

ARTICLE ORIGINAL

La migration du milan noir, *Milvus migrans*¹

Etude préliminaire de l'influence des conditions météorologiques sur l'intensité des passages au col d'Organbidexka, dans les Pyrénées Atlantiques

par
Laurent LEONARD²
pour O.C.L.³

SUMMARY : The migration of the Black Kite, *Milvus migrans* : Preliminary study of the influence of meteorological conditions on migration intensity through Organbidexka crest, in the Atlantic Pyrenees.

The aim of this study was to investigate the influence of meteorological conditions on the migration density of the Black Kites, *Milvus migrans*, through the Western Pyrenees.

In this work, we used the data collected during 13 years (since 1981) at Organbidexka (± 1200 m) by the team of O.C.L. (Organbidexka Col Libre).

A « variance analysis » was performed and revealed some tendencies. The Black Kite, using principally soaring flight, seems to wait the more favorable conditions for the development of lifts (thermal convection or slope lift).

However, this study suggests many questions and opens the way to complementary and new investigations.

RÉSUMÉ

Le but de cette étude est d'éclaircir l'influence des conditions météorologiques sur l'intensité des passages migratoires du milan noir, *Milvus migrans*, à travers les Pyrénées Occidentales.

Pour effectuer ce travail, nous avons pu bénéficier des données récoltées au col d'Organbidexka (± 1200 m), par l'équipe d'O.C.L., durant 13 années consécutives (depuis 1981).

Des analyses statistiques réalisées, il ressort que le milan noir, rapace principalement planeur, semble, en effet, attendre les conditions les plus favorables au développement des ascendances (thermiques ou de pente).

Cette étude engendre cependant de nombreuses autres interrogations et ouvre la voie à des travaux plus précis.

¹ Manuscrit reçu le 21 décembre 1994 ; accepté le 8 septembre 1995.

² Adresse privée : Rue Nysten, 7, B-4000 LIEGE, Belgique.

³ O.C.L. : Collectif Organbidexka Col Libre - F-64450 JASSES, France.

Avant-propos

L'objet de la présente étude est d'évaluer l'influence des conditions météorologiques sur la phénologie de la migration automnale du milan noir à travers les Pyrénées occidentales. Nous avons effectué ce travail à partir du col d'Organbidexka, dans les Pyrénées-Atlantiques. Ce site, connu de nombreux naturalistes et protecteurs de la nature, a été choisi pour plusieurs raisons. Tout d'abord, par sa situation, son orientation et son altitude faible (– de 1200 m), il est un des hauts-lieux de la migration automnale à travers la chaîne pyrénéenne. Ensuite, nous savions pouvoir bénéficier des données récoltées par les observateurs de l'association Organbidexka Col Libre (ou O.C.L.). Nous avons pu apporter notre contribution à ces observations en participant aux relevés de terrain du 15 juillet 1993 au 15 septembre 1993.

Introduction

Une des caractéristiques fondamentales des animaux réside dans leur mobilité. Ces mouvements sont, en fait, des moyens d'ajuster les densités de population aux changements périodiques de la disponibilité en nourriture. La migration est certainement le déplacement le plus spectaculaire. Nous pouvons la définir comme un mouvement saisonnier et synchrone d'une partie ou de la totalité d'une population entre deux régions climatiques distinctes, l'une servant de quartier d'hivernage et l'autre, de lieu de reproduction.

Pour étudier la migration des oiseaux, plusieurs méthodes sont valables. L'observation visuelle est certainement la plus souvent utilisée. A côté de cette technique, nous pouvons également citer le radar (ABLE, 1985 ; BRUDERER, 1971), le radiopistage (HOLTHUIZEN ET OOSTERHUIS, 1985), les reprises ou observations d'oiseaux bagués (SCHIFFERLI, 1967 ; THOMSON, 1958a et 1958b), le ceilomètre (ABLE et GAUTHREAUX, 1975) ou encore l'observation sur fond de lune (NISBET, 1959).

La plupart des rapaces présentent une distribution très large, de faibles densités et sont très discrets. Ces facteurs, en plus de l'activité nocturne de certaines espèces, font que leur comptage, par la plupart des méthodes standards de recensement et d'étude, coûte très cher en temps et en argent. De nombreuses techniques peuvent être utilisées (écoutes de vocalisations, recherche de nids, recherche aérienne, piégeage, comptage dans les zones d'hivernage,...) mais toutes sont d'application limitée (FULLER et MOSHER, 1981). Au contraire, la concentration des migrateurs en des points stratégiques dans le monde entier semble apporter la meilleure opportunité pour dénombrer de nombreuses espèces en une période relativement courte et évaluer leur succès de reproduction (moyennant la détermination de l'âge).

De nombreuses études ont été menées afin de déterminer les voies de migration des rapaces. Les planeurs (vautours, aigles, milans, buses,...) vont traverser la mer aux endroits les plus étroits qui s'avèrent dès lors être des points privilégiés pour l'étude des migrations. Les populations d'Europe septentrionale franchissent la Baltique par le détroit de Falsterbö. Les populations d'Europe

occidentale traversent la Méditerranée occidentale, par le détroit de Gibraltar à l'Ouest et par le cap Bon à l'Est (entre la Sicile et la Tunisie), tandis que les populations orientales passent la Méditerranée par le détroit du Bosphore et Israël (NEWTON et OLSEN, 1991 ; THIOLLAY, 1977). De même, les rapaces planeurs franchissent les obstacles, tels que les massifs montagneux, en des endroits d'altitude moyenne, comme au col d'Organbidexka (KEULEN et FETTER, 1987) (fig. 1).

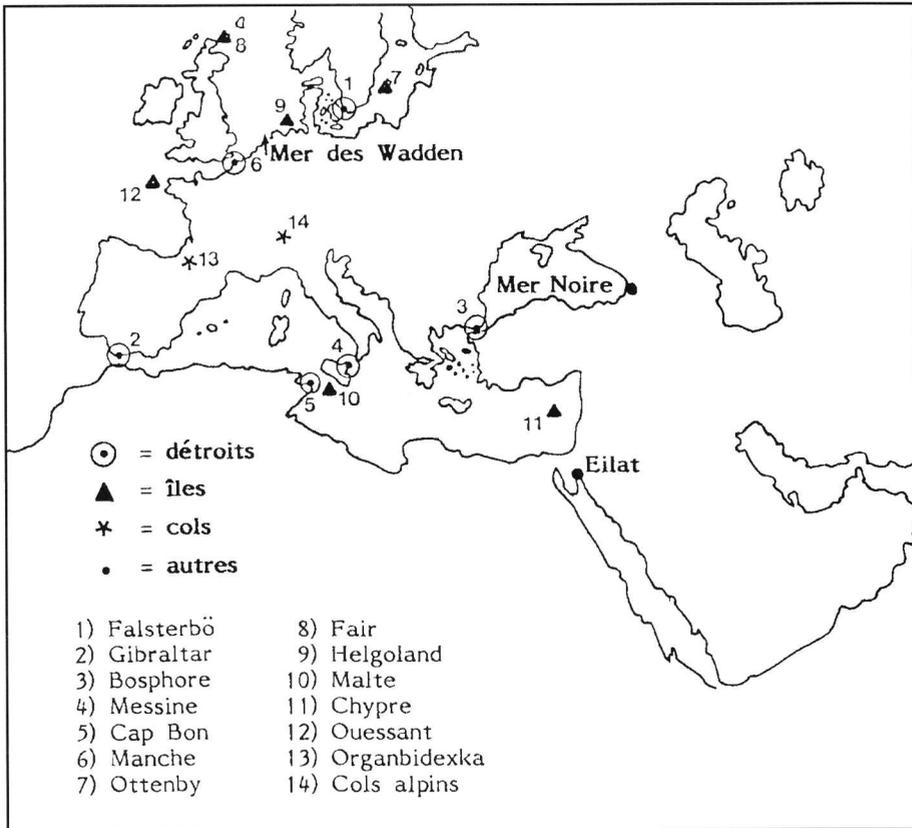


Fig. 1. Principaux sites d'étude de la migration (d'après KEULEN et FETTER, in Cahiers d'Ethologie, 1987).

A. Modalités de la migration des oiseaux planeurs

La migration des oiseaux planeurs et des rapaces en particulier est fortement liée aux conditions climatiques favorisant la formation de diverses sortes d'ascendances. En effet, ces oiseaux sont dotés d'ailes longues et larges

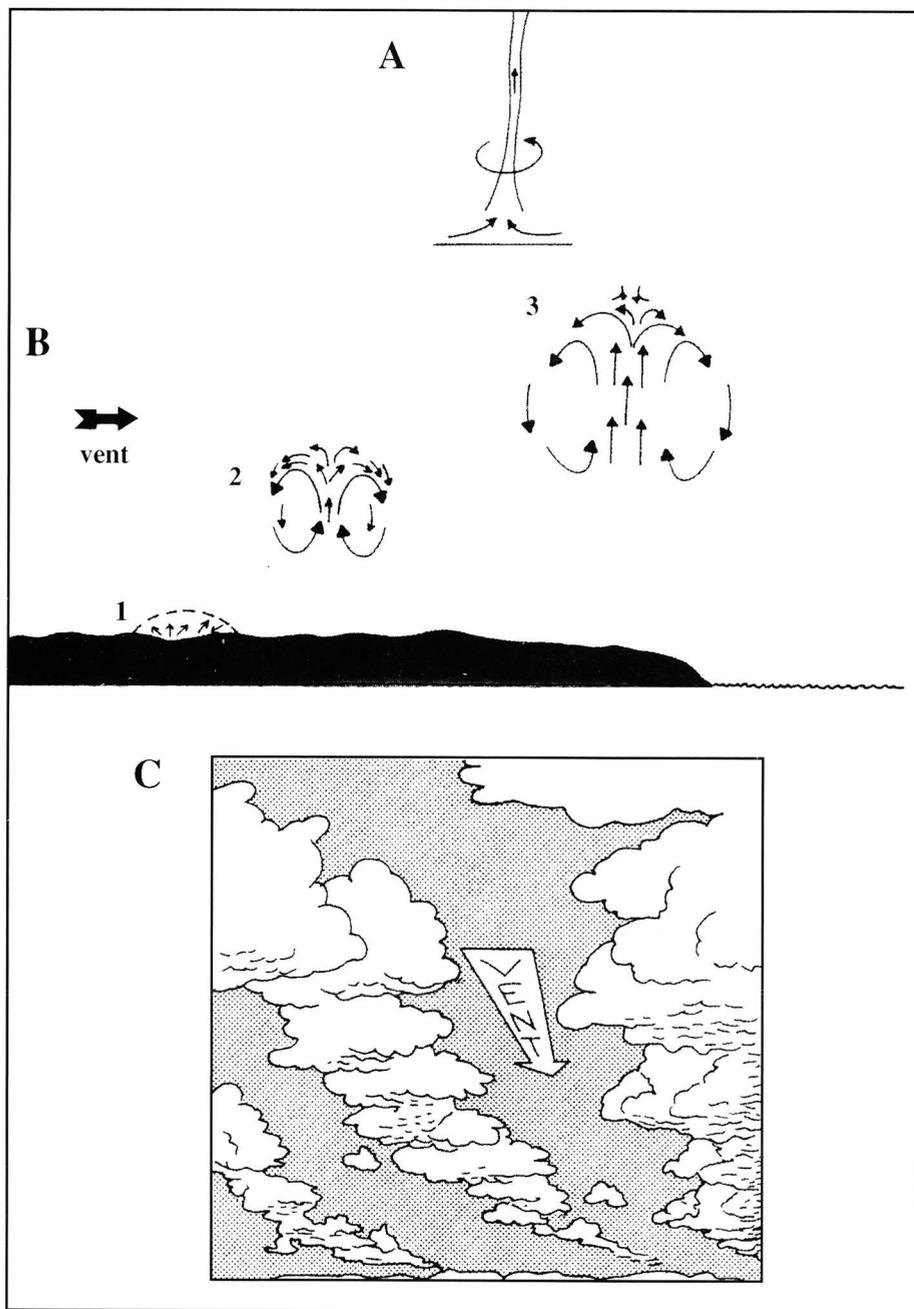


Fig. 2. Types d'ascendances thermiques.
A. Colonne thermique (d'après PENNYCUICK, 1972).
B. Bulle thermique (d'après HAUGH, 1975).
C. Bande thermique (d'après le manuel du pilote vol à voile, 1981).

associées à une queue \pm longue qui accroît la surface portante quand elle est étalée (vautours, aigles, buses,...). Ils ne pratiquent presque pas le vol battu (musculature pectorale très faible) et utilisent surtout l'air ascendant afin de réduire les besoins énergétiques du vol (FORSTER, 1955 ; PENNYCUICK, 1972).

Pour franchir la montagne, les planeurs vont ainsi profiter de la présence des :

a) ascendances thermiques (PENNYCUICK, 1972) (fig. 2)

- Par temps sec, une masse d'air chaud peut former une colonne tourbillonnante ou colonne thermique, au milieu de laquelle la force centrifuge fait chuter la pression sous la pression ambiante. A la base de cette colonne, où le mouvement tourbillonnant est ralenti par frottement avec le sol, l'air s'écoule vers la région de basse pression pour ensuite s'élever dans le centre du tourbillon. Ce mouvement est souvent rendu visible par la poussière qui est aspirée du sol.
- Des anneaux tourbillonnant dans le plan vertical ou « vortex ring » peuvent également se former directement à partir d'un sol chauffé. Une fois complètement développés, ils grimpent à travers l'atmosphère, à la manière d'une bulle, s'agrandissant au fur et à mesure qu'ils s'élèvent.
- Enfin, les ascendances thermiques issues de bonnes sources de chaleur (rochers, gratte-ciels) peuvent dériver, par vents assez forts, pour former des bandes thermiques ou « thermal street ». Un oiseau rencontrant ce genre d'ascendance peut progresser plus rapidement et sur de plus longues distances.

Différents facteurs peuvent affecter la formation de telles ascendances (FORSTER, 1955).

Il s'agit de :

- * facteurs horaires : les heures les plus chaudes de la journée, par exemple ;
- * facteurs géographiques : le front de brise à proximité du littoral (HAUGH, 1975), les pentes ensoleillées, les villes, les zones de végétation ou arides, les étendues d'eau, etc. ;
- * facteurs climatiques :

1. Température

Pour qu'une ascendance thermique se crée, il est nécessaire que l'air soit chauffé. Pour ce faire, le sol, chauffé par le soleil, doit transmettre cette chaleur à l'air plus froid. Ces conditions sont rassemblées lorsqu'une période chaude est suivie d'une brève période froide (après le passage d'un front froid, par exemple).

2. Précipitations

La pluie est généralement accompagnée d'une couverture nuageuse (donc d'une diminution de l'insolation) et d'un refroidissement du sol provoqué par ces précipitations. Les ascendances thermiques sont absentes dans ces conditions.

3. Vent

Les ascendances thermiques se forment plus volontiers avec des vents faibles à modérés (10 à 50 km/h), des vents plus forts causant des turbulences au sol (WOODCOCK, 1942, cité par FORSTER, 1955).

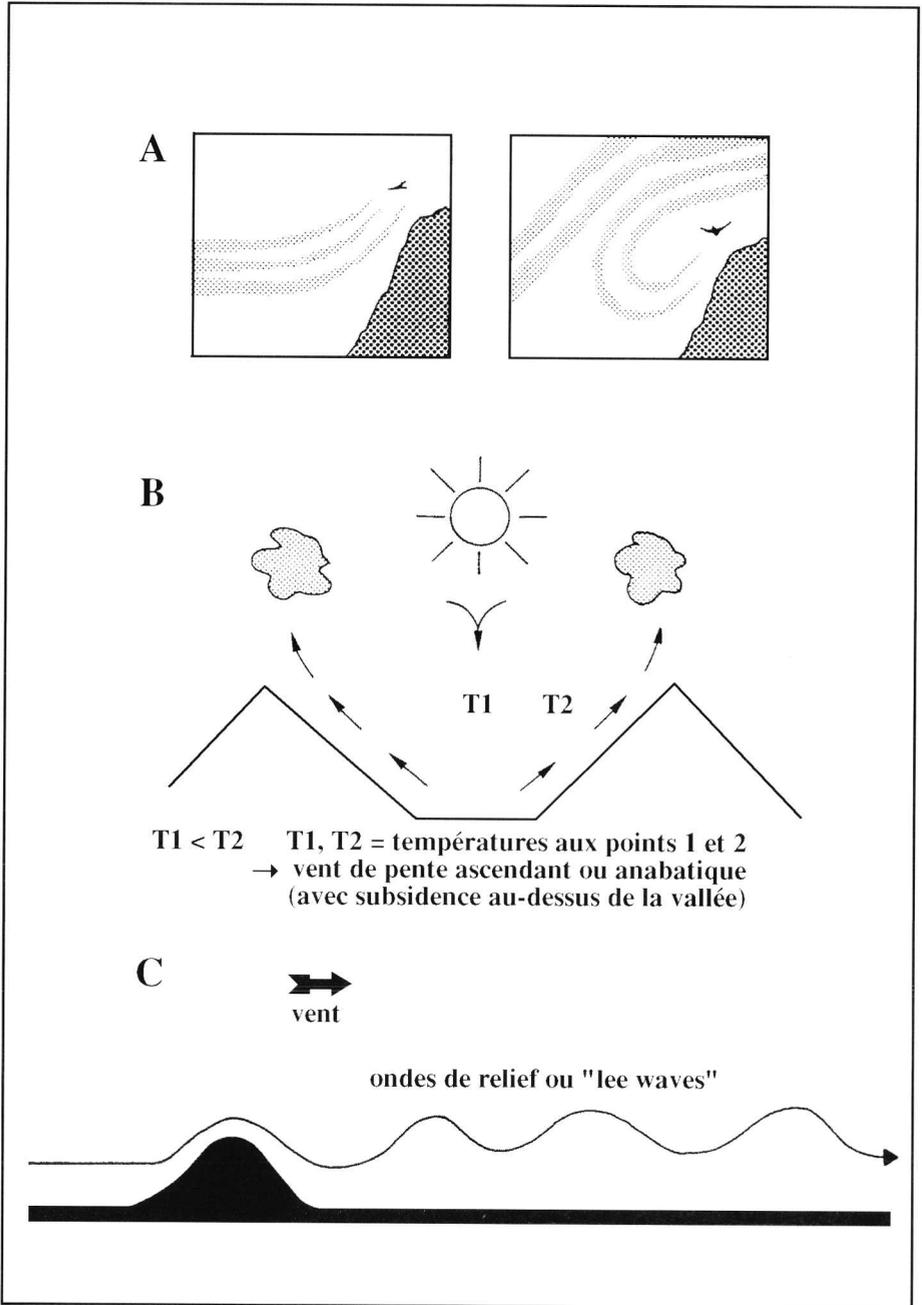


Fig. 3. Types d'ascendances de pente.
A. Ascendances de pente classique (d'après DEJONGHE, 1984).
B. Vent de pente anabatique (d'après FALLOT, 1992).
C. « Lee waves » (d'après HAUGH, 1975).

4. Nébulosité

Ce facteur est une indication inestimable de l'état thermique de l'atmosphère. En général, les cumuli représentent le sommet des ascendances thermiques. Plus ils sont hauts, plus les courants ascendants sont puissants. Au contraire, un ciel clair indique habituellement peu ou pas d'activité thermique. Toutefois, des journées de grand soleil et d'humidité relative faible peuvent présenter des ascendances invisibles dont le sommet n'atteint pas le niveau de condensation.

Les effets de la couverture nuageuse dépendent de son épaisseur. Une mince couche peut, en effet, laisser passer en partie le rayonnement solaire qui parvient à chauffer l'air au contact du sol. Le brouillard, par contre, empêche la formation des ascendances thermiques.

5. Pression

Ce facteur semble ne pas avoir d'effet sur la formation des ascendances.

b) Ascendances de pente (fig. 3)

Des courants d'air verticaux peuvent être créés de plusieurs façons :

- quand le vent souffle en direction d'une des pentes d'une colline, l'air est physiquement dévié vers le haut. Les rapaces se concentrent sur ce côté et profitent de ce courant ascendant (THIOLLAY, 1967a) ;
- l'air proche d'un versant exposé se réchauffe par contact. Vu sa densité plus faible, cet air s'élève le long de la pente et donne naissance à des vents de pente ascendants ou anabatiques (FALLOT, 1992 ; STULL, 1988) ;
- lorsque le vent souffle sur une crête de colline, il arrive que des ascendances se créent sous forme d'ondes derrière la crête. Ces ondes de relief (ou « Lee waves »), souvent repérables par la formation de nuages d'onde (altocumuli), sont peut-être utilisées par les rapaces (EVANS et LATHBURY, 1973) ;
- sur les océans, les vagues peuvent avoir le rôle de petites collines sur lesquelles le vent ricoche. Ceci provoque de faibles ascendances effectivement utilisées par les oiseaux marins.

En montagne, les deux types d'ascendances interfèrent et sont utilisées en proportions variables selon les circonstances (THIOLLAY, 1967a).

Les oiseaux planeurs se laissent surtout porter par l'air ascendant des thermiques. Beaucoup plus irrégulières, les ascendances de pente sont plutôt exploitées par les rapaces usant du vol battu (busards, balbuzards) que par les planeurs purs dans la traversée des chaînes montagneuses. Les premiers, par un vol actif, sont capables de pallier à la moindre qualité des ascendances de pente. Celles-ci demandent donc, aux oiseaux, une plus grande dépense énergétique.

Les rapaces utilisant ces ascendances lors de leur voyage réduisent fortement les coûts en énergie. PENNYCUICK (1972) a estimé et comparé les quantités requises par les vols planés et battus. Le premier requiert une certaine dépense d'énergie pour le métabolisme de base, de même que pour maintenir les ailes en position horizontale. Néanmoins, cette demande énergétique demeure nettement inférieure à celle due au vol battu (environ 30 fois moindre chez le vautour à dos blanc, *Gyps africanus*) (PENNYCUICK, 1969).

B. Relation climat - migration des rapaces

Les travaux traitant l'influence des facteurs climatiques sur la migration d'oiseaux au niveau d'un site particulier sont apparus avec DORST (1956) après la seconde guerre mondiale. Ils ont été particulièrement abondants dans les années 60 et 70 (ABLE, 1973 ; ALERSTAM, 1978 ; BLOKPOEL et RICHARDSON, 1978 ; LACK, 1960 a et b, 1963 a et b ; THIOLLAY, 1967 a).

La relation entre les conditions météorologiques et la migration des rapaces en particulier a fait également l'objet de quelques études (BEAMAN et GALÉA, 1974 ; EVANS et LATHBURY, 1973 ; FINLAYSON *et al.*, 1976 ; HAUGH, 1972, 1975 ; THIOLLAY, 1967a). RICHARDSON (1978, 1990) résume très bien les tendances mises en évidence jusqu'à ce jour.

a) Migration post-nuptiale des rapaces

1. Direction du vent

D'après HAUGH (1972) et RICHARDSON (1978), une proportion plus ou moins grande de rapaces migre quelle que soit la direction du vent.

Les pics de migration observés visuellement en Suède, à Falsterbö (ALERSTAM, 1978 ; RUDEBECK, 1950) et en Suisse (THIOLLAY, 1967a) ont lieu lorsque les vents sont contraires ou de côté. Une explication plausible est que les rapaces volent bas (et sont donc visibles) par vent de face, alors qu'ils migrent à très forte altitude (et sont ainsi invisibles) par vent arrière.

2. Vitesse du vent

Aucune relation significative n'a été trouvée entre la vitesse du vent et le nombre de rapaces en vol. Dans les Alpes, les passages importants ont lieu par vents modérés de face. On observe moins d'oiseaux en cas de vents légers et encore moins par vents forts, qu'ils soient opposés ou arrière (THIOLLAY, 1967a). RUDEBECK (1950) observe un grand nombre de buses, à Falsterbö, par vent calme.

3. Situation synoptique

Les études montrent que les plus gros vols de rapaces vers le Sud ont généralement lieu directement après le passage d'un front froid, avec une dépression qui s'éloigne ou un anticyclone qui s'approche (HAUGH, 1972 ; THIOLLAY, 1967a ; RUDEBECK, 1950).

4. Pression - Température

Les jours de passage important sont habituellement caractérisés par des hautes pressions ou des élévations de pression (HAUGH, 1972 ; RUDEBECK, 1950). Ces jours se distinguent également par des températures faibles ou en chute. Toutefois, cette relation est faible sur certains sites d'étude (ALERSTAM, 1978 ; HAUGH, 1972).

5. Humidité

Les forts passages de la plupart des espèces tendent à se produire les jours de faible humidité, ce qui est typique du temps clément situé derrière un front froid ou dans une zone de haute pression (HAUGH, 1972).

6. Pluie, brouillard et nébulosité

Ces phénomènes climatologiques ont pour effet d'inhiber la migration post-nuptiale des rapaces (BEAMAN et GALÉA, 1974 ; THIOLLAY, 1967a ;

RUDEBECK, 1950), les ascendances thermiques étant absentes dans ces conditions (FORSTER, 1955). Certains individus vont migrer sous un ciel nuageux mais le nombre d'oiseaux en vol est beaucoup plus important par temps clair ou partiellement nuageux (BEAMAN et GALÉA, 1974 ; THIOLLAY, 1967a).

b) Migration pré-nuptiale des rapaces

Cette migration a été beaucoup moins étudiée que celle d'automne.

Les études de HAUGH (1972), sur le lac Ontario, ont dévoilé certaines tendances. La migration est significativement plus intense par vents de terre, chauds et venant du Sud et avec des pressions en chute que par vents de lacs, froids et du Nord et avec des pressions en hausse. Dans cette même étude, il ressort que le nombre de rapaces migrateurs n'est pas corrélé à l'humidité et que la pluie et la neige interrompent le passage. Enfin, la nébulosité qui se développe pendant la journée ne semble pas réduire la densité de la migration alors qu'une épaisse couverture nuageuse dès l'aube a un effet négatif sur le passage.

EVANS et LATHBURY (1973) ont montré, à Gibraltar, que les vents d'Est suppriment les passages visibles. Ces vents induisent peut-être un fort courant d'air ascendant au-dessus du rocher, ce qui entraînerait les planeurs hors de vue. FINLAYSON *et al.* (1976) avancent qu'avec de tels vents, les oiseaux dérivent et viennent aboutir à l'autre extrémité du détroit.

BEAMAN et GALÉA (1974) déduisent de leurs études sur les îles maltaises, que le nombre de rapaces visibles est plus grand lorsque souffle le vent du Nord, donc opposé. Par vent arrière, les oiseaux voleraient trop haut pour être observés.

D'une manière générale, les effets du climat sur le nombre de rapaces en vol sont très difficiles à cerner. Nous pouvons toutefois tirer quelques grandes lignes de conclusions.

Au printemps, les études suggèrent que la migration a surtout lieu par un temps clément avec des vents chauds du Sud, c'est-à-dire lorsqu'une haute pression est située à l'Est ou lorsqu'une basse pression se situe à l'Ouest.

En automne, les passages intenses tendent à se produire par temps également clément mais avec des vents froids du Nord, lorsque la pression remonte, c'est-à-dire, lorsqu'une basse pression est passée ou qu'un anticyclone s'approche.

Dans les deux cas, les oiseaux se concentrent dans les zones d'ascendances et tendent à passer quand les thermiques se développent (à la mi-journée, lorsque les cumuli sont présents, et quand le brouillard ou une forte sécheresse sont absents).

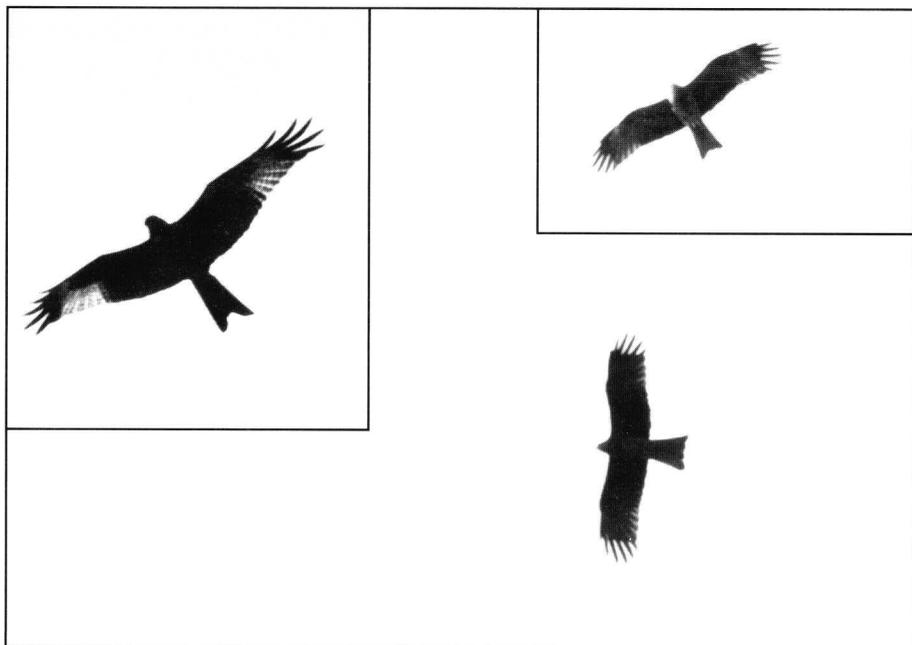


Photo 1. Selon les conditions d'observation, les silhouettes en vol du milan noir *Milvus migrans*, peuvent varier considérablement — partie droite de la photo. Pour comparaison, sur la partie gauche, silhouette du milan royal *Milvus milvus* (photos C. KEULEN).

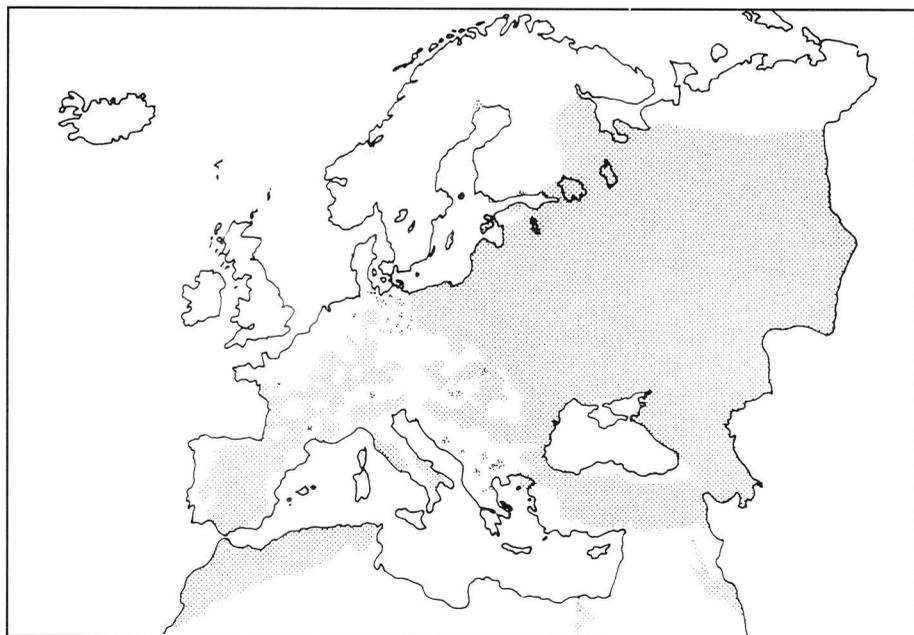


Fig. 4. Distribution des populations du milan noir (d'après GENSBØL, 1988).

Présentation de l'espèce étudiée

**Le milan noir - *Milvus migrans* - Ordre des Falconiformes,
Fam. des Accipitridés (photo 1)**

A. Distribution (fig. 4)

Deux sous-espèces existent dans le Paléarctique occidental : la sous-espèce nominale, *Milvus migrans migrans*, très largement répandue dans toute l'Europe et le Nord de l'Afrique et présente en Australie, et *Milvus migrans aegypticus*, que l'on retrouve au Sinaï, sur la péninsule arabe et en Afrique Orientale. (GENSBØL, 1988 ; NEWTON et OLSEN, 1991).

Absent en Grande-Bretagne et rare en Belgique, le milan noir est très commun sur notre continent. On estime à 37 000 couples nicheurs l'effectif européen (dont 25 000 en Espagne) (GENSBØL, 1988 ; SUETENS, 1989). Ce qui est peu de chose par rapport aux effectifs mondiaux. Le milan noir est en effet le rapace diurne le plus abondant sur la terre (GENSBØL, 1988).

En Belgique, depuis 10 ans, il ne se passe plus une saison sans qu'une nidification ou une tentative de nidification (SUETENS, 1989) soit observée. De l'autre côté de la frontière, *Milvus migrans* est assez familier en Lorraine. Dans l'ensemble du territoire français, on dénombre entre 6000 et 8000 couples (ENQUETE F.I.R./U.N.A.O., 1984).

B. Evolution des effectifs

Depuis 1950, la grande campagne de destruction des rapaces s'est arrêtée mais un recul de l'espèce est constaté presque partout. Il semble que cette régression soit liée à l'emploi massif des pesticides organochlorés dans les années 60. L'usage de ces produits ayant été réglementé, nous pouvions nous attendre à une augmentation des effectifs. Il n'en est rien et le nombre d'individus est stable dans quelques régions seulement (ENQUETE F.I.R./U.N.A.O., 1984 ; GENSBØL, 1988). Malgré les nombreuses hypothèses avancées, les causes de ces pertes sont encore peu connues. Vu le régime charognard de cet oiseau, nous devons toutefois suggérer l'empoisonnement par les restes de pesticides dans des animaux morts ou mourants, ou l'empoisonnement volontaire (ENQUETE F.I.R./U.N.A.O., 1984 ; VALET, 1975), l'examen d'un oeuf non fécondé ayant décelé des teneurs en DDE, dieldrine et PCB non négligeables (FIUCZYNSKI et WENDLAND, 1968).

C. Habitat et régime alimentaire

Cet oiseau préfère les boisements ouverts. Il niche normalement en forêt à proximité immédiate de l'eau : lac, fleuve, étang, marais, terrains humides, la mer-même, localement (GENSBØL, 1988 ; NEWTON et OLSEN, 1991 ; FIUCZYNSKI et WENDLAND, 1968).

Il s'agit d'un oiseau surtout piscivore (Cyprinidés, Percidés, Esocidés). La diversité des proies peut toutefois être très grande : oiseaux morts, oisillons capturés, petits mammifères (campagnols, hamsters, lapereaux,...). Localement, on peut également trouver parmi les prises, des amphibiens, des reptiles ou des insectes. Enfin, il n'est pas rare de l'apercevoir se nourrissant de déchets sur les dépôts d'ordures, ou exploitant les laisses de marées sur le littoral, (Côte du Golfe de Guinée, par exemple) (FIUCZYNSKI et WENDLAND, 1968 ; GENSBØL, 1988 ; GÉROUDET et ROBERT, 1940 ; NEWTON et OLSEN, 1991 ; SUETENS, 1989 ; WENDLAND, 1953).

D. Migration

Les individus de l'espèce *Milvus migrans* sont en majorité des migrateurs qui rejoignent l'Afrique au Sud du Sahara pour y passer l'hiver. La migration proprement dite commence fin juillet et est complètement terminée en septembre (GENSBØL, 1988). Les milans noirs traversent plutôt la Mauritanie que le Sahara central et vont hiverner dans tout l'Ouest africain, du bas Sénégal au Nigéria et au Nord du Cameroun (THIOLLAY, 1977, 1978).

SCHIFFERLI (1967), sur base des reprises d'oiseaux bagués, a analysé les voies de migration des milans noirs originaires de Suisse et d'Allemagne (fig. 5).

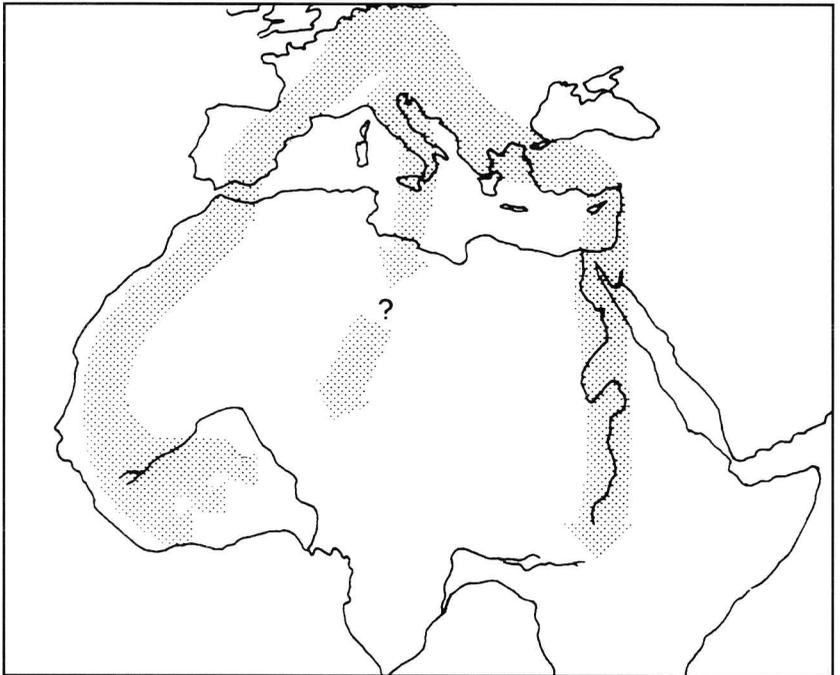


Fig. 5. Interprétation des reprises automnales de milans suisses et allemands bagués. Trois voies migratoires se distinguent : Gibraltar, la Sicile et le cap Bon, le Bosphore (d'après SCHIFFERLI, 1967).

- * Les milans noirs suisses adoptent une trajectoire Sud-Ouest à travers la France, vers Gibraltar puis une direction Sud-Est pour atteindre leurs quartiers d'hiver dans l'Ouest de l'Afrique. Par contre, les individus du Sud de la Suisse migrent plutôt vers le Sud-Est par l'Italie et le cap Bon.
- * Les milans noirs allemands migrent dans 3 directions : Sud-Ouest vers Gibraltar, Sud vers l'Italie et Sud-Est vers le Bosphore. Les quartiers d'hiver se situent dans l'Ouest comme dans l'Est Africain.

Les 2 populations remontent vers le Nord de la fin février à avril, en empruntant souvent la même route que lors de leur migration d'automne.

Au niveau du détroit de Gibraltar, de nombreuses campagnes de comptage sont effectuées (FINLAYSON *et al.*, 1976 ; LATHBURY, 1970). THIOLLAY, en automne 1972 et 1974, recense 59000 milans noirs pour un total d'environ 235 000 rapaces (THIOLLAY, 1977). En 1977, près de 27 000 individus sont comptabilisés à Eilat, en Israël (NEWTON et OLSEN, 1991). Au cap Bon, au printemps 1975, 15000 milans noirs sont dénombrés, pour un total de 40 000 rapaces (THIOLLAY, 1977). Au col d'Organbidexka, l'équipe d'O.C.L. en recense près de 16 000 en 1991. Nous en avons comptés près de 12 000 en 1993 (fig. 7).

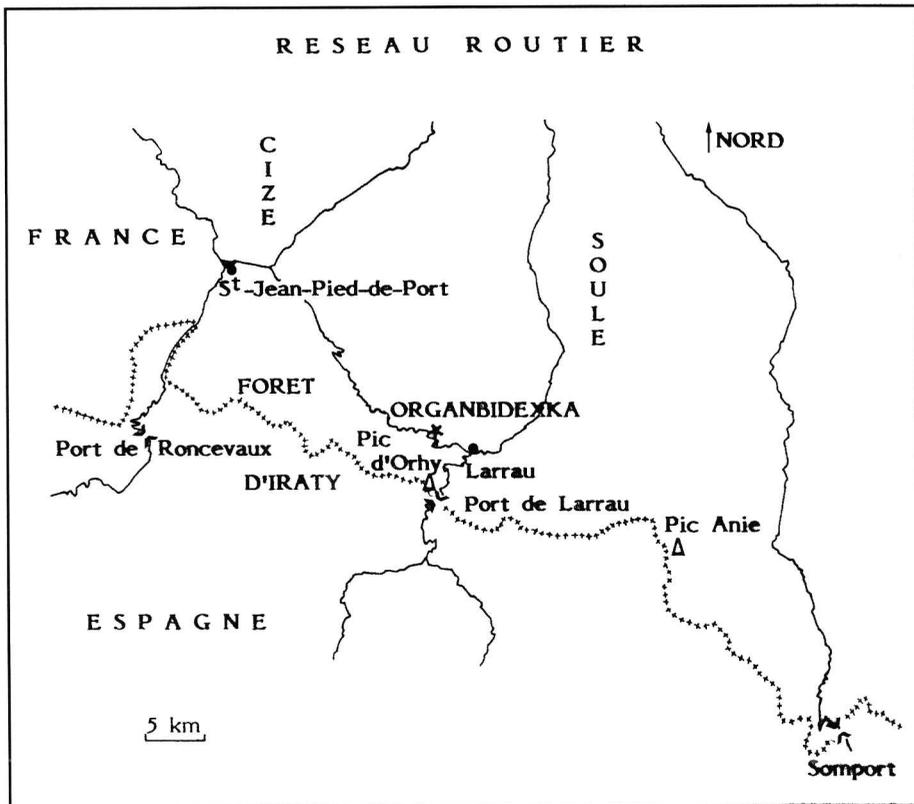


Fig. 6. Organbidexka dans sa région (d'après KEULEN et FETTER, in Cahier d'Ethologie, 1987).



Photos 2 et 3. Col d'Organbidexka : vues partielles de la sphère d'observation
(photos C. KEULEN).



Matériel et méthodes

A. Localisation du site d'observation (fig. 6)

Situé à l'Est du département des Pyrénées Atlantiques, le col d'Organbidexka, choisi comme site d'étude, appartient à la vallée de la Haute Soule, au cœur du pays basque. Cette vallée se présente aux oiseaux comme le premier passage de moyenne altitude (± 1500 m) dans la partie occidentale des Pyrénées (**photo 2**). Elle concentre les migrateurs qui abordent la montagne par le Béarn et qui hésitent à s'engager dans les vallées d'Ossau et d'Aspe. Par ces cols, transitent de nombreux pigeons ramiers (712 000 en 1991), mais aussi énormément de rapaces (71 000 en 1991), de cigognes noires (environ 300 par an), de grues (20 000 en 1991) et de passereaux. Le col d'Organbidexka (1284 m), situé au centre de cette vallée, permet une réelle observation de la migration. Il s'agit d'une crête orientée grossièrement Est-Ouest et située au Nord du pic d'Orhy (**photo 3**), premier sommet de plus de 2000 m des Pyrénées Atlantiques. Largement ouvert sur les Hautes-Pyrénées (massif de l'Anie) (**photo 4**), le col offre un champ de prospection très large (KEULEN et FETTER, 1987 ; TANGUY LE GAC, 1981).



Photo 4. Massif de l'Anie (Hautes-Pyrénées), vu du col d'Organbidexka (photo L. LÉONARD).

B. Méthode d'observation utilisée

Au col d'Organbidexka, le protocole d'observation est le suivant. A l'aide de jumelles (8 x 30 ou 10 x 50), les observateurs prospectent dans un champ de 180° afin de repérer tout oiseau ou groupe d'oiseaux se présentant dans le couloir de migration. Avec un télescope, les individus sont déterminés (âge et sexe, dans la mesure du possible). Ensuite, les observateurs suivent l'évolution des oiseaux jusqu'à ce qu'ils aient « basculé » de l'autre côté des crêtes. C'est seulement à ce moment qu'ils sont considérés comme migrateurs et comptabilisés. Après cette frontière, le relief devient peu accidenté et la voie leur est complètement ouverte pour progresser à travers l'Espagne. Le poste d'observation est continuellement occupé (de 5h TU à 17h TU) par 3 personnes minimum, afin de réduire le pourcentage d'oiseaux « manqués ».

C. Méthodes d'analyses statistiques

Nous avons effectué deux types d'analyses statistiques ; dans un premier temps, l'analyse de la variance à un critère de classification et, dans un second temps, l'analyse des correspondances.

D. Variables utilisées dans nos analyses

Nous énumérons ci-dessous les différentes variables que nous avons retenues pour réaliser notre étude.

a. Nombre de milans noirs

Il s'agit du nombre total de milans noirs migrateurs comptabilisés durant une journée (**fig. 7 et 8**).

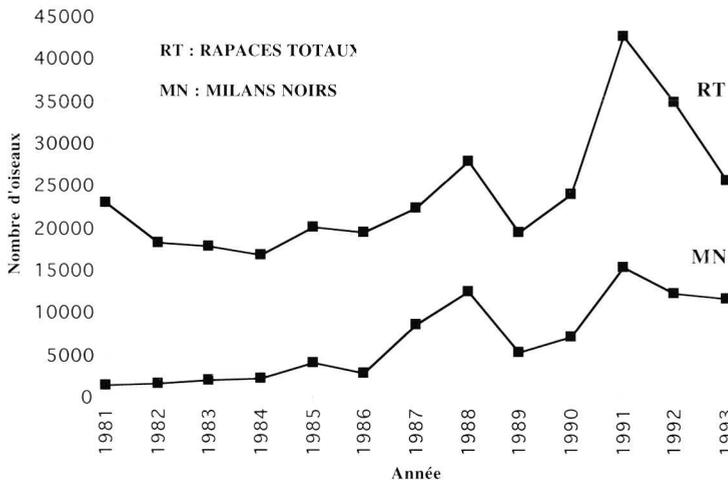


Fig. 7. Nombre de milans noirs et nombre total de rapaces migrateurs observés chaque année (de 1981 à 1993) au col d'Organbidexka.

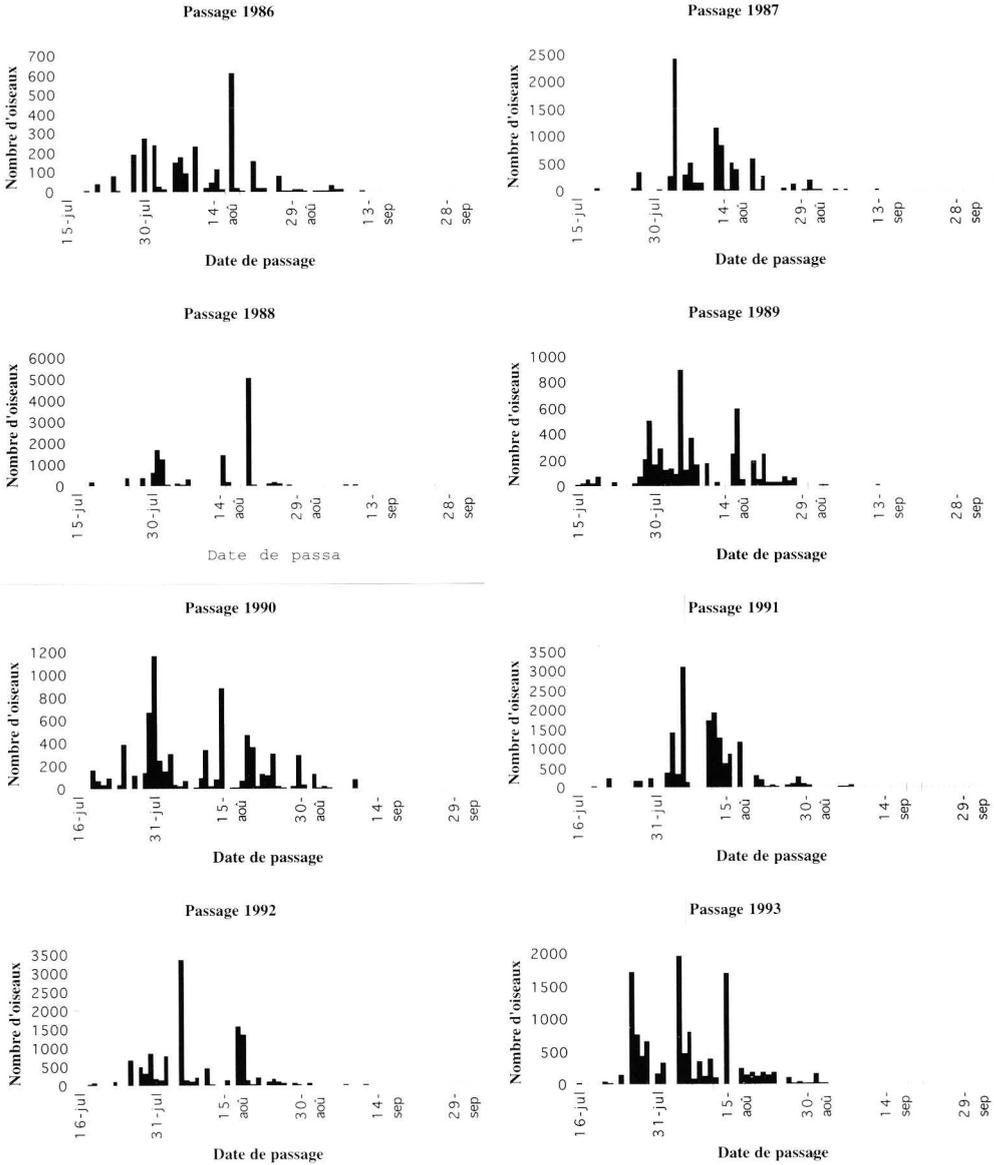


Fig. 8. Intensités des passages quotidiens de milans noirs migrateurs au col d'Organbidexka (de 1986 à 1993).

b. Facteurs météorologiques

- * *Variables fournies par les fiches « météo ».*
- *Direction des vents dominants au sol.*
- *Vitesse des vents dominants au sol (en noeuds).*
- *Direction des vents dominants en altitude (500 hPa \approx 5560 m)*
- *Vitesse des vents dominants en altitude (en noeuds).*
- *Température minimale en plaine (°C).* Il s'agit de la température minimale nocturne relevée dans la région délimitée par les villes de Pau, Mont de Marsan et de Agen.
- *Température minimale sur le relief (°C).* Il s'agit de la température minimale nocturne relevée à la station du Pic du Midi à une altitude de 2800 m.
- *Température maximale en plaine (°C).* Il s'agit de la température maximale diurne relevée dans les mêmes stations que précédemment.
- *Température maximale sur le relief (°C).* Il s'agit de la température maximale diurne relevée à la station du Pic du Midi.
- *Précipitations de nuit en plaine (mm).* Il s'agit de la quantité moyenne d'eau récoltée dans les stations précitées, entre 18 h T.U. la veille et 6 h T.U.
- *Précipitations de nuit sur le relief (mm).*
- *Précipitations de jour en plaine (mm).* Quantité d'eau récoltée entre 6 h T.U. et 18 h T.U.
- *Précipitations de jour sur le relief (mm).*
- *Pression atmosphérique au sol (hPa).*
- *Situation barométrique.* Cette variable décrit les centres d'action barométrique influençant le temps sur le Sud-Ouest de la France : dépression, anticyclone ou marais barométrique.
- *Influence d'un front froid (nombre de jours écoulés après le passage d'un front froid).*
- *Nébulosité (en octa = huitièmes de ciel observé).*
- *Type de nuages.* Nous scindons cette variable en trois classes selon leur altitude. Il s'agit des nuages bas (type cumulus), des nuages moyennement élevés (type altocumulus) et des nuages élevés (type cirrus).
- *Insolation en plaine (%).* Ce pourcentage représente le rapport entre la durée d'insolation du jour et la durée astronomique du jour. Il s'agit, donc, de la durée pendant laquelle le soleil a été visible et son rayonnement, atteignant le sol, suffisamment intense pour provoquer des ombres portées sur le sol.
- *Insolation sur le relief (%).*
- * *Variables récoltées sur le site d'observation.*
- *Type de temps au col.* Pour décrire le type de temps au niveau du col d'Organbidexka, nous avons utilisé quatre descripteurs : le beau temps, le temps nuageux, le brouillard et la mer de nuages.
- *Direction du vent au col.*
- *Vitesse du vent au col.*

c. Autres variables

- *Délai écoulé après un gros passage.* Il s'agit de l'intervalle (en jours) entre le jour considéré et la dernière journée de passage intense ($n > 300$).
- *Nombre de milans le jour précédent.* Cette variable permet de montrer si le nombre d'oiseaux passés un jour influence le nombre d'oiseaux qui passent le lendemain.

E. Choix de la période d'étude

Notre étude s'est effectuée à partir des données récoltées par l'équipe d'O.C.L. et à partir de nos propres données. Malheureusement, sur 13 années d'observations, seules les huit dernières ont pu être retenues (de 1986 à 1993). En effet, les données météorologiques au col sont prises de manière trop irrégulière durant les cinq premières années, rendant l'analyse de ces facteurs plus difficile.

Nous remarquons que la migration débute aux environs du 15 juillet pour se terminer vers le 1er septembre. Afin d'alléger notre travail, nous avons choisi d'étudier une période plus restreinte représentant l'essentiel de la migration du milan noir. Pour déterminer cette période, nous avons cumulé les passages journaliers sur les 13 années d'observation (**fig. 9**). Il apparaît que l'essentiel de la migration du milan noir se déroule entre le 26 juillet et le 20 août.

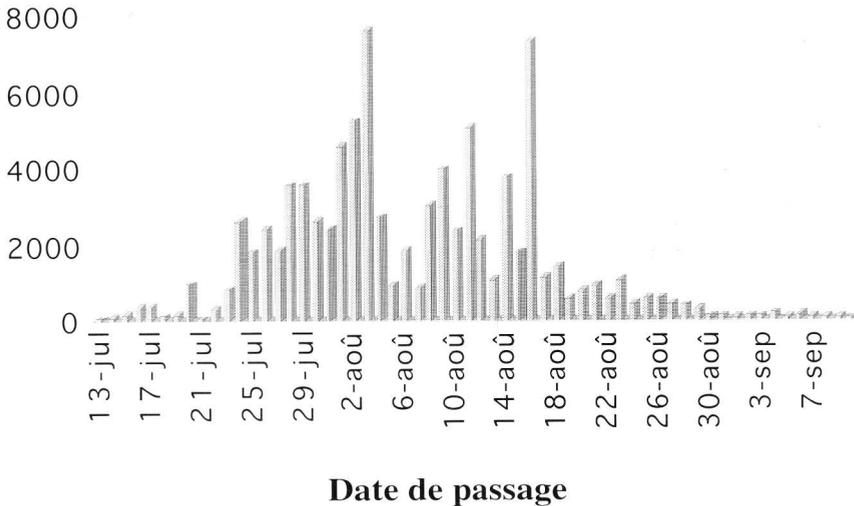


Fig. 9. Intensités cumulées des passages de milans noirs en fonction du jour.

Résultats des analyses

1. Analyse unidimensionnelle - Analyse de la variance

Afin de mieux approcher la normalité, la variable étudiée est le logarithme népérien du nombre de milans noirs observés + 1. L'hypothèse d'égalité des moyennes de populations est rejetée lorsque la probabilité de dépassement est inférieure à 5 %. Dans ce cas, nous pouvons déduire que la variable étudiée est significativement influencée par le facteur météorologique pris en compte. Les effectifs sont exprimés en nombre de jours où la situation se présente.

1.1. Influence des vents en plaine

Tableau I : Intensité de la migration en fonction de la direction des vents en plaine.

Direction	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Est	5,8	13
pas de vent	5,5	11
Sud - Est	5,1	18
Sud	4,8	13
Nord - Est	4,7	28
Nord	3,8	43
Sud - Ouest	3,7	5
Nord - Ouest	2,7	60
Ouest	2,1	17

En analysant ce tableau, nous voyons que les vents les plus favorables au départ de migration sont ceux de secteur Est et Sud-Est. Par contre, les vents d'Ouest et de Nord-Ouest semblent nettement moins propices aux milans noirs. Notons que la migration est également très intense en l'absence de vent dans la plaine.

Tableau II : Intensité de la migration en fonction de la vitesse des vents en plaine.

Vitesse (noeuds)	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
0-9	4,1	128
10-15	3,6	67
+ de 15	2,6	13

Nous pouvons déduire de ce tableau que les vents en plaine sont d'autant meilleurs pour les milans qu'ils sont faibles.

Les probabilités de dépassement calculées confirment l'influence significative des vents en plaine sur la migration du milan noir. C'est surtout leur direction qui est déterminante, alors que leur vitesse semble moins importante.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Direction du vent	6,237	0,0000
Vitesse du vent	2,643	0,0735

1.2. Influence des vents d'altitude (~ 5000 m)

Les moyennes du logarithme népérien du nombre de milans noirs + 1 calculées en fonction de la direction et de la vitesse des vents en altitude ne sont pas mentionnés ici étant donné que ce facteur n'influence pas du tout la décision de migrer de cet oiseau.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Direction du vent	0,738	0,6398
Vitesse du vent	1,182	0,3087

1.3. Influence des précipitations

Tableau III : Intensité de la migration en fonction des précipitations.

	Hauteur (mm)	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Précipitations en plaine (nuit)	0	4,1	173
	1 - 2	2,3	15
	+ de 2	2,5	20
Précipitations sur le relief (nuit)	0	4,2	178
	1 - 2	2,4	13
	+ de 2	1,2	17
Précipitations en plaine (jour)	0	4,1	184
	1 - 2	2,6	15
	+ de 2	1,3	9
Précipitations sur le relief (jour)	0	4,2	178
	1 - 2	1,7	16
	+ de 2	2,0	14

Les précipitations, même faibles (1 à 2 mm), semblent inhiber l'envol des oiseaux. Ce sont surtout les pluies nocturnes sur les reliefs et diurnes en plaine qui ont les effets les plus marqués.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Précipitations en plaine (nuit)	7,554	0,0007
Précipitations sur le relief (nuit)	14,859	0,0000
Précipitations en plaine (jour)	7,601	0,0007
Précipitations sur le relief (jour)	12,759	0,0000

Tout comme la direction des vents en plaine, le facteur « précipitations » semble prépondérant dans la décision de migrer du milan noir. Qu'elle soit nocturne ou diurne, en vallée ou sur le relief, la pluie influence négativement le nombre d'oiseaux en partance vers le Sud.

1.4. Influence de la situation barométrique

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Situation barométrique	0,463	0,7630

Les situations barométriques, telles que nous les avons décrites, semblent n'avoir aucun effet sur le nombre de milans noirs s'élançant à travers les Pyrénées.

1.5. Influence de la nébulosité

Tableau IV : Intensité de la migration en fonction de la nébulosité.

Nébulosité (octa)	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
0 - 2	5,1	87
3 - 5	4,0	57
6 - 8	2,1	64

Il apparaît une nette corrélation négative entre le nombre de milans migrateurs et la quantité de nuages recouvrant la région. Un ciel clair ou peu nuageux est bien plus favorable aux oiseaux qu'un ciel très couvert.

Tableau V : Intensité de la migration en fonction du type nuageux dominant.

Type nuageux	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Nuages élevés (Cirrus)	5,9	30
Pas de nuage	5,3	20
Nuages moyennement élevés (Alto cumulus)	3,8	16
Nuages bas (Cumulus)	3,2	142

Nous voyons une très nette différence entre les nuages bas (de type cumulus) ou moyennement élevés (de type alto cumulus) et les cirri élevés ou l'absence de nuages. Un plafond nuageux bas a, semble-t-il, une influence négative sur la migration du milan noir.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Nébulosité	32,676	0,0000
Type de nuages	13,576	0,0000

Que ce soit par la quantité ou par le type de nuages, le facteur nébulosité semble être d'une grande importance dans l'explication de l'ampleur des passages quotidiens.

1.6. Influence du type de temps au col d'Organbidexka

En combinant les quatre descripteurs cités plus haut, nous avons défini neuf types de temps susceptibles de sévir dans la zone d'étude.

Tableau VI : Intensité de la migration en fonction du type de temps au col d'Organbidexka.

Type de temps	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Mer de nuages puis beau	5,9	25
Beau et ensoleillé	5,5	32
Brouillard puis beau	5,5	1
Mer de nuages puis nuageux	5,2	19
Brouillard puis nuageux	4,5	26
Nuageux	4,4	40
Nuageux puis brouillard	2,9	12
Beau puis brouillard	2,7	9
Brouillard ou pluies	0,4	44

Il ressort de ces résultats, une nette influence négative du brouillard sur le passage des milans noirs (même s'il succède à un autre type de temps (clair ou nuageux). Par contre, un brouillard se dissipant durant la journée, n'a pas cet effet néfaste sur le bon déroulement de la migration. La mer de nuages, quant à elle, phénomène de début de matinée ou de fin de journée, n'a pas ce rôle inhibiteur sur la migration.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Météo sur le col	36,566	0,0000

Il est indiscutable que le type de temps qui sévit au col d'Organbidexka a une influence énorme sur l'intensité des passages journaliers.

1.7. Influence du vent au col d'Organbidexka

Tableau VII : Intensité de la migration en fonction de la direction du vent au col d'Organbidexka.

Direction du vent	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Est	5,4 (5,5)	18
Sud - Ouest	4,9 (3,7)	16
Sud - Est	4,7 (5,1)	23
Sud	4,5 (4,8)	76
Nord - Est	3,7 (4,7)	15
Nord	2,6 (3,8)	8
Nord - Ouest	2,1 (2,7)	6
Pas de vent	1,8 (5,5)	45
Ouest	0 (2,1)	1

En confrontant les moyennes obtenues au col et en plaine (chiffres entre parenthèses), nous pouvons observer que :

- * l'absence de vent, propice à l'envol en vallée, est nettement défavorable sur le col ;
- * les vents de secteur Sud-Ouest vont prendre de l'importance sur le col ;
- * les vents à composante Nord seront bien plus néfastes à Organbidexka qu'en plaine ;
- * enfin, en plaine comme sur le relief, il ressort clairement que les vents d'Est sont les plus avantageux pour les oiseaux migrateurs.

Remarque : Nous ne tenterons pas d'expliquer la moyenne nulle par vents d'Ouest, ceux-ci ne s'étant produits qu'à une seule reprise.

Tableau VIII : Intensité de la migration en fonction de la vitesse du vent au col d'Organbidexka.

Vitesse du vent	Moyenne ln nb. milans noirs + 1	Effectifs
Nulle à faible	3,5 (4,1)	130
Moyenne	4,3 (3,6)	45
Forte	4,8 (2,6)	33

En comparant ces résultats avec ceux observés pour les vents en plaine (entre parenthèses), nous remarquons des tendances totalement opposées. En effet, lors de sa migration, le milan noir semble préférer des vents forts au col et des vents faibles en plaine.

	F-ratio	Probabilité de dépassement
Direction du vent	8,467	0,0000
Vitesse du vent	4,891	0,0084

Comme le type de temps, la direction et la vitesse du vent mesurées au col sont des facteurs prépondérants pour le milan noir lors de sa traversée des crêtes du Pays Basque.

1.8. Coefficient de corrélation

Pour les variables quantitatives, nous avons effectué des calculs de corrélation de rang (ou de Spearman) entre le nombre de milans noirs comptabilisés chaque jour et les valeurs numériques de ces variables (tableau ci-dessous).

Variabes	Coefficient de corrélation	Probabilité de dépassement
Taux d'insolation en plaine	0,58	0,0000
Taux d'insolation sur le relief	0,64	0,0000
Température maximale en plaine	0,47	0,0000
Température maximale sur le relief	0,57	0,0000
Température minimale en plaine	- 0,24	0,0006
Température minimale sur le relief	- 0,21	0,0022
Délai après le passage d'un front froid	0,23	0,0056
Pression atmosphérique en surface	0,01	0,8890
Nombre de milans noirs le jour (j - 1)	0,05	0,4884
Délai après un gros passage	- 0,04	0,6371

Le pourcentage d'insolation, en plaine comme sur le relief, apparaît comme une variable intervenant sur le nombre de milans noirs migrateurs.

Les températures minimales relevées durant la nuit semblent avoir moins d'influence sur l'envol des oiseaux que les températures maximales enregistrées durant la journée. Toutefois, ces deux facteurs influencent de manière significative l'ampleur des passages migratoires.

Le nombre de jours écoulés après le passage d'un front froid montre aussi un coefficient de corrélation faible, mais semble tout de même intervenir dans la décision de s'envoler. Le coefficient positif nous indique que les oiseaux attendent quelques jours avant de démarrer.

Les trois dernières variables (pression atmosphérique en surface, ampleur du passage la veille et délai depuis le dernier « gros » passage) ne sont pas corréliées à l'intensité de la migration.

1.9. Influence de la période de migration

La deuxième partie de notre travail consiste à réaliser les mêmes analyses sur des périodes plus courtes. Nous avons fragmenté les 26 jours d'étude en trois périodes. Cette division s'est faite à partir du graphique représentant les passages cumulés des 13 années d'étude. Nous avons d'abord sélectionné une courte période correspondant à la période de passage optimum (du 03 au 06 août). Nous avons ensuite considéré les jours précédents et les jours suivants respectivement comme les périodes 1 et 3. Cette opération va nous permettre de voir si les milans noirs sont plus ou moins dépendants des différents facteurs selon qu'ils sont au début, à la fin ou dans le plein moment de leur migration.

Tableau IX : Analyse de variance en fonction des 3 périodes.

Variables	Période 1 (du 26/07 au 02/08)		Période 2 (du 03/08 au 06/08)		Période 3 (du 07/08 au 20/08)	
	F-ratio	Prob. dépass.	F-ratio	Prob. dépass.	F-ratio	Prob. dépass.
Direction vent en plaine	5,029	0,0001	2,409	0,0473	2,406	0,0201
Vitesse vent en plaine	1,869	0,1630	2,982	0,0664	0,107	0,8982
Direction vent en altitude	0,558	0,7313	0,494	0,8066	0,628	0,6788
Vitesse vent en altitude	1,809	0,1724	1,384	0,2666	0,058	0,9434
Précip. en plaine (nuit)	3,898	0,0255	4,381	0,0217	3,442	0,0355
Précip. sur relief (nuit)	5,491	0,0064	5,274	0,0111	5,599	0,0048
Précip. en plaine (jour)	5,286	0,0076	2,055	0,1464	1,761	0,1767
Précip. sur relief (jour)	13,835	0,0000	2,629	0,0893	2,336	0,1015
Nébulosité	21,846	0,0000	2,126	0,1375	12,480	0,0000
Type de nuages	5,783	0,0015	3,080	0,0436	4,996	0,0028
Situation barométrique	1,412	0,2412	0,447	0,7735	0,526	0,7172
Type de temps sur le col	21,764	0,0000	4,539	0,0030	18,503	0,0000
Direction vent sur col	1,900	0,0867	2,718	0,0317	5,506	0,0000
Vitesse vent sur col	1,779	0,1775	0,543	0,5868	3,242	0,0429

Plusieurs variables influencent la migration de façon semblable, que l'on tienne compte de l'entièreté de la période ou que l'on considère les trois périodes séparément. Ce sont :

- * *les vents en plaine* : leur direction reste très influente quel que soit le moment de migration. Leur vitesse, par contre, n'entre en ligne de compte que lors de la seconde période ;
- * *les vents en altitude* ne sont absolument pas pris en compte dans la décision de migrer, et ce, durant toute la période migratoire ;
- * l'influence des *précipitations nocturnes* demeure très forte à tous moments ;
- * jamais, le milan noir ne semble tenir compte de la situation barométrique avant de s'envoler ;
- * les chiffres confirment que le *type de temps au col* joue, à chaque moment, un des rôles les plus importants sur l'ampleur des passages ;
- * l'influence du *type nuageux* dominant reste prépondérante durant toute l'étude.

Au contraire, certains facteurs semblent n'influencer les passages que durant certaines périodes de la migration. Ce sont :

- * *les précipitations diurnes* : elles paraissent n'agir sur les oiseaux qu'au début des départs ;
- * la *nébulosité* : elle semble intervenir de façon moins flagrante au cours de la seconde période ;
- * *les vents sur le col* : leur vitesse n'intervient quasi pas lors des deux premières périodes et leur direction n'a que peu d'influence sur l'intensité des passages du début de la migration.

Tableau X : Coefficients de corrélation en fonction des 3 périodes.

Variables	Période 1		Période 2		Période 3	
	(du 26/07 au 02/08)		(du 03/08 au 06/08)		(du 07/08 au 20/08)	
	Coeff. corrél.	Prob. dépass.	Coeff. corrél.	Prob. dépass.	Coeff. corrél.	Prob. dépass.
T° min. en plaine	- 0,45	0,0004	- 0,27	0,1376	- 0,10	0,2891
T° min. sur relief	- 0,38	0,0023	- 0,16	0,3691	- 0,11	0,2275
T° Max. en plaine	0,51	0,0001	0,34	0,0613	0,48	0,0000
T° Max sur relief	0,62	0,0000	0,48	0,0071	0,57	0,0000
Ecart front froid	0,63	0,0096	0,55	0,0139	0,21	0,0368
Insolation plaine	0,67	0,0000	0,43	0,0160	0,53	0,0000
Insolation relief	0,72	0,0000	0,52	0,0040	0,61	0,0000
Pression en surface	0,04	0,7668	0,02	0,9203	- 0,03	0,7913

Nous remarquons que les températures minimales, bien corrélées dès le début des passages, semblent nettement moins liées à l'intensité migratoire plus tard dans la saison.

Conclusions partielles

Ces deux tableaux montrent que les tendances générales observées lors de l'analyse globale sont respectées lorsque nous étudions trois périodes distinctes. Toutefois, dans certains cas particuliers, le milan noir semble devenir moins sélectif en fin de migration. L'influence de ces facteurs diminue en effet avec le temps.

L'analyse unidimensionnelle de l'intensité des passages de milans noirs nous permet déjà de distinguer les critères qui interviennent de façon primordiale sur le nombre d'oiseaux qui entament, chaque jour, leur migration post-nuptiale.

Ces résultats sont très intéressants, mais nous ne pouvons limiter nos investigations à cette seule analyse. En effet, l'ampleur du passage du milan noir ne va pas dépendre d'une seule de ces différentes variables mais des nombreuses interactions pouvant exister entre elles. C'est pour cela que nous allons procéder à une analyse multidimensionnelle. Celle-ci va nous permettre de confirmer les tendances dégagées ci-dessus et éventuellement d'en mettre en évidence de nouvelles, notamment au niveau de la hiérarchisation de l'importance des différents facteurs.

2. Analyse multidimensionnelle - Analyse des correspondances multiples

Pour cette analyse, nous avons conservé les seuls facteurs semblant avoir une certaine importance sur la migration du milan noir. Nous avons gardé vingt variables que nous avons découpées en 5 classes maximum (**tabl. XI**).

Les cinq premiers axes extraits représentent respectivement 14,2 %, 6,8 %, 4,6 %, 4,1 %, et 4,1 % de l'inertie totale, c'est-à-dire de la variabilité totale des données. Ces valeurs ne sont pas très élevées, la contribution cumulée à l'inertie totale n'atteignant pas 34 %. Elles ne doivent cependant pas arrêter notre interprétation. BENZECRI *et al* (1973) prétendent, en effet, que tant que l'on peut trouver une signification logique aux axes de dispersion, l'analyse reste valable, quelle que soit la variabilité qu'ils représentent.

a) Plan des axes factoriels 1 et 2 (fig. 10)

- Le premier axe tiré de notre analyse est principalement constitué par les variables suivantes :
 - le type de temps sur le col (CA = 8,7 %) ;
 - l'insolation en plaine et sur le relief (CA = 9,1 % et 9,5 %) ;
 - la nébulosité (CA = 8,7 %) ;
 - la température journalière maximale en plaine et sur le relief (CA = 7,3 % et 9,8 %).
- Le deuxième axe est surtout décrit par :
 - la direction et la vitesse du vent sur le col (CA = 14,1 % et 12,5 %) ;
 - la température nocturne minimale en plaine et sur le relief (CA = 12,4 % et 9,8 %) ;
 - la direction du vent en plaine (CA = 9,2 %).

Tabl. XI. Modalités des différentes variables utilisées dans l'analyse des correspondances.

Variables	Nombre de classes	Définitions	Libelles	Nombre d'individus
Nombre de milans noirs par jour	5	de 0 à 20	M0	73
		de 21 à 100	M1	26
		de 101 à 300	M2	52
		de 301 à 1000	M3	38
		plus de 1001	M4	19
Direction du vent en plaine	5	absence de vent	DS0	11
		N - NE	DS1	71
		E - SE	DS2	31
		O - NO	DS3	77
		S - SO	DS4	18
Vitesse du vent en plaine (noeuds)	3	de 0 à 10	FS0	128
		de 11 à 15	FS1	67
		plus de 16	FS2	13
Température minimale en plaine (nuit) (°C)	2	moins de 15 °C	T10	99
		plus de 15 °C	T11	109
Température minimale sur relief (nuit) (°C)	2	moins de 16 °C	T20	115
		plus de 16 °C	T21	93
Température maximale en plaine (jour) (°C)	2	moins de 28 °C	T30	105
		plus de 28 °C	T31	103
Température maximale sur relief (jour) (°C)	2	moins de 25 °C	T40	95
		plus de 25 °C	T41	113
Précipitations en plaine (nuit) (mm)	3	nulle ou en traces	P10	173
		de 1 à 2 mm	P11	15
		plus de 2 mm	P12	20
Précipitations sur relief (nuit) (mm)	3	nulle ou en traces	P20	178
		de 1 à 2 mm	P21	13
		plus de 2 mm	P22	17
Précipitations en plaine (jour) (mm)	3	nulle ou en traces	P30	184
		de 1 à 2 mm	P31	15
		plus de 2 mm	P32	9
Précipitations sur relief (jour) (mm)	3	nulle ou en traces	P40	178
		de 1 à 2 mm	P41	16
		plus de 2 mm	P42	14
Nébulosité (x/8)	3	de 0/8 à 2/8	N0	87
		de 3/8 à 5/8	N1	57
		de 6/8 à 8/8	N2	64
Type de nuages	4	nuages bas (cumulus)	Nu0	142
		nuages moyens (altocum.)	Nu1	16
		nuages élevés (cirrus)	Nu2	30
		absence de nuages	Nu3	20
Insolation en plaine (%)	2	moins de 64 %	I10	102
		plus de 64 %	I11	106
Insolation sur le relief (%)	2	moins de 54 %	I20	103
		plus de 54 %	I21	105
Types de temps sur le col	3	composante beau temps	MC0	58
		composante nuageux	MC1	85
		composante brouillard	MC2	65
Vitesse du vent sur le col	3	nul à faible	FC0	130
		modéré	FC1	45
		fort	FC2	33
Direction du vent sur le col	5	absence de vent	VC0	45
		N - NE	VC1	23
		E - SE	VC2	41
		O - NO	VC3	7
		S - SO	VC4	92
Nombre de milans noirs (la veille)	5	de 0 à 20	JP0	78
		de 21 à 100	JP1	25
		de 101 à 300	JP2	46
		de 301 à 1000	JP3	40
		plus de 1001	JP4	19
Délai après dernier « gros » passage (jours)	3	1 à 2	Ec0	48
		3 à 6	Ec1	74
		7 à 13	Ec2	39
Période	3	du 1er au 8e jour	Pe1	112
		du 9e au 12e jour	Pe2	32
		du 13e au 26e jour	Pe3	64

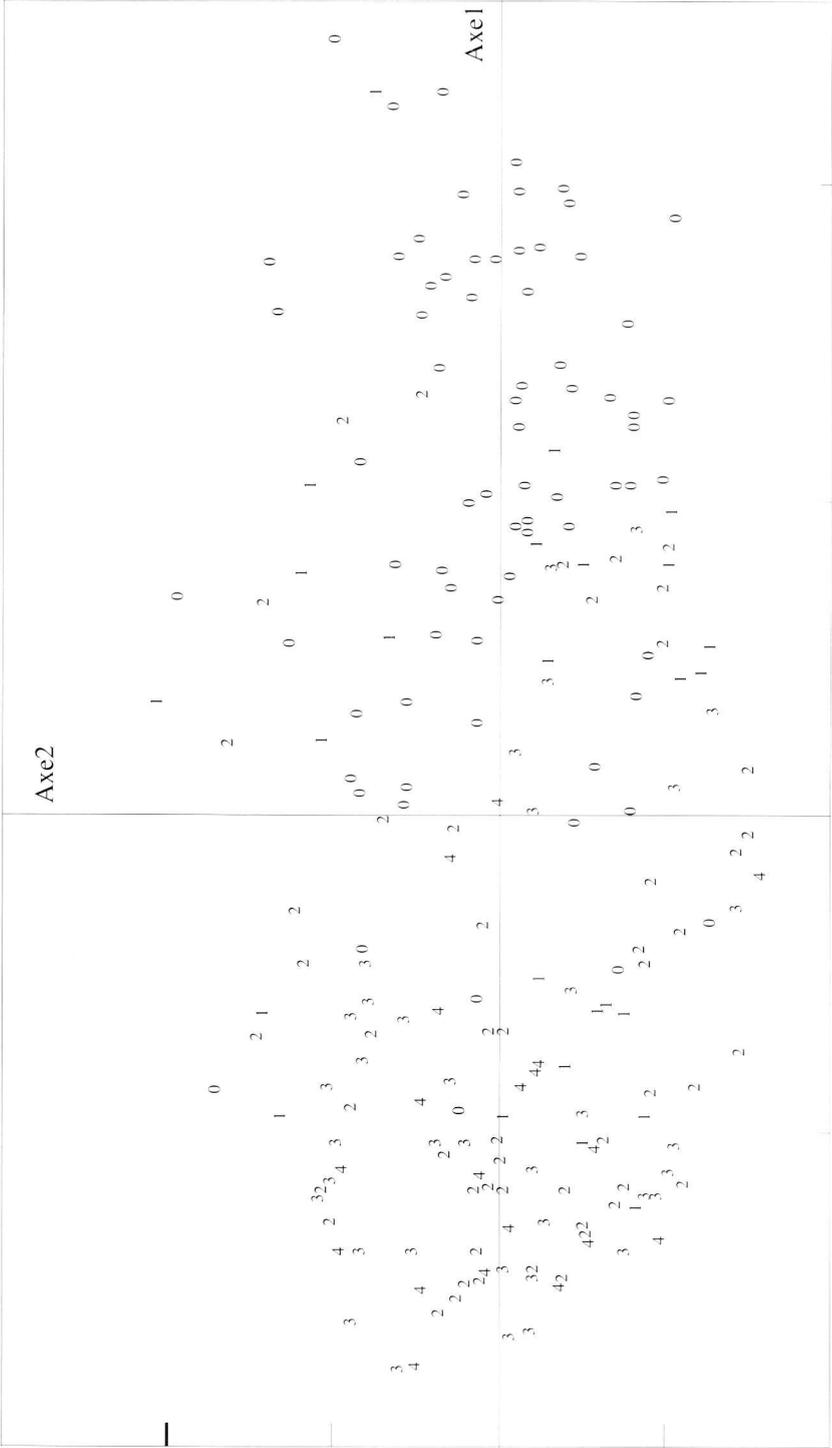


Fig. 10. a. Plan des axes factoriels 1 et 2 (nuages de points).

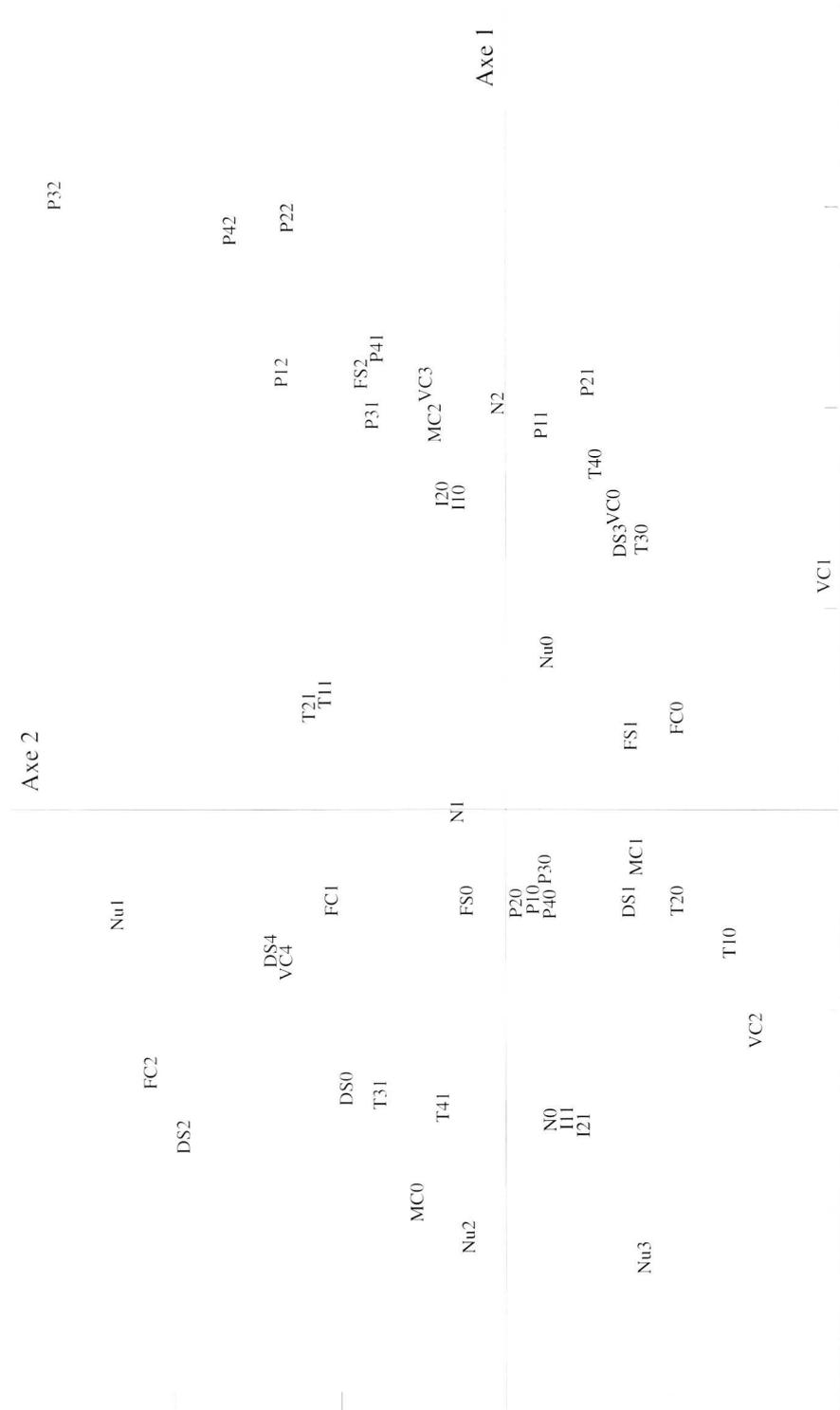
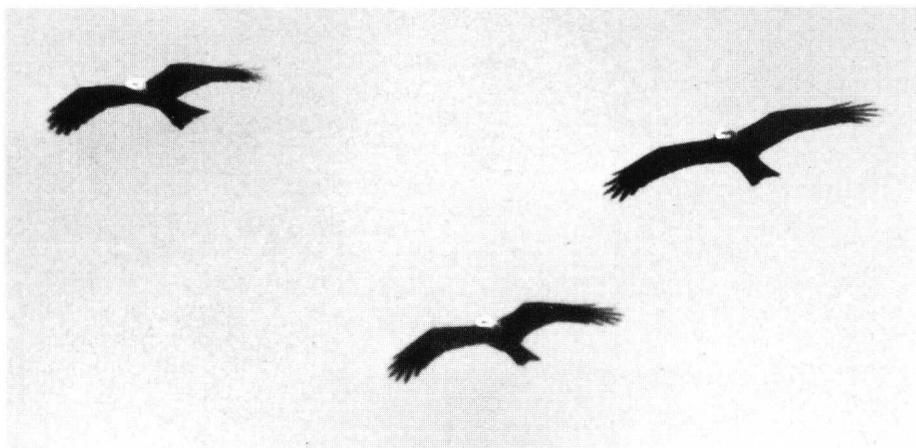


Fig. 10.b. Plan des axes factoriels 1 et 2 (modalités des variables).



Photos 5 et 6. Les milans noirs (photo 5, F.I.R.-O.C.L.), qui franchissent la crête d'Organbidexka (↓), abordent la montagne par la vallée de Larrau (photo 6, C. KEULEN).

Interprétations

Il ressort, de la projection du premier nuage de points (**fig. 10.a**), une nette séparation des jours d'observations selon l'axe 1. Les journées de passage important (codes 2, 3 et 4) se trouvent sur la gauche de l'axe alors que les jours de faible passage (codes 0 et 1) se situent sur la droite du graphique.

Lorsque nous superposons à ce nuage, celui des modalités de variables (**fig. 10.b**), il apparaît plusieurs choses.

Dans la partie gauche de la figure, sont projetées les journées de passage important. Elles se distinguent par une nébulosité faible (0/8 - 2/8) (N0), des nuages élevés (Nu2, Nu3), une insolation importante en plaine comme sur le relief (I11, I21) et de fortes températures journalières (T31, T41). L'absence de vent (DS0) ou des vents de secteur Est ou Sud-Est et Sud ou Sud-Ouest (DS2, DS4) en plaine sont également caractéristiques de telles journées. Les passages intenses se déroulent aussi par beau temps (même précédé par du brouillard) (MC0), par vents forts (FC2) et de secteur Est ou Sud-Est et Sud ou Sud-Ouest (VC2, VC4) sur le col d'Organbidexka.

L'autre côté de l'axe est occupé par les journées de faible intensité de migration. Elle se caractérisent par des précipitations (P.1, P.2), des faibles pourcentages d'insolation (I10, I20), une nébulosité intense (N2) avec des nuages bas (cumulus) (Nu0) et des températures journalières basses (T30, T40). Ces passages de moindre ampleur ont également lieu par vents forts (FS2) et de secteur Ouest ou Nord-Ouest (DS3) en plaine, par vents nuls ou de secteur Nord ou Nord-Est et Ouest ou Nord-Ouest (VC1, VC3) sur le col. Enfin, le brouillard, même précédé de beau temps, (MC2), est aussi spécifique de telles journées.

Les centres de gravité des différents nuages (de C0 à C4) sont disposés le long du premier axe. L'axe 2 semble donc ne pas intervenir dans la répartition des points dans ce plan.

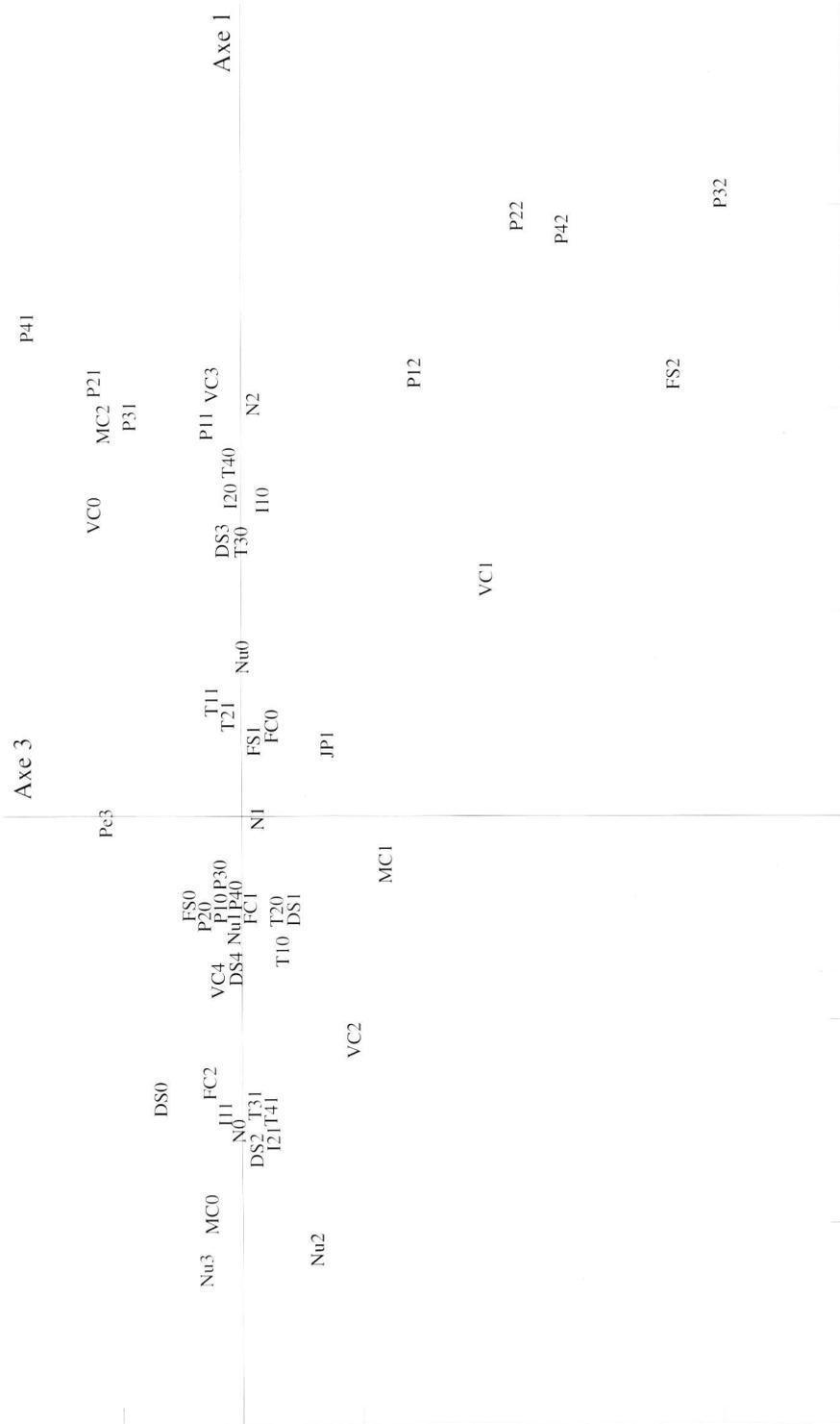


Fig. 11.b. Plan des axes factoriels 1 et 3 (modalités des variables).

b) Plan des axes factoriels 1 et 3 (fig. 11.a)

- Les principaux descripteurs de l'axe 3 sont :
 - la vitesse du vent en plaine (CA = 10,5 %) ;
 - les précipitations journalières en plaine et sur le relief (CA = 9,0 % et 8,9 %) ;
 - la météo sur le col (CA = 12,1 %) ;
 - le vent sur le col (CA = 11,6 %).

Ce plan nous permet de soupçonner trois groupes \pm homogènes d'intensité de passage (fig. 11.b) :

- 1) Les **jours de passage intense** (+ de 300 individus par jour) dans le quadrant supérieur gauche se caractérisent par :
 - l'absence de vent (DS0, FS0) en plaine ;
 - des vents de vitesse élevée (FC2) et de secteur Sud ou Sud-Ouest (VC4) sur le col ;
 - un beau temps ensoleillé sur le col (MC0) ;
 - l'absence de nuages (Nu3).
- 2) Les **journées moyennes** (21 à 300 oiseaux par jour) dans le bas du plan se distinguent par :
 - des vents de secteur Nord ou Nord-Est (DS1) en plaine ;
 - des vents de secteur Est ou Sud-Est (VC2) et Nord ou Nord-Est (VC1) sur le col ;
 - un temps nuageux sur le col (MC1) ;
 - des nuages élevés (Nu2).
- 3) Les **jours de passages faibles** (moins de 20 milans noirs par jour) dans le quadrant supérieur droit se caractérisent par :
 - les vents forts (FS2) et de secteur Ouest ou Nord-Ouest (DS3) en plaine ;
 - les vents nuls (VC0) ou de secteur Ouest ou Nord-Ouest (VC3) sur le relief ;
 - le brouillard (MC2) et les précipitations (P-1, P-2) ;
 - les températures journalières basses (T30, T40).

La projection des centres de gravité (de C0 à C4) confirme assez bien cette tendance.

c) Analyses des autres plans

Les graphiques fournis par les axes 2 et 3 et par les axes 3 et 4 ne présentent aucune particularité. Aucune séparation n'est possible entre les différentes modalités de passage. Pour cette raison, nous avons jugé qu'il n'était pas nécessaire de représenter ces graphiques dans ce travail.

Pour clôturer cette partie résultats, nous pouvons admettre que cette analyse multidimensionnelle a permis de confirmer les tendances mises en évidence lors de la première partie du travail. Toutefois, l'apport de cette analyse des correspondances par rapport à l'analyse unidimensionnelle n'est pas très convaincant.

Discussion

L'influence des conditions météorologiques sur la migration du milan noir dans les Pyrénées occidentales présente des similitudes avec les tendances mises en évidence sur les rapaces en d'autres sites d'observation. Toutefois, nous observons certaines discordances avec la littérature.

A propos de l'influence des vents

Direction des vents

Il ressort une fois de plus que la direction des vents influence fortement le nombre de rapaces migrateurs observés (ALERSTAM, 1978 ; CURTIS, 1969 ; DEMONG et EMLÉN, 1978 ; HILGERLOH, 1977 ; KERLINGER, 1982 ; RICHARDSON, 1966).

En plaine, les vents de secteur Est ou Sud-Est, c'est-à-dire obliques, et de secteur Sud ou Sud-Ouest, c'est-à-dire opposés, sont préférés aux vents arrière. Sur le col, ce sont essentiellement les vents de face qui favorisent les passages intenses. Ces observations semblent corroborer celles de THIOLLAY (1967a) dans les Alpes suisses, de ALERSTAM (1978) et de RUDEBECK (1950) en Suède, à Falsterbö.

RUDEBECK (1950) attribue ce phénomène à la préférence qu'ont les rapaces à glisser contre le vent, sur lequel ils prennent « appui », et à la difficulté qu'ils éprouveraient s'ils ne pouvaient le faire.

L'explication selon laquelle les vents de face contraignent les oiseaux à voler à basse altitude et à rester dans le champ de vision des observateurs pourrait également s'appliquer. Il faut cependant noter que nos observations sont effectuées à une altitude d'environ 1300 mètres. L'utilisation des jumelles nous permet de prospecter sur une hauteur appréciable (plus de 2000 mètres). Or, THIOLLAY (1967a) indique une altitude maximale de 2800 mètres pour le vol du milan noir dans les Alpes. De plus, pourquoi ces oiseaux s'efforceraient-ils à grimper à de telles altitudes alors que le plus haut sommet de la région de prospection ne se trouve qu'à 2000 mètres. Nous pouvons penser, dès lors, que le nombre de rapaces échappant aux jumelles parce que volant trop haut, est minime.

Les forts passages enregistrés à Organbidexka par vents d'Est ou de Sud-Est sont peut-être dus au fait que ces vents poussent les oiseaux vers les Pyrénées occidentales et donc vers notre site d'observation.

Au contraire, les milans noirs seraient déviés vers les Hautes-Pyrénées ou vers les Pyrénées orientales par vents d'Ouest ou de Nord-Ouest. Cette dérive pourrait avoir comme effet de dissuader les oiseaux de s'envoler ou de les emmener vers un autre couloir migratoire.

Ces déviations dues aux différentes conditions de vent expliquent sans doute une grande part des fluctuations du nombre d'oiseaux migrateurs observés d'une année à l'autre (ULFSTRAND, 1958). Toutefois, d'autres facteurs sont susceptibles d'intervenir dans ce phénomène : il s'agit des conditions climatiques générales et des variations de la dynamique de population.

Cependant, il semble, comme HAUGH (1972) et RICHARDSON (1978) l'ont observé, qu'une certaine part de la population migratrice s'envole quelle que soit la direction du vent (hormis par vent d'Ouest et de Nord-Ouest).

ALERSTAM (1979b) pense que le fait qu'une espèce avienne soit moins dépendante qu'une autre vis à vis des vents favorables s'explique par la

longueur du parcours migratoire. Le milan noir, migrateur transsaharien, serait moins exigeant quant à la direction des vents que la buse, migrateur transeuropéen.

Vitesse des vents

RICHARDSON (1978) ne suggère aucune relation significative entre la vitesse des vents et le nombre d'oiseaux en migration. Or, les effets de ce facteur sur le nombre de milans noirs, sont indéniables, surtout sur le relief, dans le Pays Basque.

Nos résultats corroborent ceux de THIOLLAY (1967a) dans les Alpes suisses, aux cols de Cou et de Brétolet. A savoir, les passages maxima de rapaces migrateurs se déroulent essentiellement lorsque le vent souffle avec une certaine vitesse.

Les milans noirs peuvent migrer sans rencontrer de difficultés avec des vents allant jusqu'à 40 km/h. Ils s'arrêtent presque complètement quand la vitesse atteint 70 km/h (THIOLLAY, 1967a). Notre analyse nous apprend que les plus gros passages ont lieu avec des vitesses du vent supérieures à 30 km/h sur le col. Nous pouvons interpréter cette tendance par le fait que des vents trop faibles rendent les ascendances de pente peu utilisables. Le découpage de ce facteur en quatre classes (au lieu de trois), en incluant une catégorie « vent très fort » (plus de 50 km/h, par exemple), aurait peut-être permis de montrer également l'influence négative des vitesses trop élevées. Celles-ci provoqueraient une trop grande turbulence dans les ascendances de pente. De même, les ascendances thermiques deviennent obliques et, de ce fait, sont moins facilement praticables.

En plaine, au contraire, bien que la corrélation ne soit pas très significative, la tendance est plutôt inverse à celle observée au col. Cela correspond à ce qui a été mis en évidence par d'autres auteurs (ALERSTAM, 1978 ; EVANS, 1966 ; HILGERLOH, 1981 et RUDEBECK, 1950).

L'influence de la vitesse des vents semble donc opposée selon que l'on se trouve en plaine ou sur le relief. Ceci permet de confirmer l'action de ce facteur sur la présence et la disponibilité d'ascendances supplémentaires dans les régions accidentées, rendant le survol des montagnes plus aisé. Par contre, en plaine, les vents de vitesse élevée ne seront la source d'aucune ascendance, ce qui les rend inutiles, voire défavorables, à la migration des rapaces.

A propos de l'influence de la pression atmosphérique

Nous n'avons décelé aucune corrélation entre la pression atmosphérique et le nombre de rapaces migrateurs. Ces résultats paraissent contraires à ce qu'ont pu observer d'autres auteurs au printemps (NISBET et DRURY, 1968) comme en automne (ALERSTAM, 1978 ; HAUGH, 1972 ; RUDEBECK, 1950 et THIOLLAY, 1967a). Toutefois, le manque de précisions quant à ce facteur peut expliquer ces résultats.

A propos de l'influence de la température

De notre étude, nous pouvons déduire que des températures nocturnes basses et diurnes élevées sont favorables au passage du milan noir. Cette influence semble s'opposer à ce qui se déroule habituellement en automne. La migration post-nuptiale des oiseaux a, en effet, souvent cours avec des

températures journalières basses ou en chute (ALERSTAM, 1978, pour certaines espèces ; HILGERLOH, 1977, 1981 ; LACK, 1960a ; 1963a).

Mais comme l'ont très bien fait remarquer ALERSTAM (1978) et RICHARDSON (1990), les rapaces planeurs sont des cas spéciaux. Les journées chaudes offrent, en effet, les meilleures conditions pour le développement des ascendances, l'activité thermique étant bien plus forte lorsque les températures sont élevées. Une corrélation avec une baisse des températures n'est donc pas toujours évidente (ALERSTAM, 1978 ; HAUGH, 1972). Cela se vérifie de nouveau dans notre étude.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue les températures minimales enregistrées durant la nuit. Celles-ci présentent également un coefficient de corrélation significatif avec le nombre de milans noirs en vol.

Nous pouvons suggérer que ce rapace réagit à des températures nocturnes basses et profite de la chaleur diurne afin de traverser le massif des Pyrénées de façon plus aisée. Cette hypothèse se confirme lorsque l'on considère les corrélations entre les températures minimales nocturnes et les températures maximales diurnes. En effet, ces variables ne sont pas ou très peu corrélées entre elles ; en plaine, le coefficient de corrélation est de 0,14 ($p = 0,0453$) alors qu'il n'est que de 0,09 ($p=0,1508$) sur le relief. Il est donc tout à fait possible qu'une nuit froide précède une journée chaude.

A propos des précipitations, de la nébulosité et de la visibilité

Tout comme la direction des vents, ces facteurs, corrélés entre eux, vont fortement influencer l'ampleur des vols migratoires.

Influence des précipitations

Les résultats de notre travail confirment l'importance de ce facteur dans la décision de migrer (ALERSTAM, 1981, dans AIDLEY, 1981).

La migration post-nuptiale des rapaces semble être fortement, mais pas totalement, réduite par la pluie (BEAMAN et GALÉA, 1974 ; RUDEBECK, 1950 et THIOLLAY, 1967a). Les oiseaux planeurs sont certainement les migrateurs les plus sensibles à ce facteur. En effet, les ascendances thermiques sont tout à fait inexistantes en cas de pluie (FORSTER, 1955).

Influence de la nébulosité

La nébulosité est fortement corrélée aux précipitations, mais la couverture nuageuse, seule, semble suffisante pour diminuer le nombre d'oiseaux migrateurs. Ces constatations correspondent aux observations effectuées par divers auteurs (ALERSTAM, 1978 ; HILGERLOH, 1977 ; RIDDIFORD, 1985 ; RUDEBECK, 1950 et THIOLLAY, 1967a). Cet effet négatif peut s'expliquer par le faible taux d'ensoleillement dû à la nébulosité abondante, provoquant un échauffement du sol nettement moindre et donc une diminution du nombre d'ascendances thermiques utilisables.

Nous pouvons également postuler, comme NISBET et DRURY (1968) l'ont avancé, que le milan noir ne se sert pas exclusivement du soleil pour s'orienter. Il est en effet possible qu'une part des oiseaux s'envole sous un ciel complètement couvert, une nébulosité 6/8 - 8/8 n'inhibant pas totalement la migration (BEAMAN et GALÉA, 1974 ; THIOLLAY, 1967a). Bien sûr, nous pouvons penser que les crêtes et les vallées jouent le rôle de ligne directrice (« leitlinien », « zugstrassen », « leading lines » [GEYR VON SCHWEPENBURG, 1929 ; DAANJE, 1933])

dans les régions accidentées (BRUDERER, 1978 ; THIOLLAY, 1967a), tout comme la côte joue ce rôle sur le littoral (ALERSTAM, 1978 ; ALERSTAM et PETERSSON, 1977).

Dans les Pyrénées Atlantiques, comme dans les Alpes suisses (THIOLLAY, 1967a), les cumuli semblent être les nuages les moins favorables au bon déroulement de la migration des rapaces. Nous pouvons supposer que le rayonnement solaire réfléchi par ce type nuageux est plus intense que s'il l'était par un cirrus, beaucoup moins épais. Nous aurions en conséquence une diminution de l'insolation, donc du réchauffement au sol.

Notons tout de même que des cumuli de beau temps n'exercent pas cette influence néfaste sur le passage. En effet, ils informent les oiseaux sur la position des ascendances (ALERSTAM, 1978 ; THIOLLAY, 1967a). Nous n'avons pu confirmer cette hypothèse car il est malaisé de discerner les cumuli de beau temps de ceux de mauvais temps à partir des fiches météorologiques dont nous disposons.

Influence de la visibilité

L'interruption nette de la migration du milan noir due au brouillard peut s'expliquer par le fait que les oiseaux rencontrant ces nappes vont hésiter longuement et se poser ou faire demi-tour et redescendre en plaine avant de repartir dès la première éclaircie (THIOLLAY, 1967a). Ceci paraît évident, tous les repères étant invisibles dans ces conditions. Nous avons vécu cette situation durant l'année 1993. Un groupe de milans noirs, bloqué par le plafond nuageux, s'est en effet posé dans la forêt de hêtres à proximité du poste d'observation. Le lendemain, le temps plus clair a permis à ces oiseaux de continuer leur route.

Cependant, les effets du brouillard sont difficiles à étudier vu les limites de la technique de prospection utilisée et le caractère local de tels phénomènes (RICHARDSON, 1978 ; ALERSTAM et ULFSTRAND, 1974).

Les observations de terrain nous permettent de mieux comprendre l'influence de ces facteurs sur la migration. Nous pouvons postuler que le brouillard et la nébulosité entraînent une accumulation des oiseaux en vallée, ce qui donne lieu à des passages spectaculaires dès le retour d'un temps plus clair.

L'année 1988 fournit un bon exemple de cet effet accumulateur. La première moitié du mois d'août fut caractérisée par un grand nombre de jours à visibilité très faible ou nulle. Il a fallu attendre le 13 puis le 18 du mois (ce qui semble très tard dans la saison) pour comptabiliser respectivement 1500 et plus de 5000 oiseaux migrants, soit plus de 50 % du total de cette année. Ces observations nous permettent d'imaginer que les milans noirs bloqués au niveau du col d'Organbidexka s'accumulent en plaine plutôt que de chercher un passage moins élevé ou moins encombré.

Le 26 juillet 1993 nous fournit un autre exemple illustrant l'effet de la nébulosité sur le passage des rapaces. Le matin est d'abord très brumeux, avec un épais brouillard et une visibilité nulle. Les oiseaux vont commencer à migrer seulement en début d'après-midi (10 h TU) lorsque le plafond nuageux s'élève (jusqu'à 1400 mètres). En fin de journée (15 h TU), la visibilité augmente de nouveau et des éclaircies apparaissent, ce qui réchauffe quelque peu le sol. Près de 1000 milans noirs seront observés durant la tranche horaire 16 h TU - 17 h TU.

Cette observation vient compléter celles de THIOLLAY (1967 b) qui note qu'une éclaircie tardive, un jour de forte nébulosité, verra tout de même un vol important.

* * *

D'une manière générale, ces trois variables influencent le nombre de milans noirs migrateurs par le fait qu'elles sont directement liées au taux d'ensoleillement enregistré sur la région. Une faible insolation ne permet pas la formation des ascendances thermiques tellement utiles aux oiseaux planeurs au cours de leur voyage.

A propos de l'influence de la situation synoptique

Les résultats de notre analyse ne signalent aucune relation entre les masses d'air influençant le climat des Pyrénées Atlantiques et l'intensité des passages de rapaces dans cette région. Par contre, HAUGH (1972) et THIOLLAY (1967a) ont montré un lien avec des basses pressions qui s'éloignent ou des anticyclones qui s'approchent.

Toutefois, une corrélation positive avec le délai (en jours) écoulé après le passage d'un front froid a été mise en évidence. Contrairement à ce qui a été montré par différents auteurs (HAUGH, 1972 ; THIOLLAY, 1967a et RUDEBECK, 1950), le milan noir semble attendre un certain délai avant de s'envoler à travers les Pyrénées.

A propos de l'influence d'autres variables

Intensité du passage précédent

Nous n'avons trouvé aucune remarque concernant ce facteur dans la littérature. Notre analyse multidimensionnelle nous permet de suggérer que l'intensité d'un passage dépend de l'ampleur du passage du jour précédent. Il apparaît, en effet, que les « gros » jours suivent les « gros » jours, etc.

Nous n'avancerons pas d'hypothèse, mais peut-être le climat du Pays Basque est-il à mettre en cause. Il est fréquent que le temps garde la même tendance durant plusieurs jours, ce qui entraînerait des intensités migratoires quotidiennes semblables durant ces périodes.

Intervalle avec les jours de passage intense

On remarque que le nombre de jours écoulés après un fort passage ($N > 300$) n'a aucun effet, ce qui contredit ALERSTAM (1978) qui montre que le nombre d'oiseaux diminue durant quelques jours avant de réaugmenter.

Moment de migration

Il semble ne pas y avoir de moment privilégié pour la migration.

La seule remarque que nous pouvons faire concerne seulement quelques variables (précipitations diurnes, nébulosité, températures nocturnes minimales). Les milans noirs seraient moins sélectifs pour ces facteurs, en fin de migration. Leur influence est, en effet, nettement moindre qu'au début de la période.

Nous pouvons tenter d'expliquer ce phénomène par le fait que les milans noirs, arrivant si tardivement dans les Pyrénées, se pressent et ne peuvent se permettre d'attendre de meilleures conditions pour entamer leur traversée.

Toutefois, ils restent très influencés par les facteurs primordiaux (vent, brouillard, température journalière, insolation), et ce, quel que soit le moment de la migration.

Des passages sous la pluie ou sous une forte nébulosité se dérouleraient donc plus souvent en fin de migration. Par contre, le milan noir ne risquerait pas une traversée avec du brouillard ou des vents défavorables. De même, les températures diurnes élevées et les fortes insolation sont indispensables à ce rapace pour entreprendre son voyage.

Le milan noir, *Milvus migrans*, semble donc préférer postposer son départ et voler sous de bonnes conditions plutôt que de migrer en vol battu afin de compenser le climat défavorable ou le manque d'ascendances.

Conclusions

Le but de ce travail était d'en savoir plus sur la migration d'un rapace, le milan noir, à travers la chaîne des Pyrénées. Nous avons surtout basé nos investigations sur l'influence que peuvent avoir certaines conditions météorologiques sur l'intensité des passages migratoires au niveau du col d'Organbidexka dans le pays basque.

Tableau XII : Synthèse des critères déterminant l'intensité des passages journaliers. Les caractères de la seconde catégorie sont parfois moins faciles à établir.

	N > 300	20 < N < 300	N < 20
Vents en plaine	E-SE, S-SO, NUL	N-NE	O-NO, FORT
Vents sur le col	S-SO, FORT	E-SE, N-NE	O-NO, NUL
Température nocturne minimale	BASSE	BASSE	ELEVEE
Température diurne maximale	ELEVEE	?	BASSE
Précipitation	NON	?	OUI
Nébulosité	NULLE OU FAIBLE	?	ABONDANTE
Type nuageux	PAS DE NUAGE	ELEVE	BAS
Type de temps sur le col	BEAU	NUAGEUX	PLUIE, BROUILLARD
Délai après un front froid (jours)	PLUSIEURS	?	1 - 2

De nos résultats, nous avons pu tirer les conclusions suivantes :

- * Les tendances les plus significatives peuvent être résumées dans le tableau ci-dessus. Nous pouvons distinguer trois catégories d'intensité de passage selon les conditions climatiques.
- * Le milan noir est un rapace principalement planeur qui attend les heures les plus chaudes de la journée (donc la formation des ascendances thermiques) pour s'envoler. Il semble toutefois qu'il se serve également des ascendances de pente.
- * Le milan noir semble sélectionner les différents facteurs climatologiques qui ont une influence sur sa décision à migrer.
- * Il semble que les facteurs climatologiques prépondérants soient la direction des vents en plaine comme sur le relief, le type de temps au col, la température journalière maximale et la nébulosité.

- * Nous pouvons donc penser que la migration de ce rapace est considérablement perturbée par tout ce qui contrarie le développement d'ascendances calmes et puissantes (thermiques ou de pente) : il s'agit essentiellement des températures journalières basses, des précipitations, de la couverture nuageuse, du brouillard et du vent trop fort ou trop faible, c'est-à-dire tout ce qui caractérise le « mauvais temps ».

Or, les perturbations sont assez fréquentes dans cette région des Pyrénées, ce qui va entraîner une très grande variété des conditions météorologiques qui règlent la migration. Cette variabilité aurait comme conséquence une modification de la fréquentation des différentes voies de passage. Cela entraînerait soit une dilution, soit une concentration plus grande des passages. Ces variations expliqueraient les fluctuations journalières et annuelles du nombre de migrants observés à cet endroit.

Notre étude a permis d'éclairer quelque peu les relations climat - migration du milan noir à travers les Pyrénées. Elle laisse cependant entrevoir la difficulté d'identifier tous les facteurs qui règlent l'intensité des passages.

Elle ouvre également la voie à des travaux plus approfondis. Nous pourrions par exemple prendre en compte un plus grand nombre de facteurs en les enregistrant dans plusieurs régions (dans la plaine, après et avant le massif montagneux, sur le relief, dans différents endroits, etc.).

Il serait également intéressant de compléter les études visuelles par des prospections à l'aide de radars, mais ici se pose le problème du coût financier d'une telle étude.

Nous pourrions aussi entreprendre des études comparatives entre plusieurs types de voiliers (planeurs - rameurs), analyser plus précisément les types d'ascendances utilisées, les endroits où elles se forment, etc.

Une étude du déroulement horaire de la migration en fonction des données météorologiques pourrait aussi être envisagée si les variables climatiques sont enregistrées de façon systématique et précise pour chaque heure d'observation.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer à Monsieur le Professeur Jean-Claude RUWET, le témoignage de mon profond respect et ma reconnaissance pour l'accueil qu'il m'a réservé dans son service.

Monsieur Roland LIBOIS m'a guidé tout au long de la réalisation de ce travail, qu'il reçoive ici le témoignage de ma gratitude.

Mes plus sincères remerciements vont à tous les membres de l'Association Organbidexka Col Libre pour leur contribution dans la collecte des données, l'accueil qu'ils m'ont réservé, et surtout, la sympathie témoignée durant mon séjour dans le Pays Basque.

Un grand merci à Mesdames Christine KEULEN et Michèle LONEUX pour leurs conseils durant la rédaction de ce travail.

Je tiens également à remercier Madame Véronique HUSTINX pour les illustrations et Michel BOCKIAU pour la reproduction des photographies, Dominique CASEAU, Pascal DUMONT et Philippe HUMPERTS pour l'édition par ordinateur.

BIBLIOGRAPHIE

- ABLE K. P. (1973). — The role of weather variables and flight direction in determining the magnitude of nocturnal bird migration. *Ecology*, **54** (5) : 1031-41.
- ABLE K.P. (1985). — *Radar methods for the study of hawk migration*. Proc. 4th cong. on Hawk Migration, Washington : 347-354.
- ABLE K. P. et GAUTHREAU S. A. Jr. (1975). — Quantification of nocturnal passerine migration with a portable ceilometer. *Condor*, **77** : 92-6.
- AIDLEY D. J. (1981). — Questions about migration. 1-8 in : AIDLEY D. J. (Ed.), *Animal Migration*, Cambridge University Press, 264pp.
- ALERSTAM T. (1978). — Analysis and a theory of visible bird migration. *Oikos*, **30** : 273-349.
- ALERSTAM T. (1979b). — Wind as selective agent in bird migration. *Ornis Scandinavica*, **10** : 76-93.
- ALERSTAM T. (1981). — The course and timing of bird migration. 9-53 in : AIDLEY D. J. (Ed.), *Animal Migration*, Cambridge University Press, 264pp.
- ALERSTAM T et PETERSSON S. G. (1977). — Why do migrating birds fly along coastlines? *J.Theor. Biol.*, **65** : 699-712.
- ALERSTAM T. et ULFSTRAND S. (1974). — A radar study of the autumn migration of wood pigeons *Columba palumbus* in southern Scandinavia. *Ibis*, **116** : 522-41.
- BEAMAN M. et GALEA Ch. (1974). — The visible migration of raptors over the maltese islands. *Ibis*, **116** : (4) : 419-31.
- BENZECRI J. P. et coll. (1973). — *L'analyse des données. II. L'analyse des correspondances*. 3ème édition, Dunod, Paris.
- BLOKPOEL H. et RICHARDSON W. J. (1978). — Weather and spring migration of snow geese across southern Manitoba. *Oikos*, **30** : 350-63.
- BRUDERER B. (1971). — Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. *Der Ornithologische Beobachter*, **68** (3) : 89-158.
- BRUDERER B. (1978). — *Effects of alpine topography and winds on migrating birds*. Proceedings in Life Sciences. *Animal Migration, Navigation and Homing*. Symposium Held at the University of Tübingen, August 17-20, 1977. Ed. K. Schmidt-Koenig and W. T. Keeton. Springer Verlag.
- CURTIS S. G. (1969). — Spring migration and weather at Madison, Wisconsin. *Wilson Bulletin*, **81** (3) : 235-25.
- DAANJE A. (1933). — Vlaktevrees bij trekkende vinken. *Ardea*, **22** : 158-64.
- DAGNELIE P. (1970). — Théories et méthodes statistiques. Editions Duculot, S. A., Gembloux. Vol. 2 : 451pp.
- DEJONGHE J.F. (1984). — *Les oiseaux de montagne*. Editions du point vétérinaire, F94700 Maisons-Alfort, 310 pp.
- DEMONG N. J. et EMLEN S. T. (1978). — Radar tracking of experimentally released migrant birds. *Bird-Banding*, **49** (4) : 342-59.
- DORST J. (1956). — *Les migrations des oiseaux*, 422 pp. Ed. Payot, Paris.
- EVANS P. R. (1966). — Migration and orientation of passerine night migrants in northeast England. *J. Zool., Lond.*, **150** : 319-69.
- EVANS P. R. Et LATHBURY G. W. (1973). — Raptor migration across the straits of Gibraltar. *Ibis*, **115** : 572-85.
- FALLOT J. M. (1992). — *Etude de la ventilation d'une grande vallée préalpine: la vallée de la Sarine en Gruyère*. Thèse de doctorat, Université de Fribourg, Suisse.

- FINLAYSON J. C., GARCIA E. F. J., MOSQUERA M. A. et BOURNE W. R. P. (1976). — Raptor migration across the strait of Gibraltar. *British Birds*, **69** (3) : 77-87.
- F. I. R. / U. N. A. O. (Enquête, 1984). — *Estimation des effectifs de rapaces nicheurs diurnes et non rupestres en France*. Ed. Fonds d'intervention pour les rapaces.
- FIUCZYNSKY D. et WENDLAND V. (1968). — Zur populationsdynamik des schwarzen milans (*Milvus migrans*) in Berlin beobachtungen 1952-1967. *J. Orn.*, **109** (4) : 462-71.
- FORSTER G. H. (1955). — Thermal air currents and their use in bird-flight. *British birds*, **48** (6) : 241-53.
- FULLER M. R. et MOSHER J. A. (1981). — Methods of detecting and counting raptors: a review. *Studies in Avian Biology*, **6** : 235-46.
- GENSBOËL B. (1988). — *Guide des rapaces diurnes. Europe, Afrique du Nord, Proche Orient*, 383pp. Delachaux et Niestlé Editeurs, Neufchâtel, Paris.
- GEROUDET P. et ROBERT, 1940). — *La vie des oiseaux: les rapaces*. Delachaux & Niestlé S.A., Neuchâtel et Paris.
- GEYR VON SCHWEPENBURG, 1929). — Zugstrassen - Leitlinien. *J. Orn.*, **77** (2). Festschrift Hartert : 17-32.
- HAUGH J. R. (1972). — A study of hawk migration in eastern North America. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Search*, **2** (16) : 1-60.
- HAUGH J. R. (1975). — *Local ephemeral weather conditions and their effects on hawk migration routes*. Proc. N. Am. Hawk Migration Conf., Syracuse, N.Y., 1974 : 72-84.
- HILGERLOH G. (1977). — Der einfluß einzelner wetterfaktoren auf den herbstzug der singdrossel (*Turdus philomelos*) über der deutschen bucht. *J. Orn.*, **118** (4) : 416-35.
- HILGERLOH G. (1981). — Die wetterabhängigkeit von Zugintensität, zughöhe und richtungsstreuung bei tagziehenden vögeln im schweizerischen mittelland. *Der Ornithologische beobachter*, **78** : 245-63.
- HOLTHUIJZEN A.M.A. et OOSTERHUIS L. (1985). — *Implications for migration counts from telemetry studies of sharped-shinned hawks (Accipiter striatus) at Cape May Point, New Jersey*. Proc. 4th cong. on Hawk Migration, Washington : 305-12.
- KERLINGER P. (1982). — The migration of common loons through eastern New-York. *Condor*, **84** : 97-100.
- KEULEN C. et FETTER S. (1987). — Organbidexka, col libre. Sauf-conduit pour oiseaux migrants. *Cah. Ethol. Appl.*, **7** (3) : 165-200.
- LACK D. (1960a). — The influence of weather on passerine migration. A review. *Auk*, **77** : 171-209.
- LACK D. (1960b). — Migration across the North Sea studied by radar. Part 2. The spring departure 1956-59. *Ibis*, **102** : 26-55.
- LACK D. (1963a). — *Weather factors initiating migration*. Proc. XIII. Intern. Ornithol. Congr. : 412-414.
- LACK D. (1963b). — Migration across the southern North Sea studied by radar. Part 4. Autumn. *Ibis*, **105** (1) : 1-54.
- LATHBURY G. (1970). — A review of the birds of Gibraltar and its surrounding waters. *Ibis*, **112** : 25-43.
- MINISTERE DES TRANSPORTS, 1981). — *Manuel du pilote vol à voile*, 241pp. 2ème édition, Cepadues Editions.
- NEWTON I. et OLSEN P. (1991). — Les oiseaux de proies, 240 pp. Encyclopédie visuelle, Bordas.
- NISBET I. C. T. (1959). — Calculation of flight directions of birds observed crossing the face of the moon. *Wilson Bulletin*, **71** (3) : 237-43.

- NISBET I. C. T. et DRURY W. H. Jr. (1968). — Short-term effects of weather on bird migration: a field study using multivariate statistics. *Animal Behaviour*, **16** (4) : 496-530.
- PENNYCUICK C. J. (1969). — The mechanics of bird migration. *Ibis*, **111** : 525-55.
- PENNYCUICK C. J. (1972). — Soaring behaviour and performance of some east african birds, observed from a motor-glider. *Ibis*, **114** : 178-218.
- RICHARDSON W. J. (1966). — Weather and late spring migration of birds into southern Ontario. *Wilson Bulletin*, **78** (4) : 400-14.
- RICHARDSON W. J. (1978). — Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos*, **30** (2) : 224-72.
- RICHARDSON W. J. (1990). — Timing of bird migration in relation to weather: updated review. 78-101 in : Gwinner (Ed.), *Bird migration*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- RIDDIFORD N. (1985). — Grounded migrants versus radar: a case-study. *Bird Study*, **32** : 116-121.
- RUDEBECK, G. (1950). — Studies on bird migration based on field studies in southern Sweden. *Vår Fågelvärld, Suppl. 1* : 148 pp.
- SCHIFFERLI A. (1967). — Vom zug schweizerischer und deutscher schwarzer milane, *Milvus migrans*, nach ringfunden. *Der Ornithologische Beobachter*, **64** (2) : 34-51.
- STULL R. B. (1988). — *An introduction to boundary layer meteorology*, 666 pp. Kluwer Academic Publishers.
- SUETENS W. (1989). — *Les rapaces d'Europe*, 269 pp. Editions du Perron.
- TANGUY le GAC J. (1981). — Orgambideska, col libre des Pyrénées, 1979 et 1980. *Nos Oiseaux*, **36** (2) : 53-64.
- THIOLLAY J. M. (1967a). — La migration d'automne des rapaces diurnes aux cols de Cou et Brétolet (II). *Nos Oiseaux*, **29** (4) : 69-97.
- THIOLLAY J. M. (1967b). — La migration d'automne des rapaces diurnes aux cols de Cou et Brétolet (III). *Nos Oiseaux*, **29** (5) : 105-25.
- THIOLLAY J. M. (1977). — Importance des populations de rapaces migrateurs en Méditerranée Occidentale. *Alauda*, **45** (1) : 115-21.
- THIOLLAY J. M. (1978). — Les plaines du Nord Cameroun, centre d'hivernage de rapaces paléarctiques. *Alauda*, **46** (4) : 319-26.
- THOMSON A. L. (1958a). — The migrations of british hawks (Accipitridae) as shown by ringing results. *British Birds*, **51** (3) : 85-93.
- THOMSON A. L. (1958b). — The migrations of british falcons (Falconidae) as shown by ringing results. *British Birds*, **51** (3) : 179-88.
- ULFSTRAND S. (1958). — De årliga fluktuationerna i bivräkens (*Pernis apivorus*) sträck över Falsterbö. *Vår Fågelvärld*, **17** : 118-44.
- VALET, (1975). — Le statut actuel des deux milans en France. *Alauda*, **43** : 263-9.
- WENDLAND V. (1953). — Populationsstudien an raubvögeln. *J. Orn.*, **94** (1) : 103-13.

Ce travail a été honoré du prix Comte Léon LIPPENS 1995. L'auteur a reçu son prix des mains de M. Maurice Lippens, président de Jury, lors d'une cérémonie organisée à la Réserve naturelle du Zwin à Knokke-Heist le 15 avril 1995. Voir à ce sujet la notice qui y est consacrée à la fin du présent fascicule, ainsi que le règlement du Prix 1997.