




OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/> 25396

**To cite this version:**

Dupuy, Mégane . *Maladies respiratoires du porc : contribution à la création d'un module numérique de formation à distance pour les professionnels*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2018, 105 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

ANNEE 2018 THESE : 2018 – TOU 3 – 4090

---

# MALADIES RESPIRATOIRES DU PORC : CONTRIBUTION A LA CREATION D'UN MODULE NUMERIQUE DE FORMATION A DISTANCE POUR LES PROFESSIONNELS

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**DUPUY Mégane**

Née, le 03 mai 1993 AVIGNON (84)

---

**Directeur de thèse : Mme Agnès WARET-SZKUTA**

---

## JURY

PRESIDENT :  
**M. PASQUIER**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**Mme Agnès WARET-SZKUTA**  
**M. Alain DUCOS**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :  
**Mme Maud YAKOVLEFF**  
**M. Jean-François COATRIEUX**

Docteur vétérinaire, ingénieur en ingénierie pédagogique  
Laboratoire Vétérinaire



## REPARTITION DES ENSEIGNANTS PAR GRADE

(Mise à jour : 07/09/2018)

**DIRECTRICE : ISABELLE CHMITELIN**

### **PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE (6)**

Mme	CLAUW Martine	SECTION C.N.E.C.A. N° 8	
M.	CONCORDET Didier		3
M.	DELVERDIER Maxence		7
M.	ENJALBERT Francis		6
M.	PETIT Claude		1
M.	SHELCHER François		8

### **PROFESSEURS 1° CLASSE (17)**

M	BAILLY Jean-Denis		4
M.	BERTAGNOLI Stéphane		1
M.	BERTHELOT Xavier		6
M.	BOUSQUET-MELOU Alain		7
M.	BRUGERE Hubert		10
Mme	CADIERGUES Marie-Christine		8
Mme	CHASTANT-MAILLARD Sylvie		6
M.	DUCOS Alain		6
M.	FOUCRAS Gilles		8
Mme	GAYRARD-TROY Véronique		7
M	GUERIN Jean-Luc		6
Mme	HAGEN-PICARD Nicole		6
M.	JACQUIET Philippe		8
M.	LEFEBVRE Hervé		7
M.	MEYER Gilles		8
M.	SANS Pierre		6
Mme	TRUMEL Catherine		7

### **PROFESSEURS 2° CLASSE (7)**

Mme	BOULLIER Séverine		1
Mme	BOURGES-ABELLA Nathalie		7
M.	GUERRE Philippe		7
Mme	LACROUX Caroline		7
M.	MAILLARD Renaud		8
M	MOGICATO Giovanni		7
Mme	LETRON-RAYMOND Isabelle		7

### **PROFESSEUR CERTIFIÉ (P.C.E.A.)**

Mme	MICHAUD Françoise, Professeur d'Anglais
M.	SEVERAC Benoît, Professeur d'Anglais

### **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE (11)**

M.	BERGONIER Dominique		6
Mme	DIQUELOU Armelle		8
M.	JAEG Jean-Philippe		7
M.	JOUGLAR Jean-Yves		8
M.	LYAZRHI Faouzi		3
M.	MATHON Didier		8
Mme	MEYNADIER Annabelle		6
Mme	PRIYMENKO Nathalie		6
M.	RABOISSON Didier		6
M	VERWAERDE Patrick		8
M.	VOLMER Romain		1

### **MAITRES DE CONFERENCES classe normale (24)**

M.	ASIMUS Erik		8
Mme	BENNIS-BRET Lydie		7
Mme	BIBBAL Delphine		4
Mme	BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle		1
Mme	BOUHSIRA Emilie		8
M	CONCHOU Fabrice		8
M	CORBIERE Fabien		8
M.	CUEVAS RAMOS Gabriel		8
Mme	DANIELS Hélène		1
Mme	DAVID Laure		4
Mlle	DEVIERS Alexandra		7
M.	DOUET Jean-Yves		8
Mme	FERRAN Aude		7
Mme	LALLEMAND Elodie		8
Mme	LAVOUE Rachel		8
M.	LE LOC'H Guillaume		8
M	LIENARD Emmanuel		8
Mme	MILA Hanna		6
Mme	MEYNAUD-COLLARD Patricia		8
M.	NOUVEL Laurent		6
Mme	PALIERNE Sophie		8
Mme	PAUL Mathilde		6
M.	VERGNE Timothée		7
Mme	WARET-SZKUTA Agnès		6

### **A.E.R.C. (6)**

Mme	BLONDEL Margaux		8
M.	CARTIAUX Benjamin		7
M.	COMBARROS-GARCIA Daniel		8
Mme	COSTES Laura		4
M.	GAIDE Nicolas		7
M.	JOUSSERAND Nicolas		8

### **MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUEL (2)**

Mme	DORE-BORDE Laura		8
M.	LEYNAUD Vincent		8



## **REMERCIEMENTS**

### **A Monsieur Christophe Pasquier**

Professeur à l'université Paul Sabatier de Toulouse  
*Service de Virologie*

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.  
Remerciements et hommages respectueux.

### **A Madame Agnès Waret-Szkuta**

Maître de conférence à l'école nationale vétérinaire de Toulouse, DMV, PhD  
*Production et pathologie porcines*

Pour m'avoir proposé ce sujet de thèse et m'avoir encadré de la meilleure des façons tout au long de ce travail. Pour votre gentillesse, votre patience, votre disponibilité et vos bons conseils. A ce projet commun.  
Sincères remerciements.

### **A Monsieur Alain Ducos**

Professeur à l'école nationale vétérinaire de Toulouse, PhD, HDR  
*Production animale – Génétique*

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury. Pour les reportages que vous nous avez fait partager en début de cursus et qui m'ont fait découvrir la production porcine. C'est à partir de là que j'ai réalisé mon stage de deuxième année dans le bien-être en production porcine et voulu faire ma thèse sur un sujet concernant le porc.  
Sincères remerciements.

### **A Madame Maud Yakovleff**

Docteur vétérinaire, ingénieur en ingénierie pédagogique  
*EPIDEC, Interaction hôtes agents pathogènes*

Pour m'avoir aidé dans ma partie numérique, pour tes bons conseils et ta disponibilité.  
Sincères remerciements.

### **A Monsieur Jean-François Coatrieux**

Laboratoire Vétérinaire

Pour m'avoir fait l'honneur et le plaisir d'assister à ma soutenance de thèse.  
Sincères remerciements.



# Table des matières

Liste des abréviations .....	10
Table des illustrations.....	11
A- Figures .....	11
B- Tableaux .....	11
Introduction.....	13
Partie I :        Formation pour les professionnels.....	15
A- La formation pour adulte, évolution des façons de penser du XIXe siècle à aujourd’hui.....	17
1- Origines.....	17
a- Introduction du processus d’apprentissage pour adultes.....	17
b- Chronologie et évolution de la notion d’apprentissage expérientiel dans le milieu anglo-saxon.....	17
c- Etat des lieux en France.....	20
2- L’andragogie de Malcolm Knowles.....	22
a- Présentation du modèle .....	22
b- Mais quand devient-on adulte ? .....	23
c- Différence entre pédagogie et andragogie .....	23
3- Aujourd’hui : évolution de l’apprentissage vers le « e-learning » .....	25
B- Intérêts du « e-learning » dans la formation continue .....	26
1- Objectifs du « e-learning » pour l’entreprise, pour l’employé et à plus grande échelle pour l’état et l’Europe.....	26
2- Avantages et inconvénients du « e-learning » .....	27
3- Quelques chiffres.....	28
C- Les outils du « e-learning ».....	30
1- La formation mixte ou encore le « blended learning » : compromis idéal entre formation en présentiel et formation en ligne.....	30
2- La classe virtuelle.....	31
3- Les micro-formations et formations rapides.....	31
4- Des outils en plein développement : la ludification et les jeux sérieux .....	32
Partie II :        Exemple de formation modulaire sur les pathologies respiratoires porcines .....	35
A- Présentation du projet .....	36
1- Introduction.....	36



2-	Objectifs et publics ciblés .....	36
3-	Contenu du module « Respiratoire » .....	37
B-	Outils utilisés et supports produits .....	38
1-	Les logiciels utilisés.....	38
a-	Réalisation des diaporamas avec Microsoft PowerPoint2010 .....	38
b-	Réalisation et montage des vidéos avec Camtasia® Studio Version 9.1 .....	38
	L’approvisionnement correct du logiciel nécessite quelques essais vidéo et prend un peu de temps, mais une fois que les outils sont maîtrisés, son utilisation est très enrichissante et satisfaisante. .....	39
2-	Schémas et photographies .....	40
3-	Les exercices d’auto-évaluation .....	40
4-	Regroupement des supports sur Opale et mise en accès de la plateforme sur Moodle .....	40
Partie III :                    Le complexe respiratoire porcin, une maladie polyfactorielle de l’engraissement .....		43
A-	Définition et présentation du tableau clinique .....	44
B-	Impact du Complexe des Maladies Respiratoires Porcines.....	44
C-	Co-infections : Une association de malfaiteurs.....	45
D-	Et des conditions environnementales défavorables .....	46
1-	L’Animal.....	47
2-	Le Logement .....	48
3-	L’Alimentation .....	48
4-	La Gestion de l’élevage = Régie .....	48
E-	Les moyens de lutte.....	49
F-	Etude des 3 pathogènes principaux du Complexe des Maladies Respiratoires Porcines : SDRPv, PCV2 et MHYO.....	50
1-	La co-infection entre MHYO et PCV2 .....	50
a-	Présentation .....	50
b-	Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux et discussion sur les résultats issus d’études expérimentales.....	51
c-	Utilisation d’un nouveau vaccin bivalent .....	53
2-	La co-infection entre PCV2 et SDRPv.....	54
a-	Présentation .....	54
b-	Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux .....	55
3-	Etude de la protection croisée vis-à-vis des souches a et b des vaccins contre PCV2 .....	58
4-	Emergence du PCV3 .....	58

5-	La co-infection entre SDRPv et MHYO.....	59
a-	Présentation .....	59
b-	Exposition d'un des mécanismes d'exacerbation du SDRPv par MHYO .....	59
c-	Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux et importance de l'ordre de vaccination .....	60
6-	Bilan final à propos des trois pathogènes majeurs du complexe respiratoire porcin et des vaccins associés .....	62
7-	Discussion .....	63
a-	Des élevages donc des protocoles et non un protocole unique .....	63
b-	Exemple d'un autre protocole de vaccination pour preuve de l'hétérogénéité des élevages.....	63
G-	Autres pathogènes s'associant avec le SDRPv.....	64
1-	Co-infection entre le virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin ( SDRPv) et <i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> ( <i>App</i> ) .....	64
2-	Co-infection du virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRPv) avec <i>Streptococcus suis</i> ( <i>S.suis</i> ) et <i>Haemophilus parasuis</i> ( <i>H.parasuis</i> ) .....	64
3-	Cas de la co-infection entre SDRPv et <i>Mycoplasma hyorhinis</i> ( <i>Mhr</i> ) .....	65
H-	Présentation des co-infections faisant intervenir le SIV .....	65
1-	Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et <i>Mycoplasma hyopneumoniae</i> (MHYO) .....	66
2-	Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et <i>Streptococcus suis</i> ( <i>S.suis</i> ).....	66
3-	Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et <i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> ( <i>App</i> ) .....	67
4-	Cas de la co-infection entre SDRPv et SIV .....	68
	Bilan sur le complexe des maladies respiratoires porcines.....	68
	Conclusion .....	71
	Bibliographie.....	73
	Annexes .....	85
	Annexe 1 : Script vidéo sur l'anatomie de l'appareil respiratoire du porc.....	85
	Annexe 2 : Script vidéo sur la recherche d'expert .....	89
	Annexe 3 : Script vidéo SDRP .....	91
	Annexe 4 : Script vidéo sur les infections « suis-cide » .....	95
	Annexe 5 : Script vidéo sur les maladies associées au circovirus.....	98
	Annexe 6 : Script vidéo sur l'influenza porcin .....	100
	Annexe 7 : Script vidéo sur <i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> .....	103

# Liste des abréviations

App : *Actinobacillus pleuropneumoniae*

CRP : Complexe respiratoire porcin

GMQ : Gain moyen quotidien

H.parasuis : *Haemophilus parasuis*

IC : Indice de consommation

Mflo : *Mycoplasma flocculare*

Mhr : *Mycoplasma hyorhinitis*

MHYO : *Mycoplasma hyopneumoniae*

PCV2 : Circovirus porcin de type 2

S.suis : *Streptococcus suis*

SDRPv/ SDRP : Virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin

SIV : Swine influenza virus (virus de la grippe porcine)

# Table des illustrations

## A-Figures

Figure 1: Capture d'écran de l'interface de travail Camtasia version 9.1, avec 4 délimitations de zone : A, B, C et D .....	39
Figure 2: Capture d'écran de l'interface de travail Opale version 3.6.....	41

## B-Tableaux

Tableau 1: Courants de pensée concernant la place de l'expérience dans l'apprentissage, adapté à partir de (BALLEUX 2000).....	19
Tableau 2 : Relation synergique entre MHYO et PCV2 d'après des modèles expérimentaux .....	51
Tableau 3: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en associations vis-à-vis de la co-infection PCV2/MHYO .....	52
Tableau 4: Relation synergique entre SDRPv et PCV2 d'après des modèles expérimentaux .....	54
Tableau 5: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en association vis-à-vis de la co-infection SDRPv/PCV2 .....	55
Tableau 6: Relation synergique entre SDRPv et MHYO d'après des modèles expérimentaux .....	59
Tableau 7: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en association vis-à-vis de la co-infection SDRPv/MHYO .....	60



# Introduction

L'élevage porcin est un élevage très développé et répandu dans le monde, qui se veut de plus en plus technique, avec des enjeux économiques toujours plus importants. Parmi les différents acteurs de cet élevage, les éleveurs sont les premiers concernés. Ils doivent être multitâches, continuellement à jour des nouveautés et formés à différents métiers. Pour se faire, nos éleveurs doivent être accompagnés et encadrés pour les aider dans leur formation. Cela passe nécessairement dans un premier temps par la formation des accompagnants à propos de la technicité de l'élevage porcin et de la complexité des maladies rencontrées. En effet, celles-ci ne sont plus seulement monopathogènes mais pluripathogènes et polyfactorielles. En comprenant cela et en étant formé sur les principaux pathogènes de l'élevage porcin ainsi que sur leurs interactions, l'ensemble des protagonistes, des formateurs aux éleveurs pourront alors mieux les contrôler.

De la naissance à la fin de l'engraissement, les animaux rencontrent certains pathogènes auxquels ils sont plus ou moins sensibles. En ce qui concerne les pathogènes de la sphère respiratoire, si la pression d'infection devient trop importante et si les conditions environnementales ne sont pas favorables à la bonne santé des porcs, ces derniers pourront présenter les signes cliniques du complexe des maladies respiratoires porcines, à très fort impact économique puisqu'il touche de beaux animaux en fin de cycle de production.

Les objectifs de cette thèse sont donc doubles. D'une part produire un module de formation sur le thème des maladies respiratoires chez le porc, accessible sur Moodle, dont le but est d'aider les formateurs dans leur apprentissage pour pouvoir ensuite accompagner éleveurs et vétérinaires. Et d'autre part, rédiger un manuscrit présentant les principes et fondements de la formation continue pour les adultes ainsi qu'une actualisation des différents modèles de co-infection concernant le complexe des maladies respiratoires porcines.



**Partie I :**  
**Formation pour les**  
**professionnels**



Dans un contexte de constant renouvellement et apport de connaissances, les professionnels sont de plus en plus attirés par la possibilité de se former tout au long de leur carrière et cela en essayant d'optimiser au maximum leur temps et leur argent.

La formation continue, est un droit pour l'employé et doit être proposée et acceptée par son employeur (*La formation tout au long de la vie* 2017). Elle permet entre autre de perfectionner son niveau de connaissances et d'apporter un gain de qualité dans ses prises de décision. Pour un professionnel, acquérir des connaissances peut lui permettre de s'affirmer dans un domaine et d'être reconnu. La formation initiale reste le principal moyen « d'éducation » mais le système de formation continue et de stages prend de plus en plus d'ampleur et participe à la « massification de l'enseignement » (CHIOUSSE 2001). Comme dans d'autres domaines, la formation des vétérinaires commence par exemple par une formation initiale dans une école vétérinaire mais doit se poursuivre obligatoirement par une formation continue tout au long de la carrière. Cette obligation est inscrite dans le code de déontologie vétérinaire (*La formation continue vétérinaire - L'Ordre national des vétérinaires* 2016).

Nous présenterons dans cette première partie le contexte d'apparition de la notion de formation pour adultes au cours du XXe siècle et son évolution jusqu'à nos jours. Pour cela nous expliquerons les origines du terme andragogie, éducation pour adulte, et son évolution vers le numérique.

Dans une deuxième partie, nous détaillerons l'intérêt du « e-learning » (terme anglophone couramment employé pour parler d'apprentissage en ligne, utilisant le numérique et qui fait référence à toutes les technologies de l'information et de la communication (Eduscol 2012)), méthode d'apprentissage actuelle et en constant développement, ses avantages et inconvénients ainsi que son adaptation au public professionnel.

Enfin nous terminerons dans une troisième partie par présenter quelques outils du «e-learning ».

# **A-La formation pour adulte, évolution des façons de penser du XIXe siècle à aujourd'hui**

## **1- Origines**

### ***a- Introduction du processus d'apprentissage pour adultes***

Nombreuses sont les théories et façons de penser qui ont mené à l'éducation telle que nous la connaissons aujourd'hui. L'éducation des adultes anime les débats depuis le début du XXe siècle, mais elle n'a pas attendu ce siècle pour être mise en œuvre. En effet, Confucius et Lao Tse en Chine, les prophètes et Jésus dans les temps bibliques, Aristote, Socrate ou encore Platon dans l'antiquité grecque étaient des professeurs pour adultes et non pour enfants (KNOWLES, HOLTON, SWANSON 2005).

### ***b- Chronologie et évolution de la notion d'apprentissage expérientiel dans le milieu anglo-saxon***

A partir du XIXe siècle, le concept d'éducation pour adulte commence à faire surface. Pourtant c'est au XXe siècle, après la première guerre mondiale, que la distinction entre les adultes et les enfants va se faire concernant l'éducation. De nombreuses théories vont être émises et l'andragogie, terme utilisé pour parler d'éducation pour adulte, va réellement être reconnue et diffusée en Europe et aux Etats-Unis. L'apprentissage par l'expérience apparait comme le pilier principal de cette éducation dans l'acquisition de connaissances. Cela se nommera dans les années 70 l'apprentissage expérientiel.

Les « pères fondateurs » que nous allons présenter ici, ont abordé ces notions d'apprentissage et d'expérience mais ne les auront jamais fusionnées.

Commençons par John Dewey et sa pensée progressiste. Pour lui, l'expérience est absolument nécessaire pour apprendre et même pour vivre. Selon lui, ce que nous faisons à un moment précis est tiré de ce que nous avons appris dans nos expériences passées et permet de mieux appréhender nos prochaines expériences. Pour autant, il ne néglige pas l'apport essentiel du système scolaire qui permet d'apporter les bases de l'éducation (DEWEY 1938).

Cela est résumé dans son concept « learning by doing », c'est-à-dire l'apprentissage par la pratique (ROZIER 2010).

Un peu avant Dewey, son ami Eduard Lindeman publie en 1926 un ouvrage célèbre où il expose l'importance de l'expérience pour la construction de l'identité de l'adulte. Il est le pionnier de cette façon de penser et énonce 4 grands fondements théoriques concernant l'apprentissage des adultes :

- L'éducation « est la vie », et pas seulement une préparation de l'enfant à sa vie future. L'ensemble de notre vie est un apprentissage, l'adulte est donc perpétuellement en train d'apprendre.
- L'éducation devrait se baser sur les centres d'intérêts des apprenants et se rapprocher d' « idéaux non professionnels ».
- L'éducation devrait être centrée sur de la pratique dans des situations réelles et non sur de la théorie dans des matières académiques. L'apprenant est d'autant plus intéressé si son apprentissage concerne une situation face à laquelle il peut être confronté.
- La meilleure ressource dans l'éducation des adultes est l'expérience qu'ils détiennent (LINDEMAN 1926).

Arrive ensuite leur héritier, Malcolm Knowles, troisième des « pères fondateurs » selon André Balleux, auteur d'un article sur l'évolution de la notion d'apprentissage des adultes (BALLEUX 2000). Malcolm Knowles va élaborer en 1970 un modèle pour donner les bases de l'apprentissage des adultes et enrichir la notion d'andragogie. Celle-ci est employée pour la première fois par l'allemand Alexander Kapp en 1833, pour expliquer la théorie éducative de Platon, décrivant la nécessité permanente de continuer à apprendre.

Nous détaillerons le modèle et les théories de Malcolm Knowles dans la partie sur l'andragogie.

Ces trois pères fondateurs ont lancé les réflexions concernant la place de l'expérience dans le processus d'apprentissage.

En parallèle puis en continuité de leurs écrits, de nombreux hommes vont étayer les notions d'apprentissage et d'expérience et cela essentiellement dans le monde anglo-saxon. Le tableau suivant décrit l'évolution des courants de pensée concernant l'apprentissage et l'expérience et leur interaction. En gras nous retrouvons les trois pères fondateurs.

**Tableau 1: Courants de pensée concernant la place de l'expérience dans l'apprentissage, adapté à partir de (BALLEUX 2000).**

<b>Auteur (année)</b>	<b>Vision de l'apprentissage</b>
<b>Lindeman (1926)</b>	L'expérience de l'apprenant est essentielle pour la construction de son identité (LINDEMAN 1926).
<b>Dewey (1938)</b>	Les expériences passées devraient contribuer à préparer une personne à des expériences futures pour qu'elles soient plus profitables. L'expérience permet d'évoluer (DEWEY 1938).
Rogers (1969)	Apprendre doit passer par un <b>apprentissage expérientiel</b> . Il est le premier à mettre un nom sur l'apprentissage par l'expérience (ROGERS 1969).
Torbert (1972)	Il existe 4 sources d'expérience qui constituent la base d'apprentissage de l'adulte : son environnement extérieur, son comportement, sa structure interne d'un point de vue cognitif et ses buts dans la vie (TORBERT 1972).
Coleman (1976)	L'apprentissage se réalise en dehors de la salle de classe. On vit une expérience, on se met à l'épreuve et on examine les conséquences de cette action. Les expériences procurent des occasions d'apprendre à partir de situations réelles (COLEMAN, KEETON 1976).
Kolb (1984)	L'expérience amène la personne à l'observation et à la réflexion. L'apprentissage nécessite un processus de transformation d'un savoir acquis lors d'une expérience vécue (KOLB 2014).
<b>Knowles (1990)</b>	L'expérience de l'apprenant est un élément déterminant pour construire son identité et participe à son apprentissage. M. Knowles va présenter un modèle pour expliquer la notion d'andragogie (KNOWLES, HOLTON, SWANSON 2005).
Boud (1985)	Il place la réflexion au centre du processus d'apprentissage. Elle permet de prendre du recul sur une expérience passée et d'en garder le meilleur pour vivre les prochaines (BOUD, KEOGH, WALKER 2013).
Mezirow (1991)	La réflexion joue un rôle important dans l'intégration de l'expérience de l'apprenant dans sa propre histoire (MEZIROW 1991).
Jarvis (1991)	Apprendre est un processus continu qui cherche à donner un sens à l'expérience quotidienne (JARVIS 2012).

En conclusion de cette partie, nous voyons bien la place importante que prennent l'expérience, son vécu et les conclusions qui en découlent dans l'apprentissage et l'acquisition de nouvelles connaissances. Et cela tout au long de la vie. Comme le pensait Lindeman, Knowles ajoute que « pour les enfants, l'expérience signifie ce qui leur est arrivé alors que pour les adultes, cela signifie « ce qu'ils sont » » (KNOWLES 1990).

### **c- Etat des lieux en France**

La notion d'andragogie sera peu utilisée en France au moment où les théories et les concepts se répandent dans le milieu anglo-saxon. Ce concept reposant sur des théories viables est pourtant mis en œuvre sans qu'on le nomme ainsi. Il précise notamment qu'on ne peut pas faire abstraction de l'expérience d'un apprenant si on veut lui faire apprendre quelque chose (FRAYSSINHES 2015).

Ainsi, en France, au cours du XIXe siècle, on conçoit initialement l'éducation pour les adultes comme une question sociale. Ce sont les considérations politiques, religieuses, sociales et idéologiques qui constituent « le moteur principal de la mise en œuvre de l'éducation des adultes » (F.LAOT 2012). Des cours du soir sont organisés pour les adultes mais sont construits sur le même principe qu'un cours pour enfant. On parlera réellement de formation pour adultes à partir des années 60 (*Chronologie, La formation professionnelle continue (1971-2009). - Politiques publiques - repères - vie-publique.fr* 2009), lorsque l'enseignement de ces derniers va se différencier de celui des enfants (CHIOUSSE 2001).

Entre ensuite en ligne de compte l'aspect économique. En effet certains dirigeants progressistes comprennent l'intérêt de la formation continue de leurs employés pour leur entreprise (CHIOUSSE 2001; F.LAOT 2012).

La dynamisation de cette éducation est essentiellement due aux voyages des élites françaises aux Etats-Unis et à la prise de conscience dans les années 1950 du « fort développement de l'éducation des adultes en outre-Atlantique d'un point de vue théorique et pratique » (F.LAOT 2012).

A la suite de cela, quelques auteurs français vont largement diffuser la nouvelle conception « d'un adulte à former » et à partir des années 70, elle va prendre de plus en plus de poids au niveau des publications.

La loi de 1971 concernant la formation professionnelle dans le cadre de l'éducation permanente est une véritable avancée sociale et affirme la place de l'adulte dans son propre apprentissage : « La formation professionnelle permanente constitue une obligation nationale. Elle comporte une formation initiale et des formations ultérieures destinées aux adultes et aux jeunes déjà engagés dans la vie active ou qui s'y engagent. [...] La formation professionnelle continue fait partie de l'éducation permanente. Elle a pour objet de permettre l'adaptation des travailleurs au changement des techniques et des conditions de travail [...] » (*Loi n° 71-575 du 16 juillet 1971 portant organisation de la formation professionnelle continue dans le cadre de l'éducation permanente, Article 1 1971*).

A partir des années 80, la politique de formation professionnelle devient un outil au service de la politique de lutte contre le chômage des jeunes (*Chronologie, La formation professionnelle continue (1971-2009). - Politiques publiques - repères - vie-publique.fr 2009*).

Et la dernière avancée en terme d'éducation pour adulte est marquée par la naissance du « droit à la formation tout au long de la vie ». Un employé peut donc faire valoir ce droit pour bénéficier d'une formation et ainsi améliorer la qualité de son travail et de son statut (*LOI n° 2004-391 du 4 mai 2004 relative à la formation professionnelle tout au long de la vie et au dialogue social, Article 2 2004*).

Nous avons présenté la chronologie des différentes étapes qui ont conduit à la formation continue telle que nous la connaissons aujourd'hui. Nous allons à présent aborder le modèle de Malcolm Knowles concernant « l'apprenant adulte » ou plus largement l'andragogie qui s'inscrit dans les méthodes d'apprentissage pour les adultes d'aujourd'hui.

## 2- L'andragogie de Malcolm Knowles

### a- *Présentation du modèle*

Selon Malcolm Knowles, l'andragogie est « l'art et la science de l'enseignement aux adultes sous toutes ses formes ». Ce modèle comprend 6 principes qui se basent sur la motivation des adultes en situation d'apprentissage (KNOWLES, HOLTON, SWANSON 2005).

- **Le besoin de savoir** : pourquoi l'apprenant a-t-il besoin d'étudier ou d'apprendre ce point ? Les adultes sont beaucoup plus investis dans leur apprentissage quand ils apprennent par eux-mêmes. Ainsi, l'utilité d'une connaissance doit être présentée dès le départ de l'apprentissage

- **Le concept de soi**: à la différence d'un enfant, l'adulte a sa propre vision des choses et de sa vie. L'apprenant adulte est autodirigé et doit être guidé pour apprendre par lui-même. L'adulte a conscience d'être responsable de ses propres décisions et de sa vie.

- **L'expérience de l'apprenant** : chacun a un vécu individuel ce qui va rendre les méthodes d'apprentissage très différentes selon les personnes et des groupes d'apprenants hétérogènes. Un des défauts de l'expérience est que si elle est trop grande, elle nous impose des habitudes et des présuppositions qui sont alors un frein pour l'apprentissage de nouvelles choses ; ainsi, à la différence d'un enfant, l'esprit d'un adulte est plus fermé. De plus pour Malcolm Knowles, l'expérience définit l'identité d'un adulte, ce qui rend encore plus difficile le fait de vouloir la modifier. Il faudra alors prendre en compte l'expérience de chacun pour adapter la méthode d'apprentissage.

- **L'état de préparation pour apprendre**: arrivés à l'âge adulte, les apprenants sont prêts à apprendre des choses en rapport avec leur monde réel pour les mettre en pratique aussitôt. L'apprentissage arrive au moment idéal pour eux.

- **L'orientation de l'apprentissage** : à la différence des jeunes, les adultes connaissent les points qu'ils doivent apprendre ou approfondir, car c'est ce qu'ils utilisent dans leur travail. Ils apprennent plus efficacement une notion quand elle est mise dans un contexte réel en répondant à leurs intérêts.

- **La motivation pour apprendre** : elle se trouve dans la volonté de s'améliorer, d'avoir une bonne estime de soi, une bonne qualité de vie et augmenter la satisfaction au travail. Au cours de l'apprentissage, il faut développer tous les bénéfices à acquérir cette nouvelle connaissance. L'apprenant doit comprendre les raisons de sa formation pour être motivé.

Malcolm Knowles définit donc les principes de l'andragogie, principes utilisés de nos jours dans les formations pour adultes.

#### ***b- Mais quand devient-on adulte ?***

Malcolm Knowles énonce ses principes en soulignant la distinction entre les enfants et les adultes, on pourrait alors se demander qu'est-ce qui différencie ces deux stades de la vie ?

Il est difficile de vouloir définir un adulte et un enfant, on peut parfois même s'y perdre, d'autant plus dans des périodes de transition comme l'adolescence. Cela pourrait partir dans de nombreux débats philosophiques, mais quelques éléments peuvent toutefois nous aider à définir un adulte. Normalement détaché de ses parents, un adulte acquiert des responsabilités et prend sa propre vie en main. Il est le maître de ses décisions et le responsable des conséquences. Pour ne parler que d'apprentissage, à la différence d'un enfant, un adulte connaît déjà ses lacunes et ses points forts, il sait ce dont il a besoin pour progresser et possède la maturité pour mettre à profit ses connaissances.

#### ***c- Différence entre pédagogie et andragogie***

En grec, « andragogie » signifie « guider l'homme », tandis que « pédagogie » signifie « guider l'enfant ». Le terme pédagogie est utilisé depuis l'époque de la Grèce antique.



Le terme andragogie, quant à lui, n'a été employé pour la première fois qu'en 1833, par le pédagogue allemand Alexander Kapp puis repris dans les principes de Malcolm Knowles dans les années 1970.

De la même façon que pour l'andragogie, Malcolm Knowles expose 6 principes de la pédagogie selon lui (KNOWLES, HOLTON, SWANSON 2005) :

- **Le besoin de savoir** : les enfants ont simplement besoin de savoir qu'ils doivent connaître ce que le professeur leur apprend pour passer au niveau au-dessus. Ils ne savent pas encore comment mettre en pratique dans leur vie, ce qu'ils apprennent.
- **Le concept de soi** : l'enfant en tant qu'apprenant est seulement dépendant du professeur. Il est dirigé par ce dernier.
- **Le rôle de l'expérience** : les enfants ont très peu d'expérience de la vie, et celle-ci se définit seulement par ce qu'ils ont fait alors que pour les adultes « elle se définit par ce qu'ils sont ».
- **Etat de préparation pour apprendre** : les jeunes apprennent le nécessaire pour passer à la classe au-dessus mais pas forcément des choses nécessaires pour leur vie ou pour répondre à leurs besoins.
- **L'orientation pour apprendre** : pour les apprenants, l'apprentissage de connaissances est dirigé par le professeur. A la différence d'un adulte volontaire et actif dans sa formation, l'enfant est « contraint » d'apprendre (CHIOUSSE 2001).
- **La motivation** : la motivation des jeunes apprenants se trouve dans la volonté de passer dans la classe supérieure, de se faire apprécier des professeurs ou de ses parents.

Ainsi pour Knowles, ce serait une erreur de former un adulte comme on forme un enfant, car ces deux apprenants n'ont pas du tout les mêmes objectifs et le même niveau d'expérience. Or comme nous l'avons vu plus haut, il peut être difficile de distinguer ces deux phases. Et même s'ils ne partagent pas les mêmes objectifs, la motivation d'un enfant et d'un adulte pour apprendre peut être la même.

D'autres modèles ont été présentés pour tenter de donner un plan à l'éducation des enfants. Et nous retrouvons par exemple, la célèbre pédagogie Montessori qui s'appuie sur des principes qui poussent l'enfant vers l'autonomie d'apprentissage. Ainsi, les enfants ont le libre choix de leurs activités, de leur durée et du lieu où elles se réalisent. Un des autres points importants est que le rythme de l'enfant est respecté. Il peut alors décider de travailler quand le moment est bon pour lui et il est poussé à expérimenter des situations réelles grâce à la manipulation d'objets. Enfin, dans une salle préparée non plus pour suivre un cours classique et théorique mais pour offrir un environnement riche, l'enfant apprend par lui-même et développe sa capacité d'auto-motivation. Il faut aussi lui faire comprendre que les erreurs ou échecs qu'il peut vivre sont des étapes vers la réussite (MONTESSORI, BERNARD 2016). Cette approche de la pédagogie est à l'opposé de ce que Knowles avance dans ses principes.

Il existe ainsi de nombreuses façons de penser quant à la méthode d'éducation des enfants ou des adultes et il peut être difficile de s'y retrouver. L'important est de comprendre que peu importe la méthode d'apprentissage utilisée, nous pouvons et nous devons continuer à apprendre, tout au long de la vie, de nos expériences.

### **3- Aujourd'hui : évolution de l'apprentissage vers le « e-learning »**

De nouvelles méthodes d'apprentissage ont vu le jour dans les années 1960 où les formations pouvaient être suivies à distance au début par correspondance, par la radio ou bien par la télévision. L'apprenant devient alors plus indépendant dans sa formation. Arrive plus tard, dans la même lignée, le « e-learning », méthode d'apprentissage utilisant des technologies multimédias telles qu'internet, intranet ou extranet (BAUJARD 2005).

C'est un outil qui va offrir une autonomie d'apprentissage à l'apprenant, et lui permettre de se tenir à jour dans les connaissances théoriques et pratiques qu'il doit maîtriser.

## **B-Intérêts du « e-learning » dans la formation continue**

### **1- Objectifs du « e-learning » pour l'entreprise, pour l'employé et à plus grande échelle pour l'état et l'Europe**

Les entreprises se rendent vite compte que pour rester compétitives et réactives face aux nouvelles tendances, leurs employés doivent être de plus en plus formés. Or, le temps de formation en présentiel, c'est-à-dire avec un formateur sur place, peut prendre du temps et coûter cher. Alors que pour une formation à distance, grâce au « e-learning », les entreprises s'affranchissent du coût d'un formateur et d'une structure pour accueillir le groupe. De plus, les employés peuvent se former quand ils le souhaitent grâce à un accès permanent à la plateforme de formation.

D'après la loi de 2004, la formation continue est un droit (*LOI n° 2004-391 du 4 mai 2004 relative à la formation professionnelle tout au long de la vie et au dialogue social, Article 2 2004*). Ainsi la formation continue repose sur l'obligation pour les employeurs, de participer au financement de la formation continue des salariés, et sur le droit, pour ces derniers, à se former sur leur temps de travail. Au-dessus des entreprises, c'est donc l'état qui pousse aussi à la formation continue (*La formation tout au long de la vie 2017*).

Pour reprendre l'exemple de la formation vétérinaire, un vétérinaire exerçant en cabinet doit valider en moyenne 20 heures de formation par an sous forme de crédit ECTS. Il a pour cela le droit de participer à des sessions de formation, en présentiel ou à l'aide du « e-learning », de lire des revues ou ouvrages scientifiques, de participer à des soirées de conférences avec contrôle de connaissances etc. ... (*La formation continue vétérinaire - L'Ordre national des vétérinaires 2016*).

Ces objectifs se retrouvent même à l'échelle de l'Europe où l'éducation et la formation des adultes sont largement promues. La commission européenne a en effet mis en place un agenda européen dans le domaine de l'éducation pour adulte dans lequel elle souligne la nécessité d'acquérir de nouvelles compétences pour jouer un rôle actif dans la société ainsi que rassembler et diffuser les bonnes pratiques.

La commission voit dans cela un intérêt économique et espère que l'éducation pour adulte puisse aider à surmonter la crise économique et maintenir une main-d'œuvre vieillissante à jour (*Promouvoir l'éducation et la formation des adultes - Éducation et formation - European Commission 2018*).

## **2- Avantages et inconvénients du « e-learning »**

Les avantages du « e-learning » sont nombreux et concernent autant l'entreprise que les employés.

Pour l'entreprise, cette méthode d'apprentissage permet de toucher un nombre important d'apprenants, peu importe leur localisation géographique, elle économise sur les coûts d'un formateur, d'une structure et des déplacements, et offre un confort logistique.

Nous avons vu que pour être motivé, l'apprenant devait connaître l'intérêt et le bénéfice que pourrait lui apporter une nouvelle connaissance, et celle-ci sera d'autant plus intéressante si elle touche une notion de la vie courante dans son travail. Le « e-learning » répond tout à fait à ce type de critère puisque selon le support utilisé, on peut transmettre une information sur un sujet précis auquel pourra avoir accès rapidement et de façon permanente l'apprenant. Cela crée donc un gain de temps pour l'entreprise (BAUJARD 2005; DRAIN, MARCHAND 2016).

De plus, les supports de formation sont généralement pérennes et actualisables afin que le personnel soit continuellement à jour et performant et que l'entreprise gagne en compétitivité (*L'e-learning en entreprise, une solution de formation pratique et efficace 2016*).

Pour la cible du « e-learning », c'est-à-dire l'apprenant et donc l'employé, cette méthode d'apprentissage lui permet de se placer dans le rôle d'acteur de sa formation. En effet il aura la possibilité d'accéder au contenu de la formation quand il le souhaite et à son rythme. Il n'y a plus de problème quant à l'emploi du temps ou quant aux contraintes de déplacements. De plus, l'apprenant peut s'auto-évaluer et suivre ainsi son avancement (DRAIN, MARCHAND 2016).

Même si cette méthode de formation possède de nombreuses qualités, il n'en reste pas moins que certaines entreprises semblent réticentes voire frileuses face aux

nouvelles technologies. De plus, en acceptant que son personnel suive une « auto-formation », l'entreprise perd le contrôle sur la motivation et l'implication des apprenants. Souvent elle n'arrive pas non plus à évaluer l'impact et les résultats de la formation de ses employés. Et même si l'entreprise économise sur le prix d'un formateur, de son logement, son déplacement et de la structure pour accueillir les apprenants, la conception d'une plateforme de « e-learning » peut avoir un coût lorsque l'entreprise fait appel à des concepteurs externes (BAUJARD 2005; DRAIN, MARCHAND 2016).

Concernant l'apprenant, une certaine frustration peut se trouver dans l'absence de contact direct avec un formateur. Cela peut en effet faire disparaître l'enthousiasme et la volonté de continuer la formation. De plus, être maître de sa formation peut déstabiliser certains apprenants habitués au rôle d'apprenant passif des bancs de l'école (CHIOUSSE 2001; DRAIN, MARCHAND 2016).

### **3- Quelques chiffres**

Nous allons dans cette partie présenter les résultats d'une enquête réalisée par l'Institut des métiers du « blended learning » (apprentissage mixte associant une partie de formation en présentiel avec un formateur et une partie numérique à l'aide de module divers en ligne) (ISTF), en 2017. Ainsi, sur un panel de 400 structures françaises, il y en a 59% qui développent des plans de formations mixtes et 8% qui utilisent des formations à distance. L'apprentissage à l'aide du numérique, c'est-à-dire le « digital learning », que ce soit en présentiel dans une salle avec un formateur ou sur un ordinateur en ligne (« e-learning »), a connu une forte croissance en 2015 et 2016, alors qu'en 2017 le taux de croissance est plus bas à 2%, mais cela montre aussi que les structures maintiennent le « digital learning » et le consolident (ISTF 2018).

Les mentalités concernant l'utilisation du numérique changent également puisqu'en 2017, la motivation première pour utiliser cette technique de formation était l'économie réalisée sur le budget de formation ; tandis qu'en 2018, les structures interrogées mettent plutôt en avant l'efficacité pédagogique du « digital learning » (ISTF 2018).

Dans le classement des modalités pédagogiques les plus efficaces, les entreprises placent de nouveau en tête le présentiel, toutefois les chiffres diminuent tous les ans. La tendance est à la formation courte avec l'utilisation de formule d'apprentissage rapide (ou encore le « fast learning »).

La méthode qui reste très attractive et efficace d'après les entreprises est la formation mixte (ou encore le « blended learning ») associant formation à distance et en présentiel (ISTF 2018). Nous détaillerons cette méthode dans la suite de l'étude.

Une des autres tendances actuelles est le passage à l'internalisation des contenus. C'est-à-dire que les entreprises produisent elles-mêmes leurs modules « e-learning ». Cela leur permet de répondre au mieux à leurs besoins et d'aller plus vite en évitant les allers-retours entre elles et les prestataires (DRAIN, MARCHAND 2016; ISTF 2018).

Un des points importants de cette enquête est l'étude des facteurs de motivation des apprenants. On trouve en haut de la liste l'adéquation des contenus de la formation avec leurs problématiques pour 27% du panel et la présence d'un tuteur pour 14%. Les apprenants souhaitent donc un contenu personnalisé et la présence d'un formateur pour les motiver. La suite de l'enquête montre que la présence réelle ou virtuelle (mail, chat, forum, réseaux sociaux) d'un formateur ou d'un tuteur aide l'apprenant à terminer sa formation et à la réussir, on note 58% d'efficacité grâce au tutorat (ISTF 2018).

Le « e-learning » fait timidement sa place en France mais possède par contre une place importante aux Etats-Unis en occupant 53% du marché mondial en 2017 (*[E-learning] Les chiffres de la formation digitale 2018*) et où 77% des sociétés offrent des formations en ligne à leurs employés (*[E-learning] 240 milliards de dollars de CA en 2024 2018*).

L'Asie et l'Extrême-Orient se sont également bien développés ces dernières années en formation numérique et connaissent des taux de croissance d'utilisation très élevés ; souvent plus élevés qu'en Europe et Amérique du Nord tout simplement car le marché du « e-learning » dans ces zones est déjà bien implanté et à plutôt tendance à se consolider (*Entreprise e learning - Le marché du e-Learning en 2015. 2015*).

## **C-Les outils du « e-learning »**

### **1- La formation mixte ou encore le « blended learning » : compromis idéal entre formation en présentiel et formation en ligne**

D'après les attentes des apprenants, l'utilisation du « blended learning », ou encore de la formation mixte (ou hybride), apparaît comme un compromis de choix associant formation en présentiel avec un formateur et formation à distance par le biais de contenus en ligne. Les apprenants bénéficient ainsi d'une méthode d'apprentissage moderne et grâce au « e-learning » ils vont pouvoir apprendre par eux-mêmes et donc mieux mémoriser les connaissances. Le travail en amont sur des modules en ligne peut soulever des questions qu'ils pourront alors poser lors des formations présentiels, où le contact avec un formateur permet d'une part de rassurer au niveau des connaissances mais aussi de maintenir la motivation des apprenants. La durée de formation avec le formateur sera donc moins longue puisque les apprenants auront déjà appris des notions en ligne. Ce type de formation peut être une bonne façon de se mettre à la formation continue pour les entreprises ou employés qui seraient trop réticents à la technologie informatique (DRAIN, MARCHAND 2016).

D'après une étude, le temps de concentration et de mémorisation d'un adulte ne dépasse pas 60 minutes. Or, des journées de formation qui seraient uniquement faites en présentiel durent environ 6-7h. Il y a donc un risque d'inefficacité si la journée dure trop longtemps (*Concentration et attention en profondeur: durée moyenne et durée idéale*. 2016).

Avec des modules en « e-learning », l'apprenant peut passer le temps qu'il veut sur le module et le repasser à volonté. Cette méthode est donc plus adaptée à l'emploi du temps et à la motivation de l'apprenant.

Ainsi le « blended learning » associant « e-learning » pour l'apprentissage des prérequis et formation présentielle pour l'interaction avec le formateur et la mise en pratique des connaissances, dure moins longtemps et semble plus efficace en terme de réussite (PAULINE 2013).

Les formateurs pourront utiliser des outils supplémentaires pour faire perdurer la motivation des apprenants comme la classe virtuelle, les simulations par jeux sérieux, ou d'autres que nous allons détailler.

## **2- La classe virtuelle**

La classe virtuelle permet de plonger les apprenants dans un véritable cours mais à distance et en connexion avec les différents acteurs de la formation. Cette méthode de formation permet à l'apprenant et au formateur d'interagir à n'importe quel moment. Un des autres avantages est de se rendre compte que d'autres apprenants peuvent se poser les mêmes questions, ce qui a tendance à rassurer (DRAIN, MARCHAND 2016).

La classe virtuelle permet ainsi d'assurer un véritable cours en s'affranchissant des contraintes d'un cours en présentiel (frais de structure, déplacements ...) et a l'avantage d'être interactive.

## **3- Les micro-formations et formations rapides**

Les méthodes vues précédemment sont efficaces et attractives pour l'apprenant, mais parfois elles restent encore trop longues ou trop générales.

La formation rapide (ou « rapid learning ») et la micro-formation (ou encore « microlearning »), permettent de cibler précisément un point de connaissance mais possèdent quelques différences.

Le « rapid learning » dure environ 15-20 minutes et couvre des connaissances générales. Sa conception est rapide et simple à prendre en main. Mais l'apprentissage de points généraux peut apparaître comme un inconvénient car peu adapté ou peu spécifique aux besoins de l'apprenant.

Le « microlearning » est un ensemble de formations découpées en petites séquences de 30 secondes à 3 minutes qui s'appuient sur des points très spécifiques et cette fois-ci adaptés aux besoins de l'apprenant. Libre à celui-ci de choisir le « microlearning » dont il a besoin. Ces séquences courtes permettent une concentration intense et une implication forte.



Elles sont rapides à visionner donc facilement intégrables à l'emploi du temps. Cette méthode peut toutefois paraître assez simpliste (DRAIN, MARCHAND 2016).

#### **4- Des outils en plein développement : la ludification et les jeux sérieux**

La ludification, couramment employée par l'anglicisme « gamification » est une méthode d'apprentissage dans laquelle on ajoute des éléments rappelant le jeu comme: la notation et réalisation d'un score, les niveaux, les duels, la collaboration, les stimulations, les badges ... C'est une méthode complexe et hétérogène selon le profil des « joueurs » et il faut savoir adapter le type de jeu au profil de l'apprenant et au type de connaissances que l'on veut transmettre. L'avantage avec cette technique est que l'on apprend sans s'en rendre compte (PIERRARD 2017; LOYEN 2017).

Nous parlions précédemment de la perte rapide de la motivation à apprendre, mais cette technique d'apprentissage permet d'y remédier car même en étant adulte, l'apprenant sera stimulé par l'aspect ludique de cet outil et par la situation de challenge dans laquelle il se trouvera.

L'important, après avoir suivi un module de ludification, est de faire le point sur ses connaissances. Les plateformes pédagogiques utilisant cette méthode mettent parfois en place des quiz pour débloquer le module suivant ou l'acquisition de badges ou de récompenses au fur et à mesure que l'on progresse pour stimuler la motivation de l'apprenant (LOYEN 2017).

Il faut toutefois bien différencier la ludification et les jeux sérieux (souvent employés en anglais comme « serious game ») : la gamification est une formation pédagogique intégrant des mécanismes de jeu tandis que les « serious game » sont des jeux vidéos pédagogiques à proprement parler (DRAIN, MARCHAND 2016).

La contrepartie pour bénéficier des avantages de cette formation ludique, innovante et stimulante est que la conception en amont doit être irréprochable. De plus, elle est souvent complexe et chronophage.

Les jeux sérieux ont pour objectif de « combiner à la fois des aspects sérieux tels [...] que l'enseignement, l'apprentissage, la communication ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo » (ALVAREZ 2007). Initialement vers 1960-1970, les jeux sérieux s'appuyaient sur des jeux de cartes, de plateau ou de rôles (CLARK 1970). Ce n'est que dans les années 2000, que cette technique d'apprentissage s'est tournée vers le jeu vidéo (DJAOUTI 2016).

Même si les jeux sérieux sont très attractifs pour les apprenants, il faudra prendre garde à ce que l'aspect pédagogique du jeu prime sur le jeu lui-même (DJAOUTI 2016).



**Partie II :**  
**Exemple de formation**  
**modulaire sur les**  
**pathologies respiratoires**  
**porcines**

# **A-Présentation du projet**

## **1- Introduction**

La deuxième partie de cette thèse se consacre à la présentation du module de formation pédagogique sur le thème des maladies respiratoires porcines, le module « Respiratoire ».

Ce module s'insère dans un projet plus global, le projet PORFUN qui comprend 4 piliers pédagogiques :

- Le module « Respiratoire »
- Le module « Bien-être en élevage de porc »
- Le module « Biosécurité »
- Le module « Gestion de l'information et médecine de précision »

Ce module de formation se veut le plus pédagogique et fluide possible. Il est constitué de plusieurs vidéos courtes, images et de nombreux schémas ainsi que de tests d'évaluations pour motiver l'auto-apprentissage de l'apprenant.

## **2- Objectifs et publics ciblés**

Un des objectifs du projet est de créer des modules d'apprentissage mixtes (cf. « blended learning »), c'est-à-dire constitués d'une partie en présentiel avec un formateur et d'une partie en ligne sur Moodle. Les modules en ligne permettent de revenir sur des points mal compris, de travailler à son rythme et de s'auto-évaluer. La partie présentielle se ferait avec un formateur disposé à répondre aux différentes questions.

Ce projet doit permettre aux différents publics ciblés d'aborder les vétérinaires dans le cadre de leur travail, avec des connaissances solides et maîtrisées.

Comme nous le mentionnons dans la partie I sur la formation professionnelle, il est important de poursuivre un enseignement continu tout au long de sa carrière voire même de sa vie.

Cela permet d'apporter au professionnel « apprenant » une confiance supplémentaire grâce à l'apport de connaissances sur un sujet, ici les maladies respiratoires porcines.

Les publics ciblés sont constitués du comité de direction d'un laboratoire pharmaceutique, des représentants marketing et technique de chaque filiale et des délégués commerciaux de ce laboratoire. Dans chaque module, les objectifs leurs sont présentés afin qu'ils identifient les domaines pour lesquels ils doivent acquérir des connaissances. Le public est international et les supports seront traduits en plusieurs langues.

A terme, quelques éléments sélectionnés de la plateforme pédagogique pourront servir de base aux étudiants de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse dans leur apprentissage des pathologies respiratoires porcines, des mesures de biosécurité et dans la compréhension de la filière porcine notamment lors de cours magistraux ou de travaux dirigés.

### **3- Contenu du module « Respiratoire »**

Le module « Respiratoire », disponible en ligne, aborde les points suivants :

#### **Partie I : Anatomie de l'appareil respiratoire du porc**

Schéma et présentation de l'anatomie respiratoire – coupes histologiques des différentes parties de l'appareil respiratoire – photos de poumons – animation 3D pour comprendre les échanges gazeux – Exercices d'auto-évaluation

#### **Partie II : Présentation des pathogènes respiratoires porcins**

SDRP – Influenza – PCV2 – App – S.suis – MHYO – Les rhinites – Le CRP - Exercices d'auto-évaluation

### **Partie III : Réglementations concernant l'usage des antibiotiques**

- Réglementation d'usage des antibiotiques : Mise à disposition des liens vers les directives concernant l'usage des antibiotiques pour des pays à l'international, en Europe et en France.

### **Partie IV : Présentation de Web of science et de la recherche d'experts**

- Vidéo tutorielle pour la recherche d'un expert international sur un sujet

Chaque vidéo est accompagnée d'un diaporama permettant au lecteur de reprendre point par point les différentes notions abordées.

## **B-Outils utilisés et supports produits**

### **1- Les logiciels utilisés**

#### ***a- Réalisation des diaporamas avec Microsoft PowerPoint2010***

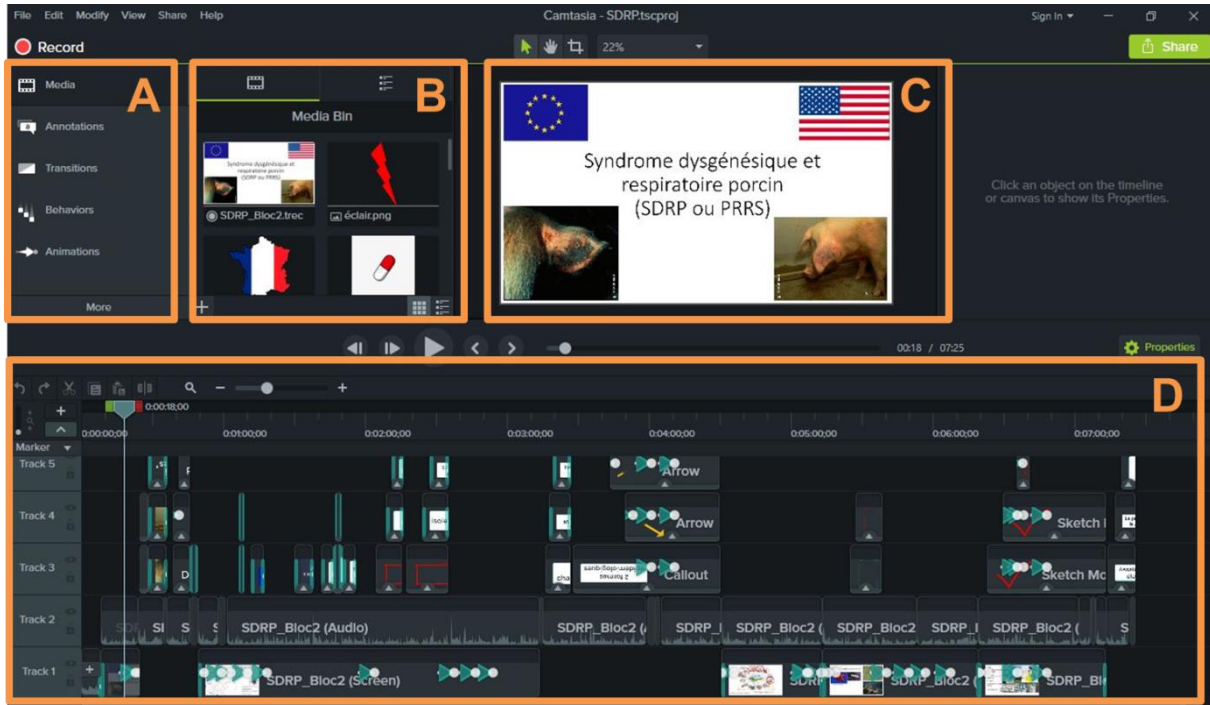
Les diaporamas suivants : PPT anatomie respiratoire du porc, SDRP, Influenza, PCV2, App, S.suis, MHYO, les rhinites et le complexe respiratoire porcin ont été produits à partir du logiciel de présentation Microsoft Powerpoint. Le diaporama sur l' « evidence-based medicine » contient la liste des sources bibliographiques utilisées pour cette partie.

#### ***b- Réalisation et montage des vidéos avec Camtasia® Studio Version 9.1***

Les vidéos suivantes : vidéo anatomie respiratoire, SDRP, Influenza, PCV2, App, S.suis, MHYO, les rhinites et le complexe respiratoire porcin et la vidéo recherche d'expert ont été réalisées grâce au logiciel de montage et d'enregistrement Camtasia® qu'il a fallu apprendre à utiliser. La licence appartient à l'ENVT. Ce logiciel nous a permis d'obtenir des vidéos animées et commentées. Nous pouvons voir sur la figure 1, l'interface du logiciel avec :

- dans la partie A : la liste des outils utilisables (« Annotations », « Transitions » ...)
- pour les animations et l'enchaînement des différents supports
- dans la partie B : la liste déroulante des divers documents en cours d'utilisation pour le montage

- dans la partie C : la zone de visionnage du film
- dans la partie D : les différentes pistes de montage (bande son et images, vidéos, animations, transitions, effets, etc. ...)



**Figure 1: Capture d'écran de l'interface de travail Camtasia version 9.1, avec 4 délimitations de zone : A, B, C et D**

Les nombreux outils tels que « Annotations », « Transitions », « Behaviors » et « Animations », permettent de rendre les vidéos plus dynamiques et facilement compréhensibles pour le public cible. Le logiciel Camtasia® permet d'enregistrer une « voix off » pour permettre une fois de plus de rendre les explications plus claires que sur un simple diaporama.

Un des autres outils très utile avec Camtasia est le complément sur PowerPoint, ainsi, une fois le logiciel installé, le complément Camtasia présent dans PowerPoint permet d'enregistrer et de faire défiler notre diaporama, agrémenté d'explications orales.

L'approvisionnement correct du logiciel nécessite quelques essais vidéo et prend un peu de temps, mais une fois que les outils sont maîtrisés, son utilisation est très enrichissante et satisfaisante.



## **2- Schémas et photographies**

Des schémas sont utilisés dans les vidéos afin de les rendre plus ludiques et pédagogiques. Dans la grande majorité, ils ont été créés sur Paint et deux schémas appartiennent à « Freepik ». Les photographies de coupes histologiques ont été acquises par le système d'imagerie du laboratoire d'anatomie et histologie pathologique de l'ENVT. Les coupes histologiques ont été auparavant obtenues à partir de poumons récupérés en abattoir par le service d'hygiène des aliments de l'ENVT lors des sorties pédagogiques.

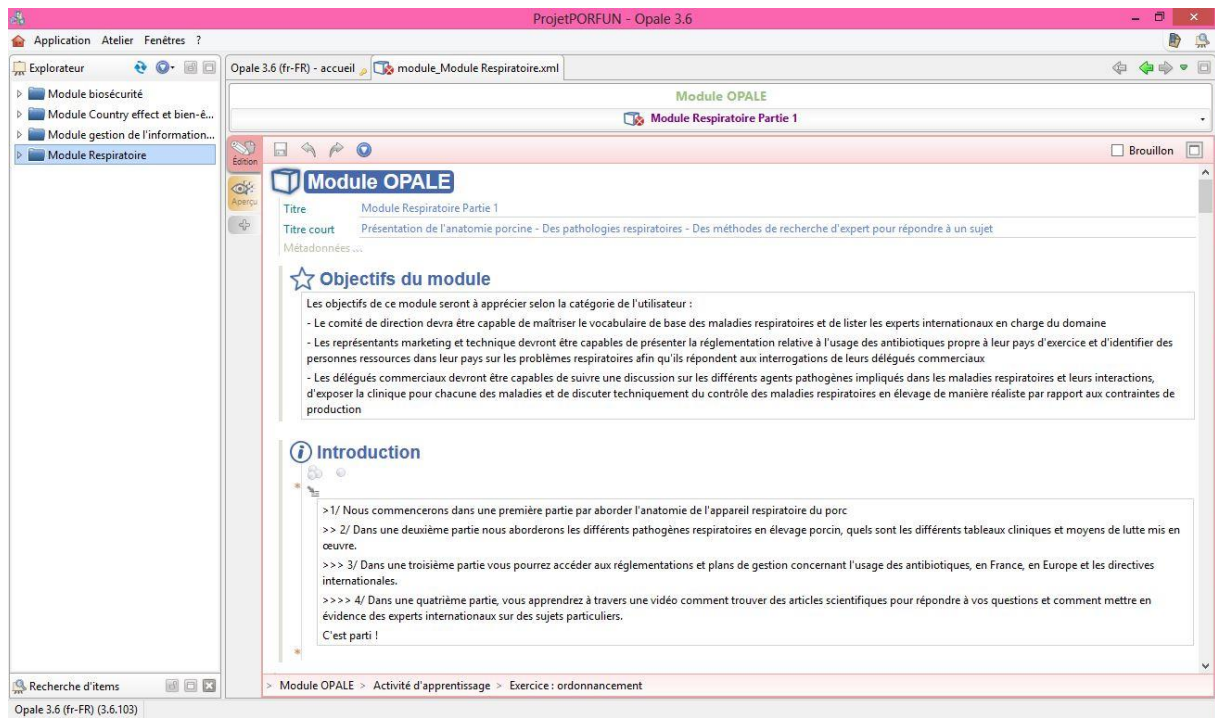
## **3- Les exercices d'auto-évaluation**

Les parties sur l'anatomie respiratoire et sur les pathogènes respiratoires contiennent des exercices d'auto-évaluations pour permettre au lecteur de faire le point sur ses connaissances. Les supports sont divers : identification d'une partie d'un organe, questions à choix multiples, textes à trous et exercice d'ordonnement de différentes propositions. La variété des exercices proposés permet d'éviter toute lassitude vis-à-vis des exercices. De plus, l'utilisation de textes à trous fournit après correction un résumé clair et concis à propos d'un sujet et offre l'avantage de faire participer l'apprenant à sa propre acquisition d'information. Cela est un point que nous avons présenté en première partie sur la formation professionnelle et que nous avons tenté de mettre en pratique dans notre propre module.

## **4- Regroupement des supports sur Opale et mise en accès de la plateforme sur Moodle**

Les différents supports pédagogiques ont été organisés à l'aide d'Opale version 3.6, logiciel en libre accès sur scenari.org. C'est un modèle adapté à la création de cours et utilisé dans l'enseignement supérieur ou secondaire. Opale propose de nombreux outils pour la création d'exercices d'auto-évaluation et permet d'obtenir un module homogène et organisé en plusieurs parties et sous parties.

Un aperçu de la page d'accueil Opale est présent dans la figure 2. Nous pouvons voir les 4 modules du projet sur la gauche ainsi que l'espace de travail au centre où nous apercevons le début du module « Respiratoire »:



**Figure 2: Capture d'écran de l'interface de travail Opale version 3.6**

L'ensemble de notre travail se retrouve sur la plateforme d'apprentissage en ligne Moodle distribuée sous la licence publique générale GNU.



**Partie III :**  
**Le complexe respiratoire**  
**porcin, une maladie**  
**polyfactorielle de**  
**l'engraissement**

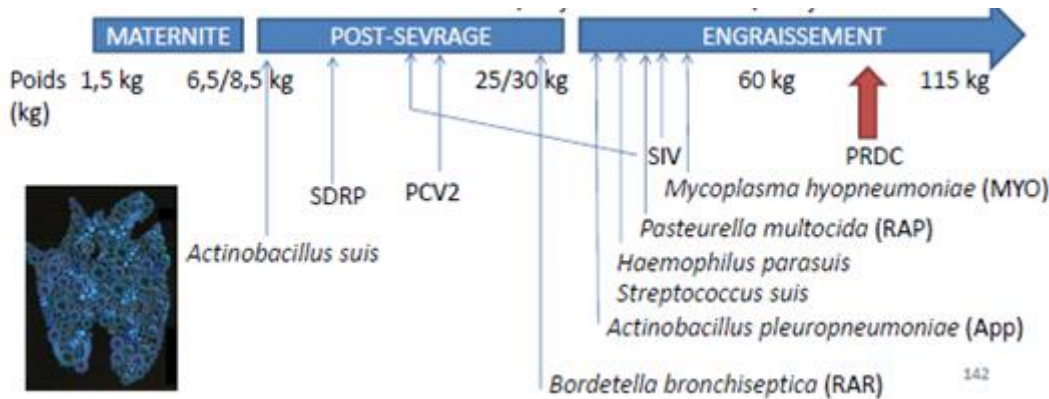
## **A- Définition et présentation du tableau clinique**

Le Complexe des Maladies Respiratoires Porcines (CMRP) se définit comme une pneumonie différée de fin d'engraissement, vers 12 à 14 semaines d'âge (BOCHEV 2007) et jusqu'à 22 semaines (LEE et al. 2016; KIM, CHUNG, CHAE 2003; THACKER 2001b). Dans certains cas, ce complexe peut apparaître très tôt vers 6 semaines d'âge (BOCHEV 2007). Le CMRP a une morbidité élevée (30 à 70%) et une mortalité d'au moins 4-6% (HALBUR 1998). Il est caractérisé par des troubles respiratoires contagieux en engraissement avec comme signes cliniques un syndrome fébrile, de la toux, de la dyspnée, de la léthargie et de la perte de poids, une baisse de croissance et une diminution de la capacité d'ingestion (THACKER 2001b; HALBUR 1998). L'expression des signes cliniques est due au mélange de facteurs de risques multiples infectieux (virus, bactéries, parasites) et non infectieux (environnement, bâtiment, conduite d'élevage ...). Ces pathogènes peuvent être rencontrés durant tout le cycle du porc et entraînent des signes cliniques typiques du complexe respiratoire à la faveur de co-infections entre virus et bactéries le plus souvent (POMORSKA-MOL et al. 2017; THACKER 2001b; KEDKOVID et al. 2018; LEVESQUE et al. 2014; CHAE 2016; OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA, HALBUR 2011a), dans des conditions environnementales qui ne seraient pas idéales. Le complexe des maladies respiratoires porcines est donc une pathologie de fin d'engraissement, due à l'association de facteurs infectieux et de facteurs non infectieux, d'où la dénomination de maladie polyfactorielle.

## **B- Impact du Complexe des Maladies Respiratoires Porcines**

Le complexe respiratoire qui se déclare en fin d'engraissement a énormément d'impact au niveau économique. Tout d'abord par les coûts associés à la maîtrise des pathogènes (vaccination, usage d'antibiotiques, moyens diagnostics ...) mais aussi au niveau médical (répartition mondiale, fréquence très élevée, maîtrise complexe), sans oublier le manque à gagner (mortalité et non valeurs des animaux, ralentissement de la croissance (diminution GMQ et augmentation de l'IC)) et l'impact sociétal (bien-être animal, antibiotiques...). Le manque à gagner est d'autant plus important que le complexe respiratoire touche des porcs en fin d'engraissement,

c'est-à-dire des animaux sur lesquels l'éleveur a investi de l'argent. Cet impact économique est de plus difficile à évaluer étant donné la complexité des multiples associations et configurations possibles (CHAE 2016; KEDKOVID et al. 2018; THACKER 2001b; RECH et al. 2018).



**Figure 3: Frise chronologique pathologique du cycle porc**  
**SRDP : Syndrome dysgénésique et respiratoire du porc, PCV2 : Circovirus Porcin de type 2, SIV : Swine Influenza Virus (Virus influenza porcine) (Source : Waret-Szkuta A., cours A2)**

Comme énoncé précédemment, nous voyons sur la figure 3, que le complexe respiratoire porcine apparaît en fin d'engraissement suite à l'infection par plusieurs pathogènes en amont associée à des conditions environnementales défavorables.

## C-Co-infections : Une association de malfaiteurs

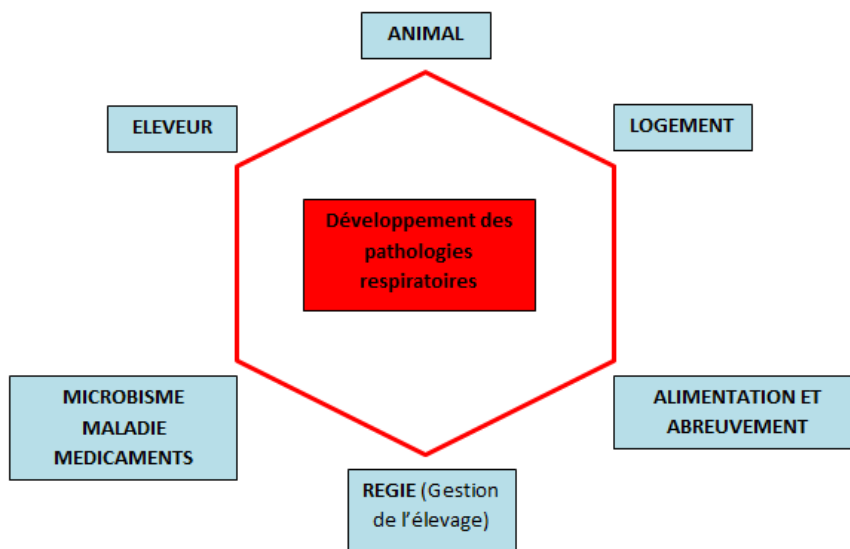
Les principaux pathogènes impliqués dans le complexe des maladies respiratoires porcines sont *Mycoplasma hyopneumoniae* (MHYO) pour les mycoplasmes, le virus du Syndrome dysgénésique et respiratoire porcine (SDRPv), le Virus Influenza porcine (SIV) et le Circovirus Porcin de type 2 (PCV2) pour les virus et *Pasteurella multocida* (Pm) et *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App) pour les bactéries (THACKER, THACKER 2001b; POMORSKA-MOL et al. 2017; BOCHEV 2007; RECH et al. 2018; CHAE 2016; CHOI, GOYAL, JOO 2003; OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA, HALBUR 2011a). Ces différents pathogènes peuvent agir ensemble et entraîner des co-infections plus graves au niveau clinique que s'il n'y avait qu'un seul pathogène. D'après une étude rétrospective menée dans le Minnesota en 2003, sur 2872 animaux présentant des signes cliniques correspondant au complexe respiratoire, 88.2% des échantillons analysés présentaient 2 pathogènes ou plus (CHOI, GOYAL,

JOO 2003). Un des mécanismes qui pourrait expliquer l'aggravation des signes cliniques en cas de co-infection, est que les pathogènes qui influencent directement le système immunitaire (MHYO, PCV2, SDRPv) prédisposent l'hôte à des infections supplémentaires, et cela par affaiblissement du système immunitaire ou exacerbation de la réponse inflammatoire. La fragilisation des voies respiratoires par certains pathogènes participent à l'installation d'autres agents infectieux (BOCHEV 2007; OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA, HALBUR 2011a).

Les co-infections les plus fréquentes et les plus aggravantes sont des co-infections entre un virus et une bactérie (LEVESQUE et al. 2014; POMORSKA-MOL et al. 2017; LI et al. 2015; BOCHEV 2007; CHOI, GOYAL, JOO 2003).

## D-Et des conditions environnementales défavorables

Le complexe respiratoire porcin correspond donc à un mélange de facteurs infectieux présentés ci-dessus et non-infectieux qui peuvent être énoncés selon la démarche ALARME (MARTINEAU 1997) que nous allons présenter :



Approche ALARME des pathologies respiratoires

Figure 4: Schéma ALARME (adapté à partir de (MARTINEAU 1997))

## 1- L'Animal

- La génétique de l'animal intervient dans sa capacité à résister aux pathogènes, cela dépend de la race et de la lignée. (OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA, HALBUR 2011a; Leman 1992)
- Le statut sanitaire vis-à-vis du SDRPv : des élevages positifs au SDRPv (SDRP +) présentent la forme enzootique de la maladie, c'est-à-dire que le pathogène est bien installé dans l'élevage et touchera surtout les primipares (femelle ayant eu une seule portée) ou des animaux jeunes dont le système immunitaire ne connaît pas encore le virus, les autres animaux développent une certaine immunité face au virus et sont donc plus résistants. Alors que dans des élevages négatifs vis-à-vis du SDRPv (SDRP -), les animaux n'ont jamais été touchés par le virus et y sont donc plus sensibles que les animaux d'élevages SDRP +. Lorsque l'infection a lieu, c'est la forme épizootique qui se déclare et la maladie touche alors les animaux de tout âge.
- Le statut d'origine est important. Ainsi des porcelets issus de mères multipares (femelle ayant eu plus d'une portée) seront plus résistants que s'ils étaient issus de mères primipares car ces premières sont immunisées contre les pathogènes de l'élevage et transmettent leurs anticorps aux porcelets.

Tous les stades qui précèdent l'engraissement vont influencer sur le comportement du porc face aux pathogènes en engraissement. Il existe une chaîne de cause à effet dans laquelle si la truie en maternité mange mal, alors elle n'aura pas assez de colostrum/lait pour ses porcelets. Ceux-ci développeront donc davantage de problèmes de santé en maternité, puis en post-sevrage et enfin en engraissement. La sensibilité aux pathogènes en maternité et post-sevrage influe sur l'expression des pathologies respiratoires en engraissement, d'autant plus si les conditions en engraissement sont défavorables. De plus, on note dans une étude que l'importance des pathogènes impliqués dans le complexe des maladies respiratoires porcines varie d'un pays à un autre ce qui signifie que ce sont les conditions non infectieuses qui déterminent les proportions d'agents infectieux et le niveau de défense des animaux (JIMENEZ et al. 2014; Leman 1992).



## **2- Le Logement**

Les facteurs de risques dans le logement sont les facteurs de variation comme le changement brutal de température (retombées d'air froid sur les animaux, problématique en post-sevrage), le taux d'humidité variable (trop faible ou trop élevé), la présence de polluants de l'air (NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, poussières ...) ou encore le mauvais renouvellement de l'air. Ce sont autant de variations de la qualité de l'air qui vont impacter l'appareil respiratoire du porc et le fragiliser si les conditions ne sont pas idéales. De plus la proximité des différents bâtiments de l'élevage peut représenter un facteur de risque si la distance est trop faible pour empêcher la dissémination de pathogènes comme par exemple *Mycoplasma hyopneumoniae* qui peut être porté par l'air sur 3 km (Leman 1992).

## **3- L'Alimentation**

La nature de l'aliment va induire une atmosphère particulière. Si l'alimentation est sèche, elle va dégager de la poussière irritante pour les voies respiratoires. La présence de mycotoxines aura un effet immunodépresseur favorisant l'infection par des pathogènes opportunistes (= qui n'entraînent pas de signes cliniques sur un animal sain). De plus la compétition pour l'accès à la nourriture peut être un facteur de stress et donc immunosuppresseur.

## **4- La Gestion de l'élevage = Régie**

Une densité importante d'animaux rend la détection/surveillance des signes cliniques plus complexe; donc la prise en charge des maladies plus tardive. Les animaux sont aussi plus stressés car ils ne disposent que de peu d'espace pour vivre et développer leur comportement naturel ; cela entraîne une immunosuppression favorable à l'infection par des pathogènes. Avec des fortes densités d'animaux, le risque de contagiosité est plus important lors de rotations de bande ou de mélange de stades physiologiques différents ... L'éleveur doit de plus adopter une logique de travail allant des animaux les plus jeunes dont le système immunitaire n'est pas encore aguerri face aux pathogènes de l'élevage vers les animaux plus âgés.

Les conditions de biosécurité interne, notamment d'hygiène sont un point essentiel du bon fonctionnement d'un élevage. Le fonctionnement en continu s'avère être également un facteur de risque supplémentaire à l'inverse d'un fonctionnement en tout-plein tout-vide (Leman 1992).

## **E- Les moyens de lutte**

La lutte face à ce complexe fait intervenir la maîtrise des agents non infectieux qui permet de manière générale de se prémunir de nombreuses autres maladies. Elle fait intervenir des mesures de biosécurité interne (conduite en bande avec tout-plein tout-vide, un nettoyage désinfection entre chaque rotation de bande, une marche en avant des plus jeunes vers les plus âgés, la présence de pédiluves et de mesures d'hygiène adaptées) et des mesures de biosécurité externe (surveillance du statut sanitaire (SDRPv) des nouveaux animaux, des reproducteurs, des centres d'insémination et du matériel entrant, gestion des sorties d'animaux ...).

Face aux agents infectieux, les méthodes de lutte font intervenir la vaccination contre des pathogènes majeurs : SDRPv, SIV, PCV2, MHYO et nous verrons par la suite les différents effets de ces vaccins et les interactions entre les pathogènes. Il faut aussi employer des stratégies de métaphylaxie qui consistent en l'application systématique de mesures médicales à la totalité d'un groupe de sujets ou à certains sujets comportant déjà quelques cas cliniques d'une maladie et l'utilisation d'antibiotiques de façon raisonnée notamment à partir d'antibiogramme.

Tous les pathogènes vus précédemment engendrent souvent des signes cliniques à la suite d'un déséquilibre dans l'environnement de l'animal ou bien l'apparition d'un stress. Ces événements vont induire une immunodépression et rendre l'animal plus sensible à d'autres pathogènes de surinfection. L'accumulation de ces pressions d'infection au fur et à mesure des stades de production vont conduire en fin de cycle de l'animal, c'est-à-dire au stade d'engraissement à un complexe pathologique majeur qui est le complexe des maladies respiratoires porcines.

Ce complexe est la définition même d'une maladie polyfactorielle puisqu'il est à la croisée entre des facteurs non infectieux et des facteurs infectieux qui peuvent être majeurs, capable de provoquer des lésions sur un animal sain en conditions normales ou mineurs, qui profitent d'une altération locale de l'organe cible ou systémique (stress) pour provoquer la maladie.

## **F- Etude des 3 pathogènes principaux du Complexe des Maladies Respiratoires Porcines : SDRPv, PCV2 et MHYO**

### **1- La co-infection entre MHYO et PCV2**

#### ***a- Présentation***

Le Circovirus Porcin de type 2 (PCV2) participe à de nombreuses maladies comme la maladie d'amaigrissement du porcelet, des infections systémiques diverses, des entérites, des échecs de reproduction ou encore le complexe respiratoire porcin. *Mycoplasma hyopneumoniae* (MHYO) est responsable de la bronchopneumonie enzootique (SEO et al. 2014).

La co-infection PCV2-MHYO est fréquente et possède un rôle primaire et majeur dans le complexe respiratoire porcin (SEO et al. 2014; BOCHEV 2007). Dans le tableau 2 ci-après, nous voyons que d'après une étude, un des modèles expérimentaux de co-infection de ces deux pathogènes correspond à un modèle séquentiel où MHYO infecte l'animal en premier puis PCV2, 2 semaines après. MHYO potentialise alors les effets de PCV2 notamment en aggravant les lésions et en renforçant le niveau de réplication du virus. Il faut savoir que le modèle séquentiel est celui qui se rapproche le plus du schéma d'infection dans les élevages (OPRIESSNIG et al. 2004; SEO et al. 2014; BOCHEV 2007; CHAE 2016; OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA HALBUR 2011a; SIBILA et al. 2012).

Tableau 2 : Relation synergique entre MHYO et PCV2 d'après des modèles expérimentaux

Protocole	Type de co-infection	Résultats	Interprétations	Références
Porc non vacciné	<b>Modèle séquentiel :</b> Infection par MHYO (5 semaines d'âge) puis 2 semaines après par PCV2 (7 semaines)	PCV2 ↗ MHYO ≈	MHYO exacerbe les lésions associées au PCV2 en cas de co-infection séquentielle. Dans le cas d'une co-infection concomitante, le niveau de sévérité des lésions est comparable à celui des pathogènes pris individuellement	(OPRIESSNIG et al. 2004; SEO et al. 2014; BOCHEV 2007; CHAE 2016; Opriessnig, Giménez-Lirola, Halbur 2011a; SIBILA et al. 2012)
	<b>Modèle concomitant :</b> Infection concomitante par les deux pathogènes	PCV2 ≈ MHYO ≈		(SEO et al. 2014)

***b- Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux et discussion sur les résultats issus d'études expérimentales***

Les résultats des études comparant l'effet de la vaccination contre MHYO et/ou PCV2 sont présentés dans le tableau 3 ci-après.

**Tableau 3: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en associations vis-à-vis de la co-infection PCV2/MHYO**

Protocole	Type de co-infection	Résultats	Interprétations	Références
Porc vacciné avec MHYO seul (à 1 semaine)	MHYO (à 5 semaines) puis PCV2 (à 7 semaines)	PCV 2 ≈ MHYO ↘	Il y a une bonne efficacité vaccinale même en cas de co-infection avec PCV2, mais pas d'effet sur la virémie ou les lésions associées au PCV2.	(SEO et al. 2014)
Porc vacciné avec PCV2 seul (à 3 semaines)	MHYO (à 5 semaines) puis PCV2 (à 7 semaines)	PCV2 ↘ MHYO ≈	Bonne efficacité vaccinale malgré une co-infection par MHYO. Il y a également une protection croisée vis-à-vis des souches a et b efficace.	(SEO et al. 2014; OPRIESSNIG et al. 2011b)
		PCV2 a et b ↘		(OPRIESSNIG et al. 2011b)
Vaccination double MHYO (à 1 semaine) <b>puis</b> PCV2 (à 3 semaines)	MHYO (à 5 semaines) puis PCV2 (à 7 semaines)	PCV2 ↘ MHYO ↘	Diminution de toutes les lésions associées au couple co-infectant. Mise en évidence d'une indépendance entre les vaccins et les pathogènes.	(SEO et al. 2014)
Vaccination double MHYO <b>et</b> PCV2a (vaccin bivalent) à 21 jours	Elevages choisis : SDRP + Connu pour présenter des infections à MHYO et PCV2	PCV2 a et b ↘ MHYO ↘	Diminution des lésions associées aux pathogènes et protection croisée efficace dans ce modèle.	(JEONG et al. 2016)

Etant donné que MHYO exacerbe les lésions associées au PCV2, certains chercheurs se sont demandés si en vaccinant contre MHYO, les animaux pouvaient également être protégés vis-à-vis de PCV2. Mais l'inefficacité dans cette étude, du vaccin MHYO seul vis-à-vis du PCV2 ne peut pas être extrapolée à l'ensemble des élevages (SEO et al. 2014). Le résultat d'une vaccination dépend en effet de l'animal, des conditions de vie de l'animal et de la conduite d'élevage (SEO et al. 2014).

De plus, dans certaines études traitant de l'effet du vaccin MHYO sur PCV2, des résultats sont en faveur d'une augmentation de l'incidence des maladies associées au PCV2 (exemple : maladie d'amaigrissement des porcelets) lorsque les animaux sont vaccinés contre MHYO. Cela pourrait être dû au protocole de vaccination utilisé (ALLAN et al. 2001; KYRIAKIS et al. 2002). De plus, il ne faut pas bannir la vaccination MHYO pour ce prétexte comme ont pu le faire certains élevages, car les conséquences d'une infection par MHYO sont plus graves que celles des maladies associées au PCV2. D'autant plus que les échecs vaccinaux rencontrés dans les études expérimentales peuvent simplement provenir des protocoles vaccinaux utilisés (OPRIESSNIG et al. 2006).

D'après le tableau 3, nous constatons que la vaccination seule contre PCV2 réduit la virémie du virus cible ainsi que les lésions associées en cas de co-infection PCV2/MHYO, mais n'a pas d'effet sur MHYO.

Dans l'étude (SEO et al. 2014), de bons résultats sont obtenus avec la vaccination double quand le vaccin MHYO est réalisé à 1 semaine d'âge et celui contre PCV2 à 3 semaines d'âge.

**Bilan :** Même si le vaccin contre MHYO seul ne réduit pas les effets du PCV2 et inversement, le protocole vaccinal associant ces deux vaccins à deux semaines d'intervalle, semble être efficace en conditions expérimentales suivant un modèle séquentiel, qui se veut proche de la réalité d'élevage. La vaccination double MHYO/PCV2 est donc pertinente (SEO et al. 2014).

### ***c- Utilisation d'un nouveau vaccin bivalent***

Les résultats d'une étude sur l'efficacité d'un nouveau vaccin bivalent regroupant MHYO et PCV2a sont présents dans le tableau 3 ci-dessus. Ce vaccin réalisé à 21 jours, permet un gain de praticité pour les éleveurs et réduit le stress de manipulations supplémentaires chez l'animal. Il réduit les lésions associées à la co-infection et permet une augmentation des performances de croissance. Dans les fermes testées, il réduirait les lésions associées au PCV2 (JEONG et al. 2016).

Nous le verrons par la suite, mais des études ont montré qu'une infection au préalable par SDRP n'avait pas ou peu d'effet sur l'efficacité vaccinale des vaccins PCV2 ou MHYO (PARK SJ et al. 2014; Park et al. 2013) .

Ce nouveau vaccin bivalent pourrait donc être utilisé dans des conditions d'élevage où le SDRP est très largement répandu. Il faudra toutefois vérifier le statut vis-à-vis de PCV2 lorsqu'on souhaite vacciner contre SDRP (cf. partie sur PCV2/SDRP) (Park et al. 2013).

Cette étude expérimentale sur le vaccin bivalent est réalisée dans des conditions qui se rapprochent des conditions d'élevage en Corée (élevages SDRP positifs sélectionnés pour leurs antécédents d'infection par MHYO et PCV2) mais nécessiterait toutefois d'autres essais pour confirmer les conclusions (JEONG et al. 2016).

## 2- La co-infection entre PCV2 et SDRPv

### a- Présentation

Tableau 4: Relation synergique entre SDRPv et PCV2 d'après des modèles expérimentaux

Protocole	Type de co-infection	Résultats	Interprétations	Références
Porc non vacciné	PCV2/SDRP	PCV2 ↗ SDRP ≈	SDRP exacerbe le niveau de réplication et les lésions associées au PCV2.	( PARK C et al. 2014; KIM, CHUNG, CHAE 2003; BOCHEV 2007; CHAE 2016; ALLAN, ELLIS 2000; HARMS et al. 2001; PALLARES et al. 2002; OPRIESSNIG et al. 2008; ROVIRA et al. 2002; Park et al. 2013)

La co-infection par SDRPv et PCV2 a un effet synergique défavorable. Elle représente 55% des cas de co-infection en Corée (KIM, CHUNG, CHAE 2003), et de manière générale, elle constitue une des principales co-infections du complexe respiratoire porcin. Le virus SDRP est présent de façon importante dans le Nord de l'Amérique, l'Europe et la Chine (RECH et al. 2018). Deux principales souches de SDRPv circulent dans les élevages du monde, la souche européenne et la souche américaine, plus virulente (PARK C et al. 2014; BOCHEV 2007). La co-infection entraîne une aggravation du tableau clinique avec une augmentation de la réplication et des lésions associées au PCV2 par le virus SDRP, ainsi qu'une augmentation du

nombre de jours de fièvre, de la tachypnée, de la dyspnée et de la toux plus importante que lorsque le SDRPv infecte seul l'animal (PARK C et al. 2014; KIM, CHUNG, CHAE 2003; BOCHEV 2007; CHAE 2016; ALLAN, ELLIS 2000; HARMS et al. 2001; PALLARES et al. 2002; OPRIESSNIG et al. 2008; ROVIRA et al. 2002; Park et al. 2013; CHOI, GOYAL, JOO 2003).

***b- Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux***

Des études expérimentales ont été menées dans différents pays pour comparer l'efficacité de vaccins seuls ou en association vis-à-vis de la co-infection entre SDRPv et PCV2 et leurs résultats sont regroupés dans le tableau 5 suivant :

\* Concernant le SDRPv, lorsque les études précisent quelles souches ont été utilisées pour leurs expérimentations, c'est la souche américaine qui est utilisée.

**Tableau 5: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en association vis-à-vis de la co-infection SDRPv/PCV2**

<b>Protocole</b>	<b>Type de co-infection</b>	<b>Résultats</b>	<b>Interprétations</b>	<b>Références</b>
Porc vacciné avec PCV2 seul	PCV2	PCV2 √	Efficacité prouvée des vaccins contre leur pathogène respectif	(Park et al. 2013)
Porc vacciné avec SDRP vivant modifié seul	SDRP	SDRP √		
Porc vacciné avec PCV2a seul	PCV2b/SDRP	PCV2 a et b √ SDRP ≈  Réduction de l'effet potentialisateur de SDRP sur les lésions de PCV2	Bonne efficacité vaccinale de PCV2 concernant la virémie et le niveau de lésion associé à PCV2. Mais pas d'effet sur SDRPv.	(PARK C et al. 2014; Park et al. 2013)
		PCV2 √ (sans distinction a ou b)	Protection croisée efficace (C PARK et al. 2014; OPRIESSNIG et al. 2008; JEONG et al. 2016;	(OPRIESSNIG et al. 2008)



		Amélioration des performances de croissance	OPRIESSNIG et al. 2009; OPRIESSNIG, GIMENEZ-LIROLA, HALBUR 2011a; HEMANN et al. 2012)	(PARK C et al. 2014; FACHINGER et al. 2008)
Porc vacciné avec PCV2b seul	PCV2/SDRP/PPV	PV2 b ↘↘ (en comparaison avec une vaccination contre PCV2a seul) PCV2 a et b ↘	La protection croisée entre a et b serait plus efficace lors d'une vaccination contre PCV2b plutôt que PCV2a.	(SHEN, HALBUR, OPRIESSNIG 2012)
Porc vacciné avec SDRP vivant modifié seul (Vaccin permettant une protection croisée contre plusieurs souches de SDRP notamment la souche européenne)	SDRP/PCV2	PCV2 ↗ SDRP ≈	Le vaccin SDRP agirait comme le pathogène et exacerbe donc les lésions de PCV2 et n'a pas d'effet sur la virémie de SDRP car échec de la vaccination en cas de co-infection préalable avec PCV2.	(NIEDERWERDE R et al. 2015; Park et al. 2013)
Vaccination double SDRP vivant modifié /PCV2	SDRP/PCV2	PCV2 ↘ SDRP ↘	La vaccination double entraîne une baisse de virémie de PCV2 et SDRPv.	(Park et al. 2013)

Etant donné que 95.5% de la Corée vaccine contre le PCV2, il était intéressant de savoir si ce vaccin offrait de bons résultats en cas de co-infection avec le virus SDRP. Dans des études menées dans le même pays, lors d'une vaccination à 3 semaines contre PCV2, les performances de croissance sont améliorées dans des élevages co-infectés par SDRPv et PCV2, la virémie de PCV2 est diminuée ainsi que les lésions associées. Il n'y a par contre pas d'effet sur le virus SDRP ( PARK C et al. 2014; Park et al. 2013). Nous retrouvons des résultats similaires dans une étude européenne où la vaccination contre PCV2 améliore les performances de croissance des animaux qui seraient co-infectés par SDRPv et PCV2 (FACHINGER et al. 2008).

Concernant la vaccination des élevages contre le SDRP seul, des études ont montré des résultats inattendus (cf. Tableau 5 : « porc vacciné avec SDRP seul »). En effet, la virémie et la sévérité des lésions associées au PCV2 sont augmentées tandis qu'il n'y a pas d'effet sur la virémie du SDRPv (NIEDERWERDER et al. 2015; Park et al. 2013). Concernant le mode de fonctionnement du vaccin SDRP, une de ces études avance que le vaccin contre SDRP permettrait une réduction de la virémie de celui-ci ainsi qu'un gain de poids dans une période dite « précoce » en post co-infection. Tandis que dans une période dite « tardive », il entraînerait une augmentation de la réplication de PCV2 et des lésions associées, une perte de poids et augmentation de la mortalité. Dans un contexte de co-infection SDRP/PCV2, le vaccin SDRP seul serait donc efficace au début puis deviendrait nuisible ensuite, en favorisant l'augmentation de PCV2 (NIEDERWERDER et al. 2015). Cet échec de vaccination pourrait être dû au fait que le vaccin contre SDRPv est constitué d'un virus vivant atténué. Celui-ci agirait donc comme le pathogène en exacerbant les lésions et le niveau de réplication de PCV2. Il serait donc important de vérifier le statut PCV2 positif ou négatif de l'élevage avant d'entreprendre la vaccination contre SDRP (CHAE 2016).

Dans le cas d'une co-infection SDRP/PCV2, les résultats d'une étude à propos de la vaccination contre SDRP et PCV2 simultanément (cf. Tableau 5 : « Vaccination double SDRP/PCV2 »), montre que cette vaccination assure une diminution de la virémie des deux pathogènes ainsi que des lésions associées (Park et al. 2013). Elle serait donc pertinente pour protéger les élevages contre ces deux pathogènes qui rappelons le, sont majeurs dans le complexe respiratoire.

**Bilan**: Toutefois, si une seule vaccination était à faire, celle contre PCV2 resterait une priorité. En effet, en cas d'infection d'un élevage par PCV2, le vaccin SDRP deviendrait inefficace et entraînerait de plus une exacerbation des lésions de PCV2. Ainsi, en vaccinant en priorité contre PCV2, on assure une réussite du vaccin SDRP par la suite.

Par conséquent, avant de vacciner un élevage contre SDRP, il serait important de vérifier son statut concernant le virus PCV2 pour éviter tout emballement de celui-ci s'il est présent (CHAE 2016; Park et al. 2013)

### **3- Etude de la protection croisée vis-à-vis des souches a et b des vaccins contre PCV2**

Nous voyons dans les tableaux 3 et 5 que la protection croisée du vaccin contre PCV2 vis-à-vis des souches a et b a également été évaluée dans certaines études. En effet la majorité des vaccins PCV2 utilisés sont réalisés à partir de la souche a, et dans certaines études, la virémie et le niveau de lésions associés aux deux souches a et b étaient diminués. Cela permet d'avancer qu'il existe une protection croisée du vaccin PCV2 vis-à-vis des souches a et b (OPRIESSNIG et al. 2011b; JEONG et al. 2016). Toutefois ces conclusions sont à prendre avec du recul et mériteraient d'être plus approfondies puisqu'une étude (SHEN, HALBUR, OPRIESSNIG 2012) met en évidence la présence de PCV2b sur des animaux vaccinés contre PCV2a. Elle montre aussi que le vaccin PCV2a seul ne suffirait pas pour réduire significativement la prévalence de PCV2b. De plus, nous voyons dans le tableau 5 (cf. « Porc vacciné avec PCV2b seul ») que dans des conditions expérimentales, le vaccin PCV2b seul serait plus efficace que le vaccin PCV2a pour protéger contre les souches PCV2 a ou b, sur des animaux infectés par PCV2, SDRP et PPV (OPRIESSNIG et al. 2013). Il serait donc intéressant d'approfondir à partir de nouvelles études l'effet supérieur du vaccin PCV2b sur PCV2a seul vis-à-vis de la protection croisée. Il faut toutefois noter, que dans les études présentées dans les tableaux 3 et 5, peu importe le type de souche utilisé pour les vaccins, les vaccins contre PCV2 restent efficaces pour diminuer la virémie du virus.

### **4- Emergence du PCV3**

Dans une étude menée en Thaïlande, l'émergence d'un nouveau circovirus a été étudiée. En effet, entre 2016 et 2017, l'émergence du virus PCV3 a été notée aux Etats-Unis (PALINSKI et al. 2017), au Brésil (TOCHETTO et al. 2018), au Royaume-Uni (COLLINS, MCKILLEN, ALLAN 2017), en Italie (FACCINI et al. 2017), en Pologne (STADEJEK et al. 2017), en Chine (CHEN et al. 2017) et en Corée du sud (KWON et al. 2017) ainsi qu'en Thaïlande (KEDKOVID et al. 2018).

La pathogénie de ce virus est pour l'instant mal connue, mais il semblerait que PCV3 se rapproche au niveau clinique de PCV2. Il reste toutefois à savoir si PCV3 peut induire seul des signes cliniques du complexe respiratoire, s'il rend plus sensible les

animaux à développer ce complexe ou s'il entretient des relations de co-infection avec d'autres pathogènes comme son cousin PCV2. Une ferme, où les animaux avaient été infectés par PCV3 à 12 semaines puis par SDRPv à 16 semaines, a été suivie. On pouvait alors noter une forte prévalence du CMRP à 18 semaines. Cela laisse donc penser à un effet synergique des pathogènes avec PCV3 mais qu'il reste à approfondir par d'autres études (KEDKOVID et al. 2018).

## 5- La co-infection entre SDRPv et MHYO

### a- Présentation

Tableau 6: Relation synergique entre SDRPv et MHYO d'après des modèles expérimentaux

Protocole	Type de co-infection	Résultats	Interprétations	Références
Porc non vacciné	MHYO/SDRP	SDRP $\nearrow$ MHYO $\approx$	MHYO exacerbe les lésions associées au SDRP mais l'inverse n'a pas d'effet.	(THACKER et al. 1999; POMORSKA-MOL et al. 2017; LI et al. 2015; BOCHEV 2007; CHAE 2016; BOURRY et al. 2015; CHO et al. 2006; PARK SJ et al. 2014)

Pour ce qui est du couple fréquent SDRPv et MHYO, de nombreuses études montrent que lors d'une infection par MHYO d'un animal déjà infecté par SDRPv, le tableau clinique est profondément assombri, qu'il y a une réaction synergique défavorable entre les deux pathogènes et que les lésions sont plus importantes qu'avec le SDRPv seul (THACKER et al. 1999; POMORSKA-MOL et al. 2017; LI et al. 2015; BOCHEV 2007; CHAE 2016; BOURRY et al. 2015; CHO et al. 2006; S-J PARK et al. 2014).

### b- Exposition d'un des mécanismes d'exacerbation du SDRPv par MHYO

D'autres études ont décrit des mécanismes pouvant expliquer l'exacerbation des lésions associées au SDRPv par MHYO. En effet, de nombreux gènes codant pour des cellules du système immunitaire sont exprimés lors de co-infection.

Une réaction en cascade s'enclenche et exacerbe la réponse inflammatoire. Dans une étude, un des protagonistes principal serait une cytokine exprimée par les macrophages pulmonaires en cas de co-infection, IL1 $\beta$ . Le virus SDRP a pour

cellules cibles les macrophages alvéolaires pulmonaires qu'il détruit par apoptose après sa réplication. Les macrophages alvéolaires induisent aussi leur propre apoptose (sorte de mécanisme de défense du système immunitaire). Cela conduit donc à d'importantes lésions au niveau pulmonaire. Mais d'autres gènes anti-apoptoses sont aussi exprimés ce qui conduit à prolonger l'expression et la réplication du virus (LI et al. 2015).

De plus, MHYO induit dans les poumons une infiltration de macrophages et de lymphocytes, ce qui crée un apport de cellules cibles supplémentaires au SDRPv auxquelles il peut s'attaquer (THACKER, THACKER, JANKE 2001a). La réponse immunitaire mise en place lors de co-infection entre MHYO et SDRPv apporterait des conditions favorables pour l'installation et l'exacerbation du SDRPv.

**c- Effet de la co-infection sur les protocoles vaccinaux et importance de l'ordre de vaccination**

**Tableau 7: Etude de l'efficacité des vaccins seuls ou en association vis-à-vis de la co-infection SDRPv/MHYO**

<b>Protocole</b>	<b>Type de co-infection</b>	<b>Résultats</b>	<b>Interprétations</b>	<b>Références</b>
Porc vacciné avec MHYO seul	MHYO/SDRP	SDRP $\searrow$ MHYO $\searrow$ ou $\approx$ (contradiction entre des études)	Baisse de la virémie de SDRP et des lésions associées au SDRP et MHYO	(S-J PARK et al. 2014; THACKER et al. 2000)
Porc vacciné avec SDRP vivant modifié seul (Souche américaine)	MHYO/SDRP	SDRP $\approx$ MHYO $\approx$	Aucun effet. Suspicion d'échec vaccinal.	(S-J PARK et al. 2014)
Vaccination double MHYO/SDRP vivant modifié (souche américaine (S-J PARK et al. 2014) ; souche faiblement virulente (BOURRY et al. 2015; BOETTCHER et al. 2002))	MHYO/SDRP	SDRP $\searrow$ MHYO $\searrow$	Baisse de la virémie de SDRP et des lésions associées au SDRP et MHYO	(S-J PARK et al. 2014; BOURRY et al. 2015; BOETTCHER et al. 2002)

D'après une étude, l'efficacité du vaccin contre MHYO serait altérée lorsque le protocole de vaccination est le suivant : vaccin contre MHYO (3 semaines) – vaccin contre SDRP (4 semaines) – vaccin contre MHYO (5 semaines) car en cas d'infection par MHYO de ces animaux vaccinés, la sévérité des lésions associées serait plus grave que sur des animaux vaccinés uniquement contre MHYO. Le vaccin contre SDRP ou la co-infection par ce même virus pourrait être une raison d'échec vaccinal (THACKER et al. 2000). Mais cela est contradictoire avec les résultats d'une autre étude (S-J PARK et al. 2014) menée plus tard où le protocole vaccinal comprend un vaccin contre MHYO à 1 semaine et contre SDRP à 21 jours. En effet dans cette étude, l'infection par SDRPv seul ne semble pas altérer la réponse immunitaire mise en place lors de la vaccination contre MHYO, de plus l'infection par MHYO seul n'altérerait pas non plus l'immunité induite par le vaccin SDRP. Cette étude montre également qu'une seule dose de vaccin MHYO suffirait à réduire la virémie et l'effet potentialisateur des lésions liées au SDRPv. Ces contradictions concernant l'efficacité vaccinale du vaccin MHYO supposent que l'ordre de vaccination jouerait un rôle important dans la réussite du protocole vaccinal (S-J PARK et al. 2014). Dans tous les cas, la vaccination MHYO seule ou avec SDRP semblerait être une bonne solution pour contrôler les conséquences d'une co-infection MHYO/SDRPv. Les résultats d'études à propos de tests vaccinaux sont présentés dans le tableau 7 ci-dessus.

Toujours à propos du couple SDRPv/MHYO, une étude montre que le vaccin contre SDRP2 (souche américaine, plus virulente) seul réduirait l'efficacité du vaccin MHYO, tandis que le vaccin MHYO seul protégerait bien contre SDRP2 et MHYO en cas de co-infection. Le but de l'étude était d'étudier la même chose mais pour SDRP1 (souche européenne) et les résultats sont sensiblement pareils qu'avec SDRP2 qui avait été d'ailleurs la seule souche utilisée dans la littérature sur les co-infections avec MHYO jusqu'à cette étude de 2015. Les résultats avec SDRP1 sont en faveur d'une association de vaccin SDRPv/MHYO pour combiner les effets positifs de chaque vaccin sans les inconvénients (BOURRY et al. 2015).

On en revient donc à la même conclusion que l'article précédent (Su-Jin PARK et al. 2014), une vaccination contre MHYO seule ou en association avec SDRP est bénéfique en cas de co-infection SDRPv/MHYO.

Enfin, une autre étude permet de proposer un protocole vaccinal qui serait efficace et permettrait d'éviter les échecs vaccinaux. Lorsque le vaccin contre SDRPv (souche utilisée : souche faiblement virulente) est réalisé antérieurement à celui contre MHYO, l'efficacité vaccinale du vaccin MHYO n'est pas altérée, voire même de meilleure qualité et la vaccination double offrirait une meilleure protection immunitaire vis-à-vis de MHYO (BOETTCHER et al. 2002).

**Bilan :** Les vaccinations contre MHYO seule ou en association avec SDRP sont efficaces pour réduire les niveaux de virémie et lésions associées à la co-infection (Su-Jin PARK et al. 2014; BOURRY et al. 2015). Les échecs vaccinaux qui apparaissent dans certaines études sont dus à des mécanismes complexes et encore pas totalement élucidés. Ils semblent être réduits quand le protocole vaccinal fait intervenir le vaccin SDRP puis le vaccin MHYO (THACKER et al. 2000; S-J PARK et al. 2014; BOETTCHER et al. 2002). Avant de vacciner contre SDRPv il faut vérifier le statut MHYO (S-J PARK et al. 2014) et PCV2 (CHAE 2016; Park et al. 2013).

## **6- Bilan final à propos des trois pathogènes majeurs du complexe respiratoire porcin et des vaccins associés**

Nous voyons donc que la vaccination reste le moyen de lutte le plus efficace contre les pathogènes qui interviennent dans le complexe respiratoire porcin. Il faut toutefois être conscient que ces vaccins doivent suivre des schémas spécifiques pour éviter tout risque d'échec vaccinal, ou pire, aggravation des signes cliniques en cas de co-infection.

Ainsi il serait pertinent de vacciner en priorité contre PCV2 les élevages n'ayant pas d'antécédent d'infection par ce virus pour éviter tout risque d'aggravation des lésions associées au PCV2 en cas de co-infection ou vaccination avec le SDRPv. On pourrait ensuite vacciner contre le SDRPv puis MHYO pour alors couvrir les 3 pathogènes majeurs.

Il serait intéressant d'étudier de la même façon le virus SIV et sa relation avec la vaccination en cas de co-infections afin de couvrir au mieux la famille de pathogènes qui entre en jeu dans le complexe respiratoire (CHAE 2016).

## **7- Discussion**

### ***a- Des élevages donc des protocoles et non un protocole unique***

Toutefois, même si la vaccination reste le moyen de lutte principal dans la gestion du complexe respiratoire, il faut garder en mémoire que les études menées sur les efficacités vaccinales dans des conditions de co-infection sont majoritairement des études expérimentales, dirigées parfois dans des pays différents. De plus les vaccins étudiés permettent parfois de diminuer les lésions macroscopiques mais ne modifient pas les lésions microscopiques, ou bien diminuent l'intensité des signes cliniques sans diminuer de façon si rapide la virémie du pathogène, ou parfois les résultats dépendent des conditions expérimentales elles-mêmes ou des laboratoires d'analyse (BOURRY et al. 2015; C PARK et al. 2014; ALLAN, ELLIS 2000; SEO et al. 2014). Les conclusions mériteraient donc d'être testées dans les conditions réelles d'élevage et sont à prendre avec un certain recul. De plus, l'efficacité d'un programme de vaccination ne dépend pas uniquement des vaccins utilisés, mais tient compte aussi de la conduite d'élevage. Un programme vaccinal ne peut pas être extrapolé de façon uniforme à tous les élevages mais doit être adapté à chaque environnement (MARTINEAU 1997).

### ***b- Exemple d'un autre protocole de vaccination pour preuve de l'hétérogénéité des élevages***

Pour preuve de cet argument, un article (JEONG et al. 2018) propose un protocole encore différent de celui présenté dans le bilan ci-dessus (cf. Bilan final à propos des trois pathogènes majeurs du complexe respiratoire porcin et des vaccins associés). Il a été remarqué dans cette étude, qu'en général, la co-infection SDRPv/MHYO se produit entre 5 et 7 semaines, puis intervient PCV2 entre 7 et 9 semaines. Les signes cliniques du complexe respiratoire porcin apparaissent alors entre 11 et 16 semaines. Le protocole testé dans cette étude et qui offre de bons résultats de protection est celui selon lequel les animaux sont vaccinés par le vaccin SDRP, MHYO et PCV2 de façon simultanée à 21 jours. Les animaux ensuite co-infectés par SDRPv/MHYO à 42 jours puis par PCV2 à 56 jours avaient des résultats cliniques, microbiologiques, immunologiques meilleurs que les animaux non vaccinés. La triple vaccination offre donc d'après cette étude une bonne efficacité en cas de triple infection, et cela du sevrage à la finition (JEONG et al. 2018).



## **G-Autres pathogènes s'associant avec le SDRPv**

### **1- Co-infection entre le virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin ( SDRPv) et *Actinobacillus pleuropneumoniae* (*App*)**

Une étude sur *App* a mis en évidence l'effet intéressant de cette bactérie sur une infection par SDRPv. Cette étude montre en effet dans un modèle expérimental que des macrophages alvéolaires pré-infectés par *App* deviennent résistants au virus SDRPv.

Pourtant, de manière générale, nous voyons que les associations bactéries/virus ont tendance à exacerber les lésions respiratoires par leur effet synergique. Cet effet nécessite d'être approfondi par d'autres études mais il initie l'idée d'un traitement du SDRPv par *App*. De plus le métabolite antiviral excrété par *App* serait efficace à plus grande échelle contre d'autres virus à ARN. Cela est encourageant pour développer un antiviral à destination de la médecine humaine (LEVESQUE et al. 2014)

### **2- Co-infection du virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRPv) avec *Streptococcus suis* (*S.suis*) et *Haemophilus parasuis* (*H.parasuis*)**

D'après des études, d'autres couples de pathogènes fréquemment rencontrés lors de co-infections sont SDRPv et *Streptococcus suis* (*S.suis*) et SDRPv et *Haemophilus parasuis* (*H.parasuis*) (POMORSKA-MOL et al. 2017; LEVESQUE et al. 2014; CHOI, GOYAL, JOO 2003; THANAWONGNUWECH et al. 2000; XU et al. 2010). Globalement, l'agent bactérien accentue les lésions liées au virus du SDRP et le SDRPv prédispose les animaux à l'installation de *S.suis*, il y a donc un cercle vicieux qui peut s'installer (POMORSKA-MOL et al. 2017). Il serait ainsi pertinent de contrôler l'agent bactérien pour réduire les conséquences d'une co-infection avec SDRPv. Une étude prouve d'ailleurs l'efficacité de la gestion de *S.suis* pour contrôler la co-infection SDRPv/*S.suis* (XU et al. 2010).

### **3- Cas de la co-infection entre SDRPv et *Mycoplasma hyorhinis* (Mhr)**

Une autre étude traitant des co-infections entre le SDRPv et une bactérie s'est concentrée non pas classiquement sur *Mycoplasma hyopneumoniae* mais une bactérie cousine *Mycoplasma hyorhinis* (LEE et al. 2016). En effet, interviennent dans le complexe respiratoire porcin, 3 types de mycoplasmes : *Mycoplasma hyopneumoniae* (MHYO), *Mycoplasma hyorhinis* (Mhr) et *Mycoplasma flocculare* (Mflo).

Mhr est une bactérie commensale de l'appareil respiratoire et serait largement sous-estimée dans la population de bactéries qui interviennent dans le complexe. Dans cette étude elle apparaît en effet, avoir une plus forte interaction avec le SDRPv que MHYO, à la différence de nombreuses autres études qui attestent de l'effet majeur de MHYO sur le SDRPv (POMORSKA-MOL et al. 2017; LEVESQUE et al. 2014; THACKER et al. 1999; THACKER, THACKER, JANKE 2001a; LI et al. 2015). Comme MHYO, Mhr aggrave les lésions associées au SDRPv.

Les plans de vaccinations se concentrent sur MHYO pour contrôler la bronchopneumonie enzootique, et cela est efficace. Mais la réaction croisée du même vaccin est faible vis-à-vis de Mhr.

Cette étude soulève donc la nécessité d'approfondir les modèles sur le couple Mhr et SDRPv pour peut-être introduire une vaccination contre Mhr (LEE et al. 2016).

### **H-Présentation des co-infections faisant intervenir le SIV**

Une étude menée en Colombie en 2014 montre que les fermes positives au SIV seraient plus sensibles et plus infectées par *App*, PCV2 et MHYO et présenteraient donc un risque accru de développer le complexe respiratoire porcin en engraissement (JIMENEZ et al. 2014).

## **1- Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et *Mycoplasma hyopneumoniae* (MHYO)**

D'après une étude rétrospective menée entre 2009 et 2015 au Brésil, les principaux pathogènes mis en évidence dans le complexe respiratoire porcin sont SIV et MHYO. Ils ont une relation de co-infection. Il faut noter que le Brésil est indemne de SDRPv c'est pourquoi il n'apparaît pas dans la liste des pathogènes majeurs.

Des modèles expérimentaux ont été étudiés avec notamment une co-infection par MHYO puis par SIV. Ce qui est important de noter est qu'il y a bien un effet synergique des deux pathogènes puisque généralement les signes cliniques sont aggravés notamment la toux. Mais au bout de 21 jours, il n'y a plus de grande différence au niveau clinique et plus aucune différence au niveau microscopique entre une infection seule ou une co-infection. Cela pourrait s'expliquer par le fait, qu'à la différence du SDRPv qui s'attaque aux macrophages pulmonaires, SIV altère, comme MHYO les cellules de l'épithélium respiratoire et donc la muqueuse respiratoire. Cela n'aggrave pas forcément les lésions associées à chaque pathogène mais peut par contre favoriser l'implantation d'autres pathogènes et alors aggraver le tableau clinique. Ce modèle montre qu'il y a des effets additifs des deux pathogènes mais transitoires (THACKER, THACKER, JANKE 2001a). Des résultats similaires sont retrouvés dans une autre étude, où le modèle de co-infection MHYO et SIV ne présente pas de différence au niveau clinique par rapport à des infections où le pathogène est seul (POMORSKA-MOL et al. 2017).

## **2- Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et *Streptococcus suis* (*S.suis*)**

Une étude menée en Chine sur le couple SIV et *S.suis* permet d'apporter des pistes pour aider à la compréhension des mécanismes qui aggravent les signes cliniques en cas de co-infection virus/bactérie. Le SIV seul est très contagieux, possède une morbidité élevée et une mortalité faible. Il entraîne des complications secondaires conduisant à des co-infections et à terme au complexe respiratoire porcin.

*Streptococcus suis* seul possède différents sites d'infection (articulations, système nerveux, appareil respiratoire ...). Dans cette étude, en cas de co-infection avec SIV, on remarque que la mortalité augmente tout comme la sévérité des signes cliniques.

L'explication donnée dans l'étude est que le mécanisme d'exacerbation des signes cliniques serait dû à l'augmentation de la virulence du virus en cas de co-infection avec *S.suis*, à l'augmentation de l'apoptose des cellules et de l'exacerbation de la réponse inflammatoire. Ainsi, une sorte de cercle vicieux s'installe puisqu'un animal infecté par SIV sera prédisposé, via les dégâts causés par celui-ci sur l'épithélium respiratoire, à l'implantation de *S.suis*. *S.suis* augmenterait alors la virémie de SIV en augmentant son niveau de réplication. La réponse immunitaire mise en place pour éliminer le virus peut être exacerbée par la bactérie, et devient alors néfaste pour le tissu pulmonaire ce qui renforce au final la virulence. L'apoptose des cellules cibles du SIV entraînée par le virus lui-même ou le système immunitaire conduit, certes à la destruction du lieu de réplication du virus mais aussi à sa dissémination ce qui augmente la réponse inflammatoire, donc la virulence ... (LIN et al. 2015).

### **3- Co-infection entre le virus de la grippe porcine (SIV) et *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App)**

Un couple est mis en évidence dans une autre étude, SIV et *Actinobacillus pleuropneumoniae* (App). App est un pathogène majeur primaire ou secondaire dont la mortalité suite à l'infection est forte et rapide. Elle assombrit fortement le tableau clinique lorsqu'elle touche des animaux déjà infectés par SIV. En effet, elle possède déjà une clinique assez agressive seule lorsqu'elle touche un élevage initialement indemne, et associée au virus, elle va potentialiser les effets du SIV et renforcer son niveau de réplication. Le mécanisme n'est pas précisément élucidé, mais il est fortement en faveur d'une action directe de App sur SIV ou d'une action de App sur le système immunitaire et la réponse inflammatoire (App détruit notamment des anticorps IgG et IgA). Toutefois l'inverse n'entraîne rien de plus qu'une infection seule. En effet, lorsque le virus SIV touche un animal déjà infecté par App, le tableau clinique ne présente pas de différence (POMORSKA-MOL et al. 2017). Des résultats similaires se retrouvent dans l'étude de (JIMENEZ et al. 2014).

#### 4- Cas de la co-infection entre SDRPv et SIV

Le virus SIV exacerbe les lésions associées au SDRPv. Les animaux co-infectés présentent de la fièvre pendant plus de temps et des signes respiratoires plus importants (THACKER, THACKER, JANKE 2001a; BOCHEV 2007; VAN REETH, NAUWYNCK, PANSART 1996; CHOI, GOYAL, JOO 2003).

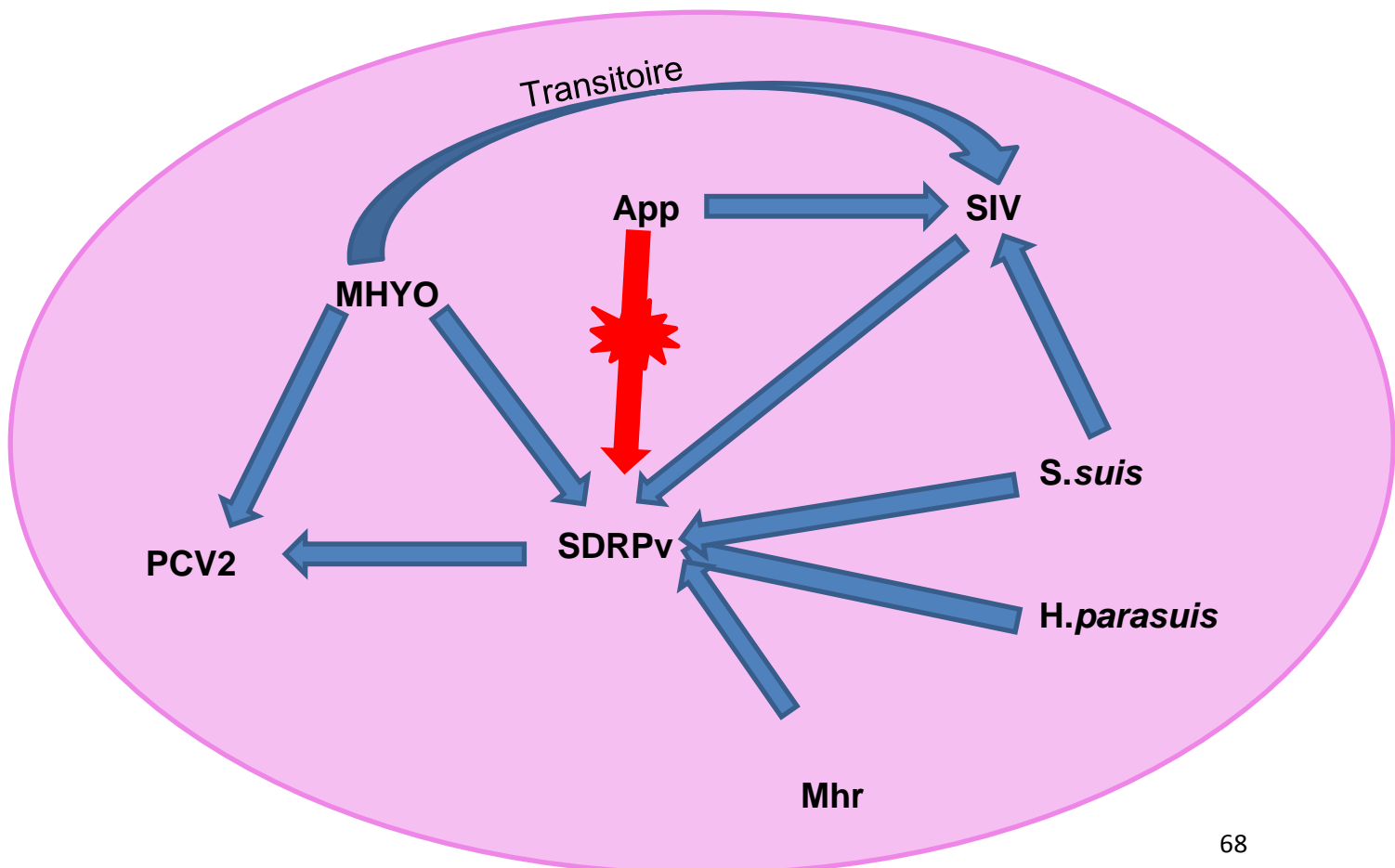
### Bilan sur le complexe des maladies respiratoires porcines

#### FACTEURS NON INFECTIEUX :

- ✓ Animal
- ✓ Logement
- ✓ Alimentation et abreuvement
- ✓ Gestion de l'élevage
- ✓ Eleveur


+


#### FACTEURS INFECTIEUX :



**Légende :**

MHYO : *Mycoplasma hyopneumoniae* ; PCV2 : Circovirus porcin de type 2 ; SDRPv : virus dysgénésique et respiratoire porcin ; SIV : Virus influenza porcin ; App : *Actinobacillus pleuropneumoniae* ; S.suis : *Streptococcus suis* ; H.parasuis : *Haemophilus parasuis* ; Mhr : *Mycoplasma hyorhinitis*

**A**  **B** : L'agent pathogène A exacerbe le niveau de réplication du pathogène B et les lésions associées

**A**  **B** : L'agent pathogène A entraîne une résistance de l'organisme face au pathogène B



# Conclusion

En première partie de ce travail nous avons discuté des différents objectifs d'une formation pour adulte. Les intérêts pour le travailleur ainsi que pour son employeur et les multiples moyens disponibles pour assurer des formations à distance. La formation tout au long de sa carrière et de sa vie permet de se tenir à jour pour assurer une bonne efficacité dans son travail, permet d'augmenter l'estime de soi ainsi que de continuer à apprendre à partir de ses expériences, qu'elles soient bonnes ou mauvaises.

Nous nous sommes donc appuyés sur ces considérations pour élaborer le cahier des charges d'une plateforme pédagogique disponible sur Moodle pour des professionnels, plateforme qui se veut dynamique, ludique et instructive. La première étape a consisté au montage du module respiratoire présenté dans la deuxième partie de ce travail.

Pour ce faire nous nous sommes basés sur les connaissances les plus récentes relatives au complexe des maladies respiratoires porcines présentées dans la troisième et dernière partie avec une mise à jour relative aux différentes co-infections. Pour certains couples de pathogènes, les interactions avec la vaccination ont également été présentées.



**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussignée, **Agnès WARET-SZKUTA**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **Mégane DUPUY** intitulée « **Maladies respiratoires du porc : contribution à la création d'un module numérique de formation à distance pour les professionnels** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

**Fait à Toulouse, le 31 octobre 2018**  
**Docteur Agnès WARET-SZKUTA**  
**Maître de Conférences**  
**de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**



**Vu :**  
**Le Président du jury :**  
**Professeur Christophe PASQUIER**



Mlle Mégane DUPUY  
a été admis(e) sur concours en : 2013  
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 04/07/2017  
a validé son année d'approfondissement le : 06/09/2018  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**Vu :**  
**La Directrice de l'Ecole Nationale**  
**Vétérinaire de Toulouse**  
**Isabelle CHMITELIN**



**Vu et autorisation de l'impression :**  
**Président de l'Université**  
**Paul Sabatier**  
**Monsieur Jean-Pierre VINEL**

Le Président de l'Université Paul Sabatier  
par délégation,  
La Vice-Présidente de la CFVU

  
Régine ANDRE-BRECHT

# Bibliographie

ALLAN G M et ELLIS J A (2000). Porcine Circoviruses: A Review, Porcine Circoviruses: A Review. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. Vol. 12, n° 1, pp. 3-14.

ALLAN G M, MCNEILLY F, MCNAIR I, O'CONNOR M, MEEHAN B, GILPIN D, ELLIS J, TOWNSEND H, LASAGNA C, BORIOSI G et KRAKOWKA S (2001). Neonatal vaccination for Mycoplasma hyopneumoniae and post-weaning multisystemic wasting syndrome: a field trial. Pig Journal. Vol. 48, pp. 34-41.

ALVAREZ J (2007). Du Jeu vidéo au Serious Game : approches culturelle, pragmatique et formelle. Thèse spécialité science de la communication et de l'information. Toulouse : Université" de Toulouse II (Le Mirail), Université de Toulouse III (Paul Sabatier).

BALLEUX A (2000). Évolution de la notion d'apprentissage expérientiel en éducation des adultes: vingt-cinq ans de recherche. Revue des sciences de l'éducation. Vol. 26, n° 2, pp. 263.

BAUJARD C (2005). Stratégie d'apprentissage e-learning. Le point de vue du gestionnaire. Distances et savoirs. Vol. 3, n° 1, pp. 29-48.

BOCHEV (2007). Porcine respiratory disease complex (PRDC): a review, etiology, epidemiology, clinical forms and pathoanatomical features. N° 3, pp. 131-146.

BOETTCHER T B, THACKER B J, HALBUR P G, WATERS W R, NUTSCH R THACKER E L (2002). Vaccine efficacy and immune response to Mycoplasma hyopneumoniae challenge in pigs vaccinated against porcine reproductive and respiratory syndrome virus and M hyopneumoniae. Journal of Swine Health and Production. Vol. 10, n° 6, pp. 259-264.

BOUD D, KEOGH R et WALKER D (2013). Reflection: Turning Experience into Learning. 2e édition. Routledge. ISBN 978-1-135-84546-9.

BOURRY O, FABLET C, SIMON G et MAROIS-CRÉHAN C (2015). Efficacy of combined vaccination against Mycoplasma hyopneumoniae and porcine reproductive

and respiratory syndrome virus in dually infected pigs. *Veterinary Microbiology*. Vol. 180, n° 3-4, pp. 230-236.

CHAE C (2016). Porcine respiratory disease complex: Interaction of vaccination and porcine circovirus type 2, porcine reproductive and respiratory syndrome virus, and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *The Veterinary Journal*. Vol. 212, pp. 1-6.

CHEN G H, MAI K J, ZHOU L, WU R T, TANG X Y, WU J L, HE L L, LAN T, XIE Q M, SUN Y et MA J Y, (2017). Detection and genome sequencing of porcine circovirus 3 in neonatal pigs with congenital tremors in South China. *Transboundary and Emerging Diseases*. Vol. 64, n° 6, pp. 1650-1654.

CHIOUSSE S (2001). Pédagogie et apprentissage des adultes. Etat des lieux et recommandations. HAL. pp. 152.

CHO J G, DEE S A, DEEN J, TRINCADO C, FANO E, JIANG Y, FAABERG K, MURTAUGH M P, GUEDES A, COLLINS J E et JOO H S (2006). The impact of animal age, bacterial coinfection, and isolate pathogenicity on the shedding of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus in aerosols from experimentally infected pigs. Vol. 70, pp. 297-301.

CHOI Y K, GOYAL S M et JOO H S (2003). Retrospective analysis of etiologic agents associated with respiratory diseases in pigs. Vol. 44, pp. 735-737.

Chronologie, La formation professionnelle continue (1971-2009). - Politiques publiques - repères - vie-publique.fr, 2009. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/formation-professionnelle-continue/chronologie>. [Consulté le 6 juin 2018].

CLARK A (1970). *Serious Game*. Viking Press.

COLEMAN J S et KEETON M T (1976). Differences between experiential and classroom learning. In : *Experiential learning: Rationale, characteristics and assessment*. San Francisco (CA): Jossey-Bass. pp. 49-61.

COLLINS P J, MCKILLEN J et ALLAN G (2017). Porcine circovirus type 3 in the UK. *Veterinary Record*. Vol. 181, n° 22, pp. 599-599.

Concentration et attention en profondeur : durée moyenne et durée idéale (2016). Le Temps Reconquis [en ligne]. Disponible à l'adresse <http://letempsreconquis.fr/concentration-et-attention-en-profondeur-duree-ideale>. [Consulté le 12 juin 2018].

DEWEY J (1938). Experience and education. Touchstone.

DJAOUTI D (2016). Serious Games pour l'éducation : utiliser, créer, faire créer ? Tréma. N° 44, pp. 51-64.

DRAIN N et MARCHAND B(2016). Formation E-learning: l'essentiel à retenir - E-book. We the Talent.

EDUSCOL (2012). Apprendre avec de nouveaux outils : E-formation, e-learning, formation en ligne... éducol, le site des professionnels de l'éducation [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://eduscol.education.fr/numerique/dossier/archives/eformation/e-formation-e-learning> [Consulté le 24 juillet 2018].

[E-learning] 240 milliards de dollars de CA en 2024 (2018). Educadis.fr [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://educadis.fr/blog/e-learning-240-milliards-de-dollars-de-ca-en-2024> [Consulté le 8 juin 2018].

[E-learning] Les chiffres de la formation digitale (2018). Educadis.fr [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://educadis.fr/blog/e-learning-les-chiffres-de-la-formation-digitale> [Consulté le 8 juin 2018].

Entreprise e learning - Le marché du e-Learning en 2015 (2015). CALLIMEDIA e-Learning Solutions [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://callimedia.fr/le-e-learning-en-chiffres> [Consulté le 8 juin 2018].

FACCINI S, BARBIERI I, GILIOLI A, SALA G, GIBELLI L R, MORENO A, SACCHI C, ROSIGNOLI C, FRANZINI G et NIGRELLI A (2017). Detection and genetic characterization of Porcine circovirus type 3 in Italy. Transboundary and Emerging Diseases. Vol. 64, n° 6, pp. 1661-1664.

FACHINGER V, BISCHOFF R, JEDIDIA S B, SAALMÜLLER A et ELBERS K (2008). The effect of vaccination against porcine circovirus type 2 in pigs suffering from porcine respiratory disease complex. *Vaccine*. Vol. 26, n° 11, pp. 1488-1499.

F.LAOT F (2012). Une histoire de la formation des adultes depuis 1830. In : JACQUET-FRANCILLON (François), D'ENFERT (Renaud), LOEFFEL (Laurence) (dir.), *Une histoire de l'école. Anthologie de l'éducation et de l'enseignement en France, XVIIIe-XXe siècle* », Histoire de l'éducation. Éditions Retz.

FRAYSSINHES J (2015). Le rôle de l'expérience et la formation des adultes [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.implications-philosophiques.org/actualite/une/le-role-de-lexperience-et-la-formation-des-adultes> [Consulté le 6 juin 2018].

HALBUR P G (1998). Porcine viral respiratory diseases. In : *Proceedings of the 14th International Pig Veterinary Society*. Birmingham, UK. pp. 1-10.

HARMS P A, SORDEN S D, HALBUR P G, BOLIN S R, LAGER K M, MOROZOV I et PAUL P S (2001). Experimental Reproduction of Severe Disease in CD/CD Pigs Concurrently Infected with Type 2 Porcine Circovirus and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. *Veterinary Pathology*. Vol. 38, n° 5, pp. 528-539.

HEMANN M, BEACH N M, MENG X J, HALBUR P G et OPRIESSNIG T (2012). Vaccination with inactivated or live-attenuated chimeric PCV1–2 results in decreased viremia in challenge-exposed pigs and may reduce transmission of PCV2. *Veterinary Microbiology*. Vol. 158, n° 1-2, pp. 180-186.

ISTF (2018). *Les chiffres 2018 du digital learning. We the Talent*.

JARVIS P (2012). *Adult Learning in the Social Context*. Taylor & Francis. ISBN 978-1-136-62877-1.

JEONG J, PARK C, CHOI K et CHAE C (2016). A new single-dose bivalent vaccine of porcine circovirus type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* elicits protective immunity and improves growth performance under field conditions. *Veterinary Microbiology*. Vol. 182, pp. 178-186.

JEONG J, KANG I, KIM S, PARK K H, PARK C et CHAE C (2018). Comparison of 3 vaccination strategies against porcine reproductive and respiratory syndrome virus, *Mycoplasma hyopneumoniae*, and porcine circovirus type 2 on a 3 pathogen challenge model. Vol. 82, pp. 39-47.

JIMENEZ L F M, NIETO G R, ALFONSO V V et CORREA J J (2014). Association of swine influenza H1N1 pandemic virus (SIV-H1N1p) with porcine respiratory disease complex in sows from commercial pig farms in Colombia. *Virologica Sinica*. Vol. 29, n° 4, pp. 242-249.

KEDKOVID R, WOONWONG Y, ARUNORAT J, SIRISEREewan C, SANGPRATUM N, LUMYAI M, KESDANGSAKONWUT S, TEANKUM K, JITTIMANEE S et THANAWONGNUWECH R (2018). Porcine circovirus type 3 (PCV3) infection in grower pigs from a Thai farm suffering from porcine respiratory disease complex (PRDC). *Veterinary Microbiology*. Vol. 215, pp. 71-76.

KIM J, CHUNG H-K et CHAE C (2003). Association of porcine circovirus 2 with porcine respiratory disease complex. *The Veterinary Journal*. Vol. 166, n° 3, pp. 251-256.

KNOWLES M S (1990). *L'apprenant adulte: vers un nouvel art de la formation*. Les Editions d'Organisation. ISBN 978-2-7081-1124-0.

KNOWLES M S, HOLTON E F et SWANSON R A (2005). *The adult learner: the definitive classic in adult education and human resource development*. 6e édition. Amsterdam ; Boston : Elsevier.

KOLB, David A., 2014. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. 2e édition. FT Press. ISBN 978-0-13-389250-5.

KWON T, YOO S J, PARK C-K et LYOO Y S (2017). Prevalence of novel porcine circovirus 3 in Korean pig populations. *Veterinary Microbiology*. Vol. 207, pp. 178-180.

KYRIAKIS S C, SAOULIDIS K, LEKKAS S, MILIOTIS Ch C, PAPOUTSIS P A et KENNEDY S (2002). The Effects of Immuno-modulation on the Clinical and Pathological Expression of Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome. *Journal of Comparative Pathology*. Vol. 126, n° 1, pp. 38-46.

La formation continue vétérinaire - L'Ordre national des vétérinaires (2016). [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.veterinaire.fr/exercer-le-metier/la-formation-veterinaire-continue/la-formation-continue-veterinaire.html> [Consulté le 24 juillet 2018].

La formation tout au long de la vie (2017). Ministère de l'Éducation nationale [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.education.gouv.fr/cid217/la-formation-tout-au-long-de-la-vie.html> [Consulté le 8 juin 2018].

LEE J-A, OH Y-R, HWANG M-A, LEE J-B, PARK S-Y, SONG C-S, CHOI I-S et LEE S-W (2016). *Mycoplasma hyorhinis* is a potential pathogen of porcine respiratory disease complex that aggravates pneumonia caused by porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. Vol. 177, pp. 48-51.

L'e-learning en entreprise, une solution de formation pratique et efficace (2016). CALLIMEDIA e-Learning Solutions [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://callimedia.fr/elearning-en-entreprise> [Consulté le 8 juin 2018].

LEMAN A D (1992). *Diseases of Swine*. 7e édition. Iowa State University Press. ISBN 978-0-8138-0442-2.

LEVESQUE C, PROVOST C, LABRIE J, HERNANDEZ Y, BURCIAGA NAVA J A, GAGNON C A et JACQUES M (2014). *Actinobacillus pleuropneumoniae* Possesses an Antiviral Activity against Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. *PLoS ONE*. Vol. 9, n° 5, pp. e98434.

LI B, DU L, XU X, SUN B, YU Z, FENG Z, LIU M, WEI Y, WANG H, SHAO G et HE K (2015). Transcription analysis on response of porcine alveolar macrophages to co-infection of the highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Virus Research*. Vol. 196, pp. 60-69.

LIN X, HUANG C, SHI J, WANG R, SUN X, LIU X, ZHAO L et JIN M (2015). Investigation of Pathogenesis of H1N1 Influenza Virus and Swine Streptococcus suis Serotype 2 Co-Infection in Pigs by Microarray Analysis. *PLOS ONE*. Vol. 10, n° 4, pp. e0124086.

LINDEMAN E (1926). The meaning of adult education [en ligne]. New York, New Republic, inc. Disponible à l'adresse : <http://archive.org/details/meaningofadulthood00lind> [Consulté le 24 juillet 2018].

Loi n° 71-575 du 16 juillet 1971 portant organisation de la formation professionnelle continue dans le cadre de l'éducation permanente, Article 1 (1971). [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000687666> [Consulté le 24 juillet 2018].

LOI n° 2004-391 du 4 mai 2004 relative à la formation professionnelle tout au long de la vie et au dialogue social, Article 2 (2004). [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000613810&categorieLien=id> [Consulté le 6 juin 2018].

LOYEN M (2017.) Gamifier ses dispositifs de formation pour mieux engager - by Unow. Unow [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.unow.fr/blog/le-coin-des-experts/4-recettes-a-appliquer-a-lettre-booster-taux-dengagement-vos-formations-digitales-34> [Consulté le 12 juin 2018].

MARTINEAU G-P (1997). Maladies d'élevage des porcs. France Agricole Editions. ISBN 978-2-85557-030-3.

MEZIROW J (1991). Transformative Dimensions of Adult Learning. Wiley. ISBN 978-1-55542-339-1.

MONTESSORI M et BERNARD G (2016). L'éducation élémentaire: Pédagogie scientifique. Desclée De Brouwer. ISBN 978-2-220-08300-1.

NIEDERWERDER M C, BAWA B, SERAO N V L, TRIBLE B R, KERRIGAN M A, LUNNEY J K, DEKKERS J C M et ROWLAND R R R (2015). Vaccination with a Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRS) Modified Live Virus Vaccine Followed by Challenge with PRRS Virus and Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Protects against PRRS but Enhances PCV2 Replication and Pathogenesis Compared to Results for Nonvaccinated Cochallenged Controls. *Clinical and Vaccine Immunology*. Vol. 22, n° 12, pp. 1244-1254.



OPRIESSNIG T, THACKER E L, YU S, FENAUX M, MENG X-J et HALBUR PG (2004). Experimental Reproduction of Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome in Pigs by Dual Infection with *Mycoplasma hyopneumoniae* and Porcine Circovirus Type 2. *Veterinary Pathology*. Vol. 41, n° 6, pp. 624-640

OPRIESSNIG T, HALBUR P G, YU S, THACKER E L, FENAUX M et MENG X J (2006). Effects of the timing of the administration of *Mycoplasma hyopneumoniae* bacterin on the development of lesions associated with porcine circovirus type 2. *Veterinary Record*. Vol. 158, n° 5, pp. 149-154.

OPRIESSNIG T, MADSON DM, PRICKETT JR, KUCHAR D, LUNNEY JK, ELSENER J et HALBUR PG (2008). Effect of porcine circovirus type 2 (PCV2) vaccination on porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) and PCV2 coinfection. *Veterinary Microbiology*. Vol. 131, n° 1-2, pp. 103-114.

OPRIESSNIG T, PATTERSON AR, MADSON DM, PAL N et HALBUR PG (2009). Comparison of efficacy of commercial one dose and two dose PCV2 vaccines using a mixed PRRSV–PCV2–SIV clinical infection model 2–3-months post vaccination. *Vaccine*. Vol. 27, n° 7, pp. 1002-1007.

OPRIESSNIG T, GIMENEZ-LIROLA L G et HALBUR P G (2011a). Polymicrobial respiratory disease in pigs. *Animal Health Research Reviews*. Vol. 12, n° 02, pp. 133-148.

OPRIESSNIG T, MADSON DM, SCHALK S, BROCKMEIER S, SHEN HG, BEACH NM, MENG XJ, BAKER RB, ZANELLA EL et HALBUR PG (2011b). Porcine circovirus type 2 (PCV2) vaccination is effective in reducing disease and PCV2 shedding in semen of boars concurrently infected with PCV2 and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Theriogenology*. Vol. 76, n° 2, pp. 351-360.

OPRIESSNIG T, O'NEILL K, GERBER P F, DE CASTRO AMMG, GIMENÉZ-LIROLA L G, BEACH N M, ZHOU L, MENG X-J, WANG C et HALBUR PG (2013). A PCV2 vaccine based on genotype 2b is more effective than a 2a-based vaccine to protect against PCV2b or combined PCV2a/2b viremia in pigs with concurrent PCV2, PRRSV and PPV infection. *Vaccine*. Vol. 31, n° 3, pp. 487-494.

PALINSKI R, PINEYRO P, SHANG P, YUAN F, GUO R, FANG Y, BYERS E et HAUSE B M (2017). A Novel Porcine Circovirus Distantly Related to Known Circoviruses Is Associated with Porcine Dermatitis and Nephropathy Syndrome and Reproductive Failure. *Journal of Virology*. Vol. 91, n° 1, pp. 1-42.

PALLARES F J, HALBUR P G, OPRIESSNIG T, SORDEN S D, VILLAR D, JANKE B H, YAEGER M J, LARSON D J, SCHWARTZ K J, YOON K J et HOFFMAN L J (2002). Porcine Circovirus Type 2 (PCV-2) Coinfections in US Field Cases of Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome (PMWS). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. Vol. 14, n° 6, pp. 515-519.

PARK C, OH Y, SEO H W, HAN K et CHAE C (2013). Comparative Effects of Vaccination against Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) in a PCV2-PRRSV Challenge Model. *Clinical and Vaccine Immunology*. Vol. 20, n° 3, pp. 369-376

PARK C, SEO H W, HAN K et CHAE C (2014a). Comparison of Four Commercial One-Dose Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Vaccines Administered to Pigs Challenged with PCV2 and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus at 17 Weeks Postvaccination To Control Porcine Respiratory Disease Complex under Korean Field Conditions. *Clinical and Vaccine Immunology*. Vol. 21, n° 3, pp. 399-406.

PARK S-J, SEO H W, PARK C et CHAE C (2014b). Interaction between single-dose *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines on dually infected pigs. *Research in Veterinary Science*. Vol. 96, n° 3, pp. 516-522.

PAULINE J-M (2013). Blended learning : Pourquoi, quand et comment. [en ligne]. Disponible à l'adresse : [http://www.e-learning-letter.com/info\\_article/m/382/blended-learning-pourquoi-quand-et-comment.html](http://www.e-learning-letter.com/info_article/m/382/blended-learning-pourquoi-quand-et-comment.html) [Consulté le 12 juin 2018].

PIERRARD C (2017). Gamification, l'outil efficace pour créer de l'engagement. [lesechos.fr](http://lesechos.fr) [en ligne] Disponible à l'adresse : <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/cercle-175062-gamification-loutil-efficace-pour-creer-de-lengagement-2123592.php#Xtor=AD-6000> [Consulté le 12 juin 2018].

POMORSKA-MOL M, DORS A, KWIT K, KOWALCZYK A, STASIAK E et PEJSAK Z (2017). Kinetics of single and dual infection of pigs with swine influenza virus and *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Microbiology*. Vol. 201, pp. 113-120.

Promouvoir l'éducation et la formation des adultes - Éducation et formation - European Commission (2018). Éducation et formation [en ligne]. Disponible à l'adresse : [https://ec.europa.eu/education/policy/adult-learning/adult\\_en](https://ec.europa.eu/education/policy/adult-learning/adult_en) [Consulté le 8 juin 2018].

RECH R R, GAVA D, SILVA M C, FERNANDES L T, HAACH V, CIACCI-ZANELLA J R et SCHAEFER R (2018). Porcine respiratory disease complex after the introduction of H1N1/2009 influenza virus in Brazil. *Zoonoses and Public Health*. Vol. 65, n° 1, pp. 155-161.

ROGERS C R (1969). *Freedom to learn: A view of what education might become*. Columbus (OH): Merrill.

ROVIRA A, BALASCH M, SEGALES J, GARCIA L, PLANA-DURAN J, ROSELL C, ELLERBROK H, MANKERTZ A et DOMINGO M (2002). Experimental Inoculation of Conventional Pigs with Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus and Porcine Circovirus 2. *Journal of Virology*. Vol. 76, n° 7, pp. 3232-3239.

ROZIER E (2010). John Dewey, une pédagogie de l'expérience. *La lettre de l'enfance et de l'adolescence*. Vol. 80-81, n° 2, pp. 23.

SEO H W, PARK S-J, PARK C et CHAE C (2014). Interaction of porcine circovirus type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccines on dually infected pigs. *Vaccine*. Vol. 32, n° 21, pp. 2480-2486.

SHEN H-G, HALBUR P G et OPRIESSNIG T (2012). Prevalence and phylogenetic analysis of the current porcine circovirus 2 genotypes after implementation of widespread vaccination programmes in the USA. *Journal of General Virology*. Vol. 93, n° 6, pp. 1345-1355.

SIBILA M, FORT M, NOFRARIAS M, PÉREZ DE ROZAS A, GALINDO-CARDIEL I, MATEU E et SEGALÉS J (2012). Simultaneous Porcine Circovirus Type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* Co-inoculation does not Potentiate Disease in Conventional Pigs. *Journal of Comparative Pathology*. Vol. 147, n° 2, pp. 285-295.

STADEJEK T, WOZNIAK A, MILEK D et BIERNACKA K (2017). First detection of porcine circovirus type 3 on commercial pig farms in Poland. *Transboundary and Emerging Diseases*. Vol. 64, n° 5, pp. 1350-1353.

THACKER E L, HALBUR P G, ROSS R F, THANAWONGNUWECH R et THACKER B J (1999). *Mycoplasma hyopneumoniae* Potentiation of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus-Induced Pneumonia. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol. 37, pp. 8.

THACKER E L, THACKER B J, YOUNG T F et HALBUR P G (2000). Effect of vaccination on the potentiation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV)-induced pneumonia by. *Vaccine*. Vol. 18, pp. 1244-1252.

THACKER E L, THACKER B J et JANKE B H (2001a). Interaction between *Mycoplasma hyopneumoniae* and Swine Influenza Virus. *Journal of Clinical Microbiology*. Vol. 39, n° 7, pp. 2525-2530.

THACKER E L (2001b). Immunology of the Porcine Respiratory Disease Complex. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 17, n° 3, pp. 551-565.

THANAWONGNUWECH R, BROWN G B, HALBUR P G, ROTH J A, ROYER R L et THACKER B J (2000). Pathogenesis of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus-induced Increase in Susceptibility to *Streptococcus suis* Infection. *Veterinary Pathology*. Vol. 37, n° 2, pp. 143-152.

TOCHETTO C, LIMA D A, VARELA A P M, LOIKO M R, PAIM W P, SCHEFFER C M, HERPICH J I, CERVA C, SCHMITD C, CIBULSKI S P, SANTOS A C, MAYER F Q et ROEHE P M (2018). Full-Genome Sequence of Porcine Circovirus type 3 recovered from serum of sows with stillbirths in Brazil. *Transboundary and Emerging Diseases*. Vol. 65, n° 1, pp. 5-9.

TORBERT W R (1972). *Learning from experience: toward consciousness*. New York: Columbia University Press. ISBN 978-0-231-03672-6.

VAN REETH K, NAUWYNCK H et PANSAERT M (1996). Dual infections of feeder pigs with porcine reproductive and respiratory syndrome virus followed by porcine

respiratory coronavirus or swine influenza virus: a clinical and virological study. *Veterinary Microbiology*. Vol. 48, n° 3-4, pp. 325-335.

XU M, WANG S, LI L, LEI L, LIU Y, SHI W, WU J, LI L, RONG F, XU M, SUN G, XIANG H et CAI X (2010). Secondary infection with *Streptococcus suis* serotype 7 increases the virulence of highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus in pigs. *Virology Journal*. Vol. 7, n° 1, pp. 184-193.

# Annexes

## **Annexe 1 : Script vidéo sur l'anatomie de l'appareil respiratoire du porc**

Dans cette vidéo nous allons décrire étape par étape les différents éléments qui constituent l'appareil respiratoire du porc.

Commençons tout d'abord par localiser l'appareil respiratoire. Nous voyons sur ce schéma qu'il commence par la bouche continue par la trachée pour enfin loger les poumons dans la cage thoracique.

Si on extrait seulement l'appareil respiratoire, on voit que l'air rentre par les cavités nasales, transite par l'oropharynx constitué du larynx et du pharynx, poursuit son chemin dans la trachée, se divise dans les bronches pour enfin atteindre les poumons.

Si nous effectuons à présent une coupe de la cavité nasale, nous obtenons ce genre d'image. Pour mieux comprendre la structure voici le schéma associé.

Nous voyons donc que les cavités nasales sont constituées de cornets nasaux qui se divisent en une partie dorsale et une partie ventrale. Entre les 2 cavités, nous retrouvons le septum nasal.

Concentrons-nous à présent sur la trachée et les poumons. Voici des poumons de porc que nous allons schématiser pour mieux comprendre les structures.

Nous retrouvons à l'entrée de la cage thoracique : la trachée. C'est un conduit constitué de tissu fibreux et selon les animaux de 32 à 35 anneaux cartilagineux. La trachée relie le larynx aux bronches droite et gauche. Elle peut mesurer jusqu'à 20 cm de long et fait environ 5 cm de diamètre.

Si nous regardons au microscope à quoi ressemble une trachée en coupe après fixation et coloration, nous obtenons ce genre d'image.

Nous retrouvons au contact de la lumière de la trachée un épithélium respiratoire. Il correspond à un ensemble de cellules qui tapissent l'intérieur de la trachée dont des

cellules ciliées et des cellules à mucus. On retrouve en dessous le chorion qui comprend des glandes séromuqueuses et des vaisseaux sanguins. Ces 2 couches de cellules forment la muqueuse. Enfin en dessous se trouve le cartilage trachéal.

Passons aux bronches respiratoires. Nous voyons que la trachée se divise dans la cage thoracique en bronche primaire droite et gauche. Ces 2 bronches principales vont ensuite relier les lobes pulmonaires que nous détaillerons juste après, et se diviser en bronches secondaires se jetant dans chaque lobe puis en bronchioles se jetant dans des lobules.

Lorsque nous coupons un lobe pulmonaire au niveau d'une bronche nous obtenons cette image. Vous pouvez voir le parenchyme pulmonaire qui est percé de bronches primaires et secondaires.

Présentons maintenant l'anatomie générale des poumons. Ils sont constitués de 3 lobes à gauche et 3 lobes à droite ainsi qu'un lobe central. Les lobes pulmonaires possèdent des dénominations selon leur localisation. Nous retrouvons le lobe apical qui est le plus crânial de tous les lobes, puis le lobe cardiaque au contact du cœur et enfin le lobe diaphragmatique qui est le lobe le plus caudal et au contact du diaphragme. Le lobe central se nomme lobe azygos ou encore lobe accessoire. La dénomination est la même à droite de l'animal.

Passons à la description d'un lobe. Ce sont des sous parties de l'appareil respiratoire qui commencent à partir d'une bronche secondaire. Les lobes sont constitués de nombreux lobules qui comportent des bronchioles terminales se prolongeant dans des bronchioles respiratoires pour terminer dans des sacs alvéolaires où s'effectueront les échanges gazeux. Au plus on avance dans l'appareil respiratoire au plus le diamètre des conduits diminue. Remarquons que la différence entre une bronche et une bronchiole se trouve dans la présence ou l'absence d'anneaux cartilagineux.

Lors d'une coupe transversale de bronche nous obtenons cette image. Elle est constituée au centre de la lumière de bronche, la première couche de cellules forme la muqueuse respiratoire qui forme des replis selon le niveau de contraction des cellules musculaires lisses que l'on retrouve en dessous. On y trouve des glandes

séromuqueuses responsables de la lubrification des bronches. Et le tout est entouré d'anneaux cartilagineux.

Si on observe à présent une coupe de bronchiole, on remarque l'absence d'anneaux cartilagineux et la présence d'un épithélium cylindrique dépourvu de cellules à mucus.

On voit sur cette coupe la fin d'une bronche en coupe transversale avec la présence d'anneaux cartilagineux, qui se poursuit dans une bronchiole respiratoire. Ces bronchioles débouchent directement sur les sacs alvéolaires.

Sur cette 2<sup>e</sup> image nous voyons bien la connexion entre une bronchiole et les alvéoles. L'air passera donc des bronchioles aux alvéoles.

Pour ce qui est des alvéoles, on voit sur cette coupe que leur paroi est fine et ressemble à des sacs d'air.

Il est difficile avec une simple coloration de différencier les types cellulaires qui composent la paroi des alvéoles mais on y trouve des pneumocytes I qui sont de petites cellules en relation étroite avec les cellules endothéliales qui tapissent les capillaires sanguins. C'est au niveau de cette barrière alvéolo-capillaire qu'ont lieu les échanges gazeux.

On retrouve aussi des pneumocytes II qui sont de plus grosses cellules responsables de la sécrétion de surfactant permettant de réduire les tensions de surface et ainsi faciliter les échanges gazeux.

Au contact de ces alvéoles, on retrouve des macrophages qui sont des cellules du système immunitaire et qui constituent une première barrière de protection face aux pathogènes respiratoires.

Terminons cette vidéo par l'animation suivante qui va nous décrire le trajet de l'air et comment s'effectuent les échanges gazeux.

Lors d'une inspiration l'air passe donc dans la trachée puis emprunte différentes voies dans les bronches jusque dans les bronchioles. Il termine son trajet dans les sacs alvéolaires, là où les échanges gazeux vont avoir lieu.



Ainsi dans les alvéoles, de l'air riche en oxygène va échanger ses molécules d'oxygène contre des molécules de dioxyde de carbone avec le sang. Le sang qui arrive au niveau des poumons est en effet riche en dioxyde de carbone. Les poumons sont là pour le ré oxygéner. Il est intéressant de noter la proximité entre les vaisseaux sanguins et les alvéoles. Leurs échanges se font au niveau de la barrière alvéolo-capillaire.

Lors de l'expiration, l'air empruntera le chemin inverse.

## **Annexe 2 : Script vidéo sur la recherche d'expert**

Au travers de cette vidéo nous allons expliquer comment trouver un expert international sur un sujet touchant aux pathologies respiratoires du porc. C'est parti.

Bonjour,

Au travers de cette vidéo nous allons expliquer comment trouver un expert international sur un sujet touchant aux pathologies respiratoires du porc.

Nous allons vous montrer comment utiliser Web of Science qui est une plateforme de données bibliographiques et bibliométriques utile pour la recherche d'expert sur des sujets précis.

Il faut tout d'abord préciser qu'il est impossible de trouver un expert qui serait spécialisé sur l'ensemble des pathologies respiratoires du porc, en effet un expert maîtrise généralement seulement un ou deux pathogènes.

Commençons donc nos recherches sur la plateforme Web of science.

Nous allons utiliser la pleuropneumonie porcine pour illustrer cette vidéo et notamment la recherche d'un expert. Dans la barre de recherche nous inscrivons donc l'objet de notre recherche c'est-à-dire le nom de la bactérie responsable de la pleuropneumonie porcine dans sa version latine.

Nous observons 1945 résultats en rapport avec notre recherche. Pour analyser les résultats, rien de plus simple, il vous suffit de cliquer sur « analyse result ». La page qui s'ouvre nous permet de trier les résultats selon le type de document, l'année de publication ou encore par le nom de l'auteur ce qui nous intéresse ici. Lorsque ce tri est effectué, nous observons un top 3 d'auteur sur le sujet avec notamment Marcelo Gottschalk qui représente quasiment 3% des publications sur le sujet.

Ensuite si nous recommençons la recherche avec l'ajout de « and swine », nous obtenons 768 résultats sur le sujet. Après avoir cliqué sur analyser les résultats, et trier par auteur, nous retrouvons Marcelo Gottschalk encore une fois dans le top 3 avec 3.6% des publications. Même chose avec l'ajout de « and pigs » où nous trouvons 1108 résultats et après triage des auteurs nous trouvons Marcelo Gottschalk en première position avec 3.7 % des publications.

Il est important de noter que nous avons effectué 3 types de recherches c'est-à-dire le nom de la bactérie complété de « and swine » et « and pigs ».

Ainsi nous pouvons affirmer que Marcelo Gottschalk, étant donné sa présence au niveau des publications sur le sujet, fait partie des experts sur la pleuropneumonie porcine.

Vous pourriez ainsi le contacter à propos d'une question sur la pleuropneumonie porcine, car l'expert constitue un contact rapide et accessible. Vous prendrez garde toute fois à analyser les conclusions de façon critique car l'avis d'expert se retrouve en bas de la pyramide des preuves.

Si vous souhaitez avoir plus d'informations sur les définitions de l'impact factor d'une revue et du h-index d'un auteur, pensez à consulter le module « Gestion de l'information et médecine de précision » dans laquelle vous trouverez trois vidéos vous expliquant dans son intégralité la méthode EBM.

## **Annexe 3 : Script vidéo SDRP**

Le syndrome dysgénésique et respiratoire porcin, communément dénommé SDRP ou « purss » en anglais est une maladie présente dans tous les pays à production intensive. Les souches de virus circulantes sont cependant différentes en fonction des pays et bien plus agressives aux Etats-Unis qu'en Europe par exemple. Apparue dans les années 90 en France le syndrome a d'abord été dénommé « maladie des oreilles bleues » car comme vous pouvez le voir sur les deux photos ici, la maladie peut se manifester notamment par une cyanose au niveau des oreilles. Plus généralement et comme son nom l'indique le syndrome est « dygénésique » c'est-à-dire que l'on observe des problèmes de reproduction et « respiratoire » avec des signes au niveau de l'arbre respiratoire. Tout ceci fait que son impact économique est important.

Le virus SDRP est un virus à ARN ce qui en fait un virus très variable sur les plans antigénique et génétique avec une facilité à se transformer. On trouve donc plusieurs souches au tropisme et à la pathogénicité variables. Ainsi, le type 2 entouré en rouge sur le schéma contient des souches plus agressives circulantes aux Etats Unis et en Chine notamment. Dans le type 1 entouré en bleu on retrouve les souches européennes avec des différences selon que l'on s'intéresse à l'Europe de l'Ouest ou de l'Est. Cette facilité du virus à se transformer et à évoluer a des conséquences notamment en termes de vaccination puisque ces caractéristiques lui permettront d'échapper à la protection vaccinale si la nouvelle souche de l'élevage diffère trop de la souche vaccinale. On dit que deux souches sont similaires si l'homologie est supérieure ou égale à 97%.

Parmi les autres caractéristiques de ce virus on retiendra sa grande infectivité, puisque 10 particules virales suffisent à l'infection d'un animal, et le fait qu'il engendre une infection persistante avec une virémie prolongée. Ainsi, la transmission du SDRP pourra se faire jusqu'à 3 mois post infection contrairement à celle de la grippe par exemple, dont nous parlerons dans une autre présentation, qui se fera sur un laps de temps beaucoup plus court, de l'ordre de la semaine. Par ailleurs, le virus du SDRP se répliquant dans les macrophages, cellules du système immunitaire, il favorisera l'occurrence d'infections secondaires avec l'implantation de bactéries parfois qualifiées de bactéries suiveuses comme les pasteurelles. Enfin

c'est un agent pathogène faiblement résistant contrairement au circovirus par exemple que l'on verra aussi dans un autre chapitre. Le virus du SDRP sera donc difficile à isoler d'animaux morts sauf s'ils ont été sacrifiés dans l'objectif de poser un diagnostic. La désinfection de l'environnement sera elle par contre facilitée.

Les voies de contamination d'un élevage sont multiples comme cela est illustré sur ce schéma. Elles sont ici entourées en rouge avec un trait plus ou moins épais selon leur importance. L'introduction des animaux reproducteurs, l'air ou les camions sont donc des voies de contamination majeures d'un élevage par le virus du SDRP. Quant aux centres d'insémination, en raison de leur fonctionnement en semence fraîche, ils sont exposés à disséminer l'agent pathogène s'ils sont contaminés d'autant que la mise en évidence de l'infection est compliquée. Cependant il existe des contrôles systématisés tant au niveau de la semence que du sérum d'où les pointillés pour cette voie de contamination sur le schéma.

Une fois le virus introduit la dynamique d'infection sera propre à chaque élevage selon qu'il est mono ou multi-sites, qu'il fonctionne en tout plein tout vide ou au contraire en rotation comme nous l'expliquons dans la présentation relative au complexe respiratoire porcin. On peut aussi distinguer deux formes épidémiologiques selon que c'est ou non la première fois que le virus est introduit dans l'élevage c'est-à-dire primo-infecté. Ainsi, même si les signes comme nous l'avons dit en introduction et comme l'indique le nom de la maladie seront, quelle que soit la forme, à la fois en lien avec la reproduction et l'appareil respiratoire ; on aura une prédominance de désordres de reproduction dans la forme épizootique lorsque le virus apparaît pour la première fois dans un élevage, et une prédominance de signes respiratoires dans la forme enzootique c'est-à-dire lorsque le virus est en quelque sorte « installé » dans l'élevage. Il est à noter toutefois que la forme épizootique contre intuitivement peut durer relativement longtemps puisque la contamination d'un élevage peut prendre jusqu'à 5 mois. La forme enzootique, quant à elle, lorsque le virus circule dans l'élevage à bas bruit, n'est pas antinomique de la survenue de pics épidémiques notamment à l'automne et sur les primipares qui sont plus à risque car difficile à protéger avant la mise à la reproduction alors que l

es vieilles truies, elles, seront protégées toute leur vie de reproducteur pour autant que la souche ne change pas.

Parmi les symptômes de reproduction que l'on pourra observer il s'agira d'avortements en fin de gestation, la barrière placentaire étant perméable pendant le dernier tiers de gestation y compris d'ailleurs pour les virus vaccinaux vivants. On aura aussi sur des truies quelle que soit leur parité des mises bas prématurées après 110 à 113j de gestation et des problèmes de non venue en chaleur après le sevrage. Les truies sont malades et présentent une fièvre souvent élevée avec une anorexie surtout observable en gestation mais possible aussi en lactation avec une chute de production de lait engendrant des conséquences sur les portées. Le taux de porcelets mort nés est élevé, le nombre de porcelets momifiés pas toujours augmenté, les porcelets vivants faibles.

En ce qui concerne les signes respiratoires on peut observer des pneumonies interstitielles. La pneumonie se traduit par le dépôt de cellules nécrotiques dans les alvéoles et une prolifération des pneumocytes. C'est ce que l'on peut voir en histologie avec du côté gauche la coupe d'un poumon normal et à droite cette « épithélialisation » des parois alvéolaires. Vous pouvez imaginer que les échanges gazeux au niveau de ces parois se font donc beaucoup moins bien et que la respiration est alors difficile. Au niveau macroscopique on peut imaginer à partir de la photo en bas à gauche que le poumon est ici bombé et dure avec le détachement des lobes. Dans la forme épizootique on peut retrouver des lésions sur les porcelets à la mamelle dès la première semaine de vie. Dans la forme enzootique on aura plutôt une atteinte des porcelets en PS et à l'engraissement avec des formes respiratoires compliquées car pouvant associer plusieurs agents pathogènes et pouvant conduire à un amaigrissement marqué et dans tous les cas une augmentation des mortalités. On y reviendra dans le chapitre consacré au Complexe des Maladies Respiratoires Porcines ou PRDC ainsi que les différents moyens diagnostiques de la circulation de SDRP en élevage.

Mais ici attachons nous à décrire comment on peut lutter contre la maladie. L'idée est d'éviter la relance continue de circulation du virus donc de se concentrer sur la gestion « SDRP » des cochettes. Il existe plusieurs protocoles de vaccination possible et des protocoles dits de stabilisation associant vaccination éventuellement en blitz c'est-à-dire de masse et renforcement des protocoles de biosécurité. Les vaccins utilisés sont de plusieurs types, tués ou, le plus souvent aujourd'hui, vivants atténués. Dans certains cas on peut envisager l'éradication par des techniques de

dépeuplement repeuplement des élevages mais compte tenu des nombreuses voies de contamination cela nécessite un contexte bien particulier. Ainsi dans certains pays comme la France, la production porcine étant très régionalisée la maladie l'est aussi et l'option éradication a été préférée à celle du contrôle lors de l'incursion de la maladie dans un élevage il y a une dizaine d'années. On retiendra donc que si il est relativement facile d'assainir un élevage mais le problème est ensuite de le maintenir indemne et qu'il faut donc associer vaccin et biosécurité pour contrôler le syndrome dysgénésique et respiratoire porcin.

## Annexe 4 : Script vidéo sur les infections « suis-cide »

Les infections « suis-cide » regroupent les infections à *Streptococcus suis*, à *Haemophilus parasuis* et à *Actinobacillus suis* qui ne sera pas abordée ici. Même si ces infections sont dues à des bactéries très différentes, elles sont regroupées car elles sont de véritables tueuses ce qui est souligné par le suffixe Cide dans le jeu de mots de ce titre. Une mort brutale est souvent le symptôme le plus caractéristique avec une lésion commune de polysérosite fibrineuse qui correspond à une poly-inflammation aigue des séreuses : péricarde, plèvre, péritoine et membranes synoviales. C'est une infection mondiale et l'expert reconnu internationalement sur le sujet est un argentin vivant au Canada : Marcello Gotchalk.

*Streptococcus suis* tout d'abord. Cette bactérie comprend 35 sérotypes qui n'ont pas tous la même importance ni la même virulence conférée par leur capsule. Certains serotypes sont isolés plus souvent dans certaines pathologies. Ainsi le *Streptococcus suis* type 2 est souvent isolé des méningites, endocardites et épocardites et quelquefois retrouvé dans les lésions de pneumonie mais il n'est pas le seul et pour compliquer un peu, il existe des *Streptococcus suis* de type 2 non pathogènes. C'est pourquoi l'on préfère parler de pathotype plutôt que de sérotype. La plupart des porcs sont porteurs d'au moins un sérotype de *Streptococcus suis* sans montrer de symptôme. Même si des cas humains associés à cette bactérie sont connus depuis longtemps, des chocs toxiques ont été recensés en Chine et en Asie du Sud Est à partir des années 2000 associés à de l'abattage fermier et suite à la pénétration de la bactérie au niveau de blessures mineures de la peau.

Le porcelet s'infecte très tôt lors de la parturition mais seul un faible pourcentage sera infecté et un faible pourcentage d'entre eux développera une maladie clinique. *Streptococcus suis* naturellement présent dans les cavités nasales et amygdales va rejoindre la circulation sanguine suite à un stress ou un affaiblissement immunitaire. Ensuite, plusieurs hypothèses : la prise en charge par un monocyte c'est-à-dire un globule blanc qui va protéger *Streptococcus suis* des anticorps dans le sang et lui permettre de traverser les séreuses comme la barrière hémato-méningée, le péricarde, l'endocarde ou les membranes synoviales, une exagération de la réponse immunitaire avec un choc toxique ou celle plus récente d'une insuffisance de la



réponse immunitaire innée. On retiendra un rôle majeur du système immunitaire dans le mode d'action de la bactérie avec une maladie résultante peu contagieuse.

La maladie lorsqu'elle survient suite à un transport, un regroupement, un stress est une maladie majeure du post-sevrage ou du début d'engraissement. Les symptômes dépendent de l'organe cible. Les lésions de méningite sont purulentes comme on peut le voir en haut à droite sur la photo et sur la coupe histologique correspondante où les méninges sont remplis de cellules alors que leur contenu devrait être liquidien. On a une hyperthermie importante, des symptômes nerveux et l'évolution vers la mort est rapide. On ne sait pas vraiment pourquoi la forme clinique atteindra un porcelet donné et il est rare que la maladie prenne une forme épidémique. On assiste souvent à des problèmes à répétition aux mêmes périodes dans un élevage donné avec une notion de 'fenêtre pathologique' : l'âge, la forme clinique et son évolution sont alors similaires d'une fois sur l'autre. La bactérie peut être responsable d'infections primaire ou secondaire au SDRP, au circovirus ou à l'influenza auquel cas elle est souvent responsable de la gravité des symptômes.

Le diagnostic sera vu dans la présentation sur le complexe respiratoire porcin. La lutte est difficile et l'éradication impossible en pratique. Comme la maladie a toujours lieu lors d'une fenêtre précise en élevage l'idée est d'adopter une démarche de médication stratégique. Par exemple, démarrer les antibiotiques une semaine avant l'apparition des problèmes. Ensuite il y a la tactique ou l'adaptation de la stratégie aux contraintes du terrain. Ainsi si les problèmes apparaissent trois semaines après le début du post sevrage on va médiquer dans le deuxième âge. Sur les animaux malades il faut associer antibiotiques et anti-inflammatoires. Quant à la vaccination le problème est celui d'utiliser 'la' souche en cause dans l'élevage avec la polémique attenante aussi sur l'efficacité vaccinale des auto-vaccins.

Passons à *Haemophilus parasuis*. C'est une bactérie Gram négative, fragile. Ainsi sa culture s'effectue sur milieux enrichis et elle sera difficile à isoler de cadavres. Il en existe de nombreux sérotypes là aussi plus ou moins pathogènes et on retrouve là encore en général un pathotype par élevage, tous les élevages étant infectés.

La bactérie étant habituellement présente dans les cavités nasales, son passage dans le sang fait suite à l'intervention d'un facteur stress et de faiblesse immunologique. La maladie de Glässer frappe ainsi classiquement dans sa forme

primaire les nouveaux peuplements pour lesquels son importance tient à la gravité qu'elle peut revêtir en termes de nombre d'animaux touchés, d'impact financier et de frustration engendrée. Elle peut aussi être secondaire dans les élevages infectés par le SDRP par exemple.

Les symptômes sont similaires à ceux observés avec *Streptococcus suis* avec l'association de mortalités brutales chez des porcs sevrés, d'engraissement et même chez des jeunes reproducteurs. On observe une polyserosite donc de possibles arthrites, méningites et des problèmes respiratoires illustrés ci-dessous par des images d'inflammation fibrinopurulente de la plèvre en bas à gauche et de pneumonie interstitielle en bas à droite visibles lors d'autopsies.

La prévention passe par la vaccination après identification du pathotype incriminé. Les élevages n'étant pas indemnes d'infection il faut par ailleurs prêter attention aux regroupements, transports et autres facteurs pouvant potentiellement diminuer la résistance des animaux. Le contrôle de la forme secondaire consiste à commencer par contrôler le SDRP ou le circovirus selon le cas. La forme primaire répond en général bien à de nombreux antibiotiques. On procède à l'injection chez les plus malades et la mise en place d'une metaphylaxie.

## **Annexe 5 : Script vidéo sur les maladies associées au circovirus**

Les maladies associées au circovirus porcins sont apparues au début des années 2000 en Europe et ont été par la suite rapportées en 2010 par les américains avec l'avantage que si la clinique était sévère, un vaccin était néanmoins disponible. Au départ la forme classique était la MAP ou Maladie d'amaigrissement du porcelet. La clinique était caractérisée par un amaigrissement très rapide illustrée par le porcelet en bas à gauche de l'écran avec une implication du système immunitaire reflétée entre autre par des ganglions très hypertrophiés comme on peut le voir en bas à droite de l'écran. Aujourd'hui la maladie clinique est devenue rare et l'on parle d'infections subcliniques ou inapparentes. Celles-ci sont très répandues.

Le circovirus porcine est un petit virus à ADN, très résistant. Trois espèces ont été décrites, le PCV1 ou type 1, non pathogène pour les porcs, le PCV2 agent causal principal des maladies associées au circovirus et le PCV3 rapporté en 2016 aux Etats Unis. Toutes les souches de PCV2 n'ont pas la même virulence. Ainsi, on décrit deux génotypes dont un, le génotype 1 est souvent associé aux formes sévères de MAP. L'on n'explique pas encore comment un virus aussi commun et présent dans tous les élevages a pu devenir si pathogène en si peu de temps : une mutation ? l'intervention de co-facteurs infectieux ou non infectieux ?

Le circovirus agit via une dys-régulation du système immunitaire. Ainsi certaines cellules infectées par le PCV2 sont incapables de sonner l'alarme quand une agression bactérienne survient. Dans le cas de la MAP par exemple, on observe alors un amaigrissement important et très rapide qui ne peut être imputable 'simplement' à l'arrêt de la prise alimentaire. Seuls certains animaux sont touchés ce que l'on n'est pas en mesure d'expliquer complètement mais sans doute en lien notamment avec leur charge virale.

En dehors de la MAP encore dénommée syndrome de dépérissement fatal ou syndrome de dépérissement en post-sevrage ou encore post weaning multisystemic wasting syndrome en anglais, le circovirus de type 2 mais aussi celui de type 3 sont rapportés comme impliqués sur certains problèmes de reproduction et dans le syndrome dermatite-néphrite. Dans ce cas des complexes antigènes-anticorps se

déposent dans tous les vaisseaux sanguins. Des lésions cutanées allant de zones erythémateuses à des zones de nécroses étendues surtout localisées sur l'arrière train sont observées, conséquence d'une vasculite nécrosante des artérioles sous-cutanées. Les lésions vasculaires généralisées conduisent à de l'œdème souvent dans les régions déclives et les membres. Les lésions rénales conduisent à des symptômes généraux : amaigrissement, prostration qui font que l'euthanasie doit être pratiquée. Si la morbidité est faible, la létalité est élevée. Il est souvent difficile de savoir si le circovirus a un rôle d'initiateur ou de suiveur mais il est mis en évidence dans un grand nombre de lésions. Ainsi il serait aussi impliqué en partie dans la pneumonie proliférative et nécrosante, une forme sévère de pneumonie interstitielle. Il reste cependant encore beaucoup d'inconnues quant au rôle du circovirus et il faut donc faire attention à ne pas l'associer à tous les problèmes rencontrés du fait de sa présence dans pratiquement tous les élevages.

La lutte est essentielle dans la gestion des co-infections. On lutte en effet contre une infection inapparente dans la plupart des cas mais qui est une co-infection majeure en raison de son implication dans la perturbation du système immunitaire. On peut retenir une immunopathie dont les lymphocytes sont le carburant. Si on est naisseur les truies seront vaccinées. Dans les autres cas la vaccination des porcelets peut être préférée, l'âge d'apparition des symptômes lorsqu'il y a maladie et non plus seulement infection apparaissant plus tardif qu'avant.

## **Annexe 6 : Script vidéo sur l'influenza porcin**

L'influenza ou grippe porcine est une maladie ancienne mais toujours d'actualité. On a à l'esprit la déferlante médiatique en 2009 relative à la potentielle pandémie avec le virus influenza A H1N1 et le spectre d'une possible nouvelle catastrophe de grippe espagnole. Le virus influenza mute en permanence car il est segmenté d'où la dénomination plus rigoureuse des influenzas au pluriel. Il y a une régionalisation importante des souches circulantes et à côté d'une forme classique concernant le porc à l'engrais on a vu l'apparition récente en élevage d'une forme récurrente en post sevrage.

Le genre qui nous intéresse est celui de l'influenzavirus A seul véritablement pathogène pour le porc. La variabilité de ces virus dont tous les segments remonte aux oiseaux fait qu'il peut y avoir des réassortiments entre différents influenzas provenant de différentes espèces. Le porc n'est pas au centre mais c'est un hôte intermédiaire pour l'adaptation des virus aviaires à l'espèce mammifère, la génération de virus réassortants à potentiel zoonotique et l'hébergement d'anciennes souches humaines pour lesquelles la population humaine serait potentiellement redevenue naive. La grippe porcine est une zoonose surveillée dans tous les pays. La transmission interhumaine de virus influenza porcin est généralement inefficace mais parfois suspectée.

Il existe plusieurs sous types d'influenza A en fonction des glycoprotéines de surface présentes qui sont les plus variables, hémagglutinine ou HA et neuraminidase ou NA. Les virus vont pouvoir évoluer selon deux mécanismes : le glissement antigénique ou drift progressif et qui consiste en des modifications mineures conséquence d'une polymérase de faible fidélité ; et la cassure antigénique ou shift avec des échanges de type d'hémagglutinine ou de neuraminidase lors de co-infections. Cette variabilité des virus influenza A aura des conséquences en termes de potentiel de transmission interspécies comme évoqué précédemment mais aussi en termes de virulence, de tropisme tissulaire, et de validité des outils de diagnostic et de prophylaxie médicale. On retiendra aussi la régionalisation importante des souches circulantes : H1N2 et H3N2 en Amérique, H1N1 et H1N2 en France par exemple.

Le virus de la grippe porcine est un virus très contagieux ainsi la morbidité peut atteindre 100% d'un lot. De manière similaire aussi à la grippe saisonnière humaine la mortalité est en général faible et la transmission se fait par aérosols lors de toux ou d'éternuements ou par voie nasopharyngée lors de contacts physiques. L'excrétion du virus limitée à une semaine confère une bonne immunité. Les facteurs de diffusion de la maladie sont les mouvements des porcs, l'introduction de nouveaux lots par exemple dans les engraissements à sources multiples.

On rencontre deux formes de la maladie chez le porc. Une forme dite classique en engraissement et une forme plus récente en post sevrage qui est dite récurrente car elle va se répéter bande après bande. Les symptômes communs et similaires au syndrome grippal humain bien que moins marqués sont ceux d'une fièvre avec de l'apathie, de la léthargie engendrant de l'anorexie mais aussi des signes respiratoires avec notamment des coups de flancs et dans les stades tardifs de la toux, des éternuements, du jetage nasal, de la conjonctivite. Si les complications surviennent elles sont attribuées aux infections concomitantes. Dans les cas simples les symptômes disparaîtront en 5 à 7 jours.

Le diagnostic clinique seul est insuffisant car il n'existe pas de signes pathognomoniques de la maladie c'est-à-dire attribuable spécifiquement à celle-ci. Ainsi la présence d'un syndrome grippal ne veut pas dire influenza et le diagnostic définitif ne sera posé qu'après analyses de laboratoire. Le diagnostic sérologique est délicat compte tenu de la variabilité des souches d'influenza mais peut être réalisé avec des serums pairés prélevés à 2 ou 3 semaines d'intervalle. On privilégiera plutôt le diagnostic virologique avec l'utilisation de cordes à mâcher ou un écouvillonnage nasal sur au moins 3 porcs d'une même bande présentant de l'hyperthermie. Il s'agira d'un cas d'influenza si au moins un écouvillon contient du génôme de virus influenza A. Cela n'est possible que si l'on est en début de phase clinique comme illustré par le graphique sur la droite, et ceci compte tenu de la cinétique d'excrétion du virus. Cette technique permettra le sous typage du virus.

L'administration d'antipyrétiques aspirine ou paracétamol est très efficace et permet de lever l'anorexie. Un mieux est alors observé rapidement. Pour la vaccination, elle semble avoir un réel intérêt notamment dans la forme récurrente en post sevrage mais l'on manque encore de données pour répondre à la possible interférence avec

l'immunité colostrale en fonction du moment où l'on choisit de vacciner et de la même manière sur la durée suffisante de la protection vaccinale pour couvrir l'ensemble de la période à risque. Dans tous les cas il faudra l'adapter à la forme de grippe rencontrée dans l'élevage considéré.

## **Annexe 7 : Script vidéo sur Actinobacillus pleuropneumoniae**

Nous allons aborder la pleuropneumonie porcine, maladie de l'engraissement, due à une bactérie gram négative dénommée *Actinobacillus pleuropneumoniae* ou par son abréviation App.

Il est essentiel ici de distinguer maladie et infection. Si la maladie c'est-à-dire l'expression clinique de l'infection est d'importance moyenne à élevée, l'infection est fortement tensiogène c'est-à-dire sources de tension. Ainsi des souches virulentes d'*Actinobacillus pleuropneumoniae* peuvent demeurer asymptomatiques dans un élevage donné mais par contre provoquer des symptômes lorsqu'introduites dans un autre élevage ; et cette caractéristique peut être source de conflit entre acheteur et vendeur. La contamination peut se faire de manière verticale le long de la pyramide de production et il est donc essentiel de connaître les statuts sanitaires en amont des élevages commerciaux, élevages fournissant les porcelets pour l'engraissement ou les animaux reproducteurs pour les élevages naisseurs.

On distingue 18 sérotypes et deux biovars selon leur besoin en NAD pour pousser. La plupart des élevages sont infectés par un ou plusieurs sérotypes la plupart du temps non pathogène et la répartition des sérotypes est très variable selon les pays. Toutes les souches ne sont donc pas pathogènes. App produit des toxines nommées Apx I, ApxII, ApxIII, ApxIV. Toutes les souches produisent la toxine Apx IV qui peut donc servir de marqueur. Par contre la présence d'ApxIV ne signifie donc pas la présence d'une souche pathogène. Il est important de bien distinguer infection et maladie. Ainsi un élevage infecté ne présente pas forcément de signes cliniques et/ou de lésions. La bactérie se localise principalement au niveau des amygdales qui sont difficile d'accès pour les antibiotiques ou un écouvillonnage en raison de leur structure avec de nombreux replis ou cryptes.

App peut être un agent primaire, initiateur et induire à lui seul une maladie primaire ou un agent suiveur d'une infection par *Mycoplasma hyopneumoniae* par exemple ou le virus du SDRP dans le complexe respiratoire porcin. Avec des souches virulentes on pourra avoir une nécrose hémorragique pulmonaire en quelques heures. La



réaction est très rapide et faire intervenir le système immunitaire avec une destruction des macrophages alvéolaires et neutrophiles par les toxines d'App.

La bactérie étant peu résistante dans l'environnement, sa transmission nécessite un contact étroit groin à groin en bâtiment. La transmission entre élevages se fait de manière aérogène s'ils sont proches. On distingue deux formes. La forme aigüe classique d'allure épidémique qui se rencontre suite à l'introduction en élevage indemne d'animaux infectés par un sérotype très virulent. Cela peut faire suite au regroupement en engraissement d'animaux d'origines différentes dont certains proviennent d'une maternité infectée par exemple. Et la forme enzootique qui suite à la présence de facteurs infectieux ou non – facteurs de type environnementaux - va faire que l'on va avoir une réapparition clinique dans un élevage déjà infecté mais apparemment indemne.

Dans les cas aigus ce sont des mortalités aigües c'est-à-dire qui surviennent très rapidement qui touchent de « beaux » porcs à l'engraissement ce qui est frustrant pour le producteur et le vétérinaire. La mort peut survenir en moins de trois heures. Les animaux demeurent couchés et ne se lèvent pas. Chez les animaux morts on note des spumosités hémorragiques aux narines et de la congestion généralisée. Les poumons sont le siège d'une pleuropneumonie fibrineuse plus ou moins étendue, les lésions sont le plus souvent unilatérales et touchent le plus souvent le lobe diaphragmatique. On observe des foyers hémorragiques, des séquestres nécrotiques entourés en rouge sur la photo dont la bordure de démarcation est nette à la coupe avec ici une surinfection par les pasteurelles et une bronchite purulente.

Lors de forme chronique et ou inapparente on pourra mettre en évidence à l'abattoir des abcès ou des foyers enkystés accompagnés de pleurésie focale fibreuse cette fois car d'évolution plus longue, qui peuvent entraîner la saisie totale du coffre ou cage thoracique.

La lutte va consister autant que possible à éviter l'introduction de l'infection ce qui nécessite de connaître les statuts des élevages à tous les étages de la pyramide : sélection, multiplication, production. On peut effectuer un monitoring des élevages de sélection-multiplication spécifique avec des sérologies visant des sérotypes particuliers ou non spécifique par des sérologies visant Ap<sub>IV</sub> ou des contrôles de présence de pleurésie à l'abattoir. Si les mélanges sont nécessaires la vaccination

peut être conseillée. Il faut alors que le vaccin contienne le sérotype en cause dans l'élevage car il y a peu voire pas de protection croisée entre sérotypes à la différence de l'infection naturelle. Les vaccins contenant les 3 premières ApX confèrent une protection contre tous les sérotypes. Les porcelets seront alors protégés jusqu'à 8-10 semaines d'âge. Comme il s'agit de vaccins tués, on effectuera alors 2 administrations à 2-3 semaines d'intervalle. Dans les élevages infectés différentes méthodes d'éradication ont été proposées parmi lesquelles le sevrage précoce. La méthode du sevrage précoce est basée sur le fait que la transmission de la truie aux porcelets en maternité se fait souvent après 15 jours. Ainsi l'idée était de sevrer les porcelets avant 10-12j et de médicaliser la truie et les porcelets. Cela diminue le taux d'infection mais sans garantie d'éradication, un porcelet pouvant rester infecté au niveau des amygdales. Par ailleurs, cette méthode est interdite aujourd'hui puisque l'on n'a pas le droit de sevrer des porcelets avant 3 semaines. Des médications stratégiques avec l'utilisation d'un antibiotique deux fois à quelques jours d'intervalle à tous les animaux de l'élevage ont aussi été proposés mais les résultats étaient mitigés et ne s'inscrivent pas dans l'optique d'une réduction de l'usage des antibiotiques. La méthode dépopulation repopulation est en fait la seule méthode réellement efficace mais elle est coûteuse et nécessite de pouvoir repeupler l'élevage avec des animaux indemnes.





**Dupuy Mégane**

**Maladies respiratoires du porc : Contribution à la création d'un module numérique de formation à distance pour les professionnels**

**Résumé**

Cette thèse est une présentation d'un module de formation pour professionnels disponible en ligne pour l'apprentissage de l'anatomie respiratoire porcine, des principaux pathogènes respiratoires rencontrés en élevage porcin ainsi que de la recherche d'experts internationaux sur des sujets précis. Cette présentation s'accompagne d'un développement sur l'historique et l'évolution de la formation pour adulte ainsi qu'une partie explicative sur les différentes co-infections qui interviennent dans le complexe des maladies respiratoires porcines.

**Porcine respiratory diseases : Contribution to the creation of a digital training module for professionals**

**Summary**

This thesis presents a professional training module designed on line in order for professionals to acquire knowledge regarding porcine respiratory anatomy, main swine respiratory pathogens encountered in field, and to be able to search for an international expert on a precise porcine related subject. This presentation encompasses a section regarding the history and evolution of the adult training together with an explicative part on the different co-infections part of the porcine respiratory disease complex.

**Mots-clés**

Online learning, porcine respiratory disease complex, coinfection, swine, education, distance, digital learning, professional

Apprentissage en ligne, complexe des maladies respiratoires porcines, porcs, élevage porcin, apprentissage à distance, numérique