

# L'œuf de poule : de la caractérisation de ses constituants à leur valorisation

**Sophie Réhault-Godbert (srehault@tours.inra.fr)**

Equipe « Fonctions et Régulation des protéines de l'œuf »

UR 83 RECHERCHES AVICOLES

F-37380 NOUZILLY

# INTRODUCTION - Valeur nutritionnelle



- ▶ Consommation annuelle: 210 œufs par européen (230 par français)

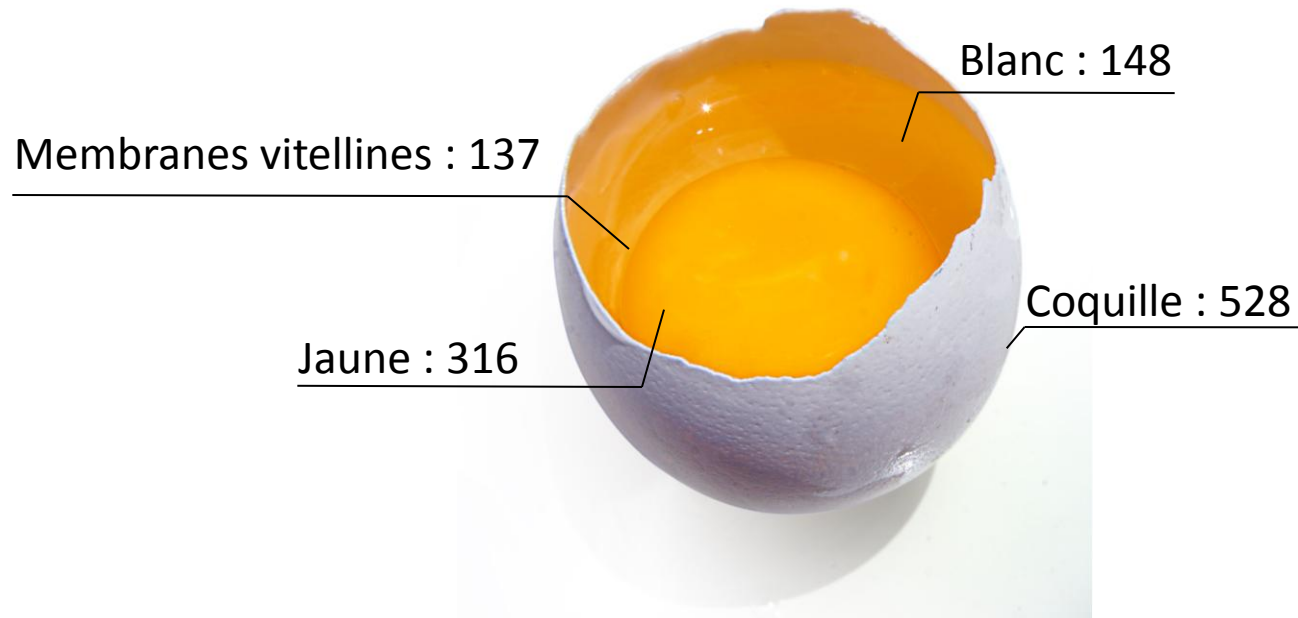
Aliment de haute qualité nutritionnelle correspondant à l'équilibre idéal en acides aminés indispensables

- ▶ Source majeure de protéines et de lipides animaux de faible coût (+ vitamines, minéraux et oligoéléments)

# INTRODUCTION – Composition protéique

Plusieurs centaines de protéines différentes

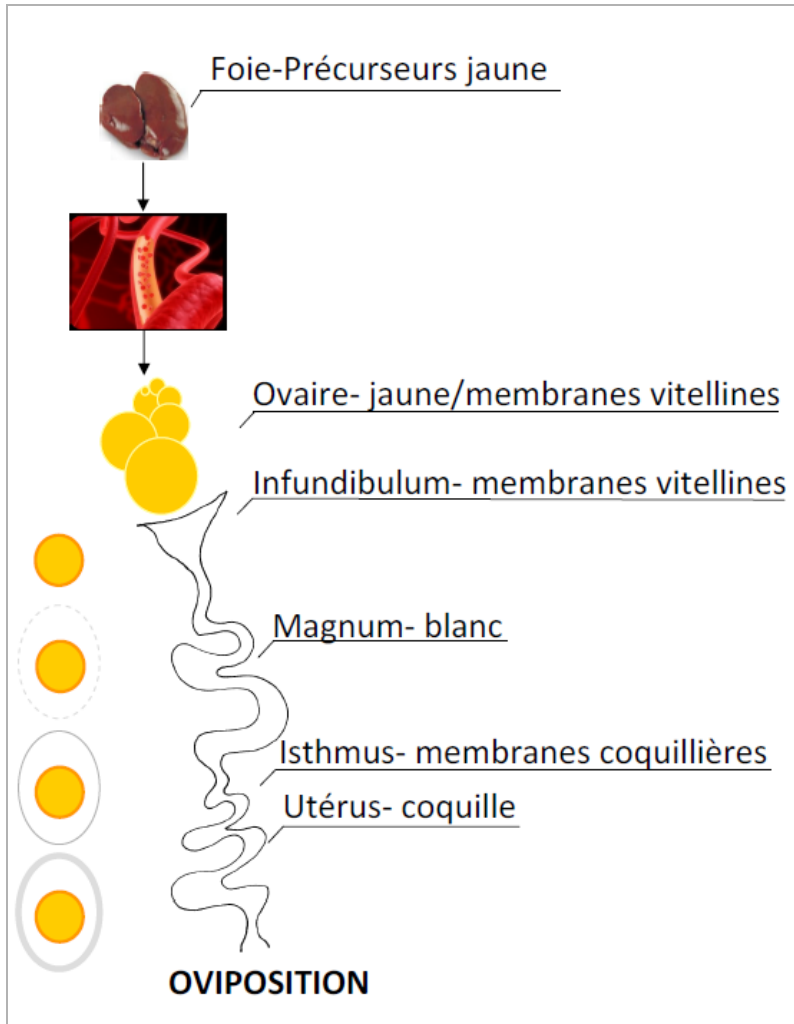
Essor considérable en 4 ans: approches à haut débit (protéomique /transcriptomique)



*Redondance*

*Rôle inconnu pour la plupart*

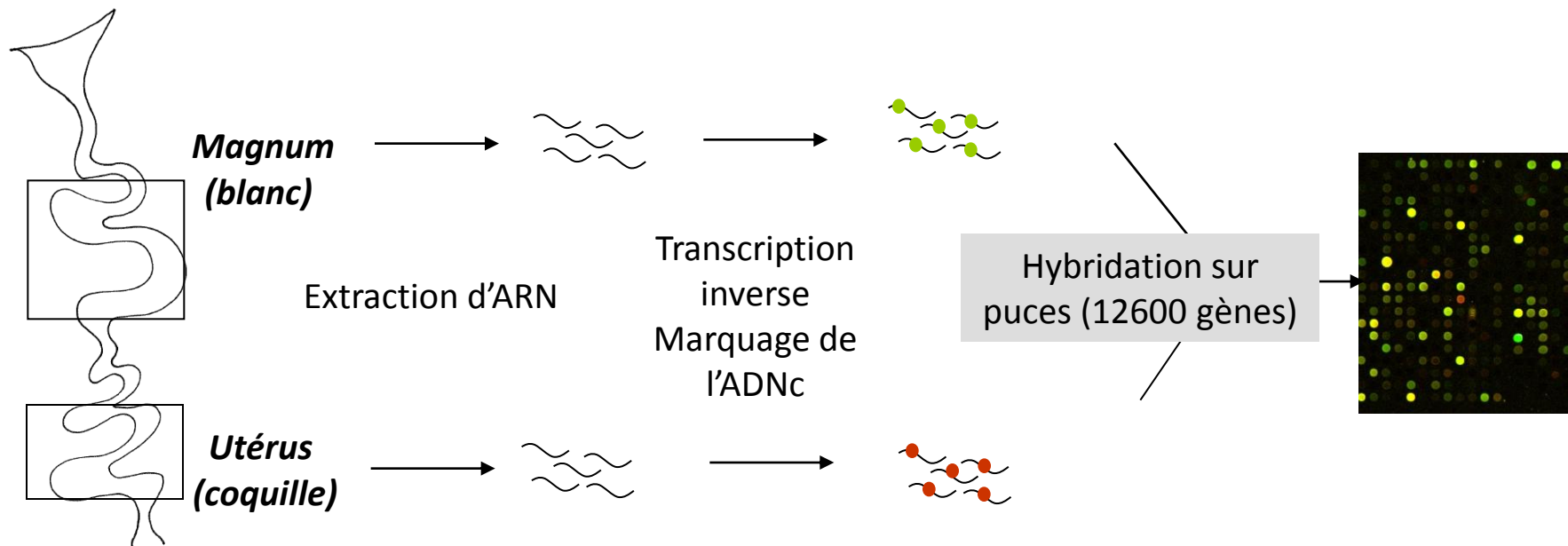
# SPÉCIFICITÉ DES PROTÉINES/COMPARTIMENT (1/2)



Comparaison de l'expression des gènes des tissus les uns par rapport aux autres (approche transcriptomique)

# SPÉCIFICITÉ DES PROTÉINES/COMPARTIMENT (2/2)

## *Approche transcriptomique*



- ▶ Liste de protéines spécifiques de chaque tissu /compartiment (jaune/membranes vitellines, blanc, coquille)
- ▶ Mécanismes de régulation de l'expression et de la sécrétion des précurseurs

**FONCTIONS ?**

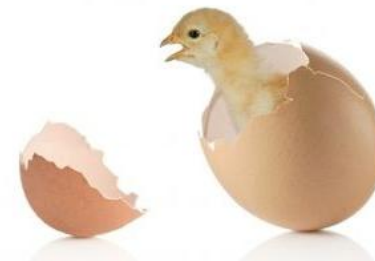
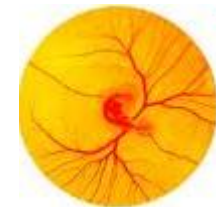
# FONCTION DES COMPARTIMENTS



**Nutriments**  
(jaune/blanc)

**Protection**  
(coquille/blanc/membranes vitellines)

**Molécules bioactives**  
(blanc/jaune, etc.)



# DÉFENSE CONTRE LA CONTAMINATION MICROBIENNE



Défense physique (coquille)

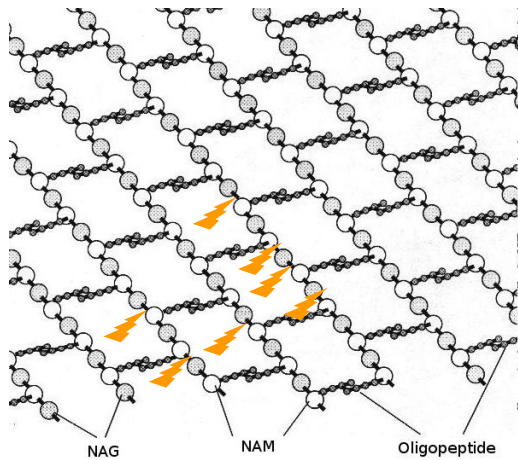
Défense chimique

- activités antimicrobiennes
- activités anti-oxydantes

# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

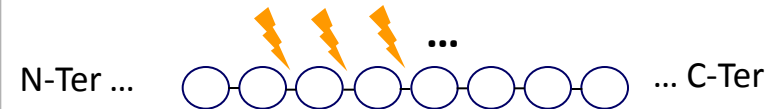
## Hydrolases

### Lysozyme



Hydrolyse du peptidoglycane bactérien

### Protéases



*Action directe*

Dégradation de protéines microbiennes

*Action indirecte*

Activation de précurseurs antimicrobiens

Production de peptides antimicrobiens

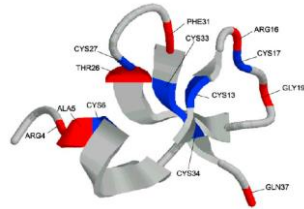


# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

## Peptides antimicrobiens

### *Beta-défensines aviaires*

Peptides cationiques  
Activité antimicrobienne large



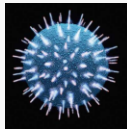
### *Protéines histones*

Protéines basiques constitutives des nucléosomes  
Activité antibactérienne large

Nom	Localisation
<b>Beta-défensines</b>	
AvBD-11	C, B, MV
AvBD-10	C
Galline	B
AvBD-9	Ut
<b>Protéines histones</b>	
Histone H2A.Z	C, B, J
Similar to Histone protein	B
Histone H1	B
Histone H2A-III	C, B, J
Histone H2A	J
Histone H4	C, J
Histone H2A-VIII	C
Histone H2A-IV	C, B, J
Histone H2A.J	C, J
Histone H2A.V	C, J
Histone H2B 1/2/3/4/6	J
Histone H2B 5	J
Histone H2B 8	J
Histone H4 type VIII	C, J

# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

## Antiprotéases (inhibiteurs de protéases)



### Protéases microbiennes

= Facteurs de virulence

(Inactivation/dégradation de protéines de l'hôte)

- Très représentées dans l'oeuf (>40 antiprotéases)
- Fonctions méconnues

# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

**Protéines séquestrant des molécules nécessaires à la croissance des pathogènes (vitamines, métaux)**

---

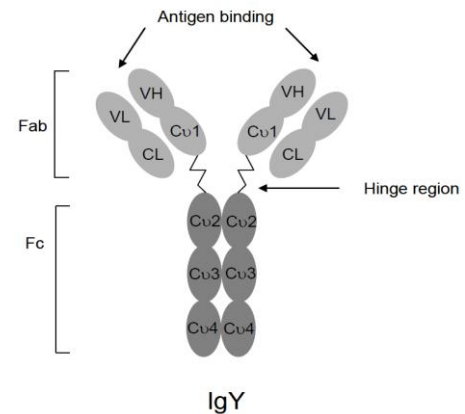
<b>Nom</b>	<b>Localisation</b>	<b>Activité antimicrobienne</b>
Ovotransferrine	C, B, MV, J	+
Ribloflavin binding protein	C, B, MV, J	+
Avidine	C, B, MV	+
Similar to avidin	J	?
Vitellogenine 1	J	?
Vitellogenine 2	J	?

---

# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

## Immunoglobulines

- Opérateurs de la réponse humorale adaptative (neutralisation et élimination des toxines et pathogènes )
- Localisation: Jaune
- Ig Y >>> Ig M, Ig A (Ig D, Ig E)



**Protection de l'embryon contre des infections précoces**

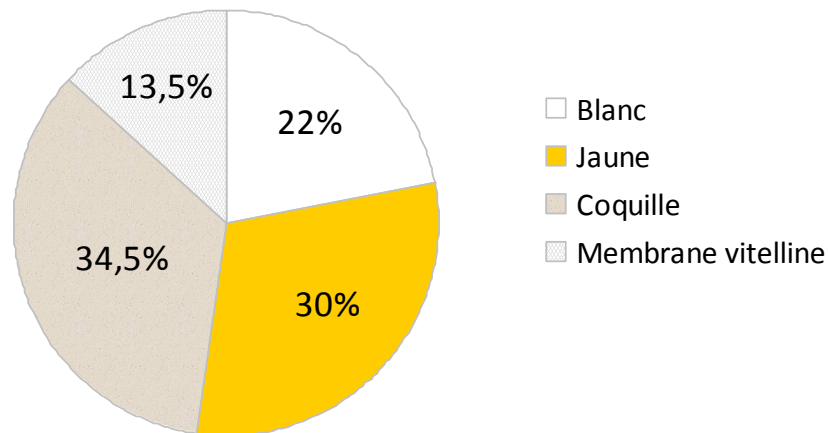
---

# Activités antimicrobiennes de l'œuf

## *BILAN*

---

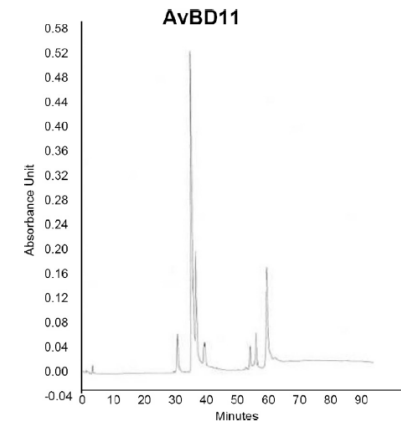
142 molécules susceptibles de jouer un rôle dans la défense de l'œuf



→ Valider les activités de ces candidats antimicrobiens

# CARACTERISATION DES CANDIDATS ANTIMICROBIENS : exemple de la bêta-défensine 11 (Hervé-Grépinet et al., 2010)

→ Développement de techniques de **purification**,  
identification par spectrométrie de masse



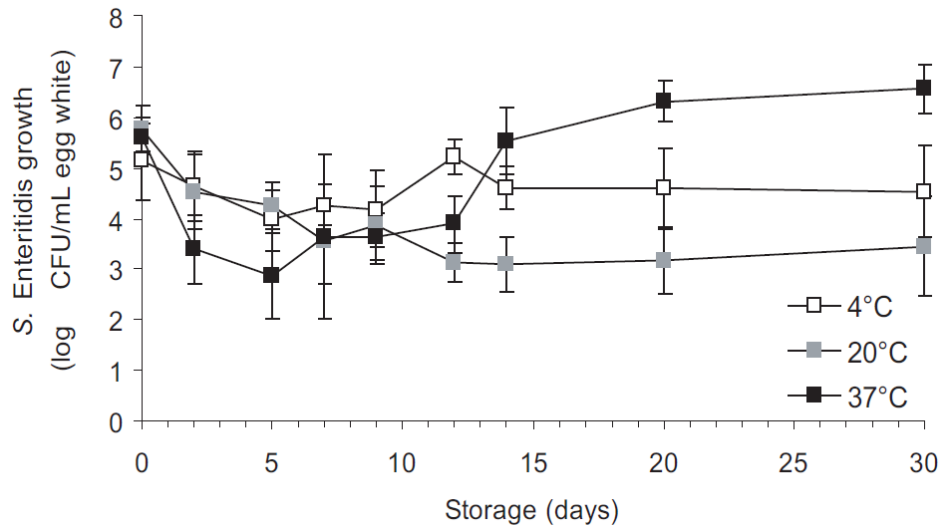
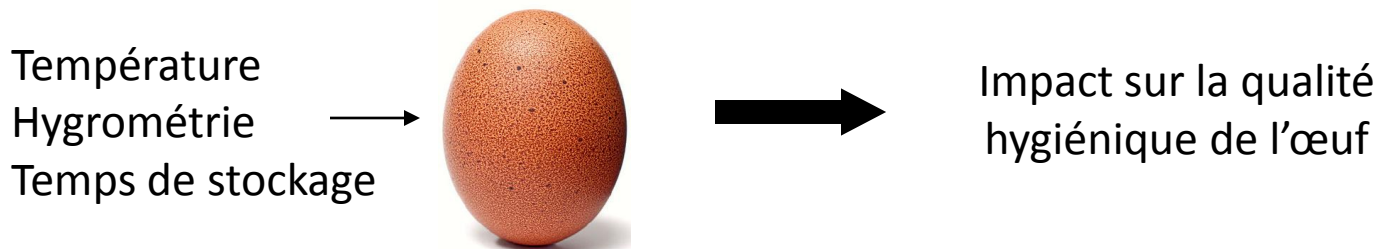
→ **Tests antimicrobiens** (Lehrer, milieu gélosé)

Bacterial group, species	MIC <sup>a</sup> (μM) (95% confidence interval)	
	MSI-94 <sup>b</sup>	AvBD11
Gram positive		
<i>S. aureus</i> ATCC 29740	0.33 (0.19–0.48)	0.90 (0.27–1.7)
<i>L. monocytogenes</i>	0.28 (0.13–0.43)	0.18 (0.08–0.27)
Gram negative		
<i>S. Enteritidis</i> ATCC 13076	0.31 (0.25–0.35)	0.35 (0.27–0.46)
<i>S. Enteritidis</i> LA5	0.15 (0.10–0.21)	0.40 (0.29–0.49)
<i>S. Typhimurium</i> ATCC 14028	0.25 (0.11–0.40)	0.32 (0.31–0.32)
<i>E. coli</i> ATCC 25922	0.37 (0.23–0.52)	0.05 (0.04–0.05)

# MODULATION DU POTENTIEL ANTIMICROBIEN DE L'ŒUF

Activités antimicrobiennes de l'œuf pouvant être modulées/augmentées selon

## 1. Les conditions de stockage de l'œuf



Réhault-Godbert *et al.*, 2010


# MODULATION DU POTENTIEL ANTIMICROBIEN DE L'ŒUF

Activités antimicrobiennes de l'œuf pouvant être modulées/augmentées selon

2. Les conditions d'élevage des poules (âge, environnement microbien)

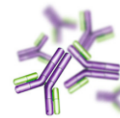
*Thèse Larbi Bedrani*

Environnement microbien  
(pathogènes/non pathogènes)



= **Stimulation  
immunitaire**

Réponse  
adaptative



Exportation  
→

Réponse  
innée



→  
?

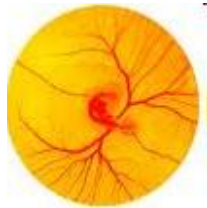




# MODULATION DU POTENTIEL ANTIMICROBIEN DE L'ŒUF

Activités antimicrobiennes de l'œuf pouvant être modulées/augmentées selon

## 3. Le développement embryonnaire



Assimilation des protéines du blanc  
Solubilisation des constituants de la coquille



**Fragilisation des défenses  
de l'œuf**

Systemes relais ?

- ▶ Caractériser les systèmes relais éventuels (identification de nouveaux constituants d'intérêt)
- ▶ Identification des périodes critiques de l'incubation (sensibilité aux infections accrue)

# INTERÊT DES CANDIDATS ANTIMICROBIENS

Protection de l'embryon

- ▶ Qualité hygiénique des œufs de consommation
- ▶ Valorisation comme « antibiotiques » naturels (agroalimentaire/santé humaine)
  - Après purification/production comme molécules recombinantes ou synthèse chimique (pour les peptides)
  - Structures modèles pour la synthèse d'antibiotiques chimiques modifiés

## Lysozyme (Additif E1105)

Conservateur pour les fromages affinés

Principe actif de médicaments: Cantalene<sup>®</sup>, Glossithiase<sup>®</sup>, Hexalyse<sup>®</sup>, Lyso6<sup>®</sup>, Lysocline<sup>®</sup>, Lysopaine<sup>®</sup>, Oroseptol<sup>®</sup> lysozyme<sup>®</sup>, Rhinobebe<sup>®</sup>...

## Autres (Equipe FRPO)

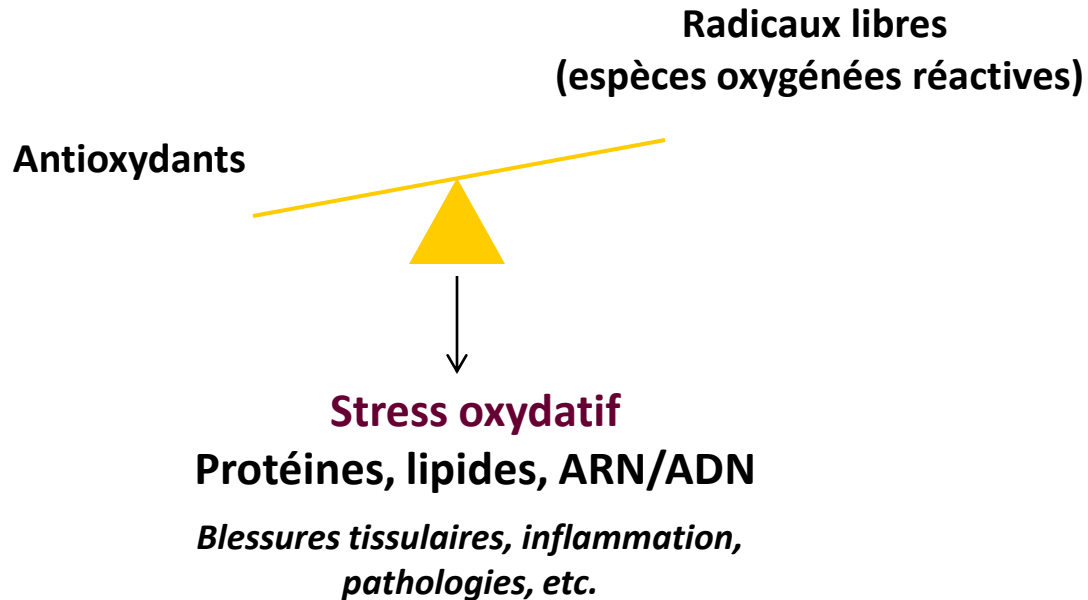
-1 brevet déposé (WO2011151407) Fraction of proteins and peptides derived from egg white and protein derived from egg white and use thereof as anti-*listeria* agent



Œuf : Potentiel considérable (142 candidats antimicrobiens identifiés)

# FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antioxydantes

## Protéines anti-oxydantes



### Détoxification

Action synergique de multiples  
enzymes et protéines

- Superoxyde dismutases
- Peroxydases
- Peptides protéolytiques
- Chélateurs de fer (ovotransferrine, phosvitine)

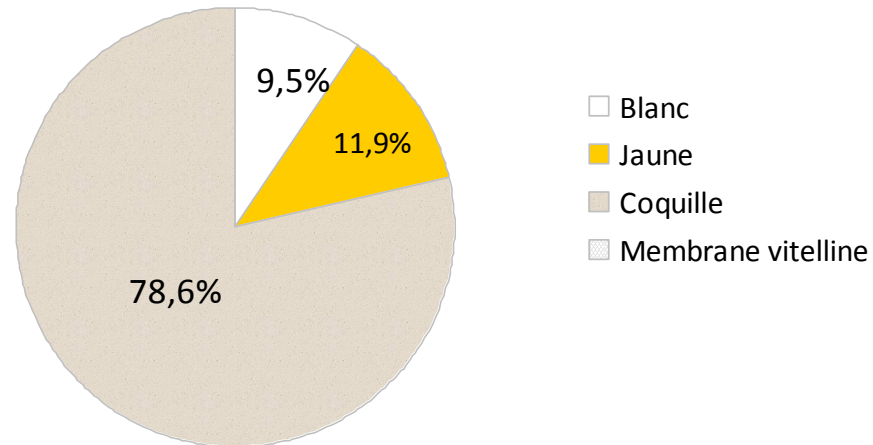
---

# Activités antioxydantes de l'œuf

## *BILAN*

---

16 molécules antioxydantes identifiées



# ACTIVITES DES BIOLOGIQUES DES PRODUITS DE DÉGRADATION DES PROTÉINES DE L'ŒUF

Activités antimicrobiennes

(peptides dérivés du lysozyme, de l'ovalbumine, de l'ovotransferrine, etc.)

▶ Activités antioxydantes

(peptides dérivés d'hydrolysats du blanc d'œuf et des membrane coquillières, de la phosvitine,...)

▶ Activités antihypertensives

(peptides dérivés d'hydrolysats du jaune, de blanc d'œuf, d'ovalbumine)

▶ Autres ?

(activation possible de molécules bioactives au cours du développement embryonnaire pour la mise en place de la vascularisation, la morphogenèse, etc.)

# BILAN-PERSPECTIVES

ŒUF: SOURCE CONSIDERABLE DE MOLECULES A ACTIVITES  
BIOLOGIQUES  
(qu'il reste à caractériser)

- ▶ Développement de techniques d'obtention de molécules purifiées
- ▶ Développement d'outils d'études de leurs activités biologiques (cultures cellulaires, modèles *in vivo*, etc.)
- ▶ Développement de molécules chimiquement modifiées (pour s'affranchir de leur origine animale et éventuellement améliorer leur potentiel)
- ▶ Valorisation possible dans différents secteurs d'activités (agroalimentaire, cosmétique, santé animale/humaine)

## REMERCIEMENTS

Approches transcriptomiques/activités antimicrobiennes



Equipe « Fonction et Régulation des Protéines de l'Œuf » (Dir. J. Gautron)  
 UE-PEAT