



HAL
open science

L'oeuf aux trésors

Joël Gautron

► **To cite this version:**

Joël Gautron. L'oeuf aux trésors. Les Mardis de la Science, Centre Sciences, Union Européenne, Ville de Tours, Apr 2019, Tours, France. hal-03626463

HAL Id: hal-03626463

<https://hal.inrae.fr/hal-03626463v1>

Submitted on 31 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'œuf aux trésors

L'œuf ou la poule ?

L'important, c'est ce qu'il y a dans l'œuf

Joël GAUTRON

Directeur de Recherches

Centre INRA val de Loire

Unité mixte de Recherches Biologie des Oiseaux et Aviculture

37380 Nouzilly



Production d'œufs



Les œufs et les poules



L'Œuf de consommation
un produit de base pour
l'alimentation humaine



L'Œuf à couver
une enceinte close et autosuffisante pour
permettre le développement d'un poussin
(reproductrices pontes et filière viande)

Souches Pondeuses
(plus de 300 œufs par an)
Non utilisables pour la viande

Souches à viande
(150 œufs par an)
Non utilisables pour la ponte



Les œufs et les poules

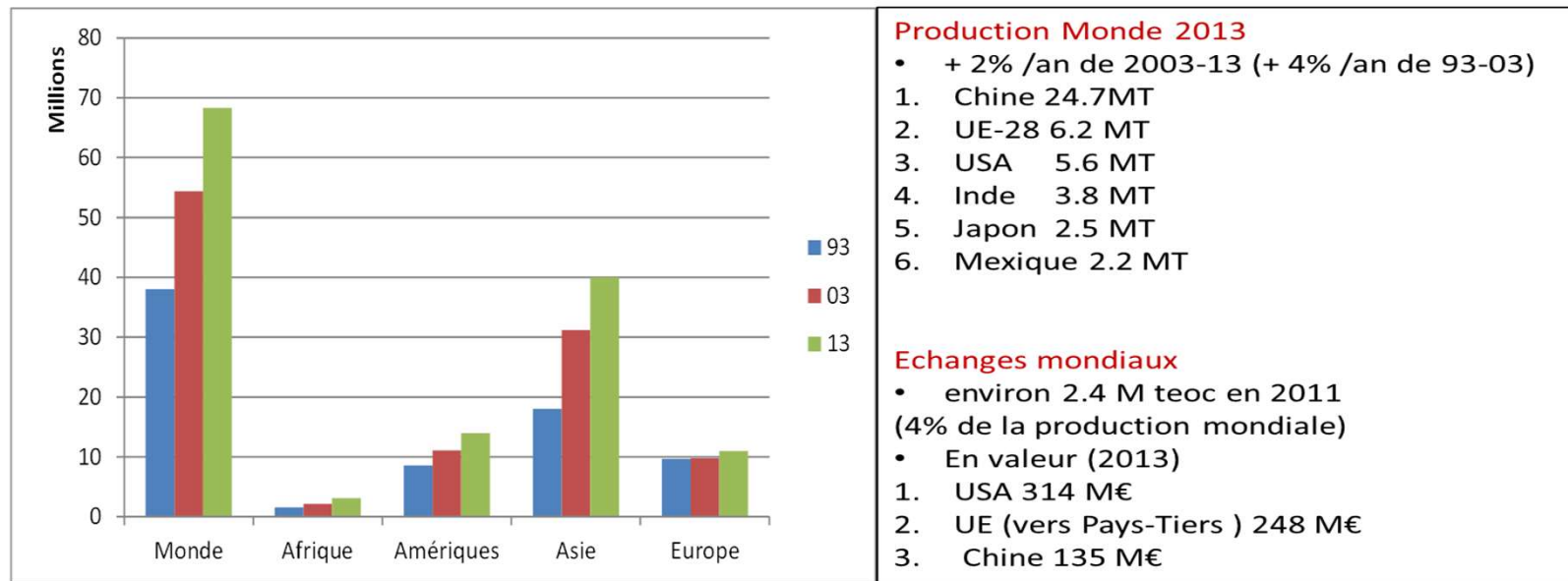


L'Œuf de consommation
un produit de base pour
l'alimentation humaine



L'Œuf à couvrir
une enceinte close et
autosuffisante pour permettre le
développement d'un embryon

68.2 MT d'œufs produites dans le Monde en 2013, > 1200 Milliards d'œufs chaque année



Itavi d'après FAO, Commission et FranceAgriMer



Les œufs et les poules

Enjeux sanitaires, économiques et éthiques



L'ŒUF DE CONSOMMATION

14,7 milliards d'œufs en 2015 en France

Un produit de base pour l'alimentation humaine

- ✓ Risques de toxi-infections pour le consommateur (Salmonelloses)
- ✓ Pertes économiques (environ 8%) : œufs déclassés liés à des **qualités d'œufs dégradées** (coquilles sales, fêlées ou cassées, **mauvaises qualités internes** conduisant à des problèmes de séparation blanc/jaune)



L'ŒUF A COUVER

1,1 milliard d'œufs à couvrir en 2013 en France

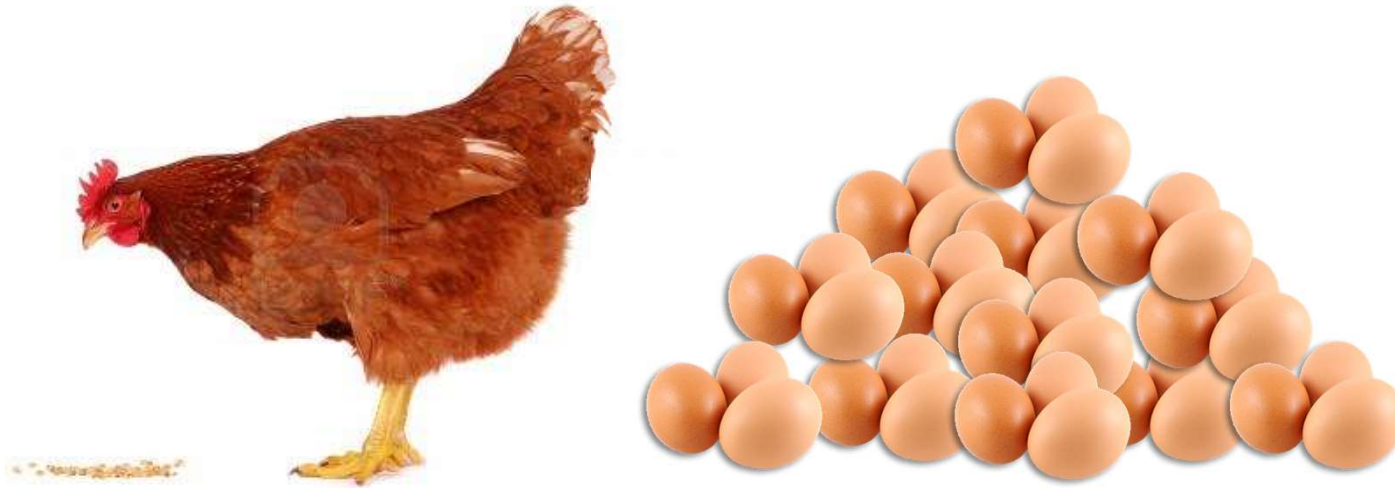
Une enceinte close et autosuffisante pour permettre le développement d'un poussin

- ✓ 10% d'œufs clairs (absence de fertilisation, mortalité embryonnaire)
- ✓ Elimination des poussins mâles de la souche ponte (sexage précoce *in ovo*)



L'œuf de poule, un produit pour l'alimentation humaine

Des poules sélectionnées pour la production d'œufs



Plus de 300 œufs produits en une année de production soit dix fois le poids de la poule
Transformation de matière végétale en produit animaux = un énorme défi métabolique!

Historique de la production d'œufs

- Avant guerre: basses cour => surtout autoconsommation
- Après guerre: répondre à la demande (en quantité) et maîtriser le sanitaire (en qualité: zéro risque) => claustration et élevage en cages
- Années 80 90s => « œuf productif »
- Depuis fin des années 90: nouvelles demandes du consommateur: forte prise de conscience des citoyens sur les systèmes de production agricole en général et animale en particulier, dont les volailles et les œufs → diversification des modes d'élevage
- Les modèles de production européen actuels sont le résultat de cette demande sociale → Directive bien être des poules pondeuses (1999/74/EC).
- Cette réglementation est aussi le **résultat de recherches scientifiques pour satisfaire les 5 libertés du Bien Être animal**: pas faim, pas soif, se mouvoir, pas de peur/détresse, tout en permettant l'expression des comportements naturels.



Les systèmes de Production

- Code 3: **Cage aménagée nouvelles normes**
- Code 2: **Élevage au sol ou volière sans parcours extérieur**
- Code 1: **Volière ou sol + parcours**
- Code 0: **Bio**

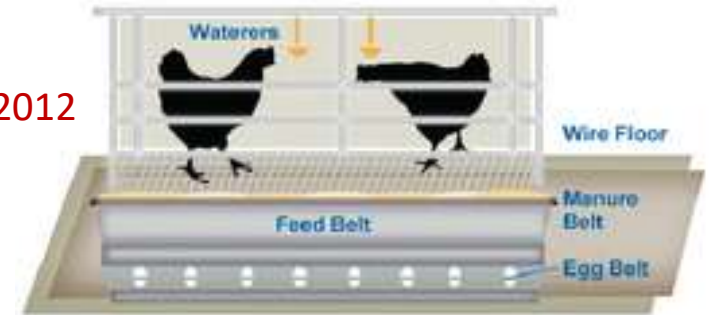


Code 3: La cage aménagée

Toute la production européenne d'œufs code 3, est en cages aménagées depuis 2012 : directive bien être des poules pondeuses (1999/74/EC)

- Cages d'une superficie d'au moins 2000cm²
- Hauteur de la cage augmentée
- Installation de perchoirs (15cm /poule)
- Installation de nids séparés
- Aire de grattage et de picotage
- 12 cm de mangeoire/poule
- 100 000 poules dans deux bâtiments

Avant 2012



Depuis 2012



Code 3: La cage aménagée

Alimentation : 100% végétaux, minéraux et vitamines

Céréales (type blé, maïs...), protéagineux (soja, pois féveroles, lupin), huiles végétales, vitamines, compléments alimentaires (acides aminés ou colorant de synthèse), source de calcium (3,5 % au lieu de 1% chez les poulets de chair)



Code 2: Volière ou Sol sans parcours extérieur

- 30 000 poules dans un bâtiment
- Densité maximum dans le bâtiment
9 poules par m²
- Alimentation 100% végétaux,
minéraux et vitamines



Code 1: Élevage en volière ou sol + parcours

- 30 000 poules maxi par élevage.
- Densité maximum dans le bâtiment 9 poules par m²
- Avec accès à un parcours extérieur (4m² par poule, 12 ha de parcours pour 30 000 poules)
- Aliment (100% végétaux, minéraux et vitamines)



Code 1: Élevage Label Rouge

Spécificités du cahier des charges Label Rouge:

- Deux bâtiments de 6000 poules maximum
- Accès à un parcours extérieur (5m² par poule, 6 ha pour 12 000 poules)
- Alimentation (100% végétaux, minéraux et vitamines, 50% minimum de céréales, aucun additif)



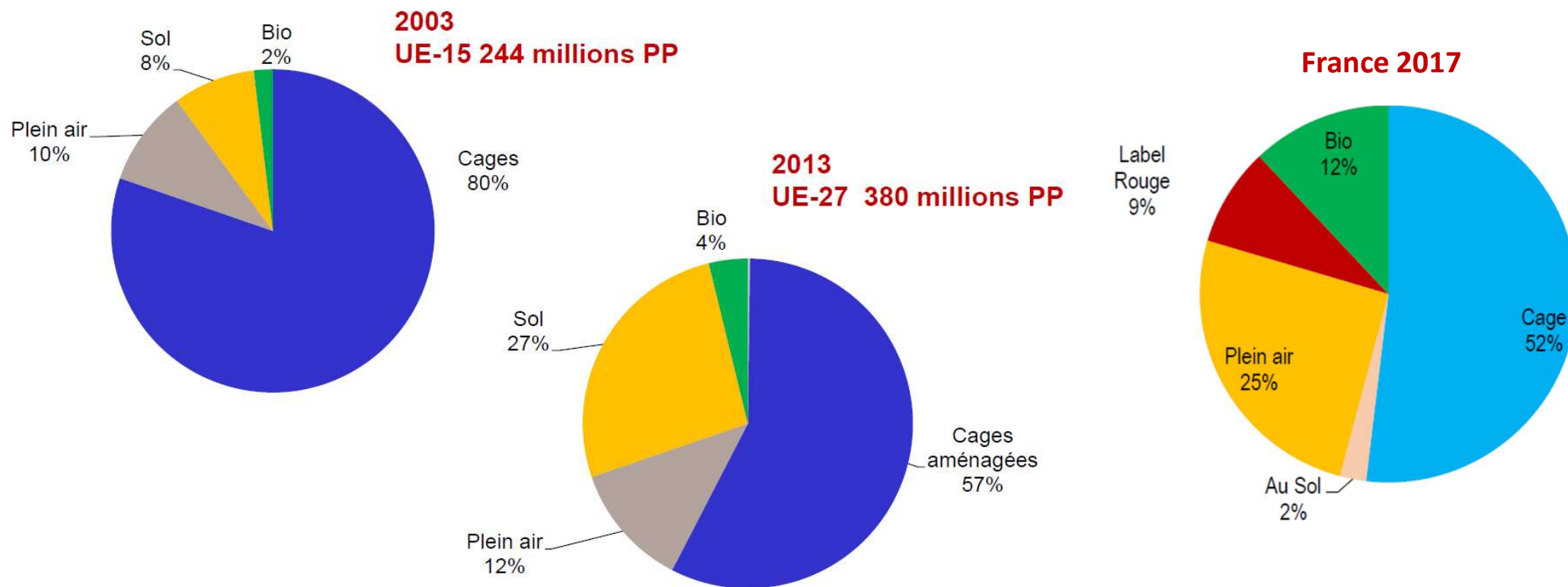
Code 0: Élevage biologique

- Maximum 12 000 poules, bâtiments de 3000 poules maximum
- Densité maximum dans le bâtiment 6 poules par m²
- Accès à un parcours extérieur (4 m² par poule, max 4,8 ha)
- Alimentation: 100 % végétaux, minéraux et vitamines, sans additif de synthèse 95% minimum de matières premières issues de l'AB
- Principalement prévention, stimulation des défenses naturelles. Listes de médicaments vétérinaires autorisés si besoin



L'œuf de poule, un produit de base pour l'alimentation humaine

Evolution des systèmes de production dans l'UE

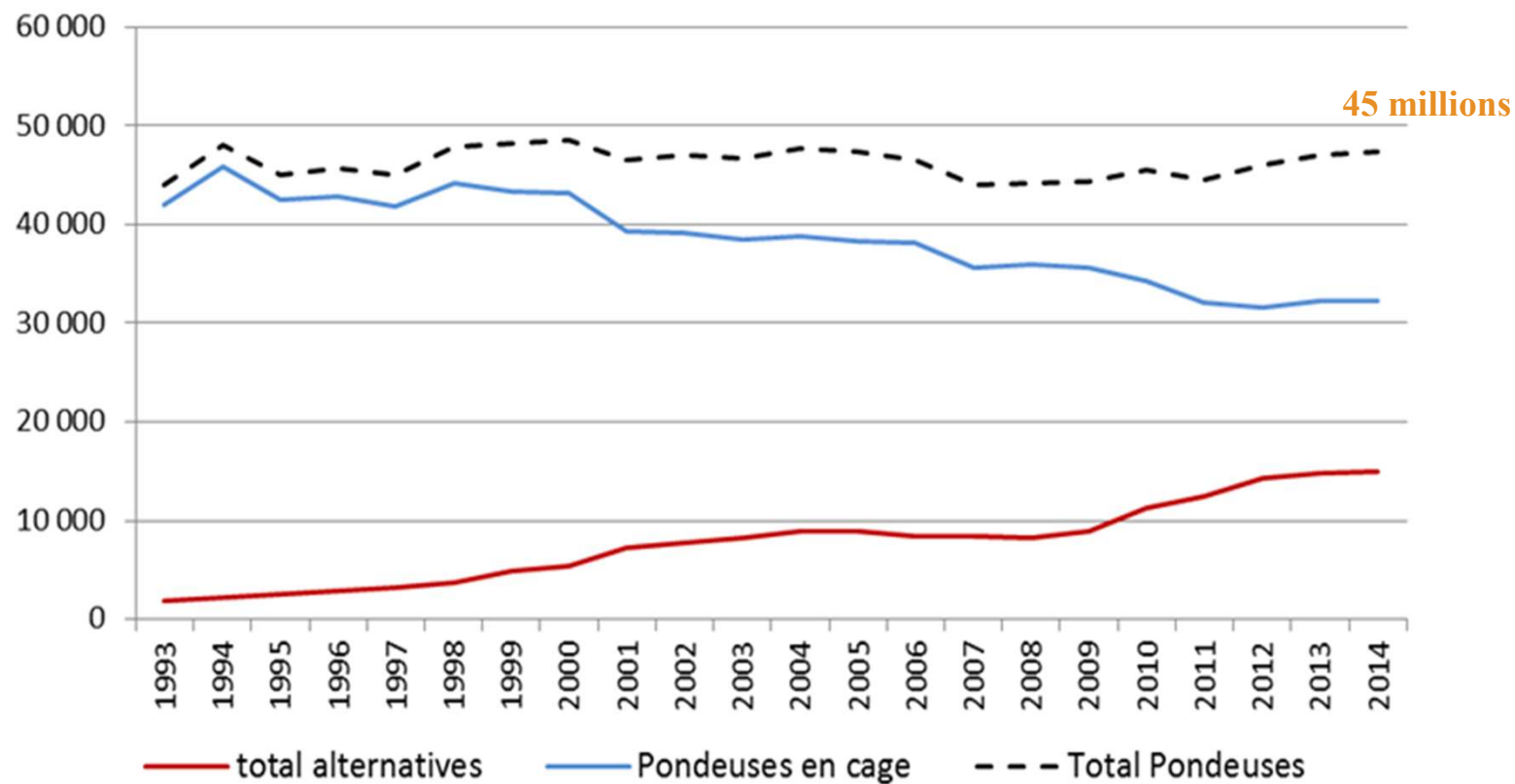


Source Commission européenne



L'œuf de poule, un produit de base pour l'alimentation humaine

Nombre de poules en France (milliers)



20
HEURES

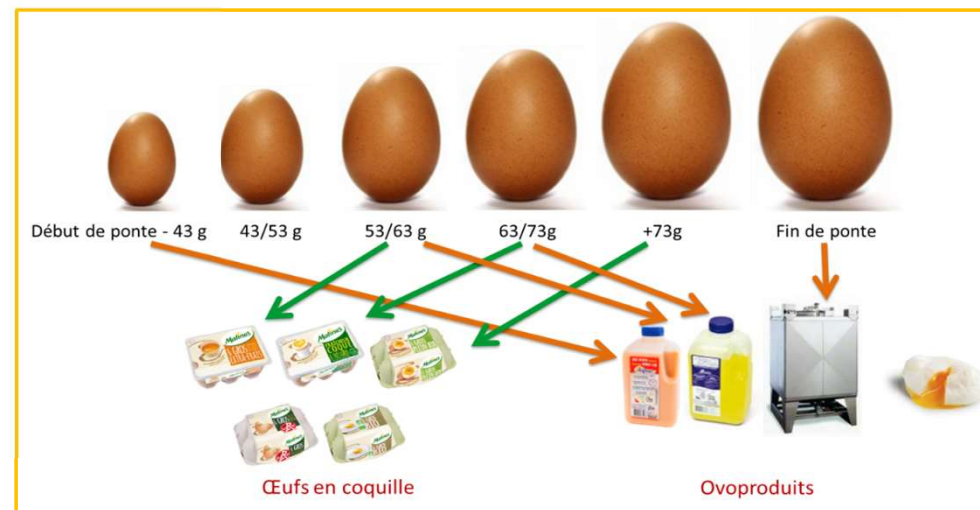
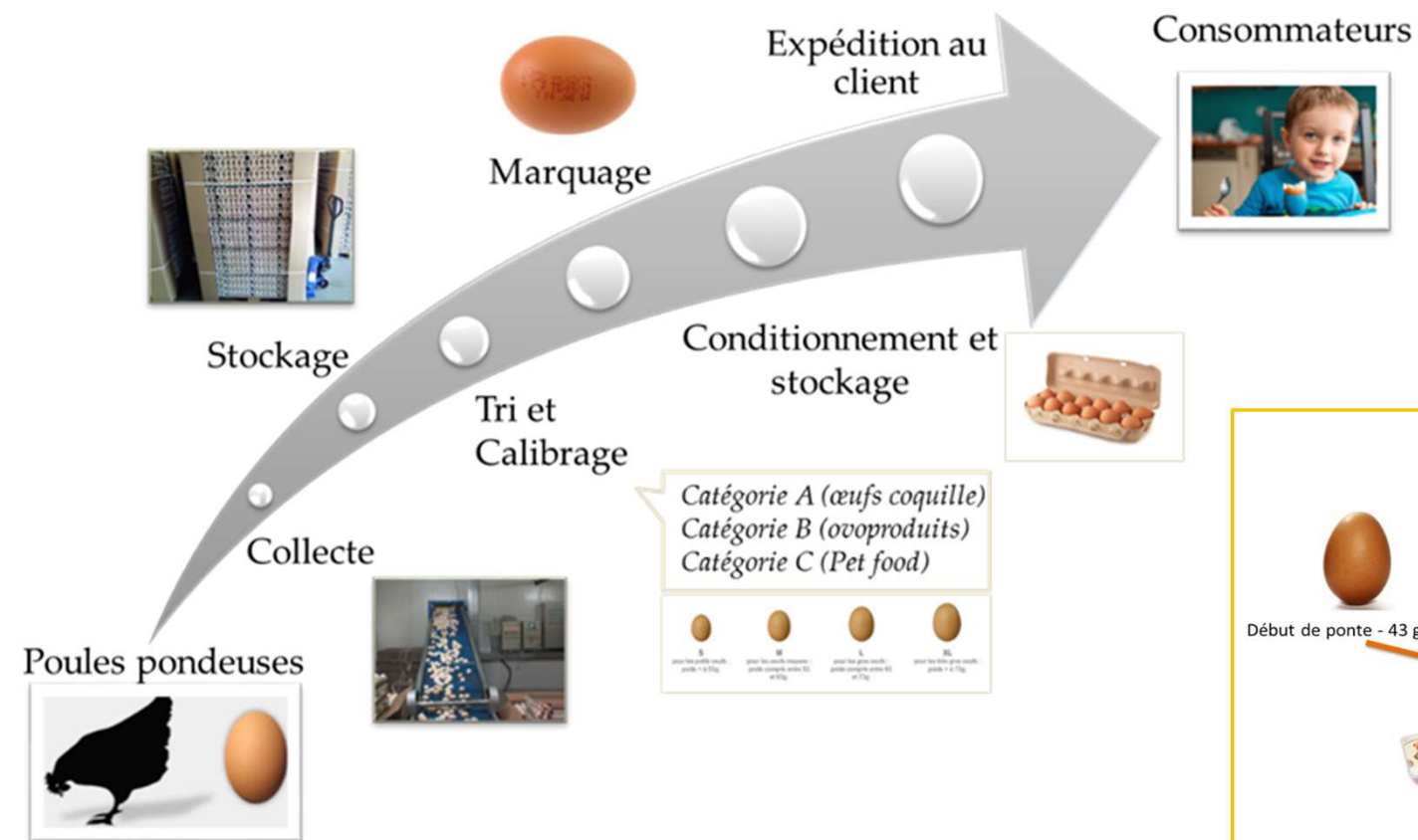
2



L'œuf en tant qu'aliment



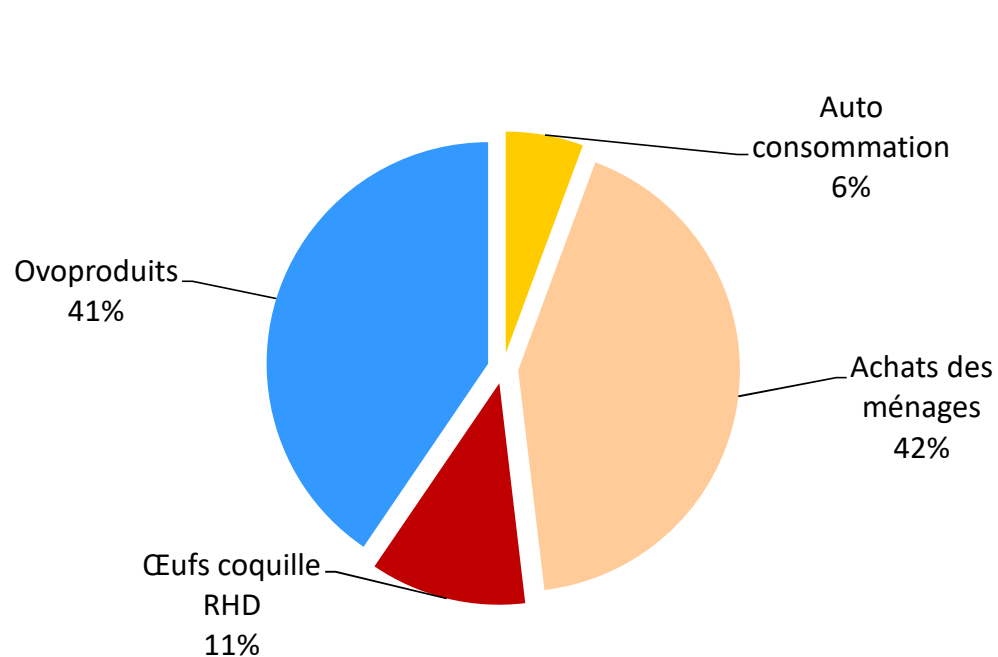
Le parcours de l'œuf



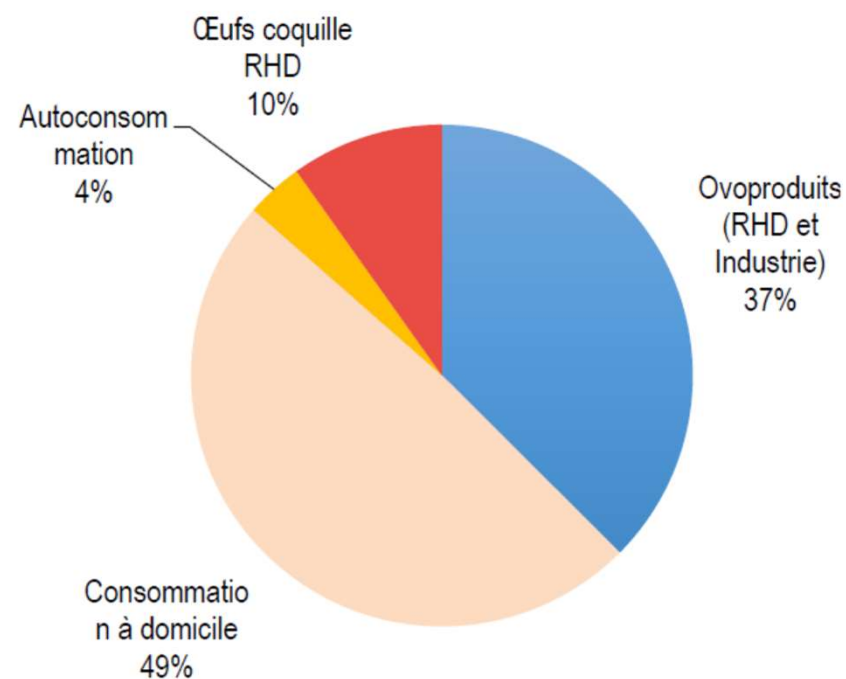
Réhault et al., 2019; Nys et al., 2017



Répartition de la consommation globale française



2013



2017

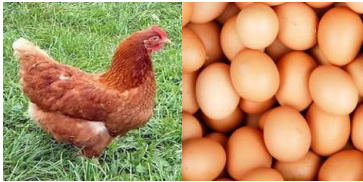
ITAVI d'après SSP, Kantar et Douanes





Couleur du jaune et de la coquille

La couleur de la coquille dépend de la souche génétique



Poule Rousse



Poule Leghorn



Poule Marans

La couleur du jaune dépend des caroténoïdes présents dans l'aliment



Luzerne



Maïs



Soucis



Paprika

Aucun impact sur le goût de l'œuf (mais important pour le consommateur)

L'œuf comme aliment pour l'homme

Caractéristiques nutritionnelles de l'œuf pour 100 g (2 œufs)

- **Calories : 155**

- Protéines totales : 12,3 g

Valeur biologique élevée (référence OMS 100/ lait vache 86)

- **Lipides totaux : 11,9 g**

- richesse en phospholipides : 31 % (soit 3,4 g)

- majorité d'acides gras insaturés

- cholestérol : 0,42 g (1,2 g / 100 g de jaune)

- Forte digestibilité: 98% Triglycérides, 90% Phospholipides

- **Richesse en vitamines :**

- A,D,E, B1, B6, B12, biotine (jaune), B2, ac. folique, niacine (Blanc)

- **Richesse en minéraux :** phosphore, fer et soufre



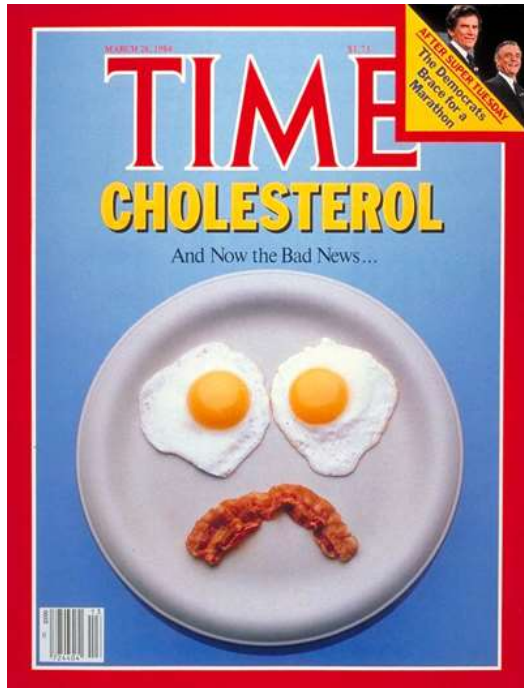
L'œuf comme aliment pour l'homme

L'œuf et le cholestérol

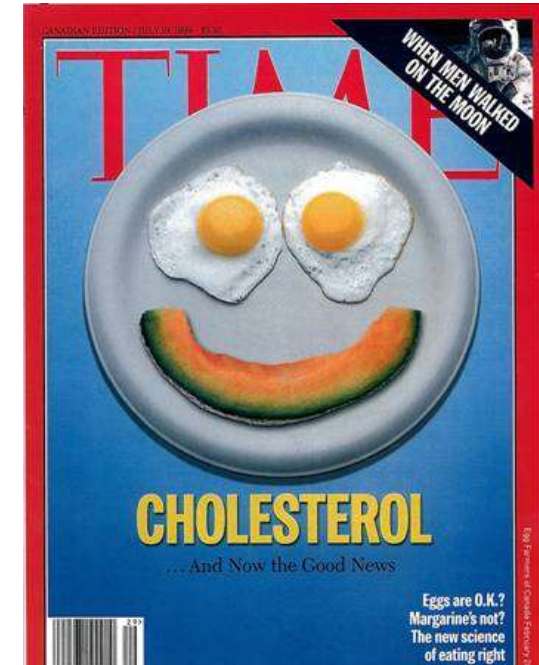
Peut-on manger des œufs tous les jours ?

Oui des études ont montré que si le niveau de cholestérol est normal, on peut consommer de nombreux œufs par jour sans affecter le niveau de cholestérolémie.

Si votre niveau de cholestérol est élevé, il faut ramener sa consommation à 4 par semaine en diminuant les autres sources de protéines animales et les matières grasses.



26 mars 1984



19 juillet 1999

L'œuf comme aliment pour l'homme

→ Un jaune qui émulsionne

- Une **émulsion** est un mélange intime de deux substances liquides non miscibles
- La **lécithine** du jaune d'œuf sert d'émulsifiant dans la préparation de sauces en cuisine



→ Un blanc qui foisonne

- Battre les blancs en neige, c'est introduire des bulles d'air dans un mélange liquide d'eau et de protéines pour créer une mousse. Cette opération est appelée foisonnement
- Ces propriétés varient au cours du stockage (échanges gazeux entre l'intérieur et l'extérieur de l'œuf)



L'œuf comme aliment pour l'homme



**Biscuiterie/ pâtisserie/
viennoiserie**

Colorant, liant,
coagulant, moussant

Moussant, foisonnant,
anti-cristallisant

Emulsifiant, colorant,
Brillance (dorure)

Confiserie

Anti-cristallisant
Foisonnant

Pouvoir aromatique

Glaces

Liant

Emulsifiant

Charcuterie (quenelle)

Liant, émulsifiant

Pâtes alimentaire

Colorant, liant,
pouvoir aromatique

**Mayonnaise/sauces
chaudes**

Agent de texture

Emulsifiant, agent de
texture



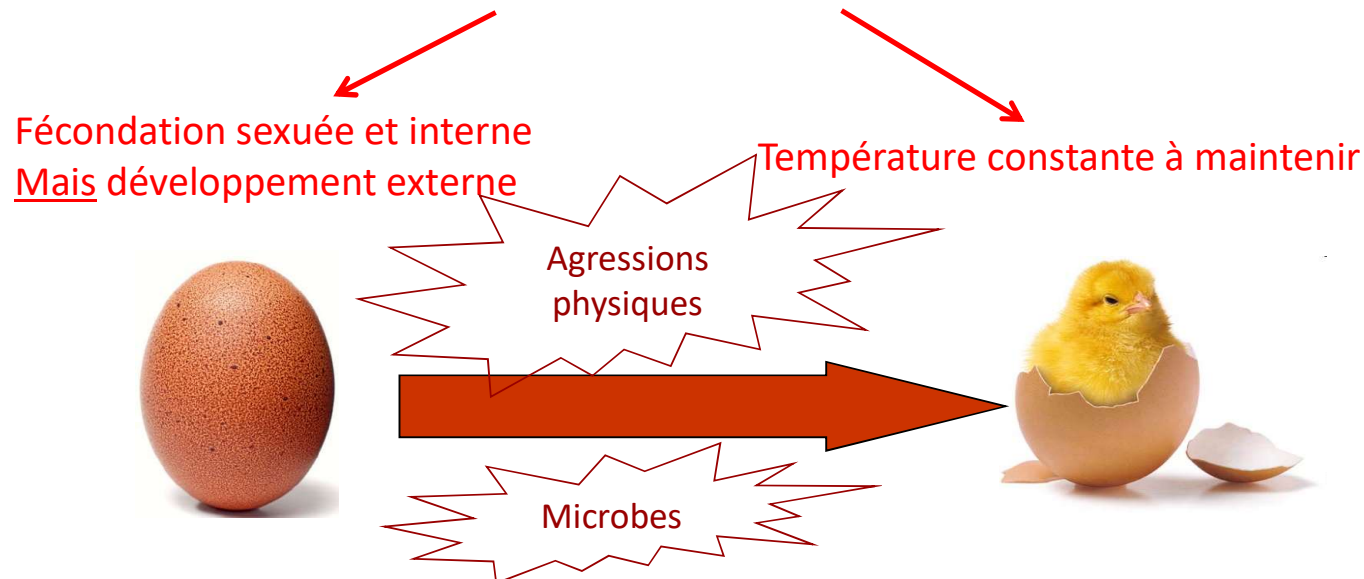
Formation des œufs



L'œuf de poule

L'Œuf, un produit de base pour l'alimentation humaine
Chambre isolée pour le développement embryonnaire

Les oiseaux sont ovipares et homéothermes



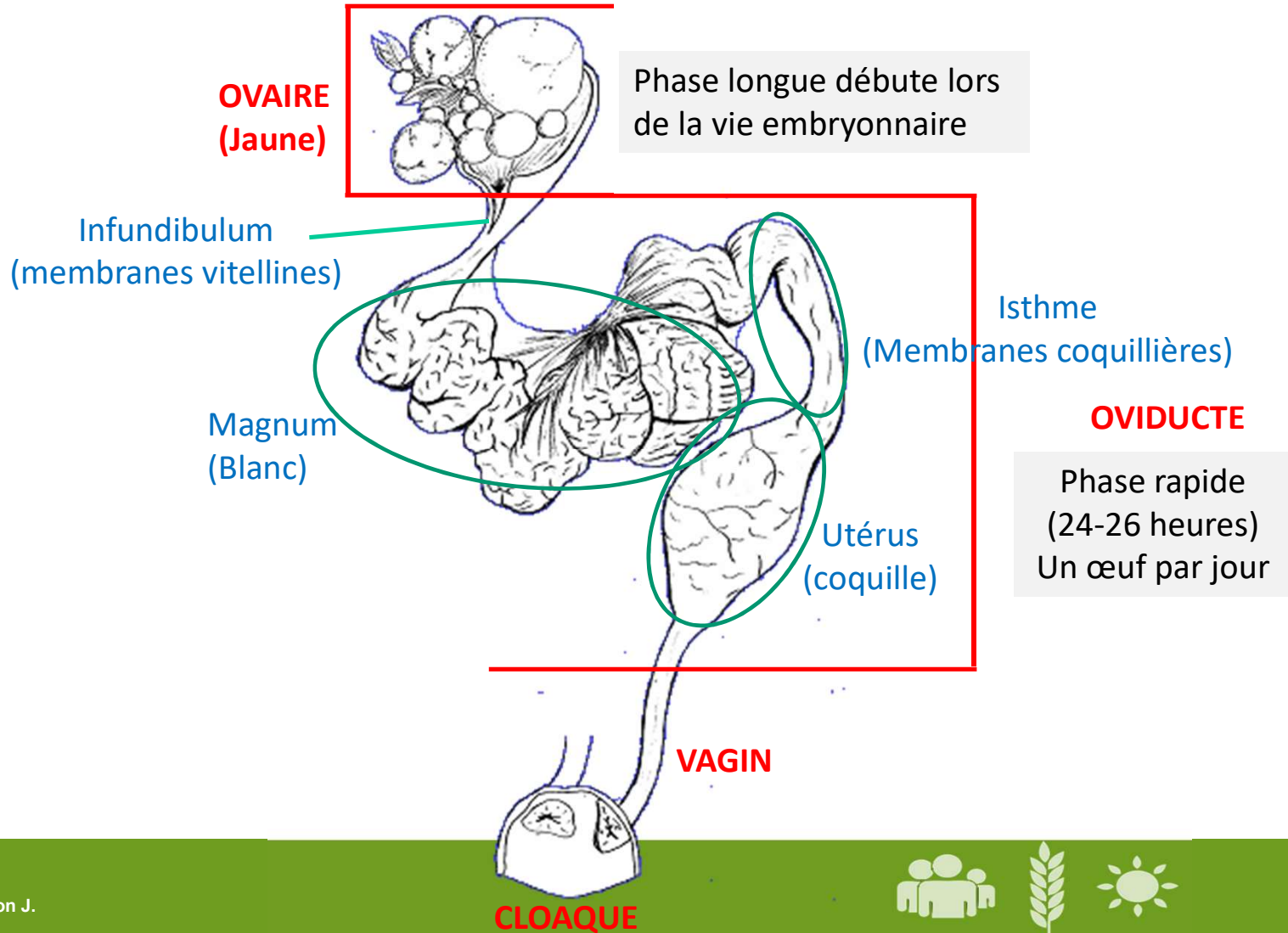
Doit contenir la totalité des composants nécessaires au développement embryonnaire

- Éléments nutritionnels parfaitement équilibrés
- Nombreux composés avec un large spectre d'activités biologiques
- Systèmes de protection (défenses naturelles)
 - Défense physique (coquille principalement)
 - Défense chimique (activité antimicrobienne des protéines de l'œuf)



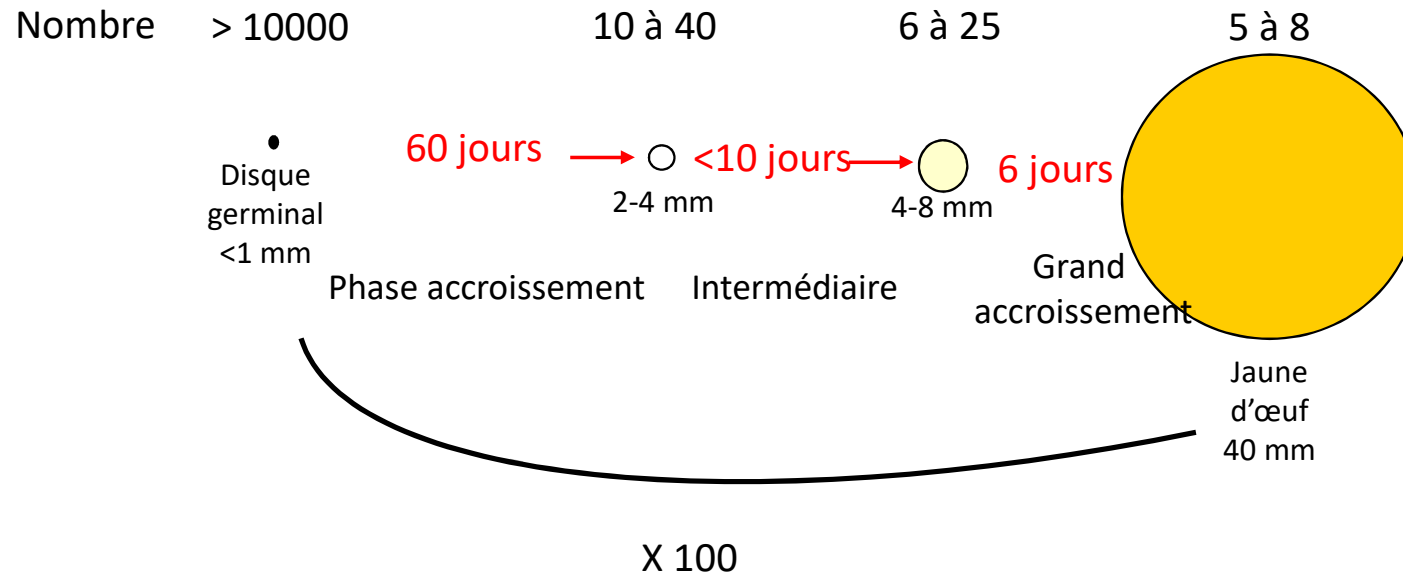
L'appareil reproducteur de la femelle adulte

Seul l'appareil reproducteur gauche se développe lors de la maturité sexuelle



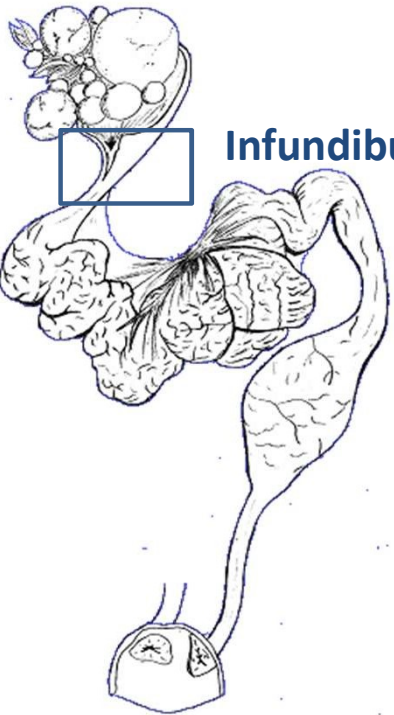
Tout commence sur l'ovaire

Le développement folliculaire



Tout continue dans l'oviducte

0 h



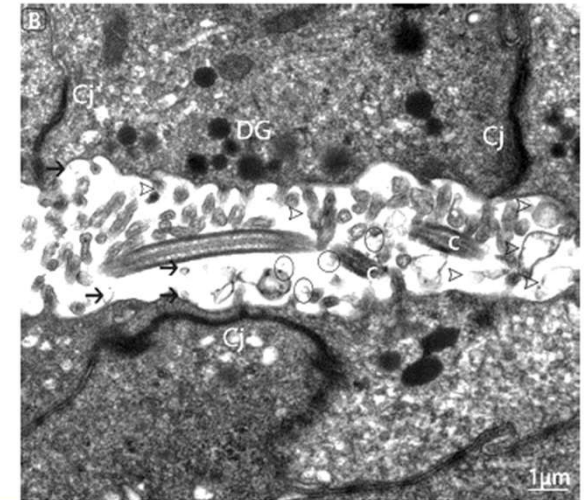
Infundibulum : Temps de séjour de l'œuf de 30 minutes

Captation du jaune

Dépôt de la couche externe des membranes vitellines

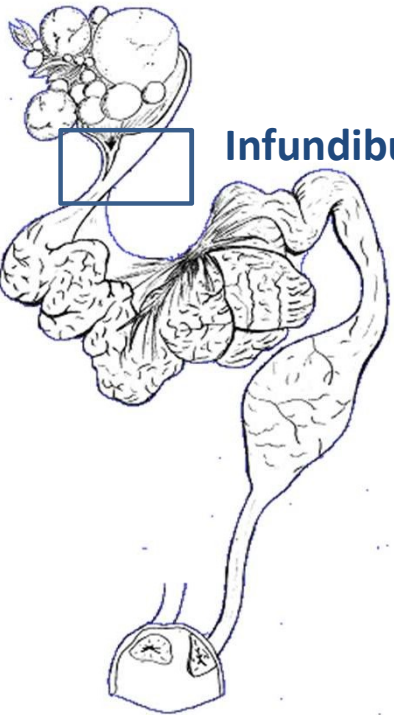
24 h

Fécondation **éventuelle** par les SPZ
Lieu de stockage des spermatozoïdes

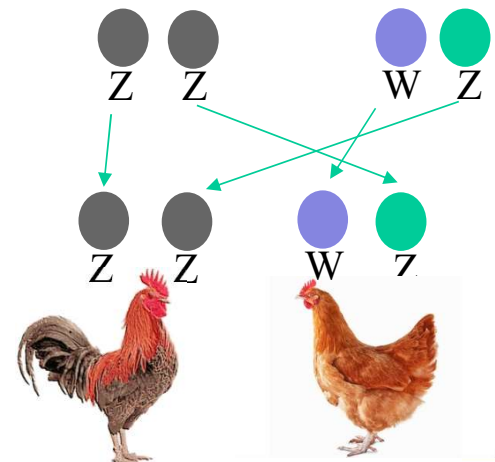
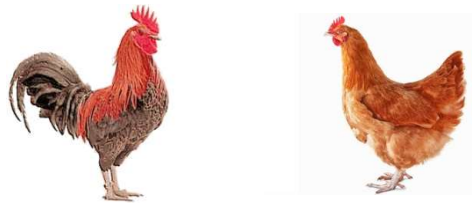
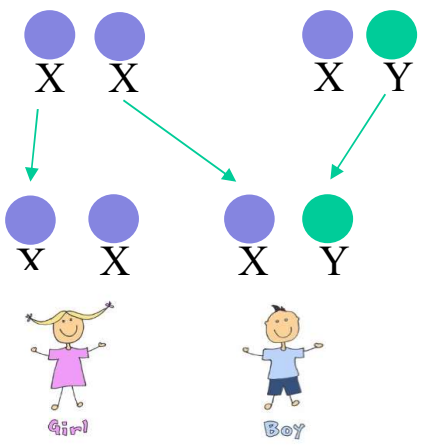
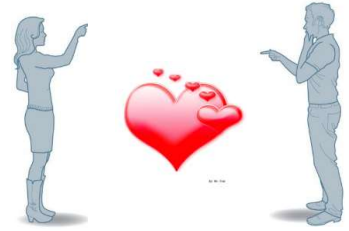


Tout continue dans l'oviducte

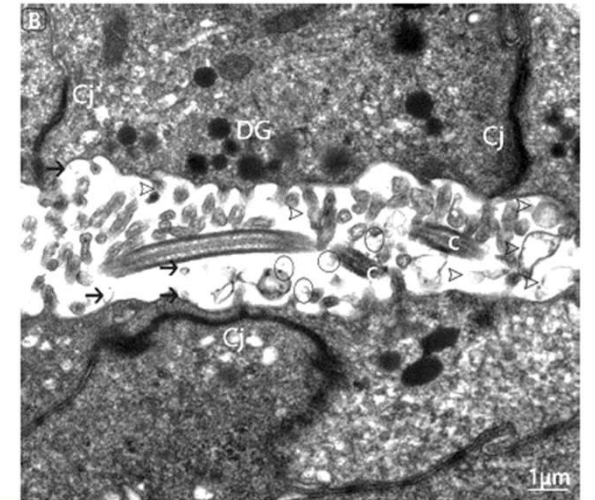
0 h



Infundibulum : Temps de séjour de l'œuf de 30 minutes



Fécondation éventuelle par les SPZ
Lieu de stockage des spermatozoïdes

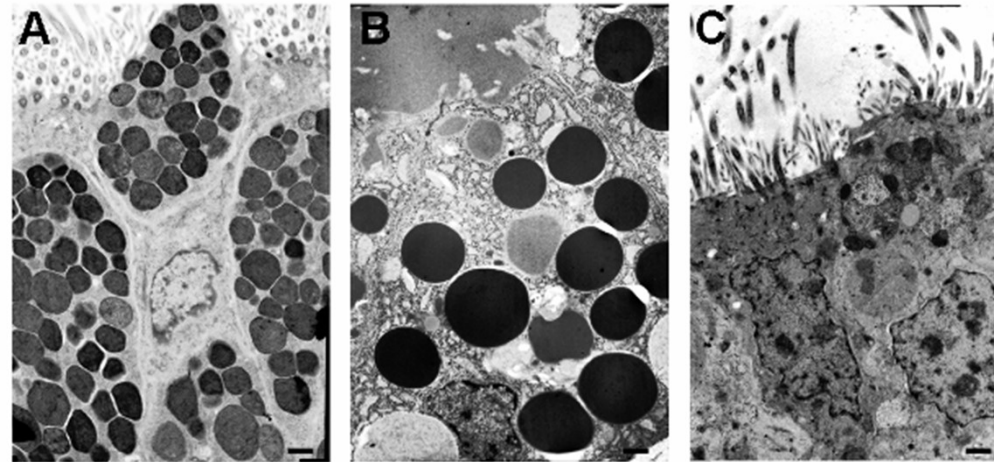
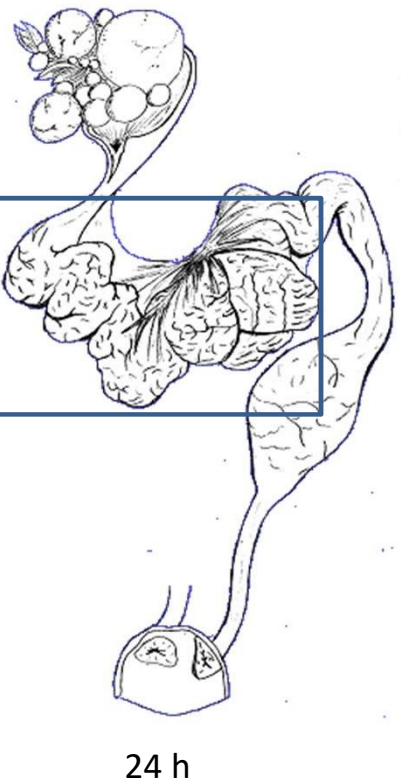


Tout continue dans l'oviducte

0 h

Magnum: synthèse et sécrétion du blanc d'œuf pendant 3 h 30)

- Synthèse continue des protéines du blanc d'œufs
- Stockage dans des granules de sécrétion
- La distension médiée par le passage de l'œuf dans l'utérus induit une sécrétion rapide des protéines accumulées
- Formation des chalazes par rotation de l'œuf

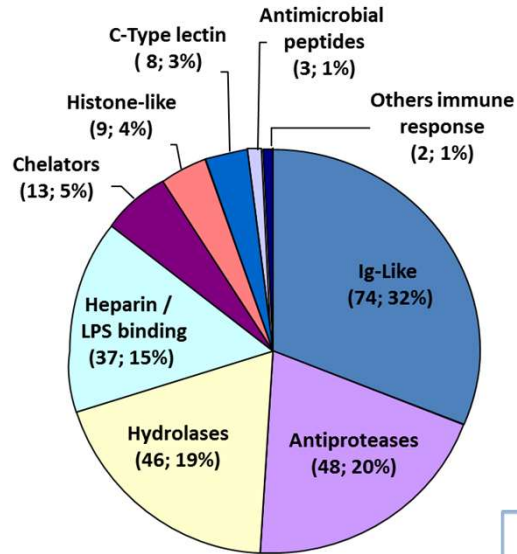


Tout continue dans l'oviducte

Magnum: synthèse et sécrétion du blanc d'œuf (Durée 3 h 30)

Le blanc d'œuf est une source de médicament

Environ 200 protéines de l'œuf sont potentiellement antimicrobiennes



Exemple du lysozyme de blanc d'œuf (Additif E1105)

Utilisation comme agent antibactérien

- ❖ Conservateur pour les fromages affinés
- ❖ Conservateur utilisé en vinification en remplacement du SO₂ (pour éviter la fermentation par les bactéries lactiques)
- ❖ Principe actif de médicaments: Cantalene®, Glossithiase®, Hexalyse®, Lyso6®, Lysocline®, Lysopaïne®, Oroseptol® lisozyme®, Rhinobebe®...

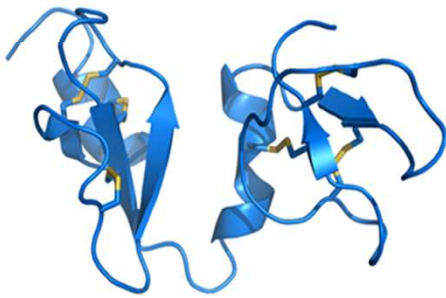


0 h



Beta-défensine aviaire 11

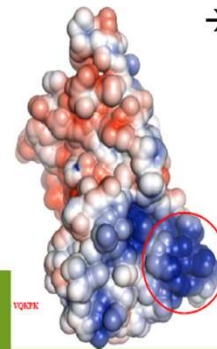
24 h



OVAX

- Activité antibactérienne
- Etude des relations structure-fonction

Réhault-Godbert et al., 2013



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
8 décembre 2011 (08.12.2011)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/151407 A1

PCT

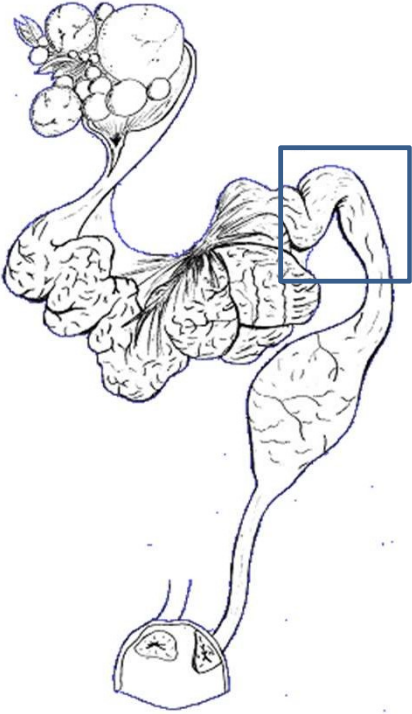
Réhault-Godbert et al., 2011, Brevet



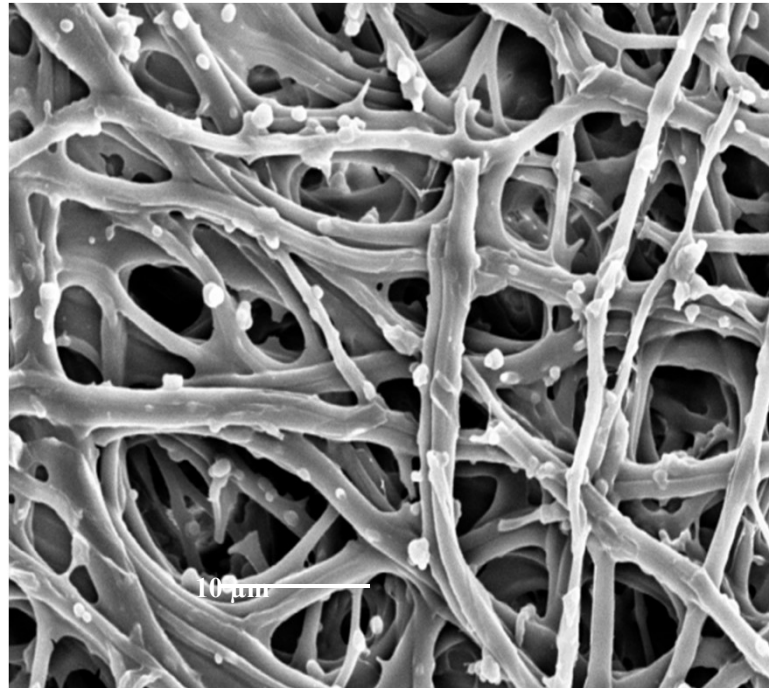
Tout continue dans l'oviducte

Isthme : synthèse et sécrétion des membranes coquillières (1h15 environ)

0 h



24 h

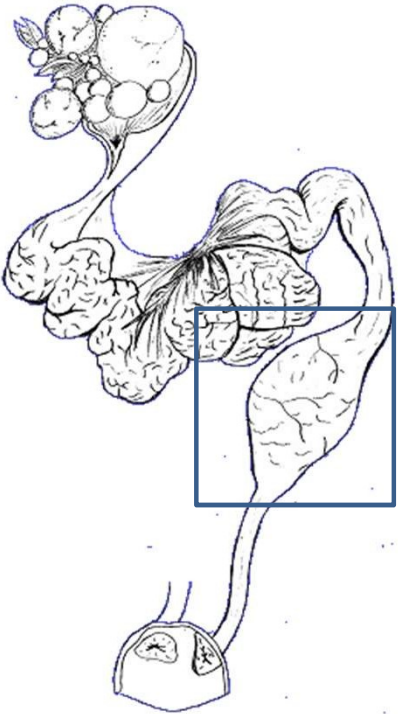


Les membranes coquillières sont le support de la partie calcifiée de la coquille et constituent la coquille

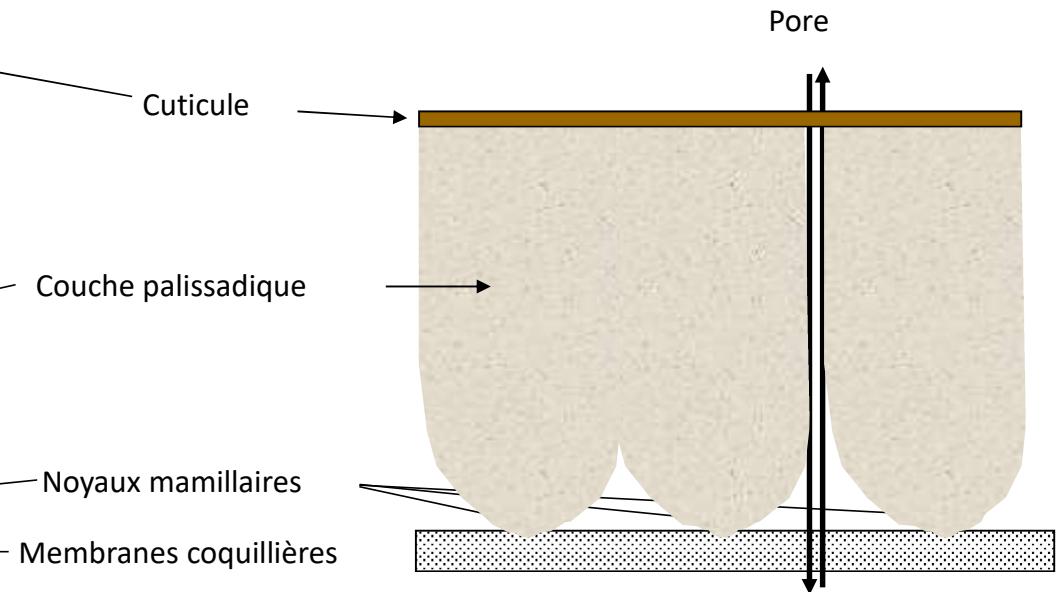
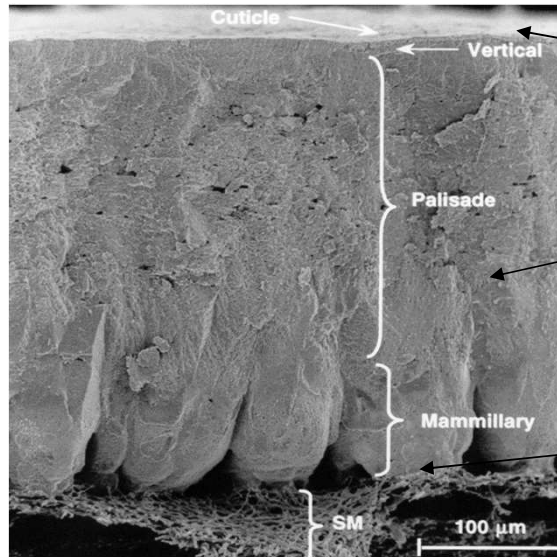
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h



Quelle est la composition de la coquille ?

- 95 % de minéral (carbonate de calcium)
- 3,5 % de matière organique (protéines et sucres complexes)
- 1,5 % d'eau



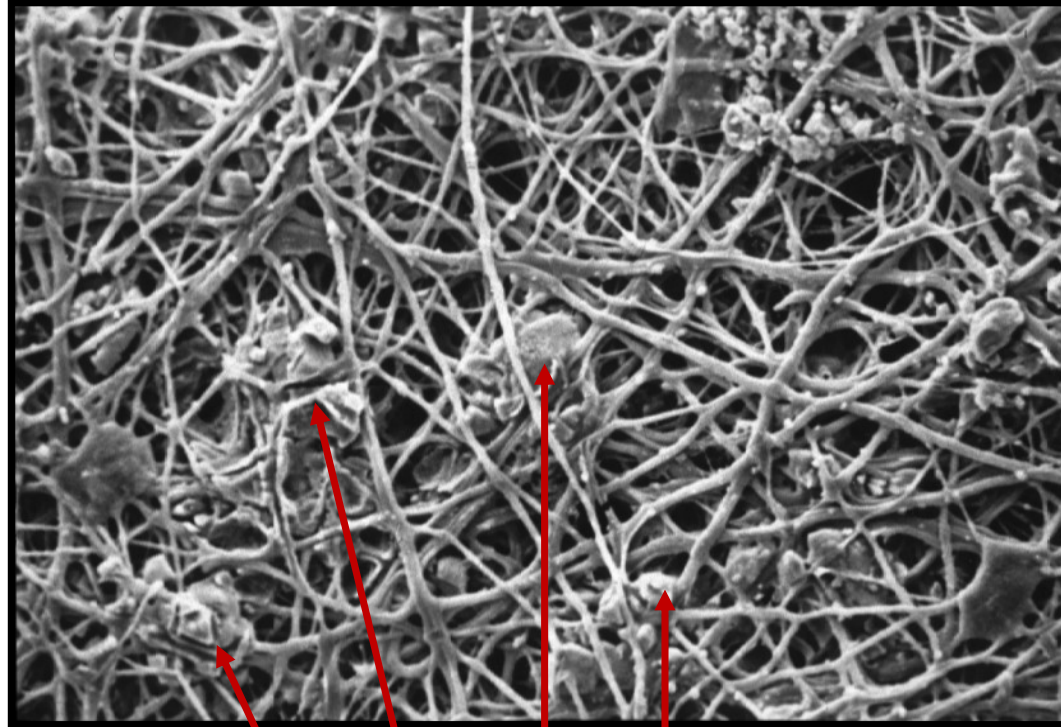
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h

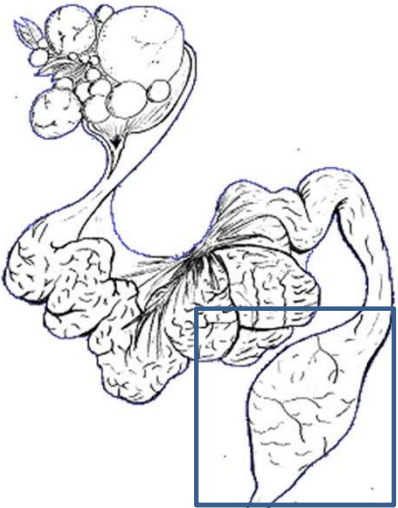


Le minéral (carbonate de calcium) se dépose en des sites organiques (noyaux mamillaires) en surface de la membrane coquillière de l'œuf

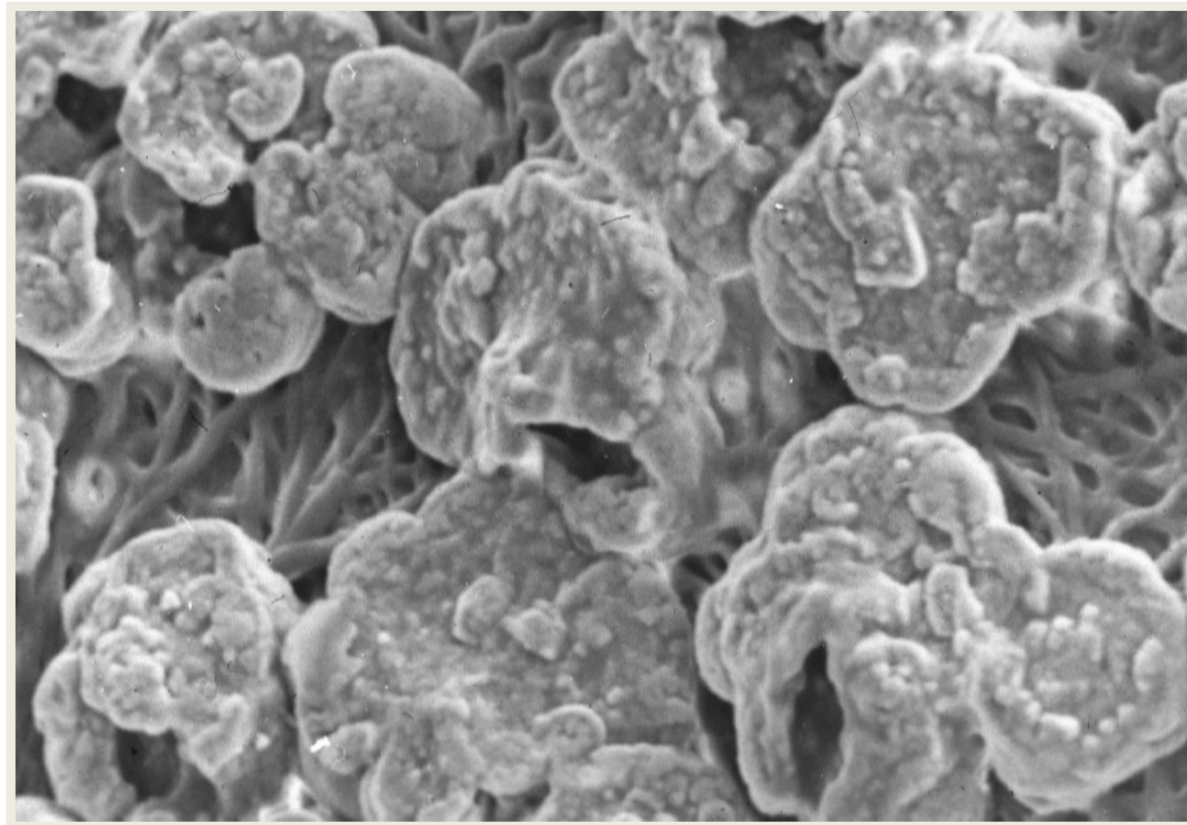
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h

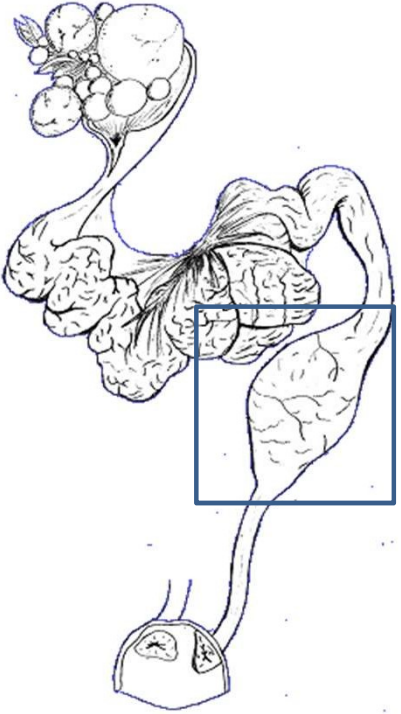


Peu à peu les noyaux mamillaires sont recouverts de calcite

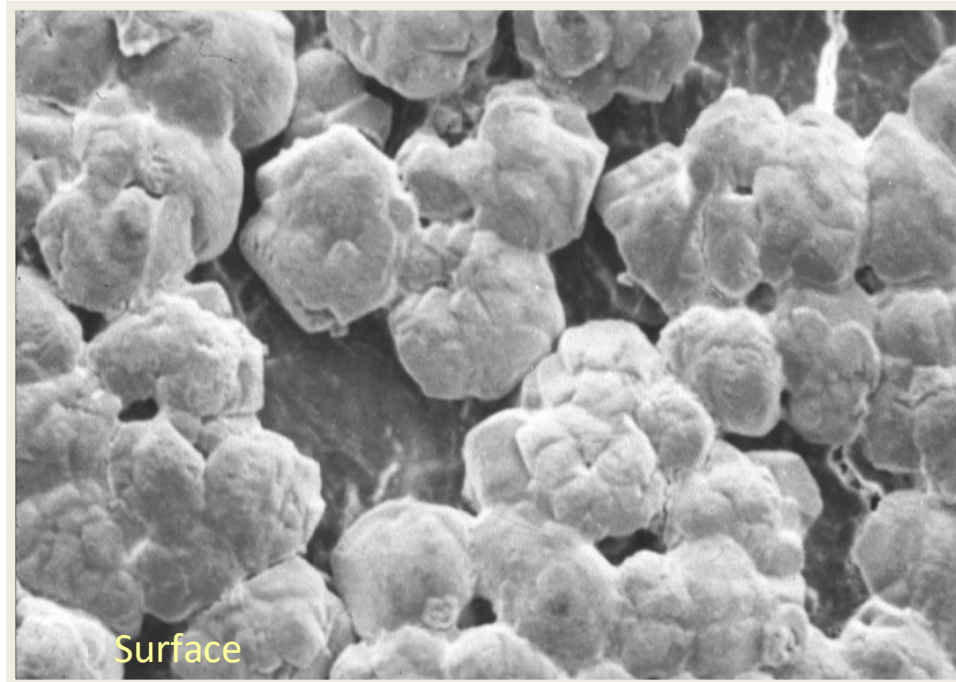
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h

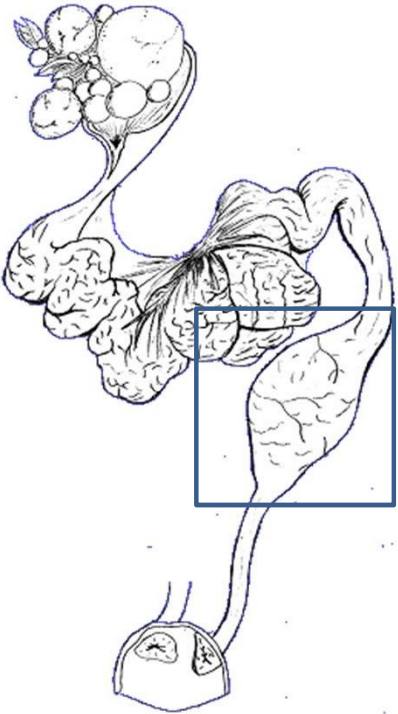


Les noyaux mamillaires recouverts de carbonate de calcium (calcite) forment des cônes qui fusionnent au fur et à mesure que la calcification se poursuit

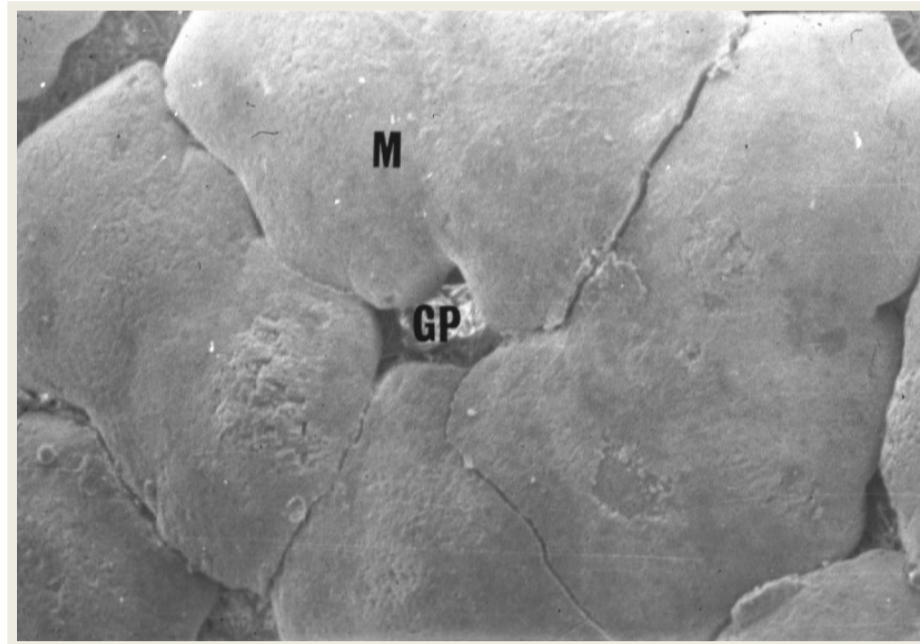
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h

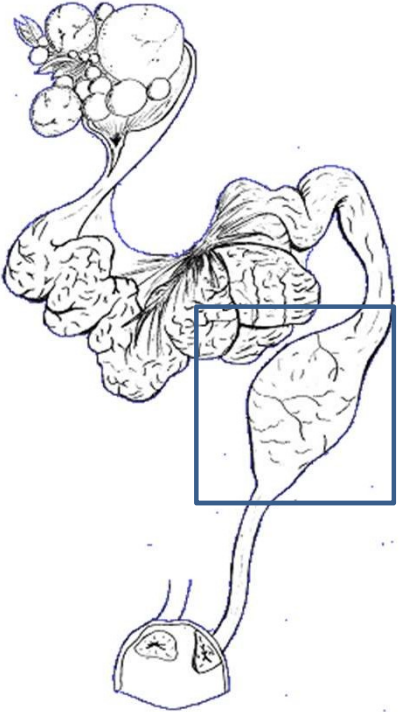


Surface de la couche calcifiée avec apparition d'un pore obtenu en absence de fusion des pores

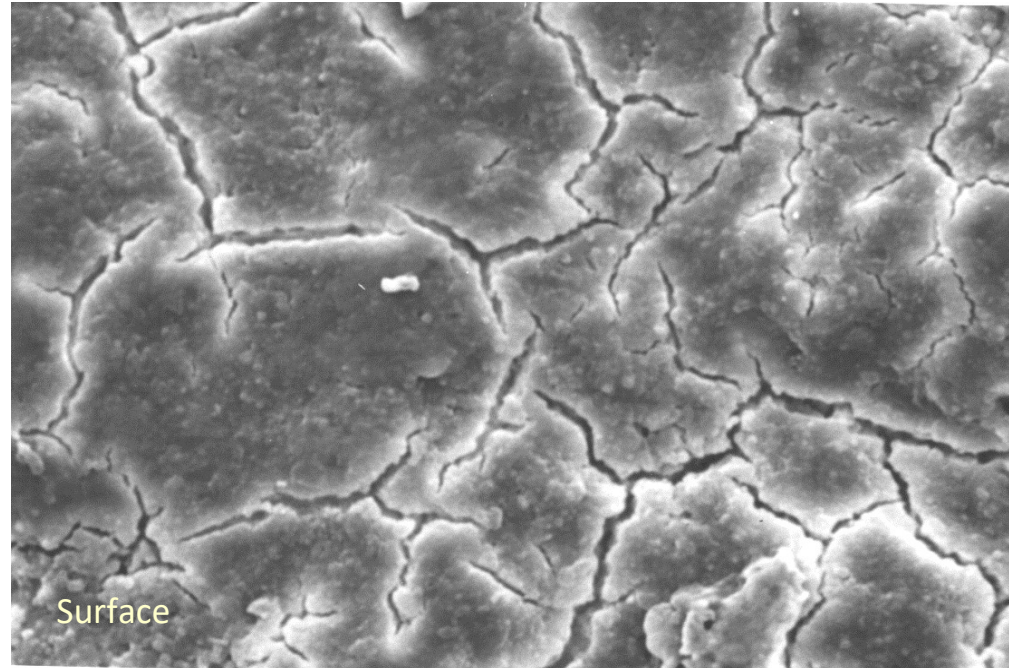
Tout continue dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h



24 h

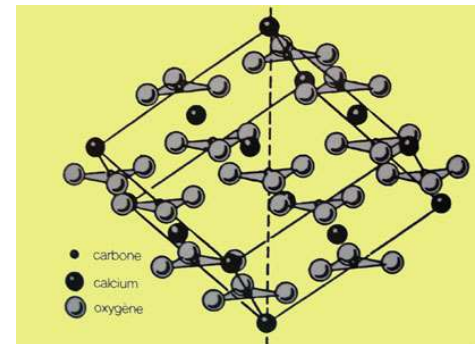
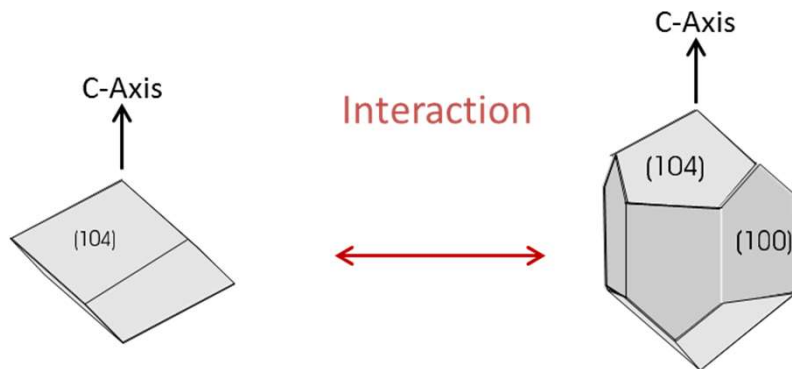
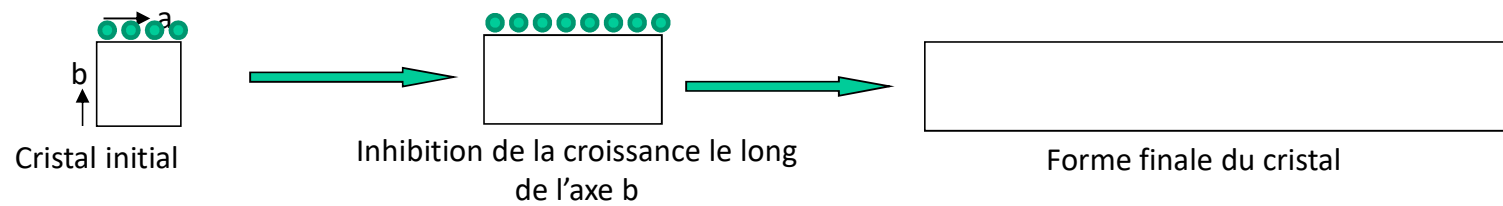
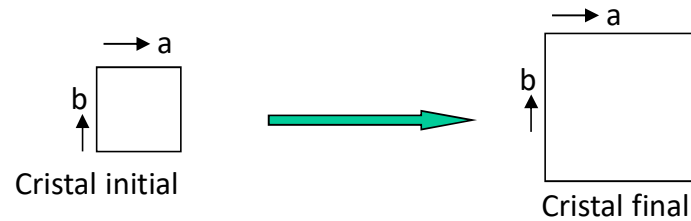


La cuticule recouvre la totalité de l'œuf. En séchant, elle se fissure pour permettre les échanges gazeux via les pores

La coquille, un processus de Biominéralisation

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

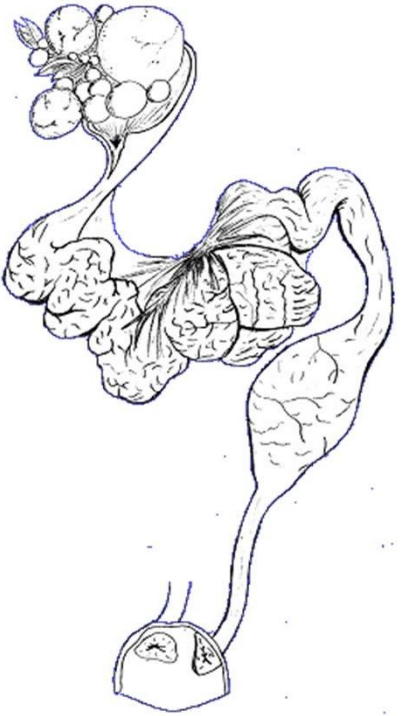
→ PROCESSUS UNIVERSEL ET CONSERVE SUR TERRE



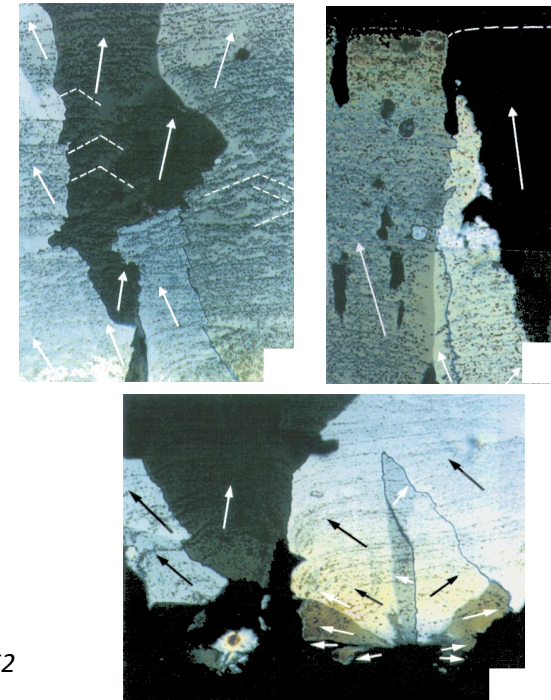
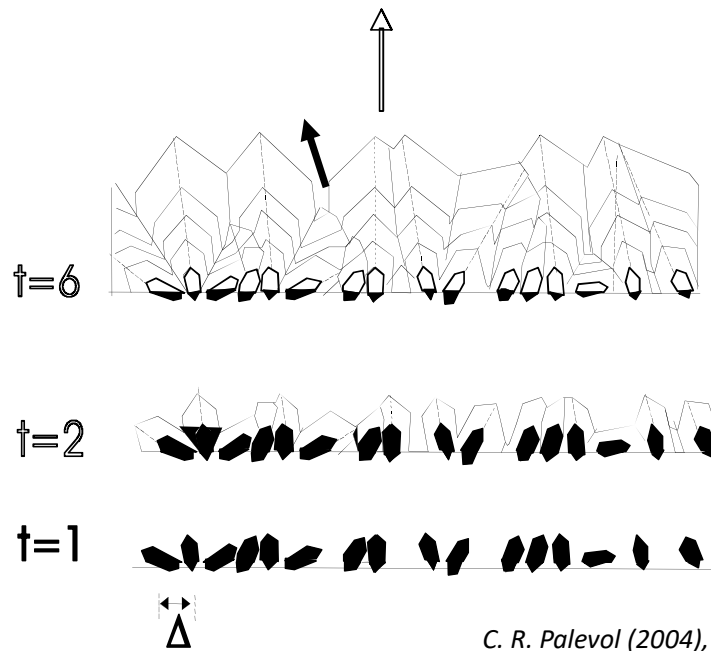
Tout continué dans l'oviducte

Utérus : Biominéralisation de la coquille (durée 18-19 h)

0 h

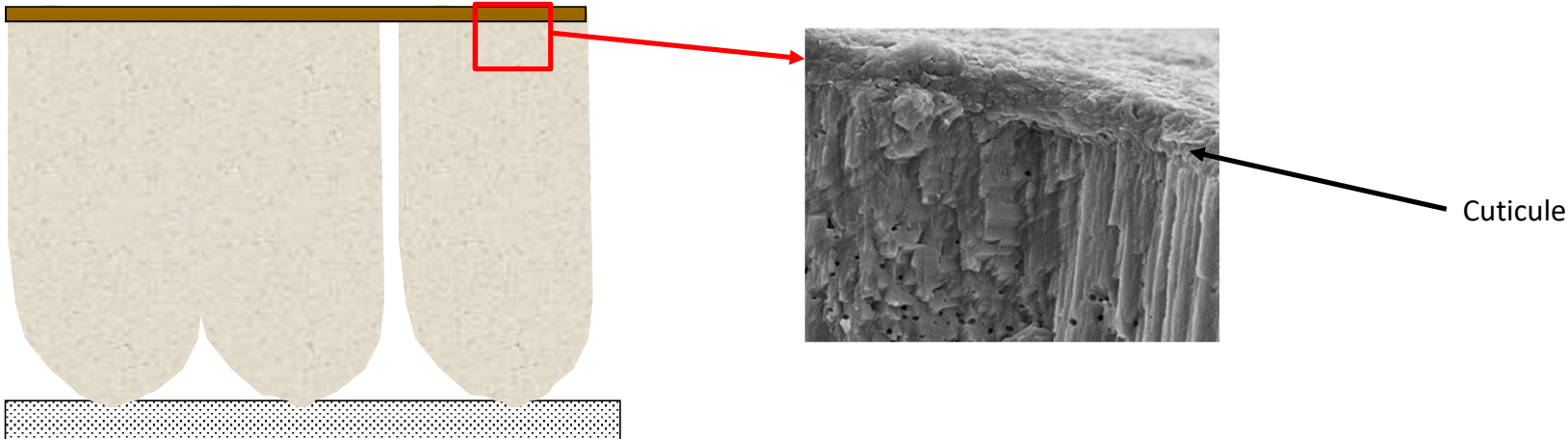


24 h



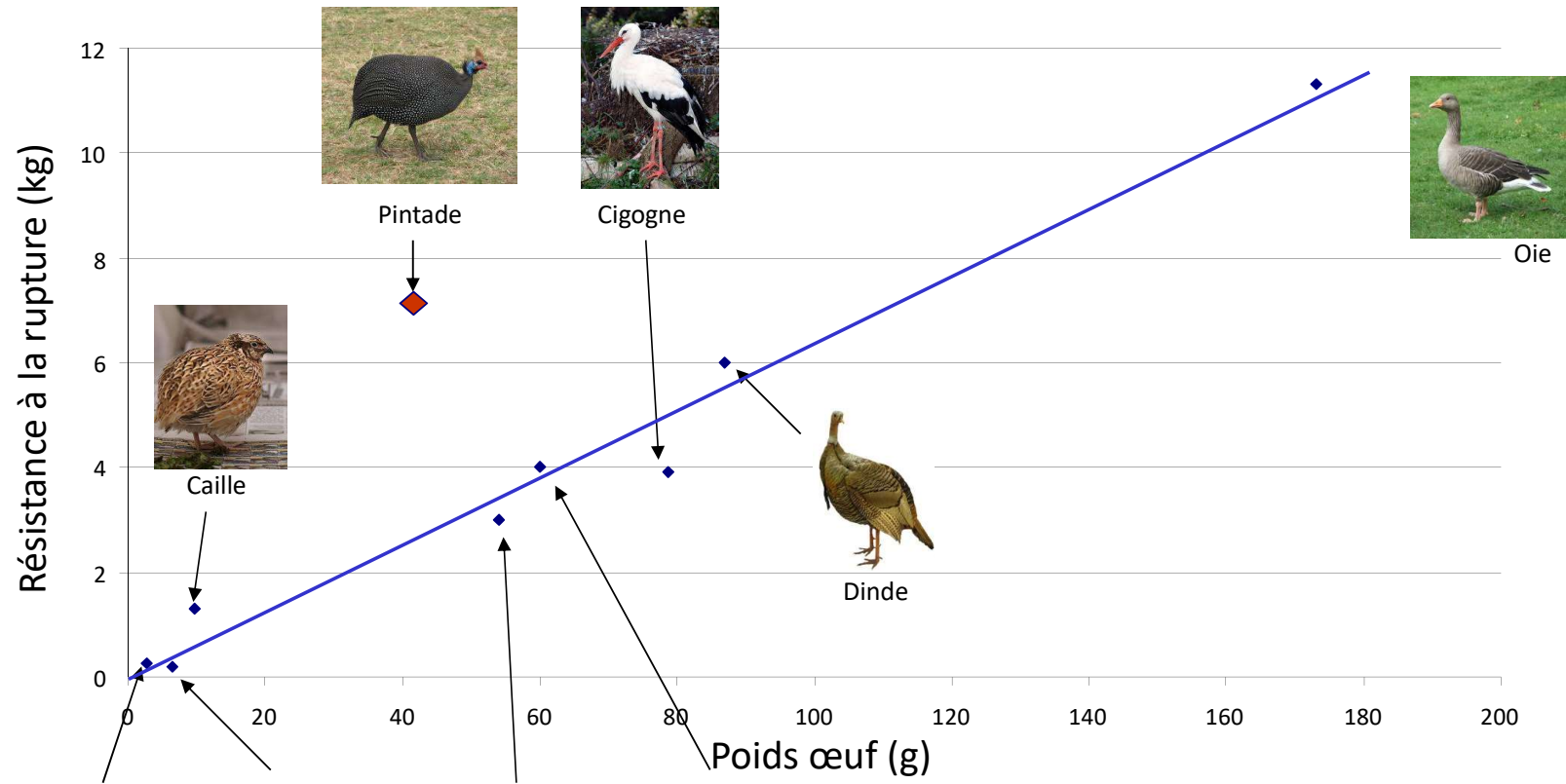
C. R. Palevol (2004), 3, 549-562

Faut-il laver les œufs ?



La cuticule empêche la pénétration des microbes

Propriétés biomécaniques des coquilles d'œufs



Moineau



Merle noir



Canard



Poule

Similitude des coquilles d'œufs

→ PROCESSUS DE BIOMINÉRALISATION UNIVERSEL



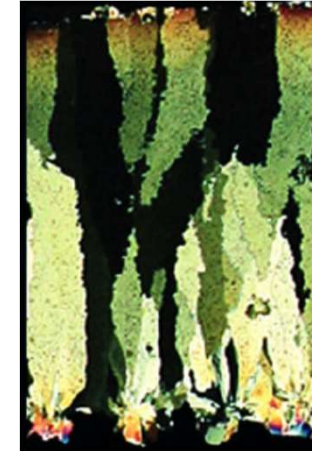
Gallus gallus



Meleagris gallopavo



Numida meleagris



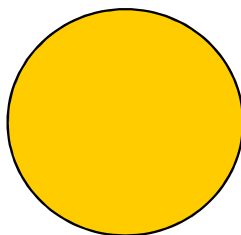
Sankofa pyrenaica



Pour conclure



Une composition adaptée au développement du poussin



Un jaune d'œuf à la composition adaptée

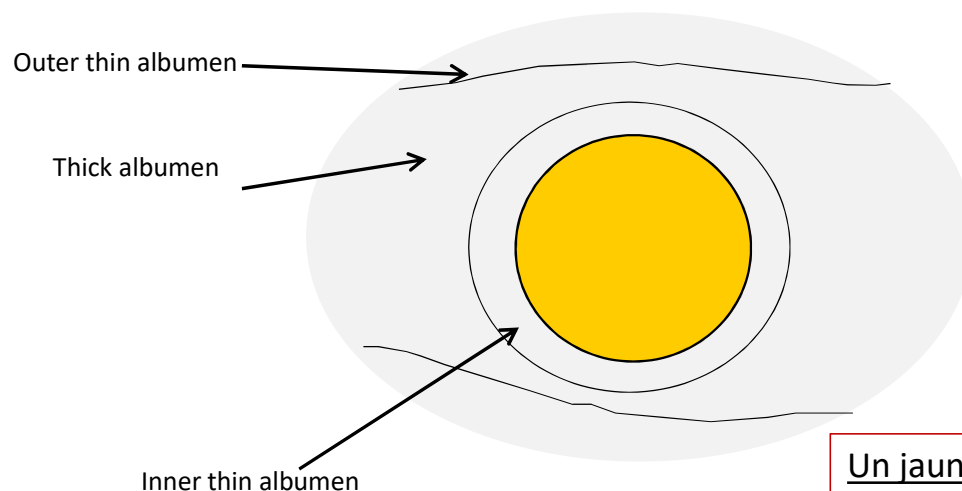
- *Le gamète féminin
(Disque clair de 3,5 mm)*
- *Des réserves nutritionnelles (lipides, protéines) et de défenses (anticorps)*
- *Entouré d'une membrane vitelline fine et translucide*



Une composition adaptée au développement du poussin

Un blanc d'œuf riche en eau (88%),
protéines et glucides

- *Différentes textures de blanc*
- *Molécules antimicrobiennes*



Un jaune d'œuf à la composition adaptée

- *Le gamète féminin*
(Disque clair de 3,5 mm)
- *Des réserves nutritionnelles (lipides, protéines) et de défenses (anticorps)*
- *Entouré d'une membrane vitelline fine et translucide*



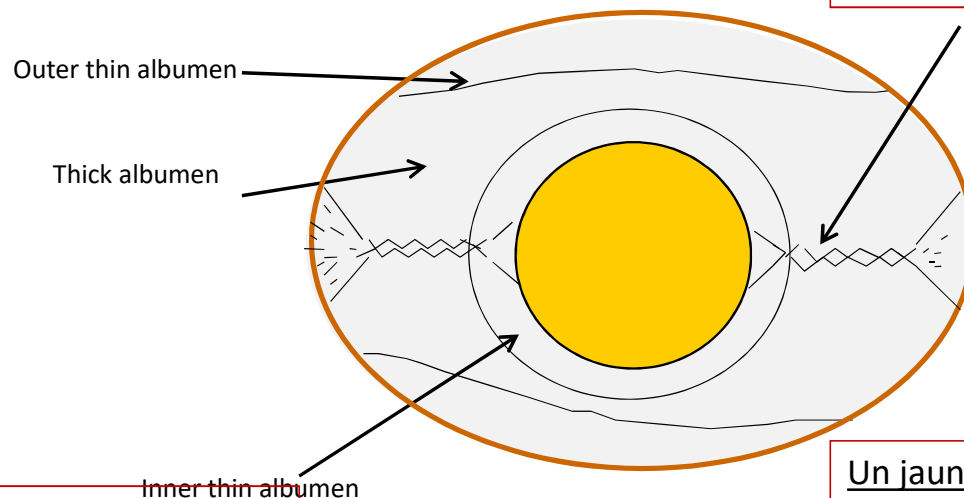
Une composition adaptée au développement du poussin

Un blanc d'œuf riche en eau (88%),
protéines et glucides

- *Différentes textures de blanc*
- *Molécules antimicrobiennes*

Des chalazes qui maintiennent le jaune
en suspension

*Protection du jaune contre les chocs.
Rôle d'amortisseur*



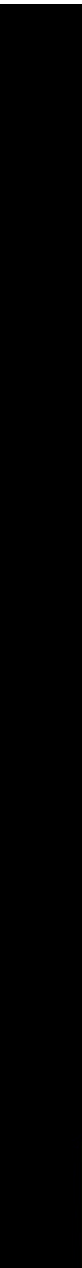
Une coquille minérale

- *Assure la protection physique*
- *Assure la protection thermique*
- *Assure les échanges gazeux*
- *Source de calcium pour l'embryon*

Un jaune d'œuf à la composition adaptée

- *Le gamète féminin
(Disque clair de 3,5 mm)*
- *Des réserves nutritionnelles (lipides, protéines) et de
défenses (anticorps)*
- *Entouré d'une membrane vitelline fine et translucide*

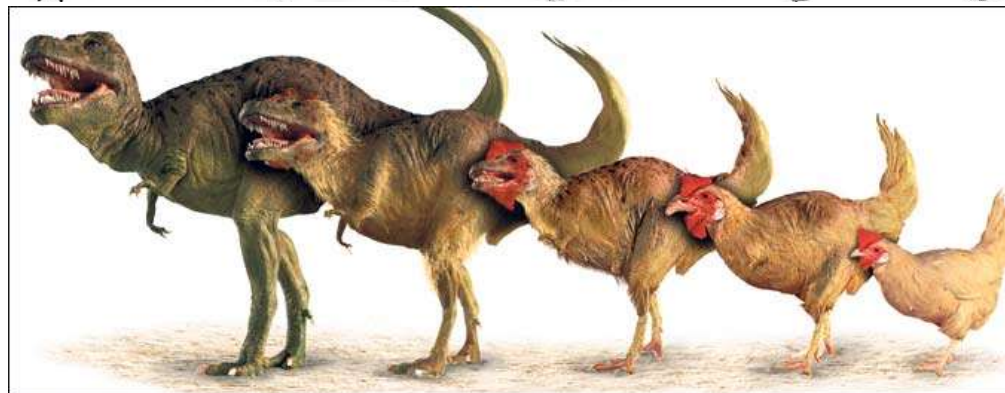
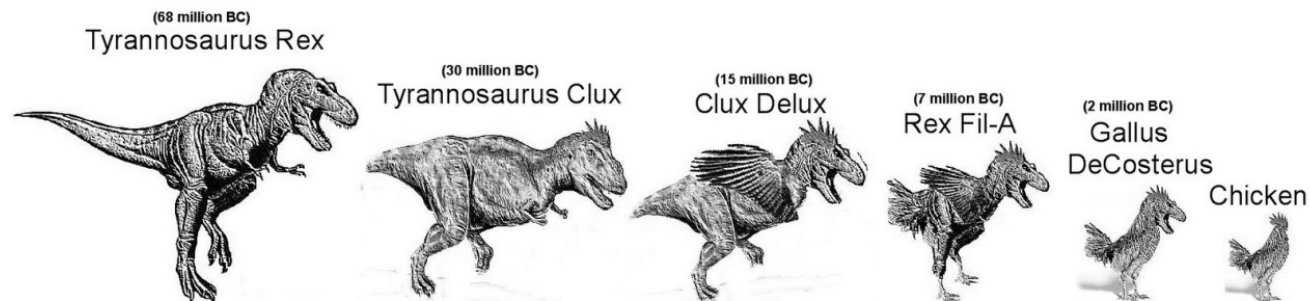




Qui de de l'œuf ou de la poule?

C'est la question qui est mal formulée

Les oiseaux sont des descendants des dinosaures



Qui de l'œuf ou du dinosaure ?