

Enquête sérologique et moléculaire sur la fréquence de *Mycoplasma synoviae* dans les élevages de reproducteurs, de dinde et de poules pondeuses

M. MOUAHID¹

(Reçu le 23/03/2021; Accepté le 27/03/2021)

Résumé

Les manifestations des infections à *Mycoplasma synoviae* représentent dans la pratique de la médecine aviaire, des motifs de consultation de plus en plus croissants ces dernières années. Leurs conséquences multiples notamment les œufs de consommation à «apex en verre» chez la poule pondeuse, les arthrites et les ampoules du bréchet chez la dinde sont d'autant de pathologies économiquement coûteuses à travers les pertes directes et/ou des saisies au niveau des abattoirs. Le présent travail rapporte les statistiques des contrôles sérologiques réalisés sur les reproducteurs dinde et chair, la dinde chair, la poule pondeuse au moyen des tests ARL (24370 sérums), Elisa (2873) et par la PCR en temps réelle (3377 pools de 3 écouvillons) de 2017 à Juin 2020 provenant de différentes régions du Maroc. Les résultats montrent un léger recul des positivités comparés aux études précédentes, néanmoins les pourcentages d'infections restent à des taux élevés de 33,0 % chez les reproducteurs chair, 61,2 % chez la dinde chair et 57,9% chez la poule pondeuse.

Mots clés: *Mycoplasma synoviae*, dinde, pondeuse, RT-PCR, ampoule du bréchet, œufs à apex en verre, ELISA, ARL

Serological and molecular survey on the frequency of *Mycoplasma synoviae* in breeding stock, turkey and laying hens

Abstract

Mycoplasma synoviae infection is becoming one of the main reasons for consultations in avian pathology practice. The multiple consequences, in particular, of the so-called "Egg shell apex abnormalities syndrome" in layers, arthritis and breast blisters in turkeys, constitute a heavy economic burden through direct losses and/or condemnations at slaughter. This work reports figures of a serological monitoring carried out on turkey and broiler breeders, broiler turkeys, and laying hens by rapid plate agglutination test (24370 sera), Elisa (2873) and real-time PCR (3377 pools of 3 swabs each). Sera and swabs were collected from poultry farms of different regions of Morocco during the period of 2017 to June 2020. The results showed a slight decline in positivity compared to previous investigations, however the percentage of seropositive birds to *Mycoplasma synoviae* infection remain at high rates as high as 33.0% in broiler breeders, 61.2% in broiler turkeys and 57.9% in laying hens.

Key words: *Mycoplasma synoviae*, Turkey, layer hens, RT-PCR, breast blister, egg shell abnormalities, ELISA, RPAT

INTRODUCTION

Jadis considéré comme une infection mineure dont les symptômes et lésions spécifiques était difficiles à cerner, la mycoplasmosse à *Mycoplasma synoviae* est devenue au fur et à mesure de l'intensification des pratiques d'élevage une dominante pathologique majeure dont l'expression est variable selon l'espèce concernée et très coûteuse dans tous les cas (Kempf, 1997).

Dans son expression la plus sévère chez le poulet de chair, elle peut s'exprimer sous forme respiratoire (Kleven *et al.*, 1972) ou sous forme de synovite et arthropathies amyloïdienne (Landman *et al.*, 2001). Chez la dinde, sa forme grave est sans doute les arthrites purulentes (Kang *et al.*, 2001) souvent récidivantes et compliquées par l'ampoule du bréchet ou bursite qui constitue un motif de saisie important dans les abattoirs (Ferguson-Noel et Noormohammadi, 2013). Par ailleurs, depuis le début des années 2010, une forme nouvelle d'expression de *M. synoviae* chez la poule pondeuse est apparue d'abord en Hollande (Feberwee et Landman, 2008) puis en Italie (Catania *et al.*, 2010). Décrits comme des œufs à apex en verre, les œufs issus des poules touchées ont un apex en rondelle rugueuse, décolorés très fragiles, fêlés et prompts à la casse lors du transport. Parallèlement, de plus en plus de cas d'association de pathogènes impliquant *M. synoviae* sont rapportés,

en l'occurrence le syndrome des péritonites et des ovarites des pondeuses (Raviv *et al.*, 2007), les arthrites résultant de la synergie entre *M. synoviae* et le virus de la bronchite infectieuse (Landman et Feberwee, 2004).

Les reproducteurs n'expriment que rarement la pathologie de façon spécifique lors de perturbation de l'éclosion. Cependant, vu la transmission verticale du germe, le contrôle et la maîtrise de cette infection au niveau de l'étage reproducteurs est capitale pour tout le reste de la filière (Jordan *et al.*, 1975).

L'agglutination rapide sur lame (ARL) a été le premier test sérologique mis en place pour le dépistage des infections à M.s. (Olson *et al.*, 1963). Il a l'avantage d'être précoce dans la détection des anticorps mais peut manquer de spécificité dans certains cas (Ewing *et al.*, 1996). Le test ARL garde cependant l'avantage de la rapidité et de la simplicité par rapport à la culture bactérienne, fastidieuse mais néanmoins utile lorsqu'il s'agit de faire des antibiogrammes ou de déterminer les CMI (concentration minimales inhibitrice) lors de la mise en place de programmes de prophylaxie médicale.

Parallèlement, le test ELISA est de plus en plus utilisé à cause de sa sensibilité. Lorsqu'il est combiné à l'ARL, il permettait d'apporter une aide précieuse dans le dépistage des infections des mycoplasmes avant l'avènement de la

¹ Cabinet Vétérinaire Mouahid, Témara, Maroc

PCR, ensuite de la RT-PCR qui constitue actuellement l'outil de choix pour le diagnostic et la gestion des foyers grâce à la quantification simultanée de la charge microbienne (Feberwee *et al.*, 2005).

Dans la pratique de l'élevage industriel, le recours à ces différents tests comme outils de dépistage et de diagnostic se fait selon plusieurs critères dont certains sont inhérents aux élevages/éleveurs (technicité, degré de qualification, enjeux économiques et commerciaux), et d'autres inhérents à la technique d'analyse elle-même (coût, sensibilités, rapidité...). Ainsi, l'étage des reproducteurs dinde, chair et ponte fera appel le plus souvent à la RT-PCR mais aussi à l'ELISA à l'occasion des contrôles sérologiques. Celle de la poule pondeuse d'oeufs de consommation est portée sur le test ARL pour le dépistage, mais aussi sur la RT-PCR pour décider de la mise en place d'un plan de prophylaxie assez coûteux en cas d'infection. La dinde chair fait appel le plus souvent au test ELISA et à la RT-PCR vu la nécessité de confirmation urgente du diagnostic; le pronostic de la prise en charge d'une infection articulaire dépend beaucoup de la précocité du diagnostic. D'autre part, il a été démontré que les résultats des tests ARL chez la dinde sont souvent mitigés (Ghazikhanian *et al.*, 1973; Rhoades, 1975).

Ce travail rapporte une synthèse de la fréquence des contaminations par *M. synoviae* dans des élevages avicoles intensifs répartis dans les principales régions du Maroc et ce de 2017 à Juin 2020. Il vient jalonne l'historique et l'évolution des infections à *M. synoviae* décrits par les travaux précédents (Nassik *et al.*, 2013, Nassik *et al.*, 2014a; Nassik *et al.*, 2014b; Nassik *et al.*, 2015) qui étaient axés sur les élevages reproducteurs essentiellement et par conséquent le compléter puisque la présente étude relate aussi de la situation dans les élevages de reproducteurs dindes, des dindes chair, poulet de chair et des poules pondeuses. Dans notre étude, les échantillons testés proviennent de cas de consultations pour diagnostic et/ou de programmes de contrôle établis dans les élevages. L'aspect clinique de ces infections est illustré et discuté selon la gravité par espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillons testés vis-à-vis de *M. synoviae* proviennent soit de prélèvements réalisés dans le cadre de plans de surveillance établis au sein des élevages soit soumis pour analyse suite à une suspicion après constats de symptômes évocateurs sur les animaux. L'étude a porté sur les principales espèces aviaires de la production intensive durant les années 2017 à Juin 2020.

Les tests réalisés étaient l'agglutination rapide sur lame, le test ELISA et la RT-PCR. Ils ont concerné 24370 sérums pour le test ARL, 2873 sérums pour l'ELISA et 3377 pools de 3 écouvillons par la PCR en temps réel.

Agglutination rapide sur lame

Après leur réception, les sérums sont décomplémentés à 56°C pendant 30 min et sont testés en pur puis dilués à 1/16 pour écarter les risques de faux positifs (Olson *et al.*, 1963, Glisson *et al.*, 1984). Après, mélange du sérum et de l'antigène coloré, la lecture de l'intensité de l'agglutination est lue selon les prescriptions du fournisseur (MS RPA-test, Soleil, France).

Tableau 1: Répartition des sérums testés par ARL *M. synoviae* par espèce et par année

Année	Reproducteurs dinde	Dinde chair	Reproducteurs chair	Poules pondeuses
2017	534	60	2378	2693
2018	2931	60	2496	2441
2019	460	75	3434	2615
2020	1057	35	1062	2039

ELISA

Les tests réalisés sur les sérums provenant des reproducteurs chair, du poulet de chair et de la poule pondeuse ont été testés sur des kit IDEXX (Hoofddorp, The Netherlands), selon les recommandations du fabricant, La lecture de l'absorbance (longueur d'onde 6500 nm) a été réalisée sur un lecteur ELISA (Tecan SLT Spectra., Swizerland).

Par contre ceux provenant de la dinde reproductrice et chair ont été testés sur des kits spécifiques de Synbiotics (Proflock, Zoetis, USA), la lecture de l'absorbance (longueur d'onde 405 nm) a été réalisée sur un lecteur Elisa Tecan (Sunrise SLT-Spectra, Switzerland).

Tableau 2: Répartition des écouvillons testés par ELISA *M. synoviae* selon l'espèce et l'année

Année	Reproducteurs dinde	Dinde chair	Reproducteurs chair	Poules pondeuse
2017	689	80	875	199
2018	249	57	70	60
2019	0	15	220	0
2020	0	53	175	131

RT-PCR sur échantillons trachéaux

Les écouvillons trachéaux ont représenté la majeure partie des échantillons testés pour la présence du *M. synoviae*. Les échantillons sont traités par pools de trois écouvillons après extraction de l'ADN selon les recommandations du fournisseur (Kylt, AniCon Labor GmbH, Hoeltinghausen, RFA). L'amplification a été réalisée sur un thermocycleur Applied Biosystems 7500 Fast Real-Time (Life Technology, Massachusetts, USA). Le programme d'amplification comprend les phases suivantes : une phase d'activation de la polymérase de 10 minutes à 95°C, suivie d'une phase de 42 cycles comprenant à son tour la phase de dénaturation (15 secondes à 95°C), et l'extension/hybridation (1 minute à 60°C). la détection de la fluorescence est réalisée au moyen du FAM et le HEX pour le contrôle interne.

Tableau 3: Répartition des sérums testés par RT-PCR *M. synoviae* selon l'espèce et l'année

Année	Reproducteur dinde	Dinde chair	Reproducteur chair	Poule pondeuse
2017	273	53	593	61
2018	272	79	681	57
2019	242	41	381	89
2020	132	06	356	35

RÉSULTATS

Reproducteurs dinde

Les résultats des sérologies ARL réalisées (Tableau. 4) montrent une positivité assez élevée mais irrégulière. Celle-ci varie de 29,5 % (2017) à 13 % (2020) alors qu'elle ne dépasse pas les 2 % en 2018 et 2019. Par contre ces valeurs étaient peu élevées pour l'ELISA, enregistrant respectivement 13,3 et 7,63 % pour 2017 et 2018 (Tableau. 5). Les PCR en temps réel montrent par contre des seuils de positivités élevés sur les 4 années (Tableau 6) allant de 8,3 à 35,2 % avec une moyenne de 20,3 % sur quatre années. Les données combinées des RT-PCR étalées sur les quatre années et fractionnées selon les intervalles d'âge révèlent une positivité progressive en fonction de l'âge allant de 0 à 34 % vers 60 semaines d'âge (Figure 1).

Dinde chair

Les valeurs de positivité obtenues en sérologie ELISA et RT-PCR sont plus élevées que celles de l'ARL et sont variables selon les années (Tableaux 4, 5 et 6). Cependant, les valeurs de la RT-PCR sont très élevées et varient de 43,9 à 61,2 % avec une moyenne sur les quatre années de 61,2% mais finissent tous par devenir positifs en fin d'engraissement.

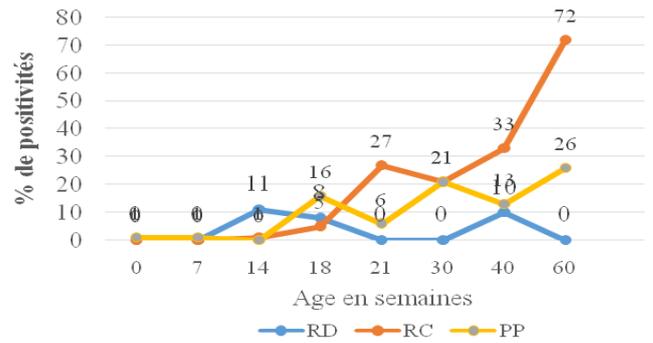


Figure 4: Évolution de la positivité ARL MS de 2017-2020 par espèce

Tableau 4: Fréquence de positivité des tests ARL vis-à-vis de *M. synoviae*

Années	Reproducteurs dinde	Dinde chair	Reproducteurs chair	Poules pondeuses
2017	29,5%	0%	9,3%	4,8%
2018	1%	0%	8,8%	8,15%
2019	1,9%	0%	10%	5,58%
2020	13%	42%	18,6%	5,8%



Figure 1: Articulation tuméfiée due à *M. synoviae* sur dindon



Figure 2: Arthrite purulente au niveau de l'aile



Figure 3: Arthrite purulente sur dindonneau de 13 jours due à *M. synoviae*

Reproducteurs chair

Les résultats des ARL réalisées sur la reproductrice chair sont relativement peu élevés et varient entre 8,8 et 18,6%, par contre ces valeurs sont plus élevées en ELISA et varient de 19 à 70 % selon les années (Tableau 5). Ces valeurs sont moins élevées que celles trouvées par Nassik *et al.*, (2013) puisque les tests étaient positifs du premier jour jusqu'à 56 semaines. Cependant, les positivités sont plus élevées par RT-PCR puisque les valeurs varient de 18,3 (2017) à 62,9 % en 2019. La moyenne de l'infection révélée par RT-PCR sur les quatre années est de 61,2 %. Cette valeur est légèrement plus faible que celles trouvées précédemment (Nassik *et al.*, 2013).

Tableau 5: Résultats des tests ELISA *M. Synoviae* exprimés en % de sérums positifs

	Reproducteurs dinde	Dinde chair	Reproducteurs chair	Poules pondeuses
2017	13,3	1,25	19,0	48,2
2018	7,63	47,3	25,7	11,2
2019	NF	100	70	NF
2020	NF	1,8	41,7	50,0

Poules pondeuses

Le recours régulier aux analyses pour cette spéculation explique le nombre élevé des échantillons examinés. Les résultats de positivités sont faibles pour l'ARL (4,8 à 8,15 %), irréguliers pour le test ELISA 11,2 % en 2018 mais 48,2 et 50 % pour les années 2017 et 2020 respectivement. En revanche, les positivités sont très élevées en RT-PCR pour les 4 années et varient de 42,8 à 88,5 % avec une moyenne de 57,9 % (Tableau 6).

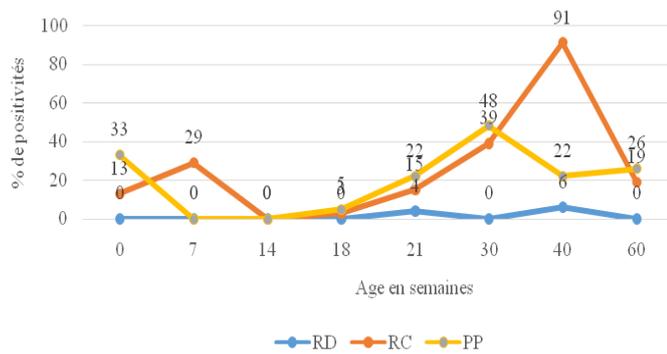


Figure 5: Évolution de la positivité ELISA MS de 2017-2020 par espèce



Photos 1 à 3: Œufs dits à apex en verre du à *M. synoviae*
Présence d'opercule rugueux et fragile

Tableau 6: Résultats des test RT-PCR *M. synoviae* exprimés en % de prélèvements positifs

	Reproducteurs dinde	Dinde chair	Reproducteurs chair	Poules pondeuses
2017	16,4	50,0	18,3	88,5
2018	35,2	51,0	27,1	49,1
2019	22,3	43,9	62,9	51,6
2020	8,3	100,0	24,4	42,8
Moyenne	20,3	61,2	33,0	57,9

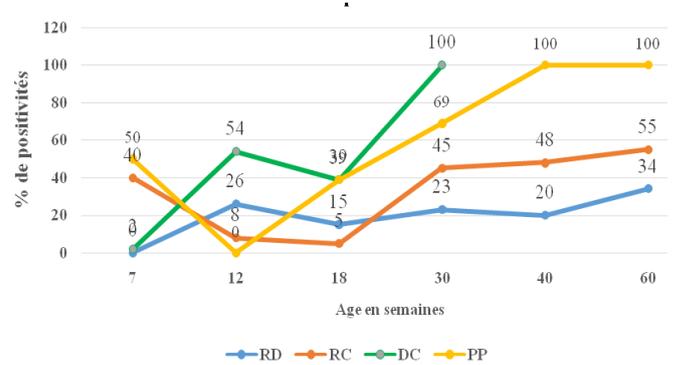


Figure 6: Évolution de la positivité MS par RT-PCR 2017-2020 par espèce

DISCUSSION

Les valeurs de positivités trouvées sur les échantillons examinés sont élevées et restent inquiétantes malgré la baisse des taux comparés à ceux trouvés précédemment sur des troupeaux de reproducteurs chair (Nassik *et al.*, 2013) où les lots devenaient à 100 % positifs à l'infection par *M. synoviae* en fin de carrière. Cette baisse peut être expliquée par l'effort consenti par les accoueurs et leurs vétérinaires encadrants et le contrôle exercé pour le respect des textes réglementaires. Cependant, ces résultats dénotent d'une non-conformité vis-à-vis de la réglementation en vigueur. Il importe donc d'augmenter d'avantage la vigilance et d'améliorer la bio-sécurité à travers des mesures appropriées et une approche de surveillance incluant une procédure standardisée et des analyses à réaliser selon les normes en vigueur.

Cependant, il faut relever la rupture totale de cette démarche au niveau des élevages de poulet de chair puisque nous ne disposons que d'informations disparates sur la situation des infections à *M. synoviae* qu'elles soient verticales ou horizontales. En effet, seuls quelques dizaines de sérums et un faible nombre de demandes d'analyses RT-PCR nous ont été soumises pour des besoins de diagnostic sur du poulet de chair durant quatre d'années (Données non présentées). A cela, on peut avancer certainement le coût des analyses mais aussi la technicité des éleveurs et la capacité très éclatée des élevages qui ne permet pas le retour sur investissement.

L'impact de la maîtrise des infections à *M. synoviae* dans les élevages chair est capital en raison de son interférence dans l'exacerbation des autres pathologies en l'occurrence la Maladie de Newcastle, la Bronchite infectieuse et la maladie de Gumboro (Springer *et al.*, 1974, Giambone *et al.*, 1977).

Chez la dinde, l'infection à *Mycoplasma synoviae* devient une dominante pathologique sérieuse, de part les conséquences économiques relatives à la médication mais aussi comme motif de saisies à l'abattoir qui concerne le bréchet; partie noble de l'animal.

Les taux d'infection révélés par RT-PCR sont très élevés, soit 61,2 % en moyenne durant les quatre dernières années. La virulence des souches de *M. synoviae* peut être variable chez la dinde allant de simples gênes respiratoires à de sérieuses atteintes articulaires (Kang *et al.*, 2002). Le pronostic de la gestion des positivités à *M. synoviae* dépend fortement de la précocité de la détection de l'infection. La pratique de l'élevage de la dinde a montré les limites de tests sérologiques basés sur l'ARL seulement et qui peut

être à l'origine de faux négatifs décrits par ailleurs chez la dinde lorsque l'infection se fait par voie respiratoire. Par contre lorsque la porte d'entrée des germes se fait à travers des ulcères des coussinets ou en cas de pododermatites, l'ARL est très réactive (Kleven *et al.*, 2001). Par ailleurs, le diagnostic ne doit pas uniquement s'appuyer sur la sérologie à cause du risque de faux négatifs dû entre autres à certaines souches de *M. synoviae* à séroconversion tardive malgré que l'infection est déjà installée (Ewing *et al.*, 1998). Ceci est d'autant plus important que l'étage des reproducteurs dinde est pointé comme étant à l'origine de recrudescence de cas d'infection chez les éleveurs de dinde chair. Ceci explique l'engouement des éleveurs de dinde pour la RT-PCR.

Les taux de contamination des reproducteurs chair semblent se maintenir à des niveaux élevés malgré une légère baisse par rapport aux précédentes études (Nassik, 2014; Amaqdouf, 2005). *Mycoplasma synoviae* est difficile à éliminer des élevages en raison de sa rapidité de diffusion comparativement à *Mycoplasma gallisepticum* (Olson *et al.*, 1967) et les lots finissent souvent par être contaminés à 100 %, sans pour autant développer des symptômes ou des lésions spécifiques (Fergusson et Noormohammadi, 2013). Quoique la moyenne de la positivité à *M. synoviae* détectée par RT-PCR sur les reproducteurs type chair examinés durant les quatre dernières années fût de 33 %, les lots terminent leur carrière avec des degrés de contamination élevés avoisinant les 55 %.

Chez la poule pondeuse, les taux d'infection sont élevés et la maladie occasionne de sérieux dégâts, notamment à travers la dégradation de la qualité des œufs (Feberwee et Landman, 2008; Catania *et al.*, 2010) mais aussi à travers les ovarites et péritonites occasionnés par synergie entre *E. coli* et *M. synoviae* (Raviv *et al.*, 2007). Le taux moyen de prévalence détecté par RT-PCR sur les quatre années chez la poule pondeuse est de 57,9 % mais l'analyse de la courbe d'infection relative à l'âge montre que dès 40 semaines d'âge, 100 % des prélèvements étaient positifs. Ceci dénote l'ampleur de la contamination dans ce segment de production mais aussi les risques économiques encourus par les producteurs des œufs de consommation. En plus des facteurs de risques cités plus haut et inhérents à la rapidité de diffusion du *M. synoviae*, il faut noter la pratique de multi-bande-âge encore en vigueur dans cette filière. Ceci n'est pas propre à l'élevage marocain puisque nombreux pays ont mis en place des mesures de réduction des taux de contaminations qui étaient élevés en Angleterre (78,6 %) (Hagan *et al.*, 2004), 73 % en RFA (Kohn *et al.*, 2009) et 73 % en Hollande (Feberwee *et al.*, 2008).

CONCLUSION

Cette étude a montré en combinant les résultats des tests sérologiques et ceux de la RT-PCR que l'infection à *Mycoplasma synoviae* reste une dominante pathologique du secteur avicole marocain et devient une menace pour la rentabilité des élevages surtout ceux de la dinde et de poule pondeuse. Les efforts déployés depuis des années semblent apporter des résultats mitigés et qui appellent à plus de rigueur.

RÉFÉRENCES

- Amaqdouf, K. (2005). Enquête sérologique (ARL) et moléculaire sur l'infection à *Mycoplasma gallisepticum* et à *Mycoplasma synoviae* dans les élevages reproducteurs de l'espèce *Gallus gallus*. Thèse de Doctorat Vétérinaire. IAV Hassan II, Rabat.
- Catania S., Gobbo F., Granato A., Terregino C., Iob L. & Nicholas R.A.J. (2010). Treatment of Eggshell abnormalities and reduced egg production caused by *Mycoplasma synoviae* infection. *Avian Dis.*, 54: 961-964.
- Ewing M.L., Lauerman L.H., Kleven S.H. & Brown M. B. (1996). Evaluation of diagnostic procedures to detect *Mycoplasma synoviae* in commercial multiplier-breeder farms and commercial hatcheries in Florida. *Avian Dis.*, 40: 798-806.
- Ewing M.L., Cookson K.C., Phillips R. A., Turner K.R. & Kleven S.H. (1998). Experimental infection and transmissibility of *Mycoplasma synoviae* with delayed serologic response in chickens. *Avian Dis.*, 40:798-806.
- Feberwee A. Mekkes D.R., De Wit. J.J., Hartman A.E.G. & Pijpers A. (2005). Comparison of culture, PCR, and different serologic tests for detection of *Mycoplasma gallisepticum* and *Mycoplasma synoviae* Infections. *Avian Dis.*, 49: 260-268.
- Feberwee A. and Landman W. (2008). A novel eggshell pathology induced by *Mycoplasma synoviae*. *World Poult.*, 7: 22-23.
- Feberwee A., De Vries. T. & Landman W.J.M. (2008). Seroprevalence of *Mycoplasma synoviae* in Dutch commercial poultry farms. *Avian Pathol.*, 37:629-633.
- Feberwee A. and Landman W.J. (2012). *Mycoplasma gallisepticum* and *Mycoplasma synoviae* control and eradication in Dutch commercial poultry. In Proceeding of IOM,33.
- Ferguson-Noel N. & Noormohammadi A.H. (2013). *Mycoplasma synoviae* infection. In Diseases of Poultry. 13th ed. David E. Swayne. Ed. Am. Ass. Av. Pathol.
- Ghazikhanian G. Yamamoto R. & Cordy D.R. (1973). Response of turkeys to experimental infection with *Mycoplasma synoviae*. *Avian Dis.*, 17:122-136.
- Giambrone J.J. Eidson C.S. & Kleven S.H. (1977). Effect of infectious bursal disease on the response of chickens to *Mycoplasma synoviae*, Newcastle disease virus, and infectious bronchitis virus. *Am. J. Vet. Res.*, 38: 251-253.
- Glisson F.R., Dawe J.F. & Kleven S.H. (1984). The effect of oil-emulsion vaccine on the occurrence of non-specific plate agglutination reactions for *Mycoplasma gallisepticum* and *M. synoviae*. *Avian Dis.*, 28: 397-405.
- Hagan J.C., Ashton N.J., Bradbury J.M., Morgan K.L. (2004). Evaluation of an egg yolk enzyme-linked immunosorbent assay antibody test and its use to assess the prevalence of *Mycoplasma synoviae* in UK laying hens. *Avian Pathol.*, 33: 93-97.
- Jones J.F., Whithear K.G., Scott P.C. & Noormohammadi H. (2006a). Determination of the effective dose of the live *Mycoplasma synoviae* vaccine, Vaxsafe (Strain MS-H) by protection against experimental challenge. *Avian Dis.*, 50: 88-91.
- Jones J.F., Whithear K.G., Scott P.C. & Noormohammadi H. (2006b). Duration of immunity with *Mycoplasma synoviae*: Comparison of the live attenuated vaccine MS-H (Vaxsafe MS) with its wild-type parent strain, 86079/7NS. *Avian Dis.*, 50: 228-223.
- Jordan F.T. (1975). Avian mycoplasma and pathogenicity- A review. *Avian Pathol.*, 4: 165-174.
- Kang M.S., Gazdzinski P. & Kleven S.H. (2002). Virulence of recent isolates of *Mycoplasma synoviae* in Turkey. *Avian Dis.*, 46: 102-110.
- Kempf I. (1997). Les mycoplasmoses aviaires. *Le point vétérinaire*, 28: 41-48.
- Köhn S., Spersger J., Ahlers C. Voss M., Bartels T., Rosengarten R., and Krautwald-Junghanns M.E. (2009). Prevalence of Mycoplasmas in commercial layer flocks during laying period. *Berl Munch Tierarztl. Wochenschr.*, 122: 186-192.

- Kleven S.H., King D.D. & Anderson D.P. (1972). Airsacculitis in broiler from *Mycoplasma synoviae*: effect on air-sac lesions of vaccination with infectious bronchitis and Newcastle virus. *Avian Dis.*, 16: 915-924.
- Kleven S.H., Rowland G.N. & Kumar M.C. (2001). Poor serological response to upper respiratory infections with *Mycoplasma synoviae* in Turkey. *Avian Dis.*, 45:719-723.
- Kursa O., Tomczyk G., & Sawicka A. (2019). Prevalence and phylogenetic analysis of *Mycoplasma synoviae* strains isolated from Polish chicken layer flocks. *Journal Vet. Res.*, 63: 41-49.
- Landman W.J. & Feberwee A. (2001). Field studies on the association between amyloid arthropathy and *Mycoplasma synoviae* infection, and experimental reproduction of the condition in brown layers. *Avian Pathol.*, 30:629-639.
- Landman W.J. & Feberwee A. (2004). Aerosol-induced *Mycoplasma synoviae* arthritis: the synergistic effect of infectious bronchitis virus infection. *Avian Pathol.*, 33: 591-598.
- Nassik S., Rahmatallah, N., Fassi-Fihri O & EL Houadfi M. (2013). Séroprévalence de *Mycoplasma gallisepticum* et de *Mycoplasma synoviae* dans les élevages reproducteurs type poulet de chair au Maroc de 1983 à 2005. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 3: 32-34.
- Nassik S., Aboukhalid R., Azzam F., Rahmatallah N., Lahlou-Amine I., Fasi-Fihri O. & El Houadfi M. (2014a). Detection of *Mycoplasma synoviae* infection in broiler breeder farms of Morocco using serological assays and real time PCR. *J. life Sci.*, 8: 815-821.
- Nassik S., Fassi-Fihri O., Rahmatallah N. & EL Houadfi M. (2014b). Risk factor and incidence of *Mycoplasma synoviae* infection in broiler breeder farms in Morocco. *Int. J. Adv. Res.*, 2: 472-476.
- Nassik S., Fassi-Fihri O., Rahmatallah N. & EL Houadfi M. (2015). Molecular detection and phylogenetic analysis of Moroccan *Mycoplasma synoviae* strains. Proc. WVPAC.
- Noormohammadi A.H., Hemmatzadeh F. & Whithear K.G. (2007). Safety and efficacy of the *Mycoplasma synoviae* MS-H vaccine in Turkeys. *Avian Dis.*, 51: 550-554.
- Olson N.O., Kerr K.M. & Campbell A. (1963). Control of infectious synovitis. 12. Preparation of an agglutination test antigen. *Avian dis.*, 7: 310-317.
- Olson N.O. & Kerr K.M. (1967). The duration and distribution of synovitis-producing agents in chickens. *Avian Dis.*, 11: 578-585.
- Ouchi T. & Sakamoto H. (2011). Application of *Mycoplasma synoviae* live vaccine (MS-H) in layers. *Int. Hatch. Pract.*, 23: 13-16.
- Raviv Z., Ferguson-Noel N., Lalbinis V., Wooten R. & Kleven S.H. (2007). Role of *Mycoplasma synoviae* in commercial layers *E. coli* peritonitis syndrome. *Avian Dis.*, 51:685-690.
- Rhoades K.R. (1975). Antibody responses of turkeys experimentally exposed to *Mycoplasma synoviae*. *Avian Dis.*, 19: 432-442.
- Springer W.T., Luskus C. & Pourciau S.S. (1974). Infectious bronchitis and mixed infections of *Mycoplasma synoviae* and *Escherichia coli* in gnotobiotic chickens. I. Synergetic role in the airsacculitis syndrome. *Infect. Immun.*, 10: 578-589.