

VOIES DE CONTACTS ENTRE OISEAUX D'EAU SAUVAGES ET PARCOURS DE VOLAILLES POUR LA TRANSMISSION DES VIRUS INFLUENZA AVIAIRE

**Bicout J. Dominique¹, Rieutort Delphine¹, Artois Marc¹, Caparros Olivier²,
Musseau Raphaël³, Lubac Sophie⁴**

¹*EPSP-TIMC, VETAGRO SUP, Campus Vétérinaire de Lyon,
1 avenue Bourgelat, 69280 Marcy l'Etoile, France*

²*SEROE Société d'Etude et de Recherche sur les Oiseaux et leur Ecosystème,
30 rue de Bourdeau, 69330 Jonage, France*

³*BIOSPHERE ENVIRONNEMENT,*

52 place de l'Estuaire, 17120 Mortagne Sur Gironde, France

⁴*INSTITUT TECHNIQUE DE L'AVICULTURE, 23 rue Baldassini, 69364 Lyon Cedex 07, France*

lubac@itavi.asso.fr, dominique.bicout@vetagro-sup.fr

RÉSUMÉ

En 2006, la Dombes avait été la scène d'une épizootie mineure d'Influenza Aviaire Hautement Pathogène H5N1 qui avait principalement touché des oiseaux sauvages, notamment Anatidés, et une exploitation de dindes en claustration. Jusqu'à ce jour, aucun cas de contamination en élevages professionnels avec parcours n'a eu lieu en Europe occidentale. Par ailleurs, des études menées dans la Dombes ont montré que les Ansériformes, réputés réservoirs naturels des virus Influenza Aviaire ne fréquentaient pas les élevages de volailles. Toutefois, les données collectées à l'occasion de travaux sur les parcours de volailles ont permis d'approfondir la question des contacts directs et indirects via les oiseaux sauvages entre les écosystèmes 'étang' et 'parcours de volailles'. Ces éléments permettent d'apporter des informations complémentaires quant aux voies possibles de diffusion des virus IA. L'analyse a été réalisée en Dombes, à partir des observations ornithologiques réalisées sur 10 sites d'élevages de volailles sur parcours et sur les unités écologiques périphériques. Il a été développé une approche combinant à la fois l'analyse des relations oiseaux - unités écologiques (probabilités de présence des oiseaux dans les unités écologiques autour des fermes) et groupes d'oiseaux (classés selon leurs modalités de fréquentation des unités écologiques) pour calculer le risque de contact. Nous avons obtenu une organisation en 2 milieux écologiques, milieux secs et humides, et 5 groupes d'oiseaux : Eau, Passerelles, Forestiers, Agricoles et Opportunistes. Les contacts étangs - parcours de volailles peuvent se faire suivant 3 modalités : 1) - contacts directs par le groupe Passerelles (oiseaux présents sur les parcours et à proximité des étangs où ils peuvent se contaminer), 2) - contacts indirects via les milieux humides par les groupes Eau, Agricoles, Forestiers et Opportunistes, 3) - contacts indirects via les milieux secs par les groupes Passerelles, Agricoles, Forestiers et Opportunistes. Cette analyse illustre l'impact de la combinaison avifaune sauvage et paysage environnant les fermes dans le risque de contact-transmission et propagation des virus IA.

ABSTRACT

Routes of Contacts between Wild Waterfowl and Poultry Free Ranging Area for the Transmission of Avian Influenza Viruses

In 2006, the Dombes area witnessed Highly Pathogenic Avian Influenza (AI) H5N1 outbreak that resulted to infection of turkeys in an enclosed building and a subsequent minor epizootic that mainly concerned wild Anatidae bird species. Until this day, no case of contamination in professional breedings birds with free range area took place in Western Europe. Besides, studies led in Dombes showed that wild waterbirds, such as Anseriforms considered natural reservoirs of the viruses Avian Influenza, did not frequent poultry farms. However, the data collected on the occasion of works on courses of poultry allowed to study direct and indirect contacts via wild birds between the ecosystems 'pond' and 'poultry free range area (PFRA)'. These elements bring further informations for possible routes of spread of AI viruses. The analysis was performed using the ornithological observations made on 10 poultry farms sites with PFRA and on peripheral ecological units. Then, it was developed an approach combining both the analysis of relationships birds - ecological units (the probabilities of birds visiting the ecological units around farms) and bird groups (classified according to their terms of attendance ecological units) to calculate the risk of contact. We have got an organization into 2 ecological environments, wet and dry environments, and 5 groups of birds: Water, Bridges, Forest, Agricultural and Opportunistic. Ponds – PFRA contacts can occur in 3 ways: 1) - direct contacts by the group Bridges (birds on the PFRA and near ponds where they can be contaminated with viruses), 2) - indirect contacts through wet environments by groups Water, Agricultural, Forest and Opportunistic, 3) - indirect contacts through dry environments by groups Bridges, Agricultural, Forest and Opportunistic. This analysis illustrates the impact of combining wild birds and landscape surrounding farms in the risk assessment of contact-transmission and spread of AI virus.

INTRODUCTION

La zone de la Dombes est incluse dans les entités zones humides d'importance nationale (convention Ramsar) rassemblant plus de 20 000 oiseaux d'eau (anatidés et foulques) de décembre à février. C'est aussi une zone d'arrêt d'oiseaux migrateurs et un site de reproduction d'environ 130 espèces d'oiseaux qui héberge une avifaune sédentaire importante.

En 2006, la Dombes a été la scène d'une épizootie mineure d'Influenza Aviaire Hautement Pathogène (IA HP) H5N1 qui avait majoritairement touché des Anatidés mais aussi un élevage de dindes en claustration (Hars et al., 2008, Doctrinal et al., 2009). Cette épizootie mineure avait soulevé la question des contacts entre avifaune sauvage et volailles domestiques (Simon et al., 2006). Très peu de références permettent d'évaluer quantitativement le risque d'exposition des volailles élevées en plein air, à des virus d'Influenza Aviaire (Artois et al., 2009), les conséquences de cette exposition pouvant varier considérablement en fonction de la virulence des souches et de la zone géographique. L'importance des activités humaines et commerciales sur la diffusion et la transmission des virus IA HP est reconnue, et ne sera pas abordée ici. Les oiseaux sauvages, dont les Ansériformes réputés réservoirs naturels des virus IA, peuvent aussi être des sources de diffusion des virus dans les territoires et potentiellement d'introduction du virus dans les fermes.

Dans ce contexte, il est important d'appréhender le risque global de contact et de transmission des virus IA aux élevages par les oiseaux sauvages. Un premier angle d'attaque est d'apprécier les contacts directs et indirects (fientes sur parcours, par exemple) auxquels les volailles pourraient être exposées sur les parcours.

Pour cela, nous avons étudié la présence d'avifaune sur les parcours de volailles via des observations ornithologiques par sondages (Bicout et al., 2011). Sur cette base, nous avons développé un modèle et estimé le risque de contact des oiseaux sauvages avec les parcours et le risque de transmission du virus. Il a ainsi été établi une liste ordonnée des oiseaux potentiellement à risque de présence sur les parcours en Dombes (Bicout et al., 2011) et à risque de transmission du virus sur ces parcours (Bicout et al., 2012). Il ressort également de ces analyses que, dans la région de la Dombes, les oiseaux d'eau sauvages tels les Ansériformes ne fréquentent pas les parcours des élevages de volailles (ou probabilité de présence très faible) (Bicout et al., 2011).

Si la contamination d'un élevage avec parcours devait se produire, par quelles voies les virus IA pourraient alors transiter des oiseaux d'eau présents sur les étangs (susceptibles eux-mêmes d'héberger des virus IA) vers les parcours de volailles ? Les

données collectées à l'occasion des travaux précédents sur les parcours de volailles ont permis d'approfondir la question des voies de contacts, d'échanges par les oiseaux entre l'écosystème 'étangs' et 'parcours de volailles'. Le parcours a donc été replacé dans son environnement immédiat, en observant les oiseaux présents sur le parcours et sa périphérie immédiate et en analysant les échanges possibles entre les milieux environnant le parcours. En effet, les oiseaux fréquentant les mêmes unités écologiques sont susceptibles de se rencontrer et pourraient alors jouer un rôle dans le transport des virus.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Données Ornithologiques

L'étude sur les voies de contacts s'appuie sur les observations ornithologiques réalisées lors du premier trimestre 2008 sur 10 sites d'élevages de volailles de chair avec parcours en Dombes :

- d'une part sur les parcours de volailles (méthodes et résultats présentés dans Bicout et al., 2011),
- et d'autre part sur les unités écologiques (UE) présentes sur 350 m périphériques autour de chaque parcours. Elles ont été visitées au cours des mêmes journées et selon la même méthode que les observations précédentes, 2 fois par jour en milieu de matinée et milieu de journée.

Les données utilisées sont pour chaque site :

- la description du site, mosaïque des UE (13 modalités différentes, parcours de volailles inclus) avec leur périmètre et leur surface,
- le nombre de contacts pour chaque espèce d'oiseaux dans chaque UE du site : ce nombre est défini comme le nombre de fois où l'espèce a été vue, aperçue et/ou entendue dans l'UE.

1.2. Analyses

Groupe d'oiseaux similaires : les nombres de contacts pour chaque espèce d'oiseaux dans chaque UE ont été corrigés (en fonction des conditions d'audition et de visibilité des oiseaux pour chaque type d'UE), codés puis utilisés dans une classification hiérarchique ascendante pour créer des 'groupes « g » homogènes d'oiseaux similaires' en termes de profil de fréquentation et de nombres de contacts dans les UE.

Attractivité relative d'un groupe : pour chaque groupe d'oiseaux « g », une attractivité relative $\kappa_{g,s,i}$ du groupe pour chaque UE « i » dans le site « s » est calculée par la relation suivante :

$$\kappa_{g,s,i} = \left(N_{g,s,i} A_{s,i} \right) / \sum_{j=1}^{13} \left(N_{g,s,j} A_{s,j} \right)$$

où $N_{g,s,i}$ et $A_{s,i}$ représentent le nombre de contacts et la surface de l'UE.

Voies de contacts : la probabilité de contacts entre les deux UE Etang et Parcours de Volailles via les groupes d'oiseaux a été calculée de deux manières :

- *contacts directs via un groupe d'oiseaux* : en multipliant les probabilités de contacts de chaque UE pour le groupe considéré,
- *contacts indirects via deux groupes d'oiseaux* : en prenant la somme des produits des probabilités étang-UE intermédiaire pour un groupe et UE intermédiaire-parcours de volaille pour l'autre groupe. Dans les deux cas, une probabilité résultante non nulle correspond à des contacts directs ou indirects.

2. RESULTATS

Quatre-vingt-une espèces d'oiseaux différentes ont été contactées sur treize UE (Parcours de Volailles, Habitat Humain Urbain, Habitat Humain Rural, Prairie et Pâturage, Culture Blé/Orge, Marais et Roselière, Rivière et sa Ripisylve, Chaume, Etang, Forêt, Labour, Friche, Haie). Cinq groupes d'oiseaux similaires en termes de profil de fréquentation et de nombre de contacts par UE ont été identifiés : Agricoles, Eau, Forestiers, Opportunistes et Passerelles. Le **Tableau 1** donne la composition et caractéristiques de chaque groupe, et le **Tableau 2** l'attractivité relative moyenne (moyennée sur tous les sites) des UE pour chaque groupe d'oiseaux du Tableau 1.

L'analyse des probabilités pour chaque groupe de trajet direct entre étang et parcours, entre étang et autres UE, et entre parcours et autres UE a permis d'identifier trois voies possibles de contacts :

- 1) - contacts directs entre les étangs et les parcours de volailles par le groupe d'oiseaux Passerelles,
 - 2) - contacts indirects via les milieux humides (rivières et sa ripisylve) faisant intervenir les groupes d'oiseaux Eau, Agricoles, Forestiers et Opportunistes, 3) - contacts indirects via les milieux secs (formés d'unité écologiques : Chaume, Culture blé/orge, Forêt, Haie, Habitat humain, Prairie et Pâturage) assurés par les groupes d'oiseaux Passerelles, Agricoles, Forestiers et Opportunistes.
- La **Figure 1** présente une synthèse des voies de contacts entre les étangs et les parcours de volaille.

3. DISCUSSION

Mis à part le groupe d'oiseaux Eau, tous les groupes fréquentent à des degrés différents les parcours de volailles. D'un autre côté, l'UE Etang n'est fréquenté que par les groupes (par ordre d'importance décroissant) Eau et Passerelles. Seul le groupe Passerelles a une probabilité de fréquentation et un nombre de contacts important à la fois dans les UE Etangs et Parcours de volailles.

De ce fait, le groupe Passerelles peut assurer des contacts directs, donc une transmission potentielle de virus, entre les étangs et les parcours de volailles (sous réserve de portage). Le groupe Agricoles est aussi à noter comme fréquentant à la fois les UE Etangs et Parcours mais avec un nombre de contacts faible sur l'UE Etangs.

En ce qui concerne les contacts indirects faisant intervenir deux groupes d'oiseaux et une UE intermédiaire, 6 voies de contacts sont possibles :

- 3 voies de contacts partant de l'Etang par le groupe Eau via les milieux humides et contactant le parcours de volailles via les groupes Agricoles, Forestiers et Opportunistes
- et, 3 autres voies de contacts partant de l'Etang par le groupe Passerelles via les milieux secs (Habitat Humain Rural, Prairie et Pâturage, Culture Blé/Orge, Chaume, Forêt, Haie) et contactant le parcours de volailles via les groupes Agricoles, Forestiers et Opportunistes.

CONCLUSION

Les probabilités de contacts entre les groupes d'oiseaux présentées ici, correspondent aux sites et à la période étudiée en Dombes. L'extrapolation à d'autres périodes et d'autres régions est délicate, des études complémentaires seraient nécessaires.

Les groupes d'oiseaux établis et le nom qui leur a été attribué, reflètent l'analyse des données au regard de notre objectif et de notre cadre d'étude.

L'étude précédente Bicout et al., 2012 avait permis de recenser les espèces relevées sur parcours et d'évaluer leur risque de contacts directs et indirects avec les volailles. L'étude présentée dans cet article la complète en i) – identifiant les voies de contacts directs et indirects entre les sources potentielles de virus (écosystèmes oiseaux d'eau - étangs) et les parcours de volailles, et ii) – en recensant les espèces d'oiseaux jouant des rôles différents dans les voies de contacts.

Ces résultats doivent être modulés en fonction du portage et de l'excrétion possible du virus par les différentes espèces, ainsi qu'en fonction des saisons. Ceci permettrait de hiérarchiser davantage les espèces d'oiseaux et les voies de contacts et de transmission possibles de virus Influenza Aviaire Hautement Pathogène. Ce serait nécessaire pour mieux appréhender le rôle possible des oiseaux identifiés dans le groupe Passerelle.

Il est à rappeler qu'aujourd'hui aucun cas de contamination en élevages professionnels avec parcours n'a eu lieu en Europe occidentale depuis 2004, première date de publication des foyers d'Influenza aviaire par l'OIE. La connaissance des oiseaux fréquentant les élevages ou leur périphérie reste pour autant importante à comprendre, ne serait-ce que pour savoir comment le virus peut arriver jusqu'aux portes de l'élevage via ce vecteur.

De plus, l'ensemble de ces travaux permettent d'avoir une vue globale des différents acteurs et rôles de l'avifaune dans la circulation des virus IA dans l'écosystème de la Dombes. Il s'agit là de matériels précieux pour la modélisation du risque influenza aviaire dans la région de la Dombes. De

manière générale, l'approche ainsi développée intéresse aussi l'étude globale des interactions oiseaux sauvages – volailles sur un plan sanitaire, et apporte aussi des éléments sur la biodiversité présente sur les parcours de volailles.

Avec le concours du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - projet Cas DAR 7074 et du PEP Volailles – Région Rhône Alpes

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Artois M., Bicout D. J., et al. 2009. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* **28**(1): 69-92.
2. Bicout D. J., Artois M., Musseau R., Caparros O., Lubac S. 2011. *Journ. Recherche Avic.*, Tours : 546-550
3. Bicout D. J., Artois M., Musseau R., Caparros O., Lubac S. 2012. *3rd Mediterranean Poultry Summit of WPSA and 6th Intern. Poultry Conference*, Egypt
4. Doctrinal D., Ruetten S., Hars J., Artois M., Bicout, D. J. 2009. *Wildfowl* **2**: 202 - 214.
5. Hars, J., Ruetten, S., Benmergui, M., Fouque, C., Fournier, J. Y., Legouge, A., Cherbonnel, M., Baroux, D., Dupuy, C. & Jestin, V. 2008. *J. Wildlife Dis.* **44**: 811–823.
6. Simon A., Doctrinal D., Bicout, D. J. 2006. *Epidémiol. et Santé Anim.* **50**: 27 - 39.

Tableau 2. Attractivités relatives moyennes des unités écologiques et intensités moyennes des taux de contacts pour chaque groupe d'oiseaux.

Unité écologique	Opportunistes	Passerelles	Forestiers	Agricoles	Eau
Habitat humain rural	0,133	0,161	0,018	0	0,001
Forêt	0,113	0,021	0,419	0,023	0
Haie	0,127	0,023	0,17	0	0
Parcours de volaille	0,098	0,038	0,054	0,018	0
Rivière et sa ripisylve	0,068	0	0,131	0,18	0,166
Prairie et pâture	0,091	0,171	0,018	0,206	0
Etang	0	0,162	0	0,113	0,827
Chaume	0,15	0,055	0,07	0,115	0
Culture blé/orge	0,032	0,216	0,056	0,345	0
Habitat humain urbain	0,15	0,152	0	0	0
Marais et roselière	0	0,002	0,063	0	0,006
Labour	0,036	0	0	0	0

Les chiffres représentent l'attractivité relative moyenne et la couleur l'intensité des contacts (blanc = faible, jaune = moyen, et rouge = fort).

Figure 1 : Voies de contacts Etangs – Parcours de volailles.

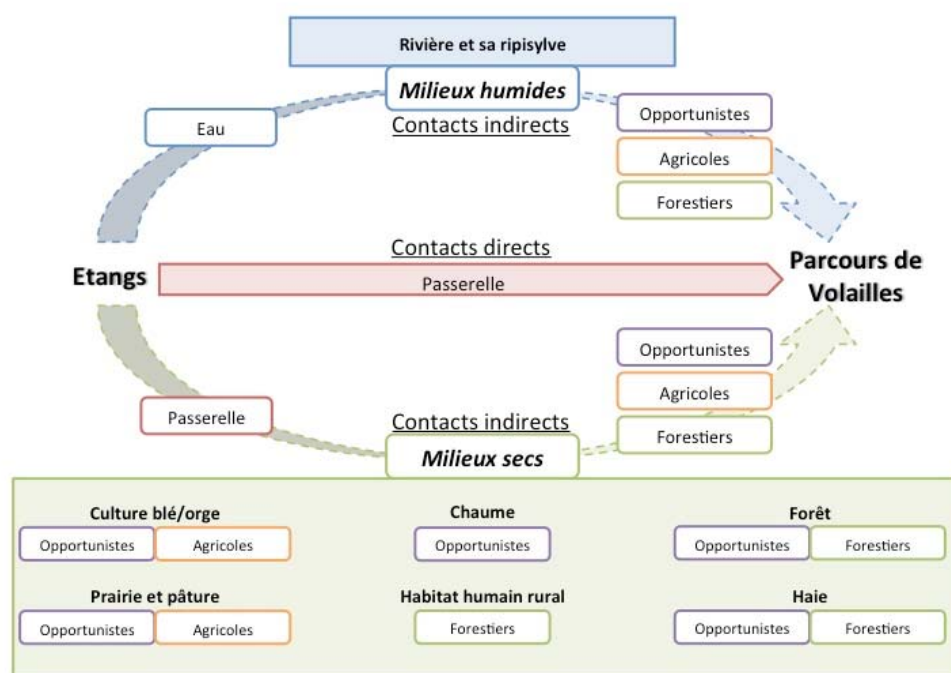
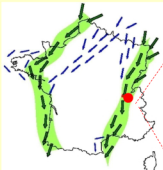


Tableau 1. Composition des 5 groupes homogènes d'oiseaux similaires en termes de fréquentation des unités écologiques et d'intensité de contacts au voisinage des parcours de volailles en Dombes. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre total d'espèces dans le groupe.

Groupe	Ordre	Espèce	Caractéristiques
Agricoles (17)	Charadriiformes	<i>Vanneau huppé</i>	Espèces d'oiseaux présentes sur peu d'unités écologiques à la fois et privilégiant les milieux agricoles, tels que les champs de cultures ou les prairies. Ce groupe ne représente que 2.63% des contacts totaux de tous les sites, toutes unités écologiques et espèces confondues
	Ciconiiformes	<i>Grande aigrette</i>	
	Columbiformes	<i>Tourterelle des bois</i>	
	Coraciiformes	<i>Martin pêcheur d'Europe</i>	
	Falconiiformes	<i>Autour des palombes, Busard des roseaux, Busard saint-martin</i>	
	Galliformes	<i>Faisan de colchide, Perdrix rouge</i>	
	Passeriiformes	<i>Accenteur mouchet, Alouette des champs, Bergeronnette des ruisseaux, Choucas des tours, Corbeaux freux, Linotte mélodieuse</i>	
	Raliiformes	<i>Poule d'eau</i>	
	Strigiformes	<i>Chouette effraie</i>	
Eau (13)	Anseriiformes	<i>Canard colvert, Cygne tuberculé, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Nette rousse, Sarcelle d'hiver</i>	Espèces d'oiseaux présentes sur les unités écologiques humides, et majoritairement sur les étangs. Ce groupe représente 16% des contacts totaux de tous les sites, toutes unités écologiques et espèces confondues.
	Ciconiiformes	<i>Cigogne blanche</i>	
	Gaviiformes	<i>Grèbe castagneux, Grèbe huppé</i>	
	Lariiformes	<i>Mouette rieuse</i>	
	Pelecaniformes	<i>Grand cormoran</i>	
	Raliiformes	<i>Foulque macroule, Rôle d'eau</i>	
Forestiers (24)	Falconiiformes	<i>Buse variable</i>	Espèces d'oiseaux fréquentant en majorité les forêts et haies arbustives. Ce groupe représente 5.12% des contacts totaux de tous les sites, toutes unités écologiques et espèces confondues.
	Passeriiformes	<i>Bruant jaune, Bruant proyer, Fauvette à tête noire, Geai des chênes, Grimpereau des jardins, Grive draine, Grive mauvis, Grive musicienne, Grosbec casse-noyaux, Mésange huppée, Mésange nonette, Mésange noire, Pouillot véloce, Rouge queue noir, Roitelet huppé, Roitelet triple bandeau, Serin cini, Sittelle torchepot, Tarin des aulnes, Verdier d'Europe</i>	
	Piciformes	<i>Pic épeiche, Pic noir, Pic vert</i>	
Opportunistes (12)	Columbiformes	<i>Pigeon ramier</i>	Espèces d'oiseaux présentes en masse sur de nombreuses unités écologiques à la fois, près de 9 sur 12. Ce groupe représente 59.7% des contacts totaux de tous les sites, toutes unités écologiques et espèces confondues.
	Passeriiformes	<i>Corneille noire, Etourneau sansonnet, Merle noir, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Mésange longue queue, Moineau domestique, Pinson des arbres, Pinson du nord, Rouge gorge familier, Troglodyte mignon</i>	
Passerelles (15)	Ciconiiformes	<i>Héron cendré</i>	Espèces d'oiseaux présentes à la fois sur le parcours des volailles et à proximité des étangs, et aussi dans certains milieux secs. C'est le seul groupe ayant la caractéristique de faire le relais entre les oiseaux d'Eau sur les étangs et les parcours de volailles. Ce groupe représente 16.60% des contacts totaux de tous les sites, toutes unités écologiques et espèces confondues.
	Columbiformes	<i>Pigeon biset domestique, Tourterelle turque</i>	
	Falconiiformes	<i>Epervier d'Europe, Faucon crécerelle, Milan noir</i>	
	Passeriiformes	<i>Bergeronnette grise, Bruant des roseaux, Chardonneret élégant, Grive litorne, Moineau friquet, Pie bavarde, Pipit farlouse, Tarier pâle</i>	
	Piciformes	<i>Pic épeichette</i>	

Contexte : En 2006, la Dombes a été la scène d'une épizootie mineure d'Influenza Aviaire Hautement Pathogène H5N1, qui avait majoritairement touché des Anatidés mais aussi un élevage de dindes en claustration. Des études menées dans la Dombes ont montré que les Ansériformes, réputés réservoirs naturels des virus Influenza Aviaire ne fréquentaient pas les élevages de volailles. Et à ce jour, aucun cas de contamination en élevages professionnels avec parcours n'a eu lieu en Europe occidentale. Toutefois, les données collectées à l'occasion de travaux sur les parcours de volailles ont permis d'approfondir la question des contacts directs et indirects via les oiseaux sauvages entre les écosystèmes 'étang' et 'parcours de volailles'. Si la contamination d'un élevage avec parcours devait se produire via les oiseaux, par quelles voies les virus IA pourraient alors transiter des oiseaux d'eau présents sur les étangs vers les parcours de volailles ?



La Dombes, France



zone humide
mosaïque de ~ 1200 étangs



zone relais et de
reproduction de l' avifaune

Objectifs : 1 – Quelles sont les voies de contacts directs/indirects entre les écosystèmes étangs et les parcours de volailles ?
 2 – Quels sont les oiseaux sauvages impliqués dans ces contacts ?

Données Ornithologiques (Dombes 2008)

Zone d' étude : La Dombes, 10 sites d' élevage situés de 20 m à 1 km des étangs
Période d' étude : janvier → décembre 2008 ; 2 à 4 visites / site
Méthode : 4 relevés ornithologiques diurnes / jour, 2 jours de suite, avec comptages d'oiseaux sauvages sur les parcours et les unités écologiques (UE) présentes sur 350 m périphériques autour de chaque parcours.
Données utilisées pour chaque site :
 - périmètres et surface des UE (13 modalités, parcours de volailles inclus)
 - nombre de contacts par espèce d'oiseaux dans chaque UE du site = nombre de fois que l'espèce d'oiseau a été vue, aperçue et/ou entendue dans l'UE.

Analyses

Groupe d'oiseaux similaires : nombres de contacts pour chaque espèce d'oiseaux dans chaque UE (corrigés en fonction des conditions d'audition et de visibilité des oiseaux) codés puis utilisés dans une classification hiérarchique ascendante pour créer des 'groupes « g » homogènes d'oiseaux similaires' en termes de profil de fréquentation et de nombres de contacts dans les UE.
Attractivité relative d'un groupe : pour chaque groupe d'oiseaux « g », une attractivité relative $\kappa_{g,s,i}$ du groupe pour chaque UE « i » dans le site « s » est calculée par la relation suivante :

$$\kappa_{g,s,i} = \left(N_{g,s,i} \times A_{s,i} \right) / \sum_{j=1}^{13} \left(N_{g,s,j} \times A_{s,j} \right)$$

où $N_{g,s,i}$ et $A_{s,i}$ représentent le nombre de contacts et la surface de l'UE.

Résultats

Trois voies possibles de contacts :

- 1) contacts directs étangs - parcours de volailles par le groupe d'oiseaux Passerelles,
- 2) contacts indirects via les milieux humides (rivières et sa ripisylve) faisant intervenir les groupes d'oiseaux Eau, Agricoles, Forestiers et Opportunistes,
- 3) contacts indirects via les milieux secs (formés d'unité écologiques : Chaume, Culture blé/orge, Forêt, Haie, Habitat humain, Prairie et Pâture) assurés par les groupes d'oiseaux Passerelles, Agricoles, Forestiers et Opportunistes.

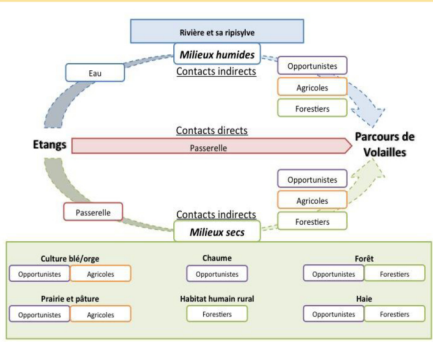


Figure 1 : Voies de contacts Etangs – Parcours de volailles.

Unité écologique	Opportunistes	Passerelles	Forestiers	Agricoles	Eau
Habitat humain/rural	0,133	0,161	0,018	0	0,001
Forêt	0,113	0,021	0,419	0,023	0
Haie	0,127	0,023	0,17	0	0
Parcours de volaille	0,098	0,038	0,054	0,018	0
Rivière et sa ripisylve	0,068	0	0,131	0,18	0,166
Prairie et Pâture	0,091	0,171	0,018	0,206	0
Etang	0	0,162	0	0,113	0,827
Chaume	0,15	0,055	0,07	0,115	0
Culture blé/orge	0,032	0,216	0,056	0,345	0
Habitat humain/urbain	0,15	0,152	0	0	0
Marais et Roselière	0	0,002	0,063	0	0,006
Labour	0,036	0	0	0	0

Tableau 2. Attractivités relatives moyennes des unités écologiques et intensités moyennes des taux de contacts pour chaque groupe d'oiseaux. Les chiffres représentent l'attractivité relative moyenne et la couleur l'intensité des contacts (blanc = faible, jaune = moyen, et rouge = fort).

Groupe	Ordre	Espèce	Caractéristiques
'Agricoles' (2,6 %)	Charadriiformes	<i>Vanneau huppé</i>	Espèces d'oiseaux présentes sur peu d'unités écologiques à la fois et privilégiant milieux agricoles, (champs de cultures ou prairies).
	Ciconiiformes	<i>Grande aigrette</i>	
	Columbiformes	<i>Tourterelle des bois</i>	
	Coraciiformes	<i>Martin pêcheur d'Europe</i>	
	Falconiformes	<i>Autour des palombes, Busard des roseaux, Busard st martin</i>	
	Galliformes	<i>Faisan de colchide, Perdrix rouge</i>	
	Passeriiformes	<i>Accenteur mouchet, Alouette des champs, Bergeronnette des ruisseaux, Choucas des tours, Corbeaux freux, Linotte mélodieuse</i>	
	Ralliformes	<i>Poule d'eau</i>	
	Strigiformes	<i>Chouette effraie</i>	
	Anseriiformes	<i>Canard colvert, Cygne tuberculé, Fuligule milouin, Fuligule morillon, Nette rousse, Sarcelle d'hiver</i>	
'Eau' (16,0 %)	Ciconiiformes	<i>Cygne blanc</i>	Espèces d'oiseaux présentes sur les unités écologiques humides, et majoritairement sur les étangs.
	Gaviiformes	<i>Grèbe castagneux, Grèbe huppé</i>	
	Lariiformes	<i>Mouette rieuse</i>	
	Pelecaniiformes	<i>Grand cormoran</i>	
	Ralliformes	<i>Foule macroule, Râle d'eau</i>	
'Forestiers' (5,1 %)	Falconiformes	<i>Base variable</i>	Espèces d'oiseaux fréquentant en majorité les forêts et haies arbustives.
	Passeriiformes	<i>Bruant jaune, Bruant proyer, Fauvette à tête noire, Geai des chênes, Grimpereau des jardins, Grive draine, Grive mauvis, Grive muscinée, Grosbec casse-noyaux, Mésange huppée, Mésange nonette, Mésange noire, Pouillot véloce, Rouge queue noir, Roitelet huppé, Roitelet triple bandeau, Serin cini, Strelle torchepot, Tarin des aulnes, Verdier d'Europe</i>	
	Piciformes	<i>Pic épeiche, Pic noir, Pic vert</i>	
'Opportunistes' (59,7 %)	Columbiformes	<i>Pigeon ramier</i>	Espèces d'oiseaux présentes en masse sur de nombreuses unités écologiques à la fois, près de 9 sur 12.
	Passeriiformes	<i>Cornelle noire, Etourneau sansonnet, Merle noir, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Mésange longue queue, Moineau domestique, Pinson des arbres, Pinson du nord, Rouge gorge familier, Troglodyte mignon</i>	
'Passerelles' (16,6 %)	Ciconiiformes	<i>Héron cendré</i>	Espèces d'oiseaux présentes à la fois sur le parcours des volailles et à proximité des étangs, et aussi dans certains milieux secs. Le seul groupe faisant le relais entre les oiseaux d'Eau sur les étangs et les parcours de volailles.
	Columbiformes	<i>Pigeon biset domestique, Tourterelle turque</i>	
	Falconiformes	<i>Epervier d'Europe, Faucon crécerelle, Milan noir</i>	
	Passeriiformes	<i>Bergeronnette grise, Bruant des roseaux, Chardonneret élégant, Grive litorne, Moineau friquet, Pie bavarde, Pipit farlouse, Tardier pâle</i>	
	Piciformes	<i>Pic épechette</i>	

Tableau 1. Composition des 5 groupes homogènes d'oiseaux similaires en termes de fréquentation des unités écologiques et d'intensité de contacts au voisinage des parcours de volailles en Dombes. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de contacts du groupe ramené au nombre total de contacts toutes UE et toutes espèces confondues.

Conclusions : Une étude précédente (Bicout et al., 2012) avait permis de recenser les espèces relevées sur parcours et d'évaluer leur risque associé de contacts directs et indirects avec les volailles. La présente étude la complète en i) identifiant les voies de contacts directs et indirects entre les sources potentielles de virus (écosystèmes oiseaux d'eau - étangs) et les parcours de volailles, et ii) en recensant les espèces d'oiseaux jouant des rôles différents dans les voies de contacts. Ceci est à croiser avec le risque de portage des virus Influenza Aviaire. Il s'agit là de matériels précieux pour la modélisation du risque Influenza Aviaire dans la région de la Dombes. De manière générale, l'approche développée intéresse aussi l'étude globale des interactions oiseaux sauvages – volailles sur un plan sanitaire, et apporte aussi des éléments sur la biodiversité présente sur les parcours de volailles.

On a vu que les oiseaux de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, les 25 et 26 mars 2015