

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)

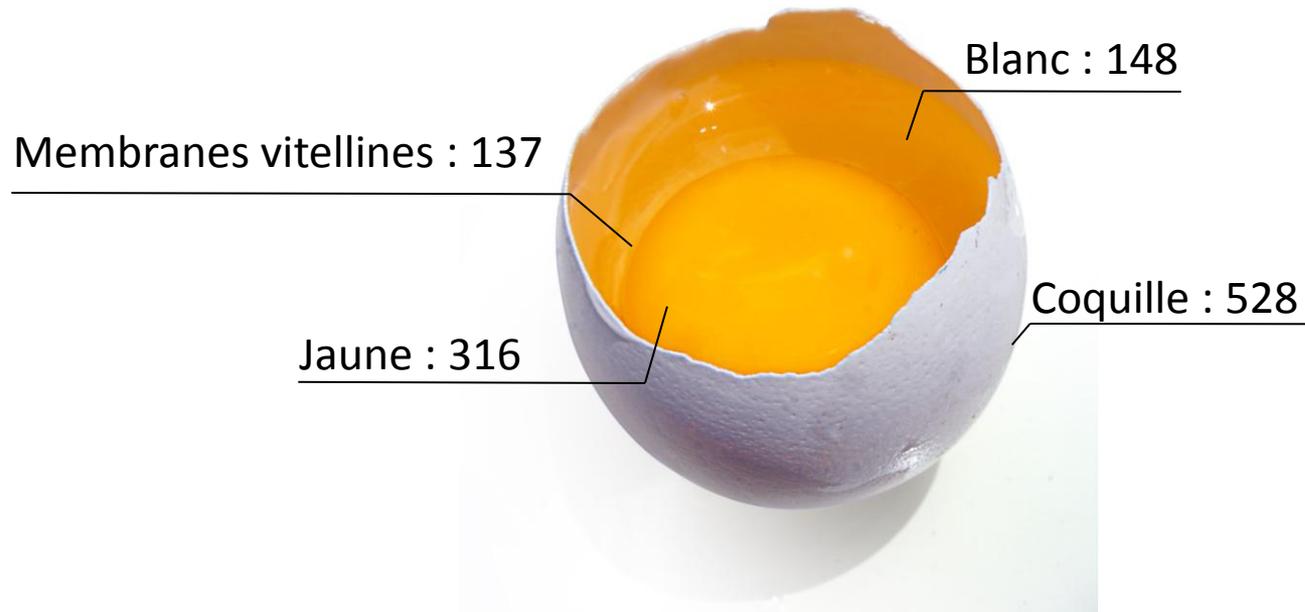
Aliment de haute qualité nutritionnelle correspondant à l'équilibre idéal en acides aminés indispensables

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

INTRODUCTION – Composition protéique

Plusieurs centaines de protéines différentes

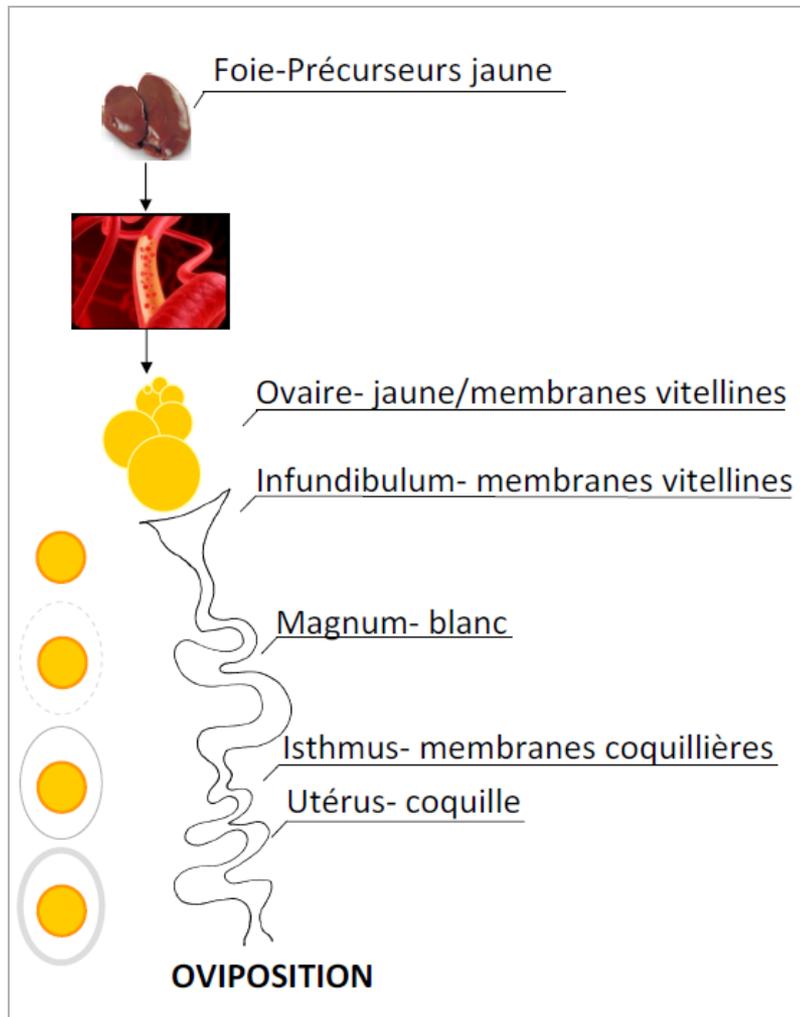
Essor considérable en 4 ans: approches à haut débit (protéomique /transcriptomique)



Redondance

Rôle inconnu pour la plupart

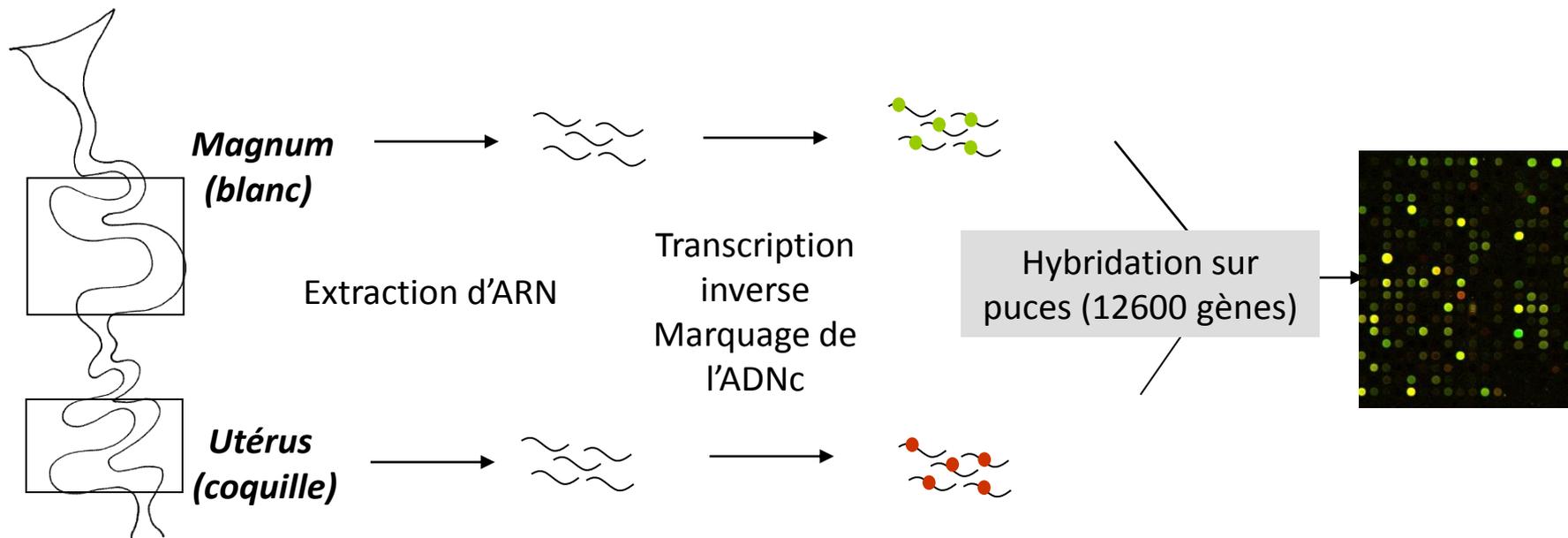
SPÉCIFICITÉ DES PROTÉINES/COMPARTIMENT (1/2)



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 ?

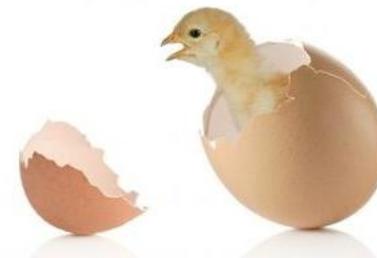
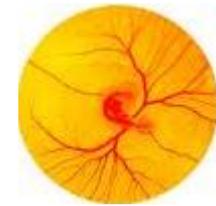
FONCTION DES COMPARTIMENTS



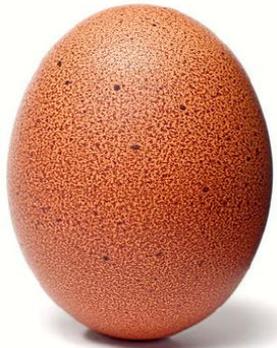
Nutriments
(jaune/blanc)

Protection
(coquille/blanc/membranes vitellines)

Molécules bioactives
(blanc/jaune, etc.)



DÉFENSE CONTRE LA CONTAMINATION MICROBIENNE



Défense physique (coquille)

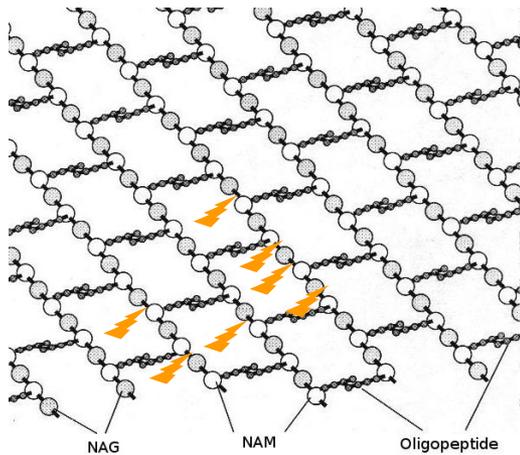
Défense chimique

- activités antimicrobiennes
- activités anti-oxydantes

FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antimicrobiennes

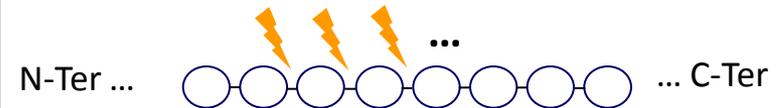
Hydrolases

Lysozyme



Hydrolyse du peptidoglycane bactérien

Protéases



Action directe

Dégradation de protéines microbiennes

Action indirecte

Activation de précurseurs antimicrobiens

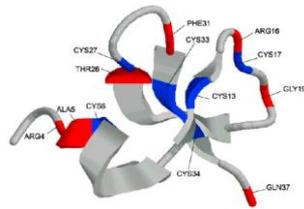
Production de peptides antimicrobiens

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

Beta-défensines

AvBD-11	C, B, MV
AvBD-10	C
Galline	B
AvBD-9	Ut

Protéines histones

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

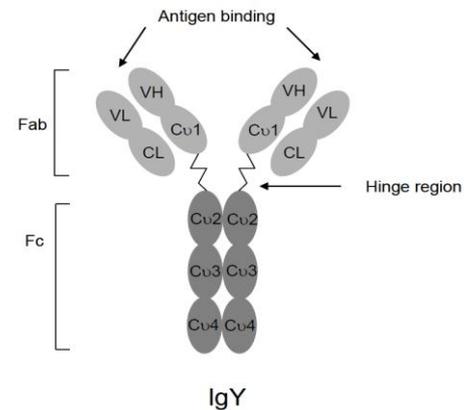
Protéines séquestrant des molécules nécessaires à la croissance des pathogènes (vitamines, métaux)

Nom	Localisation	Activité antimicrobienne
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)

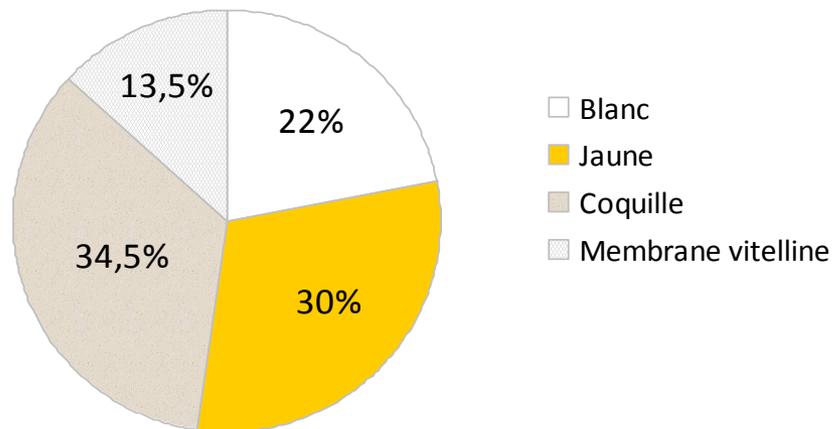


Protection de l'embryon contre des infections précoces

Activités antimicrobiennes de l'œuf

BILAN

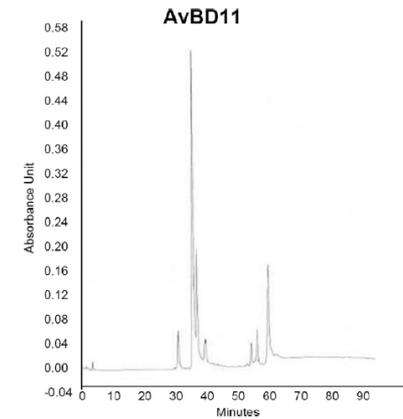
142 molécules susceptibles de jouer un rôle dans la défense de l'œuf



→ 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



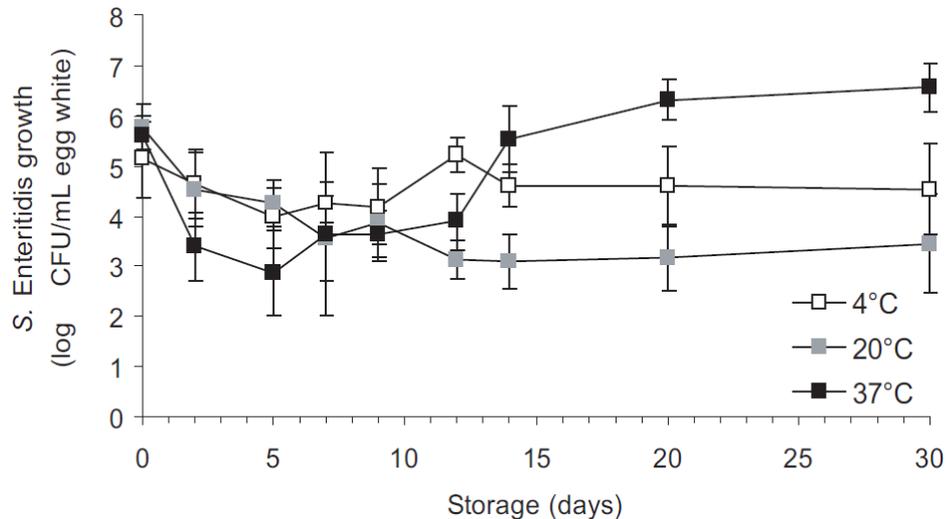
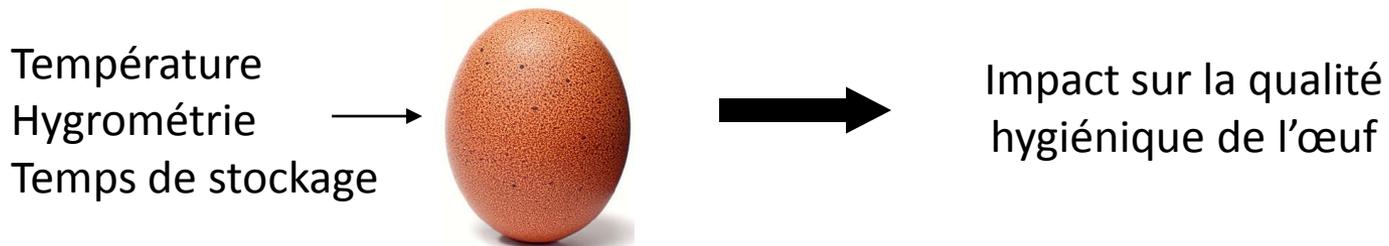
→ **Tests antimicrobiens** (Lehrer, milieu gélosé)

Bacterial group, species	MIC ^a (μM) (95% confidence interval)	
	MSI-94 ^b	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)

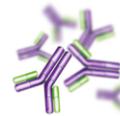
Thèse Larbi Bedrani

Environnement microbien
(pathogènes/non pathogènes)



= **Stimulation
immunitaire**

Réponse
adaptative



Exportation
→

Réponse
innée



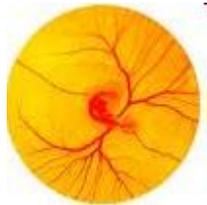
→
?



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[®], Glossithiase[®], Hexalyse[®], Lyso6[®], Lysocline[®], Lysopaine[®], Oroseptol[®] lysozyme[®], Rhinobebe[®]...

Autres (Equipe FRPO)

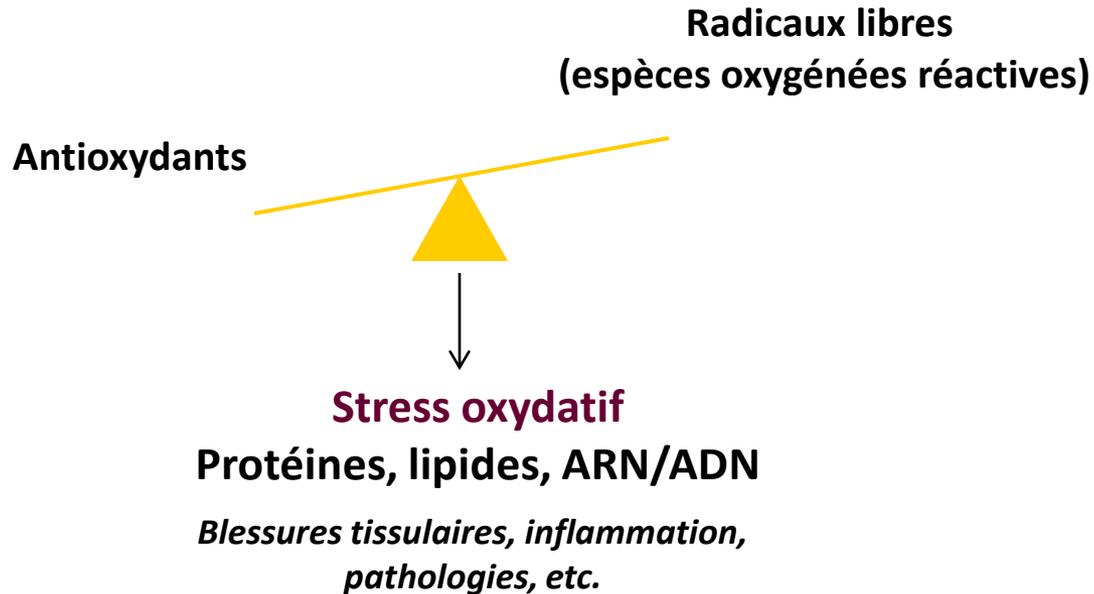
-1 brevet déposé (WO2011151407) Fraction of proteins and peptides derived from egg white and protein derived from egg white and use thereof as anti-*listeria* agent



Œuf : Potentiel considérable (142 candidats antimicrobiens identifiés)

FONCTION DES MOLECULES DE L' ŒUF : Activités antioxydantes

Protéines anti-oxydantes



Détoxification

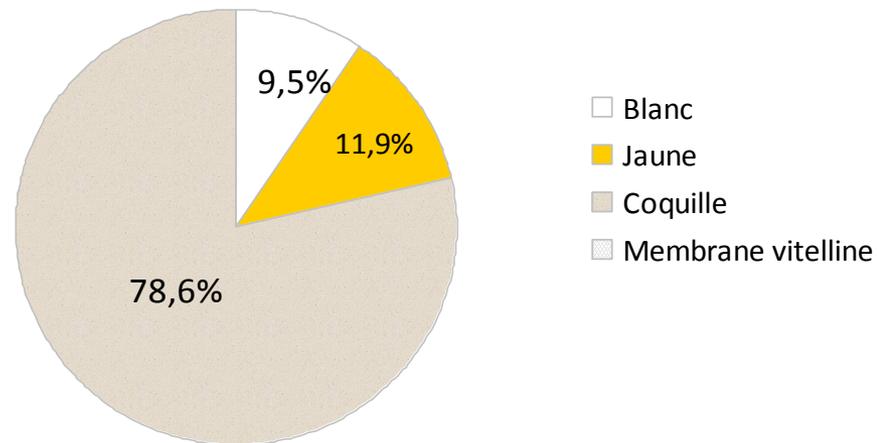
Action synergique de multiples
enzymes et protéines

- 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