

La coquille d'œufs d'oiseaux : une structure biominéralisée renfermant des protéines antimicrobiennes aux structures et fonctions très diverses

Catégorie : Publication(s) DOI : <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.946428>

Contact : Nicolas Guyot (nicolas.guyot@inrae.fr) et Thierry Moreau (thierry.moreau@inrae.fr)

Unité : UMR BOA (Biologie des Oiseaux et Aviculture)

Département : PHASE

Centre INRAE : Centre Val de Loire

OS ou OP INRAE 2030 : OS 1.3. - OP 1.3.

Mots-clés : biominéralisation, œuf, coquille, immunité innée, molécules antimicrobiennes

Résumé : La coquille d'œuf des oiseaux constitue une barrière physique protégeant l'embryon au cours de son développement. Chez la poule, elle se compose de 95% de carbonate de calcium et de 3,5% de matrice organique, qui regroupe plus de 900 protéines différentes. Outre les protéines impliquées dans la minéralisation et l'établissement de la microstructure de la coquille, celle-ci contient également de nombreuses protéines et peptides antimicrobiens (PPAMs) susceptibles de contribuer à l'immunité innée de l'œuf. Ces PPAMs peuvent être multifonctionnels puisque certains sont également des acteurs connus agissant sur la minéralogie de la coquille. L'intégration des données disponibles dans la littérature et dans les bases de données a mis en évidence une grande diversité de caractéristiques biochimiques, structurales et fonctionnelles de ces molécules, avec des similarités et des spécificités dans le répertoire des PPAMs de coquille selon les espèces aviaires et non aviaires.

Contexte et enjeux : Pour les filières « œufs de consommation » et « œufs à couver », la compréhension des mécanismes qui régulent la qualité de la coquille (ultrastructure, solidité, etc.) est primordiale pour garantir la qualité sanitaire des œufs. Dans cette étude, les données de protéomique disponibles dans la littérature ont été intégrées pour inventorier l'ensemble des protéines et peptides antimicrobiens (PPAMs) de la coquille de l'œuf de poule. Nous avons étudié les caractéristiques biochimiques et structurales afin de mieux comprendre les relations structure-activités de ces molécules et leurs éventuels rôles dans la formation de la coquille *via* des interactions avec la phase minérale et les glycosaminoglycanes de la coquille.

Résultats : Parmi les plus de 900 protéines identifiées à ce jour dans la coquille, une vingtaine possèdent une activité antimicrobienne avérée, dont certaines sont connues depuis longtemps (ex : lysozyme). Quelques-unes de ces protéines comme l'ovocalyxine-36 ou l'ovocléidine-17 sont très abondantes et jouent un rôle clé dans la formation des cristaux de calcite constituant la coquille. L'analyse des structures tridimensionnelles des PPAMs de la coquille d'œuf révèle une grande diversité structurale de ces protéines. Si les mécanismes moléculaires à la base de l'activité antibactérienne de ces molécules ne sont pas toujours connus, ces PPAMs ont en commun d'avoir un caractère cationique marqué, avec la présence d'une ou de plusieurs régions basiques à la surface de la molécule pouvant potentiellement interagir avec des ligands chargés négativement à la surface des pathogènes ou avec les minéraux et les glycosaminoglycanes de la coquille. Les gènes codant ces molécules sont, pour la plupart, largement distribués au sein des vertébrés tandis que certains sont retrouvés plus spécifiquement chez les oiseaux ou chez des vertébrés produisant des œufs amniotiques. La comparaison entre les PPAMs de coquille de différentes espèces d'oiseaux montre que certaines de ces molécules sont très conservées. En revanche, si l'on compare ces données avec le peu d'informations dont on dispose sur les protéomes de coquille de reptiles non aviaires, les différences de contenu en PPAMs semblent plus marquées.

Perspectives : Il serait intéressant d'étudier comment ces PPAMs de coquille sont mobilisés pour protéger l'embryon au cours de son développement. Des tests fonctionnels permettant d'étudier le rôle des PPAMs sur la formation des cristaux de calcite de la coquille pourraient également permettre d'évaluer leur rôle dans la biominéralisation.

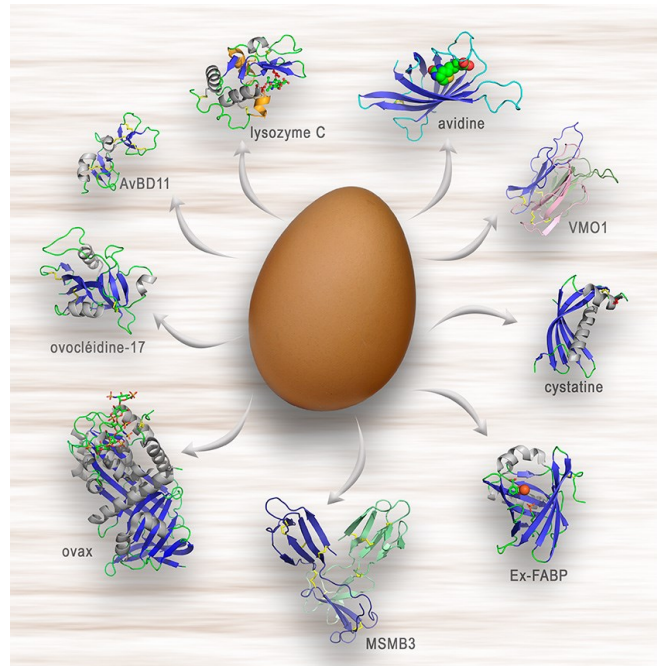
En termes d'application pour la filière, il s'agira de caractériser les mécanismes permettant de réguler leur quantité dans la coquille (par ex. en lien avec la génétique, la physiologie, la nutrition, l'environnement des animaux) ainsi que l'impact de ces modifications sur la qualité de la coquille des œufs de consommation et à couver.

Valorisation : Ce travail a été réalisé suite au symposium international « Innate immunity in a biomineralized context: trade-offs or synergies? » (23-24 mars 2021) organisé par Maxwell T. Hincke (Université d'Ottawa, Canada) et Sophie Réhault-Godbert (INRAE, UMR BOA) dans le cadre du programme LE STUDIUM (Région Centre-Val de Loire), et a été publié dans le journal *Frontiers in Immunology*.

Références bibliographiques :

Thierry Moreau, Joël Gautron, Maxwell T. Hincke, Philippe Monget, Sophie Réhault-Godbert and Nicolas Guyot. *Antimicrobial Proteins and Peptides in Avian Eggshell: Structural Diversity and Potential Roles in Biomineralization*. *Frontiers in Immunology*, July 2022, <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.946428>

Illustrations :



Structure tridimensionnelle de quelques protéines à activité antibactérienne présentes dans la coquille d'œuf, illustrant la diversité structurale de ces molécules de défense © Thierry Moreau