

***COMPARAISON DE MORTALITE DE
L'AVIFAUNE ENTRE
DEUX LIGNES THT 400 KV
ENTRE SAINT ANDRE DE CORCY
ET
SAINTE OLIVE DANS L'AIN,
« SAINT VULBAS –GROSNE »
DU PYLONE 57 AU PYLONE 81
ET
« SAINT VULBAS –VIELMOULIN »
DES SUPPORTS 23 À 51***



***Comparaison de la mortalité de l'avifaune entre
deux lignes T.H.T.400 Kvolts
Entre St andré de corcy et Ste olive dans l'Ain,
St Vulbas –Grosne
Du pylone 57 au pylone 81
Et
St Vulbas-Vielmoulin
Des supports 23 à 51***

EDF énergie Rhône-Auvergne
Groupe Exploitation Transport Lyonnais

Etude réalisée par :

C.O.R.A. Rhône
Centre Ornithologique Rhône-Alpes Section Rhône
Maison Rhodanienne de l'Environnement
32, rue Sainte Hélène
69002 Lyon

Chargés d'Etudes : Vincent GAGET
Florence Barbey
novembre 1998

SOMMAIRE

<u>Remerciements</u>	P5
<u>Résumé</u>	P6
<u>A. Présentation de l'étude</u>	P7
<i>A. I. Introduction</i>	
<i>A. II. Définition de la zone d'étude</i>	P8
<i>A. III. Méthodologie</i>	P9
<u>1. durée de l'étude</u>	
<u>2. Méthode de prospection</u>	P10
<u>3. Collecte des informations</u>	
c. Sur l'oiseau	
b. Sur l'environnement	P11
c. Zone non prospectée	
d. Etude précédente	
e. Traitement des données	
<u>B. Résultats</u>	P13
<i>B.1. Espèces victimes des lignes très haute tension</i>	
<u>tableau 1</u> : Espèces victimes des 2 lignes très haute tension	
<i>B.2. Zone de mortalité constatée pour la ligne THT à faisceau double</i>	P14

figure 1 : Histogramme représentant la mortalité de l'avifaune sur chaque portée pour la ligne faisceaux.double

B.3. Zone de mortalité constatée pour la ligne THT à faisceaux triple **P15**

figure 2 : Histogramme représentant la mortalité de l'avifaune sur chaque portée pour la ligne à triple faisceaux

tableau 2 : tableau représentant la comparaison de moyennes entre la ligne double et la ligne triple faisceaux

B.4. Détermination pour chaque ligne très haute tension des zones les plus meurtrières. **P16**

B.4.1. Ligne faisceaux. double

tableau 3 : représentant le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de portée

B.4.2. Ligne faisceaux triple **P17**

tableau 4 : tableau représentant le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de portée

B.5. Effet de la date de prospection **P18**

tableau 5 : tableau représentant les résultats des différentes comparaisons de moyennes

B.6. Effet de la végétation

B.6.1. Sur la ligne double faisceaux

tableau 6 : tableau de l'analyse de l'effet végétation

B.6.2. Sur la ligne triple faisceaux **P19**

tableau 7 : Tableau de l'analyse de l'effet végétation

C. Discussion **P20**

D. Bibliographie **P24**

E. Annexe **P25**

Remerciements

Nos remerciements s'adressent tout d'abord à :

-L'Unité Energie « Rhône-Auvergne »
et son directeur M PRUVOT,
cosignataire de la charte de protection de l'avifaune,
au groupe d'Exploitation Transport Lyonnais et à son équipe de direction,
MM MONCLA et ALFONSO,
ainsi qu'à M.FERON, ingénieur Liaisons,
M.TAILLEUR, ingénieur Liaisons,
et M.MOUSNIER, Agent d'Environnement,

qui ont permis cette étude et nous ont accordé leur confiance en nous chargeant de sa réalisation.

Ce rapport a exigé la contribution de nombreux ornithologues du C.O.R.A. Rhône :

- M. Philippe RIVIERE qui a identifié les restes des cadavres
- M. Michel BOURNAUD pour ces conseil scientifique
- mais aussi tous ceux qui ont participé à la recherche des oiseaux sous les lignes :

Eliane BOISSIERE, Françoise PAULIEN, François AMOROZ, Jean EGLENE, Olivier GATO, Olivier MARTINEZ, Eric MARTINEZ, Céline CIAQUA, Philippe DESCOLLONGE, Serge HONORE, Chantal LAMOTTE, Nadia RIBOULET, Anne LEDREZEN, Marion RODET, Bertrand DEFAY, Claude CROTET, Jean-Luc VESSOT, Colette DUFAUX, Geneviève BOREIL, Jean-François NORMAND, Philippe PADES, ainsi que les assistants salariés en contrat de réinsertion envoyés par l'association ULAT : Dahoui, Fehti, Abdel, Julien et Emmanuel qui se sont relayés pour assurer une prospection efficace.

Résumé

Le réseau électrique aérien constitue un facteur non négligeable de mortalité aviaire. La ligne très haute tension double faisceaux et plus encore la ligne très haute tension triple faisceaux situées entre Saint-André-de-Corcy et Ambérieu-en-Dombes n'échappent pas à la règle, en provoquant une forte mortalité de l'avifaune par collision avec les fils.

Chaque zone meurtrière correspond le plus souvent à une catégorie particulière d'espèces (oiseaux proches de l'homme, oiseaux d'eau, ...), s'expliquant par la présence d'un paysage particulier (zone à étang, habitation, ...).

Certains facteurs tels que la topographie, la végétation entourant les lignes, la densité des individus ou encore la morphologie de l'oiseau augmentent de manière considérable les risques de percussion.

Dans ces conditions, il devient essentiel d'équiper de balises avifaunes les zones meurtrières afin de préserver les populations aviennes résidentes ou non dans les Dombes.

A. Présentation de l'étude

A. I. Introduction

- En 1996, le CORA-Rhône a étudié sur demande du GET Lyonnais l'impact de la ligne 225 kv La-Boisse-Cusset I sur les populations aviennes du parc de Miribel-Jonage : le positionnement de la ligne entre les plans d'eau et la disposition des 5 câbles qui se sont révélés très meurtriers sur une partie des pylônes 17 à 22 (80 oiseaux ont été récupérés en 30 jours). Après l'installation de "balises Avifaune" sur la zone identifiée, la mortalité était réduite à 7 individus pour la même période.

- L'AMBE, dans sa fiche n°7 sur la Région Rhône-Alpes classait les installations Très-Haute-Tension d'EDF Vielmoulin - St-Vulbas et Grosne - St-Vulbas sur les communes de Lapeyrouse, Monthieux et Ambérieux en Dombes (01) à très haut risque pour l'avifaune. Le CORA, en 1996, faisait les mêmes remarques et en tirait les mêmes conclusions.

- L'observation sur le terrain fait apparaître 2 installations parallèles sur les secteurs Vielmoulin - Saint-Vulbas (deux fois 400 kV) et Grosne - Saint-Vulbas (400 kV). Ces installations traversent des plaques d'étangs, croisent perpendiculairement un axe migratoire pré et post-nuptial très important et sont implantées dans une zone de forte reproduction d'anatidés et de laridés.

Tout laisse à penser que ces lignes sont dangereuses pour l'avifaune et doivent être équipées sans tarder. Il apparaît que la zone la plus concernée aurait de 24 à 26 km de long. Les équipements de protection sont indispensables et si l'on se reporte à la conclusion de l'étude menée par le CORA-Rhône sur la ligne 225 kV La-Boisse-Cusset I passant à Miribel-Jonage : "toute installation doit être précédée d'une étude pour sélectionner finement les parties à équiper". Cette étude avait permis d'analyser la ligne composée de 3 câbles conducteurs et deux câbles de garde, plus petits.

Le lignes 400 kV de Monthieux sont composées :

- Pour l'une, de 3 faisceaux doubles sans câble de garde,
- Pour l'autre, de 6 faisceaux triples et 2 câbles de garde.

Certains ouvrages indiquent que les faisceaux doubles sont repérés à l'avance par l'avifaune et sont donc évités, sans qu'aucune étude n'ait jusqu'alors été publiée pour affirmer cette assertion.

Nous proposons donc d'analyser l'impact des lignes à double et triple faisceau sur l'avifaune dombiste nicheuse et migratrice. Notre étude aura pour but de répondre aux trois questions suivantes :

- Les lignes Très-Haute-Tension à double faisceau sont-elles ou non dangereuses entre Saint-André de Corcy et Ambérieux-en-Dombes ?
- Les lignes Très-Haute-Tension à triple faisceau sont-elles ou non dangereuses entre Saint-André de Corcy et Ambérieux-en-Dombes ?
- Les lignes à faisceau double (3 faisceaux) sont-elles plus ou moins dangereuses que les lignes à faisceau triple (6 faisceaux) ? Comparaison dans des conditions analogues et simultanées.

A. II. Définition de la zone d'étude

Fig 1. Vue d'ensemble de la zone d'étude carte IGN 3030^E – voir annexes Ia et Ib

Situées dans les Dombes, entre Saint-André-de-Corcy et Ambérieux-en-Dombes (01) (Annexe 1), deux lignes très haute tension de 400 KV parallèles l'une à l'autre, traversent de nombreux étangs et croisent perpendiculairement un axe migratoire pré et post nuptial très important. De plus, le site est une zone de forte reproduction d'anatidés et de laridés.

Notre étude a pour but d'analyser l'impact des lignes très haute tension à travers l'appréciation de la mortalité par collision de l'avifaune dombiste.

Des études préalables réalisées par l'AMBE (Association Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement) et le CORA (Centre Ornithologique Rhône-Alpes) ont fait apparaître que le secteur était potentiellement meurtrier bien qu'aucun indice de terrain n'ait confirmé ceci.

Pour chaque ligne, 24 ou 28 portées (distance séparant deux pylônes successifs), du pylône 57 au pylône 81 pour l'une, et du pylône 23 au pylône 51 pour l'autre, ont été prospectées, soit 14 Km en tout.

La zone d'étude est plus particulièrement centrée entre la D4, Saint-André de Corcy, Meximieux jusqu'à la ferme du Bois Cavailler, soit une longueur de 14 km ou 28 km d'ouvrages étudiés.

A. III. Méthodologie

1. durée de l'étude

L'étude porte sur un an (de novembre 1997 à octobre 1998) à raison d'une prospection de 5 jours toutes les 5 semaines.

Quatre périodes biologiques sont à retenir pour la réalisation de l'étude :

- Une période post-nuptiale, après la période de reproduction, les effectifs des populations sont à leur maximum et grand nombre d'espèces rejoignent leurs quartiers d'hiver, empruntant les axes migratoires de mi-août à mi-novembre.

- La Dombes est connue pour ses étangs et les Anatidés qui viennent trouver refuge en période hivernale, accueillant ainsi un grand nombre d'oiseaux nordiques qui effectuent des micro-déplacements entre les zones de gagnage (espaces où les espèces s'alimentent) et les étangs de remises (où les mêmes espèces se reposent ou se réfugient).

- Le printemps annonce le retour et les grands déplacements des oiseaux cherchant des lieux propices à leur reproduction de février à début mai.

- Enfin, la période de reproduction et d'élevage des jeunes de mai à fin août.

Aucune de ces périodes ne peut être exclue de l'étude car, étant donné l'état actuel de nos connaissances, nous ne possédons pas d'éléments suffisants pour estimer qu'une période est plus particulièrement affectée qu'une autre. En particulier le facteur météo (pluie et brouillard à l'automne ou au printemps) peut se révéler primordial, encore que celui-ci ait été relativisé par l'étude sur Miribel-Jonage.

Il apparaît nécessaire de contrôler au moins une fois par mois chacune des portées identifiées, à l'exception de mois dits "calmes en observations" (15 juillet - 15 août) qui correspondent à une pause dans le cycle des oiseaux.

. Ceci permet d'observer les variations comportementales des oiseaux en fonction des différentes périodes biologiques.

2. Méthode de prospection

La surface couverte par les fils varie de 30 à 60 mètres de large. La prospection s'effectue entre 40 et 70 mètres de large, soit 5 mètres de plus de part et d'autre de la ligne. Chaque recoin est à prospecter.

Une fiche de collecte d'information est utilisée chaque jour (annexe 3)

Chaque jour de prospection, deux personnes ou plus parcourent la ligne sur le principe du râteau :



La prospection se fait à la journée. Lors du premier passage, la ligne double faisceaux est prospectée le matin et la triple faisceaux l'après-midi. Lors du second passage, l'ordre de prospection des lignes est inversé et ainsi de suite tout au long de l'année. Ainsi, le biais entraîné par la fatigue en fin de journée est limité.

3. Collecte des informations

a. Sur l'oiseau

Les découvertes se réduisent dans la plupart des cas à des plumes abandonnées par des prédateurs. Chaque fois qu'une plume est découverte, elle est considérée comme indice. La prospection est alors accrue dans un rayon de 10 mètres autour de la position de cette plume. A partir d'au moins trois indices, et suivant l'appréciation du prospecteur, les plumes seront prises en compte ou non.

L'ensemble des plumes est ramassé et conservé dans un sac plastique, pour un contrôle d'identification et afin d'éviter des recomptages éventuels lors des passages futurs. De plus, on note :

- l'identification préliminaire de l'espèce
- le positionnement de l'oiseau ou des plumes
- la distance du cadavre ou des plumes par rapport aux pylônes
- la distance du cadavre ou des plumes par rapport aux câbles
- la justification de la cause de mortalité

b. Sur l'environnement

A chaque jour de prospection, il est nécessaire de noter :

- l'état de la végétation et des cultures au niveau de chaque portée (prés, friches...)
- l'état des étangs (asséché, en eau ...)

L'ensemble de ces données est retranscrit sur une fiche de collecte des informations après chaque prospection.

b. Zone non prospectée

Certaines zones ne peuvent être prospectées à cause d'une végétation trop dense et impénétrable ou d'une zone en eau. Elles seront enregistrées avec un indice moins un sur les tableaux et apparaîtront en négatif sur les graphiques. Dans certain cas, elles pourront donc être exclues de la zone d'étude (si elles sont régulièrement, non ou sous prospectées) et seules des hypothèses pourront être émises.

d. Etude précédente

Une étude sur la collision des oiseaux avec les câbles EDF a déjà été effectuée (Gaget, 1996).

Le résultat de cette étude sera à prendre en compte afin de mieux comprendre les nombreuses percussions de l'avifaune sur les lignes électriques.

e. Traitement des données

Afin de mettre en évidence une éventuelle relation entre le nombre de prospecteurs et le nombre d'oiseaux morts par collision avec les lignes électriques, un test de corrélation sera effectué, et ce pour chaque passage de prospection.

Afin de déterminer quelle ligne est la plus meurtrière et quelle(s) zone(s) de chaque ligne est responsable de la plus grande mortalité, nous réaliserons des histogrammes représentant soit la mortalité totale de chaque portée, soit la mortalité totale de chaque tiers de portée, et ce pour chaque ligne.

Puis, pour vérifier un effet de la date sur la mortalité de l'avifaune dombiste, des comparaisons de moyennes seront réalisées.

Enfin, pour démontrer l'existence éventuelle d'un effet de la végétation (foret ou étang), une ANOVA à un facteur sera réalisée, après vérification de l'homoscédasticité, d'une part pour la ligne double faisceaux, et d'autre part pour la ligne triple faisceaux.(Florence BARBEY)

B. Résultats

L'ensemble des données brutes est fourni en Annexe II.

Ayant démontré qu'il n'existe aucun effet du nombre de prospecteurs (Annexe V), nous pouvons travailler directement sur les données.

B.1. Espèces victimes des lignes très haute tension

Après avoir retiré les causes de mortalité douteuses (Annexe VII), nous ne travaillons que sur la mortalité due aux collisions avec les câbles EDF.

Oiseaux d'eau	Nombre	Passereaux	Nombre	Colombidé	Nombre
Foulque macroule	53	Accenteur mouchet	1	Pigeon sp	35
colvert	37	Alouette des champs	2	Pigeon ramier	15
Cygne tuberculé	7	Gros bec	2	Tourterelle turc	2
Galinule poule d'eau	4	Corneille noire et corvidé	3	Gallinacés	
Râle d'eau	3				
Grébe huppé	5	Fauvette à tête noire	1	Caille des blé	2
Grébe à coup noir	3	Fauvette des jardins	1	Faisan de colchide	17
Grébe castagneux	1	Mésange noire	1	Perdrix grise	2
Total grébe	9	Pinson des arbres	2	Coucou gris juv	1
Total Héron	5	Pinson du nord	7	Pic vert	1
Cendré	2	Pinson sp	2		
Bihoreau juv	2	Rouge queue noire	1	Etourneau sansonnet	27
Pourpré juv	1	Rouge gorge	1	Passereau indéterminé	11
Grand cormorand	1	Turdidé		Oiseaux indéterminé	12
Fuligule morillon	1	Grive sp	3		
Fuligule milouin	4	Grive draine	5		
Mouette rieuse	25	Grive mauvis	1		
Vanneau huppé	2	Grive musicienne	4		
		Merle noir	11		
		Turdidé indéterminé	2		

tableau 1 : Espèces victimes des 2 lignes très haute tension

Il existe une très grande diversité d'espèces victimes de la ligne très haute tension. La mortalité est constituée à 43.7% d'oiseaux d'eau ou considérée comme telle. Ceci s'explique par la forte présence d'étangs le long des lignes électriques. Dans cette catégorie, les espèces telles que les foulques macroules et les canards colverts sont les plus touchées (58%). Les mortalités de ces deux espèces sont concentrées dans des zones précises telles que les portées 33/34 et 34/35 de la ligne triple par exemple. On note également un petit pourcentage de mortalité des oiseaux proches de l'homme (12.2%) qui est concentré sur seulement 4 portées.

Par ailleurs, dans la catégorie espèces autres, une seule espèce hivernante a été relevée : le pinson du Nord.

B.2. Zone de mortalité constatée pour la ligne THT à faisceau double

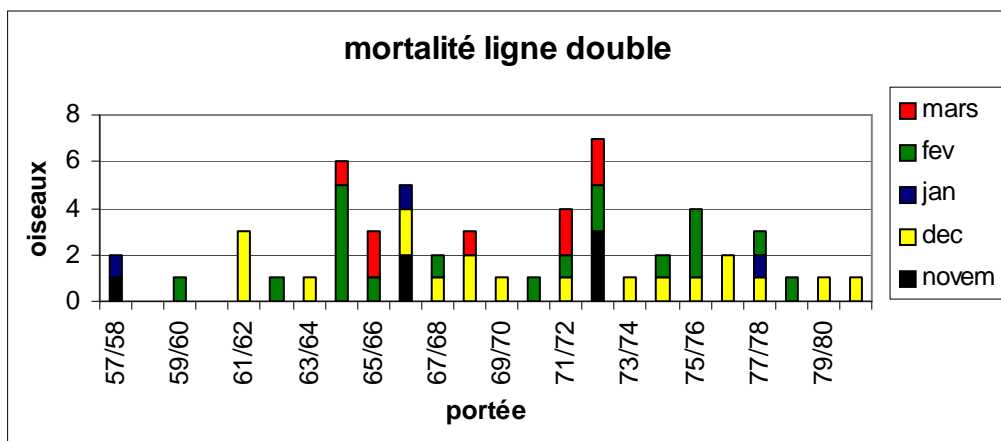


figure 1 : Histogramme représentant la mortalité de l'avifaune sur chaque portée pour la ligne faisceaux.double (Voir annexe VI).

Il apparaît que les portées 64/65, 66/67, 71/72, 72/73 et 75/76 sont responsables de 50 % de la mortalité occasionnée par cette ligne.

Par ailleurs, on observe des décalages dans les zones meurtrières selon les saisons. En automne, les portées les plus meurtrières sont 61/62 et 66/67 alors qu'au printemps, ce sont les portées 64/65 et 65/66 qui comptabilisent le plus de mortalité. Ceci semble être lié aux phénomènes de migration d'automne et de printemps. Il existerait alors un décalage entre le trajet des migrations d'aller (automne) et le trajet des migrations retour (printemps).

B.3. Zone de mortalité constatée pour la ligne THT à faisceaux triple

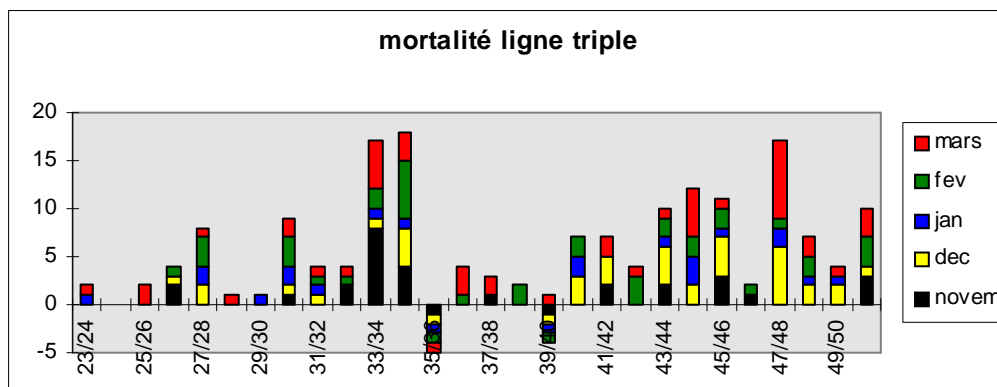


figure 2 : Histogramme représentant la mortalité de l'avifaune sur chaque portée pour la ligne à triple faisceaux (Voir annexe VIII).

Les portées les plus meurtrières sont les portées 33/34, 34/35, 44/45, 45/46 et 47/48. Certaines portées comme les portées 30/31, 33/34 et 34/35 par exemple présentent une mortalité constante quelle que soit la période de prospection.

Par ailleurs, certaines portées n'ont pu être prospectées (portée 35/36) ou alors que lors d'un passage (portée 39/40). Nous ne pouvons donc faire que des hypothèses concernant ces zones. Il se peut par exemple, qu'à la portée 35/36 corresponde une forte zone de mortalité, étant donné que les deux portées précédentes sont très meurtrières.

	double	triple	test t	Ho
moy x	2.29	6.33	3.86	rejeté
S ²	3.2	25.925		

tableau 2 : tableau représentant la comparaison de moyennes entre la ligne double et la ligne triple faisceaux

D'après le test de comparaison de moyennes, il apparaît nettement que la ligne triple faisceaux est beaucoup plus meurtrière que la ligne double faisceaux (171 oiseaux morts pour la ligne triple contre 55 pour la ligne double faisceaux).

On note par ailleurs un rapport de 3 pour la mortalité qui peut être mis en relation avec le rapport de 3 du nombre de câbles entre les deux lignes.

B.4.Détermination pour chaque ligne très haute tension des zones les plus meurtrières.

B.4.1. Ligne faisceaux. double

D'après l'histogramme représentant la mortalité de l'avifaune et ce pour chaque tiers de portée (annexe XI), il est possible de calculer le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de l'ensemble des portées.

Tiers	Nombre d'oiseaux	Pourcentage
A	16	31.4
B	28	54.9
C	7	13.7

tableau 3 : représentant le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de portée

La majorité des collisions avec la ligne très haute tension s'effectue dans les parties médianes des différentes portées (54.9%). En confrontant les résultats obtenus précédemment (figure 1) et ceux-ci, on peut définir de manière plus précise les zones de forte mortalité.

La forte mortalité de l'avifaune observée précédemment sur la portée 72/73 se restreint à la zone médiane de cette région.

On note également un fort pourcentage de mortalité pour le premier tiers des portées (31.4%). Ceci se retrouve au niveau des portées considérées meurtrières précédemment (portées 64/65, 66/67, 71/72 et 75/76).

Or, il semble que les portées entraînant une forte mortalité sont aussi celles pour lesquelles la distance entre deux pylônes successifs est la plus grande. Toutefois, le coefficient de corrélation entre ces deux variables ($r = 0.26$) n'est pas significativement différent de 0. Donc la distance entre deux pylônes successifs n'intervient pas dans la mortalité des individus.

B.4.2. Ligne faisceaux triple

D'après l'histogramme représentant la mortalité de l'avifaune et ce pour chaque tiers de portée (Annexe XII), il est possible de calculer le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de l'ensemble des portées.

tiers	nombre d'oiseaux	pourcentage
A	34	19.7
B	71	41
C	68	39.3

tableau 4 : tableau représentant le pourcentage de mortalité pour chaque tiers de portée

La majorité des collisions avec la ligne très haute tension triple faisceaux a lieu à la fois dans les parties médianes des portées (41%), mais aussi dans le dernier tiers des portées (39.3%).

En comparant ces résultats avec ceux obtenus précédemment (figure 2), il est possible de définir de manière précise les zones de mortalité importante. On distingue alors 6 zones de forte mortalité :

- partie médiane et dernier tiers des portées 33/34 et 34/35
- partie médiane des portées 45/46 et 50/51
- dernier tiers des portées 44/45 et 47/48

Comme précédemment, le coefficient de corrélation entre le nombre de morts et la distance séparant deux pylônes successifs n'est pas significativement différent de 0 ($r = 0.297$).

Ainsi, le facteur distance de chaque portée est une donnée que l'on peut supprimer. Nous n'en tiendrons pas compte pour la fin de l'étude.

B.5. Effet de la date de prospection

Le tableau brut des moyennes et des variances permettant la comparaison des moyennes est fourni en Annexe X.

	moy x1	moy x2	moy x3	moy x4	moy x5
moy x1	*	=	=	=	=
moy x2	*	*	≠	=	=
moy x3	*	*	*	≠	≠
moy x4	*	*	*	*	=
moy x5	*	*	*	*	*

tableau 5 : tableau représentant les résultats des différentes comparaisons de moyennes

La période de l'année, hormis le mois de janvier, où ont eu lieu les prospections n'influence pas la mortalité de l'avifaune. Toutefois, le peu de mortalité observée au mois de janvier vient du fait que très peu d'individus sont présents à cette période de l'année. Ceci fait intervenir la biologie même de l'espèce et non une mortalité moins importante due aux lignes électriques.

B.6. Effet de la végétation

Les relevés de végétation (forêt ou étang) sont effectués à partir des cartes IGN (Annexe I). Les données brutes ainsi que les tests d'homoscédasticité sont fournis en Annexe 9.

B.6.1. Sur la ligne double faisceaux

source de variation	SCE	ddl	CM	F observé	F théorique	Ho
végétation	12.87	3	4.29	1.32	3.10	acceptée
résiduelle	64.89	20	3.24			
total	77.76	23				

tableau 6 : tableau de l'analyse de l'effet végétation

B.6.2. Sur la ligne triple faisceaux

source de variation	SCE	ddl	CM	F observé	F théorique	Ho
végétation	69.3	3	23.09	0.84	3.03	accepté
résiduelle	630.7	23	27.42			
total	700	26				

tableau 7 : Tableau de l'analyse de l'effet végétation

Dans tous les cas (tableaux 6 et 7), on n'observe pas de facteur végétation sur la mortalité de l'avifaune. Toutefois, ceci semble peu probable. Il se peut que l'appréciation des zones d'étangs et de forêts ne rende pas compte de la réalité.

C. Discussion

Une grande diversité d'espèces (36) est victime des lignes très haute tension double et triple faisceaux (tableau 1). Parmi les trois catégories d'espèces entrant en collision avec les câbles, certaines mortalités sont en relation directe avec le cadre de vie des individus.

Le pigeon domestique par exemple, est une espèce d'élevage qui se situe à proximité des habitations. Les zones de mortalité situées sur les portées 26/27 et 27/28 de la ligne triple (tableau 1) correspondent à la présence d'une ferme, la ferme Georges. On peut supposer que les individus élevés à proximité des lignes, les traversent fréquemment sans collision. Mais, lorsqu'ils sont effrayés par un prédateur ou par la présence humaine, ils prennent rapidement la fuite sans prendre garde aux câbles, les percutant de manière mortelle le plus souvent.

Par ailleurs, concernant les oiseaux d'eau et particulièrement les foulques macroules et les canards colverts, les zones de forte mortalité (tableau 1) se trouvent dans des régions où les lignes très haute tension traversent de nombreux étangs. Or, le positionnement d'une ligne traversant des plans d'eau où de nombreux anatidés trouvent refuge et nourriture constituent un obstacle majeur au déplacement des espèces (Gaget, 1996). Les déplacements collectifs vers les lieux de gagnage peuvent être alors responsable de nombreux accidents, ceci étant accrue quand la lumière du crépuscule dissimule les câbles (LPO, 1994).

Bevanger (1993) met en évidence qu'une ligne électrique localisée entre une région de nourriture et un site de repos peut être désastreux, spécialement quand une courte distance les sépare et que les oiseaux doivent effectuer un cours vol à une hauteur critique.

De plus, le phénomène de fuite face à un prédateur joue certainement un grand rôle dans les collisions notamment en période de chasse. Selon le garde chasse, un coup de fusil tiré à proximité d'un étang peut tuer plusieurs dizaines de canards par percussion avec les lignes électriques !

Par ailleurs, la forte proportion de cygnes ayant percuté les câbles (5 sur une population de 200 individus) vient du fait de la morphologie même de l'oiseau. En raison de son poids, un cygne qui rejoint un étang bordé d'une ligne haute tension court de graves risques de percuter la ligne après un décollage lourd et laborieux. Le cygne en vol risque également de rentrer en collision avec les câbles lorsqu'il ne les perçoit que trop tard. En effet, de part son envergure, il ne peut changer sa trajectoire qu'en 150 mètres, augmentant ainsi le risque de percussion. La morphologie

des oiseaux peut donc jouer un rôle de cause à effet dans les accidents liés au réseau électrique aérien (LPO, 1994).

Une hypothèse émise par Mathiasson (1991) permettrait d'expliquer les nombreuses collisions des oiseaux d'eau, fouillant les vases de fond d'étang, avec les lignes très haute tension. Il s'agit du saturnisme, c'est-à-dire l'ingestion de plomb, généralement de chasse, par les oiseaux. La présence de plomb dans les tissus affecte le système nerveux et notamment la vue qui diminue jour après jour. Les anatidés atteints de saturnisme auraient alors plus de chance de percuter les lignes que les autres. Toutefois, étant donné le nombre d'oiseaux découverts (tableau 1), il semble peu probable que l'ensemble des individus soit atteint de saturnisme.

Concernant la troisième catégorie d'espèces victimes de collisions (tableau 1), on distingue le pigeon ramier. Cette espèce effectue des vols migratoires en grande bande (Jonsson, 1994). L'effet de la densité des individus traversant les lignes joue alors un rôle important dans les percussions.

De même, le pinson, hivernant dans nos régions, est une espèce dont les individus (des dizaines de milliers d'oiseaux) sont concentrés dans les labours où la nourriture est encore présente. Or, une partie des portées meurtrières : 25/26 et 26/27 (tableau 1) est située à proximité de la ferme Georges où un champ de tournesol n'a pas été récolté durant l'hiver. Les oiseaux se nourrissant dans cette région traversent les lignes de nombreuses fois et les percutent de temps à autre.

Enfin, si on se permet de regrouper les genres *turdus* (grive et merle) et *sturnus* (étourneau), on obtient un groupe d'oiseaux effectuant des vols rectilignes et qui sont similaires d'un point de vue morphologique (taille, poids, envergure) (Jonsson, 1994). On peut dès lors se demander si ces oiseaux voient les câbles. En effet, l'adaptation au vol, essentiellement de jour, a entraîné chez les oiseaux un développement important de leur système visuel. La disposition des yeux, qui varie d'une espèce à une autre, donne en général un champ visuel considérable, avantage pour des individus se déplaçant dans l'espace. Mais, bien que la disposition des yeux sur les côtés de la tête permet une large vision monoculaire, le champ binoculaire est réduit (Géroutet, 1984). Or, ce dernier a beaucoup d'importance puisque la reconstruction tridimensionnelle facilite la perception de deux attributs spatiaux : d'une part la perception du relief et d'autre part une estimation des distances (Mc Fadden, 1993). Les oiseaux se déplaçant dans la région des lignes très haute tension perçoivent certainement un fil voir deux, mais n'ayant aucune notion du relief, ils percutent les câbles.

Des deux lignes très haute tension étudiées, il apparaît que la ligne triple faisceaux est trois fois plus meurtrière que la ligne double faisceaux (figures 1 et 2, tableau 2). Or, ce rapport de trois met en évidence que la mortalité est proportionnelle au nombre de câbles présents sur la ligne (Annexe 2). Par ailleurs, Bevanger (1990) indique que la structure des lignes reste le plus grand danger : les plus gros dégâts sont provoqués par des faisceaux de lignes situés à des hauteurs différentes. Les oiseaux, anticipant la manoeuvre pour éviter les lignes repérées, se trouvent au dernier moment confrontés à une autre ligne ou aux câbles de terre situés plus haut.

La différence dans la disposition et dans le nombre de câbles entre les deux lignes expliquerait alors la forte mortalité occasionnée par la ligne triple faisceaux.

Bien qu'aucun effet de la végétation n'ait été démontré (tableaux 6 et 7), tout laisse supposer que les zones de forte mortalité des deux lignes très haute tension (figures 1 et 2) sont en étroite relation avec le paysage environnant.

En effet, la zone de forte mortalité aux portées 33/34 et 34/35 (figure 2 et tableau 4) correspond à la présence de plaques d'étangs, attirant une partie de l'avifaune, cumulée à un effet « dôme » (Annexe 7). Les risques de collision sont augmentés quand les lignes très haute tension traversent une dépression ou un monticule (Bevanger, 1993).

Puis, faisant suite aux portées 33/34 et 34/35, apparaît une zone peu meurtrière (figure 2 et tableau 4). Ceci s'explique par le fait que les lignes traversent une région forestière dont la frondaison est supérieure aux câbles (Raavel et al, 1991).

La mortalité occasionnée par la portée 47/48 (figure 2 et tableau 4) correspond à un cas particulier où une grande variété d'espèces ont percuté la ligne. Les oiseaux sont attirés par la présence d'un bois « oasis » au milieu de cultures et d'un étang nouvellement créé. L'utilisation d'un « tonne-fort » sur l'étang contribue à l'effet de frayeur des oiseaux qui percutent plus facilement les lignes. D'autre part, il se peut que le bois crée un fond de couleur masquant la présence des câbles et induisant les oiseaux en erreur.

Concernant la ligne double faisceaux, peu de conclusions peuvent être tirées étant donné le peu de relevés obtenus (figure 1 et tableau 3).

Toutefois, d'après les résultats observés (figures 1 et 2), il apparaît nettement que la conjonction des facteurs forêt, étang et prairie humide entraîne les courbes de mortalité, qui sur les mêmes mois n'ont pas la même cause.

De plus, il est à noter que le problème des étangs en eau ou non selon le principe de l'exploitation dombiste, le problème de l'évolution des cultures nécessitent une étude annuelle afin de confirmer les facteurs favorisant les percussions de l'avifaune avec les câbles EDF.

Par ailleurs, nous avons mis en évidence un effet de la date de prospection pour le mois de janvier (tableau 5). Ceci implique que le facteur densité des individus intervient sur la mortalité. En pleine période de migration, c'est-à-dire à l'automne ou au printemps, un grand nombre d'oiseaux traverse les lignes et les morts par collision sont plus fréquentes. Ceci peut être dû non seulement à l'inexpérience des migrants qui traversent en nombre les lignes très haute tension et dont les collisions sont plus fréquentes que les espèces résidentes (Bevanger, 1993), mais aussi, à l'inexpérience des jeunes oiseaux, aux techniques de vol encore incertaines (Franson et al, 1996).

A travers cette étude, nous avons donc pu mettre en évidence que :

1. Les lignes très haute tension double et triple faisceaux sont meurtrières entre Saint-André-de-Corcy et Ambérieu-en-Dombes.

2. La ligne triple faisceaux est trois fois plus meurtrière que la ligne double faisceaux, et ceci en rapport non seulement avec le nombre de câbles présents sur les lignes, mais aussi avec la disposition des câbles en hauteur.

3. A chaque pic de mortalité correspond un paysage particulier et une catégorie particulière d'espèces.

4. Les paramètres tels que la morphologie de l'oiseau, la topographie, la végétation entourant les lignes ou la densité des individus jouent un rôle primordial sur la mortalité de l'avifaune.

Dans ces conditions, il serait nécessaire d'équiper de balises avifaunes les zones les plus meurtrières des lignes très haute tension (tableaux 3 et 4), afin de diminuer cette mortalité trop importante. La pose de spirales sur la ligne de 225 KV traversant le parc de Miribel-Jonage s'est avérée très efficace en diminuant la mortalité sur un mois de 78 à 7 individus (Gaget, 1996).

Bien que la pose de spirales rouges et blanches ne soit pas possible sur les lignes de 400KV (risque d'inflammation), on pourrait dans un premier temps équiper les câbles de garde de la ligne triple faisceaux.

Actuellement, EDF travaille sur un nouveau matériau résistant à 400 KV afin d'équiper dans un avenir proche les zones meurtrières entre Saint-André-de-Corcy et Ambérieu-en-Dombes. Par

ailleurs, les oiseaux percevant les ultraviolets (Girard, 1998), il serait intéressant de travailler sur ce phénomène afin de mettre au point un équipement renseignant l'avifaune sur la présence de lignes électriques.

D. Bibliographie

- P.RAEVEL et J.C. TOMBAL «Impact des lignes Haute Tension sur l'avifaune ». Les Cahiers de l'AMBE, VOL 2 1991 AMBE 59860 Bruay sur Escaut.
- EDF/CERT Direction lignes aériennes, documentation interne, 04/1994 p59 à p63.
- Institut Européen d'Ecologie et AMBE, « Actes du Colloque International lignes électriques et Environnement. » 6-7-8-juin 1994
- V.GAGET « Impact de la ligne 225 KV la Boisse Cusset 1 sur les populations aviennes du parc de Miribel-Jonage. » EDF ERA ; Groupe Exploitation Transport Lyonnais, CORA Rhône Rapport d'étude n°VG 16. décembre 1996
- BEVANGER, K.-1993- Bird interactions with utility structures : collision and electrocution, causes and mitigating measures. **IBIS**, 136 : 412-425.
- BEVANGER, K.-1990- Topographic aspects of transmission wire collision hazards to game birds in the central norwegian coniferous forest. **Fauna Norvegica Series** : 11-18.
- FRANSON, J., THOMAS, N., SMITH, M., ROBBINS ,A., NEWMAN, S. & Mc CARTU, P.-1996- A retrospective study of postmortem findings in red-tailed hawks. **J.Raptor Res.**30 : 7-14.
- GAGET, V.-1996- Impact de la ligne 225 KV la Boisse-Cusset I sur les populations avienne du parc de Miribel-Jonage. 38p.
- GEROUDET, P. 1984- Les rapaces diurnes et nocturnes d'Europe. Delachaux et Niestlé, 426p.
- GIRARD, P. 1998- conférence sur la vision des oiseaux. 4 février, lyon
- JONSSON, L. 1994- Les oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Nathan, 559p.
- LPO. 1994- Avifaune et réseau électrique aérien. 20p.
- MATHIASSEN, S.-1991- Mute swans, *Cygnus olor*, killed from collision with electrical wires, a study of two situations in Sweden. **Environmental Pollution**, 80 : 239-246p.
- Mc FADDEN, S. 1993- Constructing the three-Dimensional image. Pp47-61 in : Vision, Brain and Behavior in birds. Stein, B., Meredith, M., editeur. Zeigler & Bischof.

ANNEXES