

ARTICLE ORIGINAL

**Contribution à l'étude de
la migration du pinson des arbres
Fringilla coelebs L. 1758**

**Phénologie de la migration
et analyse biométrique de captures
en région liégeoise en automne 1984***

par

Michèle LONEUX**

avec la collaboration de

M. CASTELLI, P. GAILLY, Ch. KEULEN, M. LAGUESSE, R.M. LIBOIS et J.-Cl. RUWET

SUMMARY : Contribution to the study of the fall migration of the chaffinch : evolution of the visible migration and biometrical analysis of birds caught near Liège (East Belgium) in 1984.

This work is based on the analysis of autumnal data collected during an intensive two-month bird ringing campaign organized near Liège in 1984.

At first we remind the reader of some features and results related to the study of avian migrations in general, and to the chaffinch *Fringilla coelebs* in particular. This information, gathered from an abundant literature, is essential to the good understanding of our own results. We then deal with three aspects of the data we collected during the fall migration, 1984.

The first one describes the visible migration evolution of the chaffinch, as we watched it on the field and as it appears for each age and sex class following the evolution curve of the daily number of catches. Furthermore, we compare these results and relate them to the evolution of the meteorological conditions, which have been logged daily on the capture site. Thus, we ascertain that in 1984 the young birds are passing by before the adults and the females before the males (χ^2 test) and that for a given wind direction the migration intensity is determined by rainfalls.

* Contribution du laboratoire d'Ethologie, Institut de Zoologie de l'Université, 22, quai Van Beneden, B 4020 Liège.

Manuscrit reçu le 30.09.1985. Remanié et accepté le 30.12.1987.

** Adresse actuelle : 44, rue Saint Pierre, B-5360 Hamois.

The second aspect is a biometrical principal components analysis of a group of four hundred and twenty-six chaffinches. Besides a strongly marked sexual dimorphism in favour of the males this analysis revealed groups, independently from individual age and sex. These groups differ from each other in biometric characteristics and especially in their period of migratory passage. The groups are obviously more or less overlapping. The results of the first aspect are emphasized in the interpretation of the clusters observed on the diagrams. The interpretation of the separating factors is of speculative nature : the wellknown clinal variations and the more or less pronounced migratory habits of the chaffinch as disclosed in the literature are not sufficient to explain the observed trends.

Finally, a plot of the daily weighted averages of the wing shape index (HOLYNSKY, 1965), interpreted according to RENSCH (1938) confirms beyond any doubt the differences between successive groups of migrators. We briefly advocate this interesting graphical method in this kind of investigations.

However in spite of these stimulating results, we have to conclude that exact determination of the geographic origin of different observed groups is by now impossible. Some suggestions are presented for the planning of further studies which might contribute to greater precision.

RESUME

Cette étude utilise diverses données réunies sur le pinson des arbres (*Fringilla coelebs* L.) au cours d'une intense campagne de baguage de deux mois, pendant la migration automnale en 1984.

Dans un premier temps, nous avons décrit le déroulement de la migration de l'espèce, d'abord tel que nous l'avons observé *de visu* sur le site de capture, ensuite tel qu'il apparaît pour chaque catégorie d'âge et de sexe notamment d'après l'évolution du nombre des captures quotidiennes. Nous avons comparé ces résultats et les avons mis en relation avec l'évolution des conditions météorologiques relevées chaque jour sur le site de capture. Nous avons ainsi établi que, en 1984, les jeunes oiseaux sont passés avant les adultes et les femelles avant les mâles, et que, le vent étant de direction constante, c'est la pluviosité qui semble déterminer l'intensité migratoire.

Dans une seconde phase, nous avons fait l'analyse biométrique d'un lot de quatre cent vingt-six pinsons des arbres, par la méthode des composantes principales. Outre un dimorphisme sexuel prononcé en faveur des mâles, celle-ci nous a dévoilé l'existence de groupements, aux caractéristiques biométriques distinctes et surtout à période de passage différente. Ces groupes se chevauchent de manière plus ou moins marquée.

L'accent est mis sur l'importance des résultats du premier volet de l'étude dans l'interprétation des nuages de points observés dans le second. L'interprétation des composantes-mêmes est spéculative : les variations clinales reconnues chez le pinson des arbres et le caractère plus ou moins migrateur, tel qu'il est perçu des résultats de divers auteurs, ne suffisent pas pour expliquer les tendances observées. Des différences entre groupes successifs de migrants sont confirmées par la représentation graphique de moyennes mobiles pondérées de l'index de forme de l'aile (HOLYNSKI, 1965), dont l'interprétation suit la règle de RENSCH (1938).

Nous devons toutefois conclure à l'impossibilité d'attribuer une origine géographique exacte aux différents groupements d'oiseaux reconnus. Nous exposons quelques projets d'études complémentaires susceptibles d'apporter des précisions.

OBJET DU TRAVAIL

Le présent travail s'inscrit dans le cadre général des recherches sur les migrations aviaires, et porte sur le pinson des arbres *Fringilla coelebs* Linné 1758. Vu l'existence d'un cline, et sachant que les oiseaux de passage en région liégeoise (Belgique) viennent de Finlande, d'Allemagne et d'U.R.S.S., nous avons recherché les variations morphologiques qui pourraient rendre compte d'une évolution, quant à leur origine géographique, de la composition des bandes migratrices capturées en automne 1984. Parallèlement, la dynamique de la migration au site de capture est décrite pour cette saison 1984.

INTRODUCTION

I. GENERALITES

Depuis trois quarts de siècle, l'étude de la migration des oiseaux a fait des progrès immenses grâce à un énorme effort de baguage de millions de spécimens, organisé au niveau national et coordonné au niveau international. Toutefois, une conséquence du caractère inégal de cet effort, tant du point de vue des espèces recherchées que des régions géographiques prospectées, est que la route et le mode de migration de certaines espèces communes sont encore imparfaitement connus (ZINK, 1975). L'analyse cartographique des reprises d'oiseaux bagués (ZINK, 1973; FOUARGE, 1981; et de nombreux autres...) a été plus récemment complétée par d'autres méthodes d'investigation. Celles-ci sont axées :

- sur la condition des oiseaux (relation poids-moment de passage : SCOTT, 1965; LANGSLOW, 1979; PEARSON et al., 1979);
- sur l'agitation migratoire d'oiseaux encagés ("Zugunruhe", "Migratory restlessness"), pour les études sur l'orientation (KRAMER, 1952; EMLÉN, 1969);
- sur la dynamique des passages, pour l'étude de la phénologie de la migration (BUSSE, 1972, 1978);
- sur les caractéristiques morphologiques des migrateurs (BLONDEL, 1967; KONING, 1982).

L'évaluation, jour après jour, de l'importance du flux migratoire est primordiale dans la description du déroulement de la migration d'une espèce. Les auteurs utilisent généralement à cette fin le profil des captures réalisées pour l'espèce étudiée, et l'assimilent au profil du passage (LOVEI, 1983, pour le pouillot véloce, *Phylloscopus collybita**, en Hongrie). Ce type de recherche est spécialement rentable dans les stations ornithologiques judicieusement implantées aux endroits de concentration du flot des migrateurs. Ainsi, la côte de la mer Baltique, les stations de Falsterbo et Ottenby (Suède), Rybacił (= Rossitten, U.R.S.S.), et divers points de la côte polonaise, dans le cadre de l'opération Baltique, ont enrichi les données sur

* Les noms français des espèces d'oiseaux européens citées sont ceux adoptés par P. GEROUDET, dans sa traduction du GUIDE DES OISEAUX D'EUROPE, de R. PETERSON, 1967 (1984, 10ème édition).

La nomenclature scientifique correspond à celle proposée au XIème Congrès International Ornithologique de Bâle, en 1954.

la migration du pinson des arbres, *Fringilla coelebs*. Leurs programmes de travail impliquent la capture et le baguage d'oiseaux, mais font également une part non négligeable à l'observation de la migration visible. L'exploitation des résultats accumulés sur plusieurs années donne une image aussi complète que possible de la dynamique de migration et de l'orientation des oiseaux au moment de leur passage aux abords de ces stations. Ainsi, BUSSE et HALASTRA (1981), pour cinq stations polonaises sur la côte Baltique, mettent en regard les profils des passages automnaux obtenus par l'observation (1/4 h toutes les heures) d'une part, et les profils des captures d'autre part, au cours de dix ans de travail de l'Opération Baltique. Les résultats sont très parlants : de la parfaite concordance à la totale contradiction, suivant les stations et leurs milieux caractéristiques et, d'une station à l'autre, suivant les espèces.

Rappelons que bon nombre d'espèces migrent la nuit (grives, alouettes,...; DEMARET et RAPPE, 1964), certaines exclusivement (rouge-gorge, *Erithacus rubecula* : GEROUDET, 1957). Il est possible d'effectuer des comptages de nuit, au télescope de préférence et en utilisant la lune comme écran, selon la méthode développée par LOWERY (1951, in VAN TYNE et BERGER, 1976). Il va de soi que la précision d'identification s'arrête alors à la famille, quand ce n'est pas à l'ordre, et que les nuits sans lune sont insondables. Tous les auteurs s'accordent pour dire que le nombre d'oiseaux observés est plus important qu'ils ne l'auraient pensé : 50 à 1200 oiseaux/heure et km de front, moyenne pour 600 heures d'observation en automne 1974 (VALLIERE, 1979). Une technique récente est l'observation au radar, de jour et surtout de nuit. La comparaison des résultats obtenus simultanément par ces différentes méthodes met en évidence une sous-estimation générale des observations visuelles, quant au nombre des oiseaux et de leurs directions de vol (LACK, 1962; AXELL et al. 1963; ALERSTAM et ULFSTRAND, 1972). Notons que celles-ci, et la nature des espèces dominantes au passage, varient entre autres selon la situation géographique de la station d'observation (LACK, 1963; ULFSTRAND et al., 1974; SCHONART, 1978).

Les **conditions météorologiques** exercent par ailleurs une influence directe sur les déplacements des migrateurs, dans un sens très variable suivant les espèces. Les facteurs dominants sont le vent, la pluie, la couverture nuageuse, la visibilité et la température. L'investigation de ce problème fort complexe se fait essentiellement par étude de l'agitation migratoire en laboratoire, et par observation, au radar notamment, sur le terrain (SNOW, 1953; LANDSBOROUGH THOMSON, 1953; LACK, 1960, 1962, 1963; ABLE, 1973, 1974). Ces auteurs ont montré que :

- Le facteur primordial est la direction du vent, plus déterminante en automne qu'au printemps, tant le jour que la nuit. LANDSBERGH (1948), météorologiste, fut le premier à constater la ressemblance entre les trajectoires de certains oiseaux migrateurs (surtout marins : sterne arctique, *Sterna arctica*; traquet motteux du Groenland, *Oenanthe oenanthe leucorhoa*; pluvier fauve, *Pluvialis dominica*) et les vents les plus fréquents au début du printemps et à la fin de l'hiver ("pressure pattern flying").
- La température, au contraire de l'opinion générale, n'exerce une forte influence qu'au printemps.
- La migration est plus intense par beau temps que par temps pluvieux, par ciel clair que par ciel nuageux, par vents légers plutôt que par vents violents.
- L'altitude de vol, pour toutes les espèces, diminue quand la force du vent augmente, et est plus haute par vents arrière que par vents debouts. De

plus, plus le vol est bas et le temps mauvais, plus grande est la tendance à suivre les voies topographiques (côtes, vallées, lisières forestières,...), véritables chenaux de migration ("Leitlinien", "Zugstrassen", "leading lines", GEYR VON SCHWEPENBURG, 1929; DAANJE, 1933).

La dynamique de migration d'une espèce, c'est-à-dire les données quantitatives la concernant, doit donc être mise en relation avec les fluctuations des conditions météorologiques sur les lieux d'origine et de passage des oiseaux. Citons en exemple les travaux de ALERSTAM (1978) pour la migration diurne visible à Falsterbo, ou de NISBET et DRURY (1968), pour la migration nocturne de printemps. Leurs résultats confirment les différences de réponse des diverses espèces aux fluctuations du temps.

Pour la **morphologie**, nous devons distinguer les caractéristiques biométriques, mesurées ou calculées, des caractéristiques qualitatives appréciées plus subjectivement, comme la répartition et l'intensité des couleurs du plumage.

Il est évident et normal que les caractères morphologiques varient au sein d'une espèce. Toutefois, pour les espèces à large distribution géographique, et au moins pour l'un ou l'autre des caractères, cette variabilité intraspécifique évolue souvent graduellement d'un bout à l'autre de l'aire de répartition, suivant des directions géographiques assez définies et constantes (DEMENTIEFF, 1933, cas de la chouette hulotte, *Strix aluco*; VERHEYEN, 1941-1942, cas de la chouette effraie, *Tyto alba*, du rouge-gorge, *Erithacus rubecula*, des bergeronnettes grise et printanière, *Motacilla alba* et *flava*). Le terme "cline" (HUXLEY, 1939) désigne ces progressions morphogéographiques, ou "variations géographiques progressives" (VERHEYEN, 1941-1942, 1950). Les extrêmes morphologiques d'un cline sont souvent déjà décrits comme races géographiques ou sous-espèces, et habitent des aires éloignées et réduites par rapport à l'ensemble des formes intermédiaires du cline (WITHERBY et al., 1938-1941; VERHEYEN, 1941-1942; VAURIE, 1959).

Les variations observées d'une population cantonnée à une autre peuvent être mises avec succès en relation avec certains paramètres climatiques liés aux zones habitées par les différentes populations et à la période de reproduction des oiseaux. Les élégantes démonstrations de JAMES (1970) et de POWER (1971) sont faites pour nous en convaincre. Le premier, postulant avec raison (AMADON, 1943) que les mesures de longueur alaire sont indicatrices de la taille générale au niveau intraspécifique, en constitue une grille des moyennes pour chaque région échantillon et chaque espèce étudiée et en trace les isophènes (écart : 0,5 mm). Celles-ci révèlent un véritable cline d'accroissement de la taille, vers le Nord et l'Ouest, à partir de la Floride, pour 6 des 12 espèces considérées. Par ailleurs, il remarque de subtiles relations en rapport avec la topographie-même pour les six autres : accroissement vers les montagnes, diminution vers les vallées. Il les suppose adaptatives vis-à-vis de faibles gradients climatiques. Calculant différents coefficients, il met en évidence une meilleure corrélation entre les variations de taille et de facteurs saisonniers du climat combinant température et humidité, plutôt que température seule. Le second auteur arrive aux mêmes résultats pour le carouge à épauettes, *Agelaius phoeniceus*, par régression multivariée, et superpose les isophènes de longueur alaire aux isothermes. Une expérience de ALLEE et LUTHERMAN (1940) a d'ailleurs montré que des poulettes élevées à 6 °C de leur troisième à leur sixième mois inclus, étaient plus petites en longueur totale, longueur du tarse, longueur de queue, prenaient plus de poids, et avaient un cœur plus grand que leurs compagnes des deux premiers mois, laissées à 21-24,5 °C.

Le parallélisme généralement frappant qui existe chez les homéothermes entre les conditions climatiques et certains caractères a depuis longtemps été érigé en règles, dites "règles écogéographiques" ou "climatiques" : règle de BERGMAN (1847, 1849), règle d'ALLEN (1871), règle de GLOGER (1833) (voir glossaire). Celles-ci sont bien sûr d'application en cas de cline et permettent de prévoir le sens des variations observées (GRANT, 1979). Une règle plus récente proposée par RENSCH (1938) et appliquée aux oiseaux uniquement stipule que **"Dans un même groupe de races, les formes du Nord ont généralement les ailes plus étroites et plus pointues que celles des formes habitant les régions tropicales ou subtropicales"**. Pour RENSCH, cette différence dans la structure de l'aile est due "à la sélection naturelle de meilleurs voiliers pour l'occupation des régions du Nord". Ceci sous-entend que les populations nordiques d'une même espèce largement distribuée font preuve d'un tempérament plus migrateur que les populations plus méridionales. En Europe, c'est dans l'ensemble effectivement le cas, du nord, nord-est du continent au sud, sud-ouest, les populations françaises et britanniques étant particulièrement sédentaires (DORST, 1971).

Force est de constater que les conditions climatiques ne sont donc pas seules en cause, et qu'il existe une corrélation entre les proportions physiques des oiseaux et leurs habitudes migratoires. AVERILL (1920, 1925), le premier, analysant aux U.S.A. des espèces et sous-espèces apparentées, a montré que les formes migratrices avaient le bec, la queue et les pattes plus petits et, surtout, les ailes significativement plus longues et fréquemment caractérisées par la réduction de la première rémige primaire (voir **fig. 1** : Topographie d'un oiseau). Ce dernier point fut développé par KIPP (1958, 1959, 1970), qui mit au point un "index de mesure biologique de la migration", basé sur la longueur relative de cette première rémige primaire, plus ou moins réduite. Mais celui-ci ne mesure que "de combien de pour-cent (rapportés à la longueur alaire) le sommet de l'aile dépasse la fin de la première rémige" (KIPP, 1976). Dans une étude devenue classique, CHAPMAN (1940) a illustré la corrélation entre le tempérament migrateur et la forme de l'aile, chez *Zonotrichia capensis*, d'Amérique du Sud. Les races géographiques sédentaires ont des ailes arrondies et courtes, tandis que les races migratrices ont des ailes longues et pointues. Aujourd'hui, la forme de l'aile des oiseaux et les index qui s'y rapportent (HOLYNSKI, 1965; MLIKOVSKY, 1978) sont d'un emploi courant dans les études de structure de population (BUSSE, 1967; SCOTTE, 1962; GASTON, 1974; LOVEI, 1983).

Au sein d'une espèce toutefois, la différence entre migrateurs et sédentaires se marque, avant tout, au **niveau physiologique** : engraissement prononcé des migrateurs notamment (DE BONT, 1947; sur *Fringilla coelebs* mais sont cités comme pionniers : NICE, 1938; BULLOUGH et CARRICK, 1939; BLANCHARD, 1941; et WOLFSON, 1942). Ce champ d'investigation fut beaucoup exploité (KOCH et DE BONT, 1944; ODUM et PERKINSON, 1951; WALLGREN, 1954; POHL, 1971;...), surtout par l'école russe (BLYUMENTAL et DOLNIK, 1970; DOLNIK, 1971, 1975, 1980; YABLONEVITCH, 1975;...). Ces multiples études et bien d'autres ont démontré les étroites relations entre la photopériode, l'état physiologique, l'évolution des gonades et le dépôt des graisses.

Du point de vue de la condition des oiseaux, quelques travaux axés plus particulièrement sur la mue et sa régulation (NEWTON, 1968; HAUKIOJA, 1971; EVANS, 1971; DOUCET, 1971; SHUMAKOV et al., 1972; NOSKOV, 1975, 1977; DOLNIK et GAVRILOV, 1980) attestent de la synchronisation du phénomène par la photopériode, pour les adultes à reproduction précoce et tardive, et pour les jeunes de première ou dernière

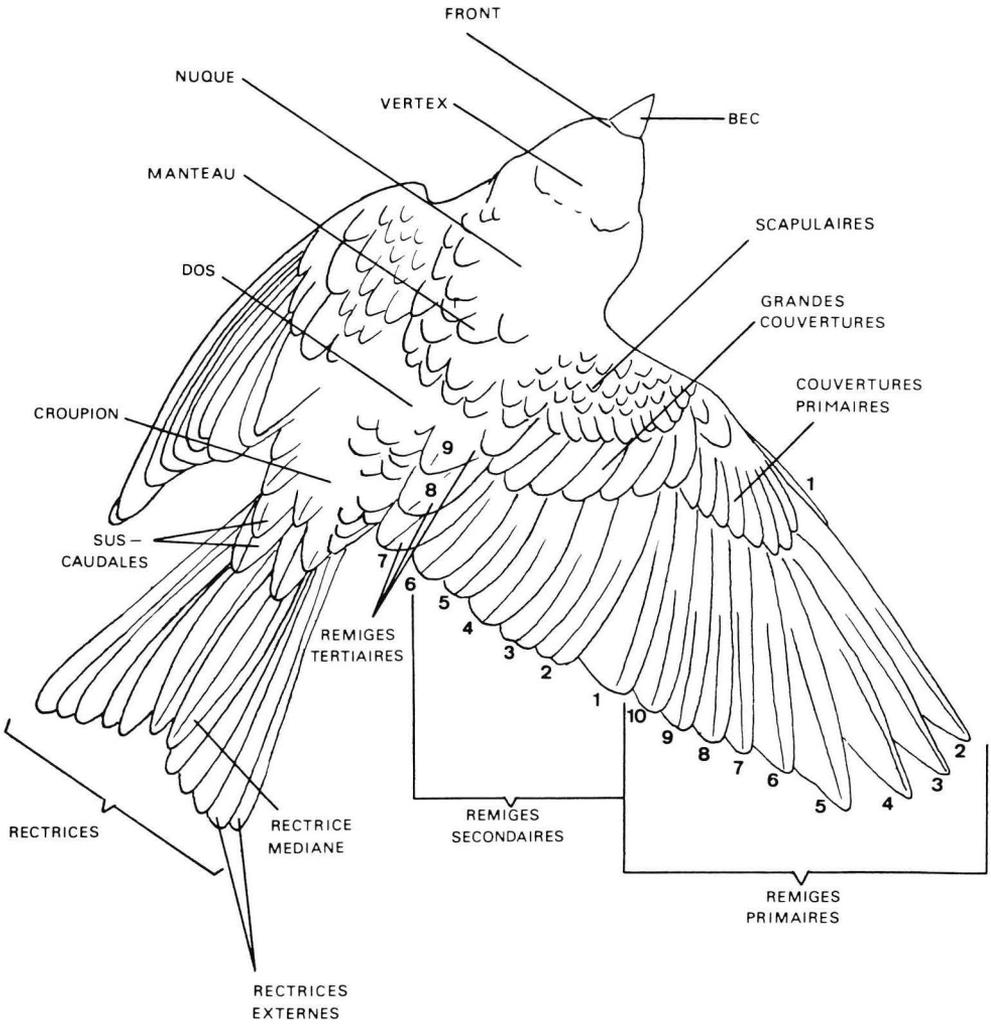


Fig. 1. Topographie d'un oiseau.

nichée : les retardataires voient leur mue accélérée, voire même stoppée pour le départ en migration. Par ailleurs, la durée de la mue est relativement plus courte pour les populations nordiques. Comparant plusieurs espèces de bruants du genre *Embériza*, RYMKEVITCH (1983) arrive à cette conclusion : "Plus longue est la route de migration des différentes espèces, plus courte est la durée de leur mue d'automne, et plus précoce est son début."

II. LE PINSON DES ARBRES *Fringilla coelebs* Linné 1758

Le pinson des arbres est une espèce des plus communes et des plus répandues de la faune Ouest-Paléarctique (HARRISSON, 1982). L'espèce se caractérise par une double barre alaire blanche, deux paires de rectrices externes blanches, et le croupion vert. Le mâle a la poitrine rose vineux, la tête bleue (vertex et nuque), le manteau roux, le front et les épaules noirs, les grandes couvertures noires frangées de blanc et de jaune. La femelle, presque uniformément brun-vert olive, a les grandes couvertures brun-noir bordées de vert olive clair.

Son aire de répartition s'étend du bassin méditerranéen (zone tempérée chaude) au nord de la Norvège, jusqu'au parallèle 70, et à la limite des arbres en Finlande et en Russie (zone boréale). La limite est va jusqu'à Tomsk (85ème méridien), en Asie orientale, la limite sud-est jusqu'en Turquie et en Iran. On le trouve aussi aux Canaries, à Madère et aux Açores (WITHERBY et al., 1938-1941; GEROUDET, 1957; VAURIE, 1959; LIPPENS et WILLE, 1972; HARRISSON, 1982; PETERSON et al., 1984). Des comptages attestent d'une extension des populations vers le nord en Finlande et vers l'est en Asie, depuis la fin du 19ème siècle (PALMGREN, 1933; JOHANSEN, 1944; KALELA, 1949; YEATMAN, 1971).

De nombreuses sous-espèces ont été décrites, abusivement si l'on tient compte de la notion de cline (VERHEYEN, 1950). Les différentes formes et leur localisation sont précisées par KRAGENOW (1981). Les plus différenciées sont notamment celles d'Afrique et des îles. Les critères de différenciation concernent le plus souvent la longueur alaire et le mode de coloration du plumage des mâles; les femelles de toutes les formes sont assez semblables à la forme typique décrite par LINNE en Suède (WITHERBY et al., 1938-1941; VERHEYEN, 1941-1942; JOHANSEN, 1944; GEROUDET, 1957; VAURIE, 1959; KRAGENOW, 1981). Nous reconnaitrons, avec ces auteurs, que le pinson des arbres accuse un cline portant sur le mode de coloration (décroissance de la saturation en couleurs) et sur la taille (augmentation, indiquée par la longueur alaire), cline qui s'étend vers le nord-est, depuis l'ouest de l'Europe méridionale, jusqu'en Sibérie occidentale; il est toutefois assez peu prononcé. Remarquons que ces auteurs ont travaillé dans les musées sur des peaux d'oiseaux aux teintes bien souvent délavées. D'autre part, les valeurs de leurs mesures ne peuvent être comparées à celles de spécimens vivants ou fraîchement morts, en raison de la forte rétraction des membres (KELM, 1970; KNOW, 1980; ENGELMOER et al., 1983).

Nous retiendrons comme sous-espèce distinctes, dans les régions d'où peuvent provenir les oiseaux capturés en Belgique :

- *F. c. wolfgangi*, TEPLOUCHOV, 1921, de Sibérie occidentale; pâle, surtout au niveau des joues, et autour des oreilles, et à aile relativement longue (JOHANSEN, 1944; KRAGENOW, 1981).
- *F. c. coelebs*, LINNE, 1758, de Scandinavie (*Terra typica restricta* : Suède).

- *F. c. gengleri*, KLEINSCHMIDT (1909), des Iles Britanniques; la population nicheuse serait caractérisée par un haut pourcentage d'oiseaux à six rectrices blanches (KLEINSCHMIDT, in KRAGENOW, 1981). Signalons que la distinction entre mâles de *F. c. gengleri* et de *F. c. coelebs* n'est quasi plus possible en automne, lorsque les oiseaux ont acquis leur plumage post-nuptial, plus terne.

Pour mémoire, mentionnons :

- *F. c. hortensis*, BREHM, 1831; forme intermédiaire du cline, une différenciation n'est pas justifiée (HUXLEY, 1939; VERHEYEN, 1950). Notons néanmoins que, selon HARRISSON (1947, 1948, in KRAGENOW, 1981), son aire de distribution s'étend de la France à l'Allemagne de l'Est, en passant par la Belgique, la Hollande, la Suisse, et l'Allemagne de l'Ouest.

- *F. c. balearica*, JORDANS, 1923; des îles Baléares et du midi de l'Europe; serait l'extrême méridional, à aile relativement courte.

L'espèce fut introduite en Nouvelle-Zélande par les Anglais, entre 1862 et 1877 (THOMSON, 1922). Une investigation récente de NIETHAMMER (1971) a mis en évidence les ressemblances avec la sous-espèce *F. c. gengleri* (mensurations et coloration du plumage) des spécimens de cette population, aujourd'hui bien implantée.

Sédentaire ou migrateur, le pinson niche partout où il y a des arbres : bois, parcs, jardins, vergers, lisières forestières (plutôt que futaies compactes) ... (GEROUDET, 1957). Sa densité est la plus forte dans les zones septentrionales (YEATMAN, 1971). Les contingents de migrants viennent du nord-est de l'Europe (Scandinavie, Allemagne, Pologne, Finlande, U.R.S.S.), et vont hiverner en Europe méridionale et occidentale, occasionnellement en Afrique du Nord (HAJEK et BASOVA, 1963; SCHIFFERLI, 1963; YEATMAN, 1971). Les migrations le rendent nettement plus grégaire qu'en période de reproduction. Les individus s'associent alors en troupes nombreuses, souvent avec d'autres espèces : pinson du Nord (*Fringilla montifringilla*), verdier (*Carduelis chloris*), linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*), pipits (*g. Anthus*), alouette (*g. Alauda*), bruant jaune (*Emberiza citrinella*), ... (GEROUDET, 1957; KRAGENOW, 1981; PETERSON et al., 1984).

Il existe des cas de plus en plus nombreux d'hivernage au Danemark, en Suède, et en Finlande (KALLANGER et al., 1978; PETERSON et al., 1984). Ces observations font qualifier le pinson des arbres de migrateur partiel, suivant la définition donnée par LACK (1943-1944). La petite histoire veut que LINNE ait nommé l'espèce "coelebs", c'est-à-dire "célibataire", parce que les bandes migratrices et hivernales sont presque entièrement composées d'oiseaux du même sexe, et seuls des mâles sont vus en hiver en Scandinavie (YARRELL, 1882; KOLTHOFF et JAGERSHOLD, 1898, in KRAGENOW, 1981; DEELDER, 1949; GEROUDET, 1957; FITTER et ROUX, 1975; KALLANDER et al., 1978; GOTCH, 1981; PETERSON, 1984). L'espérance de vie d'oiseaux bagués comme adultes serait de 2,5 ans minimum, ce qui est assez élevé et suggère un faible taux de reproduction (BERGMANN, 1956; ANVEN et ENEMAR, 1957). Remarquons que des différences pourraient exister d'une région géographique à l'autre, en regard de climats différents, de pression de prédation plus ou moins forte, et entre populations migratrices et sédentaires.

GEROUDET soutient : "Les pinsons sont les plus nombreux des migrateurs diurnes survolant nos pays. Leur mouvement se déploie sur un large front* à travers l'Europe en direction du Sud-Ouest, et l'on peut dire qu'il en passe partout, même au-dessus de la mer et dans les hautes montagnes."

Le nombre annuel des captures de pinsons des arbres en vue de leur baguement est élevé dans beaucoup de pays. Le taux de reprise, assez fluctuant avec l'effort de capture, s'élevait :

- à 4,6 %, en 1948, en Grande-Bretagne (THOMSON, 1949 in DORST, 1959),
- à 6,85 %, de 1952 à 1962, en Tchécoslovaquie (HAJEK et BASOVA, 1963).

On conçoit qu'il y ait matière à études ..., et que l'origine et la destination des oiseaux contrôlés en Belgique, notamment, soient relativement bien connus. Se basant sur les reprises d'oiseaux bagués, de nombreux auteurs dégagent pour notre pays les constatations suivantes :

- Il existe une différence dans la composition des migrateurs contrôlés en Belgique, selon que l'on s'intéresse à la partie ouest ou est du pays (PERDECK, 1954, 1970; VERHEYEN, 1960; RENDHAL, 1969; VAN HECKE et VERSTUYFT, 1972) :
- Les oiseaux qui passent le long de la côte et à l'ouest du Brabant entrent chez nous par le nord, et sont originaires de Norvège, Suède, Danemark; très peu proviennent de Finlande. La majorité tend à traverser la Manche, et à hiverner aux Iles Britanniques (TINBERGEN, 1941; GOODACRE, 1959). Les modalités de migration côtière assez particulières qui en résultent sont largement analysées par VAN DOBBEN et MAKKINK (1934), DROST (1940), TINBERGEN (1941), DEELDER et TINBERGEN (1947), DEELDER (1949), VAN DOBBEN (1953), SNOW (1953), PERDECK (1970).
- Les oiseaux qui entrent chez nous par la frontière est viennent quasi exclusivement de Finlande, d'Allemagne du Nord, du nord de la Russie, et des états baltes et russes riverains de la mer Baltique. Leurs quartiers d'hiver couvrent la Belgique, la France et, dans une moindre mesure, l'Espagne.

D'importantes contributions à la connaissance de la migration du pinson des arbres concernent les populations en transit sur les côtes de la mer Baltique. Il y est reconnu que les pinsons migrent par vagues successives assez régulières d'une année à l'autre quant à leur nombre (6 sur la côte polonaise) et quant aux dates de passage (BELOPOLSKY et al., 1963, PAYEVSKY, 1963; BLYUMENTAL et al., 1966, DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967, KANIA, 1981). Ces vagues couvrent un à sept jours, trois en moyenne; les pauses intermédiaires durent un à huit jours, trois en moyenne. Ces différentes vagues ne consistent pas en différentes populations géographiques homogènes (PAYEVSKY, 1963), ni en groupes d'âge et/ou de sexe séparés (DOBRYNINA, 1963), et ne peuvent être étroitement associées aux conditions météorologiques (BLYUMENTAL et al., 1966). L'évolution du niveau moyen d'adiposité au sein des volées au cours de la vague est, par contre, assez constante, du moins à la Kurische Nehrung (DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967). Ainsi, le premier jour de la vague, seuls volent les oiseaux gras, en nombre relativement peu élevé. Le jour suivant est habituellement le jour où la migration est la plus intense. Celle-ci débute comme la veille dès le lever du soleil. Les oiseaux de la première heure sont très gras. Au cours des heures suivantes apparaissent les sujets les moins gras et les maigres, en nombre croissant au sein des volées

* "Broadfront Migration", GEYR VON SCHWEPENBURG, 1929, 1933.

jusqu'au soir. Une pause s'enregistre au milieu de la journée. Beaucoup d'oiseaux se nourrissent au cours de l'après-midi. Le soir, seuls volent généralement les oiseaux les plus gras. Le dernier jour d'une vague de migration, les oiseaux commencent à voler après une période de nourrissage, et non dès le lever du soleil. Ils sont en nombre moindre, volent à haute altitude et avec de fréquents arrêts. La plupart sont maigres. L'hétérogénéité adipeuse du jour de gros passage résulte, d'après DOLNIK et BLYUMENTAL, du fait que les volées d'oiseaux les plus gras ont petit à petit attiré et incité à l'envol les oiseaux plus maigres qui se nourrissaient. Cette interprétation accorde une grande importance à l'**effet d'entraînement** d'oiseaux en vol sur d'autres oiseaux physiologiquement moins enclins à migrer à un moment donné, compte tenu de leurs réserves graisseuses, des conditions climatiques, et de la disponibilité en nourriture. Mais cet effet est bien réel et se retrouve même chez l'espèce humaine (VERHEYEN, 1952; BLYUMENTAL et DOLNIK, 1963).

Il serait intéressant de retrouver pareil modèle d'évolution de la migration en d'autres sites de passage important. Notons qu'il est confirmé, par le baguage des migrateurs en Belgique, que les oiseaux font de fréquentes pauses et migrent par étapes, parfois courtes et espacées de longues périodes d'inactivité migratoire, amenant un déplacement moyen de 40 à 50 km/jour (VERHEYEN, 1960). Retenons que KANIA (1981) et PAYEVSKY (1963) assurent que les populations locales de leurs sites d'études (côte sud-est de la Baltique, côte de la Courlande) partent à une date plus précoce et pour des quartiers d'hiver plus éloignés que les populations plus nordiques en transit. Par ailleurs, diverses études de reprises tendent à montrer que les femelles sont plus nombreuses à migrer plus loin que les mâles, et passent avant eux (VON BOCHMANN, 1934; DROST, 1940; DEELDER, 1949; VERHEYEN, 1960; PAYEVSKY, 1963; VAN HECKE et VERSTUYFT, 1972).

Nos oiseaux indigènes, tout comme les pinsons hollandais et britanniques, sont sédentaires moyennant quelques cas de vagabondage et d'entraînement par les bandes migratrices (VON BOCHMANN, 1934; TINBERGEN, 1941; DUPONT, 1943; DEELDER, 1949; VERHEYEN, 1957, 1960; VAN HECKE et VERSTUYFT, 1972).

La direction suivie sans changements majeurs par les migrateurs de toute population à l'intérieur des terres ("Standart Direction" GEYR VON SCHWEPENBURG, 1933) est Nord-Est - Sud-Ouest (VON BOCHMANN, 1934; VERHEYEN, 1960; SCHIFFERLI, 1963; HAJEK et BASOVA, 1963). La migration visible est plus intense par vent modéré debout pour les migrateurs, que ce soit au printemps ou en automne. Ceci fait qualifier le pinson des arbres d'anémotrope positif. En automne, c'est d'autant plus vrai que le vent est plus violent (DROST, 1931; KOCH, 1934; DEELDER, 1949, 1952; TINBERGEN, 1950; VLEUGEL, 1950, 1954; PERDECK, 1954). L'importance de la direction du vent dans l'orientation des oiseaux a déjà été mentionnée et trouve confirmation dans le cas du pinson.

Les études faites à ce jour sur les caractéristiques biométriques du pinson des arbres attestent d'un dimorphisme sexuel significatif en faveur du mâle pour la longueur alaire, la longueur caudale et le poids (ce qui ne peut guère étonner, la règle étant assez générale dans l'ordre des Passériformes (HALVIN, 1962; PIKULA, 1973; et bien d'autres...)). Les autres caractères (bec, tarse, ...) ne diffèrent pas significativement (NIETHAMMER, 1962; HAENSEL, 1967; PIKULA, 1973). MLIKOVSKY (1982), s'intéressant plus particulièrement à la forme de l'aile, a mesuré trente-huit mâles et trente-six femelles adultes, issus de différentes localités, et capturés sur cinq années. A partir de cet échantillon restreint et hétérogène, et

n'incluant aucun oiseau pris au cours de la migration automnale, il a calculé les indices de symétrie et de pointe de l'aile, et obtient un dimorphisme significatif entre sexes : le mâle a l'aile plus longue, plus pointue, et plus asymétrique que la femelle (test X² de PEARSON, au niveau 5 %). Il précise ne rien pouvoir conclure avant une analyse de la signification fonctionnelle de telles différences.

Les valeurs extrêmes et moyennes obtenues par divers auteurs sont réunies par KRAGENOW, 1981. Les divergences importantes selon les sources ne sont pas seulement dues à une variation géographique, mais sont principalement liées aux différentes méthodes de mesure appliquées. De plus, pour une même méthode, la mesure varie d'une personne à l'autre (NIETHAMMER, 1962; KELM, 1970). En outre, les échantillons d'individus mesurés sont hétérogènes (migrateurs de passage et sédentaires) et souvent composés de peaux d'oiseaux conservées en Museum et dont les mensurations ne sont plus conformes à la réalité vivante (KELM, 1970; KNOW, 1980; ENGELMOER et al., 1983). MENZBIER et SUSCHKIN (1913, in KRAGENOW, 1981) ont trouvé de plus grandes dimensions du bec pour les pinsons du Caucase par rapport à *F. c. coelebs*, et en ont fait la sous-espèce *F. c. solomkož*. Ceci est intéressant : toute la taxonomie du bruant des roseaux par exemple (*Emberiza schoeniclus*), repose sur les dimensions du bec comme critères de différenciation (GHIOT, 1972). Aucun essai dans ce sens n'a été tenté pour le pinson des arbres.

MATERIEL ET METHODES

I. SITE DE CAPTURE

Notre station d'observation et de baguage était installée à Beaufays (Liège) au sommet d'un replat à 280 m d'altitude, dominant la vallée de la Vesdre au Nord et la vallée de l'Ourthe au Sud (50° 34' N, 05° 39' E). Elle occupait une grande prairie en très légère pente, orientée vers le Sud-Ouest, limitée à l'Ouest par des haies vives et un verger, à l'Est par des pâtures en pente et un bois assez éloigné, milieux propices à attirer les migrateurs.

II. MATERIEL ANIMAL

Lors d'une campagne de capture s'étalant du dix-sept septembre au dix-neuf novembre de l'année mille neuf cent quatre-vingt-quatre, nous avons intercepté sur le flux migratoire, entre autres espèces, un total de neuf cents pinsons des arbres *Fringilla coelebs*. Cette quantité s'explique par l'importance du passage de cette espèce au-dessus du site choisi. Ce fait dépend notamment de la topographie et de l'aspect paysager des lieux, comme tout bagueur assidu peut s'en rendre compte (DELAVELEYE, 1957; RUWET, 1958; BUSSE et HALASTRA, 1981).

III. MATERIEL DE CAPTURE

Les oiseaux ont été capturés au filet plat ou tirasse ("herna" au Pays de Liège) qui consiste en deux nappes de filet de 20 m de long et 2 m de large, couchées sur le sol; il s'agit du type utilisé il n'y a pas si longtemps par les tendeurs, et dont les ravages, du fait de son efficacité et du sort funeste réservé aux oiseaux, ont été justement dénoncés.

Ce dispositif, aujourd'hui prohibé, est réservé aux bagueurs munis d'une autorisation délivrée sur recommandation d'une institution scientifique (Université et I.R.Sc.N.). Le dispositif et le fonctionnement de ce type de filet ne nous concernent que peu dans la mesure où l'influence de ce mode de capture sur le sexe ou l'âge des oiseaux attirés ne peut être vérifiée, même expérimentalement. Rappelons que le savoir-faire du captureur joue un grand rôle dans la réussite du coup de filet. Ceci, l'on s'en doute, indépendamment de la réceptivité des oiseaux à l'attraction exercée par les appelants engagés, réceptivité et attractivité étant variables d'une espèce à l'autre, mais aussi d'un individu à l'autre, suivant leur motivation propre et les conditions météorologiques locales (VERHEYEN, 1952; BLYUMENTAL et DOLNIK, 1963; DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967).

IV. MANIPULATIONS DES OISEAUX CAPTURES

1. Identification

La détermination du sexe et de l'âge des individus se base sur les critères mentionnés dans les guides de bagueurs (ARNHEM, J. et R., 1968; SVENSSON, 1975). Ils concernent généralement la coloration et l'état du plumage, et quelquefois la longueur alaire.

Chez le pinson des arbres, le dimorphisme marqué au niveau du plumage (cf. supra) ne permet aucune confusion entre sexes à cette époque de l'année.

Chez cette espèce comme chez les majorité des passereaux, la mue pré-migratoire est complète chez les adultes et partielle chez les jeunes (VERHEYEN, 1957; ARNHEM, 1968; SVENSSON, 1975; voir **glossaire**). La distinction entre ces deux classes d'âge se fait dès lors, en automne :

- au jugé de la teinte de couvertures primaires, terne et contrastant avec celle des grandes couvertures neuves (en tout ou en partie, suivant l'avancement de la mue), chez le jeune (voir **photo 1**).
- au jugé de l'état des rectrices, usées et donc pointues chez le jeune, neuves et rondes chez l'adulte.
- à l'évaluation de l'état général des rémiges, usées et ternes chez le jeune.

2. Mensurations

En plus de la longueur alaire et de la longueur du tarse, mesures généralement retenues dans la plupart des études biométriques, nous avons considéré un grand nombre de variables, ne sachant pas a priori lesquelles seraient démonstratives d'une quelconque variation. Un compromis dut souvent être fait entre le nombre de manipulations et le confort de l'oiseau; ceci amena un certain nombre de séries incomplètes, lesquelles s'avérèrent par la suite inutilisables pour les procédures statistiques multivariées employées. Afin de permettre une éventuelle comparaison avec les travaux d'autres auteurs, il n'est pas inutile de décrire précisément les méthodes de mesure utilisées pour chaque variable. Insistons sur le fait que ces mesures doivent être prises toujours de la même façon, et par la même personne, pour éviter une importante marge d'imprécision, quantifiée notamment par NIETHAMMER (1962) et KELM (1970).



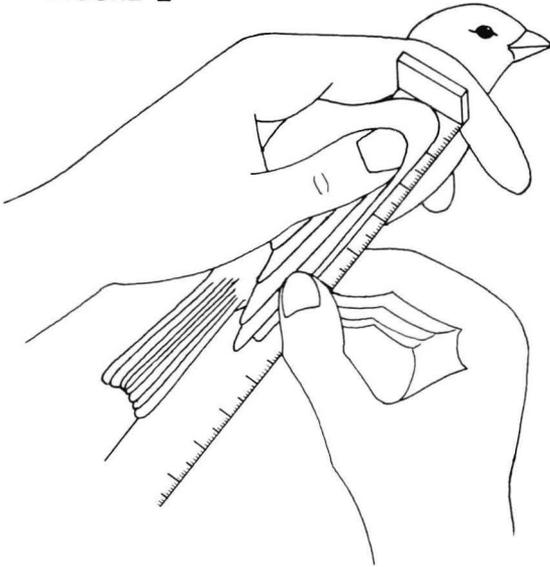
Photo 1. Les flèches pointent sur des couvertures non muées, grises (flèche épaisse) et sur des muées, noires (flèche fine).

Longueur de l'aile droite (fig. 2) (= AILE)

Une différence de 1 mm peut être notée entre les mesures des ailes gauche et droite d'un même oiseau par une même personne. Ce fait n'a pas encore reçu d'explication (NIETHAMMER, 1962).

L'oiseau est maintenu dans la main gauche, sur le ventre, la queue vers nous. Le poignet de son aile droite est maintenu par le pouce gauche contre la butée d'une règle sans marge, graduée au mm près. L'aile est repliée, et les cinq premières rémiges primaires sont appliquées de tout leur long et maintenues du pouce droit sur les graduations de la règle. La courbure naturelle de ces plumes est en même temps minimisée par l'index droit. La valeur lue correspond à la plus longue des premières rémiges.

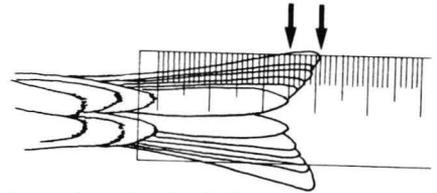
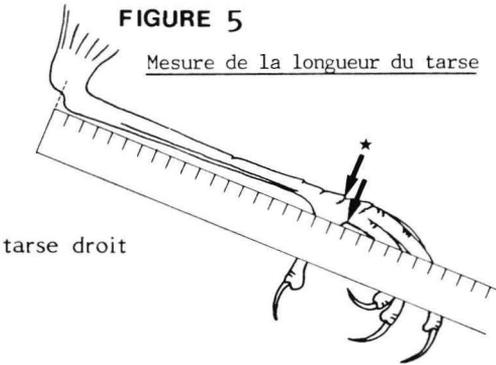
FIGURE 2



Mesure de la longueur alaire

FIGURE 5

Mesure de la longueur du tarse



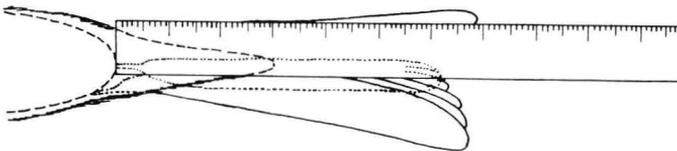
face dorsale de l'oiseau

FIGURE 4

Mesure de l'échancrure

FIGURE 3

Mesure de la longueur caudale maximum



face ventrale de l'oiseau

Longueur de la queue (fig. 3) (= QUEUE)

L'oiseau est tenu dans la main gauche, sur le dos, tête vers notre gauche. Le début d'une règle sans marge ni butoir, graduée au mm près, est posé au niveau d'implantation de la paire des rectrices médianes. La règle est appliquée le long de la queue serrée et jusqu'à son extrémité. La valeur lue correspond aux plus longues des rectrices : la paire externe chez les fringilles.

Mesure de l'écart entre l'extrémité des rectrices externes (les plus longues) et celle des rectrices médianes (les plus courtes) (fig. 4) (= ECHAN)

La paire médiane étant dorsale, la mesure de l'échancrure se fait sur la face dorsale de l'oiseau, tenu dans la main gauche. La valeur est lue sur une règle transparente graduée au mm près, posée sur la queue serrée.

Longueur du tarse droit (fig. 5) (= TAR)

La mesure est prise au moyen d'une règle sans marge ni butoir, graduée au mm près, et appliquée le long du tarse droit depuis l'articulation-même du coude, jusqu'au creux de la patte. Une série de cinquante mesures de contrôle mettent en évidence un écart constant de 1 mm entre les valeurs obtenues par cette méthode, et par celle expliquée dans les guides de SVENSSON (1975) et de BARDI et al. (1983), qui va jusqu'à la troisième écaille supérieure du bout du tarse (flèche * de la figure 5).

Pesée (= POIDS)

Au moyen d'un dynamomètre (précision de l'instrument : 0,5 g; charge maximum : 100 g). La valeur obtenue lors de la pesée de l'oiseau enfoui dans un sac en tissu est diminuée du poids de ce même sac en tissu, vide.

Longueur du bec jusqu'aux narines (fig. 6, flèche 2) (= BNAR)

L'écart entre l'extrémité de la mandibule supérieure et les narines est reporté à l'aide d'un compas à pointes sèches sur une règle graduée à 0,5 mm.

Longueur totale du bec (fig. 6, flèche 1) (= BCRA)

La mesure est donnée par la même méthode que précédemment, mais l'écart du compas va de l'extrémité de la mandibule supérieure au léger creux marquant la limite de la ramphothèque.

Largeur du bec (fig. 7) (= BLAR)

La mesure est prise au pied à coulisse, par dessus le bec, au niveau de sa base. Précision de l'instrument : 0,05 mm.

Hauteur du bec (fig. 8) (= BHAUT)

La mesure, toujours au pied à coulisse, est prise juste après les narines, par le côté gauche de l'oiseau.

Formule alaire (fig. 9)

Elle traduit la forme de l'aile de l'oiseau. Il s'agit d'une suite de nombres qui sont les valeurs, en mm, des écarts de chaque rémige par rapport à la (aux) plus longue(s) d'entre-elles, d'écart nul et appelée(s)

FIGURE 6

Mesures des longueurs de bec

- 1)- jusqu'au crâne
- 2)- jusqu'aux narines

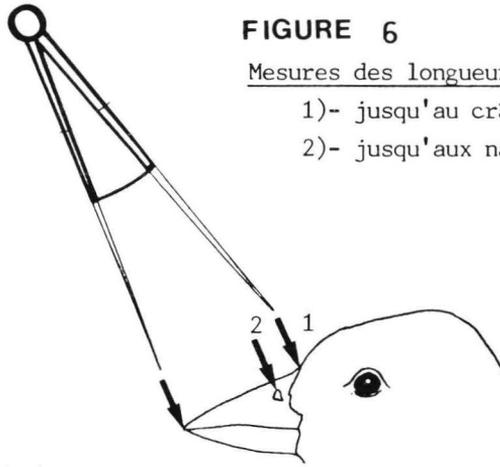


FIGURE 7 Largeur du bec

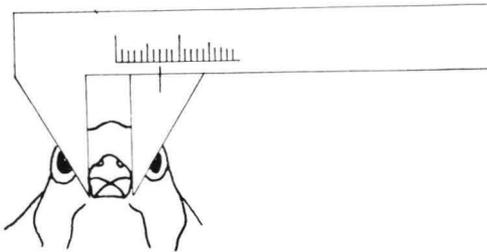
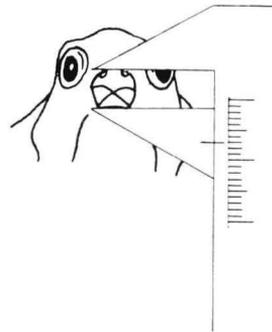
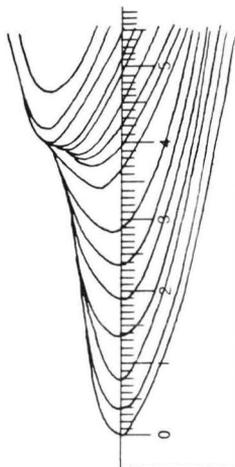


FIGURE 8



Hauteur du bec

FIGURE 9



Formule
alaire

"wing-point" (SVENSSON, 1975). Rappelons que la ou les rémige(s) du sommet de l'aile ont pour longueur totale la longueur alaire. La mesure de chaque écart est lue sur une règle transparente graduée au millimètre près, appuyée sur l'aile fermée, et ajustée au sommet de l'aile (wing-point).

3. Variables discrètes

Outre le sexe et l'âge déterminés lors de l'identification (cf. 1 supra), elles comprennent :

- la couleur du tarse (ton pâle, moyen, ou foncé);
- le nombre de rectrices externes blanches (4, ce qui est normal, ou plus);
- l'avancement de la mue pour les grandes couvertures et les rémiges tertiaires (plume muée, non muée, ou douteuse);
- l'adiposité de l'oiseau, c'est-à-dire la quantité de graisse mise en réserve. Celle-ci est quantifiée de 1 à 4, suivant l'échelle donnée par ARNHEM (1968). Lorsque l'état adipeux de l'oiseau dépassait largement la description donnée pour le code 4, nous avons créé et attribué un code 5.
- la date de capture;
- l'heure de capture;
- le nombre de pinsons capturés par rapport à l'effectif de la volée qui passait au moment du coup de filet.

Par ailleurs, nous avons récolté des parasites.

V. OBSERVATION DE LA MIGRATION VISIBLE

La méthode appliquée consiste à repérer les oiseaux de passage (à l'ouïe et/ou la vue), à les identifier, à les compter, et à les suivre de vue suffisamment longtemps pour leur attribuer une direction de vol. Tout cela doit se faire à partir d'un poste fixe (la "cabane" de capture), instantanément pour chaque volée et pendant toute la durée de notre présence. Le champ d'observation est limité, pour les petits passereaux, à un couloir large d'environ 75 mètres de part et d'autre de notre poste fixe (d'Ouest vers l'Est). L'emploi de jumelles s'avère inadéquat et n'est pas recommandé en cas de passage soutenu. L'identification à l'oeil nu et à l'ouïe est de règle, le recours aux jumelles (10 X 50 dans notre cas) se limitant exclusivement à certaines volées douteuses, aux extrémités du couloir. Cette méthode implique assurément une très bonne connaissance ornithologique de terrain de la part de ceux qui la pratiquent. Chaque observation est immédiatement notée sur feuille prévue à cet effet, et comportant une colonne pour chaque renseignement : heure, espèce (code de trois lettres), effectif, direction de vol. En cas de capture, les mentions "F" ou "filet", ainsi que la proportion prise, complètent les autres renseignements.

VI. DONNEES METEOROLOGIQUES LOCALES

Les paramètres météorologiques considérés sont :

- La pluviosité, calculée en millimètres à partir du volume d'eau recueilli dans une bouteille, via un entonnoir de 11,8 centimètres de diamètre. Ce pluviomètre était placé à moins de deux mètres de distance de la cabane,

côté sud. La bouteille était vidée (et le volume d'eau mesuré) chaque matin de notre présence, vers 6 h 20(*).

- Les extrêmes de température (minimum et maximum), lus chaque matin de notre présence vers 6 h 20 sur un double thermomètre à mercure, gradué à 0,5 °C. Le thermomètre était dressé dans une grande caisse en bois, elle-même protégée de la pluie par une feuille de plastique, et posée sur le sol à moins de deux mètres de la cabane, côté nord.
- La température du jour, relevée chaque jour de notre présence, toutes les heures dès 6 h 20, sur un thermomètre à mercure gradué en degrés centigrades (précision 1 °C). Celui-ci était placé dans la même caisse que le précédent. Une sonde extérieure, reliée à une seconde échelle du même thermomètre, nous fournissait simultanément la température extérieure, à 1 mètre du sol, dans les feuillages du camouflage de la cabane, côté nord.
- L'origine et la direction du vent, orientée par rapport aux points cardinaux.
- La force du vent, évaluée selon l'échelle Beaufort.
- la couverture nuageuse, et l'humidité au sol estimée selon le code de l'Institut royal météorologique I.R.M.
- La présence ou l'absence de brume et brouillard.
- La visibilité au sol : <, <=, >=, > que 1 kilomètre.

VII. METHODES D'ANALYSES

L'ensemble des oiseaux capturés dont l'âge et le sexe furent déterminés constitue notre échantillon de base. Nous le postulons aléatoire et représentatif de la population des migrateurs de passage à Beaufays entre le vingt-quatre septembre et le quatorze novembre 1984.

Pour les variables continues (mensurations) autres que la formule alaire, nous avons dans un premier temps utilisé l'analyse en composantes principales, méthode exploratoire, puisque utilisée pour l'interprétation d'observations ne comportant a priori aucune distinction, ni entre variables, ni entre individus (DAGNELIE, 1975). L'extrapolation à n dimensions de la notion de droite des moindres rectangles permet de définir les axes principaux d'un hyperespace, lesquels maximisent la variance des valeurs observées réduites des variables considérées. L'analyse de la répartition des individus selon les axes pris deux à deux permet de dégager d'éventuels groupements d'oiseaux aux caractéristiques communes. La méthode implique la normalité de l'échantillon.

Nous avons fait appel à l'ordinateur et aux procédures SAS (SAS INSTITUTE, 1982) :

- UNIVARIATE pour vérification de la normalité (test de Kolmogorov et Smirnov);
- PRINCOMP pour les composantes principales (analyse avec matrice des corrélations).

(*) Toutes les heures indiquées correspondent à l'heure solaire locale, soit GMT + 22 min, c'est-à-dire GMT + 2 (heure d'été) - 1 h 38 min, ou GMT + 1 (heure d'hiver) - 38 min. En 1984, le changement horaire d'hiver eut lieu le premier octobre.

Parallèlement et toujours grâce à l'ordinateur, nous avons eu recours à l'analyse multivariée de la variance à plusieurs critères de classification en divers échantillons; ceci nous permet de mettre en relation les variables continues et discrètes. L'analyse est basée sur la comparaison des variations entre échantillons avec la variation dans les échantillons (DAGNELIE, 1975). Les critères de classification sont les variables discrètes suivantes :

- sexe, mâle ou femelle;
- âge, jeune ou adulte;
- période de passage au cours de la saison, soit :
 1. du 24 au 30 septembre;
 2. du 1er au 15 octobre;
 3. du 16 au 24 octobre;
 4. du 25 au 31 octobre;
 5. du 1er au 14 novembre;
- moment du passage au cours de la journée, soit :
 1. avant 8 h 22 (rappel : heure solaire locale);
 2. entre 8 h 22 et 11 h 22;
 3. entre 11 h 22 et 15 h 22;
 4. après 15 h 22;
- les interactions deux à deux de tous ces critères entre eux.

L'analyse de la variance du poids, traitée séparément, comporte le critère "adiposité" en supplément des précédents. Pour la commodité des analyses, les cinq modalités de cette variable furent ramenées à trois :

- peu de graisse, codes 1 et 2;
- moyennement, code 3;
- beaucoup de graisse, codes 4 et 5.

Nous avons fait appel cette fois à la procédure SAS GLM, simple pour le poids, avec instruction MANOVA pour l'ensemble des huit autres variables. L'instruction MANOVA est très complète :

- 1° Elle donne, pour chaque variable, les résultats du test de Snedecor, et la proportion de variabilité explicable par le modèle. Celui-ci fait comparer les moyennes d'échantillons classés selon les critères exposés précédemment.
- 2° Elle détaille pour chaque variable l'influence des critères pris séparément (test de Snedecor type III), ce qui nous intéresse le plus pour cerner les sources de variabilité.

Ces deux points sont les seuls développés par la procédure GLM simple.

- 3° Elle teste l'effet d'un critère à la fois sur l'ensemble des variables. L'hypothèse nulle est "non effet global du critère" (test Λ de WILKS).

Nous avons testé l'indépendance des caractères "couleur du tarse" et "nombre de rectrices blanches" par la méthode du χ^2 de PEARSON, en fonction du sexe et de l'âge des individus (SCHWARTZ, 1969).

A partir de leur formule alaire, nous avons recherché pour chaque individu, sur calculatrice Hewlett-Packard HP 34C :

- l'index de forme de l'aile, WSI (Wing Shape Index, HOLYNSKI, 1965);
- l'index de pointe de l'aile, P (Pointness of the wing, Spitzheit des Flügels MLIKIVSKY, 1978, 1982);
- l'index de symétrie du sommet de l'aile, S (Symmetry of the wingtop, Symmetrie der Flügelspitze MLIKOVSKY, 1978, 1982).

Les formules relatives à ces index sont présentées dans l'encadré. Plus WSI est grand, plus l'aile est étroite (HOLYNSKI, 1965; BUSSE, 1967). Plus P est grand, plus l'aile est pointue. Si S est positif, la pointe de l'aile est distale par rapport à la 5ème rémige, et ce d'autant plus que S est grand. Si S est presque nul, le sommet de l'aile est constitué par la 5ème rémige. Si S est négatif, le sommet de l'aile est proximal par rapport à la 5ème rémige, et ce d'autant plus que S est petit (MLIKOVSKY, 1978).

Le test de STUDENT fut utilisé dans tous les cas univariés de comparaison des moyennes (SCHWARTZ, 1969; DAGNELIE, 1975) :

- moyenne de chaque variable par catégorie d'âge et/ou de sexe;
- moyenne de chaque index par catégorie d'âge et/ou de sexe.

Des graphiques illustrent :

- la dynamique globale de la migration et ses relations avec les conditions météorologiques;
- la phénologie des différentes catégories d'âge et de sexe (mâles jeunes, mâles adultes, femelles jeunes, femelles adultes), et leur propre dynamique de migration;
- l'évolution des moyennes journalières par sexe, voire par âge, des variables : poids, longueur alaire, longueur de la queue, valeur de l'échancrure, longueur du bec jusqu'aux narines, du bec jusqu'au crâne, largeur du bec, hauteur du bec et longueur du tarse;
- l'évolution des moyennes quotidiennes du premier index, en rapport avec la forme de l'aile. Nous avons minimisé les variations aléatoires, dues au faible effectif de certains jours, en lissant la courbe par regroupement des données de toutes paires de jours successifs (technique des moyennes mobiles pondérées).

EXPLOITATION DES RESULTATS

I. RESULTAT DE L'IDENTIFICATION

Les individus capturés se répartissent en différentes catégories d'âge et de sexe dont les proportions sont communiquées dans le **tableau 1**.

Tableau 1. Composition par catégorie d'âge et de sexe de l'échantillon de pinsons des arbres capturés.

	Jeunes	Adultes	Jeunes probables	Adultes probables	Indéterminés	Totaux	
Mâles	239 26,9	292 32,9	22 2,5	18 2,0	3 0,3	574 64,6	fréq. abs. fréq. rel.
Femelles	148 16,7	126 14,2	12 1,3	25 2,8	4 0,4	315 35,4	fréq. abs. fréq. rel.
Totaux	387 43,5	418 47,0	34 3,8	43 4,8	7 0,8	889 100	fréq. abs. fréq. rel.

INDEX DE FORME DE L'AILE (WSI)

$$WSI = \frac{100 \times (\text{somme p} - \text{somme d})}{\text{longueur alaire}} \quad (\text{HOLYNSKI, 1965; BUSSE, 1967})$$

somme p est la somme des écarts mesurés dans la formule alaire, pour les rémiges primaires proximales (du sommet de l'aile vers le corps de l'oiseau).

somme d est la somme des écarts mesurés dans la formule alaire pour les rémiges primaires distales (du sommet de l'aile vers l'extérieur de l'oiseau).

INDEX DE POINTE (P) ET DE SYMETRIE (S) DE L'AILE

$$P = \frac{\sum (n_i - \bar{n})^4 \cdot x_i'}{s^4}$$

$$s^2 = \sum (n_i - \bar{n})^2 \cdot x_i'$$

$$S = \frac{\sum (n_i - \bar{n})^3 \cdot x_i'}{s^3}$$

$$x_i' = \frac{x_i}{\sum x_i}$$

$$x_i = W - d_i$$

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i \cdot x_i}{\sum x_i} \quad (\text{MLIKOVSKY, 1978, corrigées en 1982})$$

P : pointe de l'aile

S : symétrie du sommet de l'aile

n_i : numéro de la ième rémige, sauf la première. Les rémiges sont numérotées de la distale vers la proximale (v. **fig. 1**)

W : longueur alaire de l'individu, en millimètres.

d_i : différence, en mm, entre l'extrémité de la ième rémige et le sommet de l'aile.

On peut en déduire les faits suivants :

- sexe ratio du total de la population capturée :

$$\frac{64,6}{35,4} = 1,83 \text{ en faveur des mâles}$$

- structure par âge :

$$\frac{47,0}{43,5} = 1,08 \text{ en faveur des adultes}$$

9,4 % d'individus douteux, au sein desquels la balance est également en faveur des adultes : rapport 1,26 pour les individus probablement bien classés.

Seuls les individus déterminés complètement (deux premières colonnes) ont été retenus pour les analyses statistiques. Ils totalisent huit cent cinq oiseaux.

II. DYNAMIQUE DE MIGRATION ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES

La **figure 10** résume graphiquement la situation observée de jour en jour au long de la saison. La dynamique du flux migratoire observé est figurée par un histogramme des fréquences relatives journalières. Les jours de très gros passage où la quantification était largement déficitaire (28/9 et 12/10), nous avons doublé les valeurs réellement observées. Les chiffres concernent les pinsons des arbres, mais aussi les pinsons du Nord inclus dans certaines volées mixtes. Il ne fut en effet pas toujours possible de compter le nombre exact de pinsons du Nord parmi les pinsons des arbres, toujours très amplement majoritaires. L'histogramme des fréquences relatives journalières des captures est aligné sur le précédent. Les conditions météorologiques sont également représentées en alignement :

- histogramme des fréquences relatives de la pluviosité;
- direction et force du vent;
- brume, visibilité, et couverture nuageuse;
- température moyenne de la matinée (de 7 h 20 à 11 h 20); la courbe joignant les points quotidiens est superposée à l'histogramme du passage observé. Les périodes définies pour les analyses statistiques sont en outre figurées.

L'examen de ces graphiques nous révèle plusieurs points intéressants. Tout d'abord, du point de vue de la dynamique du passage observé d'une part, de l'échantillon capturé, d'autre part, la concordance entre les deux profils fluctue : certains jours de passage fort à modéré ne sont pas rendus par l'histogramme des captures (28/9, 11/10, 17/10, 24/10, 8/11, 14/11), alors que le passage faible à modéré d'autres jours est surestimé dans les captures (24/9, 25/9, 16/10, 2/11, 6/11). Il n'est donc pas recommandé de faire systématiquement référence au profil des captures pour commenter la migration d'une espèce. Nous nous référerons dans la suite de ce travail au profil dû à l'observation. Celui-ci nous montre sept pics de passage, dont trois très importants, espacés de 8 à 11 jours, en relation assez étroite avec la pluviosité. Une remarquable constatation est que les pics de passage les moins bien rendus par le profil des captures sont ceux qui précèdent ou s'intercalent entre les jours de fortes pluies. D'autre part, les relations avec la température sont assez variables, mais à partir du 10 octobre, néanmoins, une baisse de celle-ci est enregistrée lors

Fig. 10. PHENOLOGIE DE LA MIGRATION & METEO

LEGENDE

De haut en bas :

-- pluviosité; histogramme des fréquences relatives journalières (échelle de temps supérieure).

--

direction du vent
force du vent, min. et max., en Beaufort
état brumeux (b, B, -)
couverture nuageuse, en dixièmes (portions de ciel)
visibilité, rapportée à 1 km

b : brume matinale passagère

B : brouillard ou brume, persistant au long de la matinée

- : ni brume, ni brouillard

chaque case représente un jour (échelle de temps inférieure).

-- courbe brisée des moyennes journalières de températures. La moyenne porte sur cinq heures de la matinée : de 7 h 22 à 11 h 22 (heure solaire locale).

-- histogramme des fréquences relatives journalières de la migration visible dans le couloir observé (les valeurs des jours 28-9 et 3-10 sont extrapolées, voir texte).

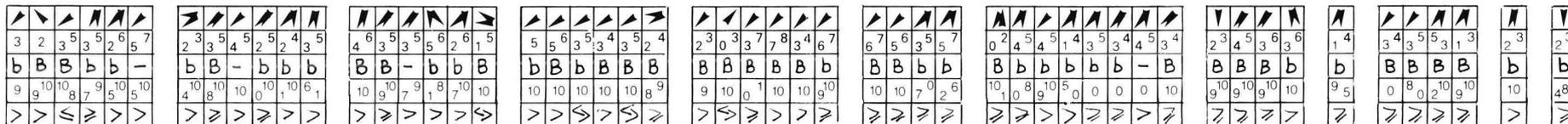
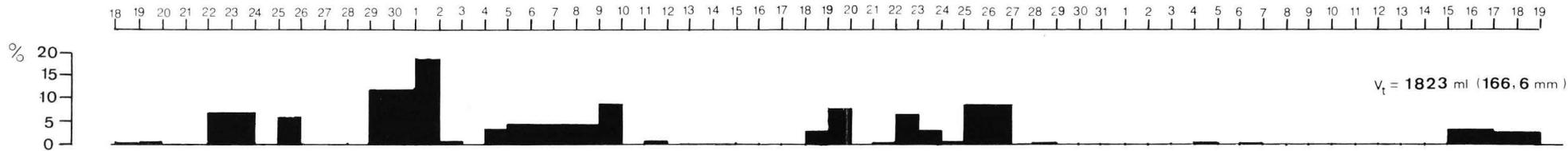
-- les traits noirs sous la base de l'histogramme précédent représentent la durée des périodes définies pour l'analyse en composantes principales.

enfin,

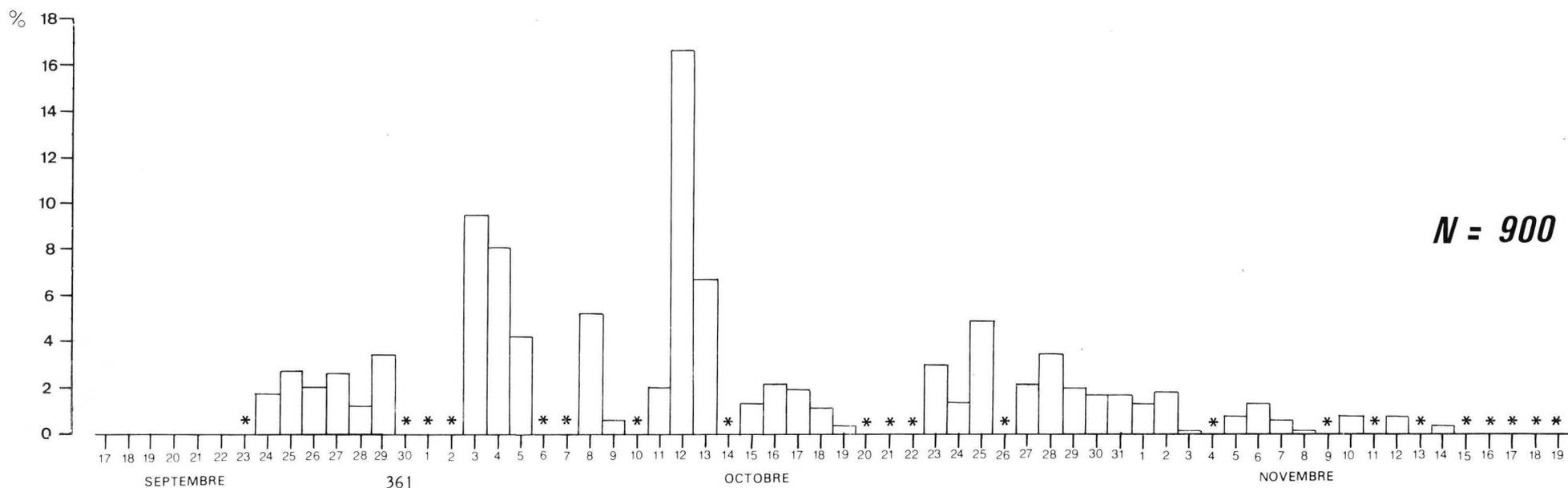
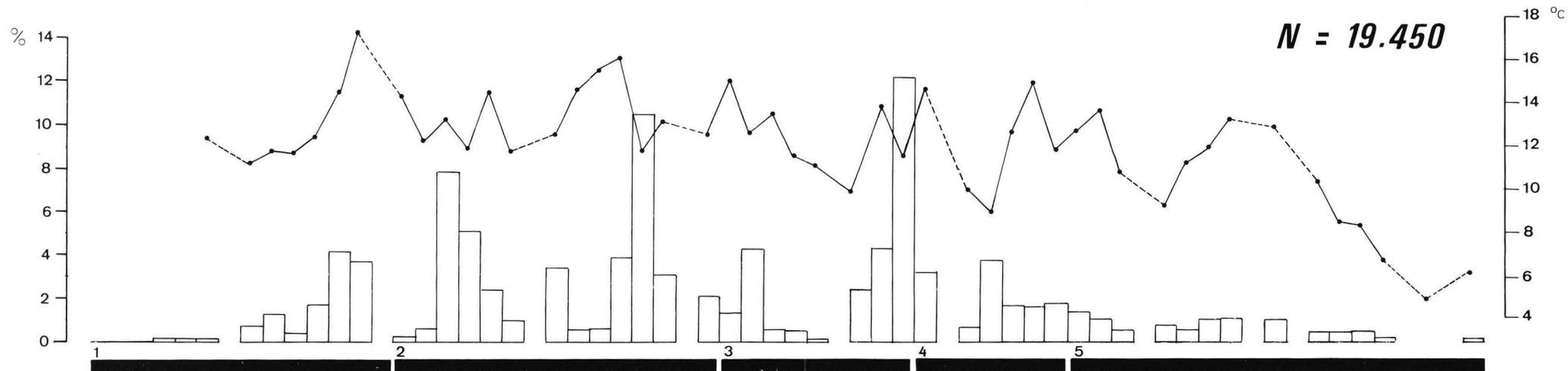
-- histogramme des fréquences relatives journalières des captures

* : jour sans tentative de capture

N.B. : La pluviosité relevée le matin étant celle du jour et de la nuit précédents, nous en avons décalé l'histogramme d'un jour, afin d'obtenir une concordance parfaite entre les graphiques.



NORD



des pics. Ceci est certainement dû à la relation entre température et pluviosité. La couverture nuageuse ne semble pas affecter le nombre des migrateurs. Le vent soufflait le plus souvent du secteur sud-ouest, c'est-à-dire à contre courant migratoire. Les jours de vent arrière, de secteur nord-ouest, le passage observé était faible, ce qui suggère que le pinson des arbres préfère le vent debout (anémotropisme positif). Mais par vent arrière, les oiseaux volent plus haut; cependant le ciel était couvert. L'effet de la force du vent est difficile à cerner. Remarquons que les jours de fort passage, le vent était modéré (force 3 à 5). Quand sa force dépassait 5, le passage était moindre. La brume ne semble pas avoir d'effet primordial : le 12/10, passage intense malgré le brouillard. La visibilité telle que nous l'avons définie ne fait rien ressortir de particulier.

Remarquons que les périodes arbitrairement définies pour les analyses statistiques (v. leurs résultats) ne correspondent pas toujours exactement au bon groupe de jours à considérer pour rendre toute l'évolution d'un seul pic de passage.

Discussion

Pour diverses raisons déjà évoquées, tous les nombres obtenus qui traduisent l'intensité du flux migratoire dans notre couloir doivent être considérés comme des minima. Notamment, par ciel dégagé, les oiseaux peuvent voler plus haut et échapper à notre regard. En dehors des jours de gros passage où les comptages furent largement sous-estimés par manque d'observateur (28/9 et 12/10), nous estimons subjectivement que le déficit en observations que nous aurions dû faire, si nous nous étions consacrés uniquement à cet aspect de la migration, n'excède pas un quart des oiseaux.

L'analyse rapide que nous avons faite des relations entre le passage migratoire et les conditions météorologiques se veut descriptive et n'est valable que pour la saison 1984. Notons que nous n'avons pas tenu compte du plafond de la couverture nuageuse. Il est superflu de faire de longues analyses statistiques (des corrélations par exemple) sur le peu de renseignements recueillis. Plusieurs années d'observations sont indispensables à la bonne intégration de ces relations. Par ailleurs, le recours au radar serait fort apprécié pour démasquer les mouvements migratoires à haute altitude, qui ne manquent certainement pas. Soulignons que le vent étant de direction constante, c'est la pluviosité qui paraît déterminer la migration. L'ensemble de nos résultats confirme les conclusions de nombreux auteurs; nous les avons résumées dans l'introduction.

Les pics de migration successifs observés à Beaufays pour le pinson des arbres ne correspondent pas aux "vagues de migration" des auteurs russes et polonais (v. introduction page 346). Ils sont trop en relation avec la pluviosité, alors que les conditions météorologiques ne sont pas prises en compte dans la définition de ces auteurs. Quoi qu'il en soit, la comparaison de dynamiques de migration observées au même site, sur la même saison, plusieurs années de suite, est indispensable pour confirmation.

III. PHENOLOGIE ET DYNAMIQUE DE MIGRATION DES CATEGORIES D'AGE ET DE SEXE.

Nous avons représenté graphiquement la migration des catégories d'âge et de sexe de deux façons. D'une part, nous avons tracé les profils des fréquences de capture pour chaque catégorie. Nous les avons mis en rapport avec le profil de la migration observée et les avons confrontés par

sexe [fig. 11a (femelles) et 11b (mâles)]. Les effectifs quotidiens sont relativisés par rapport au total de la catégorie sur la saison. D'autre part, nous avons superposé les profils de fréquences relatives cumulées de chaque catégorie (âge et sexe) de pinsons (fig. 12).

Les deux types de représentation montrent clairement que les jeunes, tant mâles que femelles, passent en nombre avant les adultes. Parmi les jeunes, les femelles passent deux à trois jours avant les mâles. Mais parmi les adultes, l'antériorité des femelles n'est pas évidente; et même, les femelles sont seules à présenter un pic net le 2 novembre. Le 12 octobre est caractérisé par le plus haut pic pour chacune des classes; c'est un jour de très gros passage global dans une longue période sans pluie (cf. fig. 10). Notons que seules les jeunes femelles offrent un passage massif précoce les premiers jours d'octobre pour quasiment disparaître en fin de saison. Les jeunes mâles suivent de près, mais il s'en présente encore en fin de migration. Les adultes, eux, passent en certain nombre, quelque peu fluctuant, tout au long de la saison.

Discussion

Que les jeunes passent avant les adultes et les femelles avant les mâles est acquis aux yeux de beaucoup de personnes pour toutes les espèces, souvent sans vérification (MURRAY, 1966). Pour le pinson des arbres en région liégeoise, notre étude confirme l'antériorité des jeunes par rapport aux adultes et des jeunes femelles par rapport aux jeunes mâles. VERHEYEN (1960) et VAN HECKE et VERSTUYFT (1972) l'avaient déjà suggéré d'après l'analyse de listes de baguage des reprises et l'analyse pour l'ensemble du territoire. Il est donc raisonnable de penser que ce phénomène est régulier d'une année à l'autre, et donc assez indépendant des conditions climatiques. Le nombre de mâles est presque double de celui des femelles : il faudrait connaître le sexe ratio des populations nicheuses du Nord pour conclure de façon péremptoire. Retenons toujours l'idée que les femelles, au tempérament migrateur plus prononcé (DEELDER, 1949, à la côte), pourraient être moins tentées que les mâles de se poser à l'instigation de nos "appelants", et volaient peut-être plus haut, hors de notre vue. Les mâles au contraire ont leurs quartiers d'hiver plus proches et, partagés entre l'attachement à leur territoire et le besoin de migrer (inhibition partielle de l'impulsion migratoire par les hormones sexuelles mâles, voir revue par DORST, dès 1956), pourraient être plus enclins à se poser.

Conscients de l'insuffisance de nos données, nous en resterons là; plusieurs années d'observation sont en effet nécessaires pour soutenir des affirmations plus poussées quant à la phénologie exacte de la succession des classes d'âge et de sexe sur un site précis, d'autant plus que nous savons devoir considérer les captures comme imparfaitement représentatives de la migration (cf. supra).

IV. RESULTATS BRUTS DES MENSURATIONS

Nous avons construit des histogrammes de fréquence des valeurs observées, pour chaque variable, en considérant globalement les oiseaux mâles et femelles.

Comme l'a souligné VERHEYEN (1956), les variations observées peuvent être dues, en plus du sexe et de la variation écogéographique, à l'âge des oiseaux. Chez certaines espèces, les individus nés dans l'année ont

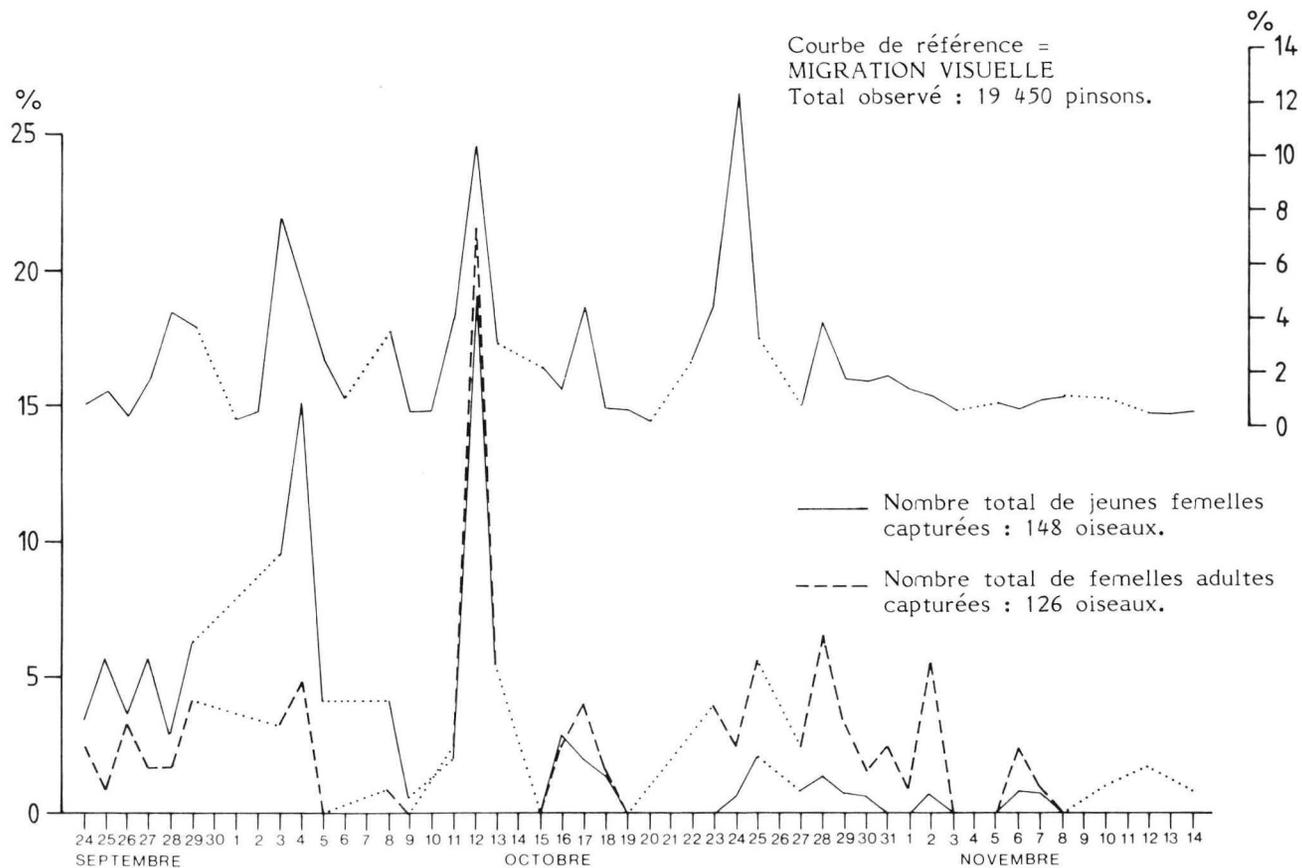


Fig. 11a. Phénologie de la migration des femelles - jeunes et adultes - d'après les captures.

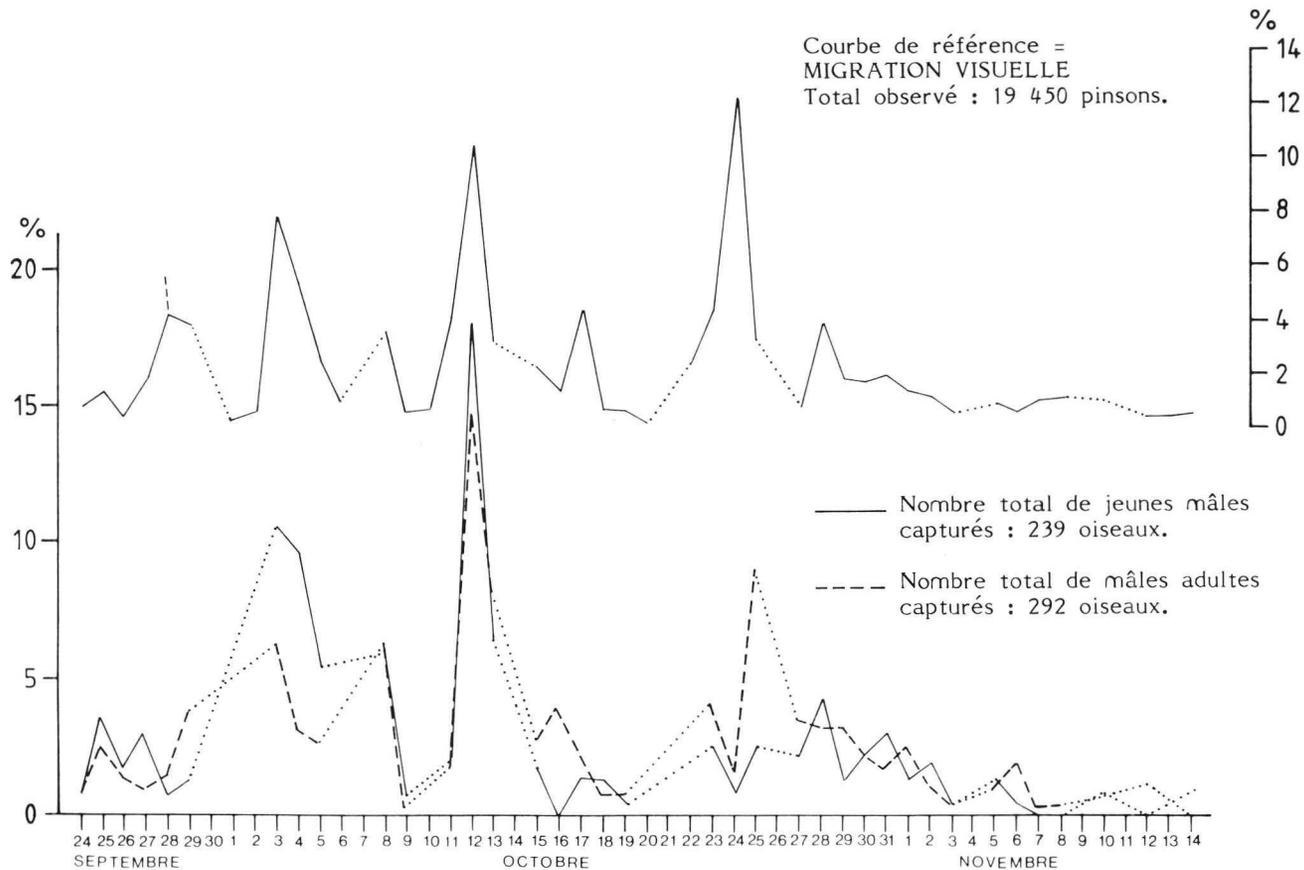


Fig. 11b. Phénologie de la migration des mâles - jeunes et adultes - d'après les captures.

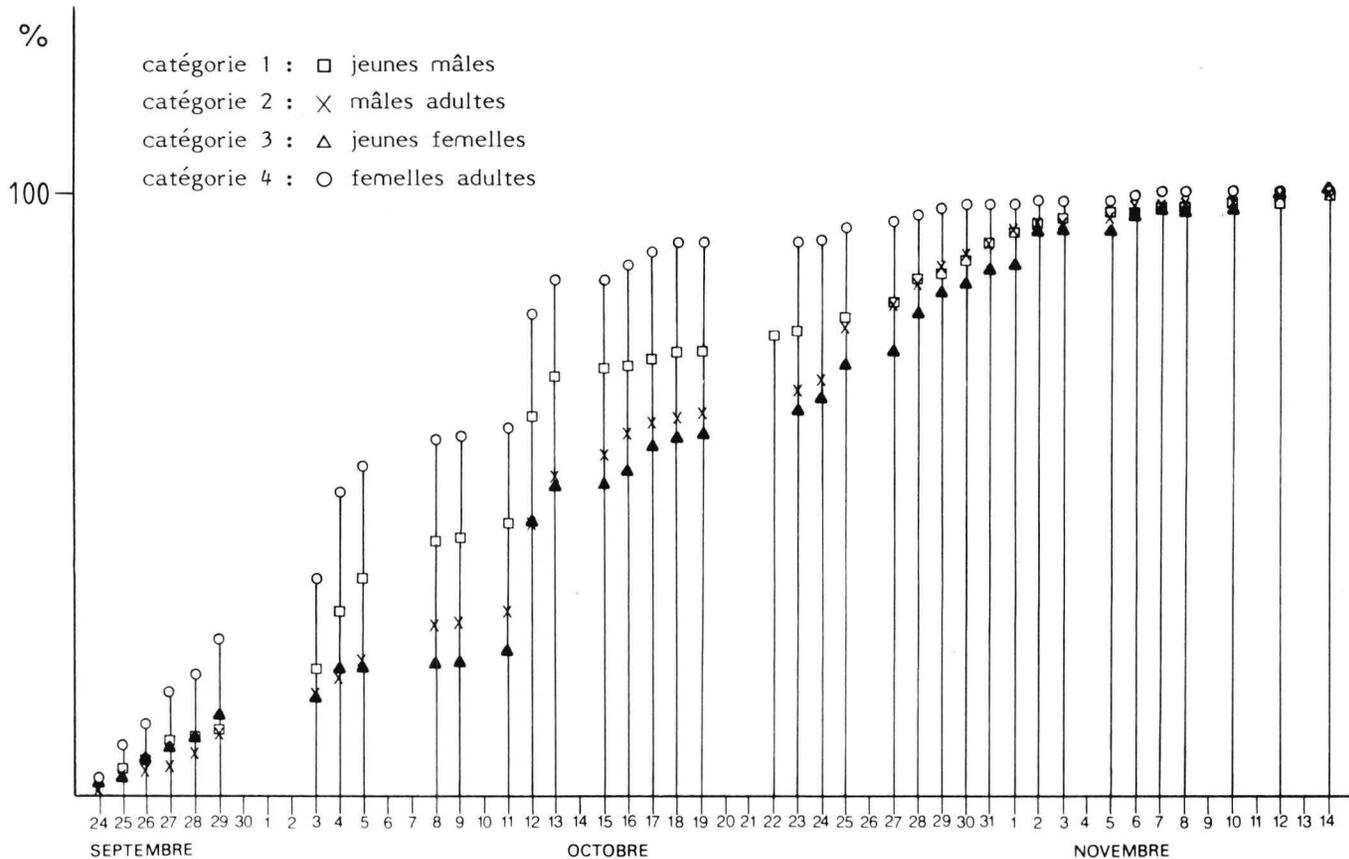


Fig. 12. Fréquences relatives cumulées des effectifs quotidiens de captures pour chaque catégorie (âge et sexe) de pinsons.

l'aile et la queue plus courtes que dans leur plumage adulte (ou subadulte) l'année suivante. La différence va de 1 à 2 mm pour la longueur alaire chez *Parus major* (KLUIJVER, 1939), *Carduelis chloris* (SUTTER, 1946) et *Phylloscopus collybita* (GEISSBUEHLER, 1954). Les exemples abondent... Il est possible que la différence soit plus marquée entre mâles qu'entre femelles, du moins pour les jeunes oiseaux à mue partielle en automne (STEWART, 1963, cas de *Parus coeruleus*; PIKULA, 1973, pour *Fringilla coelebs*). Ceci n'est valable que pour des oiseaux "de même sexe, même type de plumage, et qui proviennent d'une même région topographiquement bien définissable et de surface assez limitée" (VERHEYEN, 1956). Pour les longueurs de l'aile et de la queue, caractères courants de distinction du sexe ou d'une sous-espèce, il s'avère donc intéressant de comparer les distributions dans chaque catégorie d'âge et de sexe. Nous l'avons fait aussi pour les autres variables (en fréquence relative, car les effectifs de chaque catégorie ne sont pas comparables). Dans notre cas, les échantillons examinés sont très certainement composés d'oiseaux migrateurs et de sédentaires indigènes. Il faut donc s'attendre à des différences moins nettes qu'entre échantillons plus homogènes (cf. VERHEYEN, 1956).

Conclusions

La distribution franchement bimodale des longueurs alaires (fig. 13) est clairement due à une différence sexuelle. Le dimorphisme n'est visiblement pas si flagrant pour les autres variables, mais il apparaît mieux lorsque l'on regarde les distributions par catégorie. La queue offre un bel exemple de distribution bimodale "cachée". L'aspect saugrenu de l'histogramme global de longueur caudale est dû au chevauchement, plus prononcé que dans le cas de la longueur alaire, des distributions par sexe (fig. 14).

La variabilité de chaque variable est rendue graphiquement par l'étalement et l'aspect plus ou moins pointu des histogrammes. Le tarse est visiblement peu variable, au contraire des hauteur et largeur du bec. Des tests de symétrie et de curiosité traduisent ceci statistiquement, mais nous ne les exploiterons pas ici. Nous commentons les comparaisons de moyennes et de coefficients de variation au chapitre Analyses univariées.

V. RESULTATS DES TRAITEMENTS STATISTIQUES

1. Normalité

Le caractère "normal" des distributions de notre échantillon de base (la population capturée) nous est assuré. Le **tableau 2** contient les valeurs du D de KOLMOGOROV et SMIRNOV, et leur probabilité de dépassement. Toutes sont très satisfaisantes. Nous pouvons donc passer aux analyses.

2. Analyse en composantes principales

Résultats et conclusions

La procédure ne retient pour l'analyse que les individus définis par une série **complète** de mesures du point de vue des variables qu'il lui faut considérer. Nous lui avons demandé de considérer toutes les variables mesurées. Sur les huit cent cinquante oiseaux, elle en a retenu quatre cent vingt-six, répertoriés dans le **tableau 3** par catégorie d'âge et de sexe.

Fig. 13. DISTRIBUTION DES VALEURS DE LONGUEUR ALAIRE

Fréquences absolues Effectif : 582 ex.

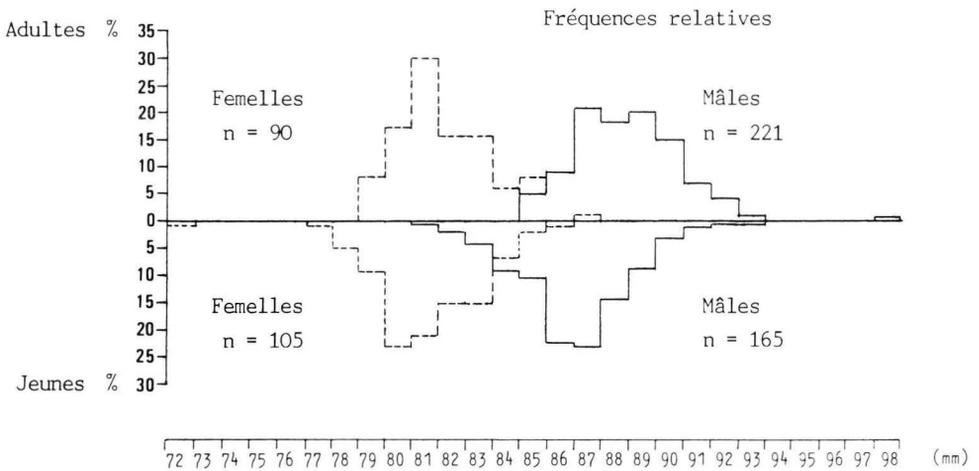
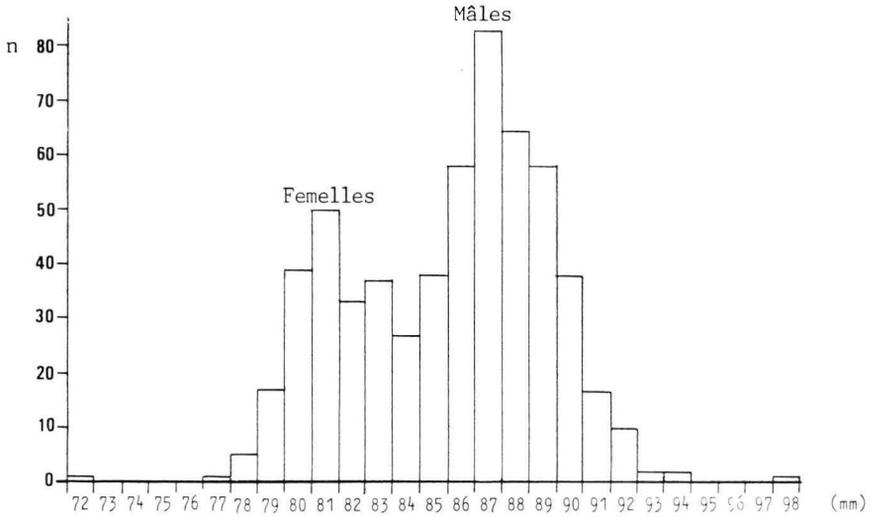


Fig. 14. DISTRIBUTION DES VALEURS DE LONGUEUR CAUDALE
 Fréquences absolues Effectif : 531 ex.

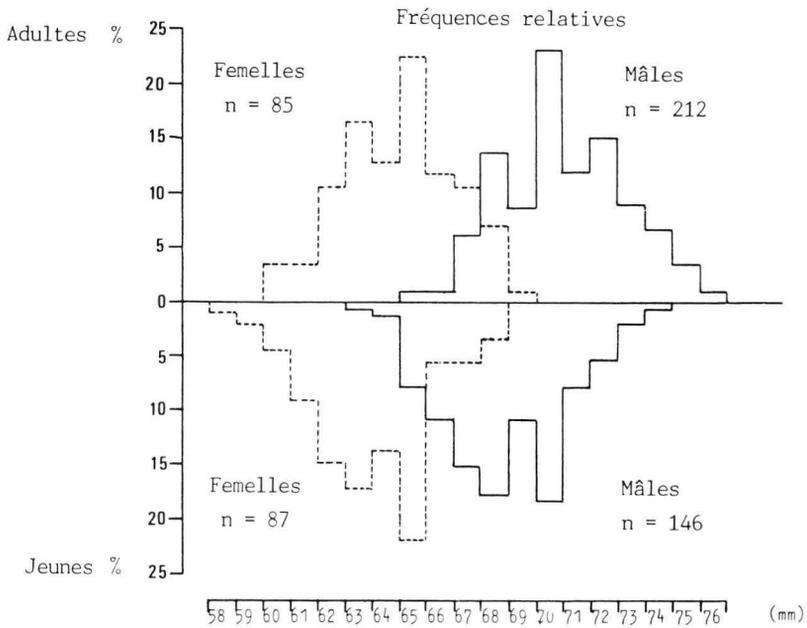
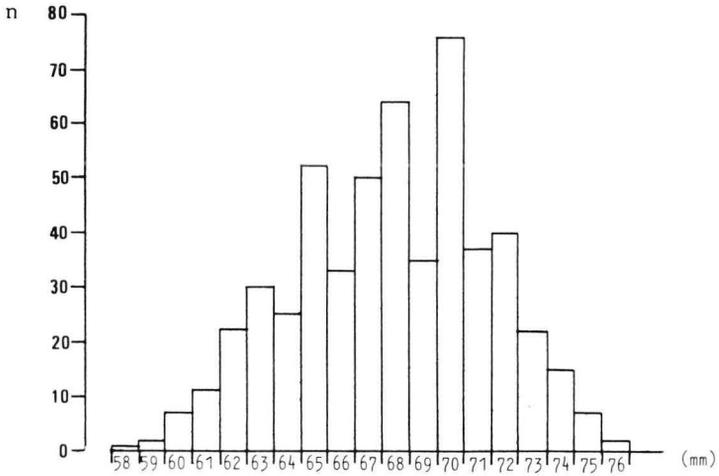


Tableau 2. Valeurs du D du test de normalité (KOLMOGOROV et SMIRNOV).

Variables	Population globale	jeunes mâles	mâles adultes	jeunes femelles	femelles adultes
poids	0,0810 P < 0,01 576 7,94	0,1123 P < 0,01 166 7,00	0,1060 P < 0,01 217 6,10	0,0988 P < 0,014 103 7,00	0,1668 P < 0,01 89 7,00
longueur alaïre	0,1234 P < 0,01 582 4,21	0,1167 P < 0,01 165 2,30	0,0999 P < 0,01 221 2,20	0,1133 P < 0,01 105 2,50	0,1760 P < 0,01 90 2,10
longueur caudale	0,1015 P < 0,01 531 5,23	0,117 P < 0,01 146 3,20	0,1338 P < 0,01 212 3,20	0,1117 P < 0,01 87 3,40	0,1181 P < 0,01 85 3,20
longueur du bec (narines)	0,1548 P < 0,01 521 4,24	0,1869 P < 0,01 150 3,80	0,1248 P < 0,01 195 4,40	0,1581 P < 0,01 94 4,00	0,1579 P < 0,01 81 3,90
longueur totale du bec	0,1223 P < 0,01 521 4,52	0,1349 P < 0,01 150 4,20	0,1015 P < 0,01 195 4,00	0,1373 P < 0,01 94 5,50	0,1079 P < 0,020 81 4,20
largeur du bec	0,0716 P < 0,01 484 4,51	0,0806 P < 0,032 134 4,30	0,0827 P < 0,01 194 3,90	0,1018 P = 0,035 82 4,00	0,1124 P = 0,017 77 5,70
hauteur du bec	0,0781 P < 0,01 484 3,87	0,1386 P < 0,01 134 3,60	0,1091 P < 0,01 190 3,50	0,0774 P > 0,015 82 3,90	0,0909 P = 0,115 77 3,90
longueur du tarse	0,1849 P < 0,01 581 3,82	0,1872 P < 0,01 165 3,60	0,1901 P < 0,01 221 3,80	0,1730 P < 0,01 105 4,10	0,2102 P < 0,01 89 3,50
échancrure	0,1373 P < 0,01 499 29,62	0,1693 P < 0,01 140 24,10	0,1476 P < 0,01 197 29,40	0,1454 P < 0,01 80 28,40	0,1176 P < 0,01 82 32,30

dans chaque case :

- valeur du D

- probabilité de dépassement (risque de première espèce)

- effectif

- coefficient de variation rapporté à la moyenne : $\frac{s}{m}$ (%) où s = écart-type
m = moyenne

Tableau 3. Echantillon pris en considération dans l'analyse statistique; répartition par âge et par sexe.

AGE \ SEXE	JEUNES	ADULTES	totaux
MALES	119	167	286 67,1
FEMELLES	70	70	140 32,9
totaux	189 44,4	237 55,6	426 100

Le caractère aléatoire de l'échantillonnage à l'origine de cette réduction n'est pas à mettre trop en doute, si l'on compare le sexe-ratio et la structure d'âge de ce nouvel échantillon et de l'échantillon de base : respectivement 2,04 contre 1,83 en faveur des mâles

1,25 contre 1,08 en faveur des adultes.

La variabilité totale de l'échantillon est répartie de façon décroissante entre chaque composante (ou axe). Pour les neuf variables, trois composantes rendent compte de quasi 2/3 de la variabilité totale (65,2 %), ce qui est très acceptable. Les composantes suivantes rendent compte chacune de moins de 10 % de la variabilité.

L'analyse nous apprend que :

- Toutes les variables sont en corrélation positive avec la première composante; les longueurs d'aile, de queue, de bec, la hauteur de bec et le poids montrent les valeurs les plus élevées. Cette première composante rend compte de 38,2 % de la variabilité totale.
- La deuxième composante rend compte de 14,6 % de la variabilité. Les longueurs du bec lui sont corrélées positivement, alors que l'écart de l'échancrure et les longueurs de queue et d'aile le sont négativement.
- La troisième composante rend compte de 12,4 %. La longueur du tarse, la largeur et la hauteur du bec lui sont corrélées positivement, toutes les autres variables négativement.

Les représentations graphiques des individus, selon les axes pris deux à deux, nous montrent clairement un unique nuage de points, plus ou moins allongé selon les axes. Nous avons fait impressionner chacun des individus selon un code qui prend en considération le sexe, l'âge et la période de passage sur la saison. Le détail et les effectifs de chaque code figurent sur le **tableau 4**. C'est l'examen des caractéristiques de chaque individu au long des axes qui pourra nous révéler les éventuels groupes. Afin de faciliter l'interprétation, nous présentons en dessin les corrélations des variables avec les composantes, en regard des graphiques concernés.

La première composante tend donc à séparer les petits individus des grands. Or l'extrémité gauche du nuage est composée uniquement de femelles, la droite de mâles, le centre du nuage est une zone mixte (**fig. 15**). Les femelles sont donc en moyenne plus petites que les mâles. Par ailleurs, la recherche de groupements au sein des sexes, au long de ce même axe 1, montre qu'aucun code ne donne lieu à un agrégat très

Tableau 4. Explication du code utilisé pour l'analyse en composantes principales.

<u>Code</u>	<u>Traduction</u>	<u>Effectif</u>
A	jeunes mâles de première période	20
B	" " de deuxième "	51
C	" " de troisième "	7
D	" " de quatrième "	23
F	" " de cinquième "	18
G	mâles adultes de première période	17
H	" " de deuxième "	55
K	" " de troisième "	28
L	" " de quatrième "	42
M	" " de cinquième "	25
N	jeunes femelles de première période	26
P	" " de deuxième "	29
Q	" " de troisième "	8
S	" " de quatrième "	3
T	" " de cinquième "	3
V	femelles adultes de première période	10
W	" " de deuxième "	10
X	" " de troisième "	11
Y	" " de quatrième "	23
Z	" " de cinquième "	16

Périodes

La première va du 24 au 30 septembre,
 la deuxième groupe les quinze premiers jours d'octobre,
 la troisième va du 16 au 24 octobre,
 la quatrième va du 25 au 31 octobre,
 la cinquième concerne les jours de capture du mois de novembre.

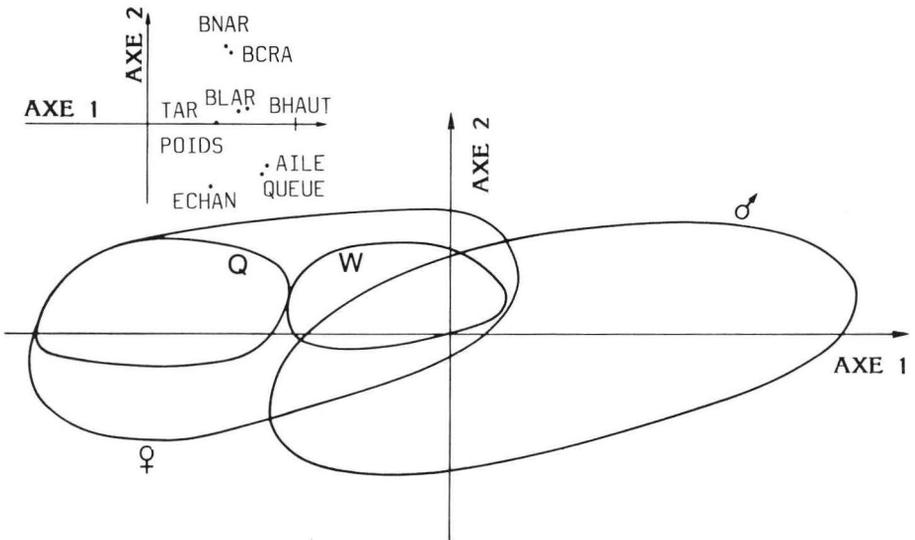
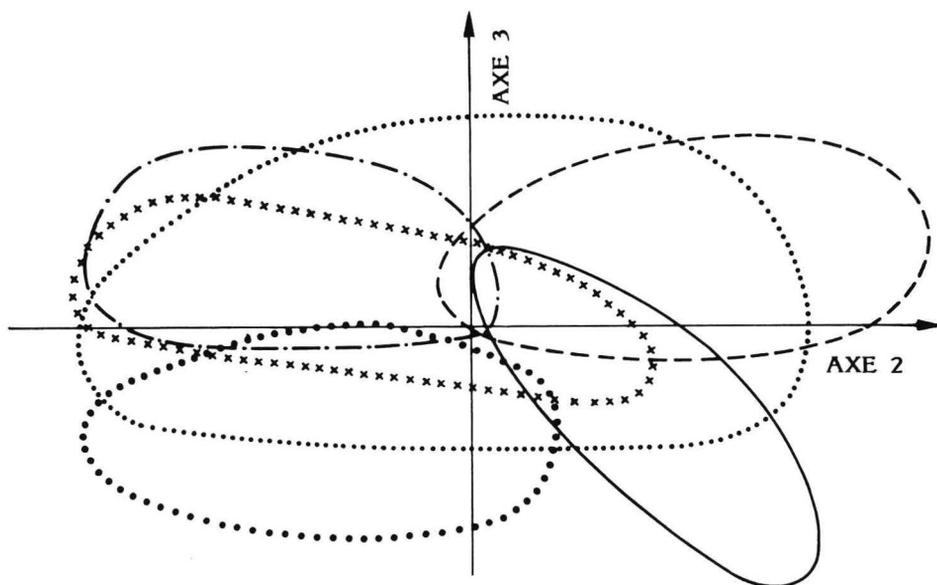


Fig. 15. Analyse en composantes principales.
 Symboles : voir pp. 350-353 et tableau 4; explications : voir texte p. 371 et 373.

homogène. Néanmoins, parmi les femelles, les oiseaux W (v. code) sont à l'extrémité droite du nuage "femelles", les oiseaux Q à gauche. Nous en concluons que les femelles adultes de deuxième période sont plus grandes que les jeunes femelles de troisième période. Aucune séparation n'est notée au sein des mâles. Nous ne pouvons tirer de conclusions fort précises, sinon que les individus constituant chaque code offrent un grand éventail de tailles, indépendantes du sexe et de l'âge.

La recherche de groupements sur le graphique axe 3 X axe 2 nous révèle par contre quelques belles séparations :

- Les oiseaux A, M, G, tous mâles et situés dans la partie négative de l'axe 2 s'opposent aux femelles P, Q, W, X, Y réparties dans la partie positive. Des mâles et des femelles se présentent toutefois dans les deux parties, car une grande dispersion au long de l'axe 2 affecte certains codes; tels D, K, N, V, Z, et surtout ceux à très grand effectif soit B, H, L (fig. 16 et 17). Cependant, ils se succèdent assez bien au long de l'axe 3 : pour les mâles, dans le sens de l'axe L, S, K, B; H englobe D et B (surtout fig. 17).
- Pour les femelles, seuls les codes N, V et Z montrent une longue dispersion selon l'axe 2. Ils s'opposent, mais se chevauchent au long de l'axe 3.



Code	Effectif	
— · — · —	A	16/19
xxxxxx	G	12/17
.....	H	55
.....	M	15/25
— · — · —	P	26/29
————	Q	6/8

1 obs. cachée
10 obs. cachées
3 obs. cachées
2 obs. à gauche de l'axe 3

Fig. 16. Composantes principales.

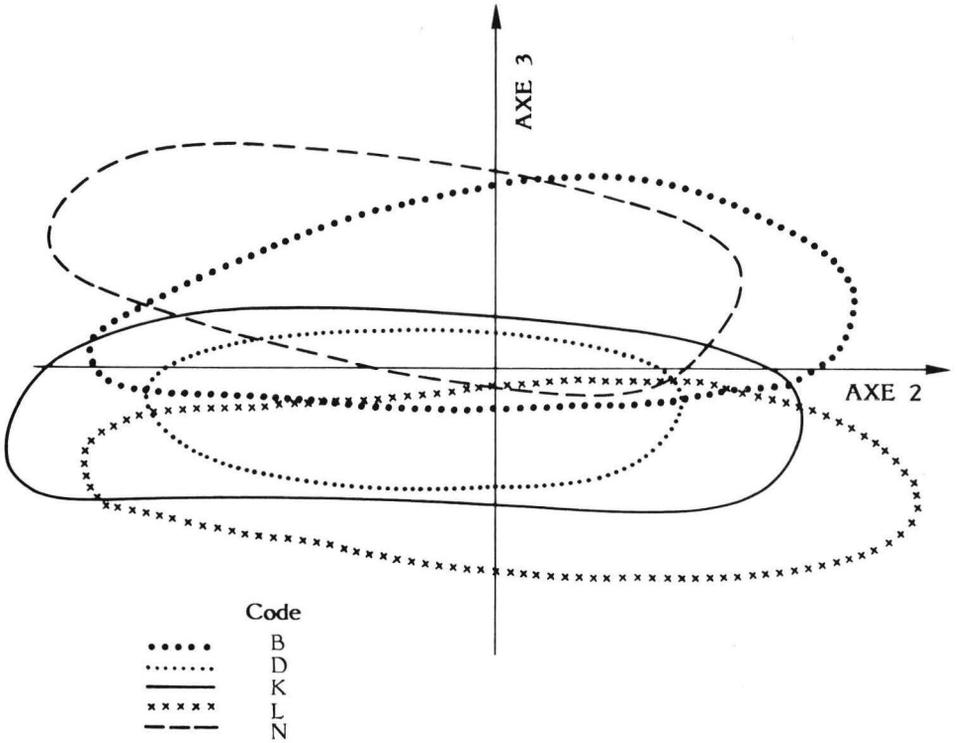


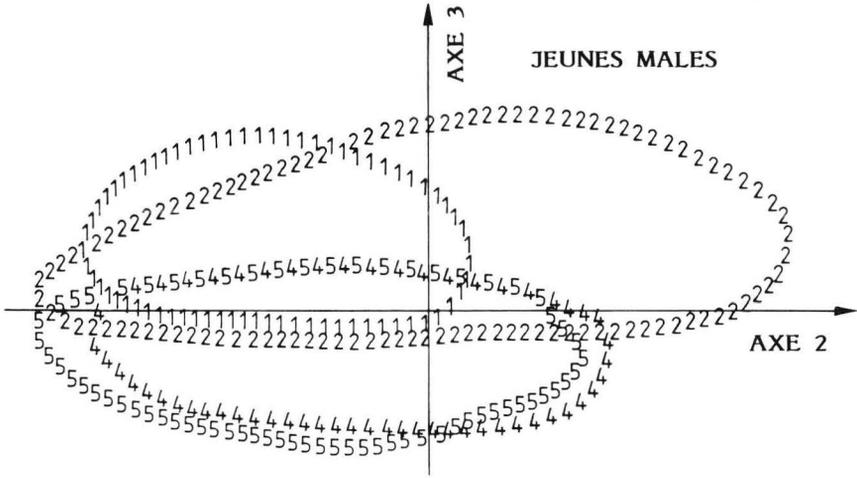
Fig. 17. Composantes principales.

Par ailleurs, les codes distincts au long de l'axe 2 se séparent bien aussi au long de l'axe 3 : A, W, P s'opposent à M, Q; G, X et Y sont plus intermédiaires. Nous pouvons conclure que certaines des populations (sexe et âge) de certaines périodes sont assez homogènes pour les caractères envisagés.

Les figures 18 à 21 reprennent la répartition des codes pour chaque classe d'âge et de sexe. Nous découvrons ainsi l'influence de périodes de passage, plus perceptible chez les femelles que chez les mâles et chez les jeunes que chez les adultes. Chez les jeunes femelles, l'effet est saisissant (fig. 20). Chez les adultes, les cinq périodes sont représentées et les schémas sont assez peu clairs. Il importe de rapporter ces résultats aux courbes de migration de chacune des classes d'âge et de sexe afin de trouver l'explication de telles distributions.

Nous avons vu précédemment que le passage des jeunes femelles se limitait pratiquement aux trois premières périodes définies (v. fig. 11a). Dans l'hypothèse où plusieurs populations, d'origine géographique différente, passent sans nécessairement se mélanger, nous concluons que les trois premières périodes coïncident justement avec le passage d'au moins trois populations. L'effectif des codes des quatrième et cinquième périodes est trop faible (2 individus) pour juger de leur dispersion. Néanmoins les points ne sont pas hors des trois nuages principaux. Nous supposons donc que toutes les populations géographiques de jeunes femelles susceptibles de passer à notre site de capture sont représentées par l'ensemble des trois codes. Nous ne pouvons en déterminer le nombre exact.

Fig. 18.
Composantes principales



Le chiffre qui cerne chaque nuage est le numéro de la période de passage des oiseaux de ce nuage.

Fig. 19.
Composantes principales

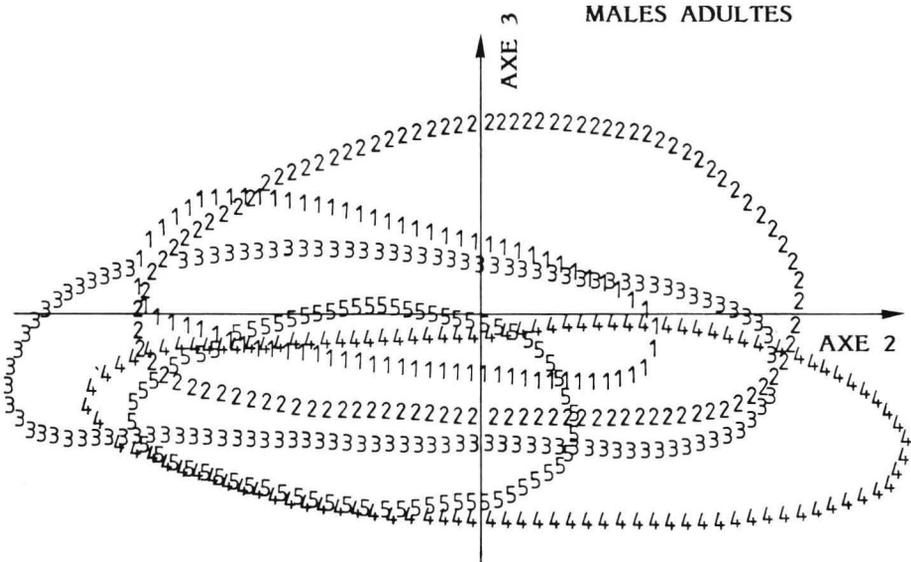


Fig. 20.
Composantes principales

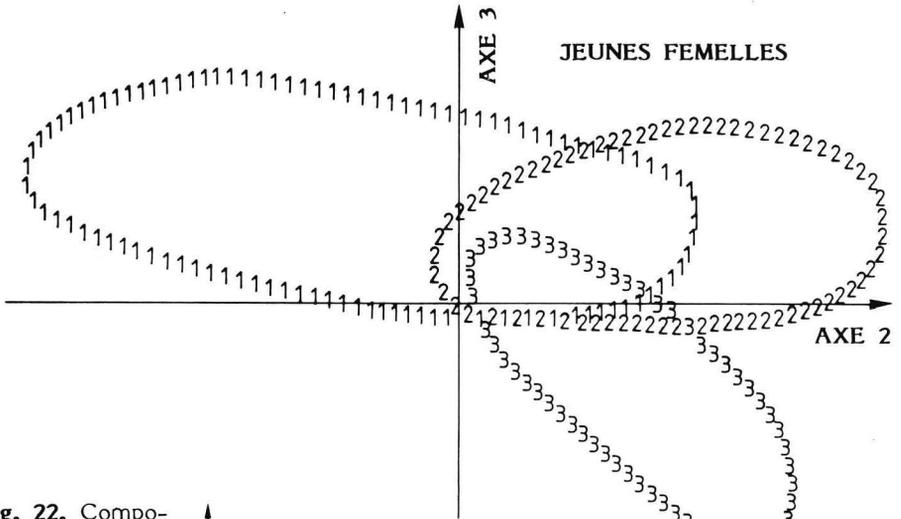


Fig. 22. Compo-
santes principales

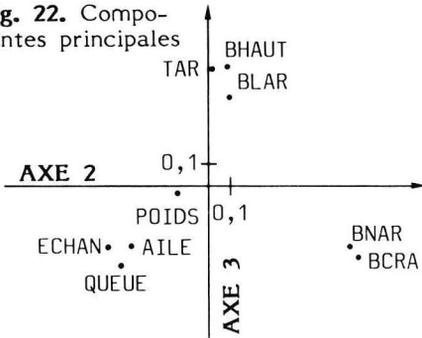
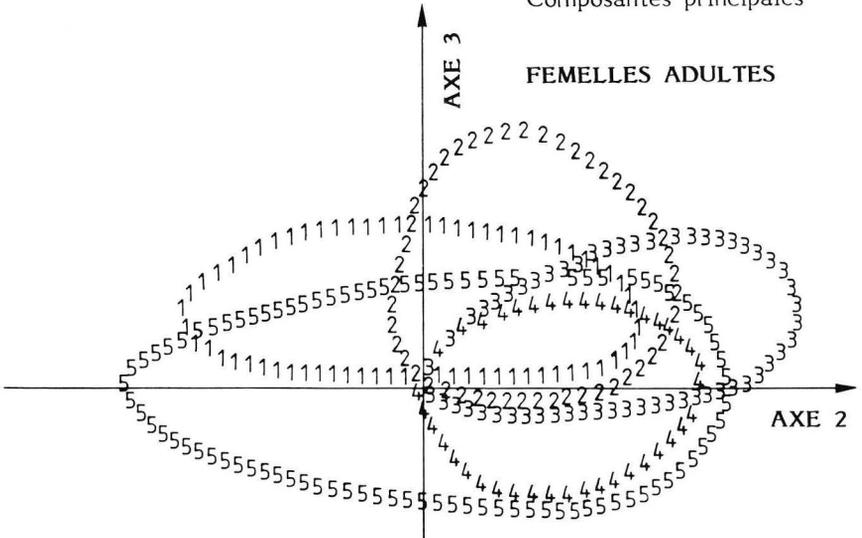


Fig. 21.
Composantes principales



Les chevauchements entre nuages de points traduisent :

1° le caractère intermédiaire de certains oiseaux.

2° l'hétérogénéité de la population d'oiseaux de chaque période.

Il faut retrouver les dates exactes de passage des oiseaux situés dans ces zones pour pouvoir affirmer que le début de telle période correspond au passage de la fin de la population géographique majoritaire au cours de la période précédente. Comme les pics de migration se succèdent rapidement, le fait est probable.

Chez les jeunes mâles, où la migration est également précoce, les séparations sont moins marquées. Le nuage de la période 2 est le plus allongé et englobe une grosse partie de la période 1. Rappelons (**fig. 11b**) que celle-ci correspond chez les jeunes mâles à un passage réduit. La période 2 au contraire voit un passage massif. Nous concevons que ce passage doit comporter plusieurs populations géographiques différentes, et donc que l'hétérogénéité du code est accrue, par rapport aux pendants chez les jeunes femelles, lesquelles ont commencé à migrer plus tôt. La période 3 n'est pas représentable, mais les oiseaux sont intermédiaires entre ceux des périodes précédentes et suivantes. Les périodes 4 et 5 se superposent, constituant ainsi une masse unique. Rappelons que les jeunes femelles ne migraient déjà pratiquement plus à ce moment.

Chez les adultes, où le passage migratoire est pour ainsi dire continu (voir **fig. 11 et 12**), les intermédiaires sont nombreux et l'hétérogénéité grande (voir **fig. 19 et 21**). A nouveau, nous constatons que les périodes de plus grande dispersion coïncident avec des passages importants, mais décalés chez les mâles et les femelles : durant les périodes 1 et 5 pour les femelles et durant les périodes 2, 3 et 4 pour les mâles.

Des différences dans la composition de la population migratrice de passage à Beaufays existent donc bien, et les périodes telles qu'elles sont définies sont satisfaisantes pour en rendre compte. Une amélioration est cependant souhaitable afin d'éviter, si possible, les grands chevauchements.

Au sein des catégories d'âge et de sexe, la même répartition des périodes se retrouve globalement. Ainsi, les oiseaux des périodes 1 et 2 occupent principalement la partie positive de l'axe 3 et ceux des périodes (3), 4 et 5 la partie négative.

Au long de l'axe 2, les répartitions sont moins comparables. Les oiseaux de période 1 sont toutefois principalement dans la partie négative, ceux de période 2 (et 3) occupent beaucoup la partie positive. D'un sexe à l'autre, les nuages de codes sont décalés; cependant, les caractéristiques biométriques de chaque groupe évoluent de façon semblable au cours de la saison, surtout au sein des sexes.

Discussion

Indépendamment de la première composante, qui sépare les individus d'après leur taille et incidemment leur sexe, chaque catégorie d'oiseaux affecte au long des axes considérés une distribution propre et à mettre en relation directe avec son profil de migration (capture). Soulignons que les périodes 1 et 2 sont, compte tenu des chevauchements, pratiquement composées d'oiseaux aux mêmes caractéristiques pour les quatre catégories, et que les groupes de mâles adultes sont les plus hétérogènes. A ce point de

l'exposé, il est bon de préciser que le nombre des périodes, définies subjectivement, est arbitraire. Nous aurions pu en définir plus ou moins, modifiant dès lors sans doute les résultats graphiques.

Nous avons vu que l'axe 2 doit séparer les individus au long bec et à aile, queue et échancrure petites de ceux dont le bec est plus court et l'aile, la queue et l'échancrure plus longues (voir fig. 22). L'axe 3 quant à lui doit séparer les individus à tarse long, bec court, haut et large, aile, queue et échancrure petites de ceux qui affectent les tendances inverses (même fig.).

L'interprétation de ces composantes est spéculative. Les tendances qu'elles traduisent ne s'expliquent pas par la connaissance des seules influences du cline et du caractère plus ou moins migrateur. En effet, la propension au raccourcissement du bec et à l'allongement de l'aile, reconnue par AVERILL (1920, 1925) chez les populations migratrices, se retrouve selon l'axe 2. Mais la tendance exprimée par les mensurations de la queue est en opposition avec ces résultats. L'échancrure est une variable jamais mentionnée qui nous a semblé intéressante, car systématiquement plus grande selon nos mesures chez l'espèce septentrionale *Fringilla montifringilla*. L'analyse montre qu'elle varie dans le même sens que la longueur alaire. Ceci renforce notre conviction de l'intérêt de cette variable biométrique. La queue varie également de la même façon que l'aile, ce qui est normal selon les règles climatiques, mais non selon le caractère migrateur, d'après la maigre littérature. L'axe 3 traduit mieux le cline et les lois climatiques (selon l'axe) : long tarse, bec haut et large, aile et queue courtes. Cependant, les longueurs du bec, qui vont en raccourcissant, ne suivent pas l'évolution attendue. Il nous est impossible d'attribuer une signification exacte et précise aux composantes.

Analysons la situation du point de vue de la distribution des codes. Nous prendrons tout d'abord le cas des jeunes femelles, car c'est le plus parlant. Le groupe de première période se caractérise par un bec court, haut et large, un tarse long et l'aile, la queue et l'échancrure longues. Le groupe de deuxième période se distingue par le bec long, l'aile, la queue et l'échancrure courtes, le tarse, la hauteur et la largeur du bec grands. Ceci coïncide avec les tendances attendues pour des populations moins nordiques. Le troisième groupe se reconnaît au bec plutôt long, à l'aile, la queue et l'échancrure courtes, mais le tarse, la hauteur et la largeur du bec petits. Nous ne pouvons déterminer l'origine géographique des groupes sur cette seule base. Il est intéressant de constater que chez les mâles, les périodes 4 et 5 sont composées d'oiseaux dont les tendances concordent le mieux avec les caractéristiques attendues chez des populations nordiques et migratrices (sauf la queue...). Il semble donc qu'elles se manifestent plus chez les mâles que chez les femelles, ce qui, en somme, est déjà connu pour le plumage. Les femelles adultes de cinquième période suivent en partie ce penchant, mais de façon moins nette (grand chevauchement à l'intersection des axes). Bref, le seul point dont nous sommes sûrs est que des groupes différents passent à des moments différents, mais nous ne pouvons déterminer combien de groupes différent (au moins trois d'après les jeunes femelles, peut-être quatre d'après les mâles adultes, pourquoi pas plus...) ni d'où ils viennent, puisque la variation clinale et la tendance migratrice ne suffisent pas à expliquer leurs caractéristiques (le facteur "altitude", par exemple, peut intervenir aussi (MAYR, 1956; PIKULA, 1973; GRANT, 1979).

3. Analyse multivariée de la variance (MANOVA)

Résultats et conclusions

La procédure ne prend pas en compte les individus avec valeur(s) manquante(s). Sur 805 oiseaux, 496 ont été retenus, parmi lesquels 310 mâles et 156 femelles. Nous reprenons au **tableau 5** :

- Pour chaque variable la valeur du F de Snedecor, la probabilité de dépassement associée et la proportion de variabilité explicable par le modèle.
- Pour chaque variable les critères significativement importants d'après le test type III, leur valeur du F de Snedecor et la probabilité de dépassement.
- Pour l'ensemble des variables les critères à effet global significativement important d'après le test de Wilks. La distribution du Λ de Wilks peut se ramener à une distribution de Snedecor (DAGNELIE, 1975). Ce sont les valeurs du F et de sa probabilité de dépassement que nous avons considérées.

Le modèle est concluant dans tous les cas ($p < 0,001$), mais la proportion de variabilité expliquée diffère beaucoup d'une variable à l'autre. Le sexe est la seule source de variation que l'on retrouve pour chacune des variables prises séparément. La probabilité de l'accepter comme source sans qu'il le soit est inférieure à 1 % dans tous les cas. L'âge est significativement important pour les longueurs d'aile, de queue, de bec (totale) et la hauteur du bec, la période pour les longueurs d'aile, de queue, de tarse, la longueur totale et la largeur du bec. L'importance reconnue de certaines combinaisons de critères peut être due à l'effet dominant d'un des deux critères associés. L'hypothèse de "non effet global" de chacun de ces trois critères est rejetée selon le test de Wilks avec un risque de première espèce minime ($p = 0,0001$).

Discussion

Nous avons déjà eu confirmation du dimorphisme sexuel par l'analyse en composantes principales. L'effet de l'âge n'était pas si apparent, l'effet de la période de passage est confirmé. Les résultats nous assurent de l'importance du sexe et de l'âge comme sources majeures de variation. Il est reconnu que ces deux facteurs ne sont pas à négliger dans les études typologiques, surtout de mensurations, chez les oiseaux (BANKS, 1970). Afin de juger graphiquement de l'effet attesté de la période sur les variables, nous avons pris soin de figurer les valeurs moyennes quotidiennes de chacune d'elles (voir annexes 16 à 26, mémoire LONEUX, 1985). Le résultat tel quel n'est pas très démonstratif. Un rapide aperçu des moyennes mobiles éventuelles nous a dissuadés de développer cet aspect ici. Il sera bon de pondérer ces moyennes et de grouper plusieurs jours.

4. Analyse de la variance du poids

Résultats et conclusions

La procédure a pris en considération les mesures de 618 individus. Résultats du test de Snedecor : $F = 9,08$; $p = 0,0001$. La proportion de variabilité expliquée par le modèle est de 52,9 %, le coefficient de

variation est de 5,75 %. Le modèle est donc très satisfaisant. Les sources de variabilité sont d'après le test type III :

- le sexe $F = 105,93$; $p = 0,0001$

- l'adiposité $F = 23,32$; $p = 0,0001$

- la période de passage en interaction avec l'adiposité $F = 2,10$; $p = 0,033$

Tabl. 5. Résultats de l'analyse multivariée de la variance.

Variable	Modèle global	Sexe	Age	Période	Age et heure de passage		Effet global de chaque critère
Longueur alaire (F) (p) (R) (CV)	31,69 0,0001 74,9 % 2,20 %	131,11 0,0001	11,02 0,0001	2,86 0,0232	2,24 0,0384		Sexe $F(8,418) = 17,48$ $p = 0,0001$
Longueur caudale	19,83 0,0001 65,1 % 3,26 %	63,05 0,0001	16,33 0,0001	4,12 0,0027			
Echancrure	2,31 0,0001 17,9 % 27,32 %	7,94 0,0051			Sexe et âge	Sexe et période	
Longueur du bec (narines)	2,42 0,0001 18,5 % 3,98 %	7,71 0,0057			2,57 0,0528	3,04 0,0171	Age $F(24,1212) = 3,19$ $p = 0,0001$
Longueur totale du bec	4,49 0,0001 29,7 % 4,01 %	8,65 0,0034	2,86 0,0361	3,81 0,0047	2,20 0,0854		
Largeur du bec	5,13 0,0001 32,6 % 3,82 %	9,91 0,0018		9,47 0,0001			Période $F(32,1543) = 3,90$ $p = 0,0001$
Hauteur du bec	3,74 0,0001 26,0 % 3,46 %	14,58 0,0002	2,73 0,0426				
Longueur du tarse	2,47 0,0001 18,8 % 3,53 %	8,54 0,0037		6,04 0,0001			

(F) : valeur du F de Snedecor

(p) : probabilité de dépassement

(R) : proportion de variabilité explicable par le modèle

(CV) : coefficient de variation

Il n'y a apparemment pas d'influence du moment de la journée sur le poids. Le test de comparaison des moyennes (Student) nous donne une différence significative au seuil de 5 % entre sexes (poids moyen des 404 mâles = 22,3 g; poids moyen des 214 femelles = 20,4 g). Sur base du test de la plus petite différence significative (SCHWARTZ, 1969) la procédure nous assure une différence de poids significative suivant le niveau d'adiposité des oiseaux (seuil du test = 5 %; différence de 0,7 g entre groupes d'adiposité 3 & 4, de 1,7 g entre groupes d'adiposité 4 & 2 et de 1,0 g entre groupes d'adiposité 3 & 2).

Discussion

D'après l'hypothèse de DOLNIK et BLYUMENTAL (1967, cf supra in introduction), nous nous attendions à un effet significatif de l'adiposité en interaction avec le moment de la journée. Le résultat négatif n'est qu'à moitié surprenant, car il importe de comparer l'évolution au sein de vagues et non sur la saison entière. Une analyse future assimilant les pics de passage à des vagues devrait tenir compte de ce facteur important. Des histogrammes de fréquences de l'adiposité sur une journée ou une "vague" seront utiles pour rendre une quelconque évolution graphiquement. Le temps imparti à cette première enquête nous a empêchés de développer ce projet plus avant. Compte tenu du dimorphisme sexuel et des profils de migration différents d'un sexe à l'autre (voir pages 362 et 363), il sera souhaitable de traiter ces données par sexe.

5. Analyses univariées

5.1. Comparaison des moyennes des variables par catégories

Résultats et conclusions

Les résultats de comparaison de moyennes sont repris au **tableau 6**, partie supérieure. Excepté pour les valeurs de l'échancrure, nous n'obtenons jamais de différence significative à un seuil acceptable (c'est-à-dire 5 % ou à la rigueur 10 %), quelles que soient les paires impliquées. Au seuil de 30 à 40 %, des différences apparaissent entre sexes de même âge pour le poids, les longueurs alaire et caudale. Nous ne pouvons conclure à un dimorphisme très prononcé, sauf en ce qui concerne l'échancrure (seuil 5 à 20 %).

Discussion

Notre échantillon étant fort hétérogène, nous pouvions nous attendre à des différences moins prononcées que dans un échantillon de même provenance géographique par exemple. Il est plus surprenant que les résultats des comparaisons de moyennes faites par l'ordinateur dans les procédures GLM nous aient donné des différences significatives au seuil de 5 %, entre sexes pour toutes les variables et entre âges pour l'aile, la queue et les longueurs de bec. Ces résultats contradictoires sont liés aux différences entre les méthodes utilisées. Il nous faudrait d'une part faire le test de Student entre sexes ou âges uniquement (regrouper les catégories), et d'autre part satisfaire aux conditions de la méthode utilisée dans GLM (basée sur la variance) et en augmenter le seuil de signification. La comparaison des résultats alors obtenus des deux côtés serait nettement plus valable.

Tableau 6. Comparaisons de paires de moyennes : résultats du test de Student.

Couples Variables	♂♂ Mâles ad. jeunes	Jeunes ♀♀ - ♂♂	♀♀ Adultes Jeunes ♂♂	Adultes ♀♀ - ♂♂	♀♀ Femelles ad. jeunes	Jeunes ♀♀ ♂♂ Adultes
Poids	0,048	0,739 0,7<P<0,8	0,729	0,732	0,720	0,024
Longueur alaire	0,214 0,5<P<0,6	0,512 0,6<P<0,7	0,431	0,718 0,7<P<0,8	0,622	0,051
Longueur caudale	0,286 0,6<P<0,7	0,535 0,7<P<0,8	0,422 0,6<P<0,7	0,798 0,7<P<0,8	0,679 0,7<P<0,8	0,099
Echancrure	0,284 0,6<P<0,7	1,250 0,8<P<0,9	1,716 0,95<P<0,975	1,077 0,8<P<0,9	1,560 0,9<P<0,95	0,436 0,6<P<0,7
Longueur du bec (narines)	0,210 0,5<P<0,6	0,031	0,015	0,213	0,187	0,013
Longueur totale du bec	0,103	0,138	0,035	0,232 0,5<P<0,6	0,180	0,035
Largeur du bec	0,013	0,119	0,245	0,138	0,270 0,5<P<0,6	0,117
Hauteur du bec	0,036	0,194	0,162	0,236 0,5<P<0,6	0,201	0,026
Longueur du tarse	0,054	0,097	0,177	0,055	0,141	0,078
Forme de l'aile	0,232 P<0,6	1,378 0,9<P<0,95	0,766 0,7<P<0,8	1,251 0,8<P<0,9	0,642 0,7<P<0,8	0,549 0,7<P<0,8
Pointe de l'aile	3,6936 P>0,9995	3,1305 0,995<P<0,9995	0,2551 P>0,6	5,4168 P>0,9995	2,8881 0,995<P<0,999	2,9280 0,995<P<0,999
Symétrie de l'aile	0,3141 0,6<P<0,7	1,5922 0,9<P<0,95	0,5195 0,6<P<0,7	1,8581 0,95<P<0,975	0,8190 0,7<P<0,8	1,0403 0,9<P<0,95

Dans chaque case : valeur du test de Student calculé (*)
probabilité associée à une valeur du test des tables
(DAGNELIE, 1975).

$$(*) t_c = \frac{|m1 - m2|}{\sqrt{\frac{SCE1 + SCE2}{n1 + n2 - 2} \cdot \frac{1}{n1} \cdot \frac{1}{n2}}} \geq t \text{ des tables}$$

5.2. Comparaison des moyennes des index

Résultats et conclusions

Les résultats des comparaisons des moyennes sont repris au **tableau 6**, partie inférieure. L'index de forme de l'aile est significativement différent entre jeunes au seuil de 10 %, entre adultes au seuil de 20 %. Nous concluons à un dimorphisme sexuel en faveur des mâles, mais peu marqué (voir les moyennes). Les comparaisons des autres paires donnent une différence significative à des seuils plus élevés, mais ne sont pas utilisables ici. L'index de pointe de l'aile montre des différences hautement significatives pour toutes les paires sauf celle des femelles adultes et jeunes mâles, ce que nous n'interprétons pas. Nous concluons à l'importance de l'âge et du sexe pour cette variable. La **figure 23** illustre la distribution du sommet de l'aile entre les premières rémiges. La différence entre jeunes et adultes

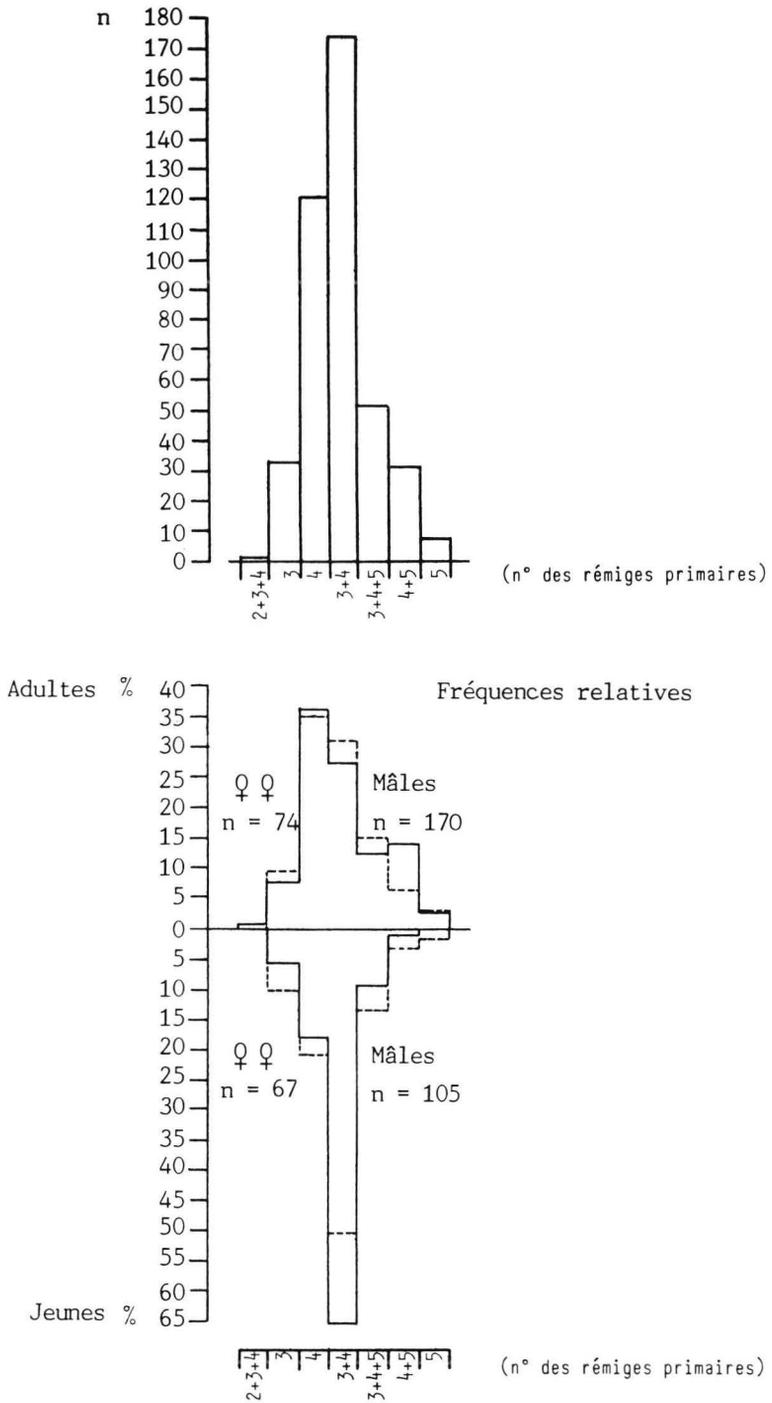


Fig. 23. Distribution du sommet de l'aile.
Effectif total : 416 ex.

est très visible graphiquement, celle entre sexes est à peine perceptible. L'index de symétrie quant à lui montre des différences hautement significatives entre sexes au sein de chaque âge, ainsi qu'entre jeunes femelles et mâles adultes, mais non entre âges pour chaque sexe. Nous concluons à un dimorphisme sexuel marqué en faveur des mâles.

Discussion

Pour les index de pointe et de symétrie, nos résultats sont en accord avec ceux de MLIKOVSKY, alors que celui-ci a travaillé sur un tout autre échantillon, néanmoins aussi hétérogène (cf supra in introduction). Les variations selon l'âge reconnues pour l'index de pointe traduisent la redistribution des écarts de chaque rémige par rapport au sommet de l'aile, modification qui peut avoir lieu lors des mues, la mue du premier printemps de l'oiseau notamment, comme l'indique ROBERT (1977) pour les verdiers. Une étude poussée de la corrélation entre la valeur de cet index et l'âge des oiseaux serait sans doute riche d'enseignements si l'on pouvait déterminer l'âge exact des individus d'année en année et ne devait pas se contenter de distinguer seulement entre "jeune de l'année" et "âgé d'un an au moins", comme c'est le cas pour la majorité des passereaux, et le pinson notamment. L'élevage d'oiseaux paraît être une solution puisqu'il permet de suivre sur des individus connus l'évolution de caractères subjectivement choisis pour leur intérêt apparent. Pour le pinson, d'après notre expérience acquise sur le terrain, nous pensons en particulier à la largeur des rectrices médianes, à l'étendue de la frange blanche de la dernière des couvertures primaires, à la longueur de l'échancrure et à la couleur des pattes, ceci indépendamment du sommet de l'aile. Malgré des siècles d'avicéptologie, de pinsonnerie et d'aviculture, l'élevage du pinson n'est pourtant pas encore au point !

5.3. Les coefficients de variation

Il est généralement admis dans les études morphométriques d'oiseaux que le coefficient de variation est le plus grand pour le bec et moindre pour les mesures du tarse, de doigts, d'aile, et de queue (pour revue, voir ROTHSTEIN, 1973). De même, l'interprétation générale est qu'un faible coefficient de variation indique une plus grande pression de sélection sur le caractère concerné. Nous voyons donc l'intérêt d'en comparer les valeurs. Celles-ci sont reprises pour chaque variable dans chaque catégorie au **tableau 5**. Pour chaque index, les valeurs par classe d'âge et de sexe sont consignées dans le **tableau 7** ci-après.

Tableau 7. Valeur des coefficients de variation des trois index dans chaque catégorie d'âge et de sexe.

INDEX	JEUNES MALES	MALES ADULTES	JEUNES FEMELLES	FEMELLES ADULTES
de FORME	8,97	9,24	8,25	10,34
de POINTE	0,23	0,29	0,28	0,24
de SYMETRIE	8,38	8,85	8,09	8,55

Un rapide examen nous apprend que les valeurs sont assez comparables entre jeunes et adultes, et entre mâles et femelles. Toutefois l'échancrure et les index de forme et de symétrie se distinguent à ce sujet : les coefficients de ces variables sont plus élevés chez les adultes. Ceci peut s'expliquer par la mue partielle des jeunes, qui ne concerne donc guère les variables sus-citées. Chez les adultes, au contraire, la poussée des plumes impliquées peut n'être qu'en voie d'achèvement pour certains oiseaux lors de la mesure, sans qu'il nous soit possible de le contrôler. Dans notre échantillon les variables aux coefficients les plus élevés sont l'échancrure, les index de forme et de symétrie, et le poids. Suivent les dimensions du bec et du tarse. L'aile et la queue affectent une faible variabilité, mais le record est tenu par l'index de pointe.

Aucune dimension du bec ne tend à varier plus souvent qu'une autre sauf deux valeurs curieusement élevées chez les femelles : la longueur totale du bec des jeunes et la largeur du bec des adultes. Nous ne pouvons expliquer pourquoi ces différences se marqueraient mieux chez les femelles. L'extrême variabilité de l'échancrure (plus de 20 % !) est intéressante à retenir : l'ordre de grandeur est celui obtenu par RICKLEFS (1968) pour des paramètres de croissance, ce qui indiquerait une croissance inachevée des reproductrices médianes ou externes. Rappelons que la mue partielle est normalement remplacée chez les jeunes à la mue partielle (voir glossaire). Cependant une part non négligeable de cette variabilité est certainement due au manque de précision de l'instrument de la mesure, comme souligné par WILLSON et al. (1975) pour des variables de petite dimension chez de petites espèces. Par ailleurs, fouillant les valeurs, nous remarquons que les valeurs extrêmes des coefficients coïncident avec celles des ordres de grandeur des mesures (1 à 90 mm pour l'échancrure et l'aile, or la précision de l'instrument était la même pour les deux mesures). Nous pensons avoir affaire à un biais de la statistique. En ce qui concerne le poids, nous avons vu que l'adiposité joue un grand rôle dans sa variabilité. Les valeurs des index de forme et de symétrie sont, contre toute attente, plutôt élevées. Il est facile d'invoquer l'hétérogénéité de l'échantillon, mais celle-ci vaut aussi pour les longueurs alaires et caudales, et que dire de l'index de pointe ? Nous sommes dès lors amenés à considérer que la pression de sélection s'exerce le plus sur le bout de l'aile (tendance au profil plus ou moins pointu), puis sur sa longueur. De ce point de vue, l'index de forme de l'aile, qui combine en somme les informations des deux variables précédentes, ne satisfait guère. Dans le même ordre d'idées évolutionnistes, la pression de sélection serait la moins forte sur la symétrie du sommet de l'aile, et serait importante pour les longueurs de la queue et du tarse, et pour les dimensions du bec. Que dire de plus ? Des variations sont bien observées pour ces variables, et qui peuvent être mises en relation avec des facteurs de l'environnement. La signification fonctionnelle du sens des variations observées reste souvent posée. Nous ne tenterons pas d'y répondre ici.

VI. UTILISATION DES INDEX DE FORMULE ALAIRE

Résultats et conclusions

La courbe des moyennes mobiles pondérées quotidiennes que nous avons établie pour l'index de forme de l'aile nous donne un des meilleurs aperçus de l'hétérogénéité de la population des pinsons des arbres capturés à Beaufays pendant la période de migration. La courbe du passage observé est alignée comme référence. Nous voyons que la valeur de l'index, basse en début de saison, augmente et fluctue ainsi de suite au cours de la migration (fig. 24), et atteint des valeurs extrêmes un peu différentes. Ces

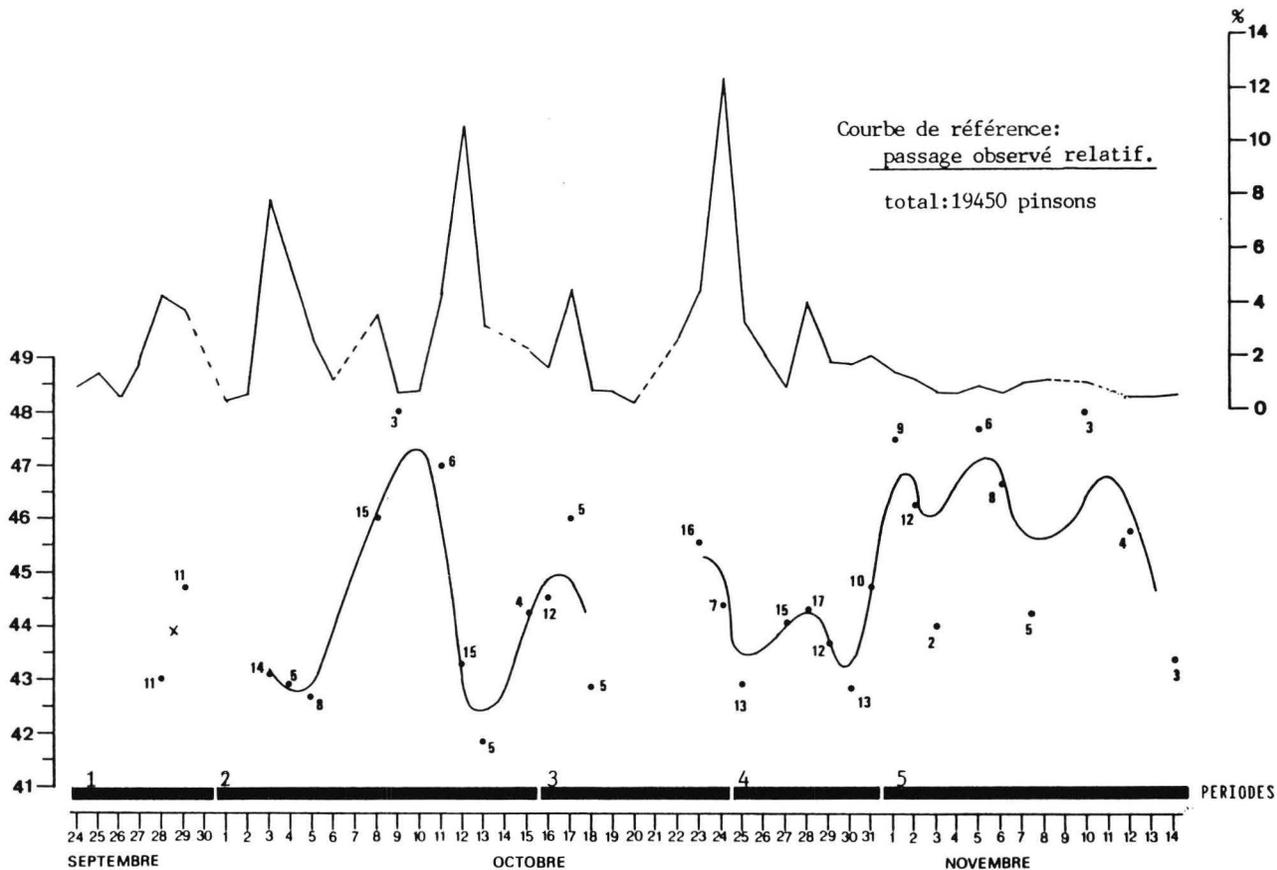


Fig. 24. Evolution quotidienne de la courbe des moyennes mobiles pondérées de l'index de forme de l'aile.

extrêmes sont souvent en concordance avec les pics de passage, en traduisant donc une certaine homogénéité de composition. Rappelons que des valeurs élevées de l'index indiquent une aile étroite, caractéristique de migrateurs au long cours plus nordiques (cf supra introduction).

Interprétation et discussion

Sur base de la forme de l'aile, nous concluons que le premier grand pic de passage concerne des oiseaux peu migrateurs, au contraire du petit pic suivant. Ce petit pic (8 et 9/10) a lieu pendant une longue période de pluie, la veille de précipitations accrues. Le jour qui suit ces précipitations, premier du deuxième grand pic, est caractérisé par un index moyen aussi élevé que celui du jour qui les précédait. Le 12/10, jour de plein passage, la moyenne chute très bas. Nous avançons l'idée que l'annonce de pluies supplémentaires imminentes a décidé certains oiseaux plus "pressés" à partir, et qu'ils venaient de plus loin. Nous avons rappelé dans l'introduction l'importance des conditions météorologiques dans le déroulement des migrations. L'examen des courbes de passage par catégories nous apprend qu'il s'agissait surtout de jeunes et de mâles adultes. Après les pluies passe d'abord le reste de ces oiseaux "plus nordiques", suivis de près par des spécimens moins nordiques, en plus grand nombre (12 et 13/10). Il faudrait considérer la proportion d'oiseaux de chaque catégorie, et rappelons que la comparaison de leur index moyen n'a pas fait apparaître de différence au seuil de 5 % (test de Student). La troisième période, à cheval sur deux pics de passage, est lacunaire. Les moyennes d'index sont semblables au début et à la fin. Ces oiseaux sont "moyennement" migrateurs. Le seul petit pic de la période 4 concerne des oiseaux "moyennement à peu" migrateurs. En fin de saison (période 5) les oiseaux "nordiques" dominant, sans véritable pic de passage. Notons que l'utilisation de cette méthode implique que le passage d'un groupe homogène s'étale sur plus d'un jour.

Ces résultats constituent une première et sont encourageants. Ils démontrent au moins :

- 1° que des différences de composition dans la population de passage à Beaufays sont mesurables par l'index utilisé;
- 2° que nos périodes définies subjectivement, en rapport avec la répartition des oiseaux capturés et mesurés, coïncident assez bien avec les différences perçues, ce qui justifie l'effet significatif de ce critère dans les analyses concernées (PRINCOMP, MANOVA).
- 3° que la méthode graphique mise au point s'avère efficace. Sa simplicité en fait un outil aisé lors des études sur les populations migratrices. Souhaitons que son utilisation se généralise chez les bagueurs assidus.

Nous n'avons pas traité les index de pointe et de symétrie de la même façon que les index de forme. Bien sûr, étant plus précis (MLIKOWSKY, 1978, 1982), ils devraient théoriquement améliorer notre vision des choses. Cependant, leurs coefficients de variation élevés nous font douter de leur intérêt (cf. supra). De plus, il ne serait pas rigoureux de tirer des conclusions sur la représentation graphique de leurs moyennes, vu les effectifs quotidiens ridicules. Les quatre catégories ne peuvent en effet pas être groupées dans leur cas, le test de Student des comparaisons des moyennes ayant mis en évidence des différences significatives selon l'âge ou le sexe. Plusieurs années d'observations et de mesures pourraient résoudre le problème, mais seulement si la même évolution se retrouve d'année en année ce qu'il faudrait encore vérifier. Une interprétation poussée des différentes moyennes observées ne doit pas perdre de vue l'influence du temps sur le déroulement de la migration. Ainsi, des

conditions météorologiques défavorables (pluie par exemple) peuvent retarder ou précipiter le passage d'un contingent homogène de migrateurs, et faire en sorte qu'il soit rejoint par un autre contingent aux caractéristiques différentes ou au contraire le rattrape, amenant dans les deux hypothèses une certaine hétérogénéité de l'échantillon.

Nous ne pouvons décider de l'origine géographique des oiseaux sur cette seule base. Les oiseaux allemands devraient avoir l'aile la moins étroite et pointue, et les russes présenter les caractéristiques inverses, mais aucune étude biométrique, qui pourrait nous le certifier, n'a été entreprise dans ces contrées.

VII. TESTS D'INDEPENDANCE DES CARACTERES "COULEUR DU TARSE" ET "NOMBRE DE RECTRICES BLANCHES"

Résultats et conclusions

La couleur du tarse est fonction de l'âge ($\chi^2 = 20,3$; $p = 0,0001$), mais non du sexe ($\chi^2 = 2,7$; $p > 0,05$). Le rose pâle se rencontre plus chez les adultes, le rouge-brun moyen également, la couleur foncée, elle, domine chez les jeunes. Un cinquième de la population analysée présente un nombre de rectrices blanches supérieur à quatre. Parmi ces 93 individus, 72 % sont des mâles adultes. La valeur du χ^2 (41,4) amène le rejet de l'hypothèse d'indépendance du caractère. La fréquence de celui-ci est donc bien fonction du sexe et de l'âge de l'individu.

Discussion

Présentés ainsi, ces résultats n'apportent pas grand-chose pour le but de notre recherche. Il serait par contre plus intéressant, à condition de disposer de davantage de données, de mettre la phénologie de ces caractères (c'est-à-dire l'évolution de leur fréquence quotidienne) en rapport avec la courbe d'évolution des moyennes des index que nous avons calculés. Peut-être nous apercevrons-nous alors qu'indépendamment du sexe ou de l'âge, une relation existe avec la provenance des oiseaux, telle que nous l'estimons à l'interprétation de la courbe d'index de forme de l'aile.

VIII. RECOLTE DE PARASITES

On ne pouvait exclure que l'identification précise des parasites puisse constituer une piste pour l'attribution de l'origine géographique des hôtes. Mais les résultats sont maigres. Pour les pinsons des arbres uniquement, ils concernent :

- un seul diptère Hippoboscide (d'origine certaine), de l'espèce *Ornythomya avicularia* L. (détermination : E. WALRAVENS). L'espèce est réputée ubiquiste, mais n'a apparemment pas encore été mentionnée sur le pinson des arbres (FALCOZZ, 1929; KRAGENOW, 1981).
- de très nombreux acariens sarcopidés plumicoles analgésinés (faune PERRIER DELEGRAVE, 1929), présents en abondance sur beaucoup d'individus, et constamment dans les plumes du vertex et de la nuque. Nous les avons systématiquement recherchés à partir du 2 novembre seulement.

Il n'est pas possible de tirer des conclusions à ce sujet.

CONCLUSIONS ET DISCUSSION GENERALES

En résumé, nous avons montré ou confirmé :

- 1° que la migration observée à Beaufays-Liège pendant l'automne 1984 est la somme de quatre mouvements migratoires différents, correspondant à chacune des catégories d'âge et de sexe;
- 2° qu'en région liégeoise, les jeunes passent avant les adultes et, parmi les jeunes, les femelles avant les mâles; ceux-ci dominent cependant en nombre et l'écart s'accroît au cours de la saison, en accord avec la littérature;
- 3° que le vent étant de direction constante, c'est la fréquence des pluies qui semble régler l'intensité de la migration;
- 4° qu'il existe un dimorphisme sexuel marqué en faveur des mâles au niveau du poids, de la longueur alaire, de la longueur caudale, en accord avec la littérature;
- 5° qu'il existe certains groupements d'oiseaux aux caractéristiques morphologiques et à période de passage distinctes;
- 6° que la courbe des moyennes journalières (pondérées) de l'index de forme de l'aile convient pour rendre compte du défilement de groupes réputés distincts.

Notre but est donc atteint. Nous pouvons affirmer qu'il est possible, en région liégeoise, de séparer des sous-populations d'oiseaux d'origines probables distinctes sur base de leurs caractéristiques biométriques, et que ces groupes migrent par "vagues" successives plus ou moins homogènes. Elles peuvent se rattraper et se mélanger, notamment suite aux aléas des conditions climatiques, d'où l'intérêt de définir des périodes de passage assez courtes, en relation directe avec les pics du passage observé plutôt qu'avec ceux des captures.

Après ce premier pas exploratoire, une étude future reprenant et complétant nos données pourrait désormais :

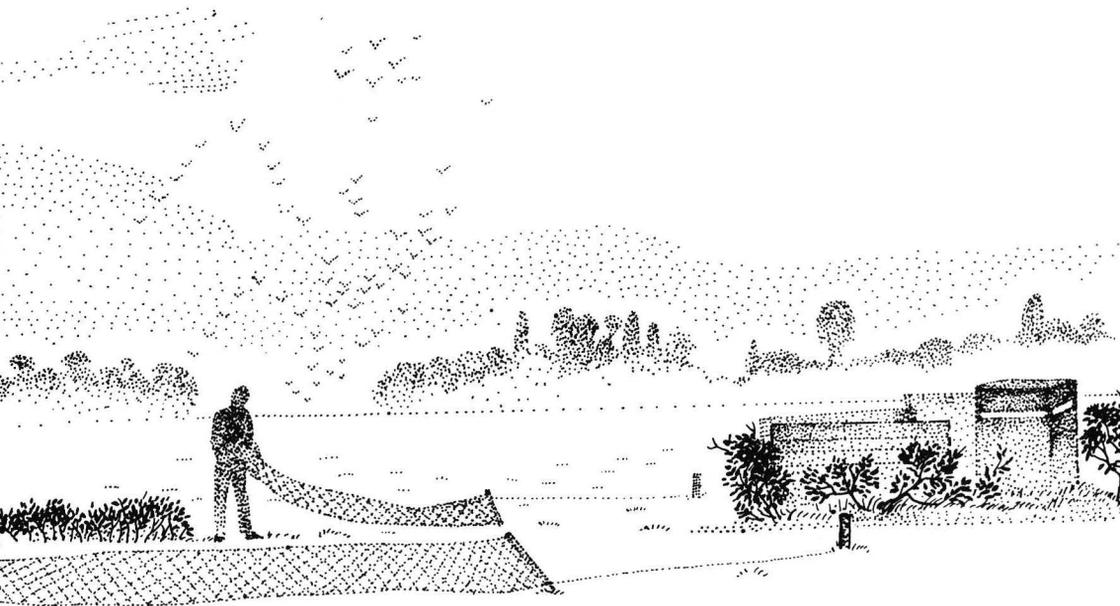
- appliquer l'analyse en composantes principales à chaque catégorie ou, au moins, à chaque sexe;
- considérer des périodes de durée plus courte et en relation plus étroite avec le propre profil de migration de la catégorie retenue (il n'y a pas d'autre recours que le profil des captures, à ce niveau).

Cependant, les effectifs de nombreux codes risquent d'être faibles et peu utilisables. L'idéal serait de grouper les données de plusieurs années d'observations, à condition que les groupes défilent d'année en année à des dates comparables, ce qui reste à vérifier.

En cours d'étude, nous avons pris conscience d'améliorations à apporter. Ainsi, pour l'analyse en composantes principales, nous aurions dû standardiser le poids, très variable en fonction de l'adiposité. Son utilisation comme donnée biométrique aurait alors été plus rationnelle. La standardisation est rendue possible si l'on suit le code d'adiposité en vigueur dans le cadre de l'Opération Baltique (BUSSE, 1983). La rigueur et les nuances de sa définition en font un instrument de choix. Nous en avons disposé trop tard. Il nous est possible de convertir nos valeurs suivant ce code, mais la marge d'erreur reste à évaluer. Par ailleurs, il serait bon d'inclure, comme donnée biométrique, l'un ou l'autre index en rapport avec la forme de l'aile. Il serait en outre intéressant de superposer les évolutions de moyennes mobiles pondérées des trois index, et de comparer leurs résultats.

Insistons bien sur le fait que nous ne pouvons émettre que des hypothèses quant à l'origine géographique exacte des pinsons que nous avons capturés. Nous n'avons pris aucun oiseau étranger déjà bagué. Les caractéristiques morphologiques sont une piste qui ne suffit pas à elle seule. Une étude de la succession des dates d'arrivée des pinsons étrangers d'après les reprises de baguage pourrait être indicatrice dans l'attribution d'une origine aux groupes d'oiseaux que nous avons vu défiler. Nous savons qu'ils viennent de Finlande, d'Allemagne, de Russie... (cf supra introduction), mais cela ne nous a pas aidés. L'idéal serait de réaliser l'étude biométrique des populations nicheuses de ces régions. Nous n'aurions plus qu'à reclasser alors dans ces groupes, suivant leurs mensurations, les individus capturés dans nos contrées, ce qui constitue un problème statistique simple d'analyse discriminante (DAGNELIE, 1975). Elle nous permettrait par ailleurs de nous rendre compte sur place des facteurs climatiques et orographiques notamment, susceptibles d'influencer les caractéristiques biométriques des populations indigènes (HAMILTON, 1960, cf. travaux de JAMES et de POWER, page 4), et d'expliquer les tendances que nous avons observées. Cela dépasse bien évidemment notre programme, mais cette perspective mérite d'être mentionnée.

Nous sommes convaincus de la nécessité de telles études complémentaires et de l'importance de plusieurs années d'observations au même site avant de tirer des conclusions plus poussées.



GLOSSAIRE

Isophène (du grec isos, égal; phainein, montrer) : ligne contour délimitant une région qui correspond à une fréquence donnée d'une forme variante. (HOLMES, 1979).

Mues complète - partielle : par rapport à la mue complète, au cours de laquelle toutes les plumes sont remplacées symétriquement, la mue partielle n'implique pas le renouvellement :
- des rémiges (mais bien les rémiges tertiaires)
- des rectrices (mais bien la paire médiane d'ordinaire)
- des couvertures primaires
(VERHEYEN, 1957; voir fig. 1).

Règle d'Allen : les parties proéminentes du corps d'un animal (tels que queue, oreilles et membres) sont plus courtes chez les animaux des régions plus froides que chez les mêmes espèces dans les régions plus chaudes. (HOLMES, 1979).

Selon RENSCH (1938), cette règle se traduit chez les oiseaux par le fait que "dans un même groupe de races, les formes habitant les régions plus froides ont les ailes relativement plus courtes que les formes des régions plus chaudes (exception pour les groupes nord-américains comparés : 20 %)". De la même façon, "les races habitant les régions plus froides ont le bec plus court que les races des régions plus chaudes (exceptions : 8 %)".

Règle de Bergmann : une espèce homéotherme a la taille du corps plus petite dans les parties plus chaudes de son aire de répartition que dans les plus froides. (HOLMES, 1979)
Selon RENSCH (1938), les exceptions couvrent 10 à 30 % des cas étudiés.

Règle de Gloger : la pigmentation mélanique chez les espèces à sang chaud varie avec le climat, devenant plus intense sous les climats plus chauds et régressant dans les régions plus froides.
Selon RENSCH (1938), cette règle se manifeste chez les oiseaux comme suit : "dans un même groupe de races, les formes habitant les régions plus chaudes et plus humides montrent une pigmentation mélanique plus importante; les formes des régions chaudes et sèches ont une plus forte proportion de phaeomélanines rougeâtres et jaunâtres et moins de eumélanines noirâtres (couleurs du désert), les races des régions plus froides ont moins de phaeomélanines et à la limite moins d'eumélanine".

Risque de première espèce : probabilité de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie.

Tirasse : longue pièce de filet couché sur le sol utilisée à l'origine pour la capture des cailles et des perdrix, adoptée ensuite pour la capture des fringillidés.

BIBLIOGRAPHIE

- ABLE, K.P., 1973.
The Role of Weather Variables and Flight Direction in Determining the Magnitude of Nocturnal Bird Migration.
Ecology, 54 (5) : 1031-1041.
- ABLE, K.P., 1974.
Environmental Influences on the Orientation of Free Flying Nocturnal Bird Migrants.
Animal Behaviour, 22 : 224-238.
- ALLEN, J.A., 1871.
On the Mammals and Winter Birds of East Florida, with an Examination of Certain Assumed Specific Characters in Birds and a Sketch of the Bird Fauna of Eastern North America.
Bull. Mus. Com. Zool., 2 : 161-243.
- ALERSTAM, T. and S. ULFSTRAND, 1972.
Radar and Field Observations of Diurnal Bird Migration in South Sweden, Autumn 1971.
Ornis Scandinavica, 3 (2) : 99-139.
- ALERSTAM, T., 1978.
Analysis and a Theory of Visible Bird Migration.
Oikos, 30 : 273-349.
- ALLEE, W.C. and C.C. LUTHERMAN, 1940.
An Experimental Study of Certain Effects of Temperature on Differential Growth of Pullets.
Ecology, 21 : 29-33.
- AMADON, D., 1943.
Bird Weights as an Aid in Taxonomy.
Wilson Bull, 55 : 164-177.
- ANVEN, B. and A. ENEMAR, 1957.
Homing and Average Expectation of Life in the Chaffinch (*Fringilla coelebs*).
Var Fagelvarld, 16 (3) : 161-177.
- ARNHEM, J. et R., 1968.
Guide du bagueur avec clés de détermination de l'Espèce, de l'Age et du Sexe de l'Oiseau.
Patrimoine de l'I.R.S.N.B., Bruxelles.
- AVERILL, C.K., 1925.
The Outer Primary in Relation to Migration in the Ten Primaried Oscines.
The Auk, 42 : 353-358.
- AXELL, LACK, PARSLOW et WILCOCK, 1963.
(Evaluation de la migration : étude comparative des observations visuelles et au radar).
Bird Notes, 30 : 181-186.
- BANKS, R.C., 1970.
On Ecotypic Variation in Birds (Tarsus length, Winter Habitat Conditions Correlation, Relationship to Ecotypic Variation).
Evolution, 24 : 829-831.

BARDI, A., L. BENDINI, E. COPPOLA, M. FASOLA et F. SPINA, 1983.
Manuale per l'Inanellamento degli uccelli. A scopodi studio Supplemento al numero 1 del "Bolletino dell'Attività di Inanellamento" Bologna, 149 p., + annexes.

BELOPOSKY, L.O., T.I. BLYUMENTAL, I.N. DOBRYNINA, V.R. DOLNIK, D.S. LYULEEVA and V.A. PAYEVSKY, 1963.

(Factors of migration dynamics at the Kurische Nehrung.) Tezisy Dokladov Pyatoi Pribaltiiskoi Ornitologicheskoi SSR, p. 5-8 (in Russian).

BERGMANN, C., 1947.

Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Tiere zu ihrer Grösse. Göttingen Stud., pt. 1 : 595-708.

BERGMAN, G., 1956.

Zur Populationsdynamik des Buchfinken, *Fringilla coelebs*. Ornis fennica, 33 : 61-70.

BLONDEL, J., 1967.

Etude d'un cline chez le Rouge-queue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus phoenicurus* (L.) : la variation de la longueur d'aile, son utilisation dans l'étude des migrations.

Alauda, 25 : 163-193.

BLYUMENTAL, T.I., GAVRILOV et V.R. DOLNIK, 1966.

Causes of the Wavelike Character of Chaffinch Migration.

Communications of the Baltic Commission for the Study of Bird Migration, 4, (Russian publication).

BLYUMENTAL, T.I. and V.R. DOLNIK, 1963.

(A method for quantitative measurement of "drawing" influence between some species of birds in migration). Primenenie matematicheskikh metodov v biologii, 2.

Isdatelstvo Leningradskovo Universiteta, p. 110-117 (in Russian).

BLYUMENTAL, T.I. et V.R. DOLNIK, 1970.

Body Weight, Wing Length, Fat Depots and Flight in Birds.

Zoologicheskii zhurnal, 49 : p. 1069-1072 (en russe).

BREHM, C.L., 1831.

Handbuch der Naturgeschichte aller Vögel Deutschlands. Ilmenau.

BREHM, Alfred Edmund, 1879.

Die Vögel.

Leipzig.

BUSSE, P., 1967.

Application of the Numerical Indices of the Wingshape.

Notatki Ornitologiczne, 8 (1) : 1-8.

BUSSE, P., 1972.

The Autumn of the Redstart *Phoenicurus phoenicurus* L., along the Polish Coast of the Baltic.

Acta Ornithologica Warszowia, 13 : 193-241.

BUSSE, P., 1978.

Wave and Population Structure during Coal Tit Autumn Migration in 1974.

Notatki Ornitologiczne, 19 (1-4) : 15-26.

- BUSSE, P. and G. HALASTRA, 1981.
 (The Autumn Migration of Birds on the Polish Baltic Sea Coast).
Acta Ornithologica Warszawa, 18 (3) : 167-290 (in Polish).
- BUSSE, P., 1983.
 Biometrical Standards in the Operation Baltic Work.
The Ring, 116 : 125-138.
- CHAPMAN, F.M., 1940.
 The Post- Glacial History of *Zonotrichia capensis*.
Bull. Am. Museum Natural History, 77 : 381-438.
- DAANJE, A., 1933.
 Vlaktevrees bij trekkende vinken.
Ardea, 22 : 158-164.
- DAGNELIE, P., 1975.
 Vol. I : Théorie et méthodes statistiques 2ème éd.
 Vol. II : Les méthodes de l'inférence statistique 2ème éd.
 Vol. III : Analyse statistique à plusieurs variables.
Presses agronomiques de Gembloux a.s.b.l., Gembloux.
- DAVIS, J., 1954.
 Seasonal Changes in Bill Length of Certain Passerines Birds.
Condor, 56 : 142-149.
- DE BONT, A.F., 1947.
 Le métabolisme des graisses chez les oiseaux migrateurs et sédentaires.
Gerfaut, 37 () : 57-62.
- DEELDER, C.L., 1949.
 On the Autumn Migration of the Scandinavian Chaffinch (*Fringilla c. coelebs* L.).
Ardea, 37 : 1-88.
- DEELDER, C.L., 1952.
 Some Historical Data on the Relation between Wind Direction and Migration of Chaffinches (*Fringilla coelebs*).
Ardea, 40 : 63-66.
- DEELDER, C.L., L. TINBERGEN, 1947.
 Waarnemingen over de vlieghoogte van trekkende Vinken, (*Fringilla coelebs*) en Spreeuwen (*Sturnus vulgaris*).
Ardea, 35 : 45-78.
- DELAVELEYE, R., 1957.
 Observations sur la migration d'automne dans le Brabant Wallon.
Le Gerfaut, 47 (1) : 139-160.
- DEMARET, A. et A. RAPPE, 1964.
 L'écoute nocturne des oiseaux migrateurs.
Aves, 1 : 55-72.
- DEMENTIEFF, G., 1933.
 De la variabilité géographique de la Hulotte (*Strix aluco*) dans les parties orientales de la région paléarctique.
Alauda, p. 331.

DOBRYNINA, I.N., 1963.

(Changes of Sex and Age Ratios and some Signs of Sex and Age in the Chaffinch in Autumn). Tezisy Dokladov Pyatoi Pribaltiiskoi Ornithologicheskoi Konferentsii, Tartu Akademiya Nauk Estonskoi SSR, p. 55-57 (in Russian).

DOLNIK, T.V., 1971.

Circadian Rhythms of Locomotor Activity, Feeding and Oxygen Consumption in the Chaffinch (*Fringilla coelebs*) during the Migratory Period. Zoologicheskii Zhurnal, 50, p.1835-1842 (en Russe).

DOLNIK, V.R., 1975.

Photoperiodic Control of Seasonal Cycles of the Body Weight, Moults and Sexual Activity in Chaffinches (*Fringilla coelebs*). Zoologicheskii Zhurnal, 54 (7), pp. 1048-1056 (en Russe).

DOLNIK, V.R., 1980.

The Regulation of the Moults Termination and the Autumnal Migration Beginning in Young Chaffinches (*Fringilla coelebs*). Zoologicheskii Zhurnal, 59 (1), pp. 91-99 (en Russe).

DOLNIK, V.R. et T.I. BLYUMENTAL, 1967.

Autumnal Premigratory and migratory Periods in the Chaffinch (*Fringilla c. coelebs* L.) and some other Temperature Zone Passerine Birds. Condor, 69 (5) : 437-468.

DOLNIK, V.R. and V.M. GAVRILOV, 1980.

Photoperiodic Control of the Molt Cycle in the Chaffinch (*Fringilla coelebs*). The Auk, 97, January 1980 : 50-62.

DORST, J., 1956.

Les migrations des oiseaux.
Payot, Paris, 422 pages.

DORST, J., 1971.

Les oiseaux dans leur milieu, vol. XIII de : La grande encyclopédie de la nature.
Ed. Bordas, 383 pages.

DOUCET, J., 1971.

Contribution à l'étude de la mue des régimes et des reproductrices chez le martin-pêcheur d'Europe (*Alcedo atthis*). Le Gerfaut, 61 : 14-42.

DROST, R., 1931.

Zug gegen den Wind bei Finkenvögeln. Vogelzug, 2 : 113-115.

DROST, R., 1940.

Zug und Rast von Buchfinken (*Fringilla c. coelebs* L.) Herbst 1939 auf Helgoland. Der Vogelzug, 11 (1), pp. 36-39.

DROST, R. et SCHUZE, 1940.

Über den Zug der Europäischen Bachstelzen (*Motacilla alba alba* L. und *Motacilla alba varrelii* Gould). Der Vogelzug, 11 (4) : 145-161.

- EMLÉN, S.T., 1969.
Bird migration : Influence of Physiological State upon Celestial orientation.
Science, 165, août 1969, pp. 716-718.
- ENGELMOER, M., K. ROSELAAR, G.C. BOERE and E. NIEBOER, 1983.
Post-mortem Changes in Measurements of some Waders.
Ringing and Migration, 4 (4) : 245-249.
- ERIKSSON, 1970.
Wintering and Autumn Migration Ecology of the Brambling *F. montifringilla*.
Sterna, 9, pp. 77-90.
- EVANS, P., 1971.
Moulting Seasons of Willow Warblers and Bramblings in Norwegian Lapland.
Ornis Fennica, 48 (3-4) : 131-132.
- FOUARGE, J., 1981.
La fauvette à tête noire (*Sylvia atricapilla*). Exploitation des données belges de baguage.
Le Gerfaut, 71 () : 677-716.
- GASTON, A.J., 1974.
Adaptation in the Genus *Phylloscopus*.
Ibis, 116 : 432-450.
- GEISSBUHLER, W., 1954.
Beitrag zur Biologie der Zilpzalp *Phylloscopus collybita*.
Ornitho. Beobachter, 51 (3) : 71-91.
- GEROUDET, P., 1957.
Les passereaux, tome III : des pouillots aux moineaux.
Delachaux et Niestle : Neuchatel, Suisse, 287 pages.
- GEYR VON SCHWEPPENBURG, 1929.
Zugstrassen - Leitlinien.
Journal für Ornithologie, 77 (2).
Festschrift Hartert : 17-32.
- GEYR VON SCHWEPPENBURG, 1933.
Gegendwindzug ?
Journal für Ornithologie, 81 : 399-407.
- GHIOT, Cl., 1972.
Esquisse biogéographique du Bruant des roseaux.
Alauda, 40 (4) : 367-377.
- GOODACRE, M.J., 1959.
The origine of Winter Visitors to the British Isles.
Chaffinch : 102-108.
Brambling : 108-111.
Birdstudy, 6 : 102-108-111.
- GOTCH, A.F., 1981.
Birds - Their Latin Names Explained.
Blandford Books U.K. Poole Dorset, 348 pp.

GRANT, P.R., 1979.

Evolution of Chaffinch (*Fringilla coelebs*) on the Atlantic Islands.
Biological Journal Linnean Society, 11 (4) : 301-332.

HAJEK et BASOVA, 1963.

Über den Zug der tschechoslowakischen Populationen des Buchfinken (*Fringilla coelebs*).
Zoologicke Listy (éd.) : 115-120.

HALE, W.G., 1970.

Intraspecific Categories in Birds, Geographic, Ecologic and Microgeographic Races, Ring Species.
Biological Journal Linnean Society, 2, September 1970, pp. 239-255.

HAMILTON, T.H., 1960.

The Adaptive Significances of Intraspecific Trends of Variation in Wing Length and Body Size among Bird Species.
Evolution, 15 (2), June 1961 : 180-195.

HARRISON, C., 1982.

An Atlas of the Birds of the Western Palearctic
Ed. Collins, 322 p., 623 cartes en couleurs.

HAUKIOJA, E., 1971.

Processing moult Card Data with Reference to the Chaffinch (*Fringilla coelebs*).
Ornis Fennica, 48 (1) : 25-32.

HAENSEL, J., 1967.

Statistische Untersuchungen an Buchfinken (*Fringilla coelebs*), Bergfinken (*Fringilla montifringilla*) und Feldlerchen (*Alauda arvensis*).
Beitrage zur vogelkunde, 13 (1-2), pp. 1-27.

HAVLIN, J., 1962.

Variability of Somatic Characters in the European Blackbird (*Turdus merula* L., 1758).
Zoologicke Listy, 11 (1) : 1-14.

HOLMES, S., 1979.

Henderson's Dictionary of Biological Terms.
Ed. Longman, 9ème éd., London, 510 p.

HOLYNSKI, R., 1965.

Methods for Analysis of the Wing Shape of Birds.
Notatki Ornitologiczne, 6 (2) : 21-25.

HUXLEY, J.S., 1939.

Clines : an auxilliary Methode in Taxonomy
Biidr. Dierk editor, 27 : 491-520.

JAMES, F.C., 1970.

Geographic Size Variation in Birds and its Relationship to Climate.
Ecology, 51 : 365-390.

JOHANSEN, H., 1944.

Vogelfauna Westsiberiens. Fringillidae.
Journal für Ornithologie, 92 (1-2) : 56-59.

- KALLANDER, H., G. SVEN and S. NILSSON SVENSSON, 1978.
Winter Distribution of three Species of Birds of Prey and Five Species of Passerines - Report from the Swedish Winter Bird Census.
Var Fagelvarld, 37 (2) : 127-132.
- KALELA, O., 1949.
Changes in Geographic Ranges in the Avifauna of Northern and Central Europa in Relation to Recent Changes in Climates.
Bird Banding, 20 (2) : 77-103.
- KANIA, W., 1981.
The Autumn Migration of the Chaffinch *Fringilla coelebs* over the Baltic Coast in Poland.
Acta Ornithologica Warsczowia, 18 (7) : 371-414.
- KELM, H., 1970.
Zur Methodik des Flügelmessens.
Journal für Ornithologie, 111 (3-4) : 482-494.
- KIPP, F.A., 1958.
Zur Geschichte des Vogelzuges auf der Grundlage der Flügelanpassungen.
Die Vogelwarte, 19 (4) : 233-242.
- KIPP, 1959.
Der Handflügel-Index als flugbiologisches Mass.
Die Vogelwarte, 20 (2) : 77-86.
- KIPP, F.A., 1970.
Die evolutive Änderung der Flügel - und Schwanzform bei Vögeln in Abhängigkeit von den ontogenetischen Wachstumsvorgängen.
Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionsforschung, 8 : 52-68.
- KIPP, F.A., 1976.
Das Leben in Flugschwärmen und seine Auswirkungen auf den Flügelbau.
Die Vogelwarte, 28 : 171-180.
- KLEINSCHMIDT, O., 1909.
Fringilla coelebs gengleri, form. nov.
Falco, 5, p. 13.
- KLUIJVER, H.N., 1939.
Über die Variabilität der Flügellänge in einer beringten *Parus major* - Population.
Limosa, 12 (2-3) : 80-86.
- KNOX, A., 1980.
Post-mortem Changes in Wing Lengths and Wing Formulae.
Ring and Migration, 3 : 29-31.
- KOCH, J.L., 1934.
Vogelzug unter Einfluss von Leitlinie und Windrichtung.
Vogelzug, 8 : 14-18.
- KOCH, H.J. et A.F. DE BONT, 1944.
Influence de la mue sur l'intensité du métabolisme chez le pinson (*Fringilla coelebs coelebs* L.).
Annales Société Zoologique Belge, 75 : 81-86.

- KONING, F.J., 1982.
Over Fenologie en biometrie van *Anthus spinoletta*.
Limosa, 55 : 115-120.
- KRAGENOW, P., 1981.
Der Buchfink *Fringilla coelebs*.
Die Neue Brehm-Bucherei, 527, 104 pages.
- KRAMER, G., 1952.
Experiments on Bird Experimentation.
Ibis, 94 : 265-285.
- LACK, D., 1943-1944.
The Problem of Partial Migration.
British Birds, 37 : 122-150.
- LACK, D., 1960.
Weather and Migration.
The Auk, 77 : 171-209.
- LACK, D., 1962.
Radar Evidence on Migratory Orientation.
British Birds, 55 (4) : 139-158.
- LACK, 1963.
Weather Factors Initiating Migration.
Proceeding of the XIII th International Ornithological Congress.
(Ithaca, 1962) : 412-414.
- LANDSBERG, H., 1948.
Bird Migration and Pressure Patterns.
Sciences, 108 : 708-709.
- LANDSBOROUGH THOMSON, A., 1953.
Visible Migration of Birds.
Ibis, 95, pp.
- LANGSLOW, D.R., 1979.
Movements of Blackcaps ringed in Britain and Ireland.
Bird Study, 26 (4) : 239-252.
- LIPPENS, L. et H. WILLE, 1972.
Atlas des oiseaux de la Belgique et d'Europe Occidentale.
Ed. Lannoo, Tielt.
- LONEUX, M., 1985.
Mémoire de licence en Sciences zoologiques.
Université de Liège, octobre 1985, 70 pages + 29 annexes.
- LOVEI, G.L., 1983.
Wing Shape Variations of Chiffchaffs on Autumn Migration in Hungary.
Ringing and Migration, 4 (4) : 231-236.
- LOWERY, G.H. Jr, 1951.
A Quantitative Study of the Nocturnal Migration of Birds.
Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist., 3 : 361-472.

- MAYR, E., 1956.
Geographical Character Gradients and Climatic Adaptation.
Evolution (Lancaster), X (1) : 105-108.
- MLIKOVSKY, J., 1978.
Die Flügelformel der Vögel und ihre Auswertung.
Vogelwarte, 29 : 268-272.
- MLIKOVSKY, J., 1978.
Biometrische Untersuchungen zum Geschlechtsdimorphismus in der Flügel-
form von *Fringilla coelebs* (Passeriformes: : Fringillidae).
Die Vogelwarte, 31 (4) : 442-445.
- MURRAY, B.G. Jr; 1966.
Migration of Age and Sex Classes of Passerines on the Atlantic Coast in
Autumn.
The Auk, 83 : 352-360.
- NEWTON, I., 1968.
The Moulting Seasons of Some Finches and Buntings.
Bird Study, 15 (2) : 84-92.
- NIETHAMMER, G., 1962.
Zur Variabilität rheinischer Buchfinken-Populationen.
Bonner Zoologische Beitrag, 13 (1-3) : 209-215.
- NIETHAMMER, G., 1971.
Eingebürgerte Vögel in Neuseeland.
Journal für Ornithologie, 112 (2) : 202-226.
- NISBET and DRURY, 1968.
Short-Term Effects of Weather on Bird Migration : A Field Study using
Multivariate Statistics.
Nocturnal Bird Spring Migration Animal Behaviour, 16 : 496-530.
- NOSKOV, G.A., 1975.
Moulting in Chaffinch (*Fringilla coelebs*).
Zoologicheskii Zhurnal, 54 (3) : pp. 413-424 (en Russe).
- NOSKOV, G.A., 1977.
Moulting of *Fringilla coelebs*. II. Photo-periodic Regulation and place in
the Annual Cycle.
Zoologicheskii Zhurnal, 56 (11) : 1676-1686.
- ODUM, E.P. and J.D. PERKINSON Jr, 1951.
Relation on Lipid Metabolism to Migration in Birds : Seasonal Variation in
the Body Lipids of the Migrating White-throated Sparrow.
Physiol. Zool., 24 : 216-230.
- PALMGREN, 1933.
Die Vogelbestände zweier Wäldchen.
Ornis Fennica, 10, p. 61.
- PAYEVSKY, V.A., 1963.
The Composition of the Chaffinch Population Migration across the Baltic
Sea.
Communications of the Baltic Commission for the Study of Bird Migration
(russian publication).

- PIKULA, J., 1973.
Die Variabilität der Körpermasse der Tschechoslowakischen Population *Fringilla coelebs* L.
Zoologicke Listy, 22 (2) : 155-164.
- PEARSON, D.J., G.V. BACKHURST and D.E.G. BACKHURST, 1979.
Spring Weights and Passage of Sedge Warblers *Acrocephalus schoenobaenus* in Central Kenya.
Ibis, 121 : 8-19.
- PERDECK, A.C., 1954.
Vogeltrekstation.
Jaarverlag : 3-13.
- PERDECK, A.C., 1970.
The Standart Direction of the Scandinavian Chaffinch during Autumn Migration throughout its Area of Passage.
Ardea, 58 : 142-170.
- PERRIER, R., 1929.
La faune de la France illustrée.
Faune des Arachnides et Crustacés, par DELAGRAVE.
- PETERSON, R., G. MOUNTFORT, P.A.D. HOLLUM et P. GEROUDET, 1984
Guide des Oiseaux d'Europe, Ed. Delachaux et Niestlé, 10ème éd. revue et augmentée, Paris, 460 pages.
- POHL, M., 1971.
Metabolism of Brambling / Seasonal Variations.
Ibis, 113 : 185-193.
- POWER, D.M., 1971.
Evolutionary Implication of Wing and Size Variation in the Red winged Blackbird, in relation to Geographic and Climatic Factors.
Systematic Zoology, 18 : 363-373.
- RENSCH, B., 1938.
Einwirkung des Klimas bei der Ausprägung der Vogelrassen mit besonderer Berijcksichtigung der Flügelform und der Eizahl. Proceeding of the VIII th International Ornithological Congress, Oxford, pp. 285-311.
- RICKLEFS, R.E., 1968.
Patterns of Growth in Birds.
Ibis, 110, pp. 419-451.
- ROBERT, G., 1977.
Contribution à la connaissance biométrique du verdier d'Europe (*Chloris chloris*).
Le Gerfaut, 67 (1-2), pp.101-131.
- ROTHSTEIN, S.I., 1973.
Relative Variation of Avian Morphological Features : relation to the Niche.
The American Naturalist, 107 (958) : 796-799.
- RENDHAL, H., 1969.
Die Zugverhältnisse der Schwedischen Buchfinken (*Fringilla c. coelebs* L.) mit Berücksichtigung der Ergebnisse der Norwegischen und Finnischen Beringungen.
Arkiv für Zoologie, 22 (8), 22 fig. / 4 tabl. : 225-278.

RUWET, J.C., 1958.

Observation de la migration d'Automne à Saive-Liège.
Le Gerfaut, 48 (2) : 83-100.

RYMKEVICH, T.A., 1983.

Comparative Study of the Moulting Characteristics of Buntings (*G. Emberiza*)
in Leningrad Region.

Communications of the Baltic Commission to Study Bird Migration, 14 :
85-112.

SAS INSTITUTE, 1982.

Sas User's Guide. 1. Basics, 580 pages; 2. Statistics, 923 pages,
Caroline du Nord (U.S.A.).

SCHIFFERLI, I., 1963.

Vom Zug der Buchfinken *Fringilla coelebs* in der Schweiz. Proceeding of
the XIII International Ornithological Congress, Ithaca, 1962 : 468-474.

SCHONART, E., 1978.

Ornithologische Beobachtungen während des Herbstzuges 1976 auf der
Forschungsplattform "Nordsee".

Ornithologische Mitteilungen, 30 : 29-33.

SCHWARTS, D., 1969.

Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes.

Flammarion Médecine Sciences, 3ème édition, 6ème tirage 1981, 318 p.

SHUMAKOV, M.E., N.V. VINAGRAVODA et V.A. PAYEVSKY, 1972.

Moult and Migratory State in Reared Chaffinch (*Fringilla coelebs*).
Zoologicheskii Zhurnal, 51 (1) : 113-118 (engl. summary).

SCOTT, R.E., 1962.

Wing Formula Variation in Dunnock Populations.

Bird Migration, 2 : 118-120.

SCOTT, R.E., 1965.

Weights and Measurements of Migrant Passerines, September 1962.

Var Fagelvarld, 24 : 156-171.

SNOW, D.W., 1953.

Visible Migration in the British Isles : a Review.

Ibis, 95 : 242-270.

SOSSINKA, R., 1972.

Langfristiges Durstvermögen wilder und domestizierter Zebrafinken
(*Taeniopygia guttata castonotis* Gould).

Journal für Ornithologie, 113 : 418-426.

SUTTER, 1946.

Die Flügelänge junger und mehrjähriger Grünfinken und Gartenrötel.

Ornithologischer Beobachter, 43 : 81-85.

STEWART, I.F., 1963.

Variation of Wing length with Age.

Bird Study, 10 (1) : 1-9.

SVENSSON, L., 1975.

Identification Guide to European Passerines (second revised edition).
Naturhistoriska Rijsmuseet, Stockholm, 184 pp.

THOMSON, G.M., 1922.

The Naturalization of Animals and Plants in New Zealand, Cambridge.

THOMSON, A.L., 1949.

Report of the Bird Ringing Committee Progress for 1948.
British Birds, 17 () : 175-180.

TINBERGEN, L., 1941.

Over de trekwegen van Vinken (*Fringilla coelebs*).
Ardea, 30 : 42-73.

TINBERGEN, L., 1950.

Der geheime Finkenzug.
Ornithologischer Beobachter, 47 : 164-170.

ULFSTRAND, S., G. ROOS, T. ALERSTAM, L. OSTERDAHL, 1974.

Visible Bird Migration at Falsterbo, Sweden, 1949-1960.
Var Fagelvarld, Supplementum 8, 245 pages.

VALLIERE (de), N., 1979.

Observations des migrateurs nocturnes.
Ciconia, 3 (1) : 68-78.

VAN BALEN, J.H., 1967.

The Significance of Variations in Body Weight and Wing Length in the Great Tit, *Parus major*.
Ardea, 55 : 1-59.

VAN DOBBEN, W.H., 1953.

Bird Migration in the Netherlands.
Ibis, 95 : 212-234.

VAN DOBBEN, W.H. et G.F. MAKKINK, 1934.

Vogeltrek over Nederland.
Org. Club. Ned. Vogelk., 6 : 87-102.

VAN HECKE, P. and S. VERSTUYFT, 1972.

Chaffinches, *Fringilla coelebs* L., on Autumn Passage through Belgium.
Le Gerfaut, 62 (3-4) : 245-272.

VAN TYNE, J. and A.J. BERGER, 1976.

Fundamentals of Ornithology.
Wiley Interscience, U.S.A., second edition, 808 pages.

VAURIE, C., 1959.

The Birds of the Palearctic Fauna / Passeriformes.
H.F. & G. Witherby Limited, London.

VERHEYEN, R., 1941-1942.

Etude des formes géographiques de la faune ornithologique belge.
Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, tome 17 (51) : 12-13.

VERHEYEN, R., 1950.

Sur la portée du cline en Ornithologie systématique.

Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique : 26 (60) : 1-10.

VERHEYEN, R., 1952.

Essai sur l'origine des communautés migratrices.

Le Gerfaut, 42 () : 328-337.

VERHEYEN, R., 1954.

Les pinsons du Nord (*Fringilla montifringilla* L.) en Belgique.

Le Gerfaut, 44 (4) : 324-342.

VERHEYEN, R., 1956.

Les longueurs de l'aile et de la queue en relation avec l'âge des oiseaux.

Le Gerfaut, 46 (11) : 65-74.

VERHEYEN, R., 1957.

Les passereaux de Belgique. Première partie.

Patrimoine de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 329 pages.

VERHEYEN, R., 1960.

La migration du pinson chanteur, *Fringilla coelebs* L., en Belgique.

Le Gerfaut, 50 (1) : 103-153.

VLEUGEL, D.A., 1950.

Windrichtung und Zugstärke Buchfinken (*Fringilla coelebs*).

Ornithologischer Beobachter, 47 : 158-164.

VLEUGEL, D.A., 1950.

Préférence des pinsons migrateurs pour le vent debout.

Le Gerfaut, 44 (3) : 259-277.

VON BOCHMANN, G., 1934.

Ueber den Zug des Buchfinken (*Fringilla coelebs* L.).

Der Vogelzug, 5 (4) : 176-183.

WALLGREN, H., 1954.

Energy metabolism of two species of the genus *Emberiza*, as correlated with distribution and migration.

Acta Zoologica Fennica, 87 : 1-110.

WILLIAMSON, K., 1958.

Bergmann's Rule and Obligatory Overseas Migration.

British Birds, 51 (6) : 209-232.

WILLSON, M.F., 1969.

Avian Niche Size and Morphological Variation.

American Naturalist, 103 : 531-542.

WILLSON, M.F., J.R. KAN, R.R. ROTH, 1975.

Morphological Aspects of Avian bill Size Variation.

Willson Bulletin, 87 : 32-44.

WITHERBY, H.F., F.C.R. JOURDAIN, N.F. TICEHURST, B.W. TUCKER, 1938-1941.

The Handbook of British Birds.

Genus *Fringilla*, London, pp. 102-110.

YABLONKEVICK, M.L., 1975.

Seasonal and Diurnal Cycles of the Weight of some Components in the Flight Muscles of Chaffinches (*Fringilla coelebs*).

Zoologicheskii Zhurnal, 54 (8) : 1213-1220 (traduction).

YEATMAN, L.J., 1971.

Histoire des Oiseaux d'Europe.

Bordas, Bordas découverte, 368 pp.

ZINK, G., 1973-1975.

Der Zug europäischer Singvögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel.

Lieferung I, 1973.

Lieferung II, 1975.

Vogelswarte Radolfzelle, Konstanz Moeggigen.



Pinson des arbres, femelle adulte. Photo Eric WALRAVENS.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent tout spécialement à Monsieur G. LENNES, Maître de conférence chargé du cours d'analyse statistique à la faculté des Sciences appliquées; ses explications ont été des plus précieuses pour aborder les traitements statistiques multivariés. Les commentaires de Mademoiselle MERSCH, Maître de conférence au service du professeur H. BRENY, ont également été des plus précieux à cet égard.

Toute l'équipe remercie Messieurs S. HOUBART et A. VANBRABANT pour leur complaisance lors des aménagements techniques de l'installation de capture à Beaufays.