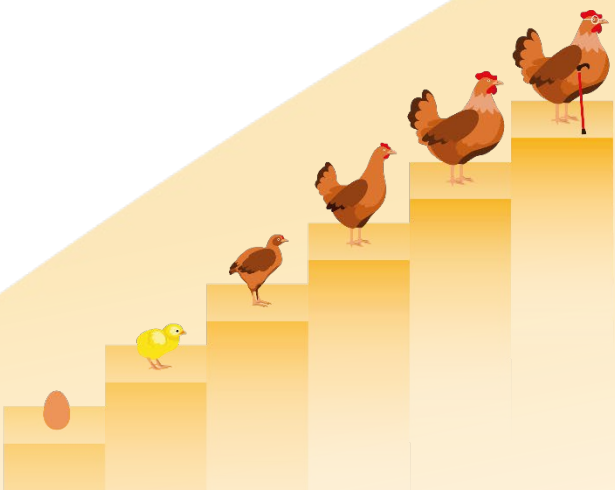




Formation de la coquille et équilibre phosphocalcique chez la pondeuse : Enjeux pour des cycles prolongés

Joël GAUTRON

Recherche et expertise en science de l'œuf

jgautron.eggscience@gmail.com

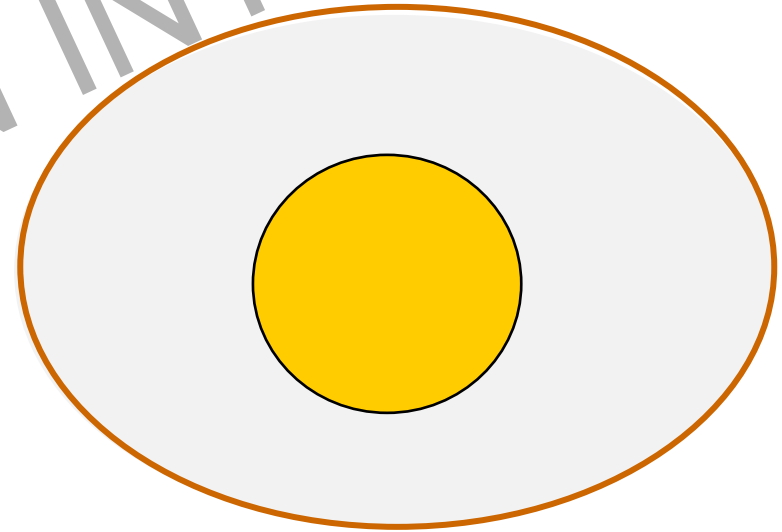
L'importance de la coquille

La coquille est la seule partie non consommable de l'oeuf....

...mais sa qualité est cruciale pour la commercialisation de l'oeuf

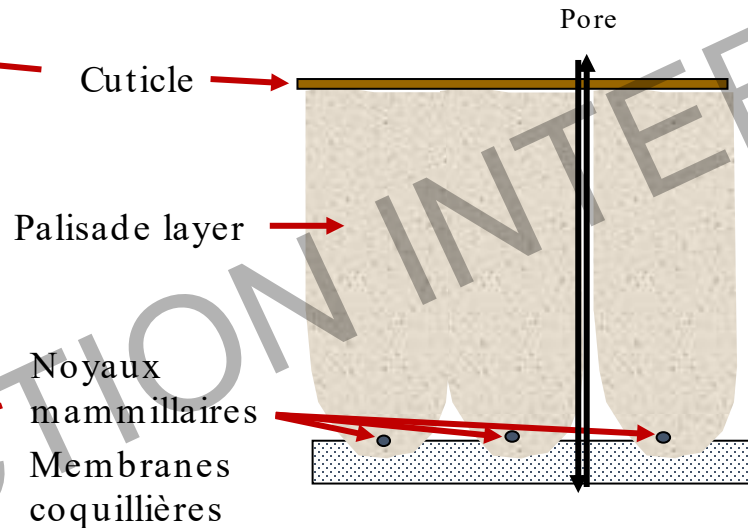
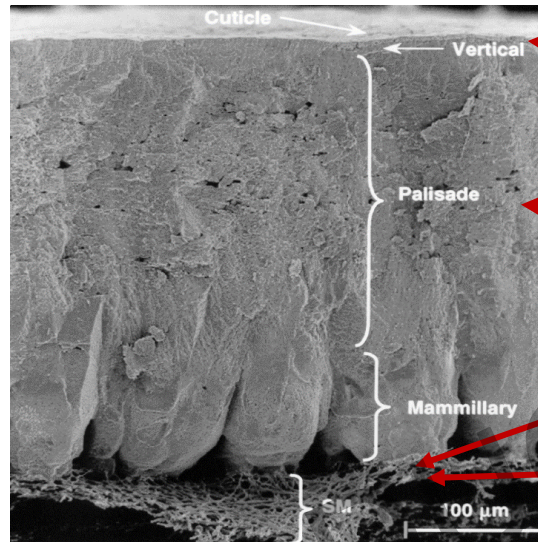
Coquille

- *Garantit la protection physique*
- *Evite la pénétration microbienne*
- *Assurer la régulation thermique*
- *Permettre les échanges gazeux*
- *Source de calcium pour l'embryon*



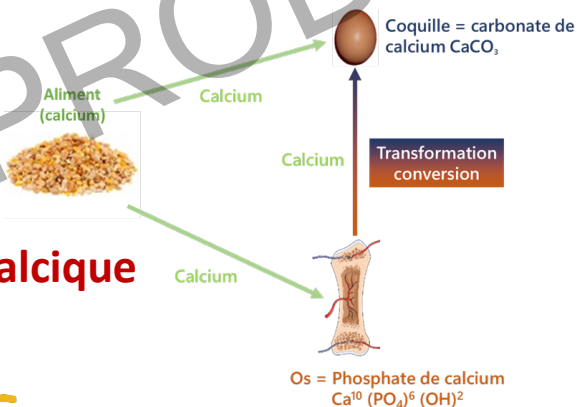
La structure de la coquille

- ✓ Résultat d'un processus de biominéralisation dans l'utérus
- ✓ Le plus rapide du monde du vivant
- ✓ 5-6 g de coquille déposés en 19 heures

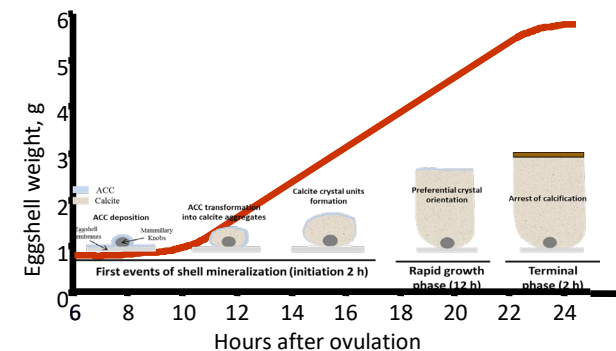


95 % de carbonate de calcium (calcite) et 3.5% de matière organique (matrice organique)

**Apport des minéraux
Et équilibre phosphocalcique**

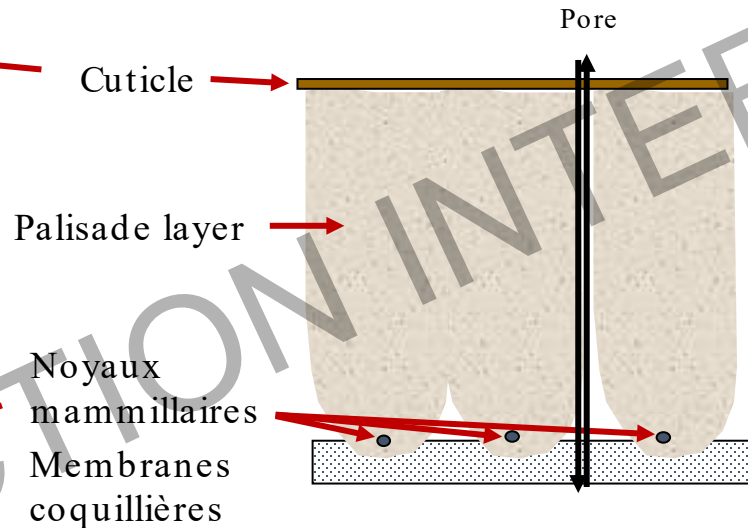
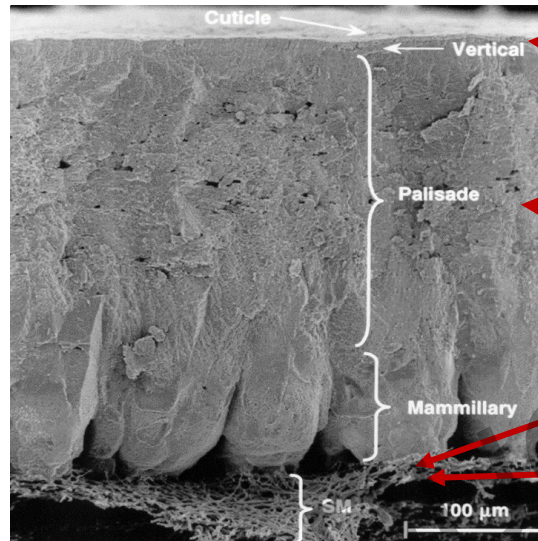


Biomimérisation



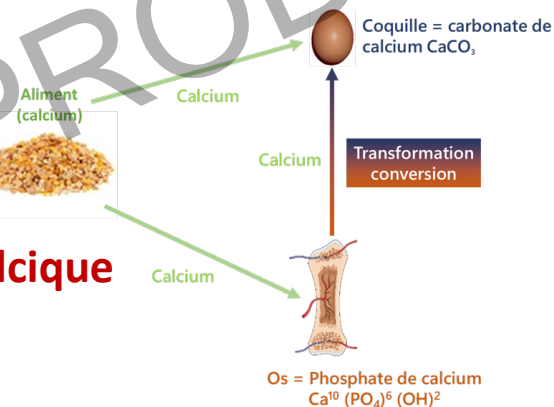
La structure de la coquille

- ✓ Résultat d'un processus de biominéralisation dans l'utérus
- ✓ Le plus rapide du monde du vivant
- ✓ 5-6 g de coquille déposés en 19 heures

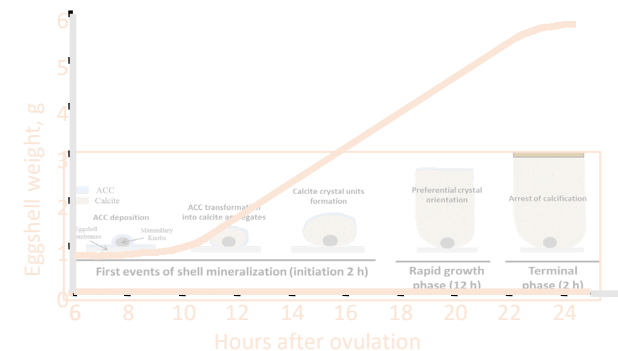


95 % de carbonate de calcium (calcite) et 3.5% de matière organique (matrice organique)

**Apport des minéraux
Et équilibre phosphocalcique**

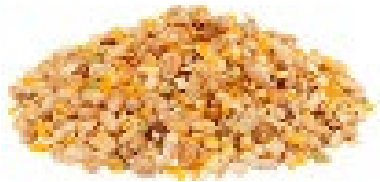


Biomimérisation



Formation de la coquille et équilibre phosphocalcique

Aliment
(calcium)



Calcification de l'œuf

Disponibilité du calcium

0

--+

+++

+++

+++

+++

+++

+++

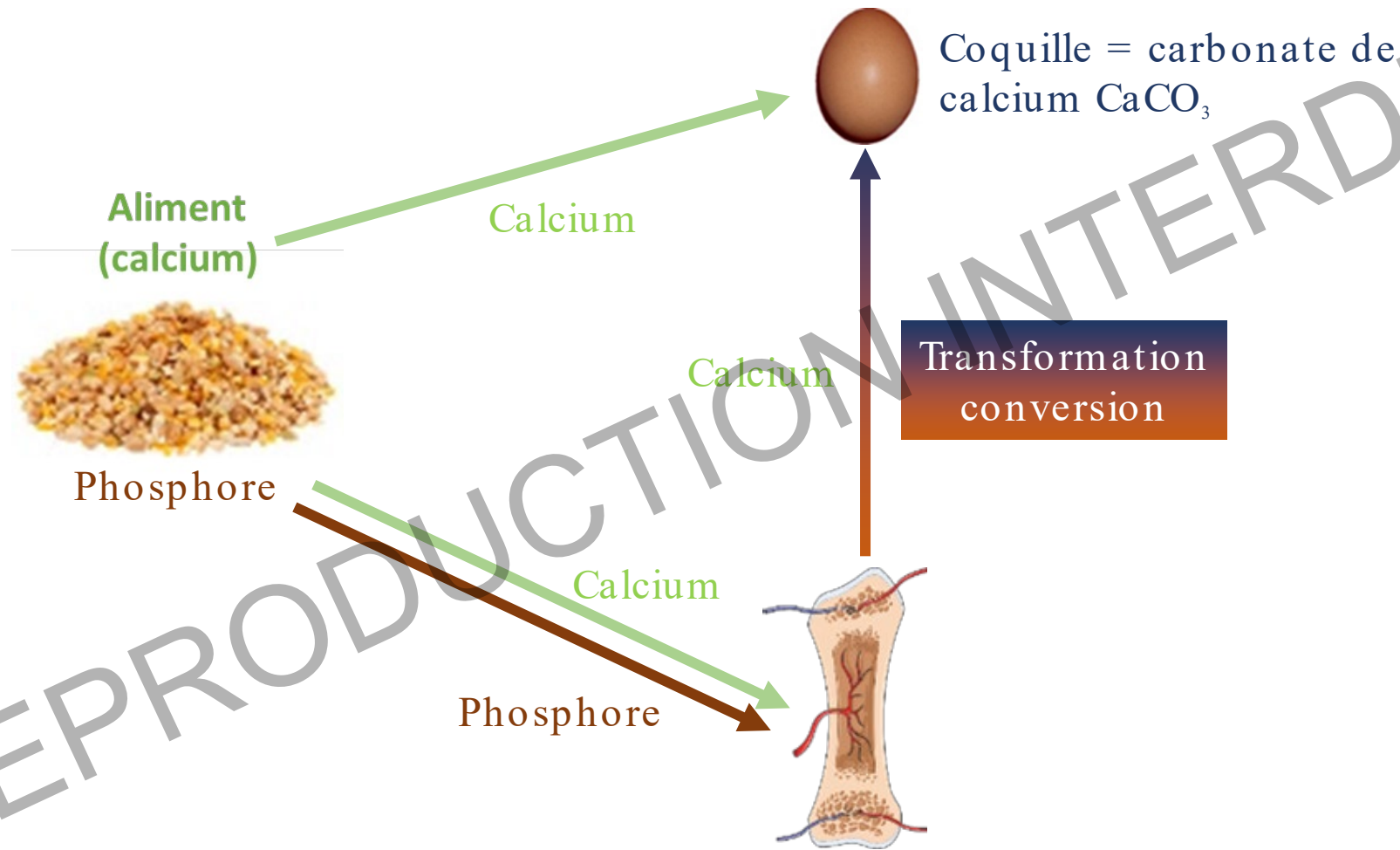
0

0

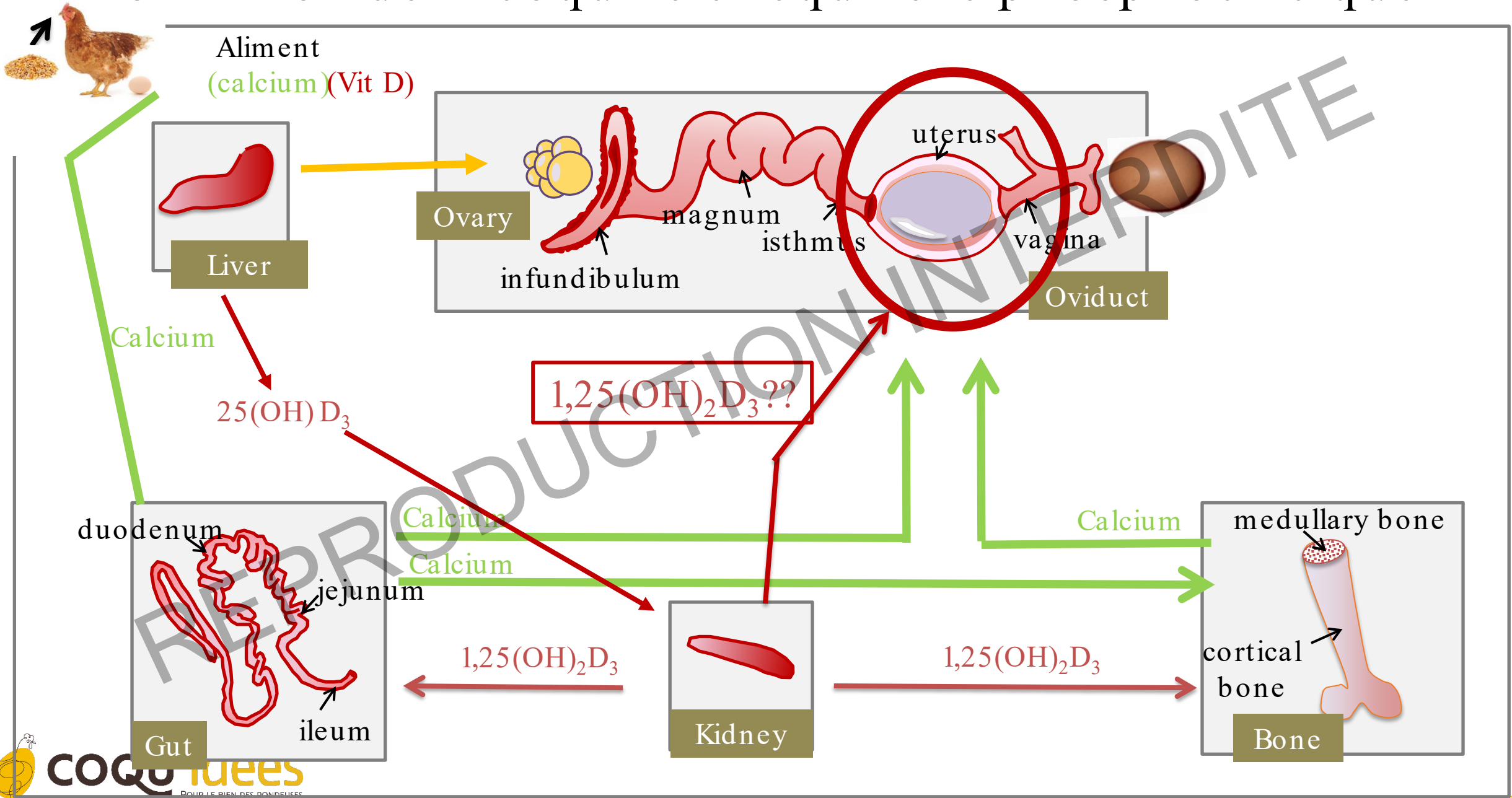
0

0

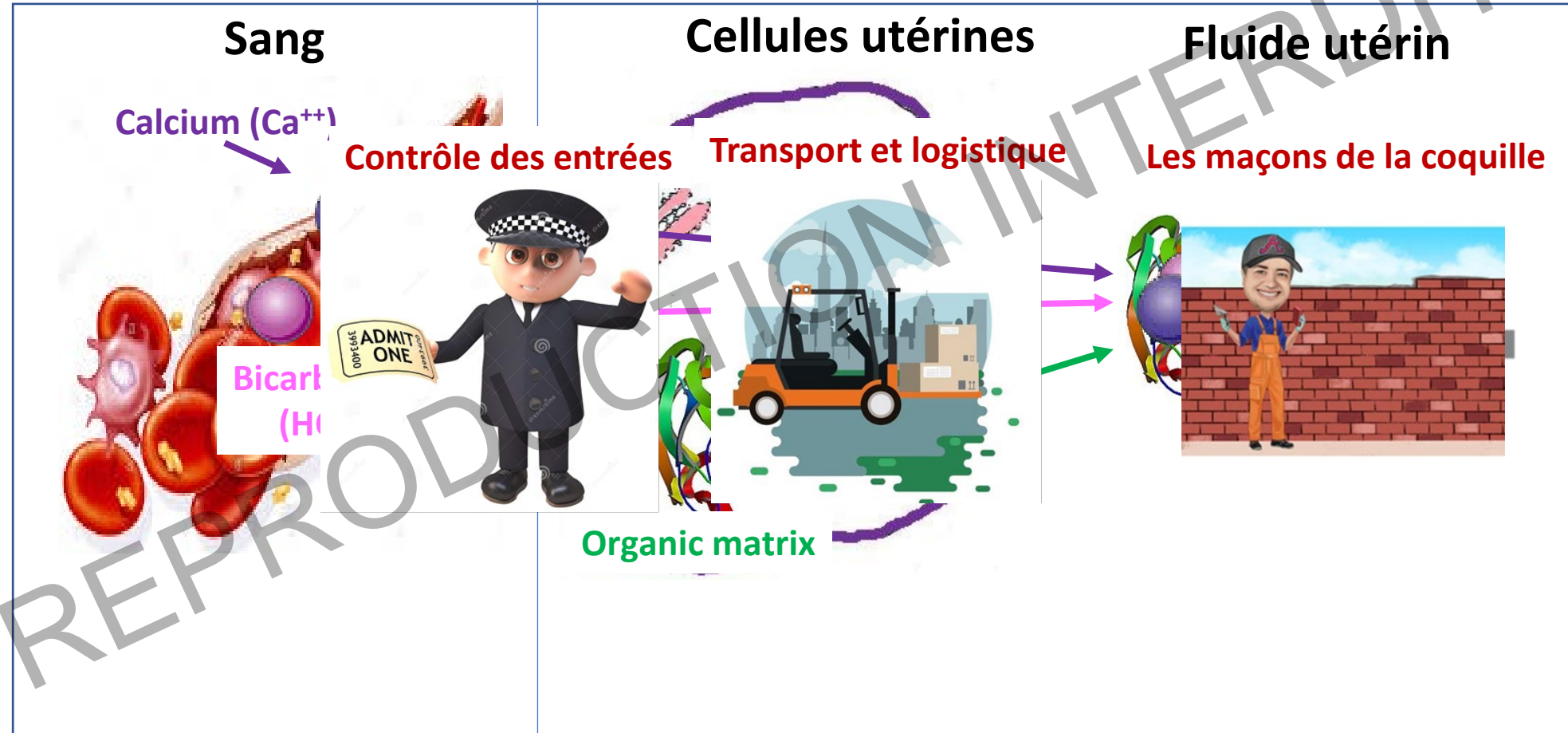
Formation de la coquille et équilibre phosphocalcique



Formation de la coquille et équilibre phosphocalcique



Régulation de la calcification de la coquille



Régulation de la calcification de la coquille

3 voies de transferts

Transcellulaire

-  Carbonic Anhydrase 2
-  Carbonic Anhydrase 4
-  SLC4A4-A5-A10
-  SLC26A9
-  TRPV2-3
-  Calbindin-1
-  ATPA2/3
-  ITPR1/2/3
-  ATP2B1-B2
-  SLC8A1-A3

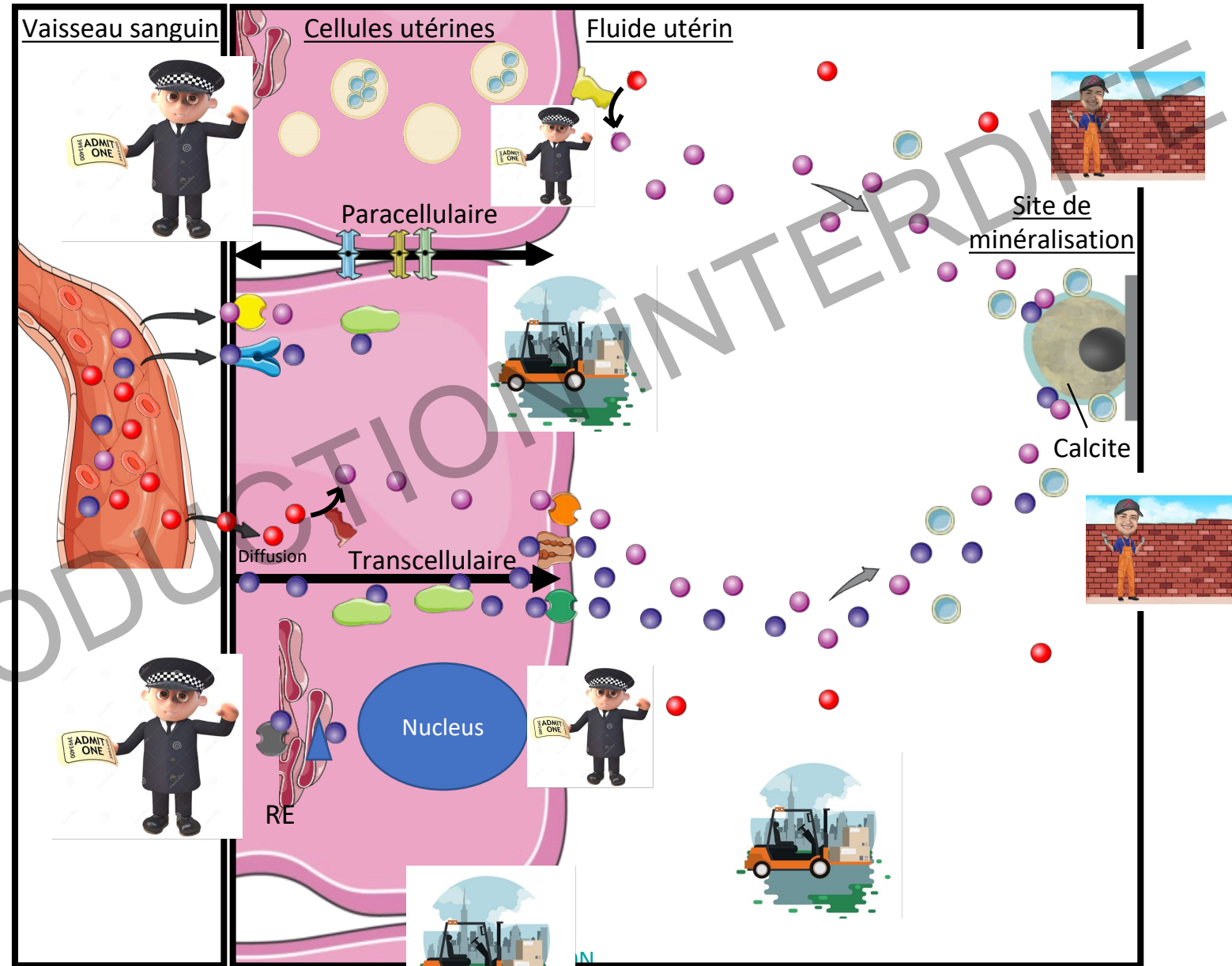
Vesiculaire

-  Extra and intra cellular vesicles
-  Annexines
-  EDIL3/MFGE8

Paracellulaire

-  Claudins
-  JAM
-  Occludin/TJP

-  HCO_3^-
-  Ca^{2+}
-  CO_2
-  ACC



Régulation de la calcification de la coquille

3 voies de transferts

Transcellulaire

- Carbonic Anhydrase 2
- Carbonic Anhydrase 4
- SLC4A4-A5-A10
- SLC26A9
- TRPV2-3
- Calbindin-1
- ATPA2/3
- ITPR1/2/3
- ATP2B1-B2
- SLC8A1-A3

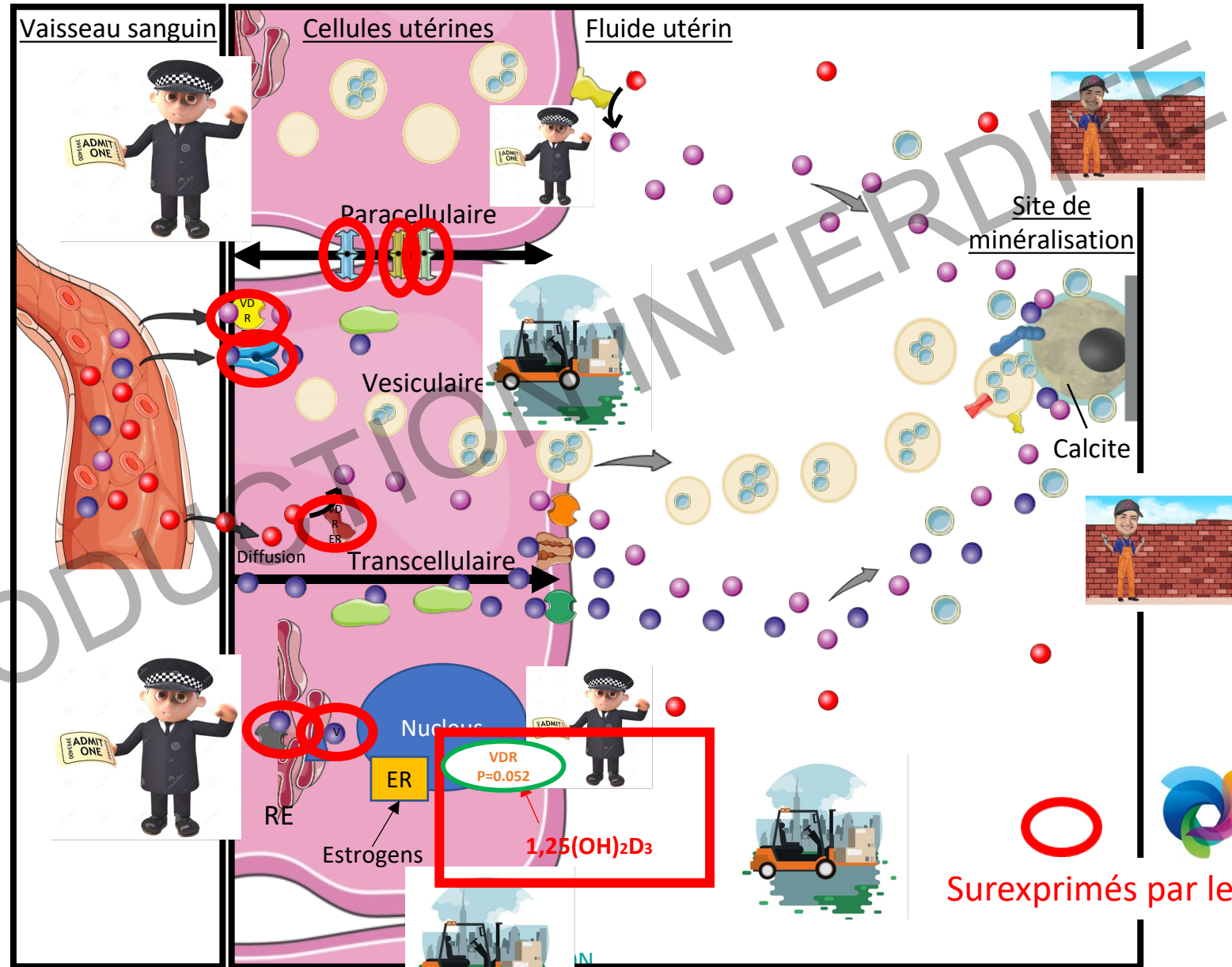
Vesiculaire

- Extra and intra cellular vesicles
- Annexines
- EDIL3/MFGE8

Paracellulaire

- Claudins
- JAM
- Occludin/TJP

- HCO_3^-
- Ca^{2+}
- CO_2
- ACC



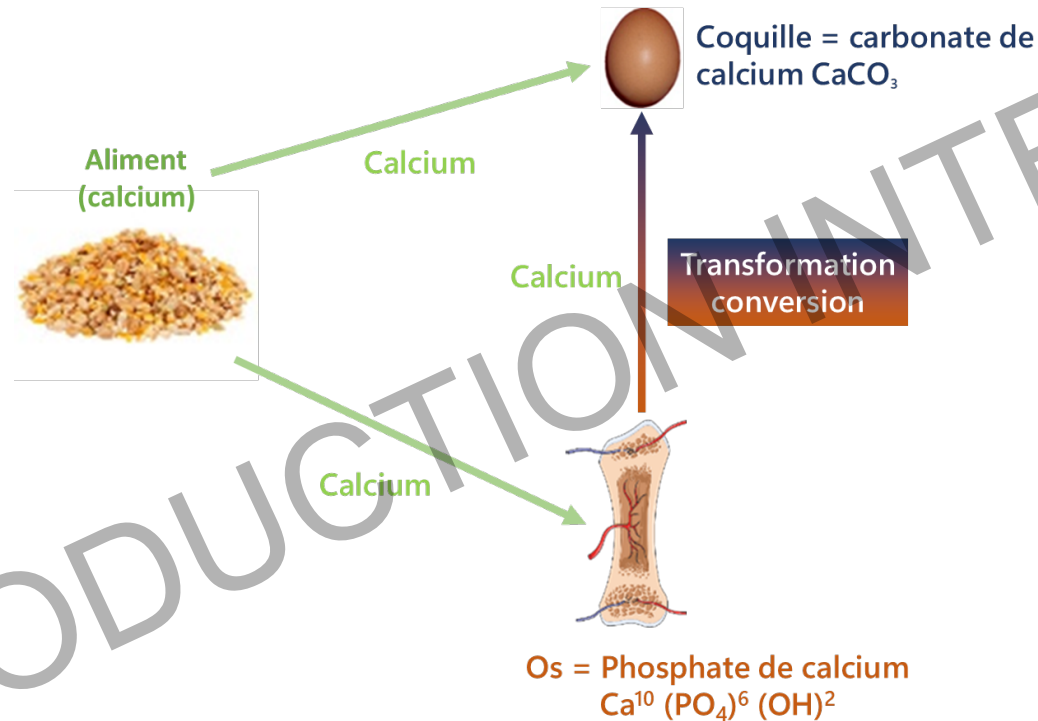
Surexprimés par le 25(OH)D3

Formation de la coquille et équilibre phosphocalcique

Des enjeux à maîtriser

Qualité de l'aliment

Permettre un stockage suffisant dans l'intestin pour mobiliser le moins possible l'os



Apports de la vitamine D

Forme et quantité

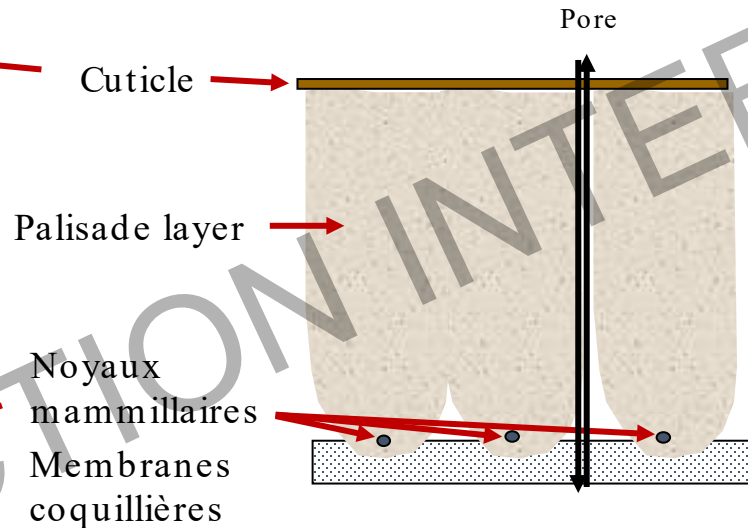
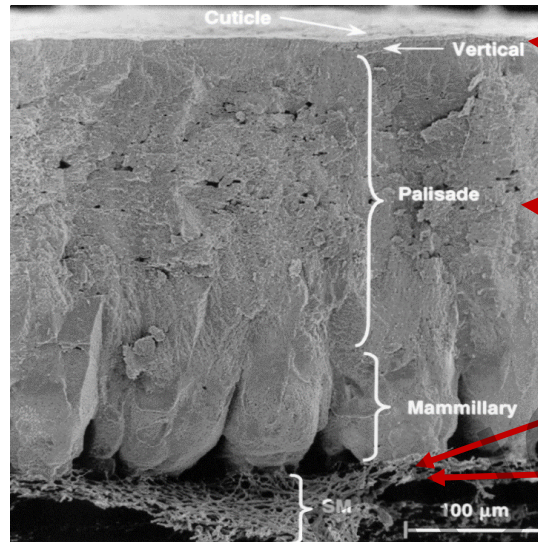
Sélection génétique prenant en compte ces contraintes

Maintien de la qualité osseuse tout au long de la production

Importance de la phase poulette pour un bon « potentiel » osseux à âge avancé

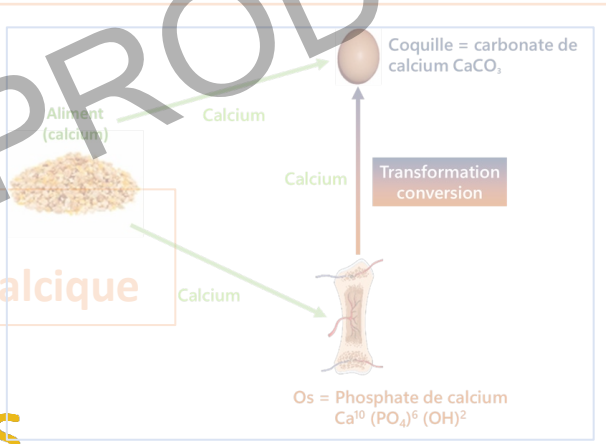
La structure de la coquille

- ✓ Résultat d'un processus de biominéralisation dans l'utérus
- ✓ Le plus rapide du monde du vivant
- ✓ 5-6 g de coquille déposés en 19 heures

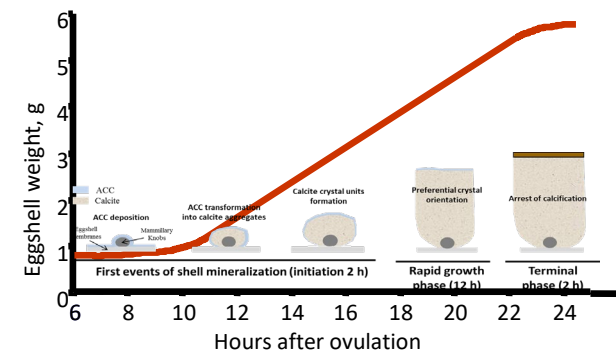


95 % de carbonate de calcium (calcite) et 3.5% de matière organique (matrice organique)

Apport des minéraux
Et équilibre phosphocalcique



Biomínéralisation



La minéralisation de la coquille

Les maçons de la coquille se mettent au travail

Calcium + Carbonates + matrice organique → calcite de la coquille



Dans les conditions
physiologiques
(40 °C et 100 %
d'humidité)

Impossible

Utilisation de carbonate
de calcium amorphe
transitoire (ACC)

Possible



Calcium + Carbonates + ACC + matrice organique → calcite de la coquille

Architecte-designer

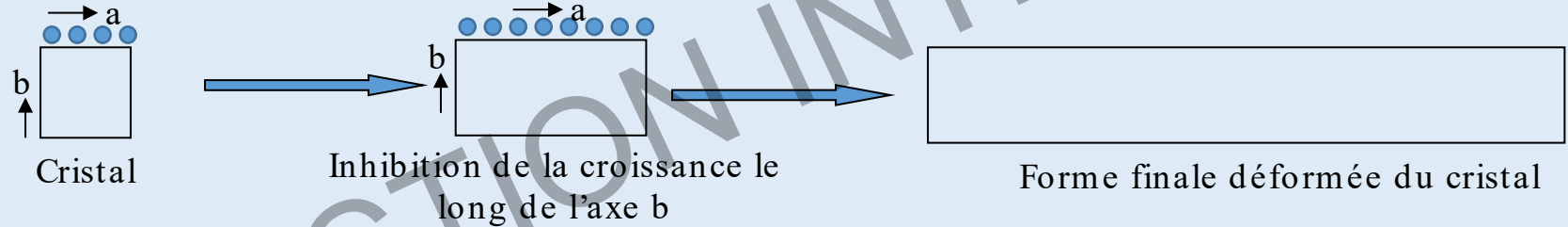
La matrice organique de la coquille

3.5 % Matrice organique
(protéines)

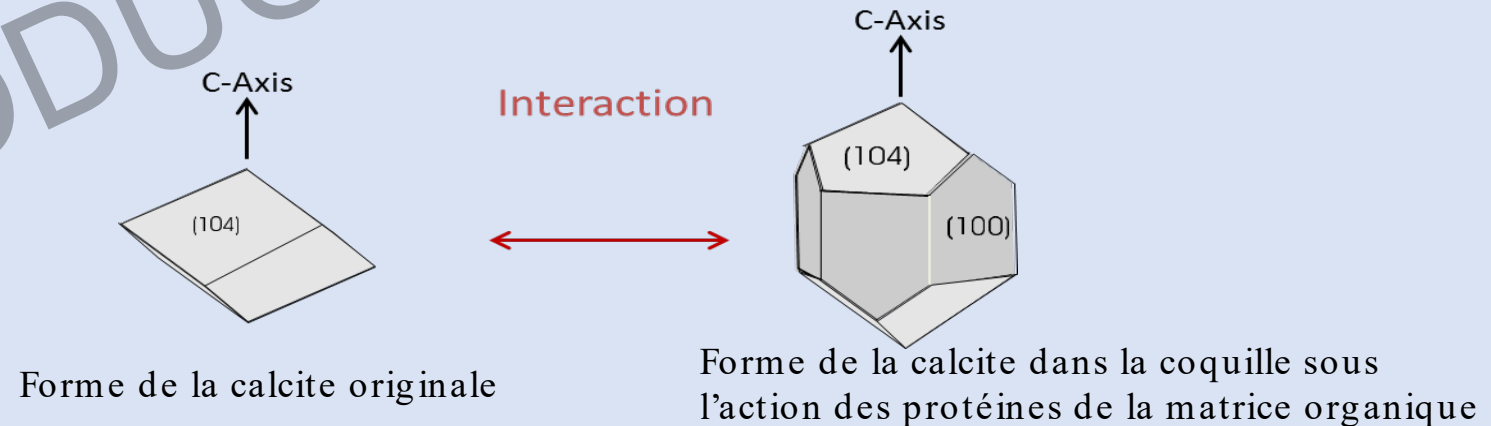
Environ 900 protéines dans la coquille
(Gautron et al., 2019)

Stabilise le carbonate de calcium amorphe (ACC), contrôle le type, la morphologie et la taille des cristaux

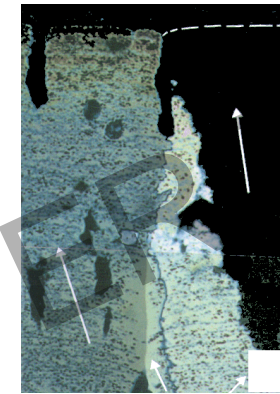
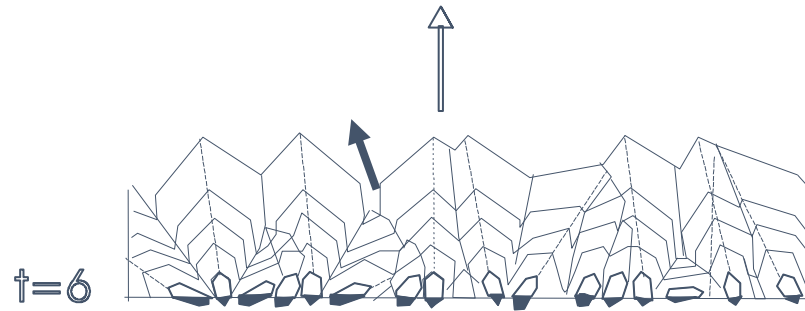
Exemple
théorique pour la
compréhension



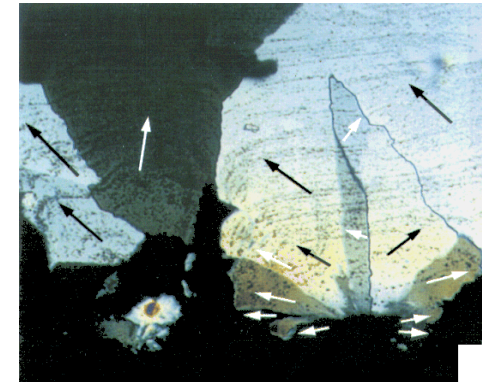
La vraie forme des
cristaux de calcite dans
la coquille



Une fabrication de la coquille contrôlée



Rodriguez-Navarro 2003

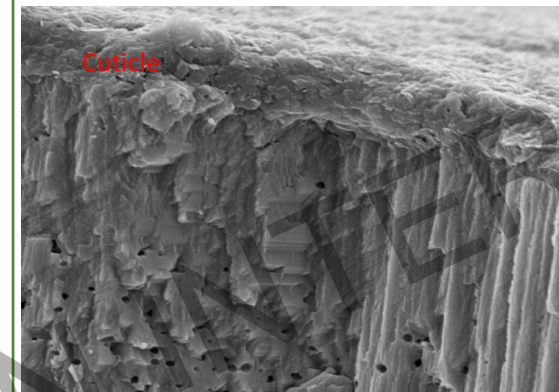
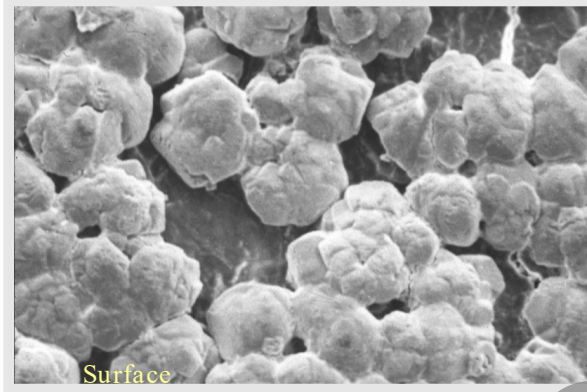
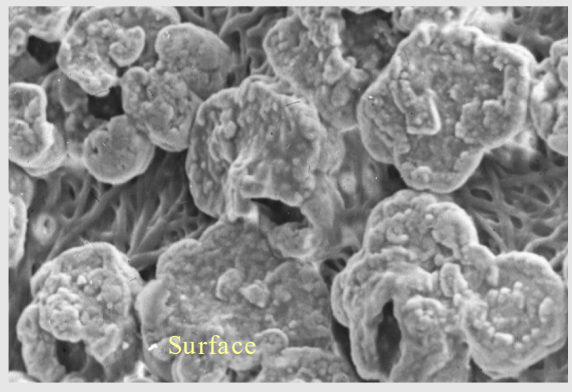


Etablissement d'une ultrastructure avec une orientation préférentiel des cristaux perpendiculaires à la surface

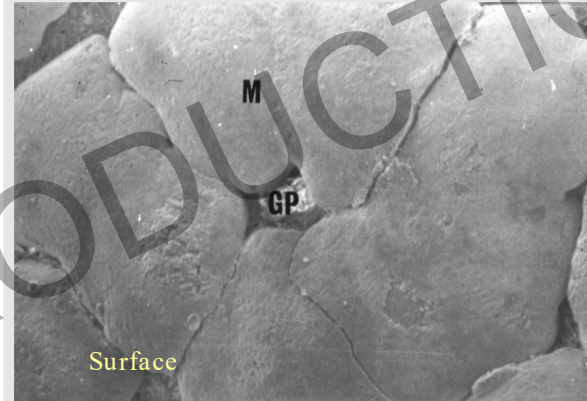
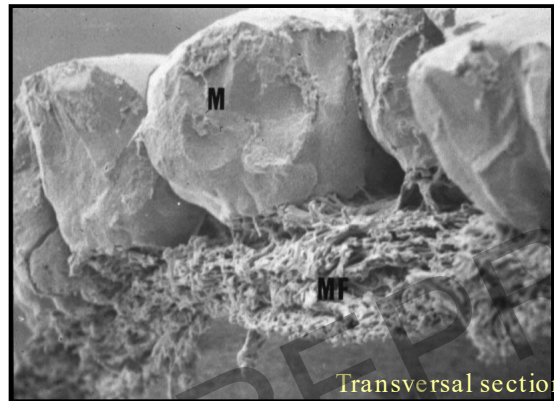


Propriétés mécaniques de la coquille

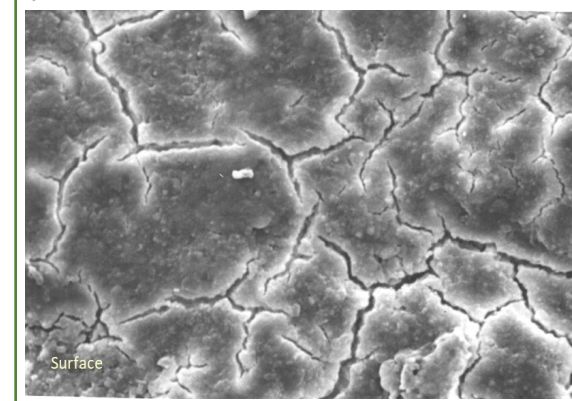
La minéralisation de la coquille



12 heures post ovulation à l'oviposition
Formation de la couche compacte (palissadique).
Dépôt de la cuticule

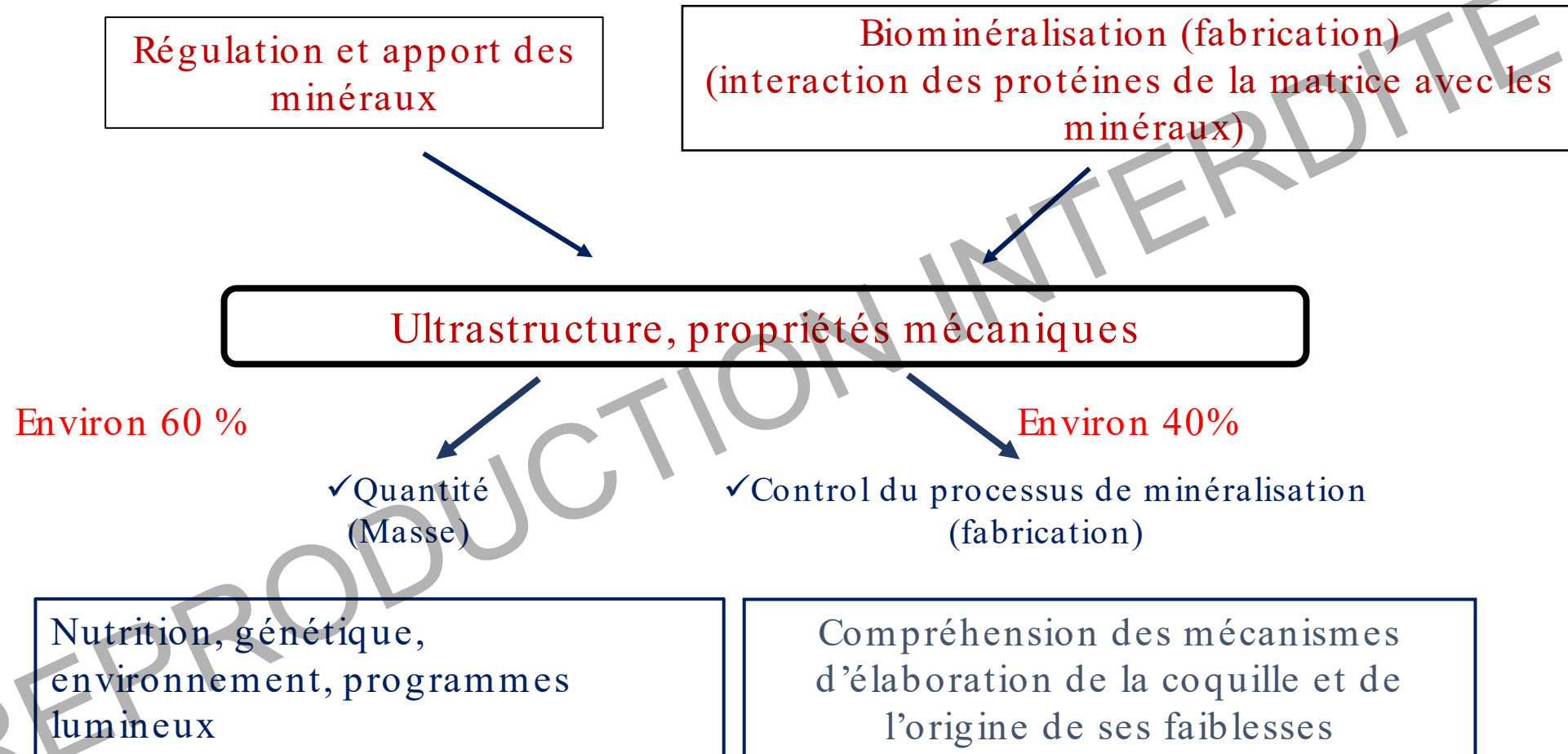


7-10h post ovulation : Dépôt de la calcite et fusion des cônes adjacents



Oviposition
Séchage et fissuration de la cuticule

Améliorer la qualité de la coquille



Forme et quantité de vitamine D, alimentation de précision associée à une génétique par sélection des gènes candidats

Combiner la physiologie, la génétique et l'alimentation de précision

Sélection génomique à partir des données sur les gènes et protéines qui interviennent dans le maintien de l'homéostasie calcique et la calcification de l'œuf et de l'os

Séquence génomique des animaux grands parentaux

Mesures des caractères de solidité (œuf-os)

Identification des SNPs et QTLs associés à ces caractères

494 Protéines candidates impliquées dans le processus de minéralisation

Sélection de lignées sensibles à la vit D et préservant la qualité osseuse et la coquille dans les cycles prolongés



Impact
(2013-2017)

