DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien

Enjeux et perspectives en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
Direction Régionale de l'Environnement
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

LPO

Ligue pour la Protection des Oiseaux
Délégation Provence Alpes
Côte d'Azur

Villa La Paix
Rond Point BEAUREGARD
83400 Hyères les Palmiers
☏ 04 94 12 79 52 🖷 04 94 35 43 28
E-Mail : paca@lpo.fr

Direction Régionale
de l'Environnement
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le Tholonet – BP 120
Allée Louis Philibert
13603 Aix-en-Provence Cedex 1
☏ 04 42 66 66 00 🖷 04 42 66 66 01
E-Mail : diren@paca.ecologie.gouv.fr

La mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien : enjeux et perspectives en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Rédaction : Benjamin KABOUCHE, Julie BAYEUL, Laurent ZIMMERMANN, Patrick BAYLE

Comité de rédaction : Julie BAYEUL, Patrick BAYLE, Martine GENDRE, Olivier GIRET, Benjamin KABOUCHE, Martine LEJEUNE, Jean-Pierre OLIVIER, Laurent ZIMMERMANN

Mai 2006

Référence : KABOUCHE Benjamin, BAYEUL Julie, ZIMMERMANN Laurent, BAYLE Patrick (2006). *La mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien : enjeux et perspectives en Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Rapport DIREN PACA - LPO PACA, Hyères : 109 p.

Mots clés : Lignes électriques, avifaune, percussion, collision, électrocution, rapaces, EDF, RTE

RESUME :

Depuis 2002, la LPO PACA s'est fortement penché sur la problématique « avifaune et lignes électriques » en réalisant la synthèse nationale des données de mortalité des oiseaux due aux réseaux électriques aériens, la synthèse internationale des références bibliographiques et en représentant dès 2004 le réseau LPO au sein du comité de concertation national sur ce même thème. C'est pourquoi, sur le souhait de la DIREN PACA, l'association émet un document régional sur les enjeux avifaunistiques liés à la construction et à la gestion des lignes électriques aériennes en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Ce document dresse un état général des impacts des réseaux électriques aériens sur l'état de conservation des oiseaux et en identifie les facteurs de risque. Grâce à une synthèse régionale et nationale des initiatives nationales et régionales visant à réduire les risques d'électrocution et de collision, le document propose alors une méthodologie complète pour évaluer ces risques en un secteur donné. Cette méthodologie s'appuie à la fois sur les obligations réglementaires requises pour les études d'impact, sur les protocoles standards d'étude ornithologique et sur les démarches préconisées pour d'autres projets d'aménagement, à l'instar des parcs éoliens.

En balayant tous les aspects de la problématique « avifaune et lignes électriques » au niveau régional, ce document a pour objectif d'inciter les acteurs publics et privés à maîtriser les mêmes connaissances et à considérer les enjeux de façon constructive mais systémique, dans un souci de préservation du patrimoine naturel. Afin de compléter l'aspect quantitatif, une base de données régionale des cas d'électrocution et de collision, gérée par la LPO PACA, est en parallèle associée à ce travail.

Sommaire

A - Présentation du contexte ____ ***8***

A.I - Les lignes électriques en France ____ **8**

A.II - L'avifaune en région PACA ____ **8**

A.III - Les risques induits par les lignes électriques ____ **8**

A.IV - La politique environnementale de EDF et de RTE ____ **9**

A.V - Le Comité National Avifaune ____ **10**

A.VI - La prise en compte de la problématique au niveau régional ____ **10**

B - Mortalité des oiseaux due aux lignes électriques ____ ***12***

B.I - Les données de mortalité en France ____ **12**

B.I.1 - Le bilan par famille d'oiseaux et par région ____ 12

B.I.2 - Le cas des rapaces ____ 13

B.II - L'analyse de la mortalité en Région PACA ____ **14**

B.II.1 - La cartographie régionale des données ____ 14

B.II.2 - La mortalité comparée des espèces patrimoniales ____ 15

B.II.3 - La mortalité des rapaces dans les Bouches-du-Rhône ____ 19

B.II.4 - La mortalité du Milan noir Milvus migrans en Crau ____ 19

a) Contexte ____ *19*

b) Matériel et méthodes ____ *20*

c) Recensement des effectifs sur la décharge d'Entressen ____ *21*

d) Résultats ____ *21*

e) Discussion ____ *24*

f) Conclusion ____ *25*

B.II.5 - La mortalité avienne sur le réseau électrique dans les zones humides du littoral méditerranéen des Bouches-du-Rhône de 1986 à 1998 ____ 26

a) Contexte ____ *26*

b) Méthode de prospection sous les lignes ____ *26*

c) Caractérisation des sites prospectés ____ *27*

d) Répartition de la mortalité par type de réseau ____ *31*

e) Conclusion ____ *37*

C - Analyse des causes et des facteurs de risque ____ ***39***

C.I - L'électrocution ____ **39**

C.I.1 - La situation du poteau dans l'environnement ____ 39

C.I.2 - La nature du poteau ____ 39

C.I.3 - Le type d'armement ____ 40

C.I.4 - Les autres risques écologiques et économiques liés à l'électrocution des oiseaux 42

C.II - La collision ____ **42**

C.II.1 - La hauteur de vol de l'oiseau ____ 42

C.II.2 - Le positionnement géographique de la ligne ____ 42

a) L'effet de glissière ____ *43*

b) L'effet de barrage ____ *43*

c) L'effet d'obstacle ____ *43*

d) L'effet de tremplin ____ *43*

e) L'effet de sommet ____ *43*

D - Traitement des points noirs en PACA ____ ***44***

D.I - Quelques exemples d'actions ____ **44**

D.I.1 - Une cartographie des points noirs dans les Alpes-Maritimes ____ 44

D.I.2 - Une pose de balises pour l'Aigle de Bonelli ____ 48

D.I.3 - Une neutralisation à Roquebrune-sur-Argens (83) ____ 49

D.I.4 - Une neutralisation à Saint-Mitre les Remparts (13) ____ 49

E - Etude des impacts d'une ligne électrique nouvelle sur l'avifaune ***50***

E.I - Contexte réglementaire **50**

E.II - Le comité technique relatif aux milieux naturels **50**

E.III - Le cadrage préalable (ou pré-diagnostic) d'un projet de ligne électrique nouvelle **51**

E.III.1 - Le cadre réglementaire 51
E.III.2 - Les informations à recueillir 51
E.III.3 - La comparaison des variantes 52
a) La méthode générale *52*
b) Sur le volet avifaune *52*
E.III.4 - La variante de l'enfouissement 53
a) Lignes électriques à haute et très haute tension *53*
b) Lignes électriques à moyenne et basse tension *55*

E.IV - L'étude ornithologique **57**

E.IV.1 - Les statuts des oiseaux 57
a) Un outil de référence *57*
b) Le statut réglementaire des espèces *57*
c) Le statut écologique des espèces *59*
d) Le statut de conservation des espèces *59*
E.IV.2 - La zone d'étude des oiseaux 60
E.IV.3 - Les données ornithologiques existantes 61
a) La bibliographie d'ornithologie *61*
b) L'Atlas ornithologique régional *61*
c) Le Document d'Objectifs *61*
d) Le programme STOC (Suivi temporel des oiseaux communs) *62*
e) Le recueil des cas de mortalité *63*
E.IV.4 - Les méthodes de recensement 64
a) La période d'investigation *64*
b) Les méthodes de recensement absolues *65*
c) Les méthodes de recensement relatives *66*
d) La méthode d'observation de la migration *67*
e) La méthode de recensement par observation directe *69*
f) L'observation du comportement *69*
g) Le recensement par points d'observation simultanés (POS) *70*
h) Le recensement des rapaces nocturnes par la méthode de la repasse (REP) *70*
i) Le radiopistage *70*
E.IV.5 - La cartographie de la fonctionnalité des habitats pour l'avifaune 71

E.V - L'étude des impacts d'une ligne électrique nouvelle sur l'avifaune et ses habitats **74**

E.V.1 - Les impacts à identifier 74
E.V.2 - L'étude du risque de collision d'une ligne nouvelle 74
a) Méthodologie *74*
b) Analyse des résultats *75*
c) Exemple fictif de cotation du risque de collision *76*
E.V.3 - L'étude du risque d'électrocution 77

E.VI - Les mesures de suppression d'impacts **77**

E.VI.1 - Pendant le chantier de construction 77
E.VI.2 - Lors de la dépose ou l'entretien des lignes 78

E.VII - Les mesures de réduction d'impacts **78**

E.VII.1 - Choix des mesures 78
a) Suivi du chantier par un ingénieur – écologue *78*
b) Cicatrisation de la zone de travaux *78*
E.VII.2 - Equipements pour réduire le risque de collision 79
a) Balises avifaune *79*
b) Silhouette *80*
c) Dispositifs pour les câbles de téléskis *81*
d) Evaluation des équipements pour réduire le risque de percussion *81*
E.VII.3 - Equipements pour réduire le risque d'électrocution 82

a) Gaine Isolante ou profilé ____ *82*
b) Perche ____ *82*
c) Perchoir ____ *82*
d) Silhouette ____ *82*
e) Evaluation des équipements pour réduire le risque d'électrocution ____ *83*

E.VIII - Les mesures compensatoires ____ **83**
E.VIII.1 - Définition ____ 83
E.VIII.2 - Natura 2000 et mesures compensatoires ____ 84
E.VIII.3 - Quelques exemples de mesures compensatoires ____ 85

F - Suivi post-projet d'une ligne électrique nouvelle (ou évaluation des impacts d'une ligne électrique existante) ____ ***86***

F.I - Les différents impacts ____ **86**

F.II - La définition des indicateurs de suivi ____ **87**

F.III - L'évaluation du risque de collision d'une ligne électrique existante ____ **88**
F.III.1 - Analyse des résultats ____ 88
F.III.2 - Exemple de campagne de prospection sous les lignes électriques ____ 89
F.III.3 - Exemple fictif de cotation du risque de collision ____ 91

F.IV - L'évaluation du risque d'électrocution d'une ligne électrique existante ____ **91**
F.IV.1 - Retour d'expériences ____ 91
F.IV.2 - Méthodologie ____ 91
f) Analyse des résultats ____ *92*
g) Explications des critères ____ *93*

F.V - La programmation globale des actions pour les lignes existantes ____ **96**

F.VI - Le bilan environnemental ____ **97**

G - Conclusion ____ ***98***

H - Glossaire ____ ***99***

I - Bibliographie ____ ***100***

I.I - Bibliographie de l'étude « L'impact sur le *Milan noir*, une espèce représentative de la problématique » ____ **100**

I.II - Bibliographie de l'étude « La mortalité avienne sur le réseau électrique dans les zones humides du littoral méditerranéen des Bouches-du-Rhône de 1986 à 1998 » ____ **101**

I.III - Bibliographie générale relative à la problématique « Avifaune et lignes électriques » ____ **103**

Introduction

L'objectif de ce travail est d'établir un document de référence sur la problématique « oiseaux et lignes électriques » permettant de sensibiliser les acteurs et maîtres d'ouvrage concernés. A partir d'une base de données sur la mortalité des oiseaux sur les lignes électriques et à partir du recueil d'expériences en matière d'aménagement et de gestion, il s'agit de mettre en exergue les connaissances et les enjeux liés à la préservation de l'avifaune vis-à-vis du réseau électrique.

La LPO PACA a réalisé une synthèse nationale sur la mortalité des oiseaux sur les lignes électriques couvrant la période 1982-2004 pour réactualiser et élargir à toutes les espèces la première synthèse nationale de Sériot & Rocamora (1992). L'analyse porte sur les données de mortalité récoltées de façon fortuite par le réseau des naturalistes. Elle expose les enseignements que l'on peut tirer des données ainsi que leurs limites. Des examens plus précis relatifs à des problématiques intéressantes de la région PACA sont aussi effectués, notamment sur les zones humides des Bouches-du-Rhône, les rapaces, rares ou protégées, en particulier au niveau européen et une espèce caractéristique telle que le Milan noir.

Enfin, nous étudions des projets d'installation de nouveaux réseaux électriques, en nous appuyant largement sur la méthode d'analyse, de diagnostic et de suivi instauré pour les projets éoliens, et nous apportons ainsi notre réflexion sur la mise en œuvre de ces ouvrages au regard du Code de l'Environnement français.

A - Présentation du contexte

A.I - Les lignes électriques en France

Les lignes électriques ne constituent pas une entité homogène ; il existe, en fait, différents réseaux, selon la fonction et la taille des ouvrages qui les supportent. On distingue habituellement 4 réseaux (Kowal, 1995, Morsel 1996) :

- les lignes à très haute tension (THT) pour le transport de courant au niveau national de 400 kV (13.200 km) et de 225 kV (21.400 km, dont 3,5 % en souterrain) ;
- les lignes à haute tension (HT ou HTB) pour le transport au niveau régional de 50 à 63 kV (44.060 km, dont 4,2 % en souterrain) ;
- le maillage à moyenne tension (MT ou HTA) pour la distribution des postes de 15 ou 20 kV (597.000 km, dont 28,5 % en souterrain) ;
- les lignes à basse tension (BT) pour la desserte des particuliers en 220 et 380 kV (661.000 km, dont 25,7 % en souterrain).

Les centres de EDF et de RTE ne sont pas calés sur les régions administratives, c'est pourquoi nous ne citons pas les linéaires des différents réseaux pour la région PACA.

A.II - L'avifaune en région PACA

La rencontre des zones méditerranéennes et alpines confère une très grande diversité de biotopes et une grande richesse d'espèces à la Région PACA. Celle-ci représente :
- 3 parcs nationaux, 5 parcs naturels régionaux et plusieurs autres espaces naturels préservés.
- une superficie relative en espaces forestiers et semi-naturels (environ 65%) la plus importante de France métropolitaine.
- plus de 200 espèces d'oiseaux nicheurs, pour un peu moins de 300 en France.
- 28 ZICO : Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux, pour une superficie de 487 740 ha, soit 15% de la superficie régionale.
- 32 ZPS : Zones de Protection Spéciales /réseau Natura 2000, pour une superficie de 455 850 ha, soit 14 % du territoire régional.

La Région abrite des zones très riches au niveau ornithologique tant au point de vue qualitatif que quantitatif, (Camargue, Durance, Basse Vallée du Var, Etang de Berre, massifs alpins,...), et représente un axe de passage privilégié pour les oiseaux migrant depuis ou vers la France, l'Europe du Nord ou de l'Est. C'est malheureusement par ces atouts que la Région PACA se révèle également représentative d'un risque significatif de mortalité par collision ou électrocution pour beaucoup d'oiseaux.

A.III - Les risques induits par les lignes électriques

Les **lignes THT représentent surtout un risque de collision** pour les oiseaux lors de leurs déplacements vers des lieux de gagnage ou lors de leurs migrations. Ce risque est accentué par temps de brouillard, lorsque les lignes sont basses et par ailleurs disposées perpendiculairement aux voies de déplacement (cf. chapitre C.II consacré au risque de collision).

Photo : Héron cendré ayant percuté une ligne électrique © François Fleutry

Les **lignes MT représentent quant à elles plutôt un risque d'électrocution** pour les oiseaux. Ces derniers se servent du poteau électrique MT comme poste d'affût ou comme reposoir. Le risque réside notamment pour les espèces à grande envergure, qui peuvent mettre en contact simultanément une partie de leur corps avec deux phases (deux conducteurs) ou une phase (un câble) avec un conducteur relié à la terre (l'armement métallique fixé sur le poteau). (cf. chapitre C.I. consacré au risque d'électrocution).

Photo : 3 Faucons crécerelles morts par électrocution © Chris Ratier

Photo : Grand-duc d'Europe mort par électrocution© LPO PACA

A.IV -La politique environnementale de EDF et de RTE

La loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité renforce et définit de manière précise les missions du service public de l'électricité ainsi que le rôle des différents opérateurs. Son article 1er précise en outre que « le service public de l'électricité a pour objet de garantir l'approvisionnement en électricité sur l'ensemble du territoire national », « dans le respect des principes d'égalité, de continuité et d'adaptabilité, et dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité, de coûts, de prix et d'efficacité économique, sociale, énergétique et environnementale ».

L'accord " Réseaux électriques et environnement ", négocié entre l'État et le groupe EDF, a par ailleurs fixé pour la période 2001-2003 des engagements pour une meilleure insertion des réseaux électriques dans l'environnement. Il fait suite aux accords signés successivement en 1992 et 1997 et s'inscrit dans le cadre instauré par la loi du 10 février 2000. Il est associé au contrat de service public signé entre l'État et le groupe EDF pour la période 2001–2003. Dans ce cadre, « EDF s'engage à enfouir au moins 90 % des nouvelles lignes moyenne tension, à enfouir ou installer discrètement deux tiers des nouvelles lignes basse tension et à accroître sa contribution financière aux travaux décidés par les collectivités locales pour améliorer l'esthétique des ouvrages électriques et résorber les points noirs environnementaux ». L'accord est tacitement reconduit depuis 2003 sans que soient changés les engagements pris alors en faveur de la protection de la nature.

A.V - Le Comité National Avifaune

Dans les années 90, les associations naturalistes entretenaient avec EDF des relations assez régulières. En 1992, la LPO a réalisé la première synthèse nationale (Sériot & Rocamora, 1992) sur les cas d'électrocution et de collision des oiseaux contre les réseaux électriques, ce qui avait permis de prendre en compte le risque de certains armements et de lignes dans des secteurs sensibles. Cependant, à la fin des années 90, les relations avec EDF se sont peu à peu étiolés, notamment à cause des changements fréquents d'interlocuteurs au sein de leurs services.

Afin de rétablir une communication constructive, la LPO s'est positionnée en 2001 pour la mise en place d'un réseau d'échanges transversaux entre les aménageurs EDF et RTE, son réseau national et celui de FNE. La **création du Comité National Avifaune (C.N.A.)** valide en 2002 cette volonté et une **convention-cadre** entre EDF, RTE, LPO et FNE signée en février 2004 définit les orientations de travail suivantes :
- Matérialiser le travail du CNA par un plan d'action pluriannuel
- Actualiser la cartographie des zones sensibles du point de vue de l'avifaune
- Actualiser et tenir à jour l'état des lieux des pratiques et équipements disponibles en France et à l'étranger.
- Favoriser les relations de travail au quotidien

Pour **l'animation du Comité National Avifaune**, ce sont la LPO PACA et la LPO mission rapaces qui assurent la représentation du réseau LPO, le CORA Région pour le réseau FNE.

Au cours de l'année 2002, **une actualisation des données et des références bibliographiques concernant les cas de mortalité aviaire** dus aux collisions et aux électrocutions en France depuis 20 ans (suite à la synthèse de Rocamora de 1982) est réalisée. Afin de réactualiser et d'élargir à toutes les espèces d'oiseaux ce premier travail, la LPO a demandé aux naturalistes et aux associations de protection de la nature, les renseignements suivants : le nom de l'espèce trouvée morte sous une ligne, la date, la commune, le lieu-dit, le type d'armement du pylône, le type de réseau (moyenne ou haute tension), le nom et les cordonnées du découvreur, avec si possible un descriptif sommaire du milieu dans lequel se situe la ligne électrique. Une première publication synthétique en 2003 paraît dans Rapaces de France.

Ces informations ont mis en exergue la **disparité de prospection et de partenariats entre les régions.** Un questionnaire, distribué fin 2003 à l'ensemble des naturalistes et aménageurs, a permis de constituer **un annuaire des référents régionaux** et un recueil d'expériences et d'initiatives réussies. Ces deux documents ont été les supports des **deux colloques organisés en 2004, le 5 février sur Valence (Drôme) et le 28 juin sur Paris.** Les échanges qui ont eu lieu peuvent permettre aux associations de porter la problématique de la mortalité des oiseaux causée par les lignes électriques au cœur des débats sur l'aménagement du territoire.

En 2005, l'existence du Comité National Avifaune (CNA) répond à la volonté émise par la LPO d'une coopération avec France Nature Environnement, Electricité de France et Réseaux de Transports Electriques en faveur d'une meilleure prise en compte de l'avifaune dans l'aménagement et l'exploitation des lignes électriques aériennes.

A.VI -La prise en compte de la problématique au niveau régional

Sur le plan de la connaissance des cas ou des risques d'électrocutions et de collisions, plusieurs données existent en PACA (le chapitre B suivant en fait état). Cependant, ces données ne sont pas centralisées par un seul acteur : aussi, beaucoup de données issues de prospections volontaires ou d'études d'impacts menées par des bureaux d'étude ne sont pas compilées.

Au niveau réglementaire, les Orientations Régionales de Gestion de la Faune sauvage et de ses Habitats (ORGFH), validées pour la Région PACA en 2005, définissent désormais des orientations de gestion du milieu naturel se rapportant à la problématique de conservation des oiseaux vis-à-vis du réseau électrique aérien.

Ainsi, les fiches 2, 4 et 9 des orientations générales et la fiche 3 des orientations « Montagne » expriment une à une les préconisations suivantes :
- recommander et encourager l'évaluation de l'impact sur les milieux et la faune de tous les projets, plans et programmes d'aménagement et de développement, et précisément valoriser l'utilisation de mesures de visualisation des câbles aériens ou promouvoir l'enfouissement des lignes électriques.
- prévoir des stratégies d'intervention pour mesurer les impacts des accidents écologiques ou naturels et précisément créer des indicateurs de suivi de l'évolution du nombre d'animaux tués ou percutés sur les voiries, lignes électriques, éoliennes.
- préserver les sites de reproduction et d'alimentation des rapaces et précisément améliorer la protection des rapaces vis à vis des risques d'électrocution ou de percussion avec les infrastructures aériennes.
- favoriser les milieux favorables aux galliformes de montagne et précisément réduire le risque de collision contre les câbles aériens.

Dans un esprit de coopération nationale et afin de contribuer à un développement durable respectueux des ressources et richesse naturelles, une charte (signée le 1er juin 2007) unit le distributeur EDF en Méditerranée et la LPO dans l'objectif d'améliorer la sécurité du réseau HTA pour l'avifaune remarquable des Régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Enfin, grâce à la présence de la LPO PACA dans l'animation du Comité National Avifaune, la Région PACA a été pionnière sur l'organisation d'une formation auprès des agents EDF et RTE. Cette formation a fait l'objet d'une première session le 26 mai 2005 sur Avignon et a permis de dégager les principaux axes pour prendre en compte l'avifaune dans les interventions menées sur le réseau électrique aérien. Sa validation au niveau national permet d'élargir désormais sa mise en œuvre à d'autres régions ou départements.

B - Mortalité des oiseaux due aux lignes électriques

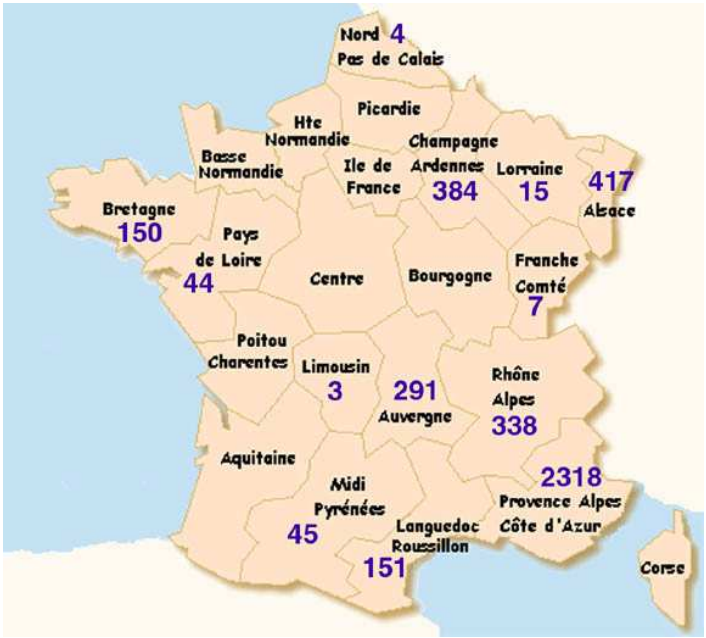
B.I - Les données de mortalité en France

La LPO PACA a réalisé une synthèse sur la mortalité des oiseaux sur les lignes électriques couvrant la période 1982-2004 pour réactualiser et élargir à toutes les espèces la première synthèse nationale de Sériot & Rocamora (1992). L'analyse ci-après porte sur l'ensemble des données de mortalité récoltées.

B.I.1 - Le bilan par famille d'oiseaux et par région

En 20 ans, sur le territoire métropolitain français, **4895 cas de collisions – électrocutions ont été recensés par les acteurs naturalistes**.

La carte ci-dessous montre bien que les chiffres les plus élevés se retrouvent dans les régions où la prospection est la plus grande.



Carte 1. Carte nationale de répartition des cas recensés par région sur la période 1982-2002, LPO PACA, 2003.

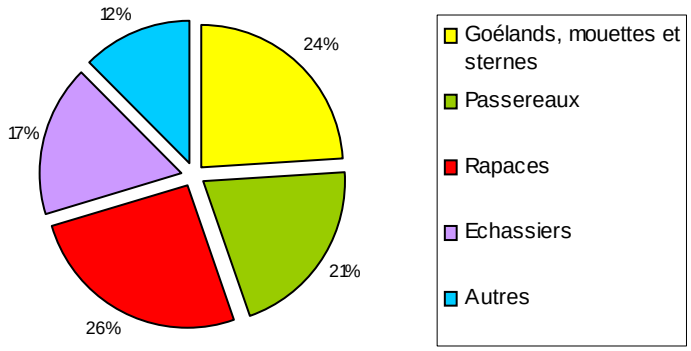
La Région PACA est particulièrement bien prospectée, notamment dans sa partie occidentale. Dans cette région, un réseau dense de naturalistes, en Camargue notamment, a permis de collecter un nombre important de données. Des études spécifiques en Crau dans les années 90 ont également étayé ces chiffres. La carte ci-dessous est par conséquent biaisée si l'on compare les chiffres entre régions. Un nombre faible de cas de mortalité recensés ne veut pas forcément dire que le risque d'électrocution ou de collision l'est pour autant. Pour émettre une réelle comparaison, il faudrait qu'une campagne nationale soit menée selon un protocole identique, à l'instar des comptages Wetlands organisés chaque hiver sur les zones humides accueillant des oiseaux hivernants.

Cette analyse pousse donc fortement à affirmer que les chiffres sont bien en dessous de la réalité compte tenu :
- qu'aucun recueil de données n'existait avant 2003 au niveau national,
- qu'aucun programme national de prospection n'ait jamais été engagé,
- que les espèces électrocutées ou mortes suite à une percussion soient très rapidement repérées par les prédateurs.

B.I.2 - Le cas des rapaces

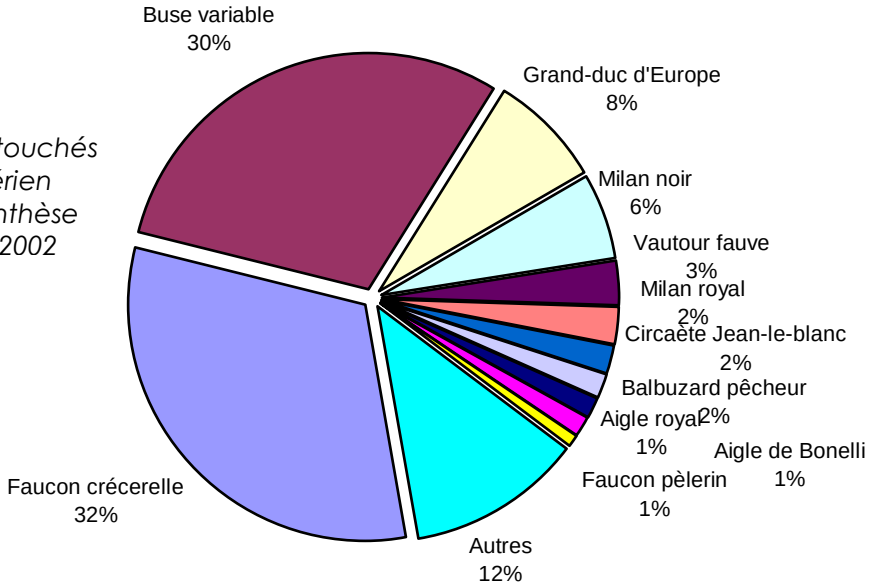
L'analyse des chiffres par espèce (cf. figure ci-dessous) montre que les rapaces sont particulièrement touchés par l'électrocution et la collision contre les réseaux électriques.

Figure 1. Les principales familles touchées par le réseau électrique aérien en France de 1982 à 2002



En dehors de la Buse variable et du Faucon crécerelle, le graphique ci-dessous montre que **plus d'un quart des rapaces** dont la mort est causée par le réseau électrique aérien sont des espèces menacées au niveau européen (inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux). Cela correspond à près de **500 individus recensés** par le réseau naturaliste en 20 ans.

Figure 2. Les rapaces les plus touchés par le réseau électrique aérien Source : LPO PACA 2003, synthèse des données entre 1982 et 2002



Par ailleurs, l'analyse spécifique des cas de mortalités chez les rapaces montre que l'électrocution est :

- la cause principale de mortalité du Milan noir et du Circaète Jean-le-Blanc dans le Midi de la France
- une cause importante de mortalité de l'Aigle de Bonelli : en France, on comptabilise aujourd'hui 28 (tous dans le sud de la France), mais on dénombre la perte de 25 individus en 20 ans. De 1990 à 1998, 17 jeunes aigles de Bonelli ont été retrouvés mort par électrocution, ce qui représentait 94 % des morts constatées sur cette période. Cette espèce est donc particulièrement sensible aux lignes électriques aériennes.

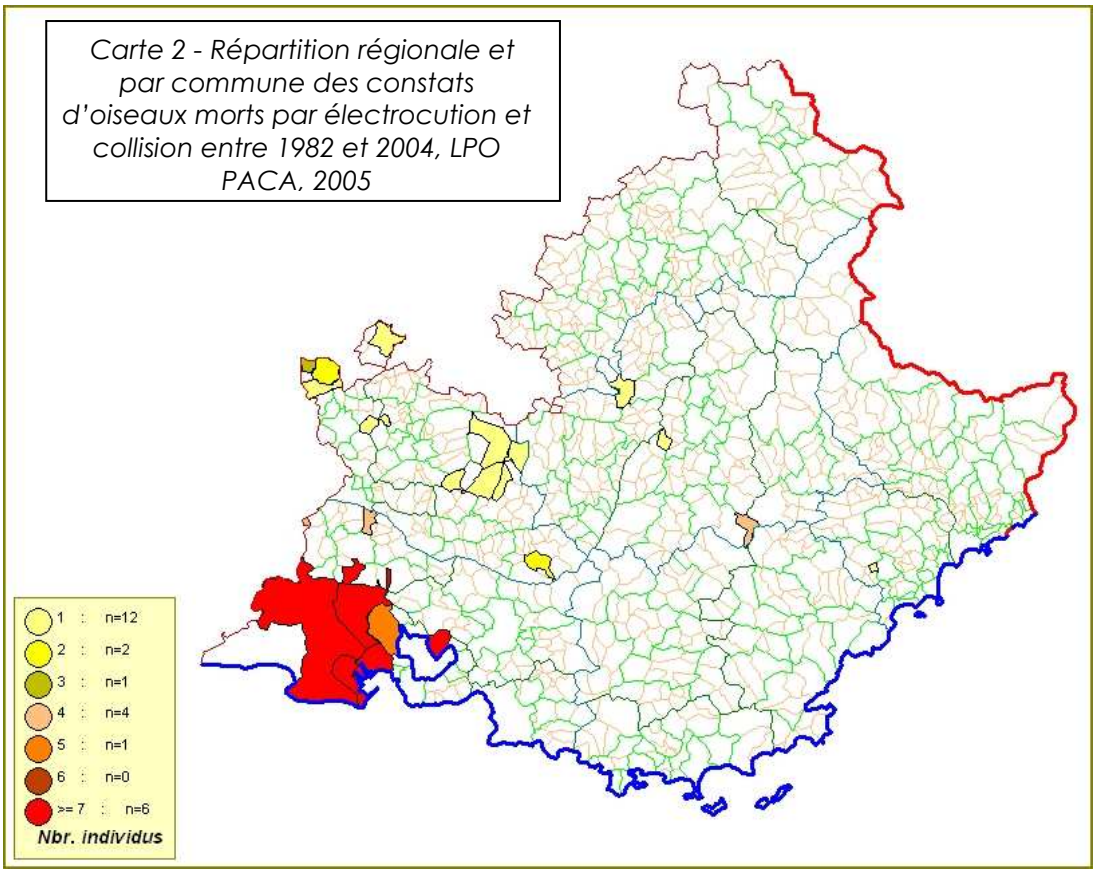
- la principale cause de mortalité des vautours fauves. Dans les Causses, 56 vautours (55 fauves et 1 moine) ont été victimes des lignes aériennes depuis le début du programme. Ainsi, 73 % des mortalités non naturelles sont liées aux lignes électriques (LECUYER & CLEMENTE 2002). Et il ne s'agit que des vautours retrouvés...
- la deuxième cause de destruction de l'Aigle royal (plus de 20 % des cas) après le braconnage, dans le Parc National des Ecrins et dans les Pyrénées-Orientales.

En ce qui concerne la mortalité par collision, elle représente une cause importante chez **le Gypaète barbu** dans les Pyrénées et le **Grand-duc d'Europe** globalement en France.

B.II - L'analyse de la mortalité en Région PACA

B.II.1 - La cartographie régionale des données

Sur la base des données de cas de mortalité des oiseaux dus au réseau électrique aérien, une cartographie régionale a pu être réalisée.



Carte 2 - Répartition régionale et par commune des constats d'oiseaux morts par électrocution et collision entre 1982 et 2004, LPO PACA, 2005

Le secteur Camargue – Crau est bien représenté : plus de 1000 cas constatés sur la commune de Fos-sur-Mer et plus de 700 cas sur celle de Saint-Martin de Crau. **On pourrait conclure que les cas de mortalité par percussion et d'électrocution ne manquent pas quand un effort de prospection est engagé sur un site. Cependant, cela est à pondérer dans le sens où les zones humides de ce secteur sont de première importance en termes d'effectifs, notamment pour les espèces sensibles à ces risques (voir tableau ci-dessous).** Un effort général de prospection doit donc être encouragé sur le reste de la Région.

Le tableau ci-après représente les espèces les plus touchées par une mortalité due aux lignes électriques en PACA.

Espèces	nombre de cas	Espèces	nombre de cas
Goéland leucophée	485	Grèbe huppé	39
Choucas des tours	311	Cygne tuberculé	34
Mouette rieuse	281	Grand Cormoran	31
Flamant rose	197	Sterne caugek	29
Foulque macroule	94	Cigogne blanche	26
Corneille noire	84	Circaète Jean-le-blanc	23
Buse variable	79	Sterne pierregarin	21
Milan noir	78	Héron cendré	19
Pie bavarde	66	Etourneau sansonnet	18
Héron pourpré	51	Tadorne de Belon	17

Tableau 1 : les 20 espèces les plus touchées par l'électrocution et la collision en PACA sur la période 1982-2004 – LPO PACA, 2005

Outre l'impact porté à des espèces communes, on peut noter que le Flamant rose représente la quatrième espèce dont la mortalité est due aux lignes électriques en PACA. **Le secteur fréquenté par le Flamant rose étant assez restreint géographiquement, un effort particulier devrait être mené pour neutraliser les lignes électriques qui lui sont meurtrières.**

B.II.2 - La mortalité comparée des espèces patrimoniales

Afin de pondérer l'impact de la mortalité due aux lignes électriques en fonction de la patrimonialité d'une espèce, le diagramme ci-dessous représente les chiffres relatifs aux espèces inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux. Un comparatif du territoire national avec la région PACA permet en outre de distinguer les espèces pour lesquelles un effort particulier de neutralisation doit être mené dans notre Région.

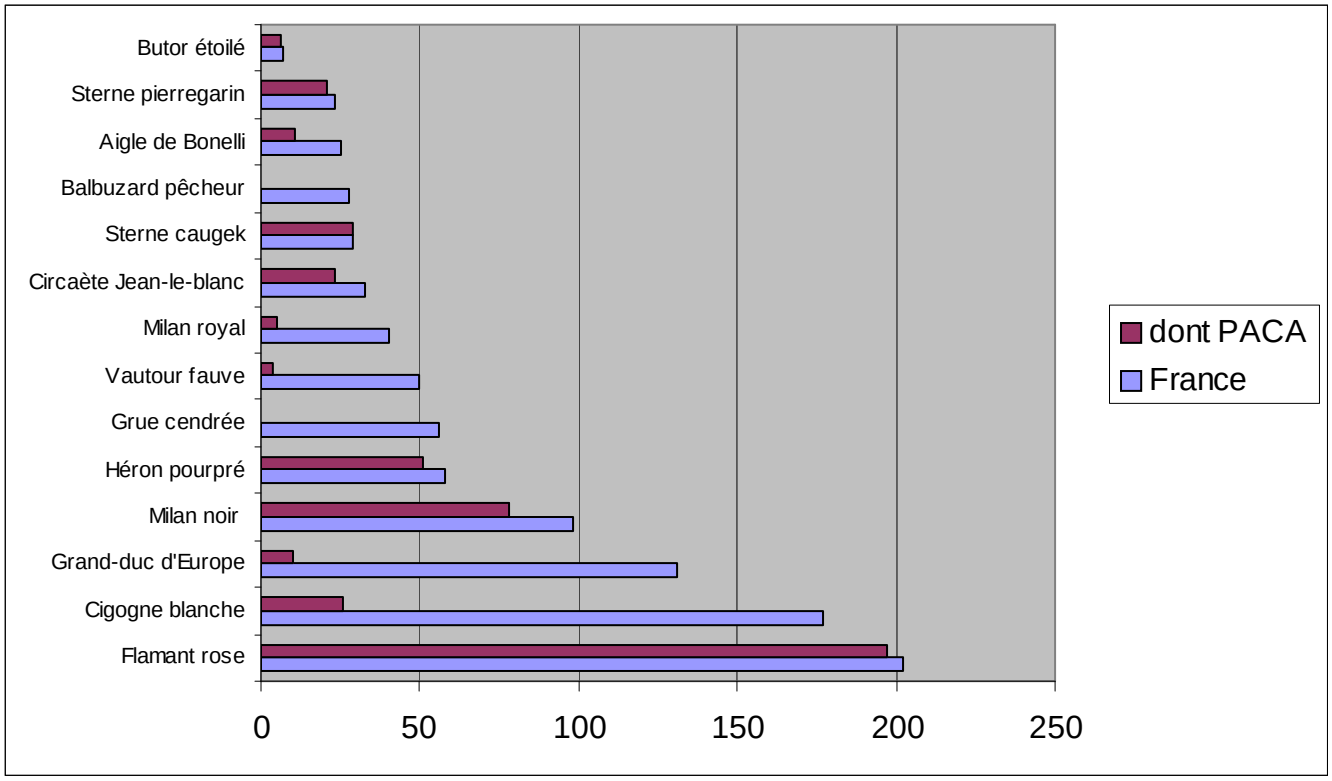
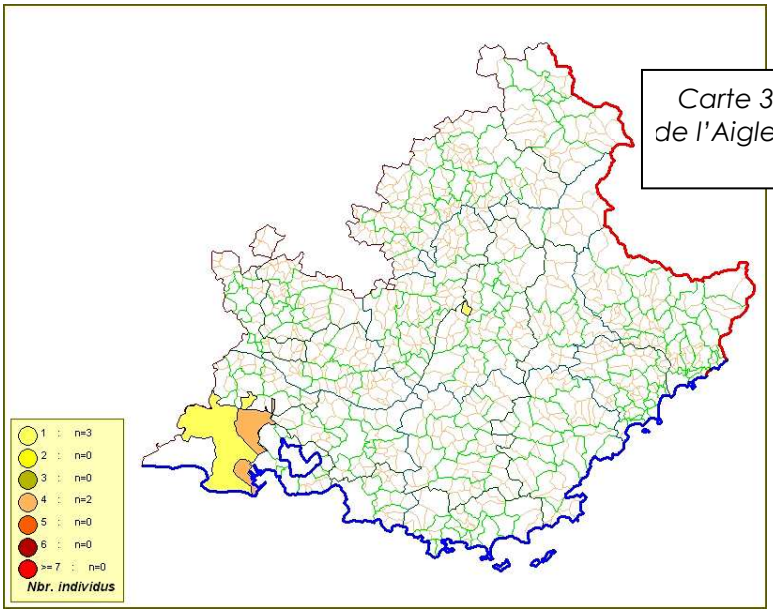


Figure 3. L'impact des lignes électriques sur les espèces inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux en France et en Région PACA - Source : LPO PACA 2003, synthèse des données entre 1982 et 2002

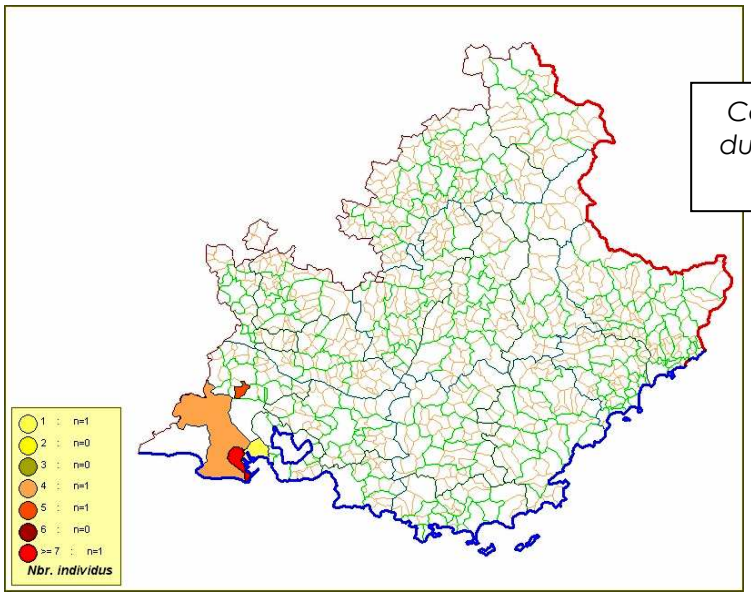
La figure précédente exprime bien la nécessité de porter attention à certaines espèces en Région PACA :

- l'Aigle de Bonelli semble la priorité compte-tenu de ses effectifs et de ses aires de répartition restreintes,



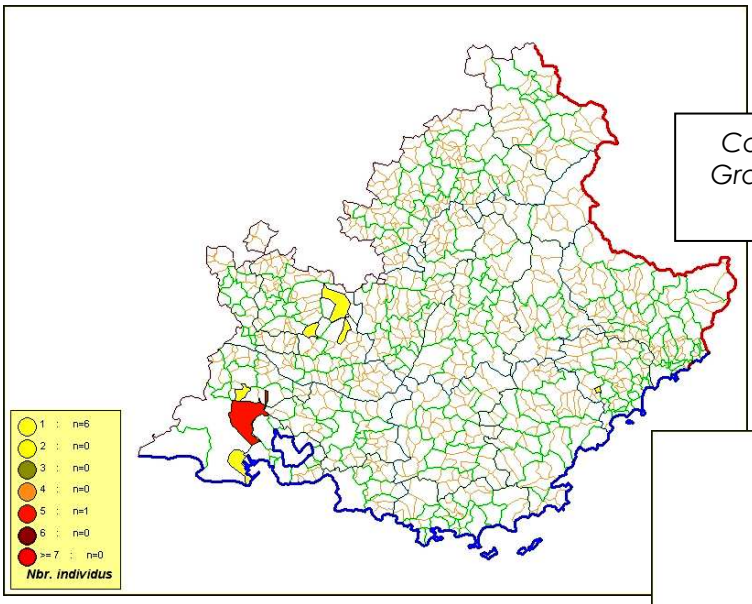
Carte 3 : répartition des cas de mortalité de l'Aigle de Bonelli, carte sur logiciel FNAT, LPO PACA 2005

- la **Sterne pierregarin, le Butor étoilé, le Héron pourpré et le Flamant rose** sont très sensibles car ces espèces fréquentent des zones humides traversées par des lignes électriques à très haute tension,

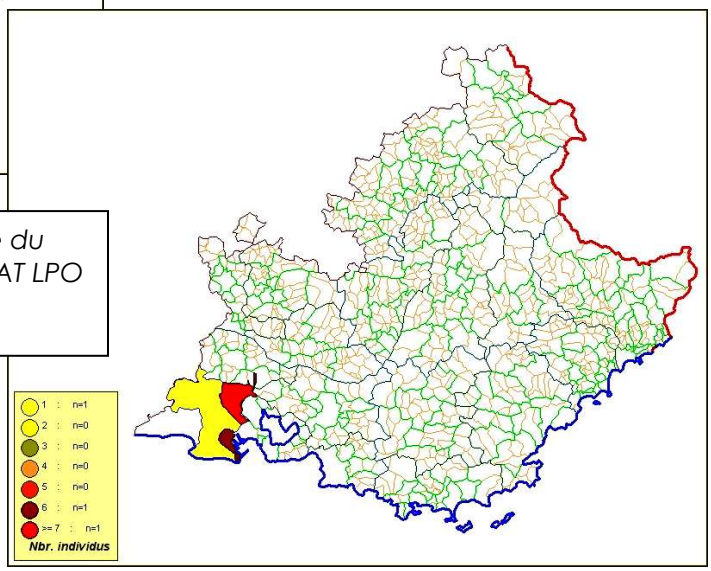


Carte 4 : répartition des cas de mortalité du Héron pourpré, carte sur logiciel FNAT LPO PACA 2005

- le **Circaète Jean-le-Blanc, le Milan royal et le Grand-duc d'Europe** sont sensibles à la collision avec les lignes électriques, notamment lors de leurs déplacements dans les massifs forestiers,

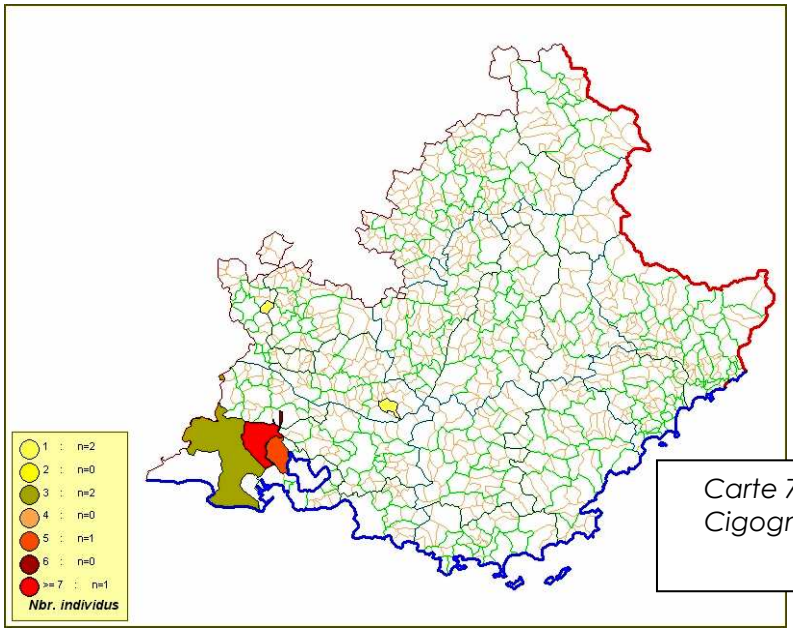


Carte 5 : répartition des cas de mortalité du Grand-duc d'Europe, carte sur logiciel FNAT LPO PACA 2005



Carte 6 : répartition des cas de mortalité du Circaète Jean-le-Blanc, carte sur logiciel FNAT LPO PACA 2005

- les **Cigognes blanches** s'électrocutent souvent durant leurs haltes migratoires le long des axes fluviaux.



Carte 7 : répartition des cas de mortalité de la Cigogne blanche, carte sur logiciel FNAT LPO PACA 2005

- les **Vautours fauves** sont sensibles à la fois au risque de percussion et d'électrocution.

Photo : Vautour fauve © Mercier

Dans le Verdon, le tableau 2 ci-dessous reprend les **8 cas d'électrocutions et de collisions** de vautours originaires du Verdon ou mort dans le Verdon :

Date	Individu	Origine	Age	Cause de mortalité	Commune (Dépt ou Pays)
16/03/00	**AEG**	1er lâcher	5 ans	électrocution	Modena (Italie)
10/10/00	**AEV**	2ème lâcher	3 ans	collision THT	Rougon (04)
28/10/01	**AEX**	2ème lâcher	4 ans	électrocution	Die (26)
18/06/03	**ATR**	4ème lâcher	4 ans	électrocution THT	Rougon (04)
17/08/06	**?**	**?**	adulte	collision/ électrocution THT	Rougon (04), mortalité ancienne
Nov 06	**?**	**?**	adulte	collision/ électrocution ?	Escragnolles (06)
28/11/06	**BOD**	Nid BAW7	2 ans	collision/électrocution MT	Rougon (04)
22/01/07	**BOZ**	Nid BAW9	3 ans	électrocution MT	La Palud sur Verdon (04)

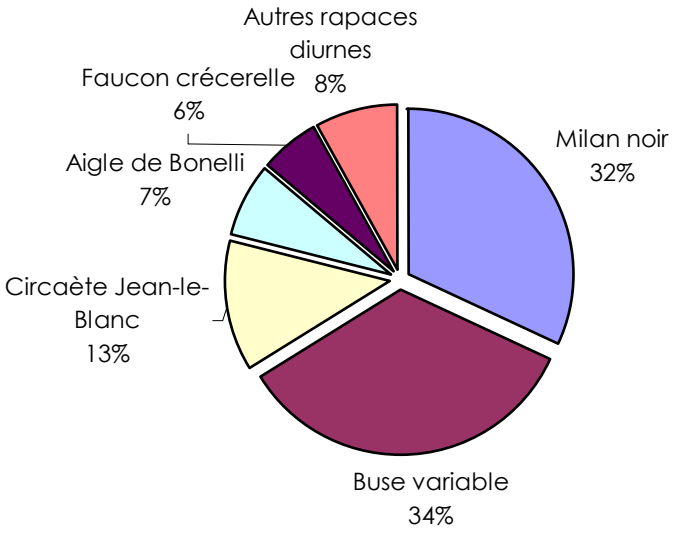
Tableau 2 : cas d'électrocutions des Vautours fauves dans le Verdon - Source : LPO PACA antenne du Verdon

Pour les vautours libérés à Rougon dans le cadre du programme de réintroduction, 9 mortalités sont connues dont 8 sont directement liées au réseau électrique, voici le contexte de certains cas :
- un vautour électrocuté en Italie sur un pylône moyenne tension.
- un vautour électrocuté sur un transformateur à Die (Drome).
- un vautour mort par collision sur la ligne 225 kV qui passe à Rougon à proximité des volières. Il s'agissait d'un vautour récemment libéré et qui ne maîtrisait pas correctement le vol plané dans des conditions de vent fort.
- un vautour mort par électrocution sur la ligne 225 kV qui passe à Rougon à proximité des volières. Libéré 8 mois auparavant, ce vautour maîtrisait parfaitement le vol. Il a été retrouvé par le personnel de RTE lors du contrôle aérien de la ligne incriminée.

B.II.3 - La mortalité des rapaces dans les Bouches-du-Rhône

A l'échelle du département, le réseau à moyenne tension s'étend sur environ 12.000 km, dont 4.000 km en souterrain, pour environ 80.000 à 100.000 pylônes. Entre 1986 et 1999, **241 rapaces diurnes et 25 rapaces nocturnes sont morts par électrocution.** En tout, **1577 oiseaux** répartis parmi 90 espèces ont été trouvés morts sous les lignes THT et MT dans les zones humides des Bouches-du-Rhône. **Plus de 90 % de ces oiseaux appartiennent à des espèces inféodées aux milieux aquatiques.**

Figure 4. Rapaces diurnes morts par électrocution-collision dans les Bouches du Rhône de 1986 à 1999 (n=241), Benjamin KABOUCHE, 1999



Sur onze espèces de rapaces diurnes, **le Milan noir *Milvus migrans* représente 32% des cas de mortalité** et il est la deuxième espèce la plus touchée après la Buse variable *Buteo buteo* (34%). Ces deux espèces sont présentes en grand nombre ; en revanche, les effectifs de Circaètes Jean-le-Blanc *Circaetus gallicus* (13%) et *a fortiori* d'Aigles de Bonelli *Hieraaetus fasciatus* (7%) sont plus réduits, mais sont des victimes également très régulières.

B.II.4 - La mortalité du Milan noir Milvus migrans en Crau

a) Contexte

Combien de rapaces sont-ils victimes des lignes électriques aériennes chaque année ?
Que représente cette cause de mortalité sur le réseau électrique français par rapport aux autres causes de destruction ?

Pour pouvoir répondre à ces questions, une étude sur la mortalité du Milan noir *Milvus migrans a été menée par Benjamin KABOUCHE, Patrick BAYLE et Luc BRUN en 1999*. Cette espèce présente plusieurs avantages : ses effectifs sont importants, la population du Paléarctique est migratrice (ce qui exclut sa présence en automne et en hiver lors de la période de chasse en Europe), et, enfin, des cas d'électrocutions de Milans noirs sont souvent mentionnés (FERRER et *al*., 1992 ; SERIOT & ROCAMORA, 1992 ; FERNANDEZ GARCIA, 1998 ; BAYLE, 1999 ; BEVANGER, 1999 ; ALONSO & ALONSO, 1999).

Photo : Milan noir © LPO mission rapaces

La quantification de la mortalité avienne sur le réseau électrique dans le département des Bouches-du-Rhône, essentiellement dans la plaine de Crau a été effectuée grâce à des prospections régulières sous les pylônes à partir des années 1990, afin de localiser les tronçons de lignes les plus meurtriers (KABOUCHE, 1991 ; KABOUCHE, 1994 ; KABOUCHE & BILLET, 1996). Il a pu être constaté que le Milan noir était fréquemment victime d'électrocution.

Le travail s'est attaché à estimer la mortalité directe non naturelle du Milan noir imputable aux réseaux électriques, en rapport avec les autres causes de mortalité. Cela a permis d'examiner la relation entre l'abondance de Milans noirs et le nombre d'individus électrocutés.

b) Matériel et méthodes

- Origine géographique des données

Les données proviennent du département des Bouches-du-Rhône, étendues aux zones naturelles des départements limitrophes (Camargue gardoise, vallée de la Durance). Les effectifs des couples nicheurs et des estivants non-reproducteurs y sont les plus importants de Provence (KABOUCHE, 2006 in Lascine et al.). De plus à la fin de l'été, viennent s'ajouter des effectifs migrateurs. Les migrateurs arrivent en nombre au mois de mars (obs. pers.) et quittent majoritairement la région durant le mois d'août (BELAUD, 1993 ; KABOUCHE & VENTROUX, 1999).

- Recueil de données

Les données recueillies proviennent quasi-exclusivement du département des Bouches-du-Rhône. Tout d'abord elles concernent les Milans noirs victimes des infrastructures électriques (KABOUCHE & BAYLE, inédit ; BAYLE et *al*., à paraître) auxquelles s'ajoutent d'autres observations personnelles (ex. prospections ponctuelles au bord des axes routiers). Les données issues de retour de bagues en Provence ont été transmises par G. OLIOSO (*in litt*.). Les observations réalisées par les responsables des périls aviaires de la base aérienne militaire d'Istres (PREVOST et *al*., 1996) (Tableau I), du Parc Ornithologique de Pont-de-Gau en Camargue (R. LAMOUROUX, *in litt*.), du centre de sauvegarde de la faune sauvage du Parc du Luberon (S. URIOT, *in litt.*) et de la clinique vétérinaire du Redon à Marseille (F. DHERMAIN, *in litt*.) ont également été intégrées.

Dans les unités de soins, le diagnostic de l'oiseau amené blessé est établi avec précision pour chaque individu. Chaque cas de collision a été comptabilisé arbitrairement comme une victime car il a été considéré qu'un oiseau blessé, s'il n'avait pas été recueilli, n'avait aucune chance de survivre dans la nature. Il a donc été distingué d'une part la mortalité des rapaces liée à une destruction ***indirecte*** [où la mort de l'oiseau est différée par rapport à la contamination globale des milieux, à la destruction des habitats, aux dérangements et à l'absence de ressources alimentaires,], d'autre part liée à une destruction ***directe*** de l'oiseau à l'issu d'une action humaine délibérée (tir, dénichage, empoisonnement) ou involontaire (électrocution, percussion contre un véhicule).

- Prospections sous les lignes électriques

Lors des prospections pédestres du réseau électrique de Moyenne Tension (M.T. de 15 kV à 20 kV), seuls les oiseaux gisant sous les lignes ont été notés. Les sites prospectés correspondent à des zones humides, des zones de garrigue, des zones périurbaines, des zones d'arboricultures intensives et dans la plaine caillouteuse de la Crau. Les cadavres d'oiseaux sont ramassés pour éviter un double comptage. La méthode de prospection visuelle utilisée permet de découvrir le cadavre des grosses

espèces, plus faciles à détecter, et dont les restes sont repérables parfois plusieurs semaines après leur mort.

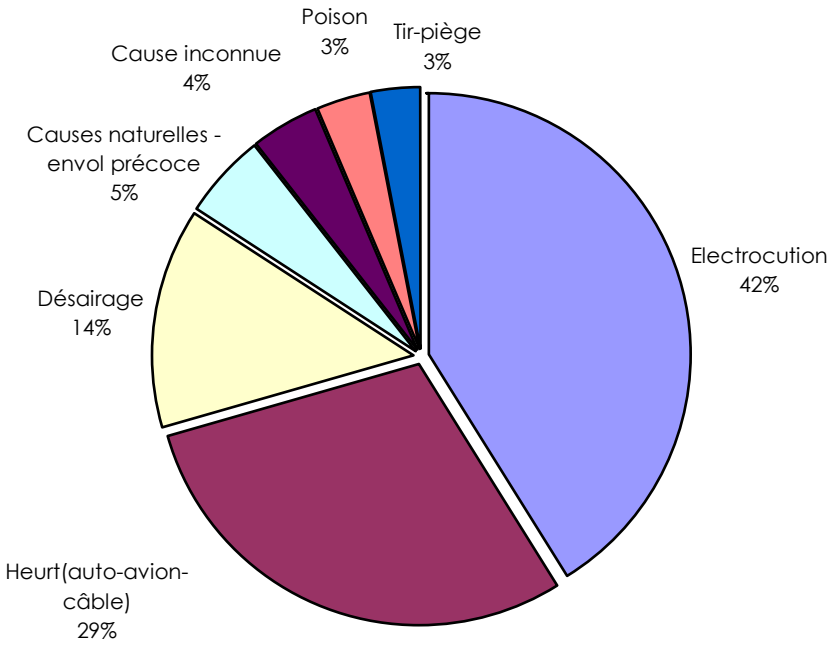
Les données recueillies sont hétérogènes dans la mesure où l'effort de prospection n'a pas été réalisé selon la même intensité et selon le même pas de temps. Sur certains sites, des prospections ont eu lieu irrégulièrement durant toutes les périodes de l'année. C'est pour cela que durant l'année 1997, les mêmes tronçons de lignes, sur une distance de 19 km, ont été parcourus méthodiquement tous les mois, soit 228 km. Les données ont été recueillies à partir de 1986, mais le suivi régulier en Crau n'a été réellement entamé qu'à partir de 1991 jusqu'à aujourd'hui. Ainsi, en 10 ans, environ 2300 kilomètres de lignes M.T. ont été parcourues, ce qui correspond à plus de 500 journées/hommes.

c) Recensement des effectifs sur la décharge d'Entressen

Au sud-est de la plaine de Crau, près de l'étang d'Entressen, est implanté le Centre de Traitement Biologique des Résidus Urbains (C.T.B.R.U.), c'est-à-dire la décharge d'ordures ménagères de Marseille. En raison de l'abondance et de la facilité de recherche de la nourriture, cette décharge attire des Milans noirs durant toute la saison de reproduction et de migration (KABOUCHE & VENTROUX, 1999). Comme l'avait expérimenté BLANCO (1994), il a été recensé mensuellement le nombre maximal d'individus présents simultanément sur la décharge. Les lignes électriques prospectées sont situées dans un rayon de 40 km autour de cette décharge.

d) Résultats

Figure 5. Les causes de mortalité du Milan noir dans les Bouches-du-Rhône (1982-1999) (n=201), Benjamin KABOUCHE & al., 1999



- <u>Les causes naturelles de mortalité</u>

Le nombre d'individus trouvés morts naturellement est faible. Il ne constitue que 5% des cas recensés. Les envols précoces des jeunes est la cause principale de mortalité observée (FIG.5).

- Les causes anthropiques de mortalité

La faible part des problèmes naturels atteste que les actions imputables à l'homme sont déterminantes pour évaluer le taux de mortalité du Milan noir (FIG. 5). Les causes de mortalité sont ainsi, tout d'abord, des causes involontaires de destruction : l'électrocution par les lignes électriques d'EDF et de la SNCF (40%, n=201) et les cas de heurts avec un objet mobile (avion, voitures) ou immobile (câbles de ligne Très-Haute-Tension - THT) (28%). Ensuite viennent les causes de mortalité liées aux actions délibérées de séquestrer lors de désairage (13%), de tirer et de piéger (3%) et enfin lors d'empoisonnement (3%).

- Les liens avec les effectifs de Milans noirs en Crau

Entre 1991 et 1997, il a été ramassé 76 cadavres de Milans noirs (FIG. 3) ; si on ne tient pas compte de l'année 1992 où aucune prospection n'a été effectuée, en 6 années, 12 Milans noirs ont été retrouvés en moyenne par an. Les recensements de Milans noirs aux alentours de la décharge mettent en évidence une arrivée importante des Milans noirs à partir de la mi-mars, un pic du nombre d'individus en août, et une absence quasi-totale de l'espèce en septembre.
Le nombre de Milans noirs électrocutés (n=20) est corrélé non-significativement à l'abondance des effectifs (R^2=0,435 ; N.S.) (cf. FIG. 6). Il a été aussi constaté une mortalité plus importante durant le mois de juin. L'indice kilométrique de la mortalité (IKM), c'est-à-dire le nombre de cadavres de Milans noirs par kilomètres de lignes parcourus, est de 0,131 Milans noirs/km, pour les 8 mois où cette espèce est présente (FIG. 7). On peut ainsi découvrir en moyenne un cadavre de Milan noir tous les 13 km de lignes parcourus, ce chiffre peut être ramené à un cadavre tous les 3,6 km durant le mois de juin. Lors de l'étude systématique en 1997, des Milans noirs électrocutés ont systématiquement été retrouvés durant les 8 mois, excepté pendant le mois de mars 1997 ((FIG. 6 & 7). **La mortalité affecte tous les Milans noirs : en cours de transit, estivants, nicheurs, adultes et juvéniles.**

Figure 6. Relation entre les cas d'électrocutions et les effectifs de Milans noirs en Crau (R^2=0,435), Benjamin KABOUCHE & al., 1999

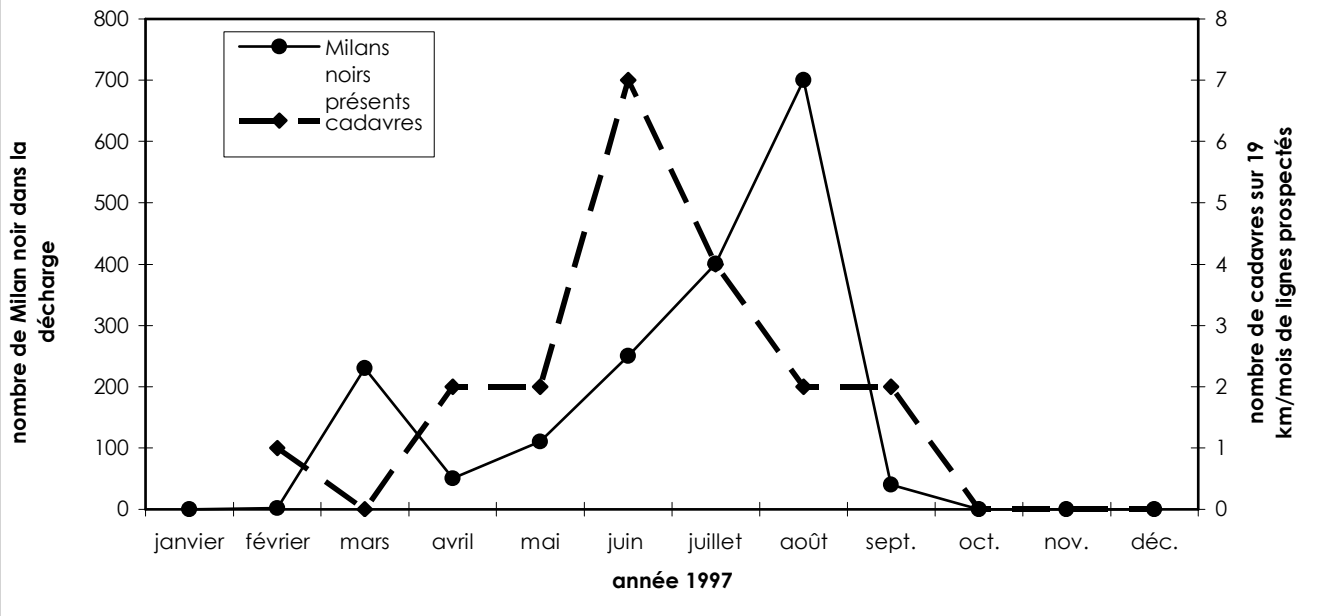
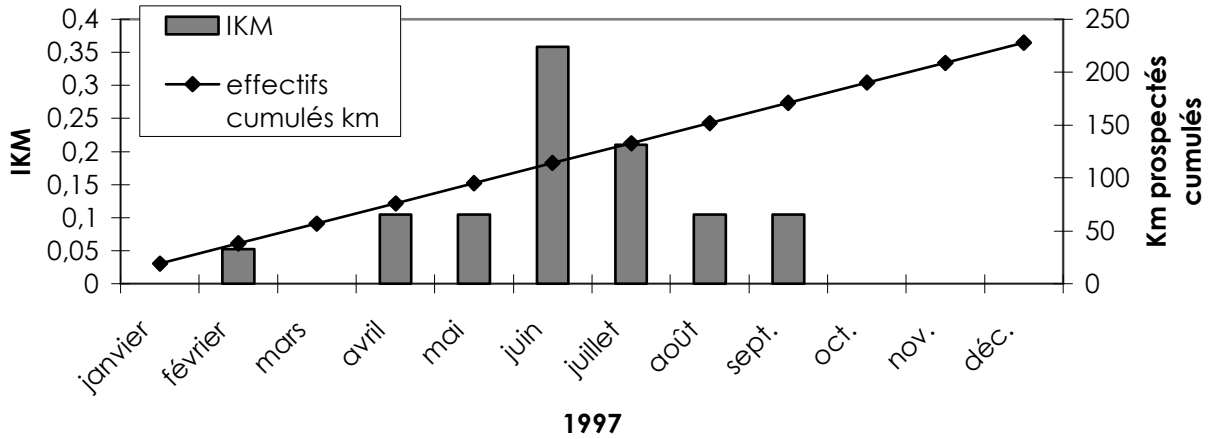


Figure 7. Indice Kilométrique de mortalité (IKM) et nombre cumulé de kilomètres prospectés en 1997, Benjamin KABOUCHE & al., 1999



- La mortalité par collision avec un avion

Sur les pistes d'envol de la base d'Istres, l'équipe de fauconnerie prospecte régulièrement la piste et a relevé les cas de heurts de Milan noir contre les avions. Ainsi, PREVOST et *al*., (1996) ont relevé 42 cas de percussions en 8 ans de suivi entre 1988 et 1996, soit 5,25 Milans noirs en moyenne par an. Cette base est, en effet, située, exactement à proximité immédiate de la décharge d'ordures ménagères d'Entressen. La décharge attire 130 à 150 couples de Milans noirs, ainsi qu'environ 200 individus non-reproducteurs, auxquels il faut ajouter 3500 à 4000 individus qui survolent la plaine de Crau de juin à septembre (KABOUCHE & VENTROUX, 1999).

- La mortalité par collision avec une automobile

Le Milan noir percute des véhicules essentiellement lors de ses quêtes de nourriture sur la chaussée. Dès l'aube, avant que le trafic ne soit intense, des Milans noirs « remontent » les axes routiers pour récupérer des animaux ayant été tués durant la nuit (obs. pers., R.N. 568 entre Arles et Fos-sur-Mer). Ils y ramassent, en particulier, des cadavres de lapins de garenne *Oryctolagus cuniculus* (obs. pers.). Les Milans noirs touchés sont, en définitive, peu nombreux (n=10/201) au regard du nombre d'individus utilisant cette méthode de recherche de nourriture : plusieurs dizaines d'individus par jour dans la plaine de Crau.

- La mortalité causée par le désairage

Dans les individus comptabilisés comme ayant été désairés (13%) (FIG. 5), il faut considérer qu'une partie de ces oiseaux tombés du nid accidentellement ont été recueillis « quelques temps » chez un particulier. Ils sont ensuite amenés chez un vétérinaire ou dans un centre de soins spécialisé. Après y avoir reçu des soins appropriés, ces jeunes Milans noirs sont relâchés nullement « imprégnés » (R. LAMOUROUX, com. oral). Le désairage est certainement plus une conséquence d'un envol malhabile, qui permet à des personnes d'attraper facilement un Milan noir juvénile qu'une volonté de capturer cette espèce à des fins spéculatives ou ludiques.

- La mortalité par tir ou piège

Les cas de tirs et de piégeage ne concernent que 3% des cas de mortalité (FIG. 5). Leur statut de migrateur strict leur permet d'éviter complètement la période actuelle de chasse en France. Les Milans noirs arrivent début mars et quittent l'Europe durant le mois d'août. Ils échappent ainsi à de malencontreux tirs illicites.

- La mortalité par empoisonnement

L'empoisonnement ne constitue que 3% de la mortalité (FIG. 5), c'est un élément sous-estimé dans notre étude, mais ce faible chiffre est aussi imputable aux législations qui interdisent l'utilisation des appâts empoisonnés ou anticoagulants dans le département des Bouches-du-Rhône.

e) Discussion

- Analyse critique des sources

L'hétérogénéité des sources.- D'ores et déjà, le mode de recueillement des informations issu de plusieurs sources n'est pas standardisé et les taux de mortalité sont sous-estimés par rapport à la réalité, mais, d'un autre côté, l'hétérogénéité des sources élargit le spectre de connaissances des différentes causes de destruction. A titre d'exemple, les unités de soins ne reçoivent quasiment jamais d'oiseaux morts électrocutés (Figure 5). Il a été regroupé arbitrairement dix causes de mortalité concernant 201 individus, malgré des sources d'information qui ne permettaient pas de contrôler seules toutes les causes possibles de mortalité. Les données ont été récoltées durant une période centrée autour de 1990, soit une phase qui reflète bien la situation pour les rapaces vingt ans après la protection de tous les rapaces diurnes.

Quantification des cas enregistrés.- Des causes de mortalité sont réellement sous-estimées, à l'instar de la mortalité le long des voies de chemin de fer liée aux électrocutions sur les caténaires. Des cadavres d'animaux domestiques (chiens, moutons) et sauvages (lapins) sont victimes du passage des trains. Ils attirent alors des animaux charognards (obs. pers.). Les percussions contre les automobiles sont également sous-estimées. Les services des voiries autoroutières passent régulièrement pour évacuer les carcasses des gros animaux qui pourraient engendrer un accident d'automobile ; c'est pourquoi il est probable que les Milans noirs écrasés échappent aux observations. L'empoisonnement involontaire, par consommation d'aliments indigestes dans les décharges ménagères, occasionne probablement plus de morts que celles qui sont constatées. Les appâts empoisonnés, déposés pour détruire les carnivores, existent toujours, mais cette pratique illégale ne rend pas facile l'accès à cette information. Enfin, dans la nature, les cadavres d'oiseaux sont rapidement évacués par les charognards. [Des expériences de dissémination de cadavres d'oiseaux dans les zones humides (PAIN, 1991) ou sous les lignes électriques (FERRER et *al*., 1992 ; BEVANGER, 1999) ont montré que la vitesse de disparition des cadavres était très rapide : entre 1 et 5 jours. La mortalité observée apparaît donc comme étant largement inférieure à la réalité et indubitablement liée à la fréquence des recensements.]

- Electrocution et percussion du Milan noir sur le réseau électrique aérien

Utilisation des pylônes comme perchoirs.- Les Milans noirs s'électrocutent lorsqu'ils sont posés sur l'armature des pylônes qu'ils utilisent pour chasser à l'affût, s'alimenter, se reposer ou s'accoupler (obs. pers.) tout en surveillant leur environnement. Les oiseaux mettent en contact simultanément une partie de leur corps avec deux phases (deux conducteurs) ou lorsqu'un contact s'établit entre une phase (un câble) et un conducteur relié à la terre (l'armement métallique fixé sur le poteau). Cela concerne essentiellement les lignes électriques Moyenne-Tension. Il est clair que l'électrocution est une cause de mortalité chronique mensuellement et annuellement pour le Milan noir.

Percussion contre les câbles.- Il arrive plus rarement que des Milans noirs percutent des lignes électriques de Haute-Tension (de 63 Kv à 400 kv) (ALONSO & ALONSO, 1999 ; OLIOSO, *in litt*.).

Extrapolation de la mortalité par électrocution au niveau départemental.- En France, le réseau électrique est actuellement quasiment achevé (KOWAL, 1993) ; le réseau électrique aérien moyenne-tension comprend actuellement 597.000 km (dont 28,50% en souterrain). Pour le département des Bouches-du-Rhône il est d'environ 12.000 km (dont environ 4000 km en souterrain) (EDF, *in litt*.). Dans la plaine de Crau, en moyenne annuelle, un Milan noir électrocuté a été retrouvé tous les 13 km prospectés. Si ce chiffre est extrapolé au niveau des secteurs les plus fréquentés par le Milans noir dans les Bouches-du-Rhône dans un espace comprenant environ 4000 Km de ligne (Vallées du Rhône et de la Durance, Camargue, Crau, Etang de Berre et ses affluents), **on peut considérer qu'il s'y électrocute entre 200 et 300 Milans noirs par an** (4000 km / 13 IKM).

f) Conclusion

Les populations européennes de Milans noirs sont en légère augmentation (TUCKER & HEATH, 1994 ; DOUMERET, 1999). Les effectifs augmentent, car il y a certainement une diminution globale de la mortalité, puisqu'il n'y a plus de campagnes de destruction massive organisée contre les rapaces. De plus, les ressources alimentaires d'origine anthropique permettent une meilleure survie des immatures en été, ainsi qu'un bon approvisionnement des jeunes au nid (KABOUCHE, inédit.).

Un travail soutenu avec les unités EDF locaux de Marseille-Provence aura permis de neutraliser en 10 ans environ 200 pylônes dans les secteurs fréquentés par les Aigles de Bonelli des Bouches-du-Rhône (PAULUS, 1998). Au rythme actuel (considérons ici un kilomètre par an neutralisé dans les espaces ruraux des Bouches-du-Rhône), on peut espérer « un effacement » du réseau aérien dans 4000 à 5000 ans ! Cela restera donc une cause de mortalité principale pour de nombreux rapaces pendant toute cette durée. Il est difficile de mesurer la part que représente cette cause de mortalité sur la dynamique globale des populations de rapaces du Paléarctique. Mais l'on peut estimer que les forts effectifs de Milans noirs pourront permettre à cette espèce de supporter cette pression. En revanche, il sera probablement trop tard pour des espèces qui ont des effectifs restreints telles que l'Aigle de Bonelli, le Gypaète barbu, le Vautour moine *Aegypius monachus*, et le Milan royal *Milvus milvus* pour ne citer que les espèces qui sont actuellement les plus menacées au niveau international.

La bibliographie propre à cette étude est disponible page 101.

B.II.5 - La mortalité avienne sur le réseau électrique dans les zones humides du littoral méditerranéen des Bouches-du-Rhône de 1986 à 1998

a) Contexte

A l'échelle du département des Bouches-du-Rhône le réseau à moyenne tension s'étend sur environ 12.000 km, dont 4.000 km en souterrain (Electricité de France, *in litt*.), ce qui représente néanmoins un nombre de pylônes évalué entre 80.000 et 100.000.

Un travail d'inventaire des espèces d'oiseaux fréquentant les zones humides des Bouches-du-Rhône et concernées par les causes de mortalité accidentelle due aux lignes électriques a été menée par Patrick BAYLE, Benjamin KABOUCHE et Jean-Laurent LUCCHESI en 1999. Après la caractérisation des principaux sites sur lesquels des oiseaux ont été trouvés morts sous les lignes électriques, les résultats obtenus pour les familles ou espèces principalement touchées ont pu être analysés.

b) Méthode de prospection sous les lignes

- Origine des données

Les données recueillies proviennent essentiellement de la partie méridionale du département des Bouches-du-Rhône où est localisée la majeure partie des zones humides. Les recensements ont été réalisés depuis plusieurs années, dans ces zones humides, par un réseau de naturalistes bénévoles. Lors des prospections pédestres sous les lignes électriques, seuls les cadavres d'oiseaux gisant sous les lignes électriques sont notés. Les données recueillies sont hétérogènes dans la mesure où chaque tronçon de ligne étudié a été inventorié selon une intensité et un pas de temps différents. Sur certains sites, des recherches ont eu lieu irrégulièrement à différentes périodes de l'année. D'autres secteurs ont été en revanche parcourus méthodiquement tous les mois. Les données ainsi recueillies ne peuvent donc donner qu'un aperçu global et il ne peut être question de comparer les résultats site à site, ni de pouvoir en tirer une quelconque extrapolation (par exemple à propos de la mortalité avienne annuelle sur le réseau électrique dans les zones humides du département).

- Méthode de prospection

Les cadavres d'oiseaux ont été systématiquement retirés de sous les lignes pour éviter un double comptage. La méthode de prospection visuelle utilisée entraîne dans tous les cas des biais en faveur de la découverte des cadavres des grosses espèces, plus faciles à repérer, et dont les restes peuvent être retrouvés plusieurs semaines après la mort. Les petites espèces sont plus facilement transportées par les charognards et donc susceptibles de disparaître entre deux prospections. Même en cas de recensement régulier, il est extrêmement difficile de quantifier de manière exhaustive le nombre d'oiseaux tués sur chaque tronçon de ligne électrique puisque de nombreux animaux nécrophages (Accipitridés, Laridés, Corvidés, parmi les oiseaux, Canidés, Mustélidés et rat surmulot *Rattus norvegicus* parmi les mammifères, différentes espèces parmi les insectes) exploitent cette source d'alimentation, souvent de façon systématique, éliminant par conséquent les cadavres au fur et à mesure. Ainsi l'optimum, pour étudier cette mortalité, n'est atteint que lorsqu'un suivi peut être effectué à intervalles très courts et réguliers, ceci afin de limiter au maximum le biais induit par l'élimination des cadavres par les charognards.

Comme déjà décrit précédemment (page24), la vitesse de disparition des cadavres d'oiseaux est très rapide : entre 1 et 5 jours. **La mortalité observée apparaît donc comme étant largement inférieure à la réalité et étroitement liée à la fréquence des recensements.** Cependant les résultats de cette étude sont présentés de manière brute, sans les pondérer avec un coefficient multiplicateur qui aurait pu prendre en compte la fréquence de prospection, la dispersion des oiseaux tombés loin de l'axe de la ligne et la vitesse de disparition des cadavres. Ces facteurs de correction sont toujours sujets à controverse et nous pensons que, même s'il est évident que nos données sont sous-estimées, elles se suffisent à elles-mêmes pour mettre en évidence l'importance de ce facteur de mortalité pour certaines espèces.

c) Caractérisation des sites prospectés

Au cours de la période 1986-1998, des cas de mortalité d'oiseaux dus aux différents réseaux électriques ont été notés dans 6 zones humides des Bouches-du-Rhône. Les caractéristiques de ces secteurs (et des lignes qui les traversent) sont brièvement résumées ci-dessous.

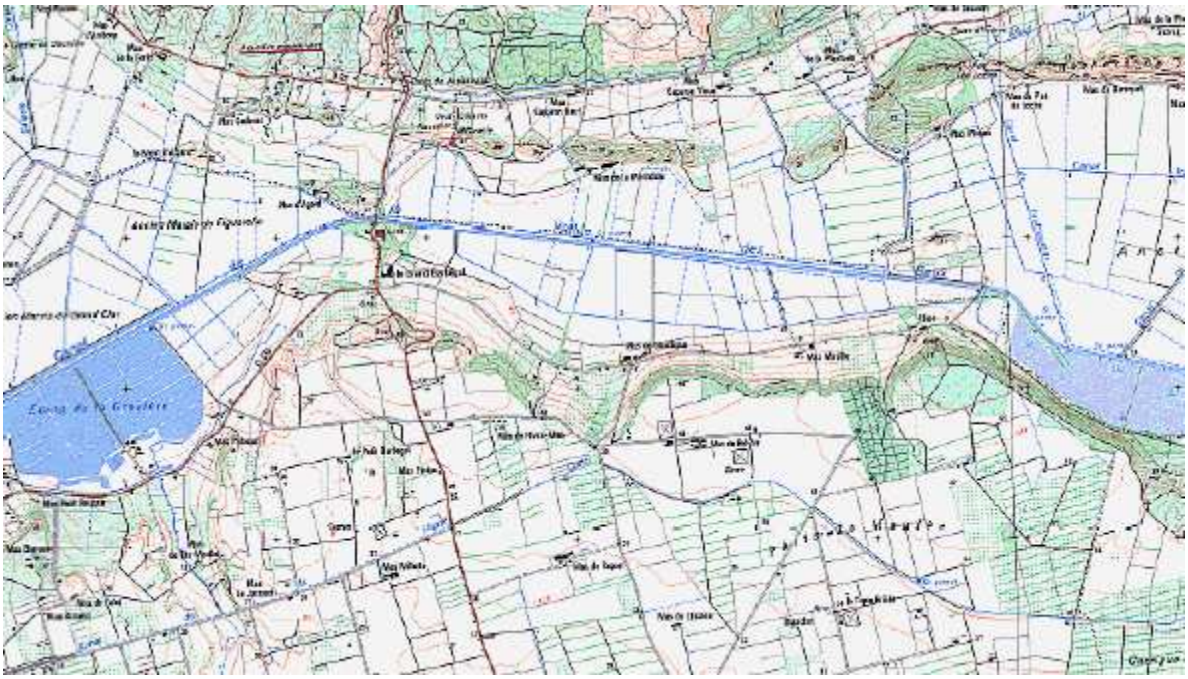
- 1. Camargue

L'île de Camargue *stricto sensu* n'a pas fait l'objet d'une prospection systématique sous les lignes électriques. Cependant, quelques cas d'électrocutions ont été notés au cours des dernières années sur le réseau MT qui alimente le delta, notamment par le Parc Ornithologique de Pont-de-Gau (R. Lamouroux *in litt.*), la Réserve Nationale de Camargue (J. Boutin *in litt.*) et la Station Biologique de la Tour-du-Valat (Y. Kayser *in litt.*). Ces données, ainsi que quelques observations personnelles, constituent un ensemble hétérogène qui n'a qu'une valeur anecdotique.

Carte 8 : la Camargue (fonds cartographique Carto Exploreur 3)

- 2. Marais des Baux

Une ligne MT traverse le marais de la Gravière sur une longueur d'environ 600 m. Le propriétaire de ce domaine, M. Schneider, a constaté plusieurs cas de mortalité avienne sur ce tronçon. Ceux-ci ont été relevés durant 2 ans (1995-96) par les gardes de l'Office National de la Chasse qui ont bien voulu nous les communiquer (M. Thomasella *in litt.*).



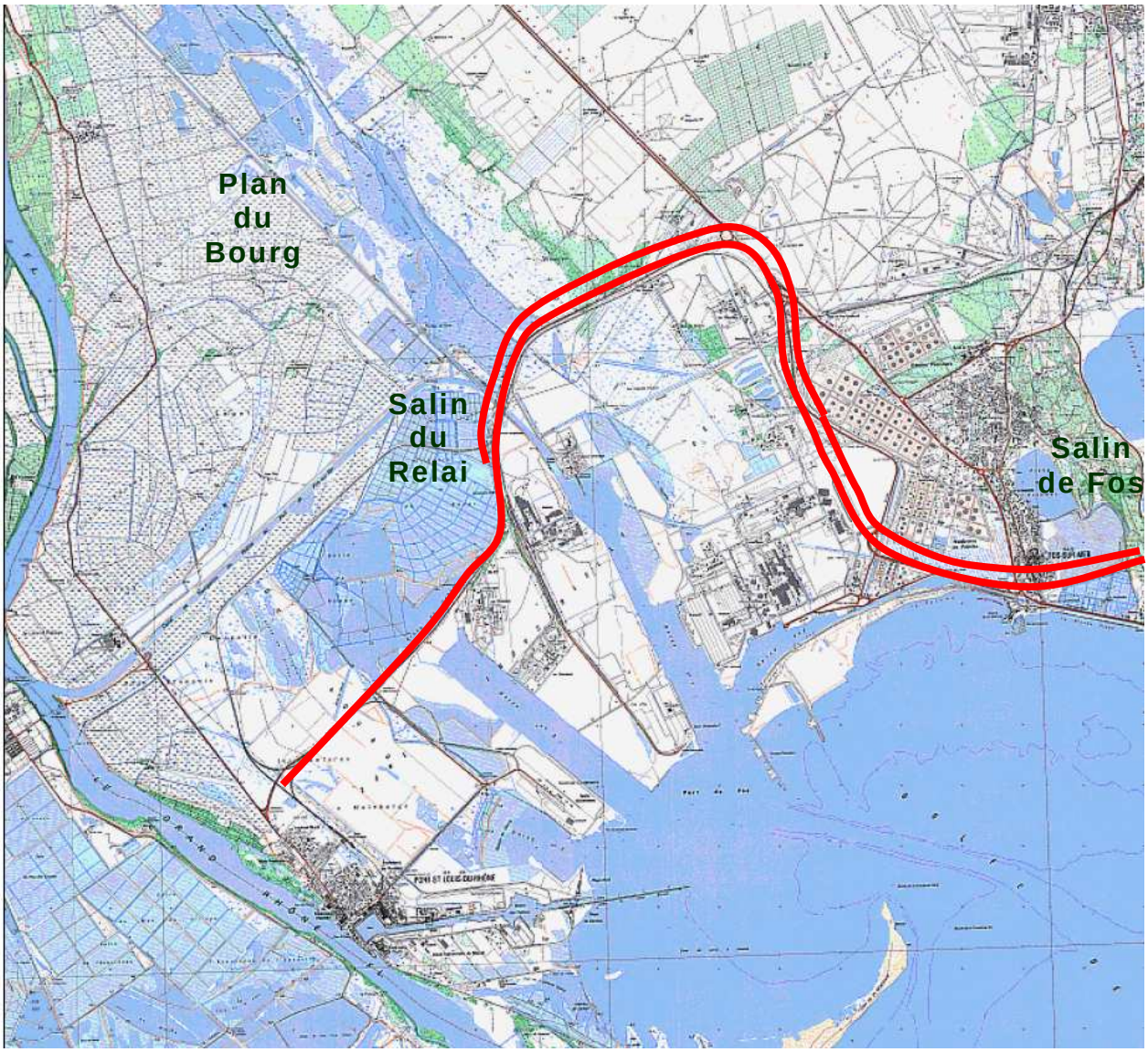
Carte 9 : les Marais des Baux
(fonds cartographique Carto Exploreur 3)

- 3. Plan-du-Bourg

Carte 10 : Lignes électriques MT(en vert) sur le Plan du Bourg-Marais du Vigueirat (fonds cartographique Carto Exploreur 3)

Une ligne MT a fait l'objet d'un suivi particulièrement régulier dans ce secteur. Il s'agit d'une section de 7 km qui traversait le domaine du Vigueirat. Celui-ci appartient au Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres et est gardienné en permanence. La ligne se trouvant près d'un chemin, les oiseaux morts sous la ligne ont été collectés au cours des rondes effectuées journellement par le personnel de gardiennage de la propriété pendant la période 1988-98. L'impact de cette ligne sur certaines familles d'oiseaux à forte valeur patrimoniale (ardéidés et rapaces diurnes, *cf. infra*) a obligé EDF à enterrer le tronçon incriminé en juin 1998.

- <u>4. Salin du Relai</u>



Carte 11 : Lignes électriques THT (en rouge) sur le Plan du Bourg, le Salin du Relai et le Salin de Fos (fonds cartographique Carto Exploreur 3)

Deux lignes THT parallèles (l'une de 225 kV, l'autre de 380 kV) alimentent le complexe industriel de Fos-sur-Mer. Avant d'atteindre les usines, ces 2 lignes longent les anciens salins du Caban et du Relai. Aucun cas de mortalité n'a été constaté le long du salin du Caban, ce site étant, depuis le drainage du marais voisin de l'Oiseau en 1982, asséché la plupart du temps.

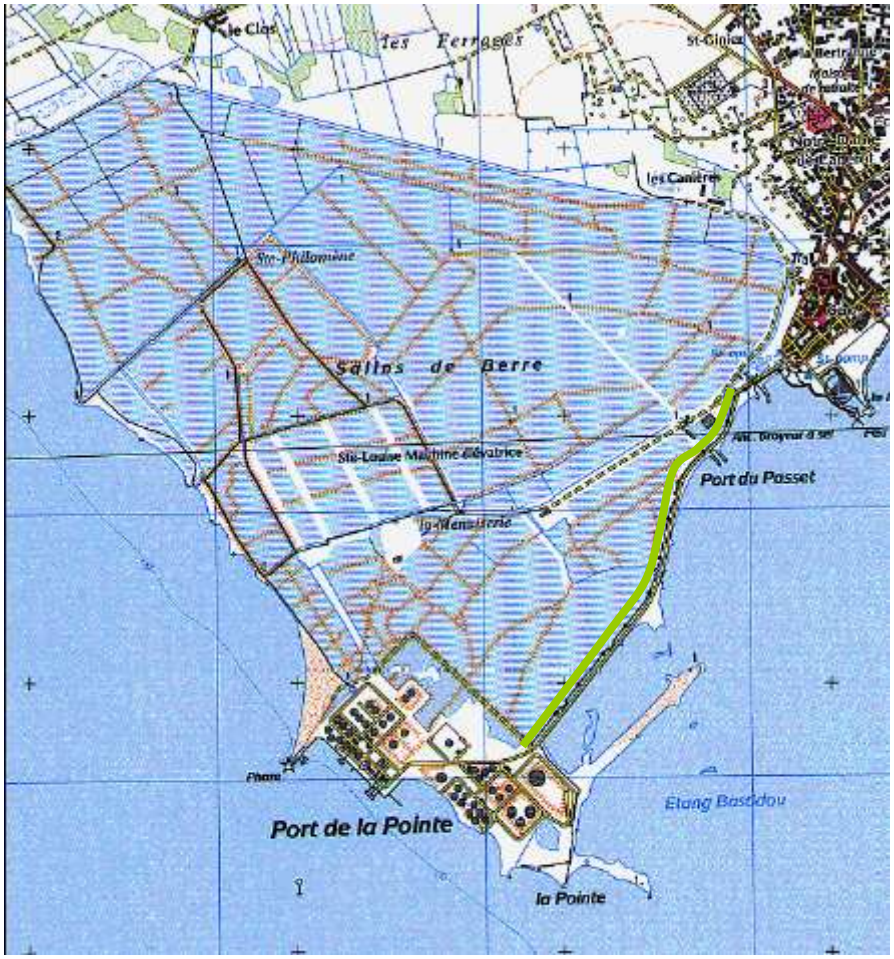
En revanche, une petite zone de marais subsistait en 1983-84 sous les lignes à hauteur du salin du Caban et une certaine mortalité par collision y a été constatée. Depuis, un carrefour routier a été aménagé sur le site et ce ne sont plus que des cas très isolés de mortalité qui sont notés sur cette portion de ligne.

- 5. Salin de Fos

Les 2 lignes THT évoquées ci-dessus traversent également, sur une longueur de 1500 m, le salin abandonné de Fos, situé entre la Méditerranée et l'étang de l'Estomac. La forte mortalité avienne mise en évidence sur ce tronçon entre 1987 et 1991 a conduit EDF à équiper les 2 lignes, en février 1992, d'avertisseurs visuels pour les oiseaux, sous forme de spirales de matière plastique colorée (Bayle 1992). Ce dispositif a permis de réduire le nombre de collisions, mais pas d'éliminer totalement ces accidents (F. Pons-Boutin comm. orale ; G. Paulus *in litt*.).

- 6. Salin de Berre

Deux lignes MT privées ont fait l'objet de prospections sporadiques. La première ligne, longue de 1500 m, suit la route qui sépare, à l'est, le salin de l'étang de Berre et dessert le port de la Pointe. La seconde, d'une longueur de 2500 m, traverse le salin d'est en ouest et en alimente les pompes. Le rôle de la première dans la mortalité avienne est connu depuis 1987 alors que celui de la seconde n'a été découvert qu'en 1996.



Carte 12 : Ligne électrique MT longeant la route (en vert) sur le Salin de Berre (fonds cartographique Carto Exploreur 3)

d) Répartition de la mortalité par type de réseau

En l'espace de 12 ans, de janvier 1987 à décembre 1998, 1577 oiseaux répartis parmi 90 espèces ont été trouvés morts sous les lignes THT et MT dans les zones humides des Bouches-du-Rhône. Plus de 90 % de ces oiseaux appartiennent à des espèces inféodées aux milieux aquatiques.

Les 2 tronçons de lignes THT, qui traversent le salin de Fos, contribuent à eux seuls à près des 2/3 de tous les cas de mortalité constatés (N = 1036). Tous les oiseaux trouvés sous les lignes THT (N = 1058) sont morts par collision contre les câbles. Dans les cas des lignes MT (N = 519), les cas de collision (85%) sont largement plus nombreux que ceux d'électrocution (15%).

Le tableau ci-dessous représente les effectifs par espèce de cadavres retrouvés sous les lignes.

	CAMARGUE	PLAN DU BOURG	MARAIS DES BAUX	SALIN DE FOS	PORT ST. LOUIS	SALIN DE BERRE	TOTAL
Plongeon catmarin	0	0	0	1	0	0	1
Plongeon arctique	0	0	0	1	0	0	1
Grèbe huppé	0	3	0	31	0	3	37
Grèbe à cou noir	0	0	0	9	0	1	10
Grand Cormoran	0	0	0	29	2	0	31
Cigogne blanche	3	0	0	0	0	0	3
Cigogne noire	1	0	0	0	0	0	1
Héron cendré	2	9	0	4	0	0	15
Héron pourpré	4	41	5	1	0	0	51
Héron	0	0	0	1	1	0	2
Aigrette garzette	3	6	3	0	0	1	13
Butor étoilé	1	5	0	0	0	0	6
Héron bihoreau	0	8	0	0	0	0	8
Héron crabier	0	3	0	0	0	0	3
Héron garde-boeufs	1	6	0	0	0	0	7
Flamant rose	1	9	27	148	6	3	194
Cygne tuberculé	0	1	0	0	0	33	34
Canard colvert	0	3	0	5	2	0	10
Canard chipeau	0	1	0	0	0	0	1
Sarcelle d'hiver	0	1	0	2	0	0	3
Sarcelle d'été	0	1	0	0	0	0	1
Tadorne de Belon	0	0	0	11	0	5	16
Fuligule milouin	0	0	0	14	0	0	14
Fuligule morillon	0	0	0	5	0	0	5
Nette rousse	0	0	0	0	1	0	1
Eider à duvet	0	0	0	1	0	0	1
Harelde de Miquelon	0	0	0	1	0	0	1
canard indéterminé	0	0	0	1	0	0	1
Buse variable	2	5	0	0	0	2	9
Milan noir	0	2	0	0	0	0	2
Busard des roseaux	2	3	0	0	0	0	5
Circaète Jean-le-Blanc	0	6	0	0	0	1	7
Aigle de Bonelli	1	4	1	0	0	0	6
Epervier d'Europe	0	0	0	1	0	0	1
Faucon crécerelle	0	2	0	0	0	0	2
Faisan de chasse	0	0	0	1	0	0	1
Caille des blés	0	1	0	8	1	0	10
Foulque macroule	0	26	0	60	1	2	89
Gallinule poule-d'eau	0	2	0	6	0	1	9
Râle d'eau	0	3	0	3	0	0	6
Marouette ponctuée	1	5	0	2	0	0	8
Marouette poussin	1	1	0	0	0	0	2
Goéland leucophée	0	6	0	340	5	120	471
Goéland cendré	0	0	0	2	0	0	2
Mouette rieuse	3	22	0	215	2	26	268
Mouette mélanocéphale	0	0	0	11	0	0	11
Mouette	0	0	0	1	0	0	1
Mouette tridactyle	0	0	0	1	0	0	1
Sterne pierregarin	0	0	0	21	0	0	21
Sterne caugek	0	0	0	26	0	3	29
Sterne naine	0	0	0	3	0	0	3
Guifette noire	0	0	0	5	0	0	5

laridé indéterminé	0	0	0	1	0	0	1
Echasse	0	0	0	0	0	1	1
Avocette	0	0	0	7	0	0	7
Gravelot à collier interrompu	0	0	0	1	0	0	1
Chevalier guignette	0	0	0	1	0	0	1
Combattant varié	0	1	0	2	0	0	3
Chevalier gambette	0	0	0	6	0	0	6
Chevalier aboyeur ?	0	0	0	0	0	1	1
Vanneau huppé	0	1	0	0	0	0	1
Pluvier doré	0	0	0	4	0	0	4
Pluvier argenté	0	0	0	2	0	0	2
Pigeon domestique	0	0	0	2	0	0	2
Pigeon ramier	0	2	0	1	1	0	4
Tourterelle des bois	0	0	0	4	0	0	4
Effraie des clochers	0	2	0	0	0	1	3
Grand-duc d'Europe	0	0	1	0	0	0	1
Chouette hulotte	1	0	0	0	0	0	1
Hibou moyen-duc	0	0	0	1	0	0	1
Martinet noir	0	0	0	6	0	0	6
Rollier d'Europe	0	1	0	0	0	0	1
Alouette des champs	0	0	0	3	0	0	3
Hirondelle de rivage	0	1	0	0	0	0	1
Rousserolle turdoïde	0	1	0	0	0	0	1
Rousserolle effarvatte	0	1	0	0	0	0	1
Lusciniole à moustaches	0	1	0	0	0	0	1
Fauvette à tête noire	0	3	0	2	0	0	5
Fauvette des jardins	0	2	0	0	0	0	2
Hypolaïs polyglotte	0	2	0	0	0	0	2
Pouillot fitis	0	1	0	0	0	0	1
Roitelet triple-bandeau	0	0	0	1	0	0	1
Gobemouche noir	0	1	0	0	0	1	2
Rouge-queue à front blanc	0	1	0	0	0	0	1
Grive musicienne	0	1	0	3	0	1	5
Bruant ortolan	0	1	0	0	0	0	1
Pinson des arbres	0	0	0	2	0	0	2
Verdier	0	0	0	1	0	0	1
Moineau domestique	0	0	0	0	0	1	1
Etourneau sansonnet	0	0	0	7	0	8	15
Geai des chênes	0	0	0	1	0	0	1
Pie bavarde	0	5	0	1	0	1	7
Choucas des tours	2	7	0	1	0	1	11
Corneille noire	1	15	0	1	0	0	17
oiseau indéterminé	0	0	0	4	0	0	4
TOTAL	30	235	37	1036	22	217	1577

Tableau 3. RECAPITULATIF DES CAS DE MORTALITE AVIENNE SUR LE RESEAU ELECTRIQUE DANS LES ZONES HUMIDES DES BOUCHES-DU-RHONE (1986-1998)

- Répartition de la mortalité par familles

Lorsqu'on analyse ces données en fonction, non plus des sites, mais des espèces concernées, on constate que certaines espèces sont plus souvent victimes des lignes électriques que d'autres. Quatorze espèces contribuent chacune pour plus de 1 % de la mortalité (soit au minimum 15 individus). Ces espèces représentent 81,7 % (n = 1288) de l'ensemble des oiseaux trouvés morts sous le réseau électrique ; de plus, **3 espèces, le Goéland leucophée *Larus cachinnans*, la Mouette rieuse *L. ridibundus* et le Flamant rose *Phoenicopterus ruber* fournissent 59,2 % des victimes**. On peut facilement rattacher l'importante mortalité des Laridés (51,2 % des victimes), au fait que cette famille comprend des espèces à forts effectifs, très bien représentées dans la zone étudiée (Isenmann 1993). C'est le cas tout particulièrement du Goéland leucophée et de la Mouette rieuse qui correspondent respectivement à 29,9 % et 17,0 % des cas d'accidents.

Les grands échassiers (Ardéidés, Ciconiidés et Phoenicoptéridés) constituent le deuxième groupe d'oiseaux victimes des lignes électriques avec 19,2 % des cas. Leur morphologie, leur grande envergure et leurs déplacements souvent nocturnes, les rendent plus vulnérables vis-à-vis des lignes électriques. Les Rallidés sont des victimes régulières et sont le troisième ensemble d'oiseaux retrouvés sous les lignes avec 7,2 % des cas. Les Anatidés, pourtant omniprésents dans les milieux humides, ne constituent que 5,5 % des cas de mortalité. Contrairement à ce qui peut être observé dans la plaine de Crau (Kabouche & Bayle *op. cit.*), les Falconiformes (2,4 %) et les Corvidés (2,3 %) n'ont pas été retrouvés électrocutés en grand nombre dans les zones humides. Enfin, la mortalité des espèces de petite taille, tout particulièrement les passereaux (2,5 %), est certainement sous-représentée pour les raisons méthodologiques présentées précédemment.

- Répartition de la mortalité par espèce

Si les données recueillies ne reflètent pas la réalité de l'ampleur de la mortalité avienne, elles permettent toutefois d'entrevoir l'impact de la mortalité contre le réseau électrique pour certaines espèces d'oiseaux dans les zones humides. Elles permettent d'établir la sensibilité de certaines espèces aux lignes électriques THT et MT en considérant leur niveau d'abondance, les effectifs locaux et les circonstances des accidents.

- Podicipedidés

Trente-six **Grèbes huppés** *Podiceps cristatus* ont été trouvés sous les lignes THT et MT à toutes les périodes de l'année. Cette espèce exploite régulièrement les plans d'eau ainsi que la mer près des côtes. Les déplacements nocturnes et quotidiens des oiseaux nicheurs et, surtout, des groupes d'hivernants expose particulièrement l'espèce aux collisions.

Photo : Grèbe huppé © Amine Flitti

- Ardéidés

Six **Butors étoilés** *Botaurus stellaris* ont été retrouvés tués par percussion dans le Plan-du-Bourg et en Camargue, où l'espèce niche en faibles effectifs. Le Plan-du-Bourg, par exemple, n'abrite que 55 mâles mugissants (Kayser *et al*. 1998), ce qui laisse penser que les lignes électriques constituent, pour une si petite population, une cause de mortalité accidentelle importante.

Onze **Hérons cendrés** *Ardea cinerea* ont été retrouvés morts sous des lignes MT et 4 sous les lignes THT. Le Héron cendré, par ses déplacements nocturnes et par sa grande envergure, est une victime régulière des lignes électriques. Hecker *et al.* (1992) ont montré qu'il ne modifie pas son

comportement en passant devant des lignes équipées de dispositifs d'effarouchement pour les oiseaux La population de Camargue et du Plan-du-Bourg a néanmoins augmenté de près de 500 couples en 1981 à environ 800 couples en 1992 (Kayser *et al*. 1994).

Quarante-huit **Hérons pourprés** *Ardea purpurea* ont été retrouvés essentiellement sous des lignes MT dans des secteurs où l'espèce niche. Les déplacements sont surtout crépusculaires et se font à base altitude. Les oiseaux heurtent les lignes durant ces mouvements où les oiseaux quittent leur dortoir pour aller s'alimenter. On observe une forte mortalité des juvéniles (4 adultes et 22 juvéniles) de juillet à septembre, c'est-à-dire quelques semaines après leur envol ; leur technique de vol et la connaissance des sites sont encore imparfaites (Hecker *et al.* 1992).

Photo : Héron pourpré © Amine Flitti

Dans le marais du Vigueirat, 38 hérons pourprés ont été victimes de la ligne longeant le canal du Vigueirat ; cette surmortalité par percussion fragilise considérablement la population nicheuse du Plan-du-Bourg, qui était de 90 couples en 1997. Les effectifs fluctuent chaque année en fonction des conditions d'accueil des roselières. Le recensement de 1992 a donné 85 couples en Camargue et sur le Plan-du-Bourg, alors que 545 nids avaient été comptés dans le même secteur en 1990 (Kayser *et al op. cit*.).

- Ciconiidés

Trois **Cigognes blanches** *Ciconia ciconia* ont été retrouvés en Camargue. Ce chiffre indique bien que le réseau est sous-prospecté, car la mortalité par électrocution est la principale cause de mortalité pour l'espèce en France (Duquet, 1994) et en Europe (Sériot & Duquet, 1999), surtout durant la période de migration postnuptiale. La cartographie de Feld (1995) des cas de mortalité par électrocution en Europe indique de nombreux cas dans le Sud-est de la France. Nous en avons tout particulièrement constaté dans les prairies de Crau (Kabouche & Bayle *en préparation*).

- Phoenicoptéridés

Cent-quatre-vingt-quatre **Flamants roses** *Phoenicopterus ruber* ont été retrouvés morts après avoir percuté soit des lignes MT (n = 43), soit les lignes THT de Fos (n = 141). Les flamants heurtent les lignes lors du franchissement quotidien de l'obstacle, deux fois par jour, pour aller s'alimenter. La part des juvéniles est supérieur à la part des adultes, tout particulièrement durant la période de décembre - janvier. Hormis des aléas météorologiques exceptionnels (Johnson 1985), si l'on considère une raréfaction des tirs sur cette espèce, la percussion contre les câbles électriques apparaît comme l'une des causes de mortalité principale pour le Flamant rose en France, mais ne semble pas pour autant affecter la population camarguaise composée de 22.000 couples en 2000.

- Anatidés

Hormis le **Cygne tuberculé** *Cygnus olor* (n = 30), le **Tadorne de Belon** *Tadorna tadorna* (n = 14) et le **Fuligule milouin** *Aythya ferina* (n = 13), le nombre de cas de mortalité des Anatidés sur le réseau électrique parcourant les Bouches-du-Rhône reste très faible, au regard du nombre d'individus présents dans les différents sites (Tamisier & Dehorter 1999).
Même dans le cas du Cygne tuberculé, anatidé le plus concerné par les collisions, et à l'instar de ce qui a été constaté en Suède (Mathiasson 1999), les pertes liées aux lignes électriques ont un effet négligeable sur la dynamique de population et la mortalité régulière que l'on constate ponctuellement sur le salin de Berre ne freine nullement l'expansion, tant démographique que spatiale, de l'espèce dans l'ensemble des zones humides du département (Dhermain 2000).

- Accipitridés

Huit cas d'électrocution de **Buse variable** *Buteo buteo* seulement ont été notés alors que ce rapace est par ailleurs l'un des plus fréquemment retrouvés sous les lignes en France (Seriot & Rocamora 1992).
Cinq **Busards des roseaux** *Circus aeruginosus* ont été électrocutés ou ont percuté des lignes électriques sur la zone d'étude. Cette espèce est habituellement peu répertoriée en tant que victime du réseau électrique ; ainsi Seriot & Rocamora (1992) ne mentionnent que 2 cas en France.

Photo : Buse variable © Amine Flitti

Sept **Circaètes Jean-le-Blanc** *Circaetus gallicus* ont été électrocutés. Ce rapace s'électrocute fréquemment sur les lignes électriques du sud-est de la France (Kabouche *et al.* 1996).

Sept **Aigles de Bonelli** *Hieraaetus fasciatus* ont été électrocutés dans les zones humides du département. Une fraction importante des reprises de bague des aiglons nés dans les Bouches-du-Rhône se fait, dans la plaine de la Crau, au Plan-du-Bourg et sur les rives de l'étang de Berre ; l'électrocution sur les lignes MT constitue la première cause de mortalité des juvéniles avec 85% des cas (n = 20) (Cheylan & Ravayrol 1999). L'électrocution menace à court terme et directement la survie des populations nicheuses en France. En Europe, ce problème apparaît préoccupant pour l'ensemble de l'espèce (Real & Manosa 1997).

- Rallidés

Le **Râle d'eau** *Rallus aquaticus* (n = 3), la **Marouette ponctuée** *Porzana porzana* (n = 7) et la **Marouette poussin** *Porzana parva* (n = 2) heurtent régulièrement les lignes MT et THT malgré des effectifs réduits (Isenmann, *op. cit.*) et des mœurs qui les rendent difficilement observables.

Soixante-dix-sept **Foulques macroules** *Fulica atra* sont entrés en collision contre des lignes MT et THT lors des mouvements qu'effectuent les populations hivernantes et nicheuses entre leurs remises et leurs zones de gagnage. En Camargue, le nombre maximal d'individus est en moyenne de 27.500 par an durant le mois de novembre (Tamisier & Dehorter, *op. cit.)*.

- Laridés

Deux-cent-soixante-deux **Mouettes rieuses** *Larus ridibundus* ont été trouvées mortes sous les lignes électriques de la zone d'étude. Elles ont très probablement toutes percuté les lignes MT et HT. Les accidents ont lieu durant toute l'année avec néanmoins un pic durant le mois de décembre. Les mouettes se déplacent essentiellement durant la journée et volent souvent à hauteur des lignes. Le nombre de victimes demeure faible en comparaison des effectifs présents dans les secteurs étudiés : 130.000 hivernants observés au dortoir sur l'étang d'Entressen (Sadoul, 1998).

Photo : Mouette rieuse © Amine Flitti

Photo : Goéland leucophée © Amine Flitti

Quatre-cent-quarante-huit **Goélands leucophées** *Larus cachinanns* ont également été retrouvés sous des lignes THT (N = 321) et MT (N = 127). Ils se sont, dans leur très grande majorité, tués en percutant les conducteurs électriques. Les goélands effectuent l'essentiel de leurs déplacements durant la journée et les accidents se produisent, surtout en automne, probablement à cause des rafales de vents brutales. C'est l'espèce la plus affectée par les accidents avec le réseau électrique dans la zone d'étude. Cette mortalité n'affecte pas les populations, localement en forte augmentation (Yésou & Beaubrun, 1995 ; Vidal, 1998). Les effectifs observés sur la seule décharge d'Entressen, après reproduction, ont été estimés à 79.000 individus (Sadoul, *op. cit.*).

Des **Sternes caugeks** *Sterna sandvicensis* (n = 25), **pierregarins** *S. hirundo* (n = 21) et **naines** *S. albifrons* (n = 3) ainsi que des **Guifettes noires** *Chlidonias niger* (n = 5) ont percuté des lignes THT et MT, essentiellement dans les secteurs des salins où certaines de ces espèces sont nicheuses.

- Passériformes

Pour les petits passereaux, il est surtout intéressant de remarquer la diversité des espèces (n = 18), victimes de collision contre les lignes électriques, ainsi que la très petite taille de certaines d'entre elles (**Roitelet triple-bandeau** *Regulus ignicapillus*, par exemple).
Quant aux 36 spécimens de grande taille (représentant 4 espèces de Corvidés), elles se sont essentiellement électrocutées sur les lignes MT.

e) Conclusion

Ces éléments concernant la mortalité avienne sur le réseau électrique mettent en évidence plusieurs points.

- <u>Le facteur de risque lié aux zones humides</u>

Les zones humides du littoral des Bouches-du-Rhône sont une zone de halte migratoire, d'hivernage et de nidification importante pour les oiseaux. L'imbrication de ces écosystèmes naturels, diversifiés et complémentaires, oblige les oiseaux à se déplacer quotidiennement d'un milieu à l'autre pour s'alimenter, se reposer ou se reproduire. Les oiseaux sont donc constamment exposés, lors de leurs déplacements, à des accidents liés à la présence, sur leurs trajets, d'un important réseau de lignes électriques aériennes.

- <u>Le facteur de risque lié au type de réseau électrique</u>

Les réseaux électriques THT et HT dans les zones humides affectent un nombre d'espèces et d'individus supérieurs au réseau MT. Cela rejoint les observations de Fernandez Garcia (1998) en Espagne. Néanmoins, la mortalité sur le réseau MT affecte des espèces dont le statut de conservation est particulièrement fragile. Pour certaines, il représente même une menace directe pour leur survie. C'est le cas, notamment pour l'Aigle de Bonelli et, dans une moindre mesure, pour le Héron pourpré.

- <u>Les limites des balises avifaune</u>

Les systèmes d'effarouchement, préconisés par EDF pour limiter les percussions, ne peuvent être efficaces que pour certaines espèces. Ces équipements (spirales, balises ou boules) sont placés sur les portées pour mieux visualiser les conducteurs. Ce matériel, peint en rouge ou en blanc, est surtout opérationnel en plein jour. Or, dans la mesure où une bonne part des espèces fréquentant ces milieux ont des mœurs crépusculaires ou nocturnes, l'efficacité de ces équipements est souvent négligeable, voire quelquefois nul.

L'enfouissement des lignes demeure donc une nécessité dans les zones humides : ces travaux, onéreux dans tous les cas, sont techniquement faciles pour la MT, mais restent délicats pour la THT (Kowal *op. cit.*). Après 10 ans de tractations, les 7 km de ligne MT qui longent le domaine du Vigueirat viennent d'être mises en souterrain. C'est une des premières fois en France où ce type d'opération est réalisé sur un tronçon de réseau d'une telle longueur dans le seul but de conservation des oiseaux.

L'évolution de l'enfouissement du réseau MT est en rapide augmentation dans le département des Bouches-du-Rhône puisqu'un quart du réseau est concerné (EDF - 1998 *in litt*.) mais ces mesures concernent majoritairement les zones urbaines et périurbaines. Il serait souhaitable que la politique en matière d'environnement menée par EDF cesse d'être uniquement l'amélioration du cadre de vie pour s'attaquer sérieusement à celui de la protection de la nature.

Pour les électrocutions, le problème est surtout localisé au niveau des pylônes et poteaux. **Des aménagements techniques (gaines, profilés, capuchons et perchoirs)** qui visent à neutraliser des pylônes précis peuvent se révéler satisfaisants ; des structures très dangereuses pour l'avifaune peuvent donc être traitées au cas par cas dans un délai assez court (Paulus 1999).

La bibliographie propre à cette étude est disponible page 102.

C - Analyse des causes et des facteurs de risque

C.I - L'électrocution

Le danger d'électrocution concerne surtout les oiseaux de grande envergure du fait de leur capacité à toucher :

- soit deux conducteurs à la fois : c'est l'électrocution entre phases,
- soit un conducteur et un élément conducteur relié à la terre.

Nous pourrions distinguer **les cas d'électrisation**, entraînant des brûlures irrémédiables (deux points d'impact souvent entre une patte et une aile) où se forme une nécrose et pour laquelle l'euthanasie est la seule solution pour les oiseaux touchés. Les causes de l'électrisation étant identiques à celles de l'électrocution, nous ne parlerons donc plus globalement du risque d'électrocution.

Photo : trois Faucons crécerelles morts par électrocution en Haute Garonne @, Chris RATIER, LPO

Certains facteurs entrent en jeu dans le degré de risque d'électrocution avec une ligne électrique :

C.I.1 - La situation du poteau dans l'environnement

Les oiseaux se posent ou nichent sur les poteaux car ces derniers s'apparentent aux éléments naturels faisant office de :
- Support de nid : Cigognes, Faucon crécerellette, Pie bavarde, Corneille noire, ...
- Dépeçoir : Faucon crécerelle (sur le haut du poteau), ...
- Poste d'affût : Rapaces (en remplacement des supports naturels), ...
- Reposoir : Hirondelles, moineaux, étourneaux, ...
- Dortoir : Cigognes (en recherche d'un support pour dormir), ...

Un poteau isolé en plaine, sans végétation arbustive aux alentours, attirera donc particulièrement les oiseaux en recherche d'un point haut pour repérer ses proies ou nicher en sécurité.

C.I.2 - La nature du poteau

Les poteaux les plus dangereux sont bien sûr les poteaux métalliques, viennent ensuite ceux en béton armé et ceux qui, quelle que soit la matière avec laquelle ils sont fabriqués, sont parcourus par un câble relié à la terre.

Les poteaux les moins dangereux sont les poteaux en bois, ce sont par ailleurs ceux qui offrent une meilleure possibilité d'intégration dans le paysage.

C.I.3 - Le type d'armement

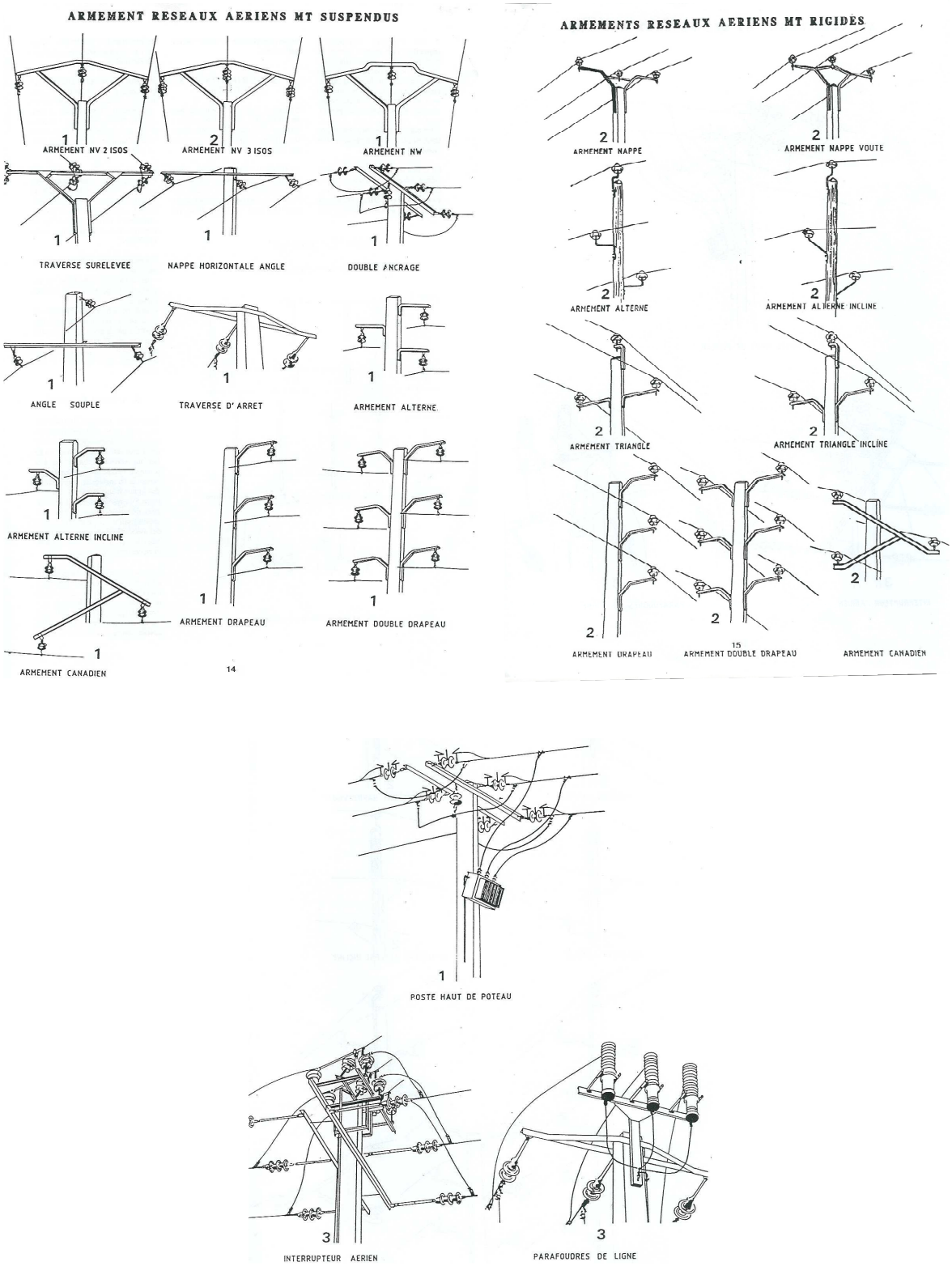
Photo : poteau dangereux pour l'avifaune @ Benjamin KABOUCHE, LPO PACA

Le risque d'électrocution entre phases s'accroît quand la distance entre les conducteurs diminue. En moyenne tension, cette distance est généralement de l'ordre de 1 mètre, parfois très inférieure, surtout dans les armements anciens et certains dispositifs comme les transformateurs sur poteau et les interrupteurs aériens.

En moyenne tension, les types d'armements sont nombreux, différents sur une même ligne et ne sont pas équivalents quant au danger qu'ils représentent pour les oiseaux. Cette variété découle à la fois de la diversité des contraintes techniques et du fait que la technologie des réseaux n'a pas cessé d'évoluer. Une génération d'armements a succédé à une autre sans la remplacer totalement.

On distingue trois grandes catégories d'armements supportant les conducteurs :
- les armements à isolateurs rigides, les plus dangereux pour le risque d'électrocution
- les armements à isolateurs suspendus
- les poutres d'ancrage.

Les différents équipements des lignes MT et le risque d'électrocution qu'ils représentent sont représentés sur les schémas ci-dessous (1 : risque faible, 2 : risque moyen, 3 : risque élevé).



Schémas : Les différents armements MT sur réseau aériens,
In. Le Tiercelet, 1 (1990) pp. 11-16

C.I.4 - Les autres risques écologiques et économiques liés à l'électrocution des oiseaux

L'électrocution des oiseaux en forêt provoque des courts-circuits mais également des départs de feux, en régions méditerranéennes et aussi dans des régions tempérées notamment lors d'étés secs. Aux Etats-Unis, des compensations financières sont demandées auprès des compagnies des lignes électriques, en vue de financer notamment la réhabilitation des sites endommagés.

Les électrocutions sur les conducteurs des chemins de fer peuvent être source d'arrêt de trafic, et les fientes des oiseaux postés sur les poteaux peuvent également provoquer des courts-circuits, entraînant une perte économique.

Par conséquent, l'aménagement des lignes électriques pour protéger les oiseaux profiterait également à la stabilité économique de l'alimentation en électricité.

C.II - La collision

Certains facteurs entrent en jeu dans le degré de risque de collision avec une ligne électrique :

C.II.1 - La hauteur de vol de l'oiseau

Pour qu'il y ait un risque de choc, il faut que les oiseaux circulent à la hauteur de la nappe. Mais de nombreux facteurs influencent la hauteur de vol d'un oiseau en fonction de :

- l'espèce,
- l'activité (chasse, déplacements locaux, migrations),
- l'attractivité du milieu environnant,
- les conditions météorologiques (direction et force du vent).

Photo : Chouette effraie, Camargue, François FEUTRY, 2003

C.II.2 - Le positionnement géographique de la ligne

Les oiseaux percutent une ligne lors de leurs déplacements quotidiens (vers leur lieu de gagnage, en recherche d'alimentation pour les jeunes) ou lors de déplacements ou mouvements plus occasionnels (migration prénuptiale, migration postnuptiale, parades nuptiales) ou encore plus imprévus (dérangement brusque suite à un tir en zone de chasse). Le risque de collision est donc plus élevé dans les zones denses en oiseaux, dans les couloirs migratoires (vallées alluviales comme la Durance) ou dans les lieux situés entre zone de repos et zone de gagnage. Le risque est maximum si les poteaux sont dans ces sites situés en travers de l'axe de déplacement des oiseaux.

Différents facteurs entrent donc en jeu dans le degré de risque de collision avec une ligne électrique, liés à la configuration topographique et la hauteur du couvert végétal.

Nous pouvons distinguer :

a) L'effet de glissière

Les oiseaux, canalisés dans leurs déplacements par le relief, entrent en collision avec une ligne perpendiculaire à l'axe de la glissière que représente, par exemple, une bordure montagneuse.

b) L'effet de barrage

Les oiseaux suivant longitudinalement une vallée choquent une ligne perpendiculaire à celle-ci. Ce risque est accentué dès lors qu'ils se déplacent de nuit ou par mauvais temps.

c) L'effet d'obstacle

Les oiseaux se déplaçant en groupe en milieux ouverts, recherchant un poste d'observation, heurtent soudainement une ligne lors de l'envol ou de l'atterrissage. Selon le type de conducteur, le risque peut être plus grand : les fils de cuivre 40/10 de par leur couleur (verte) et leur diamètre passent par exemple facilement inaperçus pour un oiseau.

d) L'effet de tremplin

Les oiseaux montant au-dessus d'un obstacle naturel (collines, haie) ou d'origine humaine (bâtiment, pont) entrent en collision avec une ligne dissimulée par ce dernier. C'est notamment le cas de mortalité qui est constaté dans les secteurs ou plusieurs lignes électriques sont parallèles : pour éviter la première ligne, les oiseaux s'élèvent mais rencontrent la seconde placée un peu plus haut le long d'une pente (HTA/HTA) ou montée sur de plus grands pylônes (HTA/HTB).

e) L'effet de sommet

Les oiseaux, en ascension vers un sommet, heurtent une ligne longeant la crête du sommet à découvert.

On peut également signaler que les milieux forestiers sont particulièrement sensibles au risque de collision dans les tranchées créés pour les lignes électriques. Les tranchées font office de lisières et donc d'un lieu privilégié pour la chasse : lorsque l'oiseau arrive perpendiculairement à la tranchée ou fonce en piqué depuis un point externe à la tranchée, il risque de se heurter par surprise à la ligne. Ce peut être un risque notamment des espèces patrimoniales tel que le Circaète Jean-le-blanc.

D - Traitement des points noirs en PACA

Nous n'avons pas une vue d'ensemble au niveau régional sur les points noirs traités et ceux qui font partie des programmes futurs de traitement. Cependant, nous pouvons donner des exemples d'initiatives ou de réponses à des cas d'électrocution ou de collision engagées par EDF et RTE ces dernières années.

D.I - Quelques exemples d'actions

D.I.1 - Une cartographie des points noirs dans les Alpes-Maritimes

En 2002, E.D.F. G.D.F Services Cannes et EDF GDF Services Nice Alpes d'Azur, la L.P.O. P.A.C.A. et le C.E.E.P ont concrétisé leurs volontés communes de faire régresser le risque de mortalité de l'avifaune causée par les lignes électriques moyenne tension. Des zones à fort enjeu ornithologique ont été identifiées et ont fait l'objet d'un protocole de prospection :

- les gorges de la Siagne (site éligible au réseau Natura 2000, PR 78) : ces gorges sont encaissées entre une zone de plateaux et des collines boisées et sont limitées au Nord par la Montagne de l'Audibergue.
- les plateaux de Calern et de Caussols (site éligible au réseau Natura 2000, PR 74) : plateaux karstiques des Préalpes de Grasse limités à l'Est et au Nord par la vallée du Loup, au Sud par l'agglomération grassoise et à l'Ouest par la Montagne de Thiey.
- le pic des Courmettes et le Puy de Tourrettes constituent un des premiers contreforts montagneux. Ils se terminent au Nord par la plateau karstique de Saint Barnabé (site éligible au réseau Natura 2000, PR 74 et ZICO du Col de Vence).

L'étude a permis d'identifier tous les ouvrages à risque présents sur la zone d'étude et de les hiérarchiser en fonction de différents paramètres :
- leur dangerosité intrinsèque (géométrie et caractéristiques électriques)
- leur attractivité pour l'avifaune
- leur implantation dans le biotope

Les différents types d'armements ont été codés par une lettre et une couleur afin de mieux les repérer sur la carte et ainsi proposer des actions groupées sur plusieurs poteaux. Les lettres, retrouvées dans le tableau ci-après, correspondent à :

A : poste haut de poteau
B : interrupteur aérien
C : parafoudres de ligne
C1 : nappe horizontale avec parafoudres
C2 : nappe horizontale avec parafoudres horizontaux
C3 : nappe horizontale avec parafoudres suspendus
D : nappe voûte 21SOS
E : nappe voûte 31SOS
G : traverse surélevée
H : nappe horizontale
H' : nappe horizontale, portique en bois
I : double ancrage
K : traverse d'arrêt
L : armement alterne
M : alterne incliné
O : armement drapeau
R : nappe voûte
R' : nappe voûte
S : armement alterné
T : alterne incliné
V : triangle alterné
W : armement drapeau

Grasse 138-32	N° poteau	Poteau		Attractivité du poteau			Attractivité de la ligne			Risque de collision		
		Type	Dangerosité	Très	Attractif	Peu	Très	Attractif	Peu	Très	Attractif	Peu
	101D	NV 21505	1			X			X			X
ORANGE	102A	Poste haut de poteau	3			X			X			X
ROUGE	103C2	H 61, parafoudres horizontaux	3		X			X				X
BLEU	104D	NV 21SOS	1		X			X				X
BLEU	105I	Double ancrage	1		X			X				X
BLEU	106H	Nappe horizontale	1		X			X				X
ROUGE	107B	Interrupteur aérien	3		X			X				X
BLEU	108G	Traverse surélevée	1		X			X				X
BLEU	109G	Traverse surélevée	1		X			X				X
BLEU	110K	Traverse d'arrêt	1			X			X			X
ORANGE	111R	Nappe voute	3			X			X			X
ORANGE	112R	Nappe voute	3			X			X			X
ORANGE	113B	Interrupteur aérien	3			X			X			X
BLEU	114G	Traverse surélevée	1			X			X			X
ORANGE	115B	Interrupteur aérien	3			X			X			X
BLEU	116D	NV 21SOS	1			X			X			X
BLEU	117G	Traverse surélevée	1			X			X			X
BLEU	118I	Double ancrage	1			X			X			X
ORANGE	119B	Interrupteur aérien	3			X			X			X
BLEU	120K	Traverse d'arrêt	1			X			X			X
BLEU	121K	Traverse d'arrêt	1		X			X				X
ROUGE	122R	Nappe voute	3		X			X				X
BLEU	123I	Double ancrage	1		X			X				X
BLEU	124I	Double ancrage	1		X			X				X
BLEU	125G	Traverse surélevée	1		X			X			X	
BLEU	126I	Double ancrage	1		X			X			X	
ROUGE	127R	Nappe voute	3		X			X			X	
BLEU	128O	Armement drapeau	1		X			X			X	
ROUGE	129R	Nappe voute	3		X			X				X
ROUGE	130B	Interrupteur aérien	3		X			X				X

BLEU	131E	NV 31SOS	2			X			X			X
BLEU	132I	Double ancrage	1			X			X			X
ORANGE	133R	Nappe voute	3			X			X			X
BLEU	134I	Double ancrage	1			X			X			X
ORANGE	135R	Nappe voute	3			X			X			X
BLEU	136K	Traverse d'arrêt	1			X			X			X
BLEU	137K	Traverse d'arrêt	1			X			X			X
BLEU	138W	Armement drapeau	2			X			X			X
BLEU	139W	Armement drapeau	2			X			X			X
BLEU	140W	Armement drapeau	2			X			X			X
BLEU	141K	Traverse d'arrêt	1			X			X			X
ORANGE	142C2	H 61, parafoudres horizontaux	3			X			X			X
ORANGE	143R'	Nappe voute	3			X			X			X
BLEU	144I	Double ancrage	1			X			X			X
ORANGE	145B	Interrupteur aérien	3			X			X			X
BLEU	146I	Double ancrage	1			X			X			X
ORANGE	147R'	Nappe voute	3			X			X			X
BLEU	148G	Traverse surélevée avec dérivation	1			X			X			X
ORANGE	149C1	H 61 avec parafoudres	3			X			X			X
BLEU	150O	Armement drapeau	1			X			X			X

Tableau 4 : tableau de cotation du danger des armements de EDF sur le secteur de Grasse. , In. Cartographie des niveaux d'impact des lignes électriques moyenne tension sur l'avifaune, Département des Alpes-Maritimes, Secteur des Préalpes de Grasse, (Des Gorges de la Siagne au Col de Vence), LPO PACA et CEEP, 2002

	Type d'armement	Nombre	Dispositifs à mettre en place
ROUGE	B	5	Pose de ponts gainés Pose de barres en plastique Pose de perchoirs de substitution
	C	1	Changement de position des parafoudres Pose de ponts gainés
	C1	1	Changement de position des parafoudres Pose de ponts gainés
	C2	5	Pose de dispositifs de dissuasion ou de perchoirs de substitution Pose de ponts gainés
	R	10	Changement des armements
ORANGE	A	2	Pose de ponts gainés
	B	14	Pose de ponts gainés Pose de barres en plastique Pose de perchoirs de substitution
	C1	7	Changement de position des parafoudres Pose de ponts gainés
	C2	3	Pose de dispositifs de dissuasion ou de perchoirs de substitution Pose de ponts gainés
	E	1	Pose d'éléments de dissuasion au sommet du poteau Pose de spirales de dissuasion
	G	2	Pose de dispositifs de dissuasion ou de perchoirs de substitution Pose de ponts gainés
	L	19	Pose de dispositifs de dissuasion ou de perchoirs de substitution Pose de ponts gainés
	O	1	Pose de ponts gainés
	R	7	Changement des armements
	R'	2	Changement des armements
	W	3	Pose de dispositifs de dissuasion ou de perchoirs de substitution

Tableau 5 : Tableau des préconisations pour neutraliser les armements dangereux de EDF à Grasse, In. Cartographie des niveaux d'impact des lignes électriques moyenne tension sur l'avifaune, Département des Alpes-Maritimes, Secteur des Préalpes de Grasse, (Des Gorges de la Siagne au Col de Vence), LPO PACA et CEEP, 2002

Des cartographies des secteurs concernés ont été remises aux unités EDF GDF Services de Cannes et Nice Alpes d'Azur, qui ont pu sur cette base programmer les travaux prioritaires à mener sur leur réseau. Cet exemple de travail pourrait être reproduit par d'autres unités EDF dans la région. L'avantage de mener une telle étude est de réduire les coûts de neutralisation en les faisant coïncider avec les travaux de rénovation ou d'entretien des armements.

D.I.2 - Une pose de balises pour l'Aigle de Bonelli

Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, entre 1983 entre 2003, on a constaté 2348 espèces mortes par électrocution ou percussion. Pour l'Aigle de Bonelli, 25 cas de mortalité dont 11 en PACA ont été recensés alors que l'on compte en 2004 26 couples dans la métropole, dont 10 dans notre région. Même si l'électrocution sur les lignes de moyenne tension reste la principale cause de mortalité de l'Aigle de Bonelli causée par les lignes électriques, il est également menacé de percuter les lignes électriques très haute tension lorsqu'il est en recherche d'alimentation.

Selon une étude du Centre Ornithologique Rhône-Alpes menée en 1996 par Vincent GAGET sur les populations aviennes du parc de Miribel Jonage, les balises réparties tous les 28 mètres baissent la mortalité des oiseaux de 89 à 95% alors que les balises réparties tous les 35 mètres en même condition topographique baissent la mortalité de 0 à 100%.

A Saint-Cannat, afin de sécuriser une zone fréquentée par l'Aigle de Bonelli, RTE a entrepris de poser en décembre 2004 une quarantaine de balises. Celles-ci ont été posées en hiver pour éviter les risques de surchauffe. Les balises ont été réparties tous les 30 mètres, en alternant les couleurs rouge et blanche et posées par hélicoptère, à raison de deux personnes par nacelle.

Photos : Pose des balises à Saint Cannat (13) par nacelle hélitroyée @ Kévin AUDIBERT / LPO PACA

D.I.3 - Une neutralisation à Roquebrune-sur-Argens (83)

Fin juillet 2005, un Balbuzard pêcheur a été retrouvé mort, victime d'une électrocution sur un poteau de ligne électrique moyenne tension sur la commune de Roquebrune-sur-Argens, au lieu-dit Verteil-sur-Argens.

Ce cas de mortalité par électrocution n'étant pas le premier signalé sur ce secteur, la LPO PACA a envoyé un courrier auprès d'EDF GDF Services du Var afin que des dispositions soient prises pour neutraliser l'armement mis en cause.

EDF a très vite réagi en neutralisant dès l'automne le poteau mis en cause ainsi qu'une déviation voisine : des profilés ont été disposés pour protéger les oiseaux des conducteurs.

Photo : Armement ayant causé la mort d'un Balbuzard pêcheur @ Jean-Jacques GUITARD / LPO PACA

Photos : Armements traités par EDF @ Jean-Jacques GUITARD / LPO PACA

D.I.4 - Une neutralisation à Saint-Mitre les Remparts (13)

Le 4 septembre 2005, une jeune Cigogne blanche a été retrouvée morte, victime d'une électrocution sur un poteau électrique situé sur la commune de Saint-Mitre les Remparts, en bord de route départementale reliant Martigues à Istres. Un article dans le journal La Provence est à cet effet paru dans l'édition du 7 septembre 2005.

La LPO PACA a envoyé un courrier auprès de EDF GDF Services Provence afin qu'ils neutralisent ce poteau, ce qui a été fait au cours de l'automne 2005.

Photo : Cigogne retrouvée morte électrocutée @ Marcel Deideri / LPO PACA

E - Etude des impacts d'une ligne électrique nouvelle sur l'avifaune

E.I - Contexte réglementaire

L'étude des impacts doit permettre de se prononcer objectivement sur la possibilité ou non de conserver le patrimoine naturel d'un secteur sur lequel existe un projet de création de lignes électriques. Par besoin d'évaluation exhaustive des impacts, il est nécessaire qu'elle soit considérée **à une échelle géographique et temporelle adaptée à l'écologie des espèces et aux enjeux ornithologiques.**

Les articles L122-1 à 6 et L123-1 à 3 et L511 concernant les études d'impact dans le Code de l'Environnement précisent que l'étude d'impact doit contenir un minimum d'information sur :
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des changements sur le milieu comme résultat de la présence du projet ;
- Une analyse des effets sur la santé ;
- Des mesures envisagées pour supprimer, réduire et si possible compenser les conséquences dommageables pour l'environnement et la santé.

Le Code de l'Environnement prévoit trois types de mesures en respectant l'ordre suivant :
- **Apprécier l'importance des impacts et proposer des mesures de suppression et de réduction d'impact ;**
- **Réaliser une nouvelle appréciation de l'importance des impacts, en intégrant les mesures précédentes ;**
- **Etablir l'existence ou non d'impacts résiduels ; Un impact résiduel est le résultat entre impact avant et après les mesures d'atténuation (suppression et réduction).**
- **Proposer, le cas échéant, des mesures de compensation d'impact.**

L'analyse des impacts potentiels doit permettre au maître d'ouvrage d'envisager différentes mesures pour **:**

- **<u>supprimer</u> les facteurs de risques d'impact à court et moyen terme**, notamment ceux induits par le choix géographique du projet ou par la phase chantier,
- **<u>réduire</u> les risques d'impacts permanents, lorsque la suppression de ces impacts** est techniquement impossible ou économiquement non viable. Ce sont par exemple des mesures de précaution entreprises pendant les travaux ou des mesures de restauration du milieu ou de certaines fonctionnalités écologiques (fermeture des pistes de chantiers, pose de balises anticollision pour les oiseaux, revégétalisation).
- **<u>compenser</u> les impacts résiduels qui subsistent**, entrainant un risque de perte de biodiversité biologique, à l'échelon régional et international. Ces mesures compensatoires ne sont prises seulement s'il n'existe pas de variante alternative et si la mise en place de mesures suppressives et réductrices ne suffit pas à préserver la biodiversité existante à court ou moyen terme.

Dans tous les cas, une mesure de suppression est préférable à une mesure de réduction et une mesure de réduction à une mesure de compensation.

E.II - Le comité technique relatif aux milieux naturels

Un comité technique relatif aux milieux naturels peut accompagner le maître d'ouvrage tout au long de la définition technique et chronologique des travaux, notamment pour la comparaison des variantes, puis l'implantation précise des poteaux, le tracé des chemins d'accès ou encore la période d'intervention. Pour ce faire, le choix des personnes de ce comité est pour cela défini avec soin, en particulier pour prendre en compte le maximum de données (techniques, réglementaires, sociales, écologiques, économiques).

Le comité technique pour les milieux naturels doit assurer l'intégrité de la mise en place du projet :

- L'engagement politique du projet

- Intégration des exigences écologiques,
- Prise en compte de l'ensemble des composantes (environnementale, solidaire, éthique et financière),
- Animation d'un pôle de recherche scientifique et technologique permettant de rendre en compte les connaissances acquises récemment.

- L'intégration écologique du projet

- Affectation prévisionnelle des espaces (notamment dans les zones de travaux terrestres),
- Repérage des conditions techniques de réalisation,
- Mise en évidence du phasage chronologique des travaux dans leur ensemble.

- Le suivi opérationnel du projet

- Surveillance du respect des préconisations environnementales,
- Contrôle de la mise en œuvre technique telle que définie au préalable,
- Constitution d'une cellule de veille juridique permettant de recueillir les dernières directives ministérielles.

E.III - Le cadrage préalable (ou pré-diagnostic) d'un projet de ligne électrique nouvelle

E.III.1 - Le cadre réglementaire

Le cadrage préalable est défini par l'article 1 du décret n°2003-767 du 1er août 2003 :
« Le pétitionnaire ou le maître de l'ouvrage peut obtenir de l'autorité compétente pour autoriser ou approuver le projet de lui préciser les informations qui devront figurer dans l'étude d'impact. Les précisions apportées par l'autorité compétente n'empêchent pas celle-ci de faire, le cas échéant, compléter le dossier de demande d'autorisation ou d'approbation et ne préjugent pas de la décision qui sera prise à l'issue de la procédure d'instruction ».

Le cadrage préalable ou pré-diagnostic a pour objectif d'identifier les principaux enjeux environnementaux du territoire étudié et notamment les contraintes réglementaires et servitudes rédhibitoires ou handicapantes à l'implantation de lignes électriques. Il permet ainsi d'élaborer un cahier des charges pertinent et précis des études environnementales nécessaires à la réalisation de l'étude d'impact. Ce cadrage est notamment l'occasion d'identifier les installations existantes ou les projets connus, avec lesquels le nouveau projet de lignes électriques est susceptible d'avoir un **effet cumulatif** qui devra être apprécié dans l'étude d'impact. Si le maître d'ouvrage le souhaite, ce cadrage préalable peut être un moment privilégié de la concertation avec l'administration responsable du contrôle de la qualité de l'étude d'impact (DIREN, DDE, …).

E.III.2 - Les informations à recueillir

Il existe différents types d'informations d'ordre réglementaire lié à l'occupation de l'espace terrestre et aérien (aérodrome, réseaux hertziens, infrastructures, terrains militaires, plans locaux d'urbanisme, site classé au titre du patrimoine historique et culturel...) mais **en ce qui concerne les milieux naturels**, il est important que le maître d'ouvrage se renseigne sur :

- les inventaires préalables ayant permis la désignation de zones de protection environnementale et d'inventaire (ZICO, ZNIEFF, Natura 2000…),
- les orientations de gestion territoriale indiquées dans des documents de planification (schéma régional éolien, document d'objectifs d'un site Natura 2000, atlas départemenrtaux de paysages, chartes environnementales, charte des Parcs Naturels Régionaux…),
- les applications de la Loi Littoral (loi n°86- 2 du 3 janvier 1986) instaurant une bande non constructible de 100 mètres de large (article L 146-4-III du code de l'urbanisme) et des espaces remarquables (article L 146-6 du code de l'urbanisme),
- les textes réglementaires spécifiques aux réserves naturelles, arrêtés de biotope et aux terrains faisant l'objet d'une protection foncière, du fait de leur acquisition, soit par le Conservatoire de

l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, soit par les Conseils Généraux au titre des espaces naturels sensibles.

E.III.3 - La comparaison des variantes

a) La méthode générale

Après avoir retenu le secteur d'implantation du projet à grande échelle, et avoir recueilli les principales contraintes réglementaires et techniques liées à ce secteur, le maître d'ouvrage doit optimiser progressivement son projet en comparant des variantes (localisation, choix technologiques, phasage de réalisation, méthodes de travaux), si besoin en s'appuyant sur des études complémentaires.

Les variantes sont comparées sur le plan de leurs caractéristiques techniques et économiques et de leurs impacts respectifs sur l'environnement. Les méthodes de comparaison sont identiques, dans leurs principes, à celles utilisées pour les plans d'aménagement, avec cependant les différences suivantes :

- **les critères de comparaison seront généralement plus précis, notamment lorsque les variantes se différencient par de simples détails de configuration ou de conception.**
- **la comparaison devra tenir compte non seulement de l'importance des impacts respectifs de chaque variante mais aussi des mesures réductrices et compensatoires envisagées pour chacune.**

b) Sur le volet avifaune

Dans la mise en place d'une ligne électrique nouvelle, sur le volet avifaune, la comparaison des variantes devra particulièrement comparer l'impact de différents **emplacements de la ligne** par rapport :

- à la richesse ornithologique et aux grandes voies de déplacements des oiseaux (d'après les références bibliographiques, cf. chapitres E IV.1, E.IV.2 et E.IV.3).
- au maillage existant des lignes électriques aériennes (réseau moyenne tension, haute tension et très haute tension), infrastructures, parcs éoliens...
- à la configuration du secteur, notamment à certains hauts reliefs qui peuvent dissimuler de nouvelles lignes.

La variante finale devra par exemple prendre en compte les voies de déplacements des oiseaux pour éviter de constituer un obstacle perpendiculaire à un couloir de migration important.

Si l'analyse comparative des variantes ne permet pas un choix définitif, le maître d'ouvrage engagera des études ou expertises complémentaires pour mieux quantifier un impact particulier, voire les mesures réductrices à mettre en œuvre. Ces études peuvent demander en outre des compléments d'inventaire de la flore et de la faune (cas d'une variante délocalisée sur un site plus favorable pour d'autres paramètres).

Pour les lignes électriques, la variante de l'enfouissement doit être envisagée et comparée aux autres variantes en aérien. C'est pourquoi le chapitre suivant fait une analyse comparative des coûts d'investissement et d'entretien d'un projet en souterrain face à ceux en aérien.

E.III.4 - La variante de l'enfouissement

Le député Christian Kert, auteur du rapport rédigé en décembre 2001 dans le cadre de l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques, dresse un panorama complet des politiques d'enfouissement des réseaux électriques européens. Les paragraphes suivants sont tirés de ce rapport.

a) Lignes électriques à haute et très haute tension

	Réseau haute tension						Réseau très haute tension		
	60 000 à 150 000 volts			150 000 à 300 000 volts			300 000 à 500 000 volts		
	km de réseau	km enfouis	% de km enfouis	km de réseau	km enfouis	% de km enfouis	km de réseau	km enfouis	% de km enfouis
France	50 513	1 984	3,9 %	27 890	813	2,9 %	20 794	2,5	0,01%
Royaume-Uni	25 625	3 789	14,8 %	3 029	71	2,3 %	786	11	1,4 %
Belgique	5 172	396	7,6 %	267	0	0 %	883	0	0 %
Allemagne	76 349	4 740	6,2 %	21 545	35	0,2 %	18 314	62	0,3 %
Italie	36 677	449	1,2 %	13 641	387	2,8 %	9 751	9	0,1%
Pays-Bas	6 457	905	14 %	646	6	0,9 %	1 979	0,4	0,02 %
Suisse	6 080	680	11,2 %	5 622	22	0,4 %	1 600	0	0 %
Portugal	9 311	358	3,8 %	4 409	0	0 %	1 234	0	0 %
Danemark	8 005	1 673	20,9 %	5 778	375	6,5 %	0	0	0 %
Norvège	19 625	624	3,2 %	6 049	64	1,1 %	2 316	36	1,6 %

Tableau 6 : part d'enfouissement du réseau haute et très haute tension dans les pays d'Europe, Source : Rapport parlementaire sur l'apport de nouvelles technologies dans l'enfouissement des lignes électriques à haute et très haute tensions - M. Christian Kert – 2001

En haute tension (63/90 kV), en France (taux d'enfouissement : 3,9%) comme en Allemagne (taux d'enfouissement : 6,2 %) les réseaux ont été construits en aérien et ce n'est que dans les endroits les plus sensibles, compte tenu des écarts de coûts encore importants entre l'aérien et le souterrain, qu'on a commencé depuis une dizaine d'années à enfouir des lignes nouvelles à construire. A noter cependant que le taux d'enfouissement est sensiblement plus élevé au Danemark (20,9 %) ou au Royaume Uni (14,8%).

En très haute tension (225 et encore plus 400 kV), le taux d'enfouissement est partout négligeable compte tenu de ses coûts très élevés. La France, avec 813 km enfouis en 225 kV est loin devant le second européen, l'Italie (387 km).

- <u>Coûts d'investissement</u>

Une liaison souterraine coûte environ **3 fois plus cher qu'une liaison aérienne en 63 kV, et presque 5 fois plus en 225 kV (coûts d'investissement).** En 400 kV, les techniques sont plus récentes et moins éprouvées. Le coût d'investissement pour une liaison souterraine en tranchée (la technique la moins onéreuse) est environ 10 fois plus élevé que celui d'une liaison aérienne.

Chaque année, RTE pose entre 100 et 150 km de liaisons souterraines (2/3 en HT, 1/3 en THT 225 kV). Les coûts d'investissement respectifs sans ouvrages particuliers d'une liaison 63 kV en 240mm2 Al et d'une liaison 225 kV en 800 mm2 Al sont aujourd'hui compris **entre 300 000 € et 500 000 €/km pour la première et entre 580 000 et 800 000 €/km pour la deuxième**. Pour les lignes à 400 kV, l'estimation est difficile car elle se fait au cas par cas.

D'après le CEPHES , avec des câbles " classiques " (câbles à huile ou câbles secs), le ratio moyen s'établit entre 6 et 12. Mais il oscille entre 3 et 5 avec les liaisons à isolation gazeuse, comme l'indique une note datée d'octobre 1994 émanant du service « Information et documentation » groupe Alcatel-Câbles (aujourd'hui rebaptisé " Nexans ").

Dans son numéro de septembre 1999, la revue " Instantanés techniques " (revue trimestrielle des " techniques de l'ingénieur ") consacrait un article aux liaisons souterraines à isolation gazeuse. On pouvait y lire la mention suivante : avec l'isolation gazeuse, « *l'investissement est de 10 fois celui d'une ligne aérienne équivalente, mais le coût tombe à 5 fois seulement en valorisant l'économie apportée par la réduction considérable des pertes. Il faudrait ajouter à cette considération l'économie des surcoûts d'exploitation…* ".

- Coûts d'exploitation

Pour être complète, la comparaison doit prendre en compte des coûts d'exploitation, variables d'un type de circuit à un autre, mais dans l'ensemble favorables de façon plus ou moins nette au souterrain.

En haute tension, le coût des pertes varie de 10 à 20 % (voire plus dans certains cas) du coût complet actualisé des lignes (investissement plus pertes). Dans ces 10 à 20 %, les écarts entre circuits aériens et circuits souterrains peuvent entrer pour quelques points (1 à 8 %).

Nature des lignes	Ratio. souterrain/aérien	Ecart (k€/km)
63 kV 1 circuit	1,69	144
90 kV I circuit	1,78	164
63 kV 2 circuits	1,95	315
90 kV 2 circuits	2,02	339
225 kV 2 circuits	2,12	659

Tableau 7 : Ratio minimal actuel des coûts globaux de référence en terrain simple (Source : RTE)

A court et moyen terme, dans un contexte mondial sans innovation importante en vue sur les câbles, une baisse de l'ordre de 15 % du coût des liaisons souterraines en milieu rural est probable. Elle résulterait pour l'essentiel :

- de l'utilisation de câbles 63 / 225 / 400 kV optimisés par transposition de ce qui a été déjà fait pour les câbles 90 kV (gain en coût de l'ordre de 7 à 10 %),
- de modes de pose plus légers en zone rurale (gains de l'ordre de 7 %);
- d'un accroissement des longueurs de câble entre deux jonctions en zone rurale (on pourrait passer en 63/90 kV de 625 m aujourd'hui à 750-875 m en 2005).

Compte tenu des coûts de recherche et développement et des surcapacités de production actuelles, un effet de volume contribuerait aussi à la réduction des coûts de l'enfouissement, de l'ordre de 10% pour un doublement. Pour 2002, le CEPHES dit considérer que, **dans le cas des liaisons HTB 63/90 kV, le coût effectif d'une liaison souterraine ou immergée est égal ou légèrement inférieur à celui d'une ligne aérienne équivalente, du moins si l'on effectue un calcul complet sur la base de la durée de vie comptable d'un ouvrage (40 ans).**

- Les réalisations en France

Des liaisons enfouies 225 kV de 10 à 20 kilomètres sont employées depuis longtemps par EDF dont le réseau 225 kV en câbles à isolation synthétique enfouis est à ce titre une référence connue mondialement. Ces liaisons sont utilisées pour faire des interconnexions ou des maillages entre réseaux et l'alimentation de grandes agglomérations (Paris, Lyon et Marseille par exemple)

Pour le plus haut niveau de tension 400 kV, il n'existe à ce jour en France que quelques réalisations d'enfouissement ponctuelles et exceptionnelles ne totalisant que deux kilomètres. Des liaisons enfouies 400 kV existent cependant en Europe pour réaliser des interconnexions ou des maillages entre réseaux et l'alimentation de grandes agglomérations : ce sont des réalités et dans bien de ces cas la solution par lignes aériennes est impraticable, ce qui rend la comparaison financière très théorique.

A ce titre la comparaison régulièrement reprise par la presse de certaines déclarations de dirigeants d'EDF, comparant les installations et les emprises nécessaires à l'enfouissement à celles du tunnel sous la Manche est erronée, tout au plus peut-on maintenir la comparaison avec le tunnel de service ou une route départementale (10 m).

b) Lignes électriques à moyenne et basse tension

En Moyenne Tension et Basse Tension, la part de réseau de distribution français enfouie est encore faible. Cette part (29%) comprend en France les techniques dites discrètes de mise en façade de Torsades BT, et la place juste devant le Portugal (18%), qui a démarré très tardivement ses infrastructures électriques, et à hauteur de l'Autriche (27%), dont l'enfouissement est plus avancé en MT ou de l'Italie (28%) avec les disparités Nord-Sud que l'on connaît.

	Km de réseau BT + MT	Part (%) de la moyenne tension	Longueur de réseau (m/hab.)	Taux d'enfouissement
Pays-Bas	240 000	42%	17,8	100%
Allemagne	1 401 000	34%	17,1	70%
Royaume-Uni	749 000	50%	12,7	63%
Danemark	147 000	37%	28,1	63%
Belgique	173 000	38%	17,0	59%
Norvège	277 000	33%	61,8	36%
France	1 206 000	48%	20,0	29%
Italie	1 018 000	32%	17,8	28%
Autriche	122 000	47%	15,0	27%
Portugal	170 000	34%	18,0	18%
Suède	NC			

Tableau 8 : part d'enfouissement du réseau moyenne et basse tension dans les pays d'Europe, source « Sycabel »

EDF s'est engagée en 2002 à construire 90 % de ses nouvelles lignes moyenne tension en souterrain. Les réseaux basse tension sont enfouis ou intégrés aux bâtiments à 65 %.

La proportion de réseau MT dans le total du réseau de distribution situe la France à un niveau fort (48%), qui pourrait expliquer un faible taux d'enfouissement (32%), mais il est comparable à d'autres pays qui ont par contre un taux d'enfouissement de leur réseau MT parmi les plus élevés : Royaume Uni (45%), Autriche (40%), Belgique (85%) et Pays-Bas (100%).

- Coût d'investissement[1]

Le souterrain en moyenne tension (MT) coûte en moyenne 2 fois le prix de l'aérien, le rapport pouvant varier de 1 à 5. En Basse Tension (BT) ce rapport ne descend jamais en dessous de 2. Pour le réseau moyenne tension, si le coût de réalisation du souterrain au mètre linéaire (de 38 à 76 €) est aujourd'hui comparable à celui de l'aérien (sauf en terrain dur), son coût d'utilisation, qui prend également en compte, la pose au sol des postes Moyenne Tension (MT) et Basse Tension (BT), et la mise en souterrain des sorties BT, devient vite élevé (de 60 à 198 € le mètre linéaire).

[1] données EDF issues de la Fiche n° 5 du dossier pour le deuxième sommet pour la terre 26 août – 4 septembre 2002 à Johannesburg : Enfouissement des lignes électriques en France « 150 000 km de lignes enfouies en 10 ans »

En basse tension, le passage en souterrain nécessite également de nouveaux branchements pour les clients (coût système : de 53 à 137 € le mètre linéaire), avec des travaux qui peuvent être importants (passage en jardin, à l'intérieur du logement). Le passage en souterrain de l'ensemble du réseau de distribution dont EDF est concessionnaire est estimé à environ 61 Md€.

Dans le cadre du programme Vautours fauves mené par la LPO PACA dans le Verdon, un secteur considéré comme contraignant pour l'enfouissement, les travaux pour du réseau Moyenne Tension ont été estimés par EDF à 70 000 € / km.

- Coûts d'exploitation

En moyenne tension et en Allemagne, le coût d'exploitation actualisé sur 40 ans est en moyenne de **13,7 €/km en aérien contre 2,60 €/km en souterrain**. Les mêmes chiffres en basse tension, sont respectivement de **10,40 €/km et de 2,30 €/km.**

E.IV - L'étude ornithologique

E.IV.1 - Les statuts des oiseaux

Dans le cadre d'un inventaire ornithologique réalisé sur le terrain d'étude, une analyse à la fois du statut réglementaire, du statut écologique et du statut de conservation local, régional, national, européen et mondial de chaque espèce présente sur la zone d'étude doit être menée.

a) Un outil de référence

L'ouvrage *Oiseaux Remarquables de Provence* (Lascève M., Crocq C., Kabouche B., Flitti A. & Dhermain F., Ed. Delachaux & Niestlé, parution en mai 2006) est un ouvrage de référence traitant des espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire menacées et à surveiller en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il est destiné à servir d'aide aux décisions relatives à la conservation des oiseaux, notamment dans le cadre de la mise en œuvre du réseau NATURA 2000. Cet ouvrage, mis en place sur l'initiative de la DIREN PACA et de la LPO PACA avec la collaboration du CEEP et le soutien du Conseil Régional de Provence-Alpes-Côte d'Azur, pointe la responsabilité des acteurs locaux pour la conservation des espèces.

Ce livre met à profit la contribution de plus de 80 ornithologues de 26 organismes réunis pour rédiger une fiche pour chacune des 173 espèces choisies comme devant intégrer la liste des espèces menacées et à surveiller en PACA. Chacune des fiches, construites suivant un canevas similaire, présente dans un premier temps le nom de l'espèce, son statut de conservation, son comportement migratoire, son statut écologique, sa répartition régionale et son statut réglementaire. Dans un second temps, quatre paragraphes résument l'écologie générale de l'espèce et les particularités régionales, puis son statut de conservation, ensuite sa distribution et l'évolution de ses effectifs en PACA (cartographie), et enfin les mesures de conservation préconisées. L'auteur de chaque monographie, ainsi que la bibliographie utilisée, figurent à la fin de chaque fiche.

b) Le statut réglementaire des espèces

L'Arrêté du 17/04/81 modifié fixe la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire (JORF du 19/05/81).	
Espèce protégée	L'espèce est protégée en France, au titre de la loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature et de ses arrêtés d'application (art. L-221 et suivant du code rural).
Espèce chassable	Une espèce chassable est une espèce dont la chasse est autorisée en France (arrêté ministériel du 26 juin 1987 modifié). La période de chasse peut être variable suivant les espèces et des plans de chasse peuvent être mis en place.

Tableau 9 : Le statut réglementaire national

La **Directive européenne 79/409/CEE, dite Directive « oiseaux »** s'applique à tous les Etats membres de l'Union Européenne depuis le 6 avril 1981.	
Annexe I	Espèces devant faire l'objet de mesures de conservation spéciales en particulier en ce qui concerne leur habitat, afin d'assurer leur survie et leur reproduction dans les aires de distribution. Chaque état membre doit classer en ZPS les sites les plus appropriés en nombre et en superficie pour la conservation de ces espèces (181 espèces et sous-espèces à ce jour).
Annexe II	Espèces pouvant être chassées.
Annexe III	Espèces pouvant être régulées selon des modalités strictes.

Tableau 10 : La Directive européenne 79/409/CEE

La **Convention de Berne** du 19 septembre 1979 est relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe.	
Annexe II	Espèces de faune strictement protégées.
Annexe III	Espèces de faune dont l'exploitation, sous quelque forme que ce soit, est réglementée.

Tableau 11 : La Convention de Berne

La **Convention de Bonn** du 23 juin 1979 est relative à la conservation des espèces migratrices.	
Annexe I	Elle regroupe les espèces migratrices menacées, en danger d'extinction, ou nécessitant une protection immédiate.
Annexe II	Elle rassemble les espèces migratrices se trouvant dans un état de conservation défavorable et nécessitant l'adoption de mesures de conservation et de gestion appropriées.

Tableau 12 : La Convention de Bonn

La **Convention de Washington** du 3 mars 1973 porte sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées (CITES), et sur le règlement communautaire n°3626/82/CEE relatif à l'application de la CITES dans l'Union Européenne.	
Annexe II	Elle répertorie les espèces vulnérables dont le commerce est strictement réglementé.
Annexe III	Elle traite des espèces qu'une partie contractante déclare soumise à une réglementation ayant pour but d'empêcher ou de restreindre son exploitation.
Annexe C1 du règlement CEE/CITES	Elle recense les espèces menacées d'extinction dont le commerce à l'intérieur et à l'extérieur de l'Union Européenne est interdit sauf dans des conditions exceptionnelles.
Annexe C2 du règlement CEE/CITES	Elle liste les espèces vulnérables dont le commerce est strictement réglementé.

Tableau 13 : La Convention de Washington

Ces différentes échelles de statuts réglementaires selon l'espèce peuvent aider au classement des actions prioritaires à mener sur les lignes électriques.

c) Le statut écologique des espèces

Les caractères nicheur ou hivernant peuvent être découpés en trois sous-catégories : localisé, rare, commun.

Nicheur	Localisé	L'espèce fréquente un biotope particulier peu représenté en PACA d'où une localisation géographique restreinte (plaine de la Crau, milieu salin).
	Rare	Le nombre de couples est faible, mais l'espèce est présente sur l'ensemble de la région.
	Commun	Le nombre de couples est important et on rencontre l'espèce sur l'ensemble de la région.
Hivernant	Localisé	Le nombre d'individus peut être assez important mais l'espèce fréquente un biotope particulier peu représenté en PACA.
	Rare	Seuls quelques individus fréquentent la région en période hivernale.
	Commun	Le nombre d'individus hivernants est important et on rencontre l'espèce sur l'ensemble de la région.

Tableau 14 : Le statut écologique et la fréquence des espèces

d) Le statut de conservation des espèces

- Importance des populations au niveau local

L'effectif local de chaque espèce sera mis en rapport avec les effectifs régionaux, nationaux et européens, afin de définir sa représentativité dans la zone d'étude.

- Statuts de conservation mondial et européen de l'espèce

Pour avoir une vision plus large sur l'importance de la présence d'une espèce sur la zone d'étude, des experts ont établi des catégories hiérarchisant la vulnérabilité des espèces. Ce chapitre reprend donc les catégories exposées dans l'ouvrage « Oiseaux menacés et à surveiller en France », ROCAMORA & YEATMAN-BERTHELOT, 1999.

Les cinq catégories **CMAP** regroupent l'ensemble des espèces dont la **Conservation Mérite une Attention Particulière**. Les espèces sont réparties dans les catégories CMAP 1 à CMAP 5 suivant leurs niveaux de vulnérabilité français et européens, et l'importance internationale des effectifs présents en France.

Les catégories **SPEC** (**Species of European Conservation Concern**) ont été établies par TUCKER & HEATH en 1994, ces catégories regroupent les espèces dont la conservation mérite une attention particulière en Europe. Chaque catégorie dépend de la proportion de l'effectif mondial présent en Europe.

Les catégories CMAP
CMAP 1 : Espèce menacée à l'échelon mondial.
CMAP 2 : Espèce très menacée en France et en Europe.
CMAP 3 : Espèce dont le niveau de vulnérabilité est moyen en France et en Europe, ou espèce moins menacée mais dont la France abrite une proportion importante des effectifs européens.
CMAP 4 : Espèce encore abondante mais en déclin en France et en Europe.
CMAP 5 : Espèce dont le statut français n'est pas défavorable contrairement au statut européen.
Non-CMAP : Espèce dont le statut n'est jugé défavorable ou fragile ni en France ni en Europe et dont la proportion de l'effectif européen en France est inférieure à 25%.

Les catégories SPEC
SPEC 1 : Espèce menacée à l'échelle planétaire.
SPEC 2 : Espèce à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve en Europe.
SPEC 3 : Espèce à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe.
SPEC 4 : Espèce à statut européen non défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve en Europe.
Non-SPEC : Espèce à statut européen non défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors Europe.

Tableau 15 : Les catégories CMAP et SPEC

E.IV.2 - La zone d'étude des oiseaux

- <u>L'identification de la zone à étudier</u>

L'étude ornithologique doit porter sur un large périmètre de façon à cartographier les différentes zones liées à l'écologie de l'oiseau :
- les zones d'activités (reproduction, alimentation) des oiseaux nicheurs
- les limites de zones de chasse des espèces prioritaires
- les directions des principaux déplacements locaux des espèces prioritaires
- les principales voies de passage en migration pré et post-nuptiale
- les déplacements des oiseaux hivernants.

L'étude de la fonctionnalité des milieux nécessaires au maintien de la biodiversité existante doit prendre en compte les différentes unités écologiques autour du projet (boisements, haies, zones de chasse, aires de repos, zones de transit). L'approche du site à cette échelle est primordiale pour pouvoir établir le fonctionnement écologique du site.

En effet un projet de construction d'une ligne électrique est susceptible d'entraîner une détérioration des écosystèmes et par conséquence une rupture de liaison entre les différentes composantes du milieu à plus large échelle. Il faudra donc déterminer au mieux les axes de liaison potentiels, les zones de repos, les zones de chasse, les principaux milieux, et les divers aménagements anthropiques déjà présents, afin d'identifier les connexions biologiques potentielles entre les différents habitats périphériques et leur dynamique. La définition des aires d'étude doit donc être étudiée de façon très consciencieuse. Bien que chaque site possède ses spécificités, et donc des aires d'étude qui lui sont propres, on peut distinguer pour les projets de lignes électriques ce qui est préconisé pour les projets éoliens, c'est-à-dire trois aires d'étude :

- L'aire immédiate sous l'emprise directe des installations électriques que l'on définira comme étant la zone à risque maximale pour l'avifaune, d'un rayon inférieur à 500 mètres environ autour des lignes.
- L'aire rapprochée de 500 mètres à plusieurs kilomètres. Les espèces qui présentent des enjeux particuliers devront être étudiées. L'aire rapprochée permet de prendre en compte les zones importantes pour les oiseaux qui ne se juxtaposent pas forcément au site.

- L'aire lointaine dont le rayon est supérieur à 10 kilomètres permettra de considérer le projet à l'échelle d'un département ou d'une région. Les effets cumulés de tous les aménagements anthropiques pourront ainsi être pris en compte.

Une perturbation sur une des unités, même si elle n'est pas directement concernée par le projet, peut avoir des conséquences sur l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème.

E.IV.3 - Les données ornithologiques existantes

a) La bibliographie d'ornithologie

La revue Faune & Nature de la LPO PACA a publié en novembre 2005 une vaste bibliographie ornithologique des régions PACA et Corse, sous la rédaction de Walter Belis et Frank Dhermain, sous la coordination de Julie Bayeul-Molzino et avec la contribution de Georges Olioso et Paul Isenmann.

Le Faune et Nature n°42 intitulé « Bibliographie d'ornithologie de Provence et Corse » comporte des milliers de données classées en périodes bien délimitées. Pour la période avant 1945, l'ouvrage traite également les départements circonvoisins. La référence la plus ancienne date de 1552, la plus récente de fin décembre 2004.

Cette bibliographie comporte des monographies, des articles de revue, des thèses, des actes de congrès ornithologiques ou de congrès où les oiseaux ont occupé une place importante. Elle permet d'identifier les travaux engagés par territoire ou espèce et ainsi de constituer une base de données intéressante avant la mise en œuvre d'études de terrain. Cette bibliographie est disponible sur commande auprès de la LPO PACA.

b) L'Atlas ornithologique régional

L'Atlas ornithologique de la Région PACA est coordonné par la LPO PACA depuis janvier 2004. Cet outil permet de mobiliser les acteurs de l'étude et de la protection de la nature ainsi que les gestionnaires d'espaces naturels, afin de centraliser, de valider et d'analyser les données relatives à la biodiversité ornithologique régionale.

L'ensemble des observations d'oiseaux nicheurs est retranscrit sous forme cartographique, accessible sur le site www.atlas-oiseaux.org. Ces données feront l'objet d'une publication en 2008.

Fin 2007, on peut comptabiliser un millier d'observateurs et/ou structures morales participantes pour un recueil de plus de 150 000 données d'oiseaux nicheurs (visibles sur le site Internet), parmi 500 000 données au total (l'ensemble des oiseaux observés, nicheurs ou non). Tout renseignement complémentaire peut être demandé auprès de la LPO PACA par courriel à amine.flitti@lpo.fr.

c) Le Document d'Objectifs

La mise en oeuvre du réseau Natura 2000 en France repose sur une démarche contractuelle et l'élaboration préalable d'un document d'orientation et d'action pluri-annuel intitulé document d'objectifs (DOCOB).

Le DOCOB définit, pour chaque site Natura 2000, sur la base d'un diagnostic écologique et socio-économique du territoire, les enjeux et objectifs de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire ayant justifié la désignation du site, les orientations de gestion nécessaires pour atteindre ces objectifs et les modalités techniques et financières de leur mise en oeuvre.

Il est établi par un opérateur, sous l'égide d'un Comité de pilotage regroupant représentants des collectivités territoriales intéressées et de leurs groupements, représentants des propriétaires et exploitants de biens ruraux compris dans le site et autres gestionnaires et usagers du site (associatifs, socio-économiques, ...), et en concertation avec les acteurs locaux réunis dans des groupes de travail.

Sa mise en oeuvre repose ensuite sur l'adhésion volontaire des propriétaires et ayants-droits à des chartes ou des contrats de gestion pluriannuels (Contrat d'Agriculture Durable si le contractant est un agriculteur, contrat Natura 2000 pour les autres contractants).

S'il existe, ce document doit être consulté avant toute étude de terrain afin de connaître l'état des connaissances, les enjeux et les objectifs de conservations du site Natura 2000. Il est disponible auprès de l'animateur local du site, des DDAFs ou de la DIREN PACA.

d) Le programme STOC (Suivi temporel des oiseaux communs)

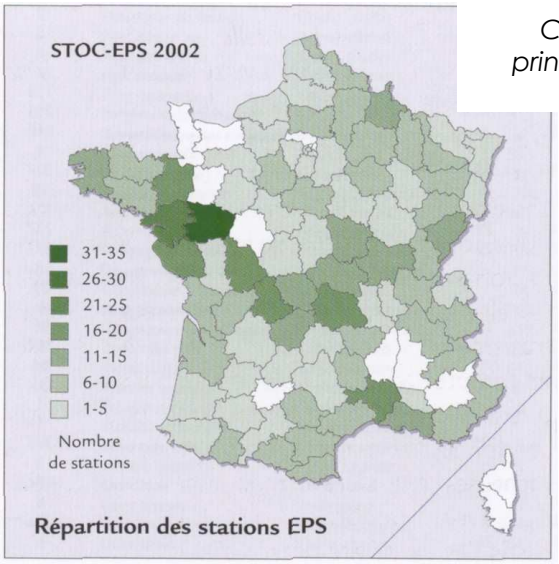
Sur certains secteurs, le programme STOC est mis en place et coordonné par le Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux. Ce programme peut être source d'indicateurs fiables pour évaluer l'évolution des populations d'oiseaux communs avant et après projet. Il doit donc être pris comme un complément d'informations mais ne peut pas être confondu avec une étude ornithologique comme décrite plus haut.

- <u>présentation</u>

Ce programme est coordonné au niveau national par le Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux : c'est un Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) qui présente deux volets :

- le STOC-EPS (Echantillonnages Ponctuels Simples) basé sur des points d'écoute et permettant d'évaluer les variations spatiales et temporelles de l'indice d'abondance des populations nicheuses d'oiseaux communs (une centaine d'espèces).
- le STOC-Capture basé sur la capture et la recapture des passereaux nicheurs à l'aide de filets japonais et permettant de les baguer et d'étudier les variations de trois paramètres démographiques (survie des adultes, recrutement de nouveaux adultes et succès reproducteur).

- <u>objectif</u>



Carte 13 : Nombre de carrés STOC-EPS réalisés au printemps 2002 par département. Ornithos 10-1 : 2-11

Le but du suivi par points d'écoute (Stoc-EPS) est d'obtenir une évaluation des tendances d'évolution des effectifs de différentes espèces communes nicheuses de France. Le nombre de contacts avec une espèce en un point donné est une mesure de l'abondance de l'espèce dans le milieu. Si l'on totalise les contacts avec cette espèce dans tous les milieux du même type, et si l'on compare les valeurs obtenues au cours du temps, on peut apprécier la tendance d'évolution de l'espèce dans ce type de milieu.

- <u>protocole succinct</u>

Un carré de 2x2 km est attribué à chaque observateur ainsi qu'un carré de remplacement au cas où le premier carré est inaccessible. A l'intérieur de ce carré, l'observateur répartit 10 points de comptage de manière homogène et proportionnellement aux habitats présents, sur lesquels il effectue deux relevés de 5 minutes exactement chaque printemps, à au moins 4 semaines

d'intervalles, avant et après la date charnière du 8 mai. Tous les oiseaux vus et entendus sont notés, et un relevé de l'habitat est également effectué. Les relevés sont réitérés chaque année aux mêmes points et aux mêmes dates, par le même observateur.

e) Le recueil des cas de mortalité

Les naturalistes collectent depuis plusieurs années les cas de mortalité d'oiseaux dus à l'électrocution ou la collision contre les câbles électriques aériens. Dans le souci d'homogénéiser et de renseigner au mieux les informations recueillies, la LPO a réalisé une fiche de saisies standard.

Electrocution ou collision d'oiseaux contre les réseaux électriques aériens

Fiche de saisie des données

Commune / département

Adresse (route, lieu-dit) de l'accident

Date

Espèce concernée

☐ Morte ☐ Blessée ☐ Sexe (M ou F)

☐ Corps frais ☐ En décomposition ☐ A (adulte) I (immature)

☐ Oiseau bagué n°bague Droite Gau.

Environnement Lat Long

☐ Bois / Forêt ☐ Cultures : ☐ Plan ou cours d'eau

☐ Prairie ☐ Zone urbaine ☐ Autre :

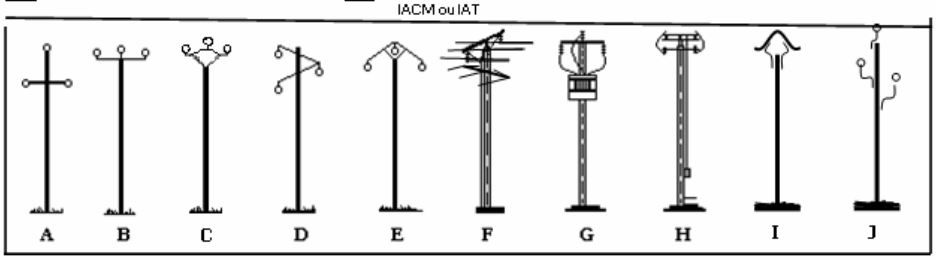
Type de ligne ou Poste ☐ **Moyenne tension** ☐ **(Très) Haute Tension**

☐ Chapeau de gendarme - A ☐ Nappe voûte suspendue - E NV ☐ Voûte Rigide non gainé - I VR

☐ Nappe horizontale rigide - B NHR ☐ Dérivation - F ☐ Alterné - J

☐ Nappe-voûte rigide - C NVR ☐ Transfo-parafoudre - G H61 ☐ *Autre : croquis au dos*

☐ Armement canadien - D ☐ Interrupteur manuel ou télécommandé - H IACM ou IAT



Cause de la destruction et position

N° poteau ou réf. poste le plus proche

☐ électrocution ☐ collision

☐ entre les poteaux ☐ pied de poteau

Nota

Nom

Adres.

Ville

Tel.

Photos

Fiche à retourner à la délégation LPO locale ou à l'adresse suivante :

LPO PACA

Rond-Point Beauregard

83400 HYERES

paca@lpo.fr

04 94 12 79 52

04 94 35 43 28

Figure 8 – fiche standard LPO de saisie des cas de mortalité des oiseaux dus au réseau électrique, 2006

Grâce à la création du Comité National Avifaune, l'identification des responsables du dossier avifaune pour RTE et EDF permet désormais aux associations de signaler, grâce à cette fiche de saisie, plus rapidement et efficacement les secteurs ou poteaux à risques pour les oiseaux. Cette fiche mériterait à terme d'évoluer vers une fiche standard servant à la fois aux naturalistes et aux agents de EDF et RTE, afin d'alimenter une base de données plus larges.

E.IV.4 - Les méthodes de recensement

a) La période d'investigation

Les inventaires ornithologiques doivent être établis a minima sur une année complète en considérant ces quatre périodes :

- la **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 fin août à mi-novembre.
- la **période hivernale**, très importante pour les zones humides car les Anatidés effectuent des micro-déplacements entre les zones de gagnage (où les espèces s'alimentent) et les étangs de remises (où elles se reposent ou se réfugient).
- la **période pré-nuptiale**, qui annonce le retour de migration et les grands déplacements des oiseaux cherchant des lieux propices à leur reproduction de février à début mai.
- la période de reproduction et d'élevage des jeunes de mai à fin août.

Le tableau ci-dessous reprend les principales études à mener pour évaluer les effectifs et flux de déplacements des oiseaux fréquentant un site. Ce calendrier, préconisé pour les projets éoliens, peut être adapté aux projets de lignes électriques, et s'associe ensuite avec un calendrier d'études post-projet (cf. chapitre F).

Analyse de l'état pré-implantation – Durée : 1 an				
But de l'opération	**Méthode**	**Période**	**Temps nécessaire**	**Horaires**
Appréciation du potentiel d'utilisation du site par l'avifaune	Prospection de plusieurs km autour du site	en début d'étude	1 jour	selon disponibilité
Recensement des nicheurs précoces	I.P.A.	dés mi-mars	½ jour	6h30 - 9h30
Recensement des nicheurs tardifs	I.P.A.	début à fin mai	½ jour	6h - 9h
Recensement des rapaces nicheurs	Points d'observation	début mai à fin juillet	2 à 5 ½ jours	11h - 15h
Recensement des nicheurs nocturnes	Points d'écoute nocturne	début janvier à mi-juin	3 fois ½ jours	dès le crépuscule
Evaluation du flux migratoire en période prénuptiale	Points d'observation	de février à avril	4 jours	9h - 16h
Evaluation du flux migratoire en période postnuptiale	Points d'observation	de août à novembre	au moins 6 jours	8h - 15h
Recensement des hivernants	Points d'observation	de décembre à février	2 à 5 ½ jours	9h - 16h
Recensement des hivernants utilisant le site uniquement de nuit	Points d'observation	de décembre à février	2 à 3 ½ jours	dès le crépuscule
Investissement de terrain moyen sur l'année			**20 à 30 jours**	
Analyse et traitement des données			**15 jours**	
Investissement global moyen sur l'année			**35 à 45 jours**	

Tableau 16 : Bilan des investissements pré-implantation préconisés dans le cadre d'implantation d'éoliennes, In. Celse Joseph, Projets éoliens et avifaune en région Provence – Alpes – Côte d'Azur - Mise en place d'un protocole de suivi ornithologique– ECO-MED, Mai 2005

Dans l'optique d'un éventuel suivi post-implantation, mais également dans un souci d'harmonisation et de comparaison, il convient de privilégier les **méthodes de recensement standardisées**, c'est-à-dire les méthodes absolues ou les méthodes relatives. Des protocoles complémentaires pourront être choisis en fonction du contexte (rapaces nocturnes, espèces patrimoniales, existence de point de suivi STOC, ...).

- Le recensement de l'avifaune nicheuse

La technique des Indices Ponctuels d'Abondance (voir chapitre suivant) semble particulièrement adaptée. Elle consiste en un recensement ponctuel des oiseaux vus ou entendus en un point donné et pendant une durée définie.

- Le recensement de l'avifaune migratrice

L'observation directe de la migration est le principal moyen de qualifier le phénomène migratoire au sein de l'aire d'étude immédiate (cf. paragraphe d) suivant). La caractérisation des axes de déplacement, des altitudes et la composition des vols permettent d'identifier les enjeux. Ce type d'observations doit être systématiquement mené lors des prospections de terrain durant les périodes favorables (février à mai pour la migration pré-nuptiale, août à novembre pour la migration post-nuptiale).

Ces méthodes de recensement classiques, basées sur la détection directe, ne sont pas adaptées à l'étude de la migration nocturne. Depuis quelques années, des observations de nuit et/ou à haute altitude, sur terre ou sur mer, ont été rendues possibles grâce à des radars.
Mais, selon le principe de proportionnalité, ce type de suivi ne se justifie que pour les projets dont l'enjeu pour l'avifaune migratrice ou pour les déplacements locaux est important.

- Le recensement de l'avifaune hivernante

L'observation directe à partir de points stratégiques est conseillée (cf. paragraphe e) suivant). L'intensité de ce suivi varie également. Il est conseillé de réaliser les investigations au coeur de la période (décembre et janvier). L'objectif consiste à identifier les espèces présentes et à évaluer la densité de fréquentation et l'utilisation de l'aire d'étude par ces espèces.

b) Les méthodes de recensement absolues

Les méthodes absolues (ex : les plans quadrillés ou quadrats) sont les plus « fiables ». Cependant, elles nécessitent un investissement important en temps qui ne se justifie qu'en présence d'espèces rares ou protégées ou de milieux remarquables.

- La méthode des plans quadrillés

En période de reproduction, chaque couple d'oiseaux chanteurs fixé sur un milieu donné se localise sur un territoire précis. Le mâle en particulier défend ce territoire et ses chants sont les meilleurs contacts pour délimiter au fur et à mesure des visites l'étendue de l'espace défendu par le couple et donc déduire la densité d'oiseaux nicheurs sur un secteur donné.
La méthode des plans quadrillés, comme toutes les méthodes cartographiques, a pour objectif principal de préciser l'état des populations d'oiseaux et de définir les tendances d'évolution au cours du temps.

La méthode des plans quadrillés s'applique particulièrement aux passereaux et permet d'évaluer assez finement l'avifaune nicheuse d'un territoire homogène. Elle suppose une stabilisation optimale des oiseaux et ne peut être utilisée qu'au cours de la période de reproduction (globalement de mi-mars à mi-juin).

Elle consiste en une cartographie fine du terrain (topographie, strates de végétation, sentiers) à une grande échelle (1/1000 ou 1/5000). Un maximum de détails est à ajouter pour faciliter le repérage ultérieur sur le terrain. Quelques jalons doivent également être posés pour bien quadriller le secteur d'étude et pallier à l'absence de repères naturels. Il convient de planifier les visites durant la période de reproduction (2 à 4 visites par mois sur 4 mois).

Les visites s'effectuent en suivant un itinéraire précis, le mieux étant l'utilisation de sentiers ou layons espacés au maximum de 50 mètres, distance qui permet de détecter la plupart des espèces de passereaux. Il est souhaitable d'établir une progression constante avec des arrêts de durée limitée.

Les conditions optimales sont l'absence de vent violent et de pluie, tôt le matin et au coucher du jour. L'alternance des heures de sorties permet une diversification des contacts.
Tous les oiseaux contactés sont localisés sur un fond de carte. Sont notés également l'espèce, le sexe, l'âge et surtout les différents types de comportement (vol, posé, chanteur posé, chanteur en vol, défense de territoire, poursuite...).
Les résultats sont présentés de façon cartographique par espèce et un tableau récapitulatif permet de recenser l'intégralité des espèces recensées, avec leur abondance absolue et relative.

c) Les méthodes de recensement relatives

Les méthodes relatives (ex : les IKA – Indice Kilométrique d'Abondance – ou les IPA - Indice Ponctuel d'Abondance) apportent des résultats standardisés, donc comparables dans l'espace et dans le temps, mais avec une période d'investigation plus réduite.

- La méthode de l'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA)

Dans un milieu donné, l'observateur s'arrête en certain lieux précis (stations où points d'écoute) et, stationnant 15 à 20 minutes à chaque point, note tous les contacts auditifs et visuels pris avec les oiseaux. Les points d'écoute sont disposés de telle manière que les surfaces observées à partir de chacun d'entre eux ne se superposent pas. Une attention particulière sera néanmoins apportée aux milieux humides et ouverts qui abritent l'essentiel des espèces de l'annexe I de la Directive Oiseaux et des espèces à enjeu patrimonial national ou régional.

Pour les passereaux on estime à 300 / 400 mètres la distance minimale à respecter entre chaque station. Cette méthode permet de caractériser le peuplement avien d'une zone donnée et fournit pour chaque espèce un indice relatif d'abondance (IRA), c'est-à-dire une indication du nombre de couples par station. Plus simplement, cette méthode nous renseigne sur les fréquences d'occurrence des différentes espèces au niveau de l'ensemble de la couverture spatiale.

La période d'observation doit s'étaler de mars à juin afin de contacter un maximum d'espèces. On considère qu'il faut 10 passages étalés sur 3 mois pour avoir une idée précise des espèces nicheuses.

- La méthode de l'Indice Kilométrique Abondance (IKA)

Cette technique permet d'exprimer les densités spécifiques d'oiseaux observés par rapport à une unité de distance. On obtient ainsi un indice kilométrique d'abondance.
L'itinéraire prospecté doit être rectiligne, d'une longueur connue et comprise entre 500 et 1000 mètres. Les observations s'effectuent d'un seul côté de l'axe de progression, à une vitesse régulière (1 à 2 km/h) en marquant un arrêt tous les 20 mètres.

La réalisation du trajet en aller /retour permet de confirmer certaines informations. Une recherche rapide du nid peut être réalisée s'il semble se trouver à proximité immédiate du trajet mais aucune autre information n'est notée jusqu'au retour au point quitté sur l'itinéraire de référence.

Lorsqu'un oiseau passe de l'autre côté de l'axe de progression, il y a lieu de confirmer (courte attente, nouveau passage) la localisation probable du nid afin de prendre en compte ou non l'individu. Une dizaine de passages étalés sur la période de nidification permet une estimation fiable du nombre d'espèces et de couples nicheurs.

A la fin d'une série de sondages, dans un même milieu, tous les contacts pris avec l'ensemble des espèces sont comptabilisés. Les contacts pris avec chaque espèce sont ensuite divisés par ce chiffre total et traduits en pourcentages représentant l'indice relatif d'abondance (IRA) de l'espèce considérée par unité de distance.

d) La méthode d'observation de la migration

- Généralités

L'étude de la migration des oiseaux est un vaste champ d'études qui reste encore, pour partie, inconnu. Le développement des suivis migratoires et du baguage des oiseaux a permis de connaître quelques caractéristiques du phénomène migratoire. On peut les résumer ainsi :

- la plupart des oiseaux terrestres migrent la nuit, spécialement dans les heures qui suivent le coucher du soleil ;
- la plupart des rapaces migrent le jour ;
- les oiseaux d'eau migrent de jour ou de nuit, les espèces côtières débutent la migration en fin d'après-midi ;
- les migrateurs préfèrent voler avec un vent arrière ou un léger vent de face ;
- généralement, les migrations nocturnes de passereaux se font à haute altitude à partir de 400 – 500 mètres (bien au-dessus des futures lignes électriques) ;
- le risque de collision pour les migrateurs est principalement lié aux phases de décollage et d'atterrissage. La hauteur de vol est également réduite lors des franchissements de crêtes ;
- les migrations diurnes sont souvent concentrées le long d'éléments linéaires comme des lignes de côtes ou des vallées, sauf lors du franchissement des montagnes.

- L'étude de la migration diurne

Différentes données sont à recueillir concernant les migrateurs : les effectifs, les espèces, les directions, leur utilisation spatiale du site et les comportements observés. Les suivis de migration se basent sur l'observation du phénomène migratoire à partir d'un ou de plusieurs points fixes. La localisation d'un point d'observation pertinent est donc tout d'abord primordiale. Il doit répondre à deux critères essentiels :

- permettre d'avoir une vue d'ensemble des environs et de la direction d'où sont susceptibles de venir la plupart des oiseaux,
- se situer au coeur de la future zone d'implantation des lignes électriques, ou le plus proche possible, afin d'apprécier au mieux le flux autour de cette zone

Plusieurs points de suivis par site peuvent être nécessaires, cela dépend essentiellement de la taille et de la configuration de la zone d'étude (orientation, ligne de vue, altitude, situation géographique).

Dans le cas de points permettant une vue sur un très large panorama et sur lequel le passage est important, la présence de 2 observateurs simultanés peut s'avérer indispensable. Cette solution permet de compléter les compétences et d'améliorer l'exhaustivité des résultats. Des sites où des journées à plus de 5000 migrateurs sont régulières requièrent la présence de 2 observateurs afin de pouvoir comptabiliser l'ensemble des individus.

Une fois le point déterminé, un étalement de 10 journées d'observation à intervalle régulier sur l'ensemble de chaque période de migration (20 jours en tout) permet d'avoir un ordre d'idée relativement fiable du flux. Cependant, dans certains cas particulier ou la migration est très marquée, des journées d'observation supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

Durant la période d'observation, chaque observateur, immobile, reporte sur un bordereau adapté ses observations ou contacts, c'est-à-dire les oiseaux en déplacement ou les individus en stationnement.

Les observations sont reportées sur les bordereaux prévus à cet effet où sont notés : date, observateur, météo (vent, direction, force, intempéries, visibilité, couverture nuageuse), l'heure de début et de fin de suivi, heure de passage de chaque individu ou groupe d'individus, l'altitude, le point de passage, la direction de vol, l'espèce et le nombre d'individus (si possible l'âge et le sexe). Les espèces aux comportements particuliers (prise d'ascendance, vol de grands voiliers dispersés, chasse, etc.) pourront faire l'objet de fiches de comportements. Les trajectoires peuvent également être retranscrites sur une carte au 1/25 000ème, l'objectif étant d'identifier des microvoies et/ou des zones d'ascendance.

L'ensemble de ces éléments permet d'appréhender le phénomène de la migration de manière globale et de retenir les points importants qui seront à mettre en corrélation avec les risques que présentent les lignes électriques et la configuration du terrain.

L'objectif n'est pas de produire un bilan exhaustif de la diversité et des effectifs, mais plutôt d'apprécier sa qualité et sa quantité. Ces 10 journées par période de migration, réparties en fonction des conditions météorologiques et des pics de migrations connus offrent la possibilité de contacter les espèces migrant à des périodes différentes.

Les séances d'observation débutent à l'aube pour se terminer une fois que le flux devient insignifiant, en général en début d'après-midi, en sachant que :

- La plupart des migrateurs (passereaux notamment) migrent en première partie de journée.
- Les 2 heures qui suivent le lever du soleil sont donc celles où l'activité est la plus intense.
- Les rapaces ont plutôt tendance à attendre la formation de masses d'air chaudes ascendantes, et donc un réchauffement progressif de l'atmosphère.
- Les journées où les conditions météorologiques sont exécrables doivent être évitées.
- Une mauvaise visibilité (brouillards denses) ou des précipitations fortes limitent les possibilités de contacts visuels et auditifs. Il est donc préférable de sélectionner des journées sans précipitation ou brumes persistantes.

▪ <u>L'étude de la migration nocturne</u>

La migration nocturne est un phénomène important qui concerne de nombreuses espèces et individus. Les migrateurs nocturnes appartiennent à des espèces bien distinctes des migrateurs diurnes. Il s'agit pour l'essentiel de passereaux insectivores, d'anatidés, de rallidés et de limicoles. Il est fort probable que sur la plupart des sites, les migrateurs nocturnes soient plus nombreux que les diurnes. L'altitude de vol des nocturnes se trouve dans une fourchette variant de 200 à 700 m en moyenne, ce qui les place en dehors du rayon d'action des lignes électriques. Mais il arrive aussi que certaines nuits la majorité des migrateurs passent sous le seuil des 150 m.

Il semble donc indispensable de connaître, ou tout du moins d'estimer, le type le flux migratoire se déroulant la nuit. Peu de techniques permettent d'apprécier réellement le phénomène de la migration nocturne :

- La principale est celle se basant sur **l'utilisation d'un radar**. Cette méthode permet de quantifier le flux mais ne fournit aucun renseignement sur l'identité des espèces. L'avantage de la méthode radar réside dans une estimation précise de la hauteur des vols et de leur direction. Cependant, il y a très peu de radars de ce type en France.
- Une autre méthode consiste à **observer le disque lunaire et à comptabiliser les individus passant devant celui-ci**. Une formule mathématique permet alors d'extrapoler les résultats sur l'ensemble de la nuit et sur l'ensemble de la voûte céleste. Là encore, l'identification spécifique reste la grande inconnue de cette méthode très aléatoire qui, de plus, ne renseigne pas sur les directions et altitudes de vol.

Les flux et les espèces contactées sont notés. On fera une représentation cartographique de l'utilisation de la zone par les migrateurs. Les distances et les types de réaction seront particulièrement renseignés.

e) La méthode de recensement par observation directe

Cette méthode est conseillée si le projet de lignes électriques est situé sur ou à proximité de zones d'hivernage importante.

Un ou plusieurs points stratégiques sont choisis et un comptage est réalisé aux heures adéquates. Plusieurs passages hivernaux sont nécessaires (4 à 5). Le comportement lors des échanges gagnage / reposoir sera noté et cartographié.
Une carte présentera les principaux rassemblements et l'usage du site. Les trajets seront représentés. Le nombre d'individu par espèce sera compilé au sein d'un tableau.

Des remarques générales sur le milieu, les conditions météorologiques,… permettront d'évaluer les causes d'éventuelles fluctuations.

f) L'observation du comportement

Une étude du comportement peut être justifiée pour évaluer le risque de collision contre les lignes électriques dans les zones jugées « à risque » (cf. chapitre C.II) et/ou accueillant des espèces sensibles au risque de collision ou patrimoniales (cf. chapitre B).

Une méthode a été mise au point par la LPO[2] dans le cadre du suivi des éoliennes et peut être adaptée aux lignes électriques. Elle consiste à observer les allées et venues des oiseaux à différentes périodes de la journée. Ces observations se font sur des portions de visibilité d'environ 1 Km, pendant une durée de deux heures. Elles ont lieu quatre demi-journées par semaine, une fois par mois, en alternant quatre matinées et quatre après-midi, approximativement aux mêmes heures, de façon à ce que les échantillons collectés couvrent différentes heures, marées et conditions météorologiques.

L'observateur note tous les passages au-dessus de la (future) ligne électrique. Chaque passage d'oiseau est reporté sur une feuille de terrain. A l'aide d'un relevé cartographique, les principaux mouvements sont notés (Espèce / direction / hauteur de vol).

Ces observations se font aux périodes de migration, d'hivernage et de nidification. On détermine ainsi l'usage du site, son fonctionnement et les espèces les plus à risques.
L'analyse des données collectées permettra de déterminer :

- quelles sont les espèces qui fréquentent la zone
- si les oiseaux franchissent cette ligne aussi souvent et aussi nombreux avant et après l'installation des lignes électriques,
- si les oiseaux ont modifié leur hauteur de vol,
- si les oiseaux ont modifié la taille de leur vol (effectif d'un groupe d'oiseaux à chaque passage)
- les types de franchissement prédominants (réaction d'évitement, au dessus, au dessous, dans la zone à risques)
- si les oiseaux réagissent différemment en fonction de facteurs extérieurs (dérangement, météo, période de l'année, chasse…)
- la proportion des passages dans la zone à risque (à hauteur des lignes).

Ces informations seront détaillées avant et après fonctionnement des lignes électriques, ainsi que durant le chantier d'installation des lignes électriques. On pourra ainsi évaluer l'impact des travaux et celui du fonctionnement des lignes électriques sur l'avifaune.

---

[2] ANDRE Yann, 2004. Protocoles de suivi pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune, LPO.

Cette méthode présente cependant plusieurs limites :

- Les conditions d'observation : les conditions météorologiques (brume de chaleur, pluie, brouillard…etc.) peuvent influencer la qualité de l'observation.
- L'interprétation de l'observateur : la traduction des phénomènes observés diffère d'un observateur à l'autre, notamment pour l'évaluation de la hauteur de vol.
- La périodicité de passage et le temps d'observation restent une limite majeure pour cette étude.

g) Le recensement par points d'observation simultanés (POS)

L'objectif de cette méthode est de repérer les espèces de grande taille, principalement les grands rapaces, afin de déterminer l'emplacement des aires de nidification et localiser les zones d'alimentation. Ce protocole permet en outre de préciser le statut d'espèces patrimoniales sur le site.

Des petits groupes de 2 à 3 personnes sont placés sur des points d'observation panoramique de façon à couvrir l'ensemble de la zone considérée. La période doit coïncider avec le pic d'activité qui est l'élevage des poussins pour le maximum d'espèces visées. La durée d'observation ne doit pas dépasser une demi-journée mais peut être répétée plusieurs jours de suite ou à plusieurs jours d'intervalle. Toutes les observations doivent être notées sur une fiche standardisée et localisées sur une carte du secteur couvert par le groupe d'observateurs. Une importance particulière sera apportée aux indices de nidification (apports de proies, etc.), dont l'analyse permettra d'estimer le nombre de couples des espèces concernées.

h) Le recensement des rapaces nocturnes par la méthode de la repasse (REP)

Cette technique de recensement consiste à émettre le chant d'un mâle pour stimuler les chanteurs et ainsi répertorier les couples reproducteurs du secteur d'étude. Les points de repasse sont effectués sur plusieurs points, dont la distance varie entre 250 et 750 mètres et le temps d'écoute entre 5 et 10 minutes, parfois 20 minutes. Les couples ayant répondu seront notés sur une fiche standardisée et localisés sur une carte de secteur d'étude.

i) Le radiopistage

Pour l'étude des grands oiseaux, en complément de l'identification visuelle, il est intéressant d'utiliser la technique de suivi télémétrique ou radiopistage. Elle permet de localiser un oiseau à grande distance (20 km en direct) et de savoir s'il est posé ou en vol.

Pour les Vautours notamment, le dispositif est surtout utile pendant la phase de réapprentissage du vol, après la libération, pour retrouver un oiseau en difficulté (blessure, collision, épuisement …). Le radiopistage est actuellement utilisé sur une quinzaine de vautours dans les Causses par le CNRS (travaux de thèse d'Agnès GAULT) en collaboration avec la LPO Grands Causses pour l'étude de la prospection alimentaire chez le Vautour fauve.

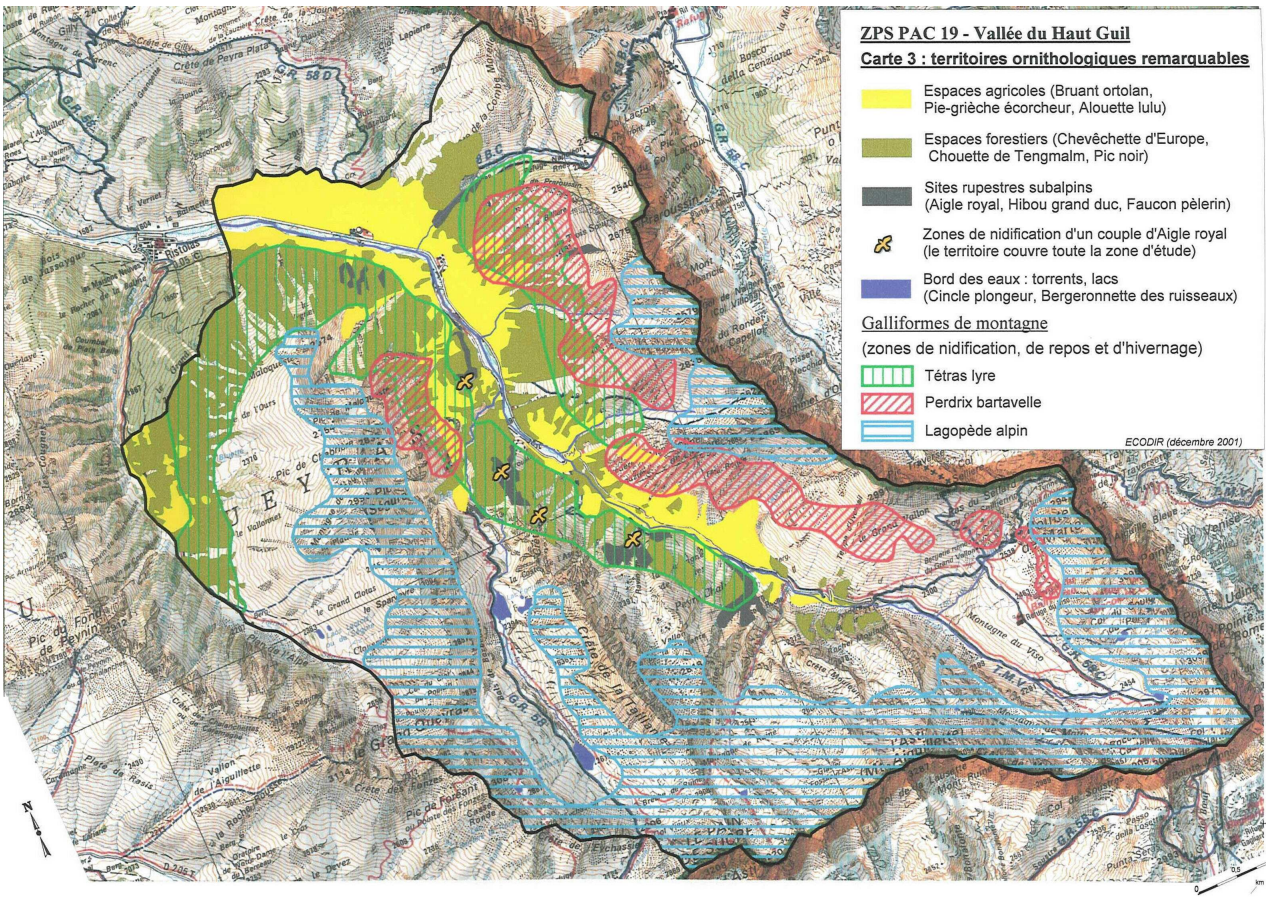
Chaque vautour relâché est muni d'un émetteur avec une fréquence propre. Il est fixé sur le rachis d'une rectrice centrale. L'oiseau le perdra en général au cours du printemps suivant par mue de la plume. La plume et l'émetteur peuvent alors être retrouvés. Un émetteur ayant une durée de vie de 18 mois, nous pouvons le réutiliser ensuite pour une autre étude.

Le radiopistage doit être valorisé dans le cadre d'une étude fine des déplacements d'oiseaux de grande envergure :
- pour l'étude de l'impact d'un projet de ligne, il peut aider au choix du tracé de la ligne,
- pour l'étude de l'impact d'une ligne existante, si un impact sur l'avifaune est avéré significatif, il peut contribuer au choix de mise en place des outils de suppression ou de réduction.

Pour en savoir plus, la société Biotrack présente sur son site Internet www.biotrack.com différents dispositifs de radiopistage spécifiques à chaque groupe d'oiseaux, et peut renseigner au cas par ca sur le prix d'un tel équipement.

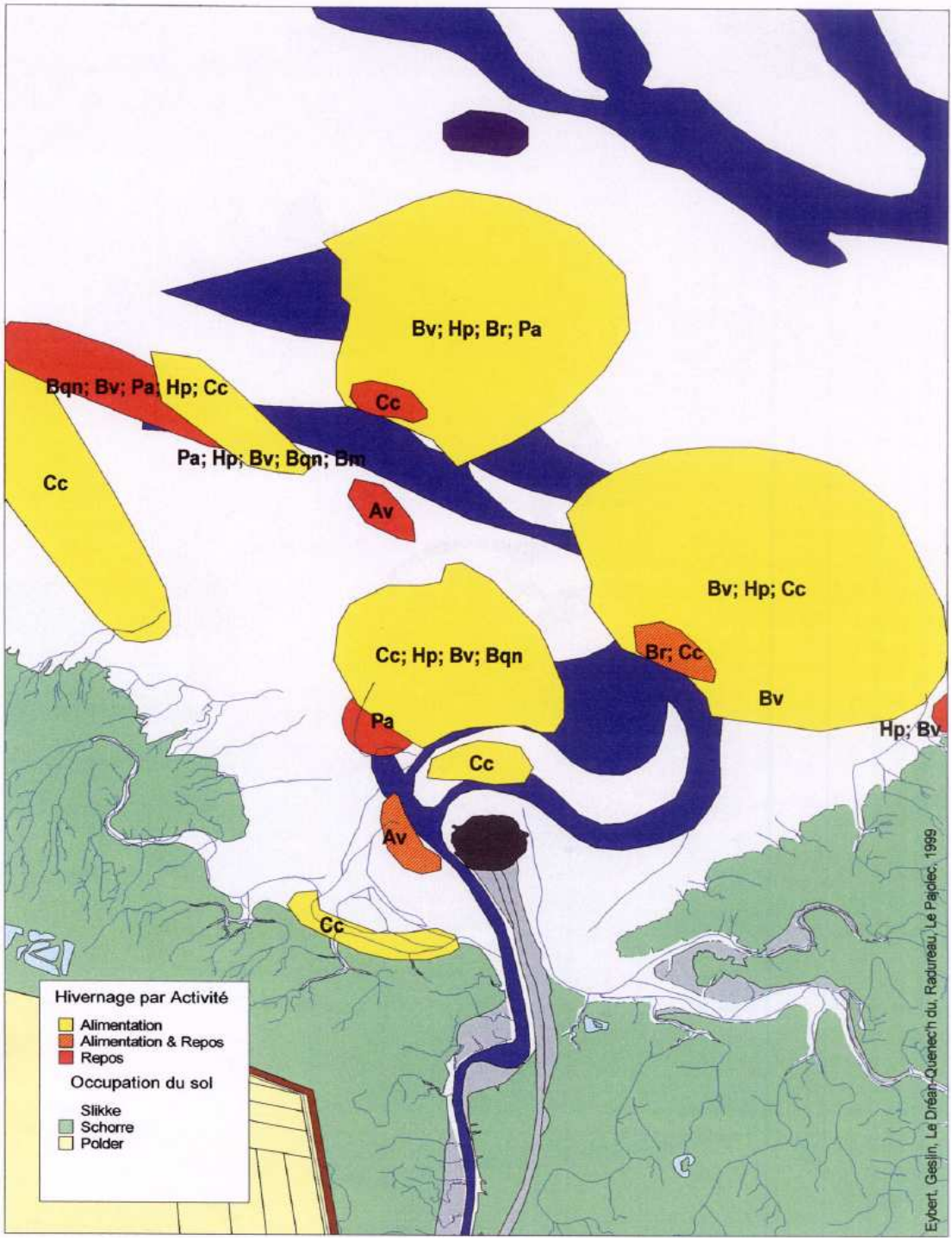
E.IV.5 - La cartographie de la fonctionnalité des habitats pour l'avifaune

Une fois les données sur les espèces présentes acquises, une cartographie permet de faire figurer les espaces vitaux propres à chaque groupe d'espèces ou chaque espèce patrimoniale. A titre d'exemple, voici ci-dessous la cartographie représentant les territoires remarquables d'un point de vue ornithologique sur le site Natura 2000 de la Vallée du Haut Guil :



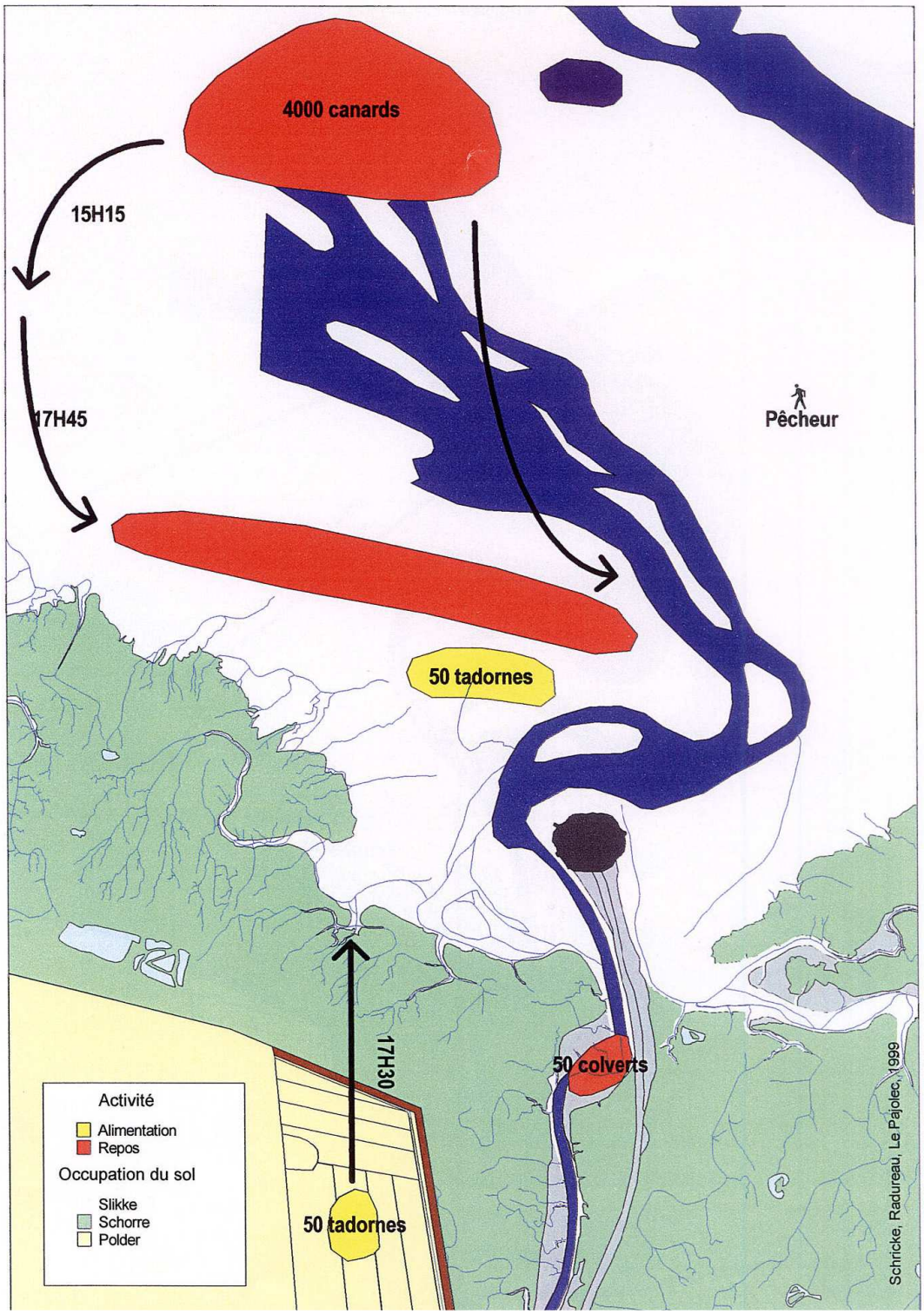
Carte 14 : Territoires « ornithologiquement » remarquables, Vallée du Haut Guil, ECODIR, 2004

Cette cartographie permet d'identifier rapidement les territoires fonctionnels pour les espèces et ainsi déterminer les secteurs sensibles, en croisant les critères liés à la sensibilité des espèces, à la fonctionnalité et à la configuration du site.



Carte 15 : Localisation des limicoles en période d'hivernage (novembre 1998 à février 1999), Av : Avocette élégante, Bqn : Barge à queue noire, Br : Barge rousse, Bv : Bécasseau variable, Cc : Courlis cendré, Hp : Huîtrier pie, In. Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences des projets et programmes d'infrastructures et d'aménagement sur les sites Natura 2000, MEDD, 2004

Cette carte est un autre exemple de représentation des différentes aires vitales pour des Limicoles. Elle est destinée à apporter une précision sur les espèces jugées sensibles au projet. **Pour de futures lignes électriques situées entre une zone de gagnage et une zone de repos, ce type de cartographie s'avère pertinent.**



Carte 16 : Déplacements des Anatidés au cours du mois de janvier 1999, au cours du flux par fort coefficient de marée, et l'influence du dérangement, In. Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences des projets et programmes d'infrastructures et d'aménagement sur les sites Natura 2000, MEDD, 2004

Cette dernière carte est un exemple d'une représentation possible des déplacements occasionnés par la marée haute et le dérangement pour les Anatidés. Elle permet de démontrer que **l'ensemble des déplacements (quotidiens, migratoires et occasionnels) doit être envisagé.**

E.V - L'étude des impacts d'une ligne électrique nouvelle sur l'avifaune et ses habitats

E.V.1 - Les impacts à identifier

Une fois la variante choisie et l'étude ornithologique menée, il faut distinguer et analyser chacun des impacts potentiels :

- les impacts directs, qui proviennent de l'action directe des travaux d'aménagement tels que la destruction d'habitats lors de la réalisation des chemins d'accès au chantier de construction des lignes électriques,
- les impacts indirects, qui sont la conséquence de l'installation d'une ligne, comme la modification des voies de déplacements des oiseaux,
- les impacts permanents, qui sont liés au fonctionnement de la ligne et qui sont irréversibles, comme le risque de collision ou d'électrocution pour les oiseaux,
- les impacts temporaires, liés à la phase de travaux, comme le dérangement de la faune par les engins et le stock de matériel lors des travaux,
- les impacts induits, qui découlent du projet, par exemple le piétinement lors de l'entretien de la végétation sous les lignes.
- **les effets cumulatifs**, qui découlent de la sommation des effets ou de l'interaction de plusieurs aménagements existants ou en projet, dans le temps et l'espace, et pouvant conduire à des changements brusques ou progressifs des milieux. Dans certains cas, le cumul des effets séparés de plusieurs projets ou programmes de travaux peut conduire à un **effet synergique**, c'est-à-dire à un effet supérieur à la somme des effets élémentaires.

Parmi ces impacts potentiels, les risques de collision et d'électrocution liés à la mise en place d'une ligne électrique dans un nouveau secteur peuvent être appréhendés grâce à des études précises décrites ci-après. Pour les autres impacts potentiels, des mesures de suppression et de réduction doivent être adoptées.

E.V.2 - L'étude du risque de collision d'une ligne nouvelle

a) Méthodologie

L'appréciation du danger d'une ligne pour la collision des oiseaux se fait à partir de la connaissance de l'écologie des espèces qui fréquentent le site où la ligne est en projet et des caractéristiques physiques du milieu environnant (cf. chapitre C.II sur les facteurs de risque). Cette étude du risque de collision est capitale pour les projets de construction de lignes très haute tension.

Depuis 2005, un travail mené par la LPO PACA avec EDF tente de proposer une méthodologie fiable et reproductible pour évaluer le risque de collision contre les lignes électriques. Cette méthodologie, au moment où le présent document est édité, est proposée par la LPO PACA mais n'est pas validée officiellement par EDF. Elle permet d'avoir une trame de travail assez complète pour les acteurs qui souhaitent appréhender la nature et la cotation du risque. Dans le cadre d'une étude officielle, il convient donc de se rapprocher de l'unité EDF la plus proche afin de connaître les protocoles d'étude officiels.

Cette méthodologie s'appuie sur les critères suivants :

- La richesse ornithologique (d'après l'étude ornithologique, cf. chapitre E.IV)
- Le comportement des espèces (d'après l'étude des déplacements, cf. chapitre E.IV.4)
- La topographie
- La végétation
- L'activité humaine
- Le milieu naturel.

Le tableau suivant met en avant les différents niveaux de cotations pour chacun des critères :

Cotation	1	2	**3**
Inventaire ornithologique	Richesse spécifique faible	Richesse spécifique moyenne	**Grande richesse spécifique**
Comportement des espèces	Peu de déplacements	Déplacements peu fréquents et peu importants	**Déplacements fréquents et importants**
Etude des déplacements des oiseaux / axe de la ligne	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne / topographie	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne / végétation	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne /bâti	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**

Tableau 17 : Cotation d'un tronçon de ligne vis-à-vis du risque de collision

- L'inventaire ornithologique

La ligne électrique peut se trouver au passage quotidien de certaines espèces. Notamment, la présence d'espèces jugées rares et menacées, qui sont sensibles au risque de collision, comme l'Aigle de Bonelli par exemple, justifiera l'équipement prioritaire des lignes du secteur concerné.

- Le comportement des espèces

La ligne électrique en projet peut se trouver au passage quotidien ou migratoire de certaines espèces, notamment en grand nombre. C'est donc un facteur qui peut favoriser la collision d'un oiseau avec la ligne. Par ailleurs, il faut également veiller à étudier **l'existence ou non d'un conflit entre un axe majeur de déplacements des oiseaux et celui de la ligne.** En effet, les lignes perpendiculaires aux axes de migration le long d'une vallée de cours d'eau représentent par exemple un risque fort de collision pour les oiseaux. Identiquement, une ligne dissimulée par exemple entre une zone de gagnage et de repos pour plusieurs Anatidés représentera un risque important de collision.

- La topographie

La façon dont une ligne s'intègre dans l'environnement topographique peut la rendre plus ou moins dangereuse (cas d'une ligne parallèle à une ligne de crête que l'oiseau franchit ou d'une ligne reliant deux zones humides servant de zones de gagnage, de dortoir ou de reposoir).

- La végétation

La hauteur et la densité du couvert végétal au voisinage des lignes influent beaucoup sur la fréquentation du site. Une ligne traversant en tranchée une forêt sera dissimulée par les arbres et représentera un risque plus grand de percussion pour un oiseau (exemples : Tétras-lyre, rapaces forestiers).

- Le bâti lié à l'activité humaine

Les espèces peuvent percuter une ligne dissimulée derrière un pont ou une autre ligne électrique lors de leur ascension ou leur descente depuis ou vers une zone qui leur est propice.

b) Analyse des résultats

L'analyse de l'ensemble des critères fait apparaître une cotation à trois niveaux :

- moyenne des cotations **comprise entre 2,2 et 3 : tronçon de ligne à traiter en priorité, coté 3.**
- moyenne des cotations comprise entre **1,5 et 2,2 : tronçon de ligne à traiter en seconde priorité, coté 2.**
- moyenne des cotations comprise entre **1 et 1,5**, **tronçon de ligne non prioritaire, coté 1.**

c) Exemple fictif de cotation du risque de collision

Le classement par tronçon homogène doit faire apparaître **une cotation entre 1 et 3**, du moins dangereux au plus dangereux et donc au plus urgent dans la programmation des travaux.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de cotation pour un projet de ligne fictif sur un secteur donné :

Cotation	Tronçon de ligne XY
Inventaire ornithologique	**3 – Grande richesse spécifique**
Etude des déplacements / axe de la ligne	2 - Danger moyen
Intégration de la ligne / topographie	2 - Danger moyen
Intégration de la ligne / végétation	**3 - Danger fort**
Intégration de la ligne /bâti	1 - Danger faible
Déplacements locaux et en migration	2 - Déplacements peu fréquents et peu importants
Cotation moyenne	**Moyenne des cotations = 13/6 = 2,17** **Risque 2 : à traiter en seconde priorité**

Tableau 18 : Exemple fictif de cotation d'un projet de ligne électrique vis-à-vis du risque de collision sur un secteur donné

E.V.3 - L'étude du risque d'électrocution des lignes nouvelles

Pour les lignes électriques nouvelles HTA, le risque d'électrocution est quasi nul compte tenu des nouveaux systèmes intrinsèquement sûrs (dénommés TPC chez EDF). Ce type d'équipement n'exige pas d'étude pour réduire la mortalité aérienne.

En ce qui concerne les lignes très haute tension, le risque d'électrocution est également faible.

E.VI - Les mesures de suppression d'impacts

E.VI.1 - Pendant le chantier de construction

En fonction de l'étude des impacts potentiels d'un projet de construction de nouvelles lignes électriques, il convient d'adopter des mesures de suppression d'impacts en préalable au commencement du chantier. Voici quelques exemples de ce type de mesures :

- Prise en compte de la période de reproduction de la faune terrestre

Les travaux doivent être menés entre septembre et février et être validés en amont par une visite naturaliste de terrain, pouvant identifier d'éventuelles nichées à préserver.

- Identification des lieux sensibles pour la faune et la flore

Les secteurs occupés par la faune terrestre et la flore remarquable doivent être protégés des travaux, dans le cadre de la réalisation des chemins d'accès, le stockage de matériel ou la mise en place des pylônes eux-mêmes. Le maître d'ouvrage doit demander une cartographie, un piquetage ou un balisage de positionnement et/ou de protection des stations animales ou végétales à protéger, voire pose de palissades ou de clôtures.

- Limitation de l'emprise au sol du chantier

Les élargissements des emprises ne doivent pas être calculés pour un croisement continu des engins de chantier. Ce croisement doit s'effectuer sur des aires dédiées, préalablement définies pour éviter tout élargissement supplémentaire.

- Intégration des contraintes environnementales dans le cahier des charges des travaux

L'entreprise qui prendra en charge la réalisation des travaux d'ouverture des milieux, de sécurisation des pistes, de stockage du matériel doit se conformer à un cahier des charges exhaustif. De manière générale, ces contraintes devront apparaître clairement dans les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).

- Contrôle externe du respect des recommandations

Une personne extérieure au maître d'ouvrage, au mieux un ingénieur-écologue, doit suivre le déroulement du chantier afin d'intervenir au besoin si les recommandations environnementales ne sont pas respectées par l'entreprise (date d'intervention, dégradation d'un habitat à protéger).

- Suivi naturaliste de l'impact post-travaux

Un programme pluriannuel d'études de terrain doit être engagé dès l'engagement des travaux pour identifier au besoin les causes de régression d'une espèce ou de disparition d'un habitat, pour y remédier.

E.VI.2 - Lors de la dépose ou l'entretien des lignes

Identiquement aux travaux de construction de la ligne, les travaux de dépose ou d'entretien nécessitent des mesures de suppression des impacts environnementaux. Un plan de mesures identique à celui des travaux de construction d'une ligne nouvelle est donc à envisager.

E.VII - Les mesures de réduction d'impacts

E.VII.1 - Choix des mesures

Les secteurs à privilégier sont ceux qui révèlent les enjeux avifaunistiques les plus forts, par rapport aux **voies de déplacements quotidiennes** des espèces présentes sur le secteur du projet et aux **voies de migration** empruntées chaque année par des milliers d'individus. Une **étude fine de ces voies** doit donc être menée afin de placer au mieux les balises (cf. chapitre E.IV.4).

L'évaluation du risque porté aux oiseaux induira le choix des équipements selon les espèces touchées, les secteurs concernés ou encore la topographie du site. Un guide technique est utilisé à cet effet pour les lignes électriques de moyenne tension par les agents EDF.

a) Suivi du chantier par un ingénieur – écologue

Le suivi du chantier doit être assuré par un ingénieur-écologue indépendant, pour **valider au fur et à mesure l'exécution des mesures de suppression des impacts** et valider leur efficacité vis-à-vis de l'évolution naturelle du milieu.

b) Cicatrisation de la zone de travaux

Le souci de cicatrisation **après les chantiers de construction et de dépose de lignes** provient du risque élevé de développement d'activités de loisirs à partir des points d'entrées et donc d'une création possible d'une source supplémentaire de perturbation. L'objectif est donc **d'inhiber le développement potentiel de la fréquentation des milieux naturels**, d'autant plus que ces activités de plein air s'exercent préférentiellement durant le printemps et l'été, c'est-à-dire au cours de la période très sensible de nidification des oiseaux.

E.VII.2 - Equipements pour réduire le risque de collision

a) Balises avifaune

Selon une étude du Centre Ornithologique Rhône-Alpes menée en 1996 par Vincent GAGET sur les populations aviennes du parc de Miribel Jonage, les balises réparties tous les 28 mètres baissent la mortalité des oiseaux de 89 à 95% alors que les balises réparties tous les 35 mètres en même condition topographique baissent la mortalité de 0 à 100%.

Photo : Spirales ou balises avifaune @ Kévin AUDIBERT / LPO PACA

Pour les couleurs, quelques études montrent que le rouge semble être mieux repéré par temps de brouillard, le blanc pendant la nuit mais cela reste à confirmer. De plus, les spirales peuvent assurer un léger avertissement sonore par le bruissement que produisent leurs vibrations. Elles peuvent notamment prévenir les oiseaux à activité au sol nocturne (comme les passereaux migrateurs nocturnes). La pose de spirales est préconisée avec un **espacement maximal de 30 mètres** sur un même câble pour optimiser le taux de baisse de mortalité des espèces.

Sur les chiffres émis par l'AMBE (Agence Multidisciplinaire des Biologistes de l'Environnement), le prix d'une spirale et de sa pose sur les deux câbles externes d'une ligne 400 kV tous les 30 mètres, posés en quinconce, hors intervention d'hélicoptère, est estimé à 80 euros.

D'autres chiffres émanant du CORA estiment que le prix de la pose de spirales (personnel, hélicoptère et spirales) est de 12000 euros pour 1400 m et 27760 euros pour 5200 m (avec le même espacement de 30 mètres, soit 15 mètres en quinconce)
Il faut donc compter un coût global de 150 euros par spirale posée.

Cependant, d'autres types de balises peuvent être envisagés : des expérimentations et études sont actuellement menées en ce sens en Europe.

En Espagne notamment, la société SAPREM s'est associée à la société IBERDROLA afin de mettre au point une balise qui minimise l'impact visuel en prenant de loin, posé sur la ligne, l'allure d'un oiseau pour l'homme. Elle se décline en différentes couleurs selon le terrain où elle est placée et a des propriétés photoluminescentes, fluorescentes et réfléchissantes pour les temps de brouillard ou crépusculaire. Elle supporte en outre des températures extrêmes (120° à –50° C) et peut être agencée à l'aide d'une machine qui se déplace le long des lignes électriques.

Schéma : balises avifaune développées par la SAPREM en Espagne

La société Hammarprodukter a également développé des avertisseurs visuels pour les lignes électriques : EDF expérimente actuellement plusieurs dispositif, dont en voici un présenté ci-dessous.

Il serait utile de prendre connaissance de l'ensemble des références bibliographiques internationales et des retours d'expériences en la matière.

Nous pouvons noter que l'aménagement des lignes électriques avec des balises peut également améliorer le visuel pour les parachutistes et les transports aériens (notamment les hélicoptères).

Photo : accroche d'un dispositif développé par la société Hammarprodukter @ Hammarprodukter

b) Silhouette

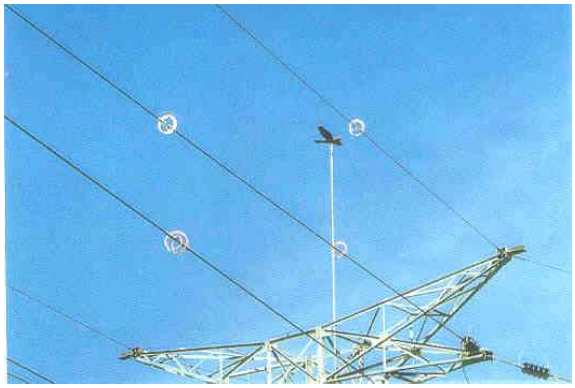
On peut équiper les câbles d'un système d'effarouchement visuel. Il s'agit de mettre à profit une réaction de défense répandue chez les oiseaux. Lorsqu'ils sont attaqués par un rapace en vol, ils cherchent à se mettre hors de portée soit en montant plus haut que le prédateur, soit en se laissant tomber au ras du sol. Des effigies en résine de deux rapaces spécialisés dans la capture d'oiseaux en vol ont été réalisées : l'autour des palombes et le faucon pèlerin.

Photo : silhouette de Faucon pèlerin @ EDF-CERT

Ces leurres mobiles, installés au sommet d'une perche de 1 à 2 m fixée à la tête du pylône, visent à effaroucher surtout les jeunes oiseaux et les individus de passage.

Utilisée en France depuis 1983, cette technique aurait fait l'objet d'études minutieuses mais non disponibles. Elle serait surtout efficace pour les passereaux et les oiseaux migrateurs diurnes.

Photo : ligne équipée de spirales et d'une silhouette @ RTE



c) Dispositifs pour les câbles de téléskis

Des cas de percussion de rapaces (épervier, autour des palombes, hibou moyen-duc), bécasse, perdrix grise, perdrix bartavelle, de tétraonidés (grand tétras, tétras-lyre, lagopède alpin) et à moindre échelle de petits turdidés : merle à plastron, grive litorne, grive musicienne) ont été constatés dans les Alpes contre les câbles de téléskis. La plupart des cas de percussion se produisent à la lisère des forêts, lorsqu'il y a rupture de pente ou dans des couloirs de vols habituels des oiseaux. Dans le cas des tétras, les câbles situés à proximité des zones d'hivernage ou des sites de parade sont particulièrement meurtriers.
Selon l'ONCFS[3], des expérimentations concluantes ont porté sur l'utilisation de flotteurs en mousse de polyuréthane à Crest-Voland, en Haute-Savoie.

d) Evaluation des équipements pour réduire le risque de percussion

Identiquement au paragraphe II.2.e, le suivi de l'impact de la ligne peut être mené par une étude ornithologique selon le **principe du râteau**. Cette méthode peut être élargie et appliquée pour toutes les lignes THT selon ce même protocole, afin que les résultats soient comparables d'un site à un autre et d'un dispositif à un autre. **Il est essentiel de considérer le biais induit par la prédation des espèces une fois tombées à terre et l'effort de prospection.** En effet, l'annonce de chiffres sur une baisse du taux de mortalité suite à la pose de balises ne peut s'affranchir d'une description détaillée du protocole.

Suite à la pose d'équipements un contrôle sous les lignes doit assurer l'évaluation de la réduction effective ou non de l'impact. Cela représente un travail de prospection conséquent que des naturalistes confirmés doivent entreprendre sous couvert d'un protocole strict, qui reste encore à valider au niveau national.

3 MAGNANI Yann, Collision oiseaux-câbles : un nouveau dispositif pour équiper les câbles de téléskis, Office national de la chasse, Fiche n°83, supplément bulletin mensuel n°196, janvier 1995.

E.VII.3 - Equipements pour réduire le risque d'électrocution

a) Gaine Isolante ou profilé

Ces systèmes permettent de neutraliser les armements des pylônes dangereux. Ils peuvent être placés à coût réduit, surtout s'ils sont placés lors d'une opération de maintenance.

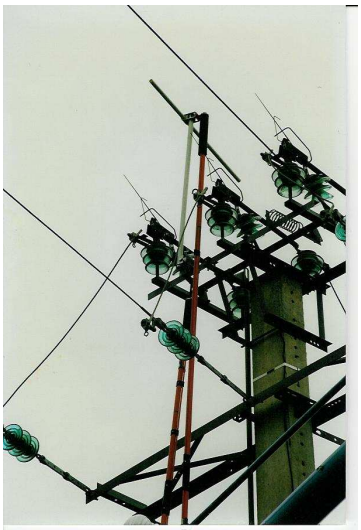
Photo : installation de profilés @ Benjamin KABOUCHE

b) Perche

Ce dispositif permet d'éloigner les oiseaux à une certaine distance des armements. Cependant, il n'a pas démontré d'efficacité, surtout vis-à-vis d'oiseaux de taille moyenne qui continuent de s'électrocuter.

Le seul cas où ce système peut être efficace [4] est celui des cigognes, autour des enclos et des nids. Par conséquent, on peut considérer qu'il faut utiliser les perches pour cet usage uniquement.

c) Perchoir



Les perchoirs sont positionnés à environ 50 m au-dessus des conducteurs et doivent fournir aux oiseaux des points d'observation plus élevés et une plus grande facilité d'accès.

Cependant, ce système n'a pas fait ses preuves s'il est placé seul, sans gaine isolante. Certains oiseaux se posent tout de même sur l'armement et s'électrocutent.

Photo : perchoir installé @ Benjamin KABOUCHE

d) Silhouette

Le rôle de la silhouette est identique à celle utilisée contre le risque de percussion sur les lignes haute et très haute tension.

---

[4] LPO ALSACE, Etude diagnostique : lignes électriques et protection de l'avifaune, LPO ALSACE / Conseil régional Alsace, 1993, 44 p. + annexes.

e) Evaluation des équipements pour réduire le risque d'électrocution

Aucun suivi réel des équipements en matière de risque d'électrocution n'a été mené. Il est bien entendu possible de mener le même type de prospection que celui appliqué pour les lignes THT, mais sous les armements.

En tout état de cause, un cahier des charges, validé et reproductible au niveau national, serait nécessaire pour l'application d'un même protocole de prospection sous les lignes électriques.

E.VIII - Les mesures compensatoires

Synthèse d'après la Note ministérielle sur la biodiversité n° B2-05-090.

E.VIII.1 - Définition

Le cadre juridique français suit clairement le **principe d'absence de perte globale de diversité biologique**. Il définit le champ d'application supposant que la compensation intervient après une séquence d'activités d'atténuation (d'abord éviter le dommage et ensuite réduire l'impact). Les mesures de compensation n'interviennent alors que pour un dommage dit « résiduel » ou un dommage accepté pour des raisons d'intérêt général.

Les mesures compensatoires offrent des contreparties à des effets dommageables non réductibles d'un projet. Ces mesures ne doivent pas être confondues avec celles définies dans le cadre d'études d'incidence sur les sites Natura 2000 sur lesquelles nous revenons plus loin. Ces mesures se caractérisent par une distance entre l'impact prévu et la mesure mise en œuvre :

- Distance dans l'espace (on détruit ici, on reconstitue là) ;
- Distance dans le temps (on détruit maintenant, on reconstituera plus tard) ;
- Distance entre la nature du mal et celle du remède (on dégrade ici une composante de l'environnement, on en améliore une autre)

Les mesures de compensation peuvent répondre à plusieurs approches :

- **Une approche locale** qui cherche à mettre en place des mesures qui s'appliquent directement sur les zones perturbées par l'aménagement ou à proximité immédiate (compenser au plus près les dommages subis) ;
- **Une approche d'espèce** qui propose des activités liées à la préservation des espèces, à priori celles qui ont été endommagées par le projet, même si elles ont lieu dans une zone éloignée du site ;
- **Une approche habitat naturel** qui est complémentaire à la précédente ;
- **Une approche dissociée** qui propose des mesures en faveur de l'environnement naturel, mais dont les liens avec les impacts générés par le projet sont peu évidents. Cette dernière n'intervient que lorsque aucune autre solution n'est envisageable.

Les mesures compensatoires visent une amélioration globale de la valeur écologique d'un site et de ses environs. Elles peuvent concerner des zones remarquables, dégradées ou menacées, susceptibles d'être protégées ou restaurées, qu'elles soient connectées ou non au projet. La nature de la compensation peut avoir un caractère technique ou un caractère d'accompagnement. Les mesures techniques concernent la gestion, la réhabilitation ou la création de milieux naturels. Leur mise en place se fait sur le long terme et nécessite une expertise scientifique et des autorisations administratives pour leur réalisation. Les mesures d'accompagnement sont soit des études qui appuient des plans de gestion (inventaires, par exemple) soit des démarches réglementaires conduisant à des servitudes potentielles sur le site dont l'aménageur a la maîtrise foncière.

E.VIII.2 - Natura 2000 et mesures compensatoires

Le terme de mesure compensatoire est utilisé à la fois dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement et dans celui de l'étude d'évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Dans les deux cas, la notion même de mesure compensatoire est fondamentalement la même puisqu'il s'agit d'offrir des contreparties à des dommages non réductibles d'un projet. À ce titre, des mesures compensatoires ne doivent être envisagées que si le projet a déjà bénéficié des mesures d'atténuation. La mise en œuvre de mesures compensatoires ne doit donc jamais remplacer la recherche du projet de moindre impact.

Toutefois, le **champ** et les **modalités d'application** des mesures compensatoires diffèrent fortement dans l'évaluation des incidences par rapport à l'étude d'impact :

- dans le cadre d'une **étude d'impact**, à partir du moment où un impact résiduel existe, quelle que soit la quantification de cet impact et quel que soit le type de projet, des mesures de type compensatoire sont proposées. Ces mesures sont assez variées et peuvent être déployées de façon relativement libre.

- dans le cadre d'une étude **d'évaluation des incidences**, on ne parle de mesures compensatoires que lorsqu'il existe des incidences non réductibles qualifiées "**effets notables dommageables**" sur l'état de conservation des habitats et des espèces du site Natura 2000.

  Si des incidences résiduelles existent et qu'elles ne sont pas jugés "notables", aucune mesure compensatoire ne doit être proposée au titre de l'article L. 414-4 du Code de l'environnement.

  Dans le cas contraire où subsistent des incidences résiduelles notables, la réalisation du projet et la mise en oeuvre de mesures compensatoires ne peuvent être envisagées qu'après avoir réuni les 2 conditions suivantes :

- absence de solutions alternatives,

- existence de raisons impératives d'intérêt public.

  Cette situation implique, selon les cas, une information ou un avis préalable de la Commission européenne.

L'utilisation du terme "mesures compensatoires" a ainsi une signification très spécifique et ne concerne que des cas tout à fait exceptionnels.

En effet, tout doit être mis en oeuvre pour élaborer un projet qui n'entraînera pas d'effets notables dommageables sur l'état de conservation des habitats et espèces ayant justifié la désignation du site et qui, en conséquence, ne portera pas atteinte à l'état de conservation du site.

Par ailleurs, ces mesures compensatoires sont beaucoup plus cadrées que dans le cas des études d'impact. Elles doivent ainsi :

- couvrir la même région biogéographique et privilégier une **compensation in-situ**

- viser, dans des **proportions comparables**, les habitats et espèces devant subir des effets dommageables,

- assurer des **fonctions comparables** telles qu'elles apparaissent dans les données écologiques (FSD, DOCOB…) qui ont répondu aux critères de sélection du site,

- définir clairement les objectifs et les modalités de gestion de manière à ce que ces mesures compensatoires puissent contribuer effectivement à la **cohérence du réseau Natura 2000**.

On constate donc bien de sensibles différences entre les deux types de mesures compensatoires : très généralisées dans un cas, exceptionnelles et très cadrées dans l'autre.

E.VIII.3 - Quelques exemples de mesures compensatoires

Dans le cadre de **l'Accord Réseaux Electriques et Environnement** engagé entre l'Etat, EDF et RTE, un Programme d'Accompagnement de Projet (PAP) prévoit 10% de l'investissement des nouvelles lignes 400 kV dont :

- au moins la moitié du fonds restera utilisée pour des actions concernant les communes traversées par l'ouvrage.
- le reste pourra être utilisé sur d'autres communes sous réserve d'un abondement des collectivités de 50%.

Les opérations qui peuvent être financées dans le cadre de ce programme relèvent :

- de mesures esthétiques améliorant l'intégration visuelle du nouvel ouvrage,
- de mesures de compensation touchant d'autres ouvrages et visant à l'amélioration de leur insertion dans le paysage ou à un plus grand respect des milieux naturels
- de mesures s'inscrivant dans le développement durable soit par le développement économique local, soit par la maîtrise de la demande d'énergie.

Il serait envisageable de donner la priorité d'enfouissement aux aires vitales des espèces les plus touchées et les plus sensibles, déterminées par les résultats de l'analyse de l'impact environnemental.

F - Suivi post-projet d'une ligne électrique nouvelle (ou évaluation des impacts d'une ligne électrique existante)

F.I - Les différents impacts

Pour un projet de construction d'une nouvelle ligne, trois phases doivent être retenues quel qu'en soit le protocole de suivi :

- L'analyse de l'état initial
- Le suivi post-implantation
- La comparaison des données

Le suivi post-implantation permet de comparer l'état environnemental après implantation des lignes électriques : c'est l'occasion d'évaluer les impacts indirects, tel que le changement de comportement d'une espèce et surtout les impacts permanents, la collision et l'électrocution.

Pour évaluer le taux de mortalité par collision et/ou électrocution, deux méthodes sont possibles :

- <u>l'étude conventionnée</u>

Elle permet d'évaluer la dangerosité des armements ou de certains tronçons de la ligne par une étude menée selon un protocole précis décrit dans les chapitres F III et F IV. Cette étude peut faire l'objet d'une convention ou d'un appel d'offres et répond à l'engagement d'EDF et de RTE en faveur de la préservation de l'avifaune. L'étude conventionnée a l'avantage de pouvoir compléter et/ou adapter la programmation des travaux de rénovation et d'entretien fixée par les responsables d'unités. Cela permet une réduction des coûts d'investissement et d'offrir une lisibilité claire sur la politique de développement durable engagée par les structures.

- <u>la neutralisation au cas par cas</u>

Elle est une réponse directe soit au signalement d'un ou de plusieurs cas de mortalité, soit à l'enquête qui suit le court-circuitage fréquent sur un secteur donné. La neutralisation quasi-systématique des points noirs fait l'objet de quelques conventions en France entre associations de protection de la nature et unités EDF. Elles conduisent au traitement d'un armement à risque ou au balisage d'un tronçon précis.

D'autres impacts permanents liés à l'avifaune peuvent conduire les unités de EDF et de RTE à adapter leur intervention sur les armements ou les lignes :

- <u>l'occupation d'un poteau par un oiseau</u>

Une espèce peut s'installer sur un poteau électrique en guise de nid ou de dortoir (cas souvent constaté pour les cigognes). Selon le cadre réglementaire français, la quasi-totalité des oiseaux doit être préservée de toute destruction de son habitat, de son nid et de ses œufs lors de travaux, au titre du Code de l'Environnement. Cependant, pour raison de sécurité propre à l'animal et intrinsèque à la distribution en électricité, les unités de EDF ou de RTE doivent déplacer le nid sur un autre site et/ou aménager une plate-forme à proximité ainsi qu'un dispositif de dissuasion pour éviter que les oiseaux ne se posent encore sur le poteau. Dans tous ces cas, les agents peuvent contacter une association de protection de la nature qui aidera au choix de l'intervention.

- <u>la programmation des travaux d'entretien de la végétation sous les lignes</u>

Les travaux d'entretien de la végétation sous les lignes font partie intégrante de la politique de sécurité assurée par EDF et RTE. Cependant, menés durant la période de reproduction (mars à août), ces travaux peuvent détruire des nichées. C'est pourquoi certaines unités ont passé des contrats spécifiques avec les entreprises sous-traitantes afin de limiter les travaux aux périodes automnale et hivernale. Des conventions ont également été signées entre des unités EDF et des associations naturalistes (exemple de la LPO Audomarois) pour garantir l'exercice de cet engagement en faveur de la nature.

F.II - La définition des indicateurs de suivi

Le but d'un suivi étant de rendre compte des impacts éventuels que peut avoir un parc éoliens sur l'avifaune, il est indispensable d'établir une **comparaison entre l'analyse de l'état initial, c'est-à-dire l'analyse de l'avifaune avant l'installation de lignes électriques (effectifs, statuts, comportements), et l'analyse des individus ou populations d'oiseaux après cette installation.**

Un suivi post-projet est primordial :

- d'une part, il est le seul qui attribue un référentiel naturaliste pouvant accréditer les mesures de suppression, de réduction d'impact et les mesures compensatoires,
- d'autre part, il permet d'envisager la révision de certaines mesures compensatoires qui ne montreraient pas d'efficacité notable,
- enfin, il oriente la recherche scientifique vers une technologie permettant une meilleure protection de l'environnement dans le cadre de projets d'envergure.

Les suivis qui permettent d'effectuer une telle comparaison sont dits de type BA (Before/After). **Les suivis de type BACI (Before/After – Control/Impact) permettent quant à eux d'effectuer une double comparaison**. Outre le fait de comparer l'avifaune dans le temps (avant et après l'installation), ce type de suivi permet d'effectuer une comparaison dans l'espace en comparant la dynamique et les comportements des oiseaux utilisant le site où a été effectué l'aménagement, avec un site témoin n'ayant subi aucun aménagement. Il sous-entend donc la nécessité d'effectuer **un suivi parallèle sur une zone de référence, si possible à proximité du site d'implantation afin que les deux sites présentent des enjeux similaires** (en termes d'espèces, de milieux, et de configuration géographique principalement).

Cette méthode est limitée lorsque l'habitat touché par le projet est un site de nidification ou d'alimentation pour une espèce patrimoniale : le site témoin sera en effet plus difficile à identifier. Dans tous les cas, il faut avoir le maximum d'indicateurs portant sur les espèces et leur distribution avant projet, afin de les comparer lors du suivi post-projet. Le tableau ci-après résume les études à mener après l'installation d'éoliennes pour appréhender le risque de collision : le même calendrier peut être appliqué aux lignes électriques.

Suivi post-implantation – Durée : 3 ans				
But de l'opération	**Méthode**	**Période**	**Temps nécessaire par année**	**Horaires**
Toutes les opérations effectuées lors de l'analyse de l'état pré-implantation devront être répétées au cours de chacune des années du suivi post-implantation - temps nécessaire : 20 à 30 jours.				
Recherche de cadavres - période de migration prénuptiale	Prospections sous éoliennes	de février à avril	2 à 8 ½ jours	Peuvent être effectuées en partie pendant les heures creuses des recensements
Recherche de cadavres - période de migration postnuptiale	Prospections sous éoliennes	de août à novembre	2 à 8 ½ jours	
Recherche de cadavres - période de nidification	Prospections sous éoliennes	de mi-mars à fin mai	2 à 6 ½ jours	
Recherche de cadavres - période d'hivernage	Prospections sous éoliennes	de décembre à février	2 à 6 ½ jours	
Etude des comportements	Observation	toutes saisons	lors des comptages	
Investissement de terrain moyen par année			**20 à 35 jours**	
Analyse et traitement des données par année			**20 jours**	
Investissement moyen pour les 3 années de suivi			**120 à 170 jours**	

Tableau 19 : Bilan des investissements post-implantation préconisé dans le cadre d'implantation d'éoliennes, IN. Celse Joseph, Projets éoliens et avifaune en région Provence – Alpes – Côte d'Azur - Mise en place d'un protocole de suivi ornithologique– ECOMED, Mai 2005

F.III - L'évaluation du risque de collision d'une ligne électrique existante

La méthodologie proposée au chapitre E.V.2 pour les lignes nouvelles convient aussi aux lignes existantes. Toutefois, les données issues des cas de mortalité recensés ou à une prospection organisée sous les lignes peuvent être un critère de cotation supplémentaire. La méthodologie pour les lignes existantes s'appuie sur les critères suivants :

- Les données de cas de mortalité existantes
- La richesse ornithologique (d'après l'étude ornithologique, cf. chapitre E.IV)
- Le comportement des espèces (d'après l'étude des déplacements, cf. chapitre E.IV.4)
- La topographie
- La végétation
- L'activité humaine
- Le milieu naturel

Le tableau suivant met en avant les différents niveaux de cotations pour chacun des critères :

Cotation	1	2	**3**
Prospection sous les lignes ou recensement des données *(facultatif)*	Nombre faible de cas	Nombre moyen de cas	**Nombre élevé de cas**
Inventaire ornithologique	Richesse spécifique faible	Richesse spécifique moyenne	**Grande richesse spécifique**
Comportement des espèces	Peu de déplacements	Déplacements peu fréquents et peu importants	**Déplacements fréquents et importants**
Etude des déplacements des oiseaux / axe de la ligne	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne / topographie	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne / végétation	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**
Intégration de la ligne /bâti	Danger faible	Danger moyen	**Danger fort**

Tableau 20 : Cotation d'un tronçon de ligne vis-à-vis du risque de collision

Les critères de cotation peuvent être adaptés au contexte. Effectivement, s'il n'y a pas eu de données de cas constatés de mortalité ou de prospection sous les lignes effectuée, la ligne correspondante sera supprimée et les critères de cotation seront alors identiques à ceux utilisés pour des lignes électriques en projet.

F.III.1 - Analyse des résultats

Pour les lignes existantes, comme pour les liges en projet, l'analyse de l'ensemble des critères fait apparaître une cotation à trois niveaux :

- **tronçon de ligne à traiter en priorité, coté 3.**
- **tronçon de ligne à traiter en seconde priorité, coté 2.**
- **tronçon de ligne non prioritaire, coté 1.**

F.III.2 - Exemple de campagne de prospection sous les lignes électriques

Le CORA a mené en 2003 une étude du risque de collision de l'avifaune vis-à-vis d'une ligne THT traversant les zones humides dans le secteur des Dombes, afin d'identifier les points noirs à traiter. La méthodologie employée permet de quantifier le travail lourd de prospection qu'une telle étude requiert.

La prospection s'est déroulée sur 5 jours toutes les 5 semaines, sur toute la journée. Le **principe du râteau** consiste en une prospection sous les lignes sur une largeur entre 40 et 70 mètres de large, soit 5 mètres de plus de part et d'autre de la ligne.

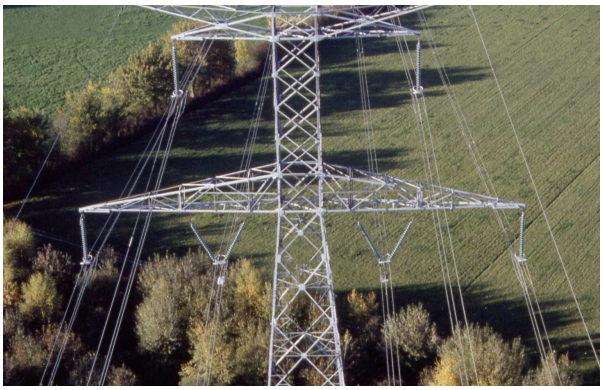


Photo : Faisceaux d'une ligne THT par vue aérienne @ CORA, 2004

La période de prospection est renouvelée pendant quatre périodes :
- période postnuptiale, après la période de reproduction, pour le **départ en migration** de fin août à mi-novembre.
- période hivernale, très importante pour les zones humides car les Anatidés effectuent des **micro-déplacements entre les zones de gagnage** (où les espèces s'alimentent) **et les étangs de remises** (où elles se reposent ou se réfugient).
- période printanière qui annonce le **retour de migration** et les grands déplacements des oiseaux cherchant des lieux propices à leur reproduction de février à début mai.
- période de reproduction et d'élevage des jeunes de mai à fin août.

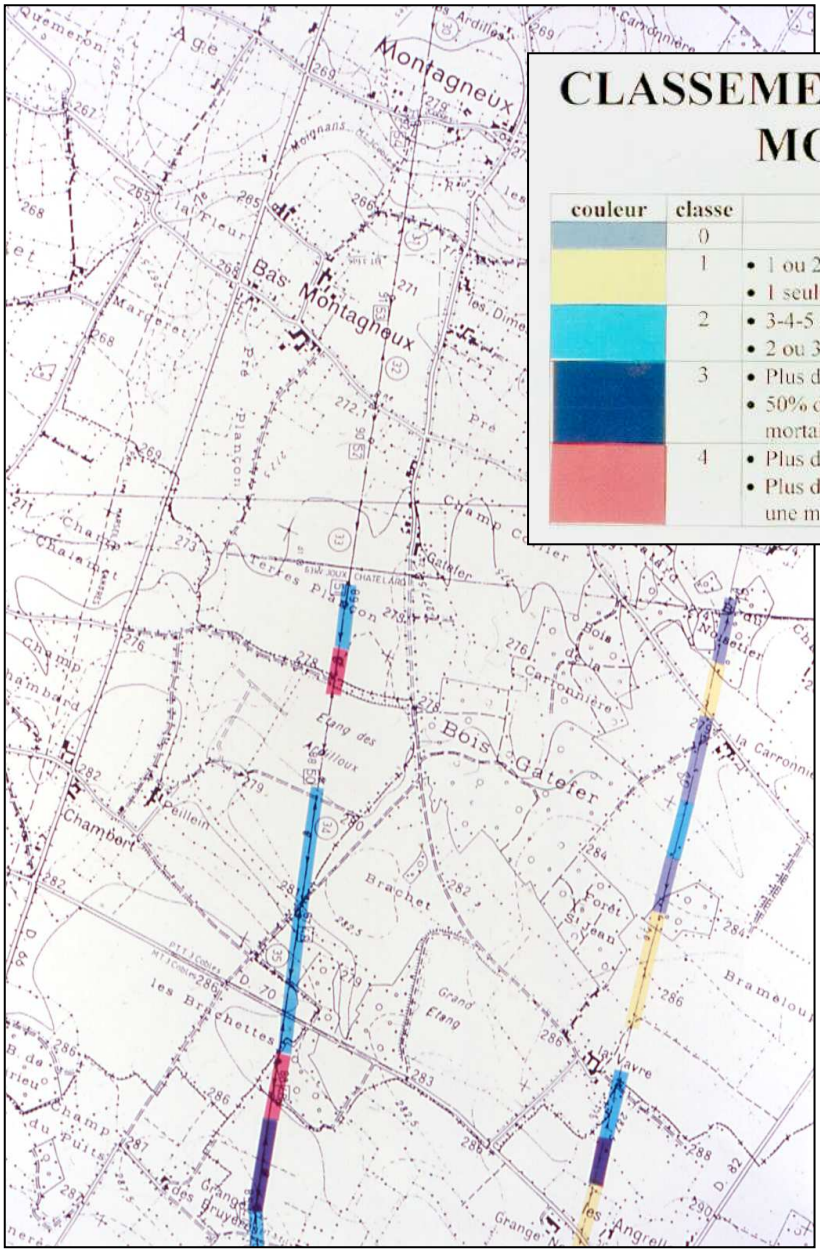
Photo : Repère autour d'un indice lors de la prospection en râteau @ Vincent GAGET, CORA

Une plume découverte est considérée comme indice : la prospection se fait alors 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.

La cartographie a permis d'identifier les secteurs sensibles à la collision des oiseaux contre les lignes électriques, en considérant que le risque est au plus fort au-delà de 15 cadavres retrouvés au cours de l'étude.



CLASSEMENT DES ZONES DE MORTALITE

couleur	classe	définition	impact
	0	Aucun oiseau	Nul
	1	• 1 ou 2 oiseaux • 1 seule date de mortalité	Faible
	2	• 3-4-5 oiseaux • 2 ou 3 dates de mortalité	Moyen
	3	• Plus de 5 oiseaux • 50% des passages enregistrent une mortalité	fort
	4	• Plus de 15 oiseaux • Plus de 75 % des passages enregistrent une mortalité	Très fort

Carte 17 : cartographie des points sensibles avifaune dans les Dombes @ CORA

Cette méthodologie de prospection de terrain peut notamment s'appliquer aux lignes ayant été équipées, afin **d'évaluer l'efficacité des balises**. Les résultats des prospections, menées avant et après installation selon le même protocole, peuvent fournir des renseignements utiles sur le taux de baisse de mortalité, apportée grâce aux balises, et aider dans l'amélioration des matériels.

F.III.3 - Exemple fictif de cotation du risque de collision

Le classement par tronçon homogène doit faire apparaître **une cotation entre 1 et 3**, du moins dangereux au plus dangereux et donc au plus urgent dans la programmation des travaux.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de cotation pour un tronçon de ligne fictif :

Cotation	Tronçon de ligne XY
Prospection sous les lignes	2 - Nombre moyen de cas
Inventaire ornithologique	**3 – Grande richesse spécifique**
Etude des déplacements/axe de la ligne	2 - Danger moyen
Intégration de la ligne / topographie	2 - Danger moyen
Intégration de la ligne / végétation	**3 - Danger fort**
Intégration de la ligne /bâti	1 - Danger faible
Déplacements locaux et en migration	2 - Déplacements peu fréquents et peu importants
Cotation moyenne	**Moyenne des cotations = 15/7 = 2,14** **Risque 2 : à traiter en seconde priorité**

Tableau 21 : Exemple fictif de cotation d'un tronçon de ligne vis-à-vis du risque de collision

F.IV - L'évaluation du risque d'électrocution d'une ligne électrique existante

Les cas de signalement d'armements dangereux a permis d'enfouir ou d'équiper de divers équipements les poteaux BT ou MT en France. Bien souvent, les interventions d'EDF font suite au signalement de plusieurs cas d'électrocution. Cependant, pour identifier les points noirs sur des secteurs où les enjeux avifaunistiques sont importants ou sur des secteurs dont les poteaux ne sont pas récents, une étude plus fine est envisagée.

F.IV.1 - Retour d'expériences

Une étude sur le terrain dans les Alpes-Maritimes a été menée par le CEEP et la LPO PACA en 2002 afin d'identifier les armements et tronçons dangereux (cf. chapitre D.I.1). Cette initiative ne s'appuyait cependant pas sur une méthodologie d'étude validée au niveau national.

F.IV.2 - Méthodologie

Tout comme l'étude du risque de collision, depuis 2005, un travail mené par la LPO PACA avec EDF tente de proposer une méthodologie fiable et reproductible pour évaluer le risque d'électrocution sur les armements du réseau moyenne tension.

Cette méthodologie, au moment où le présent document est édité, est proposée par la LPO PACA mais n'est pas validée officiellement par EDF. En complément de l'étude ornithologique et de la recherche bibliographique des cas d'électrocution d'oiseaux constatés, elle permet d'avoir une trame de travail assez complète pour les acteurs qui souhaitent appréhender la nature et la cotation du risque. Dans le cadre d'une étude officielle, il convient donc de se rapprocher de l'unité EDF la plus proche afin de connaître les protocoles d'étude officiels.

Le classement par poteau doit faire apparaître une cotation entre 1 et 3, du moins urgent au plus urgent à traiter.

f) Analyse des résultats

Les poteaux :

- **cotés 3** (couleur rouge) **sont à traiter en priorité.**
- **cotés 2** (couleur orange) **sont à traiter en seconde priorité.**
- **cotés 1** (couleur bleue) **ne sont pas prioritaires.**

Une fois neutralisé le poteau est à indiquer en vert.

Cette cotation est une moyenne approximative des cotations se rapportant aux facteurs de risque de collision suivants :

- la dangerosité intrinsèque de l'armement,
- la richesse spécifique du secteur environnant,
- l'attractivité du support pour l'avifaune,

Cotation	Poteau X
Dangerosité de l'armement	Cotation entre 1 et 3
Richesse spécifique du secteur	Cotation entre 1 et 3
Attractivité du support	Cotation entre 1 et 3
Total des cotations	**Total compris entre 3 et 9**
Cotation moyenne	▪ **total entre 8 et 9 : poteau côté 3** ▪ total entre 5 et 7 : poteau côté 2 ▪ total entre 3 et 4 : poteau côté 1

Tableau 22 : Méthode d'évaluation du risque de mortalité par électrocution causé par les poteaux

g) Explications des critères

- Le danger potentiel de l'armement

Pour chaque armement du réseau aérien HTA, l'analyse du risque d'électrocution a été hiérarchisée selon ce tableau :

Armement des ouvrages	Observations	Cotation
Tout armement ayant causé l'électrocution d'un oiseau	Tout poteau repéré grâce à la fiche de saisie ou à une campagne de prospection	**3 – danger très important**
Interrupteur aérien		
Transfo-parafoudre (H61)	Surtout avec parafoudres posés en partie haute et éclateurs	
Ponts nus au-dessus ferrure (ex. Interrupteur Aérien à Commande Manuelle IACM, et parafoudres en partie haute)		
Nappe Horizontale (ou Voûte) Rigide (NHR – NH – NVR) (1)		
Dérivation complexe	Nécessitant une protection supplémentaire par rapport aux ponts gainés	
Ensemble de Remontée Aéro-Souterrain (E.R.A.S.)		2 – danger important
Consoles type 3 CI (1)	Dangereux au niveau de la phase sommitale	
Bras type 3 BI (1)		
Bras type 1 BT + 2 BP (1)		
Bras type 3 BP (1)		
Cabine haute	Ponts nus	
Dérivation	Ponts nus	
Voûte rigide (VR) (1)	Sauf VR gainé (alors risque 0)	1 – danger peu important
Consoles type 1 CT + 2 CI		
Bras type 1 BT + 2 BI (1)		
Nappe-Voûte (NV) suspendu (1) (2)	Parfois très dangereux en phase centrale	
Portique suspendu		
Unifilaire (3)	Sauf cas rares pontés par-dessus (alors risque noté 3)	

Tableau 23 : Cotation du danger intrinsèque des armements relatif au risque d'électrocution

Légende :
(1) : pour un poteau bois non mis à la terre, minorer d'un point (-1)
(2) : dans le cas de chaînes de 3 isolateurs, ou avec contrepoids, majorer de 2 points (+2)
(3) : lorsque le pont est près de la tête du support, majorer de 2 points (+2)

NB : Pour la description précise de la configuration des différents armements, contacter l'unité EDF la plus proche.

- La richesse spécifique du secteur environnant

<table>
<tr><th colspan="2">Type de secteur environnant</th><th>Cotation</th></tr>
<tr><td colspan="2">Tout secteur inclus dans une zone au patrimoine naturel exceptionnel : un site désigné ou proposé comme site Natura 2000 (ZPS, ZICO, pSIC, SIC, ZSC), un Parc National, un Parc Naturel Régional, une Réserve Naturelle ou un site du Conservatoire du Littoral</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Suite à un inventaire ornithologique, tous les secteurs dont la richesse et/ou la diversité spécifique sont jugées fortes</td></tr>
<tr><td colspan="2">Secteur comprenant une zone humide significative pour l'avifaune (marais, tourbière, étang, lac)</td></tr>
<tr><td>Milieu rupestre (falaise, roches calcaires)</td><td rowspan="5">NB : Ces milieux côtés 2 doivent être exclus de tout critère justifiant la cotation 3</td><td rowspan="5">2</td></tr>
<tr><td>Milieu ouvert et sec (pelouse et lande sèches)</td></tr>
<tr><td>Milieu agricole extensif (friche agricole, pâturage)</td></tr>
<tr><td>Milieu forestier</td></tr>
<tr><td>Cas particuliers : décharges, piscicultures, avicultures</td></tr>
<tr><td colspan="2">Milieu agricole intensif</td><td rowspan="2">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Milieux périurbains et urbains non attractifs</td></tr>
</table>

Tableau 24 : Cotation de la richesse ornithologique spécifique du site

Cette cotation peut s'effectuer **préalablement à l'analyse de terrain**, par une visualisation cartographique de la ligne électrique étudiée, de la délimitation des espaces protégés et/ou des types d'utilisation des territoires (forêts, espaces agricoles, zone humide...). Un descriptif succinct du risque envisagé et déjà observé est présenté ci-dessous :

Les zones humides

Ce sont des lieux de prédilection pour la reproduction et l'hivernage de beaucoup d'espèces d'oiseaux, notamment pour la richesse alimentaire qu'elles offrent tout au long de l'année.
Entre 1986 et 1999, **1577 oiseaux** répartis parmi 90 espèces ont été trouvés morts sous les lignes THT et HTA dans les Bouches-du-Rhône *(BAYLE P., KABOUCHE B. & LUCCHESI J.-L., source LPO PACA)*. **Cette étude a montré que plus de 90 % de ces oiseaux appartiennent à des espèces inféodées aux milieux aquatiques.**

Les milieux rupestres

Les rochers abritent des espèces comme les Faucons Pèlerins, le Hibou grand-duc, les Vautours fauves et la Cigogne noire. Toutes ces espèces sont sensibles aux risques d'électrocution ou de collision.

Dans les Causses et le Verdon, 58 vautours (56 vautours fauves et 2 vautours moines) ont été victimes des lignes aériennes. Ainsi, pour ces deux espèces, 73 % des mortalités non naturelles constatées en France sont liées aux lignes électriques *(TARIEL, ELIOTOUT, LECUYER & CLEMENTE, source LPO mission rapaces)*.

Dans le Sud de la France, on comptabilisait en 2005 28 couples d'Aigle de Bonelli, mais on dénombre la perte de 25 individus en 20 ans. De 1990 à 1998, 17 jeunes aigles de Bonelli ont été retrouvés mort par électrocution, ce qui représentait 94 % des morts constatées sur cette période. Cette espèce est donc particulièrement sensible aux lignes électriques aériennes (source : LPO PACA, présentation Colloque CNA 5 février 2004).

Les milieux arborés

En général, le statut (nombres de couples, tendances) des oiseaux forestiers est moins bien connu, parce que plus difficile à appréhender (observation difficile dans les milieux fermés, accès aux sites difficile,...).

Les oiseaux menacés par les lignes électriques peuvent être strictement forestiers, mais il existe également tout un cortège d'espèces qui occupent les habitats pré-forestiers (garrigues, landes).

Une enquête menée sur les ZICO forestières en 1998 par la LPO et l'ONF (source : http://www.lpo.fr) démontre que pas moins de 39 espèces forestières nicheuses présentant un statut de conservation défavorable en France y sont présentes. Plusieurs d'entre elles sont menacées et présentent l'essentiel de l'effectif national dans les ZICO forestières. C'est le cas notamment de l'Aigle de Bonelli, du Vautour moine, du Gypaète barbu et de la Cigogne noire. Ces mêmes espèces sont très sensibles aux risques de collision et d'électrocution.

Les milieux ouverts (landes, bocages, pelouses sèches)

Plusieurs espèces d'oiseaux utilisent les milieux ouverts comme les champs, les prairies, les landes, les friches pour nicher à terre, à même le sol : la Grue cendrée les alouettes ou encore l'Outarde canepetière. Cette dernière est une espèce menacée de disparition et qui est de surcroît sensible aux risques d'électrocution et de collision.

Les zones particulières liées à l'activité humaine

Certains aménagements humains attirent des espèces car ils constituent des lieux de nidification ou de nourriture : les bâtiments et les granges pour certains rapaces nocturnes mais aussi diurnes (Faucon pèlerin), les carrières en roches massives pour des rapaces rupestres, les gravières pour des hérons ou anatidés, les décharges à ciel ouvert pour les mouettes et goélands, les avicultures pour les rapaces, les vignobles pour les étourneaux ou encore les piscicultures pour les hérons. C'est donc un facteur aggravant si un support dangereux se trouve à proximité de ces éléments artificiels.

- L'attractivité du support

Support	**Cotation**
Tout poteau considéré comme très attractif pour l'avifaune (Voir critères ci-dessous).	**3 – danger très important**
Tout poteau considéré comme attractif pour l'avifaune (Voir critères ci-dessous).	2 – danger important
Tout poteau considéré comme peu accessible par les oiseaux (Voir critères ci-dessous).	1 – danger peu important

Tableau 25 : Cotation de l'attractivité du poteau pour l'avifaune

Le comportement des espèces présentes sur le site

Le poteau électrique attire certaines espèces car ils sont apparentés à :

- un support pour le nid : cigognes, Pie bavarde, Corneille noire
- un dépeçoir : Faucon crécerelle
- un poste d'affût : la majorité des rapaces
- un reposoir : hirondelles, moineaux, étourneaux
- un dortoir : cigognes

En l'absence de point haut qui convienne, les oiseaux de grande envergure utilisent donc le poteau comme un élément naturel et, en l'absence de protection adéquate, risquent alors de s'électrocuter.

La topographie du lieu d'implantation du poteau

La façon dont une ligne s'intègre dans l'environnement topographique peut la rendre plus ou moins attractive (cas d'un poteau isolé en plaine) et donc dangereuse si l'armement n'est pas sécurisé.

La végétation environnante

La hauteur et la densité du couvert végétal au voisinage des lignes influent beaucoup sur la fréquentation du site. La présence d'un poteau dangereux dans un secteur découvert sans végétation attirera plus d'oiseaux que celui placé dans une zone arborée.

F.V - La programmation globale des actions pour les lignes existantes

Une fois la zone définie étudiée, il faut reporter les risques sur des cartes de réseaux HTA de l'Unité EDF ou des cartes de réseaux HTB de la délégation RTE, au mieux sur des planches au 1/25000ème, à défaut au 1/10000ème.

Des repères permettent de représenter la dangerosité des points et tronçons de lignes dans la zone d'étude. Il est nécessaire par ailleurs de faire l'inventaire des lignes faisant l'objet de programmes de renouvellement ou de restructuration. Dans l'hypothèse où des cas de la sorte se présentent pour des tronçons dangereux pour l'avifaune, la cartographie doit intégrer cette donnée, afin que la mise en souterrain ou l'équipement de neutralisation soient effectués pendant la période de travaux.

D'après la hiérarchisation des points et tronçons de ligne présentant un risque d'électrocution ou de collision pour les oiseaux, il convient de programmer et de chiffrer les interventions sur plusieurs années.

Pour cela, il faut coupler les deux méthodologies de hiérarchisation des actions contre l'électrocution et contre la collision pour programmer ces actions sur chaque ligne étudiée. **La cartographie est l'outil idéal pour représenter les points et tronçons dangereux pour l'avifaune sur un même secteur**.

Les codes de symboles et de couleur utilisés en cartographie sont les suivants :

- points de couleur rouge pour les poteaux cotés 3,
- sections de couleur rouge pour les tronçons de ligne risque 3,

- points de couleur orange pour les poteaux cotés de 2,
- sections de couleur orange pour les tronçons de ligne risque 2,

- points de couleur bleue pour les poteaux cotés de 1,
- sections de couleur bleue pour les tronçons de ligne risque 1.

Le tableau ci-dessous donne un exemple de cotation des risques d'électrocution et de collision pour un tronçon de ligne fictif :

Code poteau (n°/série - lettre/nature armement)	Cotation du risque électrocution (de 0 à 7)	Tronçons de ligne	Cotation du risque collision entre le poteau et le suivant (de 1 à 3)
1X	2	1Y – 2X	1
1Y	3	1X – 1Y	2
2X	2	2X – 2Y	3
2Y	1	2y – 1Z	2

Tableau 26 : Exemple fictif de cotation par poteau et par tronçon

F.VI - Le bilan environnemental

A l'issue du suivi, un bilan environnemental doit être fait afin d'évaluer l'efficacité des moyens mis en œuvre en faveur de l'intégration des composantes environnementales durant l'ensemble des phases du projet. Ce bilan doit réunir :
- les protocoles et résultats des suivis du chantier et de l'exploitation,
- une analyse de l'efficacité des mesures mises en place pour supprimer, réduire ou compenser les impacts du projet,
- des propositions pour adapter, optimiser ou améliorer le choix des mesures et leur suivi,
- des principes et bons conseils pour les aménagements futurs.

G - Conclusion

Face aux enjeux tout aussi importants que l'alimentation en électricité des foyers et la protection de la biodiversité ornithologique, ce document dresse un état des lieux des connaissances sur la problématique « avifaune/lignes électriques » en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Alors que le contexte actuel de la réglementation se durcit en faveur d'une meilleure prise en compte de l'environnement dans les projets d'aménagements, il manque un guide général et surtout un retour d'expériences quand il s'agit des lignes électriques. Nous avons vu que les projets éoliens, bien que plus récents sur le territoire français, et les projets d'infrastructures routières, bénéficient à ce jour d'une information plus large et plus complète sur le montage et le suivi de projet.

La concertation, au travers du Comité National Avifaune, est désormais officielle entre les grands réseaux d'associations de protection de la nature, LPO et FNE, et les grandes structures nationales gérant les réseaux de distribution de l'électricité, EDF et RTE. Bien que des avancées notables sur l'échange de données aient été notées, la constatation toujours inacceptable de cadavres de Vautours fauves sous les lignes renforce ce souhait commun de valider une démarche d'étude du risque d'électrocution et de collision. Une méthodologie approuvée tant au niveau de l'évaluation que du suivi des impacts des lignes électriques sur l'avifaune, et aussi de l'efficacité des équipements après leur installation, permettrait d'acquérir des données plus fiables et ainsi d'améliorer le traitement des points noirs.

Dans le contexte favorable d'une politique environnementale qui progresse au sein d'EDF et de RTE et d'une concertation plus large au sein du Comité National Avifaune qui permet d'identifier directement les responsables du dossier avifaune, les services interviennent habituellement plus vite pour résorber un point noir identifié.

Cependant, nous sommes confrontés à certaines limites des deux parts :
- les associations naturalistes n'ont pas connaissance du champ financier et technique dont disposent les services d'EDF et de RTE, ce qui les oblige à les interpeller au cas par cas, sans savoir si ces travaux sont possibles ou des travaux sont déjà prévus dans le cadre d'une modernisation du réseau par exemple.
- les services d'EDF et de GDF n'ont pas accès à l'ensemble des données recueillies par les associations naturalistes et ne peuvent donc pas croiser leur programmation de travaux avec les actions de neutralisation à mener.

L'opportunité d'équiper une ligne de balises ou de neutraliser un poteau lors de travaux d'aménagement ne peut donc à ce jour pas être possible : il subsiste une lacune dans l'échange d'informations.

Les contacts plus réguliers entre les différents partenaires au niveau régional et la première formation des agents d'EDF et de RTE, organisée sur Avignon en mai 2005, ont confirmé qu'un travail plus précis doit être mené dans la région PACA. Il serait opportun de croiser au niveau régional dans un premier temps la programmation des travaux de rénovation du réseau électrique avec les points noirs d'ores et déjà identifiés, comme le fait déjà EDF GDF Services des Alpes-Maritimes (unités de Cannes et Nice). La constitution de ce qui pourrait être une instance tel qu'un « Comité Régional Avifaune » serait de ce fait justifiée dans les prochaines années.

Ce « **Comité Régional Avifaune** » réunissant naturalistes, aménageurs et institutionnels serait un outil de concertation permettant :
- d'échanger et de capitaliser des données, des expériences, des initiatives,
- de mener des études du risque plus exhaustives et validées par tous,
- d'optimiser l'efficacité du traitement mais aussi les coûts d'intervention,
- de hiérarchiser ensemble les actions sur un territoire,
- d'évaluer et de valider l'efficacité ou non des équipements après leur installation
- de proposer de nouveaux outils ou de nouvelles pistes de recherche en la matière.

H - Glossaire

- BT : Basse Tension (220 et 380 V pour desservir la population)
- CORA : Centre Ornithologique Rhône-Alpes
- EDF : Electricité de France, gère la distribution des réseaux électriques français moyenne et basse tension jusque chez le particulier
- FNE : France nature Environnement
- HT ou HTB : Haute Tension (50 ou 63 kV)
- LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux
- MT ou HTA : Moyenne Tension (15 ou 20 kV)
- RTE : Réseau de Transport Electrique, gère l'infrastructure du réseau électrique français, c'est-à-dire deux sous-ensembles : un réseau de grand transport et d'interconnexions à 400 000 volts qui assure les échanges d'énergie entre les régions françaises et avec l'étranger, et un réseau de répartition régionale avec trois niveaux de tension à 225 000, 90 000 et 63 000 volts.
- THT : Très Haute Tension (225 kV et 400 kV)

I - Bibliographie

I.I - Bibliographie de l'étude « L'impact sur le *Milan noir*, une espèce représentative de la problématique »

ALONSO (J.A.) & ALONSO (J.C.) 1999.- Collision of birds with overhead transmission lines in Spain. *In* FERRER (M.) & JANSS (G.F.E.) Eds - *Birds and power lines*. Quercus, Madrid : 57-82.

BLANCO (G.) 1994.- Seasonal abundance of black kite associated with the rubbish dump of Madrid. *J. Raptor Res*., 28(4) : 242-245.

BAYLE (P.) & KABOUCHE (B.) 1998.- Une des premières causes de mortalité : l'électrocution. Numéro spécial Aigle de Bonelli, *Garrigue* N° 24 : 8-9.

BAYLE (P.) 1999.- Preventing birds of prey problems at transmission lines in western Europe. *J. Raptor Res*., 33(1) :43-48.

BAYLE (P.), KABOUCHE (B.) & LUCCHESI (J.-L.) (en préparation).- La mortalité avienne sur le réseau électrique dans les zones humides des Bouches-du-Rhône (Littoral méditerranéen) de 1986 à 1998.

BEVANGER (K.) 1998.- Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86 : 67-76.

BEVANGER (K.) 1999.- Estimating bird mortality caused by collision and electrocution with power lines; a review of methodology. Pp. - in FERRER (M.) & JANSS (G.F.E.) editors - Birds and power lines, *Quercus*, Madrid : 29-56.

CHEYLAN (G.) & RAVAYROL (A.) 1996.- Programme de baguage de l'Aigle de Bonelli en France, compte rendu 1996. *Faune de Provence* (Bull. CEEP), 17 : 95-100.

CHEYLAN (G.) & RAVAYROL (A.) 1999.- Aigle de Bonelli Hierraetus fasciatus. Pp. - in ROCAMORA (G.) & YEATMAN-BERTHELOT (D.), 1999 - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorité. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. SEOF./LPO, Paris : 62-63.

DOUMERET (A.) 1999.- Milan noir Milvus migrans. Pp. - in ROCAMORA (G.) & YEATMAN-BERTHELOT (D.), 1999 - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorité. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. SEOF./LPO, Paris : 380-381.

EDF 1994.- Protection de l'avifaune sur les lignes HTA matériel (A. 53-12 G), Guide technique de la distribution d'électricité : 17 p.

FERNANDEZ GARCIA (J.M.) 1998.- Relationship between mortality in electric power lines and avian abundance in locality of Leon (NW of Spain). *Ardeola*, 45 (1) : 63-67.

FERRER (M.), DE LA RIVA (M.) & CASROVIEJO (J.) 1992.- Electrocution of raptors on power lines in southwestern Spain. *J. Field Ornithol*., 62 : 181-190.

GENSBÖL (B.) 1988.- Guide des rapaces diurnes - Europe, Afrique du Nord et Proche Orient. Delachaux & Niestlé, Paris : 384 p.

HEREDIA (R.) & HEREDIA (B.) 1991.- *El Quebrantahuesos* (Gypaetus barbatus) *en los Pirineos. Caracteristicas ecologicas y biologia de la conservacion*. Coll. techn. ICONA, Madrid : 171 p.

KABOUCHE (B.) 1991.- Une prospection des réseaux électriques de Moyenne-Tension autour de St-Martin-de-Crau (Bouches-du-Rhône). Rap. dact. CEEP, Aix-en-Provence : 25 p.

KABOUCHE (B.) 1994.- Le niveau d'impact des lignes électriques Moyenne-Tension sur l'avifaune dans le secteur de la Crau et des Alpilles. Rapport et cartes CEEP - services de distribution EDF Grand Delta & Marseille-Provence.

KABOUCHE (B.) & BILLET (J.-M.) 1996.- Le niveau d'impact des lignes électriques Moyenne-Tension sur l'avifaune dans le secteur de Salon-de-Provence et du pourtour de l'étang de Berre. Rapport et carte CEEP - services de distribution EDF Marseille-Provence.

KABOUCHE (B.), BAYLE (P.) & LUCCHESI (J.-L.) 1996.- Mortalité du Circaète Jean-le-Blanc *Circaetus gallicus* sur le réseau électrique aérien dans le sud-est de la France. *Faune de Provence* (Bull. CEEP), 17 : 101-103.

KABOUCHE (B.) & VENTROUX (J.) 1999.- Evolution journalière de l'abondance des Milans noirs *Milvus migrans* sur la décharge d'ordures de Marseille. *Alauda*, 67 (1) : 63-67.

KABOUCHE (B.) & BAYLE (P.) (*en préparation*).- La mortalité des oiseaux sur le réseau électrique en relation avec les milieux. Commune de St-Martin-de-Crau (Provence, France).

KOWAL (J.) 1995.- Le réseau électrique, acteur du Service Public, enjeu d'environnement. *Ingénieurs de la vie*, 459 : 11-13.

LPO, 2000.- Lettre d'information de la LPO Grands Causses. *Paroles d'oiseaux,* 1 : 1-6.

LPO, 2001.- *Bromadiolone*. Dossier de presse, Paris : 7 p.

PAULUS (G.) 1999.- La cartographie des niveaux d'impact du réseau électrique aérien sur l'avifaune. Méthode et enjeux (exemple des Bouches-du-Rhône). Rapport CEEP : 43 pages.

POMPIDOR (J.-P.) 1990-1991.- Statut et destructions des rapaces diurnes nicheurs dans les Pyrénées orientales. *Acta biologica*, 10 : 123-134.

PREVOST (B.), MULLER (M.) et MERZLIC (H.) 1996.- *Etude de la fréquentation de la plate-forme aéronautique de la base aérienne 125 Istres par les Milans noirs* Milvus migrans. Rapport de la section fauconnerie chargée de la lutte contre le péril aviaire, Istres : 12 p.

REAL (J.) & MANOSA (S.) 1997.- Demography and conservation of western european Bonelli's eagle *Hieraaetus fasciatus* populations. *Biological Conservation*, 79 : 59-66.

SERIOT (J.) & ROCAMORA (G.) 1992.- Les rapaces et le réseau électrique aérien, Analyse de la mortalité et solutions. Rapport LPO-EDF, Rochefort : 19 pages.

TERRASSE (J.F.) 1965.- La diminution récente des effectifs de rapaces en France et ses causes. *Terre & Vie*, 19 : 273-292.

I.II - Bibliographie de l'étude « La mortalité avienne sur le réseau électrique dans les zones humides du littoral méditerranéen des Bouches-du-Rhône de 1986 à 1998 »

BAYLE P. (1992). Mise en protection par Electricité de France d'un tronçon de lignes électriques à haute tension particulièrement meurtrier pour les oiseaux sur le littoral provençal. *Garrigues*, 6 : 5-6.

BAYLE P. (1999). Preventing birds of prey problems at transmission lines in western Europe. *J. Raptor Res*., 33 : 43-48.

CARICHIOPULO C. (1991). *Impact du réseau électrique aérien sur l'avifaune, Etude sur trois ans 1988-1990*. Rapport LPO - Ministère de l'Environnement, Rochefort : 17 p.

CHEYLAN G. & RAVAYROL A. (1999). Aigle de Bonelli Hierraetus fasciatus. Pp. - in ROCAMORA G. & YEATMAN-BERTHELOT D., (1999). Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorité. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. SEOF/LPO, Paris : 62-63.

DHERMAIN F. (2000). Chronique Naturaliste Provençale LIII. *Feuillets Naturalistes du CEEP*, 53 : 48 p.

DUQUET M. (1994). La Cigogne blanche *Ciconia ciconia*. *In* YEATMANN-BERTHELOT D. & JARRY G.. - *Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France*. SOF, Paris : 106-107.

Electricité de France (1994). *Protection de l'avifaune sur les lignes HTA matériel*. Guide technique de la distribution d'électricité, A. 53-12 G : 17 p.

FERNANDEZ GARCIA J. M. (1998). Relationship between mortality in electric powerlines and avian abundance in locality of Leon (NW of Spain). *Ardeola*, 45 : 63-67.

FERRER M. & JANSS G.F.E. (1999). *Birds and powerlines*. Quercus, Madrid : 240 p.

FERRER M., DE LA RIVA M. & CASTROVIEJO J. (1992). Electrocution of raptors on powerlines in southwestern Spain. *J. Field Ornithol*., 62 : 181-190.

FELD W. (1995). Stromtod von Weissstörchen in Europa. *In* BIBER O., ENGGIST P., MARTI C. & SALATHE T.. *Proceedings of the International Symposium on the White Stork (Western Population)*. Bâle, 1994 : 90-100.

JOHNSON A.R.(1985). Les effets de la vague de froid de janvier 1985 sur la population de Flamants roses *Phoenicopterus ruber roseus* hivernant en France. *IWRB Flamingo Specialist Group*, Rapport spécial, 2 : 31 p.

HECKER N., MANTE A. & LUCCHESI J.-L., (1992). Etude de la réaction des oiseaux aux différents systèmes de visualisation de la ligne moyenne tension sur le domaine du Vigueirat (commune d'Arles, Bouches-du-Rhône). Station biologique de la Tour-du-Valat, Arles : 61 p.

ISENMANN P. (1993). *Les oiseaux de Camargue*. Edition SEO, Brunoy : 158 p.

KABOUCHE B., BAYLE P. & LUCCHESI J.-L. (1996). Mortalité du Circaète Jean-le-Blanc *Circaetus gallicus* sur le réseau électrique aérien dans le sud-est de la France. *Faune de Provence (Bull. CEEP)*, 17 : 101-103.

KABOUCHE B. & BAYLE P. (en préparation). Mortalité des rapaces sur le réseau électrique de la plaine de Crau (1991-1997).

KAYSER Y., WALMSLEY J., PINEAU O. & HAFNER H. (1994). Evolution récente des effectifs de Hérons cendrés (*Ardea cinerea*) et de Hérons pourprés (*Ardea purpurea*) nicheurs sur le littoral méditerranéen français. *Nos Oiseaux*, 42 : 341-355.

KAYSER Y., HAFNER H. & MASSEZ G. (1998). Dénombrement des mâles chanteurs de Butors étoilés *Botaurus stellaris* en Camargue en 1996. *Alauda*, 66 : 97-102.

KOWAL J. (1995). Le réseau électrique, acteur du Service Public, enjeu d'environnement. *Ingénieurs de la Vie*, 459 : 11-13.

MATHIASSON S. (1999). Swans and electrical wires, mainly in Sweden. *In* FERRER M. & JANSS G.F.E. (éd.) – *Birds and powerlines*. Quercus, Madrid : 83-111.

MORSEL H. (coord.) (1996). Histoire de l'électricité en France. T. 3, 1946-1987. Arthème Fayard, Paris : 1196 p.

PAIN D.J. (1991). Why are lead-poisoned waterfowl rarely seen ? The disappearance of waterfowl carcasses in the Camargue, France. *Wildfowl*, 42 : 118-122.

PAULUS G. (1999). La cartographie des niveaux d'impact du réseau électrique aérien sur l'avifaune. Méthode et enjeux (exemple des Bouches-du-Rhône). Rapport CEEP, Aix-en-Provence : 43 p.

REAL J. & MANOSA S. (1997). Demography and conservation of western European Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* populations. *Biological Conservation*, 79 : 59-66.

SADOUL N. (1999). *Recensement des Laridés sur la décharge d'Entressen en 1996-1997*. Rapport Station Biologique de la Tour-du-Valat, Arles : 44 p.

SERIOT J. & ROCAMORA G. (1992). Les rapaces et le réseau électrique aérien. Analyse de la mortalité et solutions. Rapport LPO - EDF, Rochefort : 19 p.

SERIOT J. & DUQUET M. (1999). Cigogne blanche Ciconia ciconia. Pp. - in ROCAMORA G. & YEATMAN-BERTHELOT D., (1999). Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorité. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. SEOF/LPO, Paris : 206-207.

TAMISIER A. & DEHORTER O. (1999). Camargue, canards et foulques. Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver. CO Gard, Nîmes : 369 p.

VIDAL E. (1998). Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé. Analyse des interrelations entre les colonies de Goélands leucophées et la végétation des îles de Marseille. Thèse de doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, Marseille : 166 p.

YESOU P. & BEAUBRUN P.C., (1994). Le Goéland leucophée *Larus cachinnans*. *In* YEATMANN-BERTHELOT D. & JARRY G. - *Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France*. SOF, Paris : 328-329

I.III - Bibliographie générale relative à la problématique « Avifaune et lignes électriques »

BAYLE (P.) 1999.- Rapaces et lignes électriques. Direction de l'Ecologie et des Espaces Verts : pp. 77-91

BELIS (W.) & DHERMAIN (F.) (red.), BAYEUL-MOLZINO (J.), ISENMANN (P.), OLIOSO (G.), 2005. Bibliographie d'Ornithologie de Provence et de Corse (1552-2004), Faune & Nature n°42, LPO PACA, 242 p.

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2003. Protecting Birds from Powerlines : a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects, Standing Committee, 23rd meeting Convention On The Conservation Of European Wildlife And Natural Habitats, Strasbourg, 1-4 December 2003, by BirdLife International on behalf of the Bern Convention (D Haas, M Nipkow, G Fiedler, R Schneider, W Haas, B Schürenberg for NABU – German Society for Nature Conservation, BirdLife in Germany), 33 p.

BIZET (D.) 1999. Evaluation de l'impact des lignes THT sur l'avifaune au sein de la ZICO LE08 : cas particulier du Busard cendré. Rapport LPO Lorraine/Biotope : 21 p.

BIZET (D.) 2000.- Evaluation de l'impact potentiel sur l'avifaune de la reconstruction de la ligne 63 kV Landres-Longuyon et propositions de mesures pour réduire ces impacts. Rapport LPO Lorraine/EDF : 67 p.

BOUTIN, J.-M.,1996. Lignes électriques et conservation d´une espèce menacée de disparition dans une zone d agriculture intensive - Le cas de l´Outarde canepetière (Tetrax tetrax) dans la plaine des

Deux-Sevres. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d´Ecologie, Metz: 295-306.

BRES (M.) KABOUCHE (B.) MAGNIER (M.) 2001.- Cartographie des niveaux d'impact des lignes moyenne tension sur l'avifaune. Département des Alpes-Maritimes. Secteur des Préalpes de Grasse (des Gorges de la Siagne au Col de Vence). Etude CEEP-LPO : 42 p.

BROCHET (J.) 1992. Expérimentation de prototypes : Spirale (SAAE) et PIVER (RAYCHEM) 1991-1992 - Lignes EDF MT 20 000 volts - Compertrix - Haussimont. Rapport LPO Lorraine / EDF-GDF Services Reims Champagne : 38 p.

CABON (C.) RIOLS (C.) 1994 . L'avifaune de Champagne-Ardenne et le réseau électrique aérien - Premier rapport intermédiaire : Espèces victimes et zones sensibles. Rapport LPO/ EDF GDF Services Reims Champagne : 24 p.

CARICHIOPULO (C.) 1991. Impact du réseau électrique aérien sur l'avifaune en France. Etude sur 3 ans, 1988-1990. Rapport ministère de l'Environnement DPN/LPO, 23 pp.

CELSE (J.), 2005. Projets éoliens et avifaune en région Provence–Alpes–Côte d'Azur : Mise en place d'un protocole de suivi ornithologique, ECOMED, 50 p.

CHASTAGNOL (F.), FELTZ (P.) & TOURET (P.) 1993. Lignes HTB 63 KV de la déviation de Brioude, leur impact sur l'avifaune, propositions de balisage. Rapport LPO Auvergne / EDF-GDF Forez Nord Velay : 12 p.

COMBY (A.) 1998. Etude sur les risques potentiels d'électrocution de rapaces sur les lignes EDF moyenne tension dans le Rougier de Camarès (Aveyron). Rapport LPO Grands-Causses.

COPPA, G., S. LESTAN & P. PETIT, 1996. Une espèce particulièrement sensible au risque de percussion, la Grue cendrée - Limitation du risqué d´accidents sur des lignes en Champagne-Ardenne, en Lorraine et dans les Landes. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d´Ecologie, Metz: 205-211.

CORA RHÔNE 1996. Impact de la ligne 225 kv "La Boisse-Cusset 1", sur les populations aviennes du Parc Miribel-Jonage. Rapport EDF energie Rhône-Auvergne / CORA Rhône : 60 p.

CORA RHÔNE 1998. Comparaison de la mortalité de l'avifaune entre deux lignes THT 400 Kvolts entre St André de Corcy et Ste Olive dans l'Ain, St Vulbas-Grosne Du pylône 57 au pylône 81 et St Vulbas-Vielmoulin des supports 23 à 51. Rapport EDF énergie Rhône-Auvergne / CORA Rhône : 24 p.

DEFAY (B.) 1999. Transports d'électricité Très Haute Tension et Avifaune dans la zone naturelle humide de la Dombes. Rapport CORA Rhône : 25 p.

DUQUET (M.) 1990.- Impact du réseau électrique aérien sur la Cigogne blanche Ciconia ciconia en France. Rapport LPO/EDF

EDF - CERT 1989. Mortalité importante du Flamant rose par heurt contre des lignes électriques à THT à Fos-sur-mer et Propositions d'installation sur ces lignes d'un système d'avertissement visuel destiné à limiter cette mortalité. EDF - CERT AMBE Août 1989 : pp. 1- 33

EDF - GDF 1990. Impact potentiel des lignes MT de l'Agence d'Exploitation Crau - Camargue sur l'avifaune Propositions de balisage des lignes et d'équipement des pylônes à risques Carte des tronçons de lignes à risques d'accidents pour l'avifaune. EDF - GDF AMBE Octobre 1990

EDF 1987. Aigle royal et ligne haute-tension. Etude de la mortalité dans le Massif des Encombres (Savoie-Maurienne). Rapport CERREP/GREGE.

EDF Production transport Service Environnement 1994. Points sensibles Avifaune Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. EDF AMBE, Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), 96 p.

ELOY (A.E.) BRANQUART (J.P.) BERRAUTE (M.) BADOT (P.M.) 2000. L'impact des réseaux électriques sur l'avifaune : mythe ou réalité ? Etude des mortalités dans le District de Montbéliard. Sciences et Techniques de l'Environnement Fascicule 2 : pp. 57-70

FERRER (M.) & JANSS (G.F.E.) 1999. Birds and Powerlines, Quercus : 240 p.

FONDATION ELECTRICITE DE FRANCE, RESERVES NATURELLES DE FRANCE 1994. Réserves Naturelles et Electricité. Actes du colloque du 23 septembre 1993 à l'Espace Electra (Paris) (avr 94) : 71 pp.

GODIN J. MERIAUX J-L. TOMBAL P. 1983. Analyse et recherche des impacts des lignes à très haute tension sur le milieu naturel. Etude AMBE/EDF/CERT AMBE : 72 p.

GUELIN (F.) & NECTOUX (P.) 1992. Les oiseaux et le réseau électrique aérien moyenne tension : définition cartographique des zones écologiques sensibles en Bourbonnais. Rapport LPO Auvergne / EDF-GDF Services bourbonnais SIEGA : 30 p.

HECKER (N.), MANTE (A.) & LUCCHESI (J.-L.) 1992. Etude de la réaction des oiseaux aux différents systèmes de visualisation de la ligne moyenne tension sur le domaine du Vigueirat (Commune d'Arles, Bouches-du-Rhône). Rapport Station Biologique de la Tour du Valat. EDF/Fondation Sansouire : 61p.

HEIJNIS (R.) 1976. Ornithological mortality and environmental aspects of aboveground high tension lines. Biological Environmental Research, the Netherlands : 166 p.

HERMANT (D.) 1990. EDF et l'avifaune ou le coin des branchés, Le Tiercelet, 1 : pp. 11-16

I.E.E. A.M.B.E. 1994. Lignes électriques et environnement. Colloque International. Résumés des communications

KABOUCHE (B.) & BAYLE (P.) in prep. La mortalité des oiseaux sur le réseau électrique en relation avec les milieux. Commune de Saint-Martin de Crau

KABOUCHE (B.) & BILLET (J.M.) 1996. Le niveau d'impact des lignes électriques Moyenne Tension sur l'avifaune dans le secteur de Salon de Provence et du pourtour de l'Etang de Berre. Rapport et Cartes CEEP, Service de distribution EDF Marseille Provence : 26 p.

KABOUCHE (B.) 1991. Une prospection des réseaux électriques de Moyenne Tension autour de Saint-Martin de Crau (Bouches du Rhône). Rapport CEEP, Aix-en-Provence : 25 p.

KABOUCHE (B.) 1994. Le niveau d'impact des lignes électriques Moyenne Tension sur l'avifaune dans le secteur de la Crau et des Alpilles (Bouches-du-Rhône). Rapport et Cartes CEEP, Service de distribution EDF Grand Delta & Marseille Provence : 52 p.

KABOUCHE (B.) 1999. Le niveau d'impact des lignes électriques Moyenne-Tension sur l'avifaune dans le secteur occidental du Var (St-Victoire - St-Baume - Mt-Faron). Rapport et carte CEEP - EDF services de distribution EDF Var.

KABOUCHE (B.) 2001. L'Electrocution sur le Réseau Electrique Aérien: Principale Cause de Mortalité Constatée chez le Milan Noir Milvus migrans dans les Bouches du Rhône. *Alauda*, 69 (4) : pp. 533-541

KABOUCHE (B.) 2001. Evolution historique des causes de mortalité du Milan noir *Milvus migrans*. Mission FIR - LPO, *Rapaces de France*, n° 3.

KABOUCHE (B.) BAYLE (P.) & LUCCHESI (J.L.) 1996. Mortalité du Circaète Jean-le-Blanc Circaetus gallicus sur le réseau électrique aérien dans le Sud-Est de la France.- Faune de Provence (C.E.E.P.) 17 : pp. 101-103

KABOUCHE (B.) PAULUS (G.) DEBOST (L.) 1998. Le niveau d'impact des lignes électriques moyenne-tension sur l'avifaune dans le secteur d'Aix-en-Provence et du plateau de l'Arbois (Bouches du Rhône). Rapport CEEP / EDF service distribution Marseille-Provence : 20 p.

LASCEVE (M.), CROCQ (C.), KABOUCHE (B.), FLITTI (A.) & DHERMAIN (F.), 2006. Oiseaux remarquables de Provence : Ecologie, statut et conservation, LPO PACA, Ed. Delachaux & Niestlé, 320 p.

LE SCOUARNEC (Y.) 1998. Impact potentiel de la futur ligne 400 kV Vigy-Uchtelfangen sur l'avifaune migratrice. Rapport LPO Lorraine/EDF : 10 p.

LEE (J.M.) Jr. 1978. Effects of transmission lines on bird flight: studies of Bonneville Power Administration lines on birds inflight: proceedings of workshop. Rapport issu d'un groupe de travail U.S. Fis hand Wildlife Service, Biological Services Program. FWS/OBS-78/48 : 151 p.

LPO, 2004. L'énergie éolienne et la conservation de la nature, 12 p.

LPO ALSACE 1993. Etude diagnostique : "Lignes électriques et protection de l'avifaune". Rapport LPO Alsace/Conseil Régional Alsace : 45 p.

LPO ALSACE 2002. Nidification des rapaces sur les pylones haute tension. LPOinfosAlsace. Janvier 2002 : p. 23

LPO CHAMPAGNE-ARDENNE 1993. Expérimentation des prototypes spirale (SAAE) et Piver (RAYCHEM) sur les lignes MT 20000 volts Nappe Voûte suspendue COMPERTRIX-HAUSSIMONT. Rapport LPO/EDF-GDF Services Reims Champagne : 24 p.

LPO CHAMPAGNE-ARDENNE 2000. Evaluation de l'impact de la ligne haute-tension de Bazeilles sur l'avifaune. Rapport LPO / EDF Production Transport Services et ingénierie Est : 25 pp.

LPO CHAMPAGNE-ARDENNE 2002. Evaluation de l'impact de la ligne aérienne 63.000 V Barbuise-Romilly sur l'avifaune. Rapport LPO/RTE : 20 p.

LPO LORRAINE 1999. Evaluation ornithologique et mesures de réduction d'impact sur la zone concernée par la reconstruction de la ligne 63 KV St Julien les Metz-Ennery. Rapport LPO / UEM

LPO LORRAINE 1999. Evaluation de l'impact potentiel de la future ligne 400 KV Vigy-Uchtelfangen sur l'avifaune: suivi de cinq zones témoins. Rapport LPO / EDF

LPO VENDEE 2002. Projet de doublement de la ligne haute tension 90 000 V Pouzauges - Val de Sèvre, Etude de sensibilité faune-flore, Rapport final. Rapport LPO Vendée VEN-11-2002-07 : 48 pp.

LUCCHESI (J.L.) 1989. Mortalité d'oiseaux contre les lignes MT sur les sites protégés de l'Etourneau et de Ligagneau (Mas Thibert, Commune d'Arles) et propositions pour limiter cette mortalité. SMGDP & Conservatoire de l'Espace Littoral.

MALY (L.) 1993. Bilan d'une année de suivi de lignes moyenne tension dans les départements des Vosges et de la Meuse - Leur impact sur l'avifaune.

MARTEL (C.) & MACLER (C.) 1993. Electrocution - collision de l'avifaune avec les poteaux EDF. Rapport.

MERIAUX (J-L.) & TOMBAL (J.C.) 1989. Propositions d'installation sur ces lignes d'un système d'avertissement visuel destiné à limiter cette mortalité. In AMBE Eds - Rapport AMBE/EDF-CERT : pp. 22-35.

MERIAUX (J.-L.) *et al*., 1992. Etude des problèmes poses par les ouvrages électriques et la recherche de solutions: exemples Français. Les cigognes d´Europe: 327-336. Institut Européen d´Ecologie, Metz 1992.

MICHEL (P.), BCEOM, 2001. L'étude d'impact sur l'environnement, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 156 p.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2004. Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences des projets et programmes d'infrastructures et d'aménagement sur les sites Natura 2000, 96 p.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2005. Mécanismes de compensation pour la conservation de la diversité biologique : Etats des lieux et analyses pour sa viabilité en France (DOM-TOM inclus), Note sur Biodiversité, réf. B2-05-067.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, 2004. Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, préparation par Espace Eolien Développement, GREET Ingénierie et Terre histoire, rédaction par ABIES, 125 p.

MOLZINO (J.), KABOUCHE (B.), HENRIQUET (S.), 2004. Enjeux ornithologiques et projet THT Boutre-Broc-Carros 2004, LPO PACA : 104 p.

MONBAILLIU (X.) 1981. Impact des lignes à haute tension sur l'avifaune en Bretagne méridionale. Rapport Monbailliu & Associés, Consultants en Environnement : 83 p.

NOVOA (C.) HANSEN (E.) MENONI (E.) 1990. La mortalité de trois espèces de Galliformes par collision dans les câbles. Résultats d'une enquête pyrénéenne. Bull. mens. ONC 151 : pp. 17-22

OLIOSO (G.) & RESERVE NATIONALE DE CAMARGUE 1990. Impact potentiel des lignes moyenne-tension de l'agence d'exploitation Crau-Camargue sur l'avifaune, Propositions de Balisage des lignes et d'équipement des pylônes à risques. Rapport AMBE/EDF-CERT : 88 p.

OLIOSO (G.) JOHNSON (A.) LUCCHESI (J.L.) MERIAUX (J.L.) SCHIERER (A.) TOMBAL (J.C.) TROUVILLIEZ (J.) 1990. Impact potentiel des lignes Moyenne Tension de l'Agence d'Exploitation Crau-Camargue sur l'avifaune. A.M.B.E. Octobre 1990 : pp. 1-89

PAULUS (G.) 1999. La cartographie des niveaux d'impact du réseau électrique aérien sur l'avifaune. Méthode et enjeux (exemple des Bouches du Rhône). Rapport CEEP : 43 p.

RAEVEL (P.) & TOMBAL (J.C.) 1991. Impact des lignes haute tension sur l'avifaune. Les cahiers de l'AMBE, Aménagement et Environnement, vol. 2 : 56 p.

RAEVEL (P.) 1989. Inventaire national des espèces d'oiseaux rares et menacés sensibles au réseau français de lignes électriques haute tension et très haute tension. AMBE/EDF-CERT, Valenciennes : 584 p.

RAEVEL (P.) 1992. Incidences of a power line (63 KV) on birds in flight : a study report. Bird Numbers : pp. 101-105

REAL (J.) & MANOSA (S.) 1997. Demography and conservation of western european Bonelli's Eagle Hieraaetus fasciatus populations. Biological Conservation, 79 : pp. 59-66

REAL (J.), MANOSA (S.), CHEYLAN (G.), BAYLE (P.), CUGNASSE (J.M.), SANCHEZ-ZAPATA (J.A.), SANCHEZ (M.A.), CARMONA (D.), MARTINEZ (J.E.), RICO (L.), CODINA (J.), DEL AMO (R.) & EGUFA (S.) 1996. A Preliminary Demographic Approach to the Bonelli's Eagle Hieraaetus fasciatus Population decline in Spain and France. Proceedings of the World Conference on Birds of Prey and Owls: Eagle Studies. Hancock House Publishers and World Working Group on Birds of Prey and Owls, : pp. 523-528

SCHIERER (A.) 1990. Lignes à haute-tension sur le territoire du CRTT Est et étude des incidences prévisibles sur la cigogne blanche : définition des secteurs à risques d'accidents Rapport AMBE. Electricité de France, Centre régional du transport d'énergie et des télécommunications Est : 126 p.

SCOTTO DE SANTOLO (C.) 1997. Impact des lignes électriques aériennes sur l'avifaune et plus particulièrement sur les rapaces en plaine de Crau. CEEP Crau (France) : pp. 1-27

SERIOT (J.) & ROCAMORA (G.) 1992. Les rapaces et le réseau électrique aérien, Analyse de la mortalité et solutions. Rapport LPO-EDF, Rochefort : 19 p.

TOMBAL (J.C.) 1985. Lignes électriques HT et THT : incidences sur l'environnement, Exemple de l'avifaune. Les Cahiers de l'AMBE Aménagement et Environnement 1 : 56 p.

TOURET (P.) & GAUTHIER (N.) 1993. Les lignes HTB 225 kV Issoire-Pratclaux, Pied de Borne-Pratclaux et Montpezat-Pratclaux, leur impact sur l'avifaune. Rapport LPO Auvergne / EDF-GDF Haute-Loire : 53 p.

TOURET (P.) 1993. Analyse de l'avifaune d'une zone du Haut-Allier, espèces sensibles au réseau électrique aérien. Rapport LPO Auvergne / EDF-GDF Haute-Loire : 31 p.

TOURET (P.) 1994. Ligne HTB 63 KV de Langeac à Langogne, son impact sur l'avifaune. Rapport LPO Auvergne / EDF-GDF Haute-Loire : 28 p.

YANN (A.), 2004. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune, LPO, 20 p.