de la biologie intégrative, a conforté l'existence d'activités antimicrobiennes, anti-adhésives, immuno-modulatrices, hypertensives, anticancéreuses, anti-inflammatoires ou cryoprotectrices, prometteuses en médecine humaine et devrait à terme enrichir le potentiel d'utilisation de ce produit en agroalimentaire et en santé.

L'objet de ce numéro spécial d'*INRA Productions Animales* est de rassembler les principales informations qui ont contribué au développement économique récent de ce produit, de rappeler les efforts en génétique,

élevage et nutrition qui ont assuré des progrès quantitatifs et qualitatifs remarquables de la production et de la qualité des œufs au cours des trente dernières années. Les poules élevées à l'origine par la femme pour un usage domestique se comptent aujourd'hui par milliers dans les élevages. Quelle sera la durabilité de ce système d'élevage dans un contexte socio-économique européen remettant en cause en 2012 le système éprouvé de production conventionnel d'œufs en cage pour des cages aménagées ou des systèmes alternatifs avec ou sans parcours ? Notre objectif est d'analyser les facteurs qui contribueront à son maintien, notamment le contrôle de la qualité de l'œuf. Il est aussi de décrire l'évolution spectaculaire des connaissances sur ce produit liée au développement des techniques à haut débit et des outils d'analyse des séquences moléculaires. Il permettra enfin d'actualiser les atouts de ce produit. Ce numéro est complémentaire d'un ouvrage plus exhaustif sur la production et la qualité de l'œuf (Nau *et al* 2010).

Le premier article de **P. Magdelaine** souligne la croissance considérable en 20 ans de la production d'œufs dans les pays d'Asie et d'Amérique du Sud ($\times 4$ pour la Chine, $\times 2$ en Inde et au Mexique). En revanche, les pays très développés notamment européens à forte consommation (> 150 œufs/hab) ont stabilisé leur production malgré une évolution importante de la part des ovoproduits mais aussi de leurs systèmes de production. La consommation des protéines animales entre pays est tout aussi hétérogène puisque le ratio protéines de l'œuf / protéines du lait varie de 0,4 au USA, à 0,9 en France et 2,7 en Chine !

Le doublement de la production mondiale d'œufs en 20 ans n'a été possible que grâce à des progrès techniques considérables. La sélection génétique a renforcé les gains de productivité (+ 40 œufs pour une année de production et réduction de l'indice de consommation de 15% en 20 ans !). L'article de **C. Beaumont *et al*** décrit cette évolution, la prise en compte croissante de nouveaux critères de qualité technologique, nutritionnelle ou sanitaire. Ces auteurs soulignent les apports des nouvelles technologies, marqueurs moléculaires et cartes génétiques sur les méthodes de sélection. Ils dressent un bilan actualisé des apports et du potentiel de cette évolution récente en sélection.

Le séquençage génomique et le développement de la génomique fonctionnelle est aussi à l'origine d'une vraie révolution des connaissances sur les constituants de l'œuf comme le démontre l'article de **J. Gautron *et al***. Le nombre de protéines identifiées dans l'œuf a été multiplié par plus de dix fois et devrait dans un avenir proche permettre la caractérisation fonctionnelle de nombreuses molécules. Il donne aussi de nouveaux moyens pour prospecter les mécanismes d'élaboration de ce produit.

Un exemple de l'apport de ces nouvelles technologies est illustré par l'article de **Y. Nys *et al*** sur les propriétés et la formation de la coquille. Des progrès considérables sur la compréhension de l'élaboration de cette structure minérale sophistiquée ont été réalisés suite à l'identification des constituants organiques de la coquille puis de l'analyse de leur fonction potentielle élucidée grâce à la disponibilité des séquences des gènes et protéines associés. La mise en place de collaborations internationales associant de nombreuses disciplines, (microscopie électronique, biochimie, cristallographie, mécanique des matériaux) a démontré le rôle de ces protéines dans le processus de minéralisation et du contrôle de la texture de la coquille et de ses propriétés mécaniques. Cette progression des connaissances a permis de mieux comprendre l'origine de la dégradation de la solidité de la coquille observée chez les poules en fin d'année de production.

La physiologie de la poule est responsable d'évolution importante de la qualité de l'œuf. Aussi, l'article de **A. Travel *et al*** rappelle l'importance d'effets négatifs de l'âge de la poule contre lequel nous disposons de peu de moyens. Cet article résume également les principales données, souvent anciennes, concernant l'influence importante des programmes lumineux ou de la mue pour améliorer la qualité de l'œuf. Enfin, il souligne l'importance de l'exposition des poules à de hautes températures ambiantes sur leur physiologie et la qualité de l'œuf.

Le troisième facteur indispensable à l'expression du potentiel génétique des poules, et déterminant de la qualité technologique et nutritionnelle de l'œuf, est la nutrition de la poule. Elle représente plus de 60% du

coût de production. L'article de **I. Bouvarel** *et al* fait le point sur l'influence de la concentration énergétique de l'aliment, de l'apport en protéines et acides aminés, acides gras et minéraux sur le poids de l'œuf, la proportion de blanc et de jaune ou sa composition notamment pour obtenir des œufs enrichis en nutriments d'intérêt en nutrition humaine.

Cependant, la préoccupation principale des éleveurs depuis une dizaine d'année est la mise en place en 2012 de nouveaux systèmes de production d'œufs pour assurer une meilleure prise en compte du bien-être animal. L'article de **S. Mallet** *et al* traite de l'impact des systèmes alternatifs sur la qualité hygiénique de l'œuf. Ces auteurs concluent positivement sur l'introduction de ces nouveaux systèmes pour la qualité hygiénique de l'œuf une fois que les difficultés associées aux méconnaissances d'un nouveau système de production seront résolues.

La qualité sanitaire de l'œuf est la préoccupation majeure des consommateurs et un accident sanitaire a des conséquences considérables sur la consommation d'œufs. L'article de **F. Baron** et **S. Jan** résume d'une manière exhaustive l'ensemble des éléments déterminants de la qualité microbiologique de l'œuf et des ovoproduits : mode de contamination, développement des bactéries dans les compartiments de l'œuf, défenses chimiques du blanc et moyens pour contrôler la contamination des œufs et des ovoproduits.

Le consommateur ne souhaite pas, à juste titre, ingérer d'éventuels contaminants chimiques présents dans ses aliments. L'article de **C. Jondreville** *et al* analyse ce risque associé à la consommation des œufs. Il est exceptionnel de détecter la présence de polluants organiques au seuil toléré par la législation. Les auteurs insistent notamment sur l'importance de contrôler la consommation par les animaux élevés en plein air de sols qui peuvent être une source de contaminants.

Une caractéristique de l'évolution de la production d'œufs est le développement des ovoproduits qui répondent parfaitement à l'usage et à la sécurité sanitaire exigée en restauration collective. L'article de **M. Anton** *et al* décrit le processus d'obtention et l'intérêt des fractions d'œufs du fait de leurs propriétés technologiques (pouvoirs moussant, foisonnant, gélifiant ou émulsifiant). Les différents processus de séparation, de décontamination et de stabilisation sont analysés pour leur effet sur la qualité du produit final.

Enfin le dernier article de ce numéro spécial de **F. Nau** *et al* se devait d'aborder la principale qualité de l'œuf qui conditionne son usage : la qualité nutritionnelle de ce produit pour l'Homme. Cet article actualise l'information dans ce domaine et fait le point sur les atouts nutritionnels en tentant de corriger de fausses idées. L'œuf présente un intérêt nutritionnel du fait de la diversité et l'équilibre de ces constituants pour l'Homme mais mériterait plus d'études pour mieux évaluer son potentiel réel.

En conclusion, l'œuf est la source de protéines animales ayant la meilleure valeur nutritionnelle, la moins chère, facile d'emploi et possédant de nombreuses propriétés techno-fonctionnelles valorisées en cuisine. Dans les pays développés, l'œuf a souffert jusqu'à aujourd'hui d'une image entachée par plusieurs éléments négatifs aux yeux des consommateurs : sa richesse en cholestérol, le risque sanitaire associé à sa consommation sous forme crue ou son système de production en cage. L'évolution des connaissances sur le risque cardio-vasculaire, les progrès réalisés sur le contrôle sanitaire des Salmonelloses en Europe et la modification radicale des systèmes de production d'œufs devraient modifier positivement son image. La consommation de protéines de l'œuf a augmenté de plus de 25% en 20 ans (2,53 g/personne/j vs 4,3 g pour le lait en 2005) et poursuivra sa croissance rapide notamment dans les pays en développement où sa consommation par habitant reste faible. Cette évolution considérable de la production de ce produit devrait être mieux intégrée dans les formations des écoles spécialisées en productions animales. L'œuf restera dans l'avenir une des sources de protéines animales dominantes et l'acquisition de connaissances sur la fonction des nombreux constituants récemment mis à jour devrait renforcer son intérêt pour la santé de l'Homme.

Je ne voudrais pas terminer cette préface sans remercier au nom des auteurs, **Jean-Marc Perez**, le responsable de la revue *INRA Productions Animales*, d'avoir pris l'initiative de la publication de ce numéro spécial dédié à l'œuf et d'avoir amélioré par plusieurs lectures attentives la qualité finale des textes. Je voudrais aussi adresser mes remerciements à sa collaboratrice **Danièle Caste** pour le soin apporté dans la finition de ce document. Enfin, je n'oublie pas le travail d'évaluation critique des projets d'article par les différents lecteurs-arbitres que je tiens à remercier ici collectivement.

Yves NYS

Auer M., Streff J., 1999. Histoires d'œufs. Idées et Calendes, Neuchatel, Suisse, 261p.

Nau F., Guérin-Dubiard C., Baron F., Thapon J.L., 2010. Science et technologie de l'œuf et des ovoproduits, Editions Tec et Doc Lavoisier, Paris, France, vol 1, 361p., vol 2, 552p.