

ARTICLE ORIGINAL

**Contribution à la phénologie de migration
et à la biométrie du verdier d'Europe,
Carduelis chloris (Linné, 1758) et de
la linotte mélodieuse, *Carduelis
cannabina* (Linné, 1758)***

par

Manola CASTELLI**

avec la collaboration de

M. LONEUX, P. GAILLY, C. KEULEN, M. LAGUESSE

R. LIBOIS, et J.-Cl. RUWET

**SUMMARY : Contribution to the study of visible migration and biometry
in the european greenfinch and linnet.**

This study relates the evolution of the fall migration of two avian species, the greenfinch (*Carduelis c. chloris*) and the linnet (*Carduelis c. cannabina*).

The analysis of ringing data collected by the Belgian Ringing Scheme shows that « nordic » greenfinches and linnets begin to cross Belgium in october, after the birds of Belgium and borderlands have begun to move and increase in number during the migration season until november.

Visible migration, adiposity and biometric data were collected at Beaufays (Liège, Belgium) during the fall migration 1984. We could distinguish three periods of passage : a first period of low intensity, a intermediate period of mass-migration and a last period of low intensity, the intensive passage of the linnets taking place before the passage of the greenfinches and the young birds passing before the adults.

Adiposity analysis reveals a succession of periods of thinness and fatness. Biometric study shows an increase in the number of birds whose wing length and wing shape indexes increase during the migration period when bill and tarsometatarsus lengths shorten. The biometric observation corroborates the ringing results, i.e. an increase of birds with marked migratory features along the fall migration. Meanwhile, this has to be confirmed by researches spreading on several years and in several sites, for breeding as well as far migratory populations.

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

Manuscrit reçu le 30 juin 1986, accepté le 15 octobre 1988.

** Actuellement boursière IRSIA

Adresse privée : rue Héna, 70, B-4131 AWIRS FLEMALLE.

I. GENERALITES

Les migrations aviennes avaient déjà été remarquées dans l'antiquité. Le rassemblement à l'automne de certaines espèces, leur disparition en hiver et leur retour au printemps ont été, du moyen-âge au 19^{ème} siècle, le point de départ d'hypothèses plus ou moins fantaisistes ou clairvoyantes.

Au cours des dernières décennies, l'étude scientifique basée sur l'observation directe (migration visible) et indirecte (radar, télémétrie), sur le baguement des oiseaux, sur l'expérimentation (comportement migratoire, orientation et navigation, mécanismes physiologiques déterminant l'impulsion migratoire) a permis une approche objective du phénomène complexe que sont les migrations aviennes. Les modalités des migrations sont connues pour la plupart des espèces. Toutefois, un grand nombre de questions à propos des mécanismes de la migration restent sans réponse.

La migration est le déplacement régulier et saisonnier de populations d'oiseaux entre une aire de nidification et une aire d'hivernage, offrant l'une et l'autre des avantages écologiques probablement considérables pour que des millions d'individus affrontent les dangers d'un tel voyage. A la question « Pourquoi les oiseaux migrent-ils ? » la réponse, bien qu'apparemment simpliste, semble être « Parce qu'ils sont constamment à la recherche de régions qui leur conviennent mieux » (CURRY-LINDHAHL, 1980). Comment, dans ce contexte, réagissent les migrateurs partiels tels que le verdier d'Europe (*Carduelis chloris*) et la linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*) ?

Pour une espèce migratrice partielle, le nombre d'individus migrateurs varie d'une population à l'autre, du Nord au Sud et d'une année à l'autre, en relation avec les conditions météorologiques et la quantité de nourriture disponible. LACK (1944) soutient l'hypothèse d'une migration partielle basée sur le polymorphisme (confirmée par BERTHOLD et QUERNER, 1982, pour *Sylvia atricapilla*). Il attribue la persistance, dans une population, des deux morphes « sédentaire » et « migrateur » à la balance des avantages. Nous pourrions nous poser la question de savoir si la différence entre individus « sédentaires » et « migrateurs » ne se manifesterait pas à plusieurs niveaux. En effet, pour O'CONNOR (1981), des différences se marqueraient à trois niveaux :

1. dans la morphologie des oiseaux « sédentaires » par rapport aux oiseaux « migrateurs », entre autres dans un dimorphisme sexuel plus ou moins prononcé, lié à la survie en hiver;
2. dans la répartition et l'abondance des oiseaux « sédentaires » par rapport aux oiseaux « migrateurs » liées à la survie en hiver et à la production d'œufs;
3. dans les variations annuelles de la dynamique de population.

Seul le point **I** sera développé en accord avec le sujet qui nous occupe.

1. VARIATIONS DE LA MORPHOLOGIE

Les espèces sédentaires montrent un dimorphisme sexuel de la longueur alaire un rien plus accusé par rapport aux espèces migratrices. Cependant, elles diffèrent significativement de ces dernières par la dépendance du taux de survie vis-à-vis de l'étendue de ce dimorphisme (O'CONNOR, 1981). SELANDER et GILLER (1963) et SELANDER (1966) ont suggéré que le dimorphisme sexuel pourrait diminuer la compétition entre mâles et femelles en élargissant le spectre des ressources alimentaires exploitables. D'autre part, VAN VALEN (1965) introduit la notion d'environnement lorsqu'il parle de la morphologie

associée à l'écologie d'alimentation; sous des conditions uniformes de l'environnement, la sélection favoriserait les petites variations interindividuelles dans l'écologie d'alimentation et dans la morphologie lui étant associée en agissant fortement contre les individus s'écartant largement du phénotype moyen. Sous des conditions variées et inégales, l'opposé se produirait. Quant à GARNETT (1976), pour *Parus major*, et PRYS-JONES (1977), pour *Emberiza schæniclus*, ils suggèrent que la sélection aboutissant à une grande taille prend toute sa valeur en hiver pour l'accession à la nourriture. D'autre part, au printemps, les petites femelles auraient un plus grand succès de reproduction. Il en résulterait une accentuation du dimorphisme sexuel. Chez les espèces migratrices pour lesquelles il existe un dimorphisme sexuel, un sexe aurait une longueur alaire optimale et l'autre sexe une longueur alaire inférieure ou bien les deux sexes divergeraient légèrement et de façon antagoniste par rapport à la longueur alaire optimale (O'CONNOR, 1981). Pour COX (1968), les espèces migratrices ne pourraient adopter une stratégie de ségrégation sexuelle pour l'occupation d'une niche écologique en raison des contraintes imposées par la migration.

D'autres caractères morphologiques ont été mis en relation avec l'écologie alimentaire. La longueur du tarse a souvent été associée aux caractéristiques d'appui de l'oiseau lorsqu'il s'alimente (FRETWELL, 1969; GRANT, 1971). GRANT (1971) compare les moyennes et les variances du rapport entre la longueur du tarse et la racine cubique du poids (le tarse est lié au poids qu'il supporte et transporte) pour *Piranga bidentata*. Il trouve une différence significative entre les deux sexes (la signification est inexistante si le tarse est considéré seul) et conclut que la variation interindividuelle dans la recherche de nourriture serait plus grande chez les femelles que chez les mâles adultes¹. Des auteurs tels que SELANDER et GILLER (1963) et SELANDER (1966) associent le dimorphisme sexuel du bec à l'écologie d'alimentation contrairement à SOULE et STEWARD (1970) qui considèrent hautement improbable une variabilité stable et élevée d'un caractère complexe comme le bec.

Un autre facteur, le climat, joue aussi un rôle important dans la variation intraspécifique de certains caractères morphologiques :

1. HERRERA (1978) note qu'il existe un gradient de la proportion de passereaux migrateurs/non migrateurs en fonction de la latitude. Le même résultat est obtenu en considérant la température du mois le plus froid de l'année. Dans les aires de nidification au climat rigoureux, le taux de survie hivernal des oiseaux sédentaires est relativement bas. Ainsi, durant la période de nidification, un grand nombre de migrateurs s'approprieraient les ressources alimentaires sous-utilisées par les espèces sédentaires. Sous des cieux plus cléments, les oiseaux qui adoptent une stratégie de survie sur place montreraient une grande habileté à la compétition pour l'exploitation des ressources durant la saison de nidification. Dans ce cas, les incursions des individus migrateurs seraient moindres.
2. Certains caractères morphologiques tendent à être corrélés avec les facteurs climatiques qui forment un gradient (cf. zones tempérées). Ces caractères (taille, proportions, pigmentation, ...) forment un gradient, ou « cline », parallèle au gradient climatique (HUXLEY, 1939).
3. La loi de BERGMANN (1847) fait part du parallélisme qui peut exister entre les caractères hérités et les conditions climatiques : les populations d'une même espèce habitant les régions les plus froides sont plus grandes que les populations des régions les plus chaudes².

¹ BAUMEL a démontré que la croissance de l'ossature de *Corvus cryptoleucus* (1953) et de *Corvus ossifragus* (1957) se poursuit jusqu'à leur maturité. Il est donc plus prudent de considérer séparément les adultes et les jeunes.

² MAYR (1942) cite *Corvus corax* dont l'aire de répartition s'étend du Groenland au Sahara et au désert d'Arabie; les oiseaux de l'hémisphère Nord sont plus grands avec un bec relativement plus court que les oiseaux de l'hémisphère Sud.

4. La loi d'ALLEN (1871) : chez une espèce donnée, les protubérances du corps telles que la queue, les membres et le bec sont relativement plus courts dans les contrées froides de l'aire de répartition que dans les contrées chaudes de cette même aire¹. Chez les passereaux paléarctiques, le pourcentage des exceptions serait estimé à environ 16 % (RENSCH, 1938).
5. Pour les populations d'une espèce vivant dans les climats froids ou en haute montagne, les ailes sont relativement plus longues que pour les populations vivant dans les climats chauds ou en plaine (RENSCH, 1938)².
6. TICEHURST (1938) observe que les clines affectent la forme de l'aile de deux espèces de pouillots de l'Est asiatique. Dans les deux cas, les populations nordiques ont les ailes plus étroites et plus pointues (« Rensch wing's rule »).
7. La fonction d'échange de chaleur du membre postérieur a été démontrée (KAHL, 1963).
En outre, la variation de la longueur du tarse peut être corrélée avec la température (PACKARD, 1968). Il est possible qu'une sélection sur l'échange de chaleur contribue à la variation intraspécifique de la longueur du tarse, en particulier pour les espèces à répartition vaste.

S'il existe une corrélation entre la morphologie d'une part et le taux de survie des espèces sédentaires, la stratégie d'alimentation et le climat d'autre part, on pourrait croire que l'aile, la queue, le tarse et le bec varient, dans un sens ou dans l'autre, de manière différente dans les populations nordiques (à caractère migrateur prononcé) et dans les populations de nos régions.

L'objectif de notre travail sera de mettre en évidence une évolution éventuelle de la morphologie des espèces étudiées en relation avec la phénologie de migration. Si l'étude de la morphologie permet la distinction entre oiseaux « migrants » et oiseaux « sédentaires », il y a d'autres façons de les différencier, notamment par l'importance de leur engraissement. Dans le paragraphe suivant, nous faisons le point sur les connaissances acquises en ce domaine .

2. RÉSERVES GRAISSEUSES EN RELATION AVEC LA MIGRATION

2.a. Le stockage des réserves graisseuses

L'hypothalamus et l'hypophyse passent pour jouer un rôle essentiel dans la physiologie et le comportement des oiseaux migrants. L'hypothalamus tient probablement le rôle d'intermédiaire entre la photopériode (chez certaines espèces du moins) et l'hypophyse. L'hypophyse règle vraisemblablement les rythmes internes car elle peut les activer (cf. métabolisme et cycle de reproduction). Il en résulte un état physiologique qualifié de prémigratoire se traduisant notamment par l'accumulation de graisse dans les muscles, sous la peau, dans le foie et autour des viscères (CURRY-LINDHAHL, 1980). Cette accumulation serait déclenchée par la sécrétion de prolactine (YOKOYAMA, 1977). L'oiseau en état prémigratoire est réceptif aux facteurs externes³ qui détermineront son

¹ Cf. note 2 page précédente.

² Une exception à la loi est constituée par l'exemple du grand gravelot (*Charadrius hiaticula*) (cf. l'augmentation générale de la taille, et indirectement de l'aile, en relation avec la conservation de la chaleur par temps froid).

³ Les conditions météorologiques influencent le départ des oiseaux migrants parcourant des distances relativement courtes, contrairement aux migrants au long cours (cf. rythme interne). Un bruit intense, le passage d'une troupe d'oiseaux peuvent également inciter les oiseaux à partir.

départ. Selon LOFTS et MARSHALL (1961), la régulation des réserves graisseuses et le comportement migrateur seraient contrôlés de manière indépendante. En général, les deux phénomènes se développent en même temps et varient en parallèle durant la migration.

Les réserves graisseuses des migrateurs parcourant des distances relativement courtes sont moins abondantes que celles des migrateurs au long cours. Dans le premier cas, nous citerons le sizerin flammé (*Carduelis flammea*) (NEWTON, 1969) et le pinson des arbres (*Fringilla caelebs*) (DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967). Dans le second cas, nous citerons le traquet motteux (*Enanthe ananthe*) dont le poids augmente de 33 % avant la traversée du désert et la phragmite des joncs (*Acrocephalus shænobæus*) qui double de poids (CURRY-LINDHAHL, 1980). On ne remarque pas une telle accumulation de graisse chez les espèces sédentaires ou erratiques mais elles sont quand même plus lourdes en hiver (NEWTON, 1972).

Certaines espèces semblent manger de façon plus intensive que d'habitude alors que d'autres ne changent pas de comportement alimentaire. Cela implique de grandes différences dans l'assimilation et le métabolisme des aliments (NEWTON, 1972). A Rossiten, sur la côte balte, DOLNIK et BLYUMENTAL (1967) ont remarqué que les pinsons des arbres « maigres » s'arrêtent plus souvent et plus longtemps que les oiseaux « adipeux » et qu'ils mangent avant de partir, contrairement à ces derniers. Apparemment, l'appétit des oiseaux est contrôlé en partie par l'importance de leur engraissement.

Les fringillidés et les grives perdent 0,7 % de leur poids par heure de vol (ALERSTAM, 1981). Il est possible que l'importance de la perte pondérale de certains oiseaux soit essentiellement due à une perte d'eau (CURRY-LINDHAHL, 1980). YAPP (1956) a émis l'hypothèse que le besoin d'eau des migrateurs au long cours est un facteur limitant plus important que les réserves graisseuses. Les renseignements obtenus sur la déshydratation de ces oiseaux sont plutôt contradictoires mais il semble que les réserves hydriques des espèces effectuant un vol direct soient épuisées avant les graisses (CURRY-LINDHAHL, 1980).

D'une manière générale, il semblerait donc que l'adiposité des oiseaux soit liée à leur caractère migrateur plus ou moins prononcé.

2.b. Dépôts de graisses. Variation du poids.

PINOWSKI et MYRCHA (1970) observent qu'en automne, l'augmentation de poids chez *Passer montanus* est due essentiellement à un accroissement de la teneur en eau. La variation du poids automnal ne serait pas liée à la teneur en graisse contrairement à la variation du poids hivernal. En automne, le poids total de *Carduelis flammea cabaret* donne relativement peu d'indications sur la teneur en graisse. Cela résulterait du « parallélisme » existant entre la perte d'eau (en relation avec la fin de la mue) et l'augmentation de la teneur en graisse (EVANS, 1969). EVANS (1969) note également une augmentation du poids sec « maigre »¹ en relation avec le développement de la musculature du vol, alors que certains auteurs (HELMS, 1967; HICKS, 1967) n'observent qu'un accroissement de l'adiposité. Pour beaucoup d'espèces, une majoration de la teneur en graisse est corrélée négativement avec la température externe (BARTLESON et JENSEN, 1955, pour *Carpodacus purpureus*; WHITE, 1966, pour *Carduelis flammea cabaret*; VAN BALEN, 1967, pour *Parus major*; BROOKS, 1968, pour *Carduelis hornemanni*). Toutes ces espèces atteignent un poids maximum entre décembre et février mais se distinguent par leur adiposité respective.

¹ Poids sec maigre = poids sec dont on a soustrait le poids des graisses.

2.c. Composition des graisses

Chez les oiseaux gras, le tissu adipeux est constitué en « corps gras », ensembles de larges cellules entourées de tissu conjonctif innervé et vascularisé. D'autres cellules se forment au fur et à mesure que la teneur en graisse augmente (KING, 1967). Chez *Junco hyemalis*, plus de 90 % des réserves adipeuses contiennent quatre des seize acides gras présents (acides linoléique, oleique, palmitique, stéarique), lesquels varient en proportion au cours de l'année (HELMS et BOWER, 1968). La composition des lipides serait plus le fait de l'état physiologique de l'oiseau que celui de son régime alimentaire (WEST et MENG, 1968, pour *Carduelis flammea*).

2.d. Patron de migration

Les fringillidés et autres petits oiseaux migrent par vagues successives. Ces vagues, une fois enclenchées, peuvent se poursuivre sous des conditions climatiques défavorables, alors que des journées apparemment idéales voient passer peu ou pas d'oiseaux. DOLNIK et BLYUMENTAL (1967), qui ont décrit le patron de migration de *Fringilla caelebs* à la Kerusche Nehring sur la côte balte, expliquent ce phénomène en terme de physiologie et de comportement migrateur des oiseaux.

Le pinson des arbres migre par vagues. Une vague s'étale en moyenne sur trois jours (1 à 7 jours). La pause entre deux vagues est en moyenne de trois jours (1 à 8 jours) et est sous la dépendance partielle de la situation météorologique. Le premier jour de la vague, les oiseaux adipeux, sous l'influence d'un stimulus commun (par exemple, une amélioration du temps), se mettent en mouvement dès le lever du soleil, sans avoir mangé. Le passage des oiseaux dure environ quatre heures. Il est suivi d'une pause d'une à trois heures. Le mouvement reprend par après et continue le soir pendant deux heures. Le deuxième jour de la vague, on observe un pic de passage. Le mouvement des oiseaux « gras » débute au lever du soleil. Au cours de la matinée, de plus en plus d'oiseaux « maigres » passent. Ils ont dans l'estomac de la nourriture fraîche. Pendant la journée, ils s'arrêtent pour manger à nouveau et attirent des oiseaux « gras », qui ne mangent pas. L'après-midi, seuls ces derniers voyagent. Le dernier jour de la vague, le passage, moins intense, débute après que les oiseaux se soient alimentés. Ils s'arrêtent fréquemment et volent à basse altitude. Beaucoup d'oiseaux « maigres » participent au vol. Il n'y a pas de pic en soirée. Quelques groupes participent même à un mouvement en sens inverse.

Les oiseaux adipeux entameraient la vague, stimulant les individus moins prêts à migrer. Ceux-ci agrandiraient le flot des migrants. Lorsque les premiers, ayant épuisé leurs réserves, s'arrêtent, ils stopperaient les autres. On serait alors dans le « creux de la vague ». Le mouvement reprendrait après la reconstitution des réserves graisseuses. Bien que les conditions météorologiques influencent le départ, un oiseau peut partir sous des conditions qui inhiberaient le vol à d'autres moments. Enfin, le taux d'adiposité affecte la période et la durée des vols. En général, les oiseaux les plus gras accomplissent les plus grandes distances. En Europe occidentale, où les variations à court terme de la situation météorologique sont plus prononcées, ce patron de migration pourrait passer inaperçu (NEWTON, 1972).

Nous retiendrons principalement de ce paragraphe que :

1. l'importance de l'engraissement des oiseaux est liée à leur caractère migrateur plus ou moins prononcé;
2. au cours de la migration, les réserves adipeuses d'un individu fluctuent (épuisement et reconstitution des réserves);
3. le poids automnal n'est pas forcément lié à l'adiposité;
4. il peut exister un effet d'entraînement des oiseaux en vol sur d'autres oiseaux physiologiquement moins prêts à migrer.

Dans notre désir de distinguer, le cas échéant, des groupements d'oiseaux à caractère migrateur plus ou moins prononcé, nous nous sommes attachés à l'étude de l'adiposité en fonction de la phénologie de migration en plus de celle de la morphologie.

3. LA SITUATION MÉTÉOROLOGIQUE EN RELATION AVEC LES VOLS MIGRATOIRES

Après avoir parlé de l'influence que peut exercer l'adiposité sur l'intensité du passage des oiseaux (cf. § 2d) et même si notre intention n'est pas d'analyser l'influence de la situation météorologique sur la migration du verdier et de la linotte dans le cadre de ce travail, il serait toutefois intéressant de dire quelques mots¹ à propos des connaissances acquises dans ce domaine.

Les facteurs fondamentaux responsables de l'évolution de la migration en rapport avec le temps incluent des aspects de la situation météorologique en cours de route et aux points d'envol et d'arrivée, pouvant affecter les dépenses d'énergie, la survie et l'aptitude à la reproduction (RICHARDSON, 1978). La réponse des oiseaux aux conditions météorologiques varie avec l'espèce, la région et la saison. Lorsqu'on avance dans la saison, le seuil de déclenchement de la migration est abaissé quand le délai d'attente d'un temps favorable augmente. Dans ce cas, une analyse de l'intensité de passage en relation avec les conditions météorologiques doit être réduite dans le temps pour éviter une variation saisonnière de la sensibilité des oiseaux (RICHARDSON, 1978).

La corrélation existant entre les différentes variables du temps complique fortement ce genre d'étude. Il faut pouvoir distinguer les variables causales et fortuites; la température, la pression et l'humidité sont corrélées avec le vent. Dans ce cas, le passage est-il tributaire de tous ces facteurs ou le vent est-il le plus important (RICHARDSON, 1978) ? Il faut pouvoir également distinguer les relations de dépendance existant entre deux variables; la vitesse du vent est plus fortement corrélée avec le passage par vent de face que par vent arrière (LACK, 1970).

En automne, le passage intense des oiseaux se produit avec des vents froids du Nord, à l'est d'un centre de haute pression (beau temps, vent faible à modéré) et à l'ouest d'un cyclone (nuages, pluie, vents variables et forts, température en hausse). Mais beaucoup de migrations automnales se font loin des fronts froids et des basses pressions (RICHARDSON, 1978). Les oiseaux migrant vers le Sud-Ouest semblent moins associés aux fronts froids que les oiseaux allant vers le Sud-Est. Les premiers partent un ou deux jours après le passage d'un front froid, avec des vents de Nord à Nord-Est. Les caractéristiques d'une migration automnale intense de *Fringilla montifringilla* et *Fringilla caelebs* sont :

- vent modéré du Sud-Ouest;
- pas de pluie;
- température douce en baisse.

Le nombre journalier moyen d'oiseaux de ces deux espèces migrant avec des vents du Nord-Est est de 1500 et avec des vents du Sud-Ouest est de 120.500. Le passage de ces deux espèces est supprimé par la pluie mais n'est pas corrélé avec la nébulosité, la visibilité, l'humidité ou la pression barométrique (ALERSTAM, 1981).

Les migrateurs de fin d'automne (pigeons, corvidés, étourneaux, fringillidés) réagissent à une chute de température même si l'effet du vent est pris en considération (RICHARDSON, 1978). Un passage intense vers le Sud-Ouest tend à être lié à des températures basses ou en baisse (GRUYS-CASIMIR, 1965), et à des pressions hautes ou en hausse (RICHARDSON, 1978).

¹ Pour un résumé plus complet, nous renvoyons le lecteur à PHILIPPART (1980).

Avec des vents du Nord-Est, un ciel clair et une température basse, les fringillidés volent en front large à haute altitude. Avec un vent contraire, moyen à fort, les oiseaux volent à basse altitude, probablement pour minimiser son effet négatif (ALERSTAM, 1981). Sous des vents avec une composante Ouest, les oiseaux préférant les directions de vol vers le Sud-Ouest voyagent à basse altitude¹, alors que les cohortes préférant les directions de vol vers le Sud-Est voyagent à haute altitude¹. Sous des vents avec une composante Est, la relation est inversée (ALERSTAM et ULFSTRAND, 1975). GRUYS-CASIMIR (1965) et ALERSTAM et ULFSTRAND (1975) ne trouvent pas de corrélation entre l'intensité du passage et la direction du vent au-dessus des terres.

En général, les oiseaux évitent les nuages et le brouillard. Il existe cependant des exceptions (GRIFFIN, 1973; EMLER, 1975). Des mouvements désorientés sont révélés sous des conditions de ciel couvert, de brouillard et de pluie. La couverture nuageuse, la durée de recouvrement total, la pluie sont fortement corrélées entre elles mais il existe un effet négatif des nuages indépendamment de la pluie (RICHARDSON, 1978). Pour certains migrateurs, le passage est plus fortement corrélé avec les nuages si le vent est latéral ou opposé (PARSLOW, 1969). PARSLOW (1969) suggère que les nuages sont un facteur important lorsque les facteurs vent et pluie ne sont pas défavorables. RICHARDSON (1978) évoque la possibilité d'une migration qui n'est pas supprimée par le brouillard seul. Les précipitations et les nuages peuvent, pour leur part, supprimer partiellement les mouvements migratoires. RICHARDSON (1978) note que les oiseaux peuvent éviter les zones de pluie en modifiant leur route. COCHRAN *et al.* (1967) ont observé quelques oiseaux migrant sous la pluie mais, dans ces conditions, le taux de mortalité peut être élevé.

La migration vers le Sud est liée négativement à l'humidité. Une humidité élevée ou en hausse est liée aux vents du Sud et à l'approche d'un temps pluvieux. Les oiseaux répondent directement à l'humidité soit parce qu'elle a une valeur de signal, soit parce qu'elle est corrélée à d'autres variables. La réponse des oiseaux pourrait être adaptative car une humidité accrue augmente la conduction thermique et la perte de chaleur et diminue la perte d'eau de l'air expiré (RICHARDSON, 1978).

ALERSTAM (1978) a résumé comme suit les corrélations entre les variables du temps et l'intensité du passage automnal de la linotte mélodieuse :

Corrélations positives	Corrélations négatives
Pression barométrique Couverture nuageuse Température Température maximale Vents d'O. et de N.-O. ²	Pluie Température minimale Vitesse du vent Vents du N. et du N.-E.

¹ Une étude de l'altitude de vol des oiseaux migrateurs (YELLMANN, 1979) révèle que 90 % des échos enregistrés par radar figurent en-dessous de 2100 m, 75 % des échos en-dessous de 1200 m, dont plus de 50 % entre 600 et 900 m et 1,5 % au-dessus de 3000 m. Beaucoup de vols sont enregistrés à basse altitude (150 m).

² VERHEYEN (1955a) note que la linotte mélodieuse s'oriente préférentiellement contre le vent.

II. PRESENTATION DES ESPECES

1. SYSTEMATIQUE

1.a. CAS DU VERDIER D'EUROPE (*Carduelis chloris*)

Le verdier d'Europe est un passeriforme de la famille des *Fringillidae* (sous-famille des *Carduelinae* dont la forme nominale *C. c. chloris* se rencontre en Europe. VAURIE (1959) a proposé la classification suivante des sous-espèces (voir aussi HOWARD et MOORE (1980) :

1. *chloris* (L., 1758) : Europe (moins la région méditerranéenne);
synonymes : *madaraszi* TSCHUSI, 1911, Corse;
harrisoni CLANCEY, 1940, S.-O. de l'Ecosse;
restricta CLANCEY, 1943, S. de l'Angleterre.
2. *aurantiiventris* (CAB., 1851) : S. de la France, Espagne, Afrique du N.-O.;
synonymes : *vanmarli* VOOUS, 1951, Portugal;
Mallorcae V. Jordans, 1932, Majorque;
muehlei PARROT, 1905, Grèce, Bosnie, Serbie, Italie.
3. *chlorotica* (BONAP., 1850) : Syrie, Egypte, Liban.
4. *turkestanicus* (SAR., 1907) : Tachkent (Turkménistan), Iran, Iracq;
synonymes : *bilkevitchi* SAR., 1911, Achkhabad (Ouzbekistan);
menzbieri MOLTCH, 1917, Crimée;
Kaukasicus GENGLER, 1920, N. du Caucase;
Smithae KOELZ, 1939, Afghanistan.

1.b. CAS DE LA LINOTTE MÉLODIEUSE (*Carduelis cannabina*)

La linotte mélodieuse fait partie de la même sous-famille que le verdier d'Europe. La forme nominale *C. c. cannabina* est localisée en Europe et dans le nord-ouest de l'Afrique et de l'Asie. Elle est remplacée par d'autres sous-espèces en diverses régions (HOWARD et MOORE, 1980) :

1. *meadewaldoi*, Canaries occidentales;
2. *harterti*, Canaries orientales;
3. *nana*, Madère;
4. *autochtona*, Ecosse;
5. *bella*, Asie Mineure, Sud-Ouest asiatique, Egypte, nord de l'Inde.

2. REPARTITION EN PERIODE DE NIDIFICATION

2.a. CAS DU VERDIER D'EUROPE

Pour la répartition de *Carduelis chloris*, nous renvoyons le lecteur à la **figure 1a**. En Belgique, *C. c. chloris* est un nicheur commun dont les effectifs sont évalués à environ 45.000 couples (LIPPENS et WILLE, 1972).

2.b. CAS DE LA LINOTTE MÉLODIEUSE

Pour la répartition de *Carduelis cannabina*, nous renvoyons le lecteur à la **figure 1b**. En Belgique, *C. c. cannabina* est un nicheur commun dont les effectifs sont évalués à environ 70.000 couples (LIPPENS et WILLE, 1972).

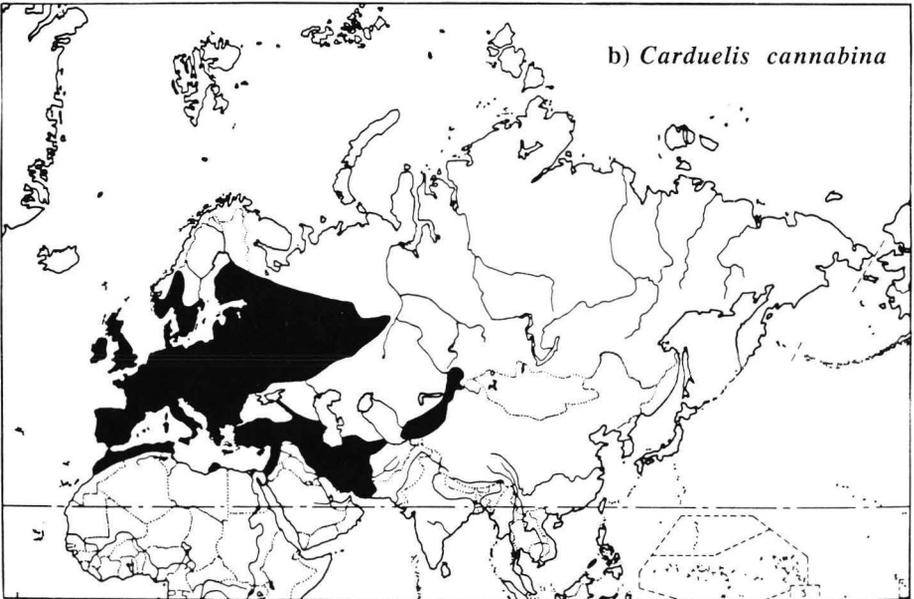
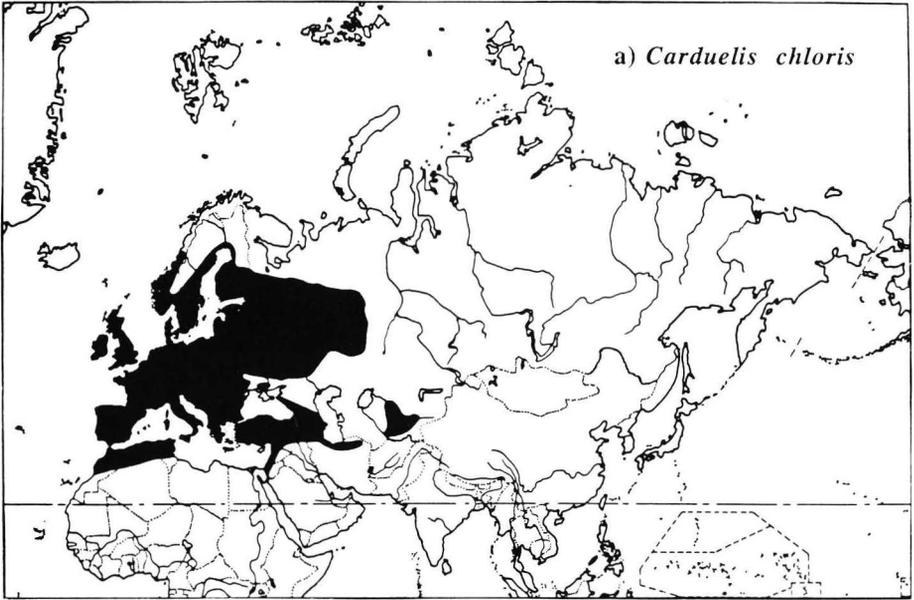


Fig. 1. Aire de répartition (d'après VOUS K.H., 1960) :
 a) du verdier d'Europe (*Carduelis chloris*)
 b) de la linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina*).

3. IDENTIFICATION AUTOMNALE

Pour déterminer le sexe et l'âge des espèces étudiées, nous nous sommes référés aux auteurs suivants : GEROUDET (1956), WESTPHAL (1976), LEHIKONEN et LAACKSONEN (1977), MESTER et PRUNTE (1982), SVENSON (1984).

4. MIGRATION ET HIVERNAGE

4.a. CAS DU VERDIER D'EUROPE

Le verdier est un migrateur partiel; les populations nordiques ne paraissent pas migrer toutes les années ou changent de quartier d'hiver (RENDAHL, 1958). Il n'est pas sûr que les populations des Iles Britanniques migrent de leur aire de nidification à une aire d'hivernage régulière. BOYD (1931) a établi que les verdiers d'Angleterre tendent à être sédentaires bien que les déplacements locaux soient considérables. Les verdiers de Suisse sont très sédentaires bien que quelques-uns migrent dans le midi de la France et dans le nord de l'Italie (SHIFFERLI, 1938). Les nicheurs de Belgique sont les uns sédentaires, ou erratiques à plus ou moins 100 km du lieu de leur naissance, les autres, migrateurs vers le S.-O. jusqu'en France centrale et méridionale et en Espagne jusqu'en Andalousie. Lors de la migration post-nuptiale en octobre et en novembre, les populations du Danemark, du sud de la Suède, de l'Allemagne occidentale et des Pays-Bas passent en Belgique. Toutefois, on peut déjà trouver en Belgique des verdiers venant de l'étranger à partir du mois d'août. Les rares hivernants « étrangers » proviennent, pour la plupart, des Pays-Bas (VERHEYEN, 1955b). Un premier couloir de migration, large de 325 km, couvre une zone allant du sud de la Suède au sud-ouest de l'Espagne, en passant par la Belgique (VERHEYEN, 1955b). Un deuxième couloir, large de 500 km, va du sud de la Finlande au sud-est de l'Espagne en passant par l'Alsace (SCHIERER, 1979). Un dernier couloir en Europe centrale semble se juxtaposer à la limite Est du couloir « alsacien » (EHLERS, 1939). Les verdiers de Pologne notamment en font partie (MAYER, 1979). Signalons enfin que les verdiers, comme les linottes, peuvent couvrir de longues distances en hiver si un coup de froid survient ou si la neige tombe, rendant la nourriture inaccessible.

4.b. CAS DE LA LINOTTE MÉLODIEUSE

Sauf si elle habite l'Europe méridionale, où elle semble être sédentaire, la linotte, comme le verdier, est un migrateur partiel mais à un degré moindre. 24 % des verdiers ($n = 344$) repris en hiver demeurent en Belgique contre plus ou moins 7 % des linottes (LIPPENS et WILLE, 1972). Le déplacement estival non orienté dans un rayon de plus ou moins 100 km fait place d'octobre à la mi-novembre à une migration orientée vers le Sud-Ouest. Les linottes de Belgique migrent principalement en octobre. Les premières linottes « étrangères » arrivent fin septembre et sont originaires des régions limitrophes. Les migrateurs traversant la Belgique viennent de Suède, du Danemark, du nord-ouest de l'Allemagne, des Pays-Bas, occasionnellement du sud-est de la Norvège, de l'Allemagne centrale et de l'Angleterre orientale. Les hivernants séjournant en Belgique se composent d'oiseaux de Belgique et des régions limitrophes (VERHEYEN, 1955a). Le couloir de migration, large de 370 km, s'étire de la Suède à l'Espagne en passant par la Belgique (VERHEYEN, 1955a). Le couloir « britannique », large de 500 km, est également dirigé vers le sud-ouest de la France et l'Espagne (NEWTON, 1972). NEWTON (1972) note que, d'une année à l'autre, quelques oiseaux des Iles Britanniques, de migrateurs deviennent sédentaires et vice-versa. Enfin, nous pouvons dire que la linotte ne recule pas devant les obstacles naturels tels que les chaînes de montagnes ou les étendues d'eau (linottes en migration, observées à 3.400 m d'altitude ou reprises au Maroc, au Soudan et en Egypte).



De haut en bas : verdier d'Europe mâle et femelle, linotte mélodieuse femelle en automne.

5. ETUDE DE LA BIOMETRIE – GENERALITES

5.a. VARIATION DU POIDS

5.a.1. Cas du verdier d'Europe

La courbe de variation annuelle du poids du verdier indique que, pour les deux sexes, le poids minimum est atteint à la fin de la saison de nidification, au début de la période de mue (juillet-août). Jusqu'en décembre, un accroissement continu du poids est noté. Les femelles ont un poids inférieur à celui des mâles. Le poids maximum est atteint en décembre et diminue par la suite. Le poids des femelles décroît peu par rapport à celui des mâles (MILES, 1968; NEWTON, 1972; PRILL, 1975; ROBERT, 1977; WESTPHAL, 1981). Un accroissement, en avril (WESTPHAL, 1981) ou en mai (MILES, 1968; PRILL, 1975), est même enregistré au début de la période de nidification (cf. les œufs). De février à avril, la femelle a un poids supérieur à celui du mâle. D'après les résultats des différents auteurs cités, le minimum oscille entre 20 et 23,3 g et le maximum, entre 35 et 38,8 g. NEWTON (1972) note que les verdiers sont plus lourds lors des hivers rigoureux que lors des hivers doux. Leur poids augmenterait en moyenne de 0,16 g par degré de froid, du moins entre 3 °C et - 9 °C. (LLOYD-EVANS et NAU, 1965). Les jours de grand froid, le poids peut varier de 22 à 40 g, ce qui suggère une grande différence individuelle dans l'habileté à s'alimenter (NEWTON, 1972). SCHIERER (1979) n'observe aucune différence significative entre les sexes et les classes d'âge quant au poids et à l'adiposité. En outre, celle-ci est relativement peu marquée. Enfin, NEWTON (1972) note que les individus migrateurs d'une espèce présentent des poids élevés chaque mois, de septembre à mai, contrairement aux individus sédentaires de la même espèce (comparaison, notamment, entre le pinson des arbres des Iles Britanniques « sédentaire » et le pinson des arbres de Scandinavie « migrateur »).

5.a.2. Cas de la linotte mélodieuse

L'influence de la pénurie de nourriture sur le poids est plus marquée pour la linotte que pour le verdier. Seuls quelques individus réussissent à gagner du poids par temps froid. L'inaptitude de cette espèce à résister aux froides nuits hivernales explique la migration de la plupart des linottes de Grande-Bretagne (NEWTON, 1972). La variation annuelle de poids est très semblable à celle du verdier. SCHILDMACHER (1967) constate que le poids hivernal décroît des mâles adultes aux femelles adultes en passant par les mâles et les femelles immatures. Toutefois, l'auteur ne spécifie pas si les différences sont significatives. Il signale aussi une relation entre la longueur alaire et le poids, mais qui ne se vérifie pas toujours pour les mâles.

5.b. VARIATION DE L'AILE, DE LA QUEUE ET DU BEC

Les longueurs de l'aile et de la queue constituent un critère sûr pour séparer les différentes populations géographiques d'une espèce à large aire de dispersion (VERHEYEN, 1956). Mais les divergences entre individus peuvent être dues au dimorphisme sexuel ou à l'âge (VERHEYEN, 1956; STEWARD, 1963). Les rémiges et les rectrices des jeunes oiseaux sont plus courtes que celles des adultes. Toutefois, au stade adulte, les longueurs de l'aile et de la queue ne se trouvent pas stabilisées. Elles continuent à accuser des fluctuations (accroissements et raccourcissements) mais de façon moins prononcée qu'au cours de la période subadulte (SUTTER, 1946; PRILL, 1975; ROBERT, 1977). ROBERT (1977) note des fluctuations similaires à propos de la formule alaire chez le verdier d'Europe. Enfin, il faut tenir compte des variations saisonnières des longueurs de l'aile et de la queue (GRANT, 1971) mais aussi du bec (DAVIS, 1954). Afin de minimiser ce biais, la collecte des spécimens ne doit donc pas s'étaler sur plus de deux mois.

5.c. VARIATION DE LA LONGUEUR ALAIRE

5.c.1. Cas du verdier d'Europe

En Yougoslavie, GEISTER (1974) montre qu'il existe un dimorphisme sexuel plus ou moins prononcé suivant les régions. PRILL (1975) montre que la longueur alaire du verdier varie avec le sexe et l'âge : elle augmente des jeunes femelles aux mâles adultes en passant par les femelles adultes et les jeunes mâles. WESTPHAL (1981) et BERETZK *et al.* (1969) constatent une diminution de la longueur alaire du Nord au Sud en comparant les résultats de différents auteurs portant sur différentes régions. SCHIERER (1979) montre que la longueur alaire des mâles est supérieure à celle des femelles, chez les adultes comme chez les immatures. Toutefois, il ne précise pas si ces différences sont significatives.

5.c.2. Cas de la linotte mélodieuse

SCHILDMACHER (1967) trouve que les mâles adultes ont la plus grande longueur alaire, suivis par les mâles immatures. Les femelles juvéniles ont une aile plus grande que les femelles adultes. Cependant, l'auteur n'indique pas si ces différences sont significatives. VAURIE (1956), en accord avec la loi de BERGMANN, note un accroissement de la longueur alaire de l'Europe à l'Asie et un raccourcissement de celle-ci du Nord au Sud.

III. LA PHENOLOGIE DE MIGRATION DU VERDIER D'EUROPE ET DE LA LINOTTE MELODIEUSE

En nous référant aux travaux de VERHEYEN (1955a, voir § I.4.a.; 1955b, voir § I.4.b.), il serait indiqué dans un premier temps :

1. de préciser et de visualiser, à partir des données du baguement :
 - le déroulement dans le temps de la migration automnale du verdier et de la linotte;
 - la ou les périodes marquant le passage des verdiers et des linottes « nordiques » par rapport aux oiseaux de nos régions.
2. de dégager, à partir des données de baguement allant de 1955 à 1985, d'éventuels renseignements supplémentaires sur la migration du verdier et de la linotte.

Dans un deuxième temps, nous analyserons les histogrammes de passage et de capture du verdier et de la linotte à Beaufays.

I. EXAMEN DES REPRISES A L'ETRANGER DES OISEAUX BAGUES EN BELGIQUE

I.a. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le fichier des reprises d'oiseaux bagués en Belgique et repris à l'étranger a été consulté pour la période 1930-1985. Néanmoins, le nombre de reprises ne devient substantiel qu'à partir des années 50. En outre, l'apparition de filets japonais en 1961 pourrait avoir entraîné un accroissement de l'effort de capture, bien que probablement minime si l'on se réfère au comportement des espèces étudiées. Toutefois, nous observons une forte augmentation des captures entre 1960 et 1965 suivie d'une chute plus

ou moins brutale. Entre 1970 et 1980, une remontée est observée, avec néanmoins des fluctuations plus ou moins importantes. Une diminution du nombre de verdiers bagués en Belgique est observée au début des années 80. Le nombre de reprises varie en conséquence.

1.a.1. Analyse mois par mois de la localisation géographique des reprises

Seuls les oiseaux vivants ou tirés ont été pris en considération. Les oiseaux bagués ont été groupés par période comme suit : 15/9 au 30/9 - 1/10 au 15/10 - 16/10 au 1/11. Les reprises d'oiseaux de chacun de ces groupes ont été répertoriées par mois (de septembre à mai-juin) et reportées sur des cartes géographiques. Le lieu de baguement et le lieu de reprise (représenté par un cercle) sont reliés par une droite. Les cercles «•» représentent des oiseaux repris la même année (de septembre à décembre) ou l'année suivante (de janvier à mai-juin), les cercles évidés «○» représentent des oiseaux repris les années subséquentes (fig. 2 à 8 sauf fig. 5). Par cette méthode, nous pouvons analyser les mouvements dans le temps et dans l'espace.

1.a.2. Analyse de la localisation géographique des verdiers et des linottes à travers les reprises classées mensuellement

Contrairement à la première méthode, on ne tient pas compte de la date de baguement et on établit un tableau de contingence. Les oiseaux bagués en Belgique et repris à l'étranger sont comptabilisés pays par pays et mois par mois. Ainsi, on peut déterminer les pays visités par une espèce donnée et le nombre de mois de présence de cette espèce dans chaque pays. Ont été considérés dans cette étude les oiseaux vivants, tirés ou trouvés morts (non décomposés) lors de la deuxième quinzaine du mois en question.

1.a.3. Hivernage des verdiers et des linottes nichant en Belgique - origine géographique des oiseaux hivernant en Belgique (fig. 5 et 9)

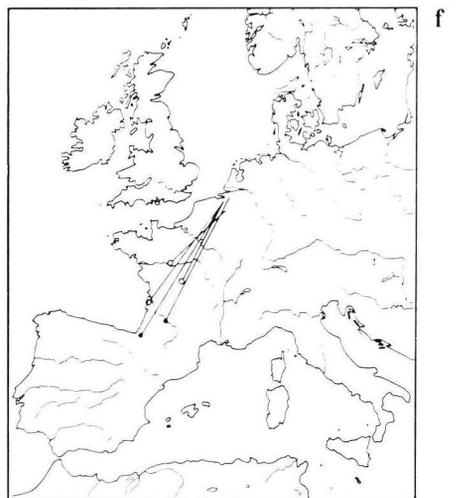
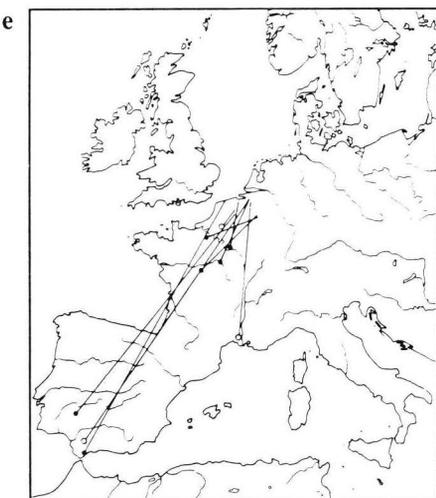
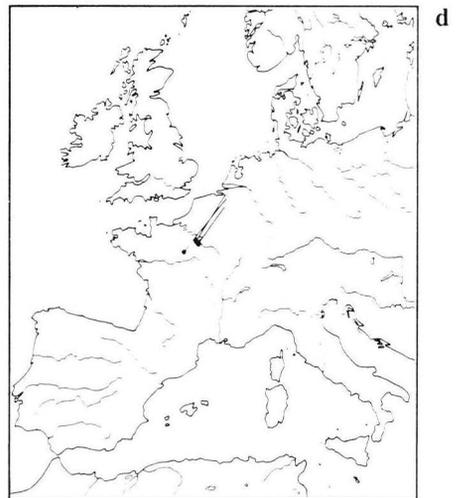
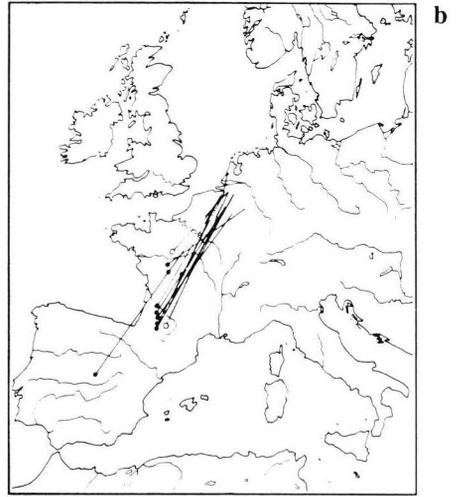
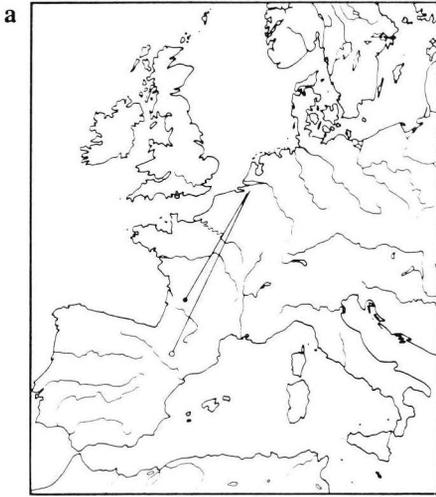
Sur une même carte géographique, nous avons reporté les oiseaux considérés comme nicheurs (bagués la première quinzaine du mois de juin et repris au sud de la Belgique) et les oiseaux considérés comme visiteurs d'hiver (bagués en Belgique de décembre à janvier et repris au nord de la Belgique dès la fin du mois d'avril jusqu'au mois de juin).

1.b. RÉSULTATS

1.b.1. Analyse mois par mois de la localisation géographique des reprises de verdiers

Verdiers bagués du 15/09 au 30/09 (fig. 2 a-h)

En septembre, les premiers migrateurs sont dans le sud-ouest de la France, voire au-delà des Pyrénées. En octobre, ils atteignent le centre de l'Espagne. Ils précèdent deux cohortes : la première est localisée dans la région des Landes et la deuxième dans le pays de Loire (Anjou, Poitou, Touraine). En novembre, des verdiers arrivent en Andalousie. D'autres sont toujours dans les Landes. Un oiseau est repris dans les Pyrénées orientales. En décembre, les oiseaux repris en Ile de France sont probablement des migrateurs arrêtés en cours de route ou des oiseaux erratiques ayant pris la direction du Sud. Il est fort probable que nous ayons déjà affaire à une remontée vers le Nord. En janvier, des verdiers sont toujours en Andalousie. Un oiseau est repris en Camargue, en dehors du couloir de migration. Comme en décembre, des individus sont repris à des distances relativement courtes du lieu de baguement en Belgique. En février, le mouvement vers le



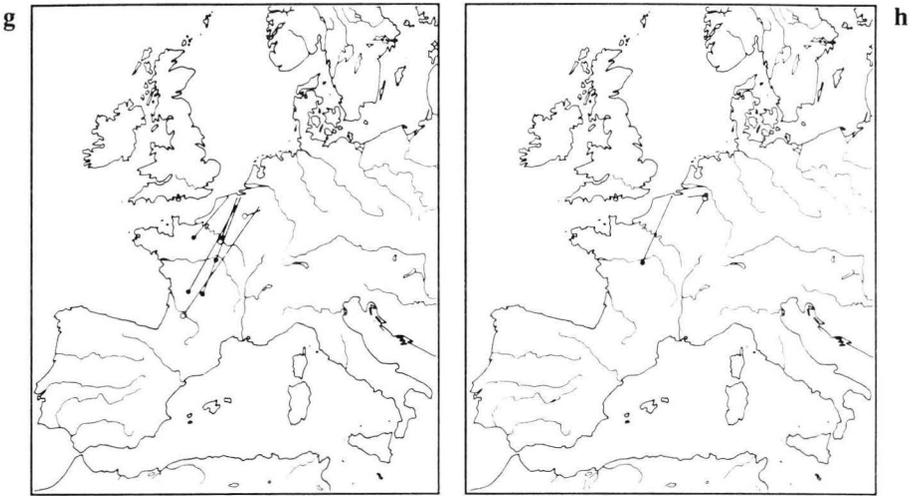


Fig. 2. Verdiers bagués en Belgique du 15.IX au 30.IX et repris en septembre (a), octobre (b), novembre (c), décembre (d), janvier (e), février (f), mars (g) et avril (h). • = repris la même année; ○ = repris les années subséquentes.

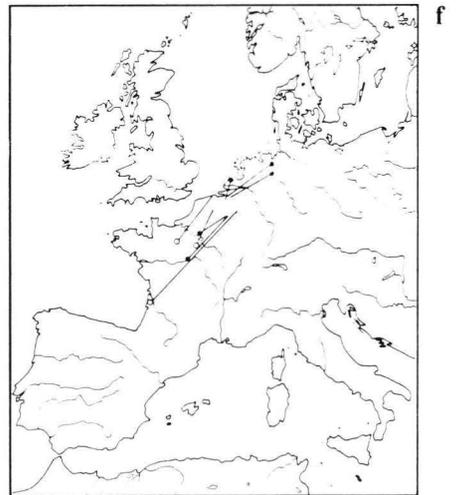
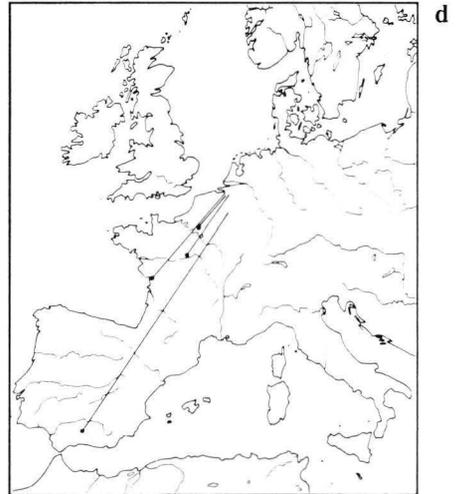
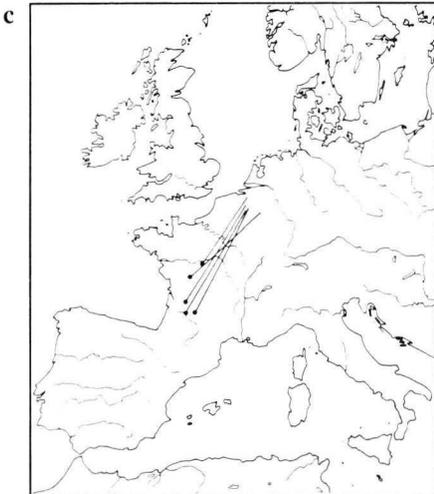
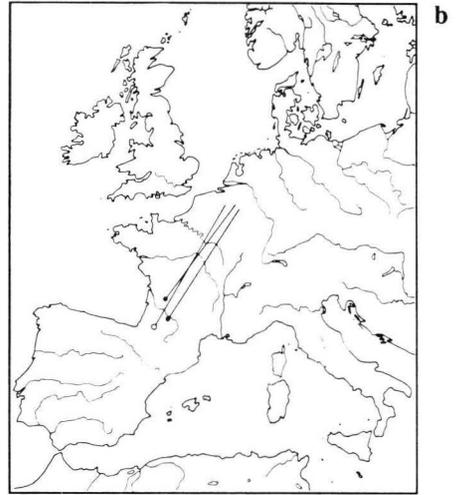
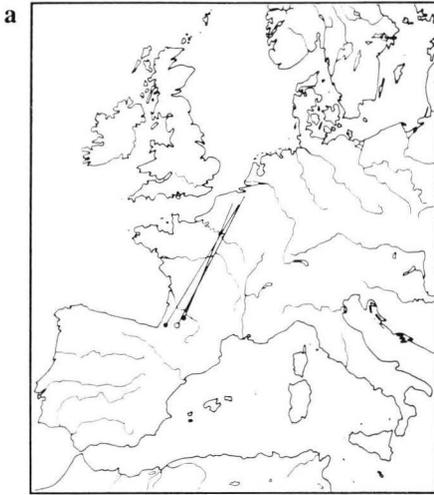
Nord est enclenché. Des oiseaux sont repris le long du couloir de migration entre 43° et 48° de latitude Nord. En mars, la progression vers le Nord s'accroît. En avril, nous retrouvons des oiseaux dans les régions limitrophes du nord de la Belgique. Un oiseau est repris au sud de la Belgique, dans le Loir-et-Cher. En mai-juin, aucun verdier n'est repris à l'étranger.

Au vu des reprises d'avril, il semblerait que les oiseaux migrateurs bagués fin septembre sont originaires de Belgique ou de ses régions limitrophes.

Verdiers bagués du 1/10 au 15/10 (fig. 3 a-h)

En octobre, des migrateurs atteignent les Landes. De novembre à janvier, les reprises s'étirent curieusement vers le Nord. On pourrait penser que les oiseaux repris en décembre se sont arrêtés en cours de voyage. En janvier, nous avons enfin une reprise dans le sud de l'Espagne. Se pourrait-il que la migration se fasse par étapes successives, du moins pour certains groupes ? Ceux-ci arriveraient alors tardivement en Espagne. En février, la remontée vers le Nord est accusée. En mars, alors que des verdiers sont encore en France, quelques oiseaux sont repris dans les régions limitrophes de la Belgique. Un verdier est repris en Grande-Bretagne, un autre dans le nord de l'Allemagne et un troisième est repris en Espagne. En mai-juin, toutes les reprises sont effectuées au nord de la Belgique (Pays-Bas, Allemagne, Danemark).

Les migrateurs « étrangers » bagués début octobre proviennent probablement des régions limitrophes de la Belgique, du Danemark voire de Grande-Bretagne. La plupart sembleraient ne pas parcourir de grandes distances. Sinon, ils atteindraient tardivement l'Espagne et remonteraient tardivement vers le Nord.



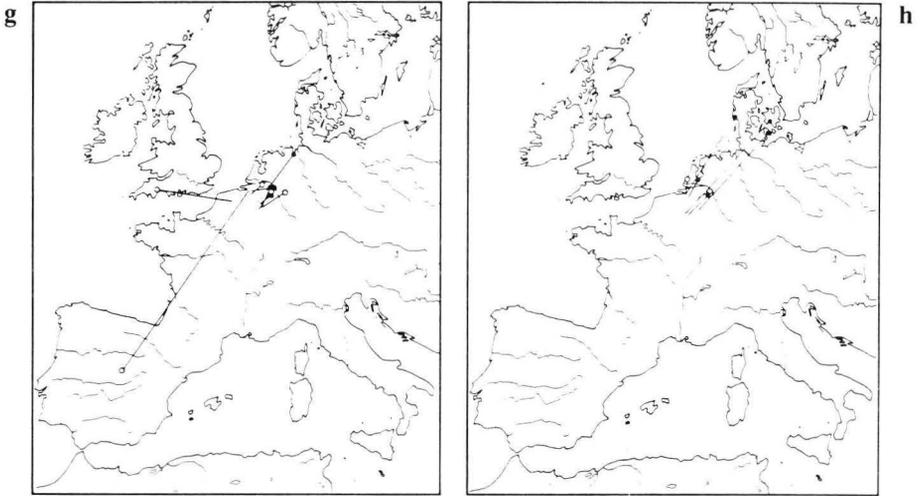
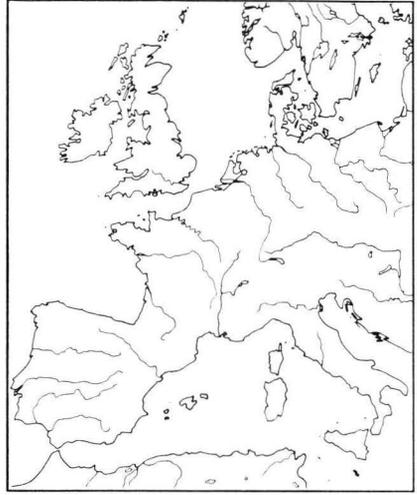
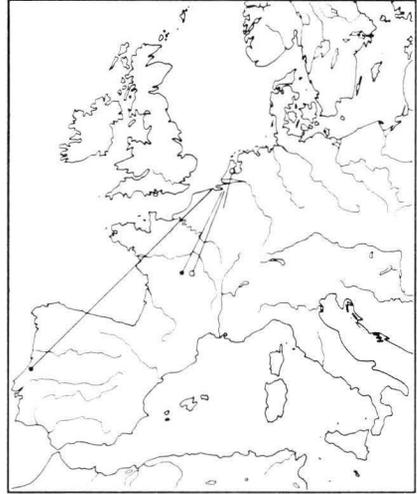
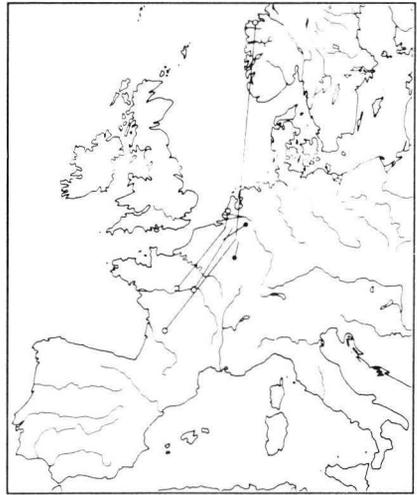


Fig. 3. Verdiers bagués en Belgique du 1.X au 15.X et repris en octobre (a), novembre (b), décembre (c), janvier (d), février (e), mars (f), avril (g), mai et juin (h). • = repris l'année même du baguage; ○ = repris les années subséquentes.

Verdiers bagués du 16/10 au 1/11 (fig. 4 a-i)

En septembre et en octobre, les migrateurs sont soit toujours dans leur pays d'origine soit en mouvement vers la Belgique soit en Belgique. En novembre, des oiseaux arrivent déjà dans les Pyrénées et dans le sud-est de l'Espagne contrairement aux oiseaux bagués plus tôt. D'autres sont encore au voisinage de la Belgique. En décembre, des oiseaux atteignent l'ouest de la péninsule Ibérique. Certains individus sont repris dans le centre-ouest de la France. Un exemple de migration irrégulière ou de changement de quartier d'hiver est fourni par une femelle adulte reprise aux Pays-Bas. En janvier, des verdiers sont toujours en Espagne alors que d'autres sont dans le centre-ouest de la France. En février, la remontée vers le Nord est perceptible. Des oiseaux sont repris au voisinage de la Belgique. La remontée précoce d'un individu vers la Norvège est trompeuse. En fait, la reprise a été réalisée plusieurs saisons après le baguage. En mars, alors que des oiseaux sont toujours au sud de la Belgique, certains atteignent les Pays-Bas, le nord de l'Allemagne, le Danemark. En avril, des verdiers survolent des étendues d'eau pour atteindre Helgoland (Allemagne), Seeland (Danemark), le sud de la Suède et la Grande-Bretagne. En mai-juin, toutes les reprises sont situées au nord de la Belgique (Pays-Bas, Allemagne, Danemark, Suède, Norvège).

Au début du mois de novembre, la proportion des oiseaux « nordiques » passant en Belgique est en augmentation par rapport à la période précédente. En outre, il semblerait que des oiseaux de cette période aient des quartiers d'hiver différents de ceux des deux périodes précédentes. Toutefois, nous devons nous montrer particulièrement prudents au vu des données fragmentaires.

a**b****c****d****e****f**

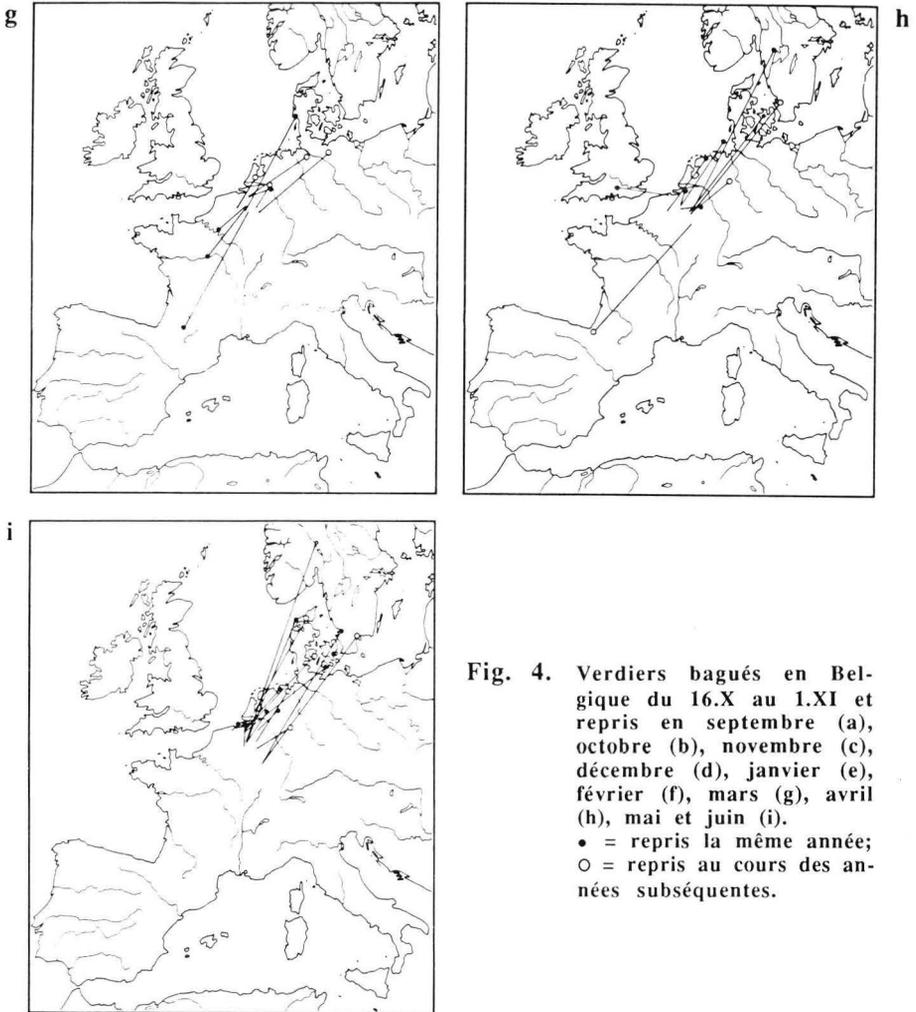


Fig. 4. Verdiers bagués en Belgique du 16.X au 1.XI et repris en septembre (a), octobre (b), novembre (c), décembre (d), janvier (e), février (f), mars (g), avril (h), mai et juin (i).
 • = repris la même année;
 ○ = repris au cours des années subséquentes.

1.b.2. Localisation géographique des verdiers à travers les reprises classées mensuellement (tabl. 1)

Des verdiers bagués en Belgique sont repris toute l'année en Belgique-même et aux Pays-Bas, et pratiquement toute l'année en France (11 mois) et au Danemark (10 mois). Si nous considérons les pays nordiques, le nombre de mois de présence est moins élevé (7 mois en Norvège et en Suède, 3 mois en Finlande). Il semblerait toutefois logique de porter ces nombres à 9 pour la Norvège et à 8 pour la Suède. En effet, si en Norvège des verdiers sont présents en avril et en juin, il est logique qu'ils le soient également en mai (de même pour septembre en Norvège et au Danemark, pour juin en Suède). Signalons aussi les 7 mois de présence du verdier en Grande-Bretagne. Dans le Sud, les 9 mois de présence du verdier en Espagne sont remarquables comparés aux 8 mois de présence en Allemagne (probablement à cause des nombreux oiseaux trouvés morts qui n'ont pu être pris en considération) et à l'unique mois de présence au Portugal. Quant au nombre de reprises en Belgique, les pics observés en octobre-novembre et en

Tableau 1. VERDIERS BAGUÉS EN BELGIQUE : PAYS DE REPRISE ET MOIS DE PRÉSENCE.
(D'après l'Oeuvre Belge de Baguement - nombre de reprises par pays.)

	Finlande	Belgique	Grande-Bretagne	Portugal	Espagne	Italie	France	RFA-RDA	Pays-Bas	Danemark	Norvège	Suède	Pologne	URSS
Juillet	-	90	2	-	1	-	2	19	8	3	1	3	-	-
Août	-	65	1	-	-	-	-	5	5	2	1	1	-	-
Septembre	-	111	-	-	-	-	6	1	8	-	-	-	-	-
Octobre	-	391	-	-	4	-	31	-	12	1	1	-	-	-
Novembre	-	221	-	-	12	-	37	-	11	-	-	-	1	-
Décembre	-	166	1	2	8	-	60	-	13	1	1	1	-	-
Janvier	-	273	-	-	13	-	91	-	9	2	-	-	-	-
Février	-	329	-	-	3	-	140	2	11	3	3	1	-	-
Mars	1	272	2	-	5	-	137	4	21	2	-	1	-	-
Avril	1	244	7	-	2	-	69	4	32	13	10	10	-	-
Mai	1	104	5	-	1	-	18	22	20	14	-	6	1	-
Juin	-	90	1	-	-	-	4	32	12	9	2	-	-	1
Totaux	3	2356	19	2	49	-	595	83	162	50	19	25	2	1
Mois de présence	3	12	7	1	9	-	11	8	12	10	7	7	2	1

février-mars mettraient en évidence les migrations d'automne et de printemps. En France, un seul de ces deux pics correspondant apparaît (en février-mars). Signalons à ce sujet que la tenderie au filet plat n'est que peu ou pas pratiquée en France. En référence au couloir de migration défini par VERHEYEN (1955b), nous notons des reprises inédites d'oiseaux originaires de Finlande, de Grande-Bretagne, de Norvège, de Pologne et de Russie ainsi qu'un accroissement des reprises d'oiseaux de Suède et du Danemark. D'après le tableau des reprises des visiteurs d'hiver en Belgique (tabl. 3), nous pourrions émettre l'hypothèse suivante : au cours des 30 dernières années, un nombre croissant d'oiseaux de Suède et du Danemark s'arrêtent en Belgique pour hiverner¹. Nous pourrions également penser que les verdiers des Iles Britanniques et de la Norvège ont inclus la Belgique dans leur aire d'hivernage. Enfin, des oiseaux de l'est et du nord-est de l'Europe peuvent occasionnellement être déviés de leur route pour venir plus à l'Ouest (cf. les oiseaux de Pologne « appartenant » au couloir de migration d'Europe Centrale (EHLERS, 1939).

1.b.3. Zones d'hivernage des verdiers nichant en Belgique (tabl. 2 d'après la fig. 5)

Quarante verdiers nichant ou nés en Belgique ont été repris, pour la plupart, le long du couloir de migration défini par VERHEYEN (1955b), en France et en Espagne. 10 % des reprises sont localisées en dehors de ce couloir (un oiseau dans l'Hérault, un à Marseille, un dans le nord-ouest de l'Espagne, un au Portugal). 55 % des reprises ont été effectuées entre 46° de latitude Nord (dans la Vienne) et 36° de latitude Nord (dans le sud de l'Espagne), autrement dit à des distances allant de 500 à 1500 km. D'autre part, 50 % des reprises ont été réalisées entre 46° (dans la Vienne) et 48° (dans le Gâtinais) de latitude Nord (22,5 %) et entre 42° (dans le nord de l'Espagne) et 44° (dans les Landes) de latitude Nord (27,5 %).

Nous ne nous hasarderons pas à commenter le pourcentage de reprises par sexe et par âge. Nous dirons simplement que le taux élevé de reprises (32,5 % et 22,5 %) des pulli signifie que pendant la première quinzaine du mois de juin, le baguement est axé sur les jeunes oiseaux au nid plutôt que sur les adultes. Nous pouvons également constater que des verdiers peuvent parcourir dès leur première année de vie des distances relativement grandes et qu'ils « continuent » à migrer les années suivantes (voir reprises de pulli).

1.b.4. Origine géographique des verdiers hivernant en Belgique (tabl. 3 d'après la fig. 5)

Quarante-huit verdiers visiteurs d'hiver « certains » ont été repris pour la plupart le long du couloir de migration défini par VERHEYEN (1955b). 20,8 % des reprises ont été effectuées en dehors du couloir soit en Norvège (n = 7), en Finlande (n = 1), en Pologne (n = 1) et en U.R.S.S. (n = 1, à 2375 km du lieu de capture). Signalons que ces dernières reprises ont toutes été réalisées après 1955. Les plus grands nombres de reprises ont été respectivement réalisés entre 52° et 54° de latitude Nord, dans le nord-est de la Grande Bretagne, aux Pays-Bas, en Allemagne et en Pologne (33,3 %); entre 58° et 60° de latitude Nord, dans le sud-ouest de la Suède, dans le sud-est de la Norvège et en U.R.S.S. (23 %) et entre 54° et 56° de latitude Nord, au Danemark et dans le nord de l'Allemagne (20,8 %).

¹ En supposant que ce ne soit pas dû simplement à un accroissement de l'effort de capture dans les pays concernés.

Tableau 2. D'après la **figure 5.** ZONES D'HIVERNAGE DES VERDIERS NICHANT OU NÉS EN BELGIQUE.

VERDIERS REPRIS LA MEME ANNEE											VERDIERS REPRIS LES ANNEES SUBSEQUENTES (L'initulé des colonnes ci-dessous correspond à l'âge et au sexe déterminés lors du baguage.)					
PAYS DE REPRISE	LATITUDE NORD	PULLUS	♂ ¹	♂ ^{>1}	♀ ¹	♀ ^{>1}	I	n ₁	PULLUS	♂ ^{>1}	♀ ^{>1}	♂ ^{>1}	>I	n ₂	n ₁ + n ₂	POURC. (%)
France	50.5° - 50°	1	-	1	-	1	1	3	-	-	-	-	-	0	3	7,5
France	50° - 48°	1	2	-	-	1	-	4	2	-	-	-	-	2	6	15,0
France	48° - 46°	4	-	-	1	-	-	5	1	2	1	-	-	4	9	22,5
France	46° - 44°	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	3	7,5
France Espagne	44° - 42°	2	1	-	1	2	-	6	4	-	-	-	1	5	11	27,5
Espagne	42° - 40°	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	1	1	2,5
Espagne Portugal	40° - 38°	-	-	1	-	1	-	2	1	-	1	-	-	2	4	10,0
Espagne	38° - 36°	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	3	7,5
TOTAUX		13	1	2	3	4	2	25	9	2	2	1	1	15	40	100 %
POURCENTAGES (%)		32,5	2,5	5,0	7,5	10,0	5,0	62,5	22,5	5,0	5,0	2,5	2,5	37,5	-	100 %

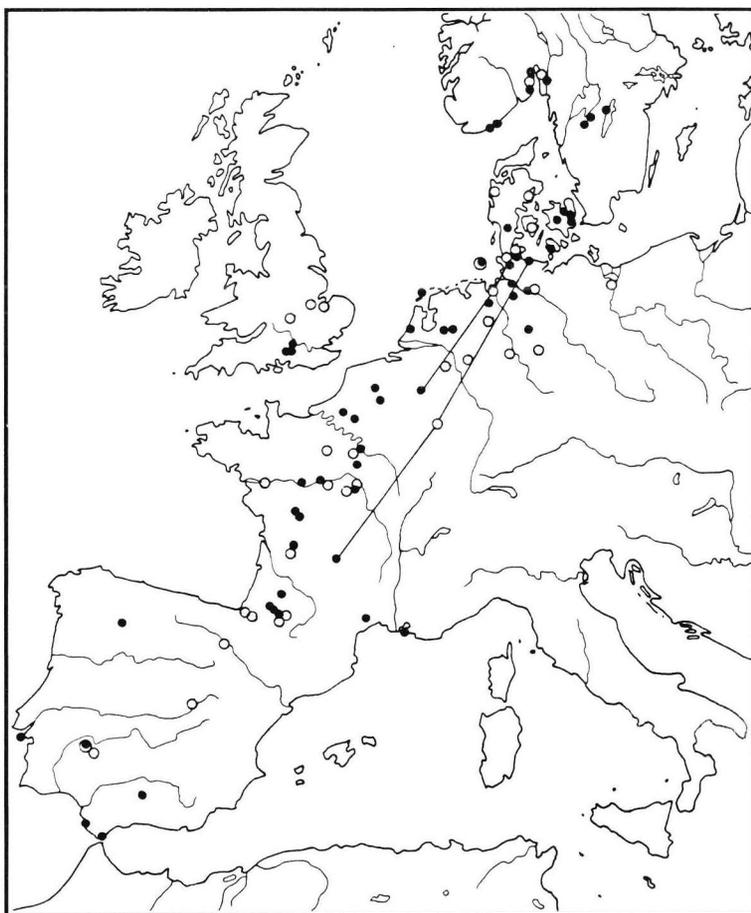


Fig. 5. - Reprises au nord de la Belgique de verdiers visiteurs d'hiver en Belgique.
 - Reprises au sud de la Belgique de verdiers nichant ou nés en Belgique.
 • = reprises effectuées la même année; ○ = reprises effectuées les années subséquentes.

En tenant compte des seuls oiseaux dont on a pu déterminer le sexe et l'âge, on note que le pourcentage total des reprises de ♂^{>I} (39,5 %) est de loin le plus élevé, suivi par celui des ♀^{>I} (14,6 %), des ♂^I (14,55 %) et des ♀^I (12,5 %)¹. Si les pourcentages sont représentatifs de la situation réelle et si le taux de mortalité est équivalent d'un sexe, d'un âge et d'un pays à l'autre, on pourrait émettre l'hypothèse suivante : les ♂^{>I} « étrangers » s'arrêtent plus fréquemment en Belgique que les oiseaux des autres classes de sexe et d'âge, qui poursuivent leur migration plus loin vers le Sud.

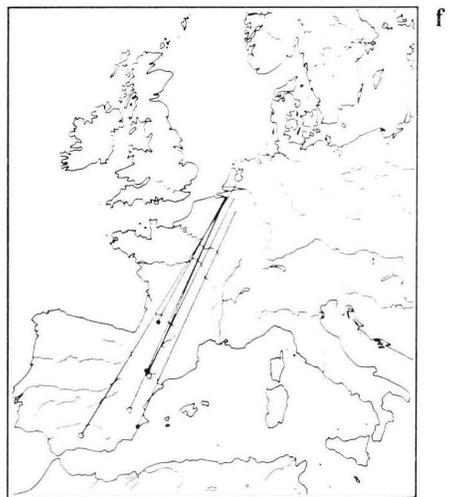
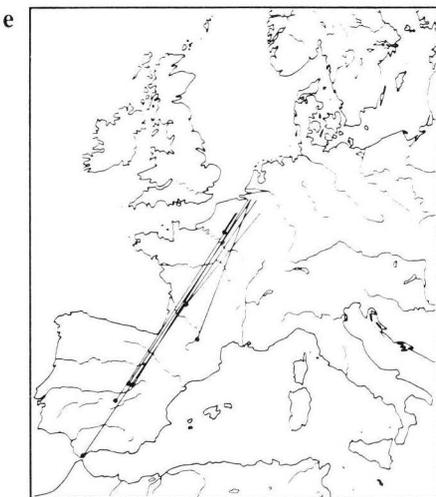
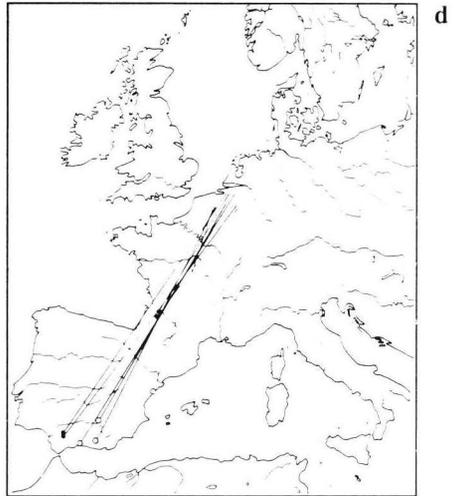
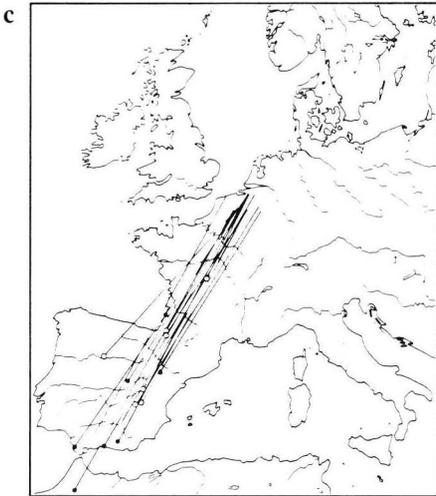
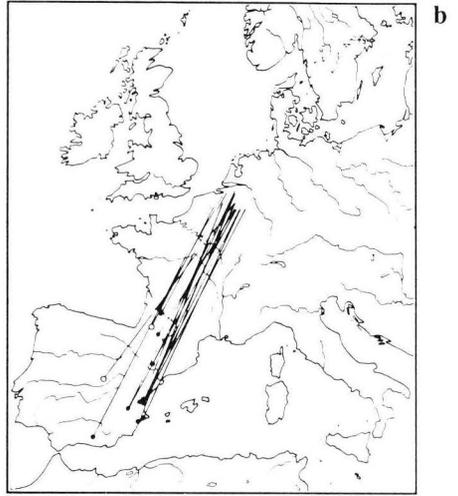
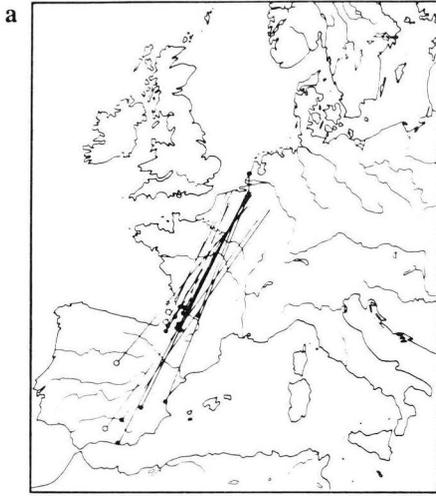
¹ I = immature; > I = adulte.

Tableau 3. D'après la figure 5. ORIGINE GÉOGRAPHIQUE DES VERDIERS HIVERNANT EN BELGIQUE.

VERDIERS REPRIS LA MEME ANNEE											VERDIERS REPRIS LES ANNEES SUBSEQUENTES					
											(L'initiaité des colonnes ci-dessous correspond à l'âge et au sexe déterminés lors du baguement.)					
PAYS DE REPRISE	LATITUDE NORD	♂ I	♂ > I	♀ I	♂ inc.	♀ inc.	n1	♂ I	♂ > I	♀ I	♂ inc.	♀ inc.	n2	n1 + n2	POURC. (%)	
Finlande	62° - 60°	-	-	-	-	-	0	-	1	-	-	-	1	1	2,1	
Suède Norvège URSS	60° - 58°	2	1	3	1	-	8	-	2	-	1	-	3	11	23,0	
Danemark	58° - 56°	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	1	2	2	4,2	
Allemagne Danemark	56° - 54°	1	4	1	-	1	8	-	-	1	-	-	2	10	20,8	
G.B. P.B. Allemagne Pologne	54° - 52°	-	2	1	1	8	8	-	5	1	1	1	8	16	33,3	
G.B. P.B. Allemagne	52° - 51°	1	2	-	-	-	3	3	2	-	-	-	5	8	16,6	
TOTAUX		4	9	4	2	2	27	3	10	2	3	2	21	48	100 %	
POURCENTAGES (%)		8,3	18,7	8,3	4,2	4,2	56,2	6,25	20,8	4,2	6,25	4,2	43,8	-	100 %	

Tableau 4. LINOTTES BAGUÉES EN BELGIQUE : PAYS DE REPRISE ET MOIS DE PRÉSENCE (d'après l'Oeuvre Belge de Baguement - nombre de reprises par pays).

	Grand-Bretagne	Portugal	Espagne	Italie	France	Maroc	RFA-RDA	Pays-Bas	Danemark	Norvège	Suède
Juillet	3	-	3	-	3	-	9	6	16	1	5
Août	1	-	-	-	-	-	5	7	7	-	1
Septembre	-	-	2	-	6	-	1	4	3	-	1
Octobre	-	-	81	-	126	1	2	7	3	-	-
Novembre	-	-	58	1	64	2	-	5	-	-	-
Décembre	-	1	40	-	32	-	1	1	-	-	-
Janvier	-	1	42	-	47	-	2	-	-	-	-
Février	-	-	19	-	24	-	2	1	-	-	-
Mars	-	-	29	-	16	-	1	2	1	-	-
Avril	3	-	7	-	18	-	15	19	8	-	-
Mai	1	-	-	-	2	-	21	10	16	-	2
Juin	6	-	1	-	4	-	18	9	17	1	1
TOTAUX	15	2	280	1	344	3	77	74	72	2	10
MOIS DE PRÉSENCE	5	2	10	1	11	2	11	11	8	2	5



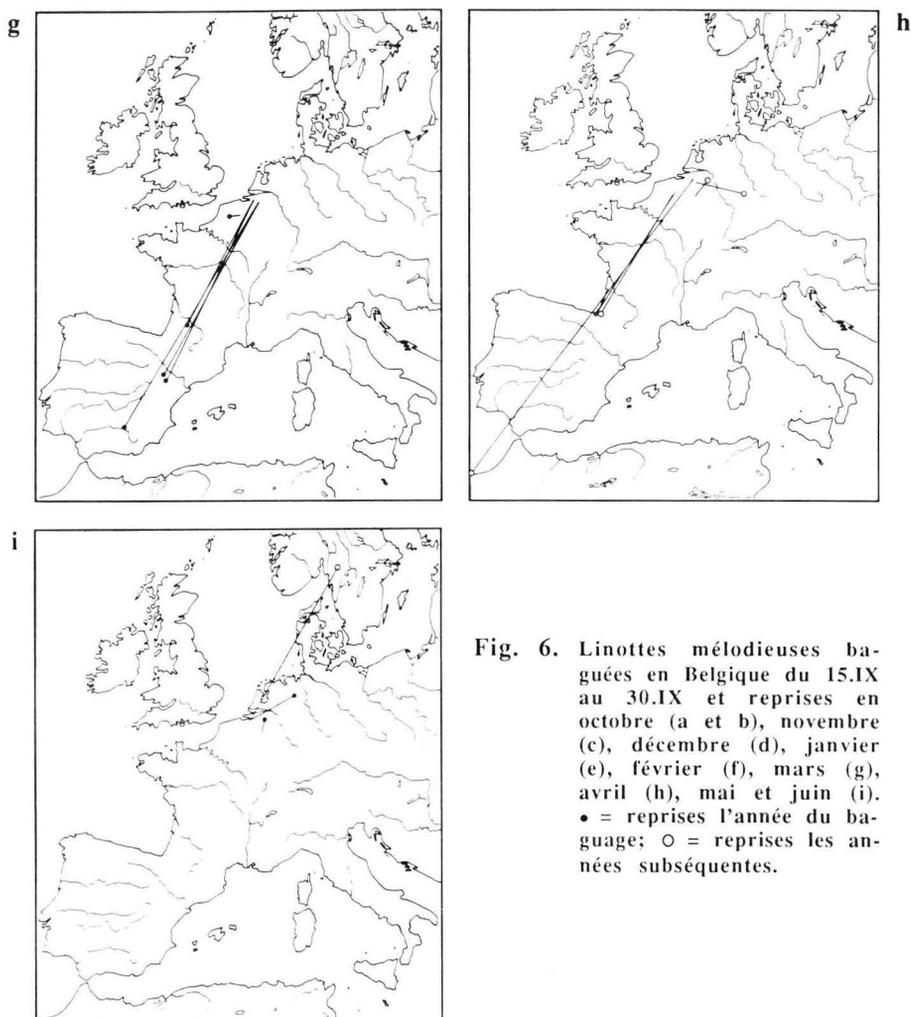
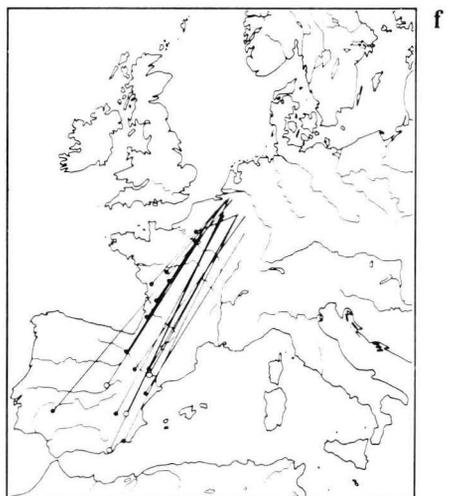
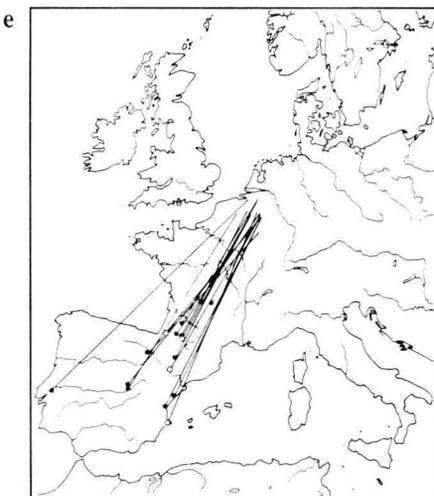
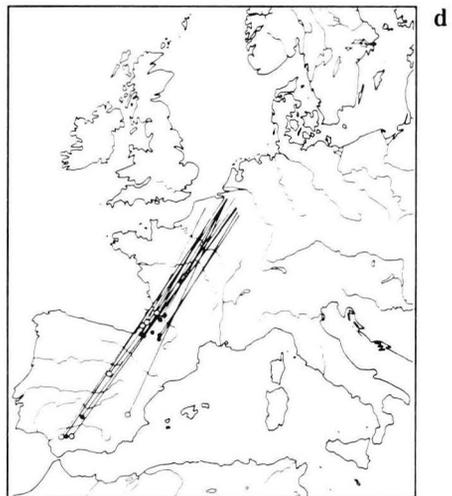
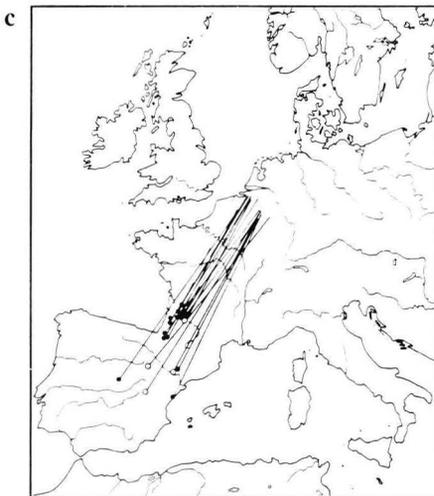
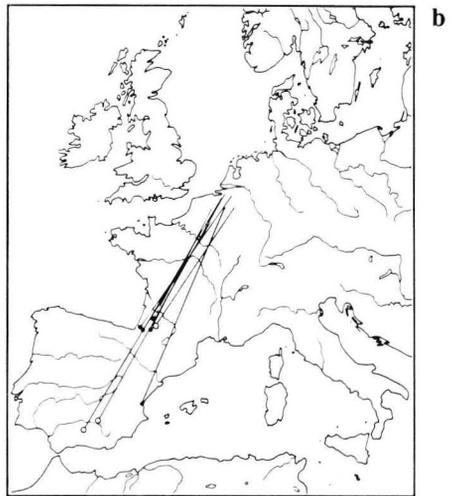
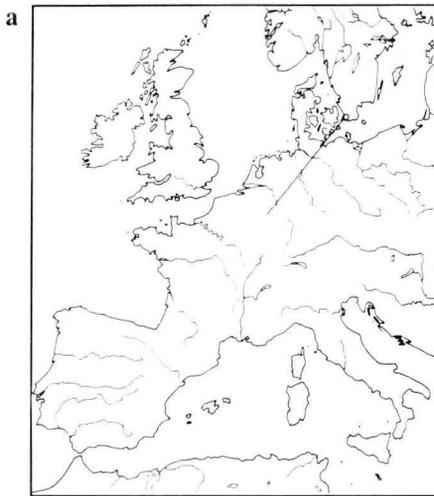


Fig. 6. Linottes mélodieuses baguees en Belgique du 15.IX au 30.IX et reprises en octobre (a et b), novembre (c), décembre (d), janvier (e), février (f), mars (g), avril (h), mai et juin (i). • = reprises l'année du bagueage; ○ = reprises les années subséquentes.

1.b.5. Analyse mois par mois de la localisation géographique des reprises de linottes

Linottes baguees du 15/9 au 30/9 (fig. 6 a-i)

En octobre, deux cohortes de migrateurs sont notées : la première arrive à l'est et au sud de l'Espagne, la deuxième est localisée dans le sud-ouest de la France. Un exemple probable de migration inverse est donné par une jeune femelle reprise aux Pays-Bas. En novembre, des linottes sont encore dans le sud-ouest et le centre-ouest de la France alors que des individus se dirigent vers la côte Sud de l'Espagne. De là, certains oiseaux rejoindront probablement le Maroc comme le montre la reprise d'un mâle d'âge inconnu. En décembre, la majorité des reprises sont effectuées en Andalousie. Une reprise est signalée dans le sud-ouest de la France et sur la côte Est de l'Espagne. En janvier, des reprises sont effectuées dans le sud et le centre de l'Espagne et dans le sud-ouest de la France. La jeune femelle reprise au voisinage de la Belgique est probablement erratique. En février et en mars, des linottes sont toujours dans la partie Est de l'Espagne et dans le sud-ouest de la France. En avril, alors que des linottes sont toujours au Maroc ou contournent les Pyrénées vers l'Ouest, des individus sont déjà repris en Hollande et en Allemagne. En mai-juin, on note une reprise plus loin au Nord, en Suède.



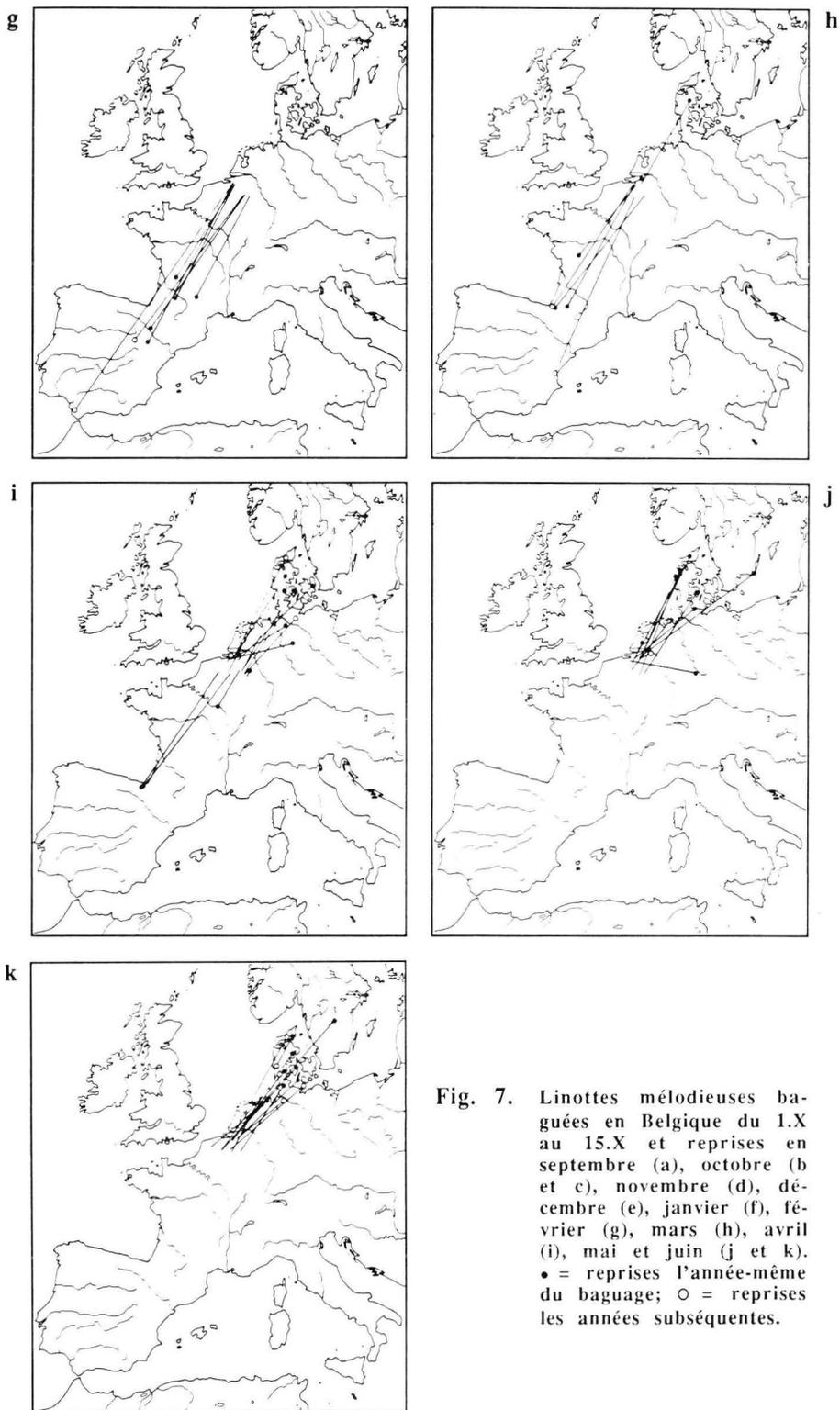


Fig. 7. Linottes mélodieuses baguées en Belgique du 1.X au 15.X et reprises en septembre (a) et octobre (b et c), novembre (d), décembre (e), janvier (f), février (g), mars (h), avril (i), mai et juin (j et k). • = reprises l'année-même du baguage; ○ = reprises les années subséquentes.

Il semblerait que fin septembre, des linottes originaires de Belgique et de ses régions limitrophes, voire des pays nordiques, arrivent en Belgique. Signalons que déjà en août, des migrateurs arrivent en Belgique. Il s'agit probablement là de dispersion juvénile :

Sexe-âge	Date de capture	Lieu de capture	Date de reprise	Lieu de reprise
Imm.	26.08.70	Retie	18.07.71	West Ella Witherby (GB)
♂ I	17.08.84	De Panne	17.04.85	Sandwich Bay (GB)
♂ inc.	15.08.81	Sinaii	20.06.82	Charing (GB)

Linottes baguées du 1/10 au 15/10 (fig. 7 a-k)

En septembre, les linottes sont soit dans leur pays d'origine, soit en mouvement vers la Belgique. En octobre, des linottes atteignent le centre, l'est et le sud de l'Espagne. D'autres sont encore dans le sud-ouest de la France. En novembre, la situation est identique avec tout de même une très légère hausse des reprises dans le sud de l'Espagne. En décembre, une linotte est reprise au Portugal alors que la majorité des reprises s'étalent le long du couloir de migration, de la côte Est de l'Espagne au 45° de latitude Nord. En janvier, la plupart des reprises s'étalent le long du couloir de migration du sud-est de l'Espagne au 47° de latitude Nord. Une reprise est effectuée en Andalousie. Une autre au voisinage de la Belgique. En février, des linottes sont reprises au sud et au nord-est de l'Espagne ainsi que dans le sud-ouest de la France. En mars, une linotte est reprise au Danemark alors que des oiseaux sont encore dans le Sud (Espagne, France). En avril, la majorité des oiseaux sont repris dans le Nord (Pays-Bas, Allemagne, Danemark) alors que des oiseaux contournent les Pyrénées par l'Ouest. En mai-juin, les reprises sont faites aux Pays-Bas, en Allemagne, au Danemark et en Suède.

Il semblerait que le passage des linottes « nordiques » débutant fin septembre s'intensifie au cours de la première quinzaine du mois d'octobre.

Linottes baguées du 16/10 au 1/11 (fig. 8 a-h)

En septembre, les linottes sont probablement encore dans leur pays d'origine. En octobre, aucune reprise n'a été effectuée. En novembre, des linottes atteignent les Landes, le nord-est et le sud-est de l'Espagne. En décembre, certaines reprises sont réalisées entre le 46° et le 48° de latitude Nord alors que d'autres sont enregistrées beaucoup plus loin au sud de l'Espagne. En janvier, les reprises « espagnoles » sont réparties dans toute la moitié sud du pays. Certains oiseaux sont repris dans le sud-ouest de la France. En février et en mars, la remontée vers le Nord s'amorce, des linottes sont reprises au nord de la Belgique (Pays-Bas, Allemagne, Grande-Bretagne, Danemark). En mai-juin, on enregistre des oiseaux aux Pays-Bas, en Allemagne, au Danemark, en Suède et en Norvège.

Comparativement à la période précédente, les reprises d'oiseaux « nordiques » sont plus nombreuses; ce qui pourrait faire croire à un passage des oiseaux « nordiques » s'intensifiant au cours de la période de migration.

1.b.6. Localisation géographique des linottes à travers les reprises classées mensuellement (tabl. 4 p. 527)

Comparativement aux verdiers, les linottes baguées en Belgique et reprises à l'étranger sont plus longtemps présentes au sud de la Belgique et moins longtemps présentes dans les pays nordiques et en Grande-Bretagne. Elles sont présentes au moins

11 mois de l'année dans les pays voisins de la Belgique, voire 12 mois en Belgique (données non détaillées). A l'extrémité de son aire d'hivernage, au Portugal et au Maroc, la présence certaine de linottes baguées en Belgique est de 2 mois. Signalons également la reprise d'une linotte dans le nord de l'Italie, tout à fait en dehors du couloir de migration défini par VERHEYEN (1955a). Enfin, notons à titre indicatif qu'au cours des 25 dernières années, les reprises d'oiseaux originaires du Danemark ont été multipliées par 23 (données non détaillées dans le cadre de ce travail).

1.b.7. Zones d'hivernage des linottes nichant en Belgique (tabl. 5 d'après la fig. 9)

Quarante-huit linottes, nichant ou nées en Belgique, ont été reprises en France et en Espagne. Toutes sont inscrites dans le couloir de migration défini par VERHEYEN (1955a), à l'exception d'une linotte reprise en Camargue. 54,15 % des reprises ont été effectuées en Espagne, pour la plupart sur les côtes Est et Sud du pays. 41,25 % des reprises sont enregistrées dans le centre-ouest et le sud-ouest de la France. Seulement 4,2 % des reprises ont été réalisées à des distances inférieures à 500 km. Dès leur première année de vie, les linottes migrent à des distances supérieures à 500 km et « continuent » à migrer les années suivantes (voir reprises de pulli).

1.b.8. Origine géographique des linottes, visiteurs d'hiver en Belgique (fig. 9)

Une seule linotte peut être considérée comme hivernant « certain » : un mâle adulte repris aux Pays-Bas entre 51° et 52° de latitude Nord. La pauvreté des données est peut-être due au fait que l'effort de capture axé sur les linottes est faible comparativement aux verdiers facilement capturés au nourrissage.

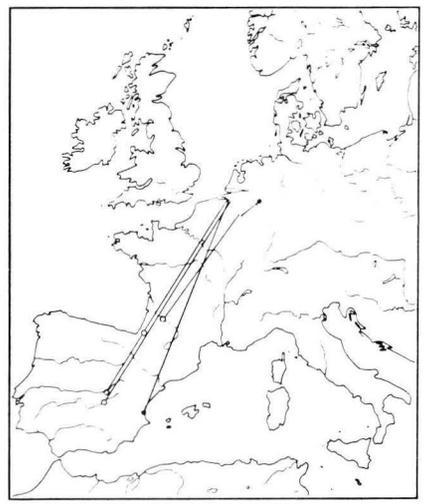
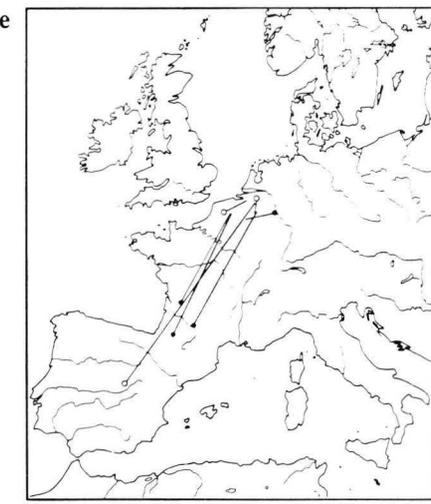
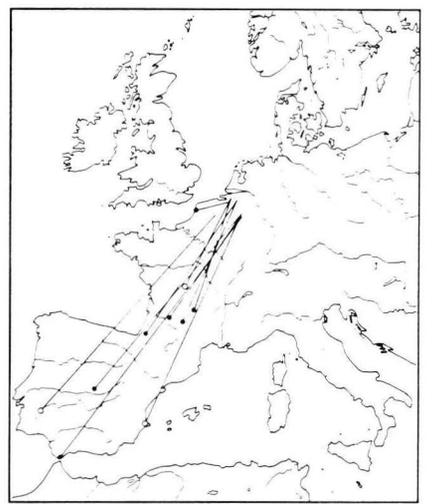
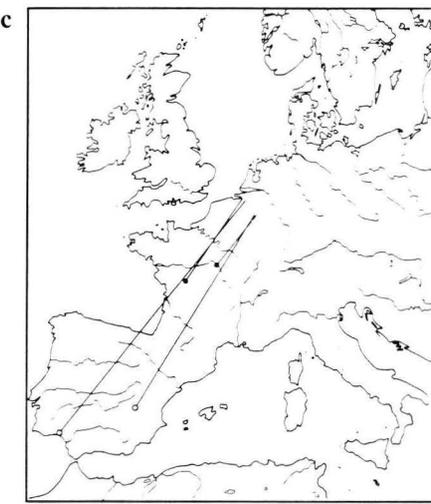
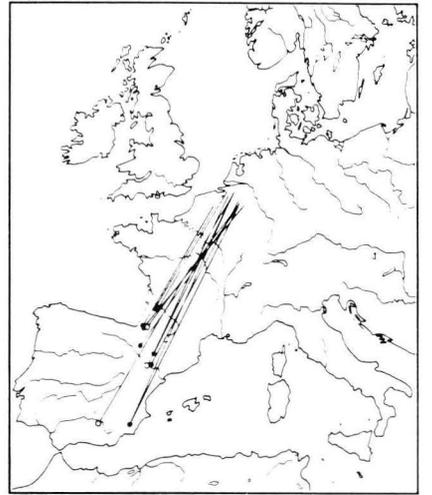
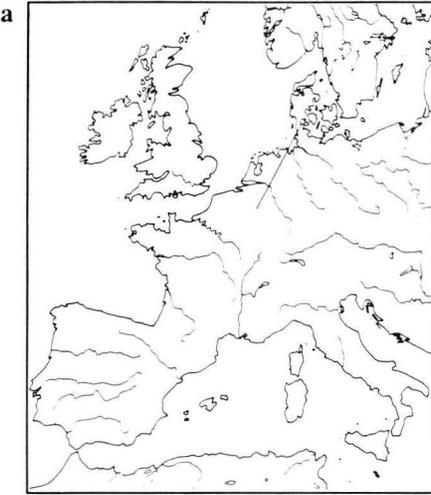
1.b.9. Autres modalités de la migration du verdier d'Europe et de la linotte mélodieuse

Vitesse de migration

La vitesse journalière exacte des oiseaux est pratiquement impossible à calculer puisque nous ne savons pas quand l'oiseau quitte le lieu de baguement et rejoint le lieu de contrôle. D'autre part, les distances réellement parcourues sont presque toujours supérieures à la distance représentée par la ligne droite unissant les lieux de capture et de reprise.

Voici présentées dans le tableau suivant quelques valeurs de la vitesse de migration du verdier et de la linotte :

Espèce	Sexe âge	Lieux de capture - Lieux de reprise	Distance parcourue	Nombre de jours	Vitesse journ. moy.
Verdier					
1	♂ I	Beerse - Bosconnant (F)	750 km	5	150,0 km
2	♀ >I	Basse-Bodeux - Moncofar (Sp)	1282 km	10	128,2 km
3	♂ >I	Stockay-St-Georges - Enschede (PB)	211 km	3	70,3 km
4	♀ >I	Ghlin - Veldhauzen (RFA)	328 km	5	65,6 km
Linotte					
1	♀ >I	Essene - St Martin de Seigneux (F)	870 km	4	217,5 km
2	♂ >I	Kuringen - Puig (Sp)	1350 km	13	103,8 km
3	♀ >I	Brecht - Ségovic (Sp)	1325 km	18	73,6 km



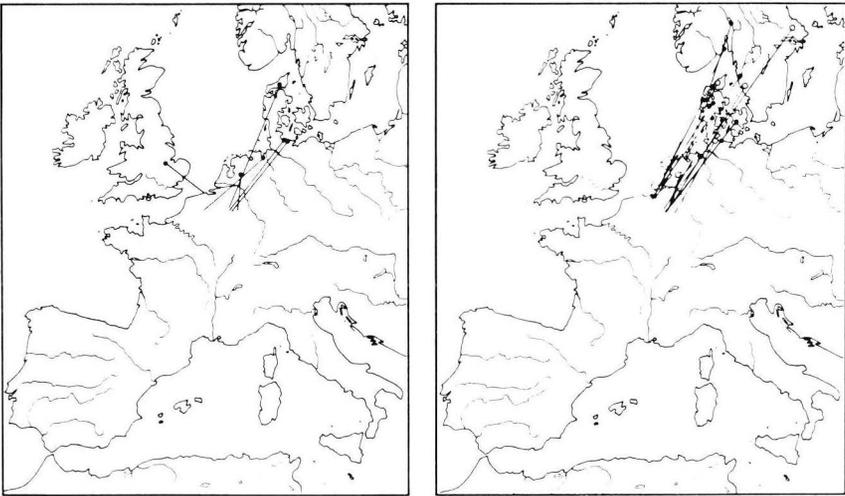


Fig. 8. Linottes mélodieuses baguées du 15.X au 1.XI et reprises en septembre (a), novembre (b), décembre (c), janvier (d), février (e), mars (f), avril (g), mai et juin (h). • = reprises la même année; ○ = reprises les années subséquentes.

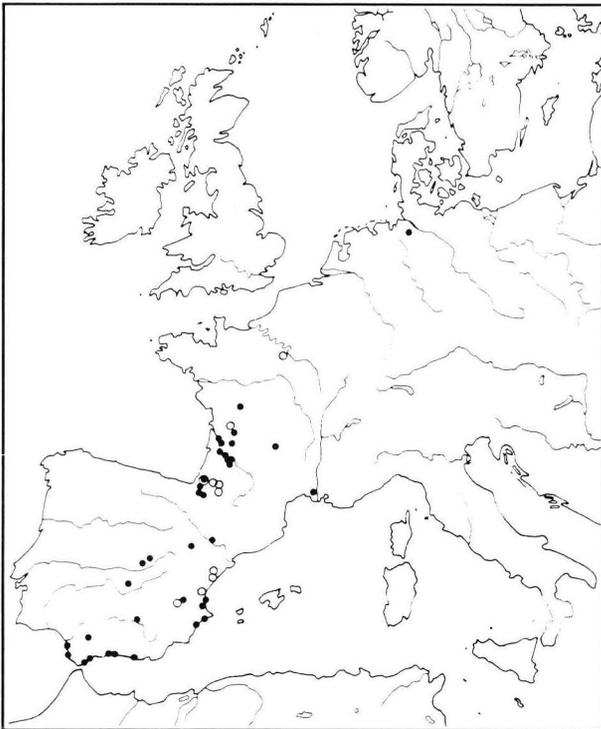


Fig. 9. - Reprise au nord de la Belgique d'une linotte, visiteur d'hiver en Belgique.
 - Reprise au sud de la Belgique de linottes nichant ou nées en Belgique. • = reprises la même année; ○ = reprises les années subséquentes.

Tableau 5. D'après la figure 9. ZONES D'HIVERNAGE DES LINOTTES NICHANT OU NÉES EN BELGIQUE.

LINOTTES REPRISES LA MEME ANNEE										LINOTTES REPRISES LES ANNEES SUBSEQUENTES (L'initulé des colonnes ci-dessous correspond à l'âge et au sexe déterminés lors du baguage.)				
PAYS DE REPRISE	LATITUDE NORD	PULLUS	♂ > I	♀ > I	I	n1	PULLUS	♂ > I	I	n2	n1 + n2	POURC. (%)		
France	50° - 48°	-	-	-	-	0	-	1	-	1	1	2,10		
France	48° - 46°	-	-	1	-	1	-	-	-	0	1	2,10		
France	46° - 44°	10	-	-	1	11	1	-	-	1	12	25,00		
France	44° - 42°	4	-	-	-	4	4	-	-	4	8	16,25		
Espagne	42° - 40°	3	-	1	-	4	2	-	-	2	6	12,50		
Espagne	40° - 38°	7	1	-	-	8	3	-	1	4	12	25,00		
Espagne	38° - 36°	8	-	-	-	8	-	-	-	0	8	16,65		
TOTAUX		32	1	2	1	36	10	1	1	12	48	100 %		
POURCENTAGES (%)		66,6	2,1	4,2	2,1	75,0	20,8	2,1	2,1	25,0	-	100 %		

Migration partielle, migration irrégulière ?

Voici quelques exemples d'individus qui font preuve d'une plus ou moins grande irrégularité dans leur migration, d'une année à l'autre :

Espèce	Sexe et âge	Date de capture	Lieu de capture en Belgique	Date de reprise	Lieu de reprise
Verdier	♀ >I	20.12.69	Brasschaat	31.12.70	Kirkeshoven (DK)
	♀ >I	15.05.75	Duinbergen	22.03.77	Abbots Leigh (GB)
	♂ II	17.03.77	Forrières	22.12.80	Dierhagen Strand (DDR)
	♂ >I	08.04.62	Heusy	17.02.63	Vasteros (SW)
	♀ >I	24.12.61	Polleur	16.01.63	Trifa (Sp)
	♂ >I	01.05.66	Lauwe	15.05.67	Beychac et Caillou (F)
	♂ II	17.03.73	Jambes	17.03.74	Montluçon (F)
	♀ >I	21.02.71	Mont/Marchiennes	25.02.72	San Sebastian (Sp)
Linotte	♂ inc.	02.11.62	Kuringen	02.11.64	Uzosse (F)
	♂ I	24.10.76	Ekeren	28.10.79	Tønder (DK)

Remarque : I ou II = immature; > I = adulte; inc. = âge indéterminé.

Cas du verdier :

1. Dans le premier exemple, il semble, au vu des dates de capture et de reprise (décembre), que cette femelle adulte n'ait pas migré en 1970 comme elle l'avait fait en 1969.
2. Dans le deuxième exemple, il semble que cette femelle adulte, soit n'ait pas migré en 1977, soit qu'elle se soit attardée plus longtemps en migration en 1975.
3. Dans le troisième exemple, nous avons affaire, soit à un mâle qui n'a pas migré, soit à un oiseau « nordique » qui a changé de quartiers d'hiver.
4. Dans le quatrième exemple, ce mâle adulte, soit n'a pas migré en 1963, soit est remonté 2 mois plus tôt vers le Nord en 1963 par rapport à 1962.
5. Dans le cinquième exemple, cette femelle adulte, soit n'a pas migré en 1961, soit est un oiseau « nordique » ayant changé radicalement de quartiers d'hiver (?).
6. Les cas 6, 7 et 8 sont moins évidents à interpréter même si, à une même époque, d'une année à l'autre, les oiseaux se trouvent en des lieux différents. Nous n'avons qu'à nous référer aux vitesses de migration pour voir que des distances relativement longues peuvent être couvertes en quelques jours.

Cas de la linotte :

Contrairement au verdier, pour lequel nous avons sélectionné les nombreux exemples, les reprises de linottes ne montrent que deux cas de migration irrégulière. En outre, ces deux exemples ne sont pas convaincants pour les raisons citées précédemment en 6. Cela suggérerait que le verdier est probablement un migrateur plus irrégulier que la linotte.

Migration inverse

Alors que pendant la migration automnale, la majorité des verdiers et des linottes suivent la direction sud-ouest, certains individus effectuent des mouvements en sens inverse (exemples 1 et 3). On observe également ce phénomène pendant la migration de printemps (exemple 2).

Espèce	Sexe âge	Date de capture	Lieu de capture	Date de reprise	Lieu de reprise
Verdier	♂ inc.	30.09.75	Ekeren	26.10.75	Sparregat (PB)
	♂ II	30.03.78	Tohogne	16.04.78	Fagnon (F)
Linotte	♀ I	27.09.67	Ekeren	07.10.67	St Wassenaarse Slag (PB)

Longévité du verdier et de la linotte

Nous pouvons évaluer, grâce à certaines reprises exceptionnelles, la longévité des oiseaux. En voici deux exemples :

Espèce	Sexe âge	Date de capture	Lieu de capture	Date de reprise	Lieu de reprise
Verdier	♂ > I	15.10.62	Ekeren	19.02.72 20.02.72	Parigne-le-Polin (F)
Linotte	inc.	03.09.61	Retie	07.04.70	Casablanca (Maroc)

Au moment de la reprise, ce verdier et cette linotte étaient âgés respectivement d'au moins 10 et 9 ans.

Reprises d'oiseaux capturés à Beaufays

Espèce	Date de capture	Lieu de capture	Date de reprise	Lieu de reprise	
Verdier	1	24.09.84	Beaufays (Liège)	03.10.85	Anzegem - Ingooigem (Fl. occ.)
	2	27.09.84	"	27.01.85	Laon (F) (mort)
	3	12.10.84	"	16.01.85	Jupille (Liège)
				09.02.85	
	4	05.11.84	"	07.12.85	Embourg (Liège)
	5	07.11.84	"	03.01.85	Jupille (Liège)
	6	12.11.84	"	17.03.85	Embourg (Liège)
	7	14.11.84	"	24.12.84	Jupille (Liège)
	8	03.11.83	"	27.04.85	Wunstorf (Hannovre, BRD) (mort)
	9	10.10.80	Theux (Liège)	27.10.84	Beaufays
10	30.03.84	Tegelen (PB)	03.11.84	"	

Nous pouvons constater que :

1. des oiseaux capturés en octobre et en novembre se trouvent encore dans la même région pendant l'hiver;
2. le verdier capturé à Tegelen fin mars est soit un oiseau indigène, soit un oiseau remontant plus haut dans le Nord;
3. la reprise effectuée à Laon ne nous apprend rien puisqu'il s'agit d'un oiseau mort. Quant à la reprise d'un oiseau bagué début novembre et trouvé mort fin avril près de Hannovre, on peut seulement dire qu'elle ne dément pas l'idée d'un passage d'oiseaux « nordiques », notamment au début du mois de novembre.

Aucune reprise de linotte baguée à Beaufays n'a été signalée.

2. MIGRATION VISIBLE A BEAUFAYS

2.a. ZONE D'ÉTUDE - DESCRIPTION

Le travail de terrain a été effectué à Beaufays, entité de Chaudfontaine, dans la province de Liège (longitude 05.38 E., latitude 50.34 N.). Les cartes simplifiées (fig. 10 et 11) montrent l'emplacement du site, prairie clôturée au Nord-Est et longée de haies d'aubépines et de frênes dans les autres secteurs. La zone, relativement peu habitée, est riche en pâturages et parsemée de taillis sous futaie. La prairie culmine au-dessus de la vallée de la Vesdre à une altitude de 280 m, à l'intersection de deux bras de vallée orientés grossièrement vers l'Ouest-Sud-Ouest et jouant probablement le rôle de ligne directrice pour les oiseaux en migration. Le site est favorable à la capture de fringilles et d'insectivores de milieux semi-ouverts et ouverts, en particulier la linotte mélodieuse, le pinson des arbres, le verdier d'Europe, la bergeronnette grise et le pipit des prés. Un aperçu des espèces passant à Beaufays est donné à la **figure 12**.

2.b. NOTATION DE LA MIGRATION VISIBLE

Le comptage systématique des oiseaux survolant le site de capture s'effectue sur une étendue de 150 m de large allant d'une haie à une clôture. Plusieurs remarques doivent être faites pour établir le degré de validité de l'étude :

1. le comptage des petits groupes d'individus ne pose aucun problème contrairement au dénombrement des oiseaux d'un grand groupe. Une évaluation (excellente avec l'habitude) s'impose;
2. l'erreur d'évaluation peut être accrue les jours de passage intense lorsque les oiseaux déferlent à une cadence élevée;
3. le dénombrement des individus de différentes espèces d'un groupe mixte n'est pas toujours possible. De plus, il n'est pas invraisemblable que des groupes considérés comme « monospécifiques » contiennent un ou plusieurs individus d'une autre espèce (cf. verdiers dans un groupe de pinsons des arbres);
4. l'erreur de comptage est constante si l'observateur est toujours le même. Elle sera même atténuée si plusieurs observateurs s'associent. Notre équipe, fort réduite, régulièrement renouvelée, et accaparée par la capture, le baguage et la mensuration des oiseaux, ne nous a pas permis de respecter ces règles;
5. les observations de la migration visible diurne représentent une faible partie du passage réel (ENEMAR, 1964; KÅLLANDER et RYDEN, 1974). Le nombre d'oiseaux volant à basse altitude les jours de « passage intense » peuvent n'être qu'une infime partie des oiseaux volant à haute altitude les jours de « faible passage ». Il faut également envisager l'extension ou la concentration spatiale journalière du passage;

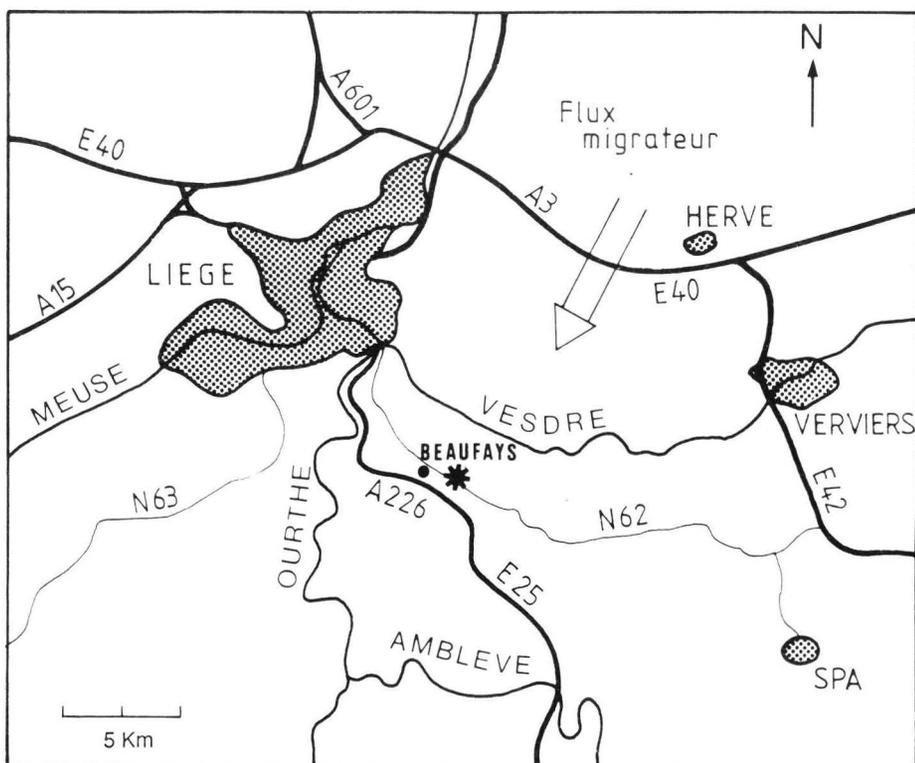


Fig. 10. Plan de situation régionale.

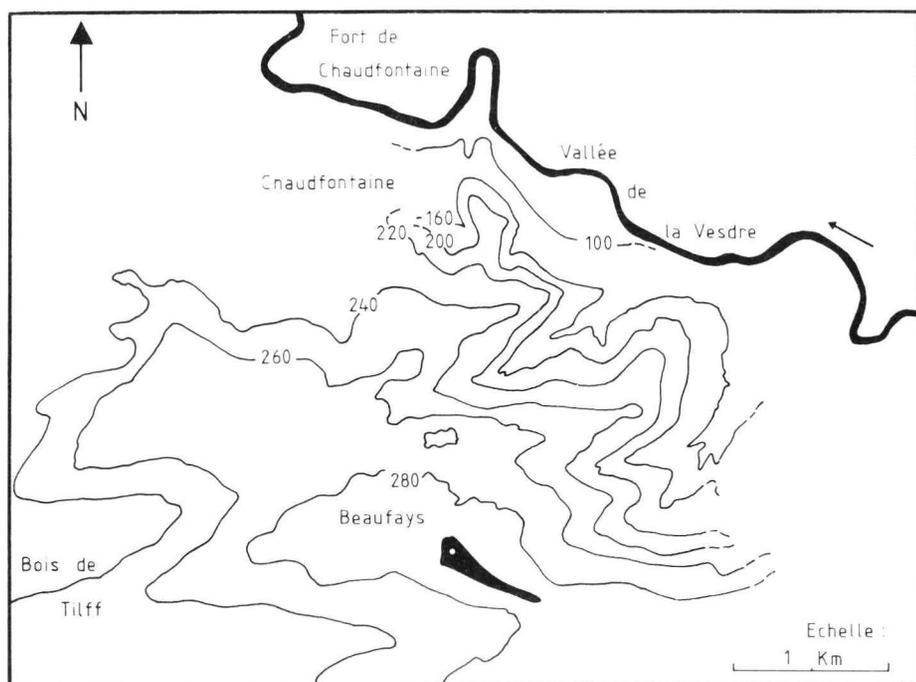


Fig. 11. Vue simplifiée de la carte topographique mettant en évidence la position du site de capture par rapport au relief.

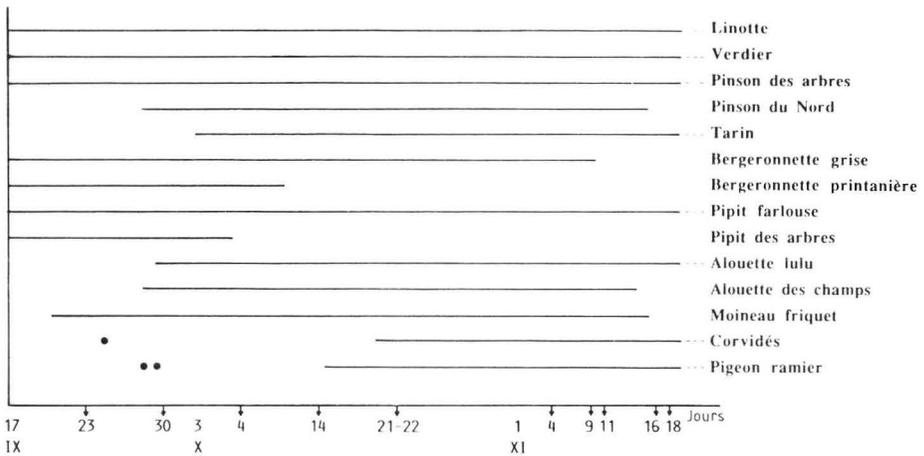


Fig. 12. Calendrier des migrations au site d'observation de Beaufays.

6. la présence ou l'absence des appelants sur le site d'observation ainsi que leur motivation à crier peuvent avoir une influence sur le passage au-dessus de la prairie. Cette influence fluctue d'un moment à l'autre, d'un jour à l'autre suivant la force et la direction du vent. L'importance de ce phénomène ne peut être ni mesurée, ni évaluée;
7. l'interprétation de semblables données est donc particulièrement délicate.

2.c. RÉSULTATS

2.c.1. Analyse des histogrammes de passage

Cas du verdier (fig. 13b)

Nous pouvons découper le passage en 3 phases : une phase initiale de passage de faible intensité (1) avec 3 pics mineurs (18/9-24/9-29/9). Une annulation du passage survient le 10/10 suivie d'une phase de migration intense (2). Le pic le plus important est produit le 11/10 avec le passage de « 116 » verdiers. Le comptage du 12/10 ayant été négligé, nous n'en tiendrons pas compte. D'autres pics moins importants sont observés le 17/10 et le 30/10. Les 3 pics précédents sont suivis d'une chute plus ou moins brutale de l'intensité du passage. Notons que les 3 jours de passage les plus intenses totalisent 22,7 % du passage total. Une phase terminale de passage de faible intensité (3) semblable à la première phase, mais plus courte, débute le 3/11 et se termine le 19/11, avec un pic mineur le 10/11.

Cas de la linotte (fig. 14b)

D'une manière générale, les remarques énoncées dans le cas du verdier sont valables pour la linotte. Nous notons cependant une phase initiale d'intensité croissante et non constante. L'assymétrie à droite de la courbe de passage que nous observons pour le verdier n'apparaît pas chez la linotte. Cela suggérerait un passage massif plus précoce des linottes par rapport aux verdiers. Les pics ont même allure. Néanmoins, il semblerait qu'ils soient suivis d'une chute moins brutale de l'intensité de passage. Le pic d'intensité

a) Pourcentage journalier des captures du verdier par catégories de sexe et d'âge à Beaufays en 1984.



b) Intensité de la migration visible et des captures journalières totales du verdier à Beaufays en 1984.

(Nombre de verdiers par jour)



Fig. 13.

majeure (n = 679) est produit le même jour que celui du verdier, le 11/10. Cela n'est probablement pas dû au hasard. Lorsqu'on observe la situation météorologique de cette période, on voit que le 11/10 fait suite à plusieurs jours de pluie (cf. introduction § 3, RICHARDSON, 1978). Enfin, notons que les 3 jours de passage les plus intenses totalisent 27,3 % du passage total.

2.c.2. Analyse des histogrammes de capture

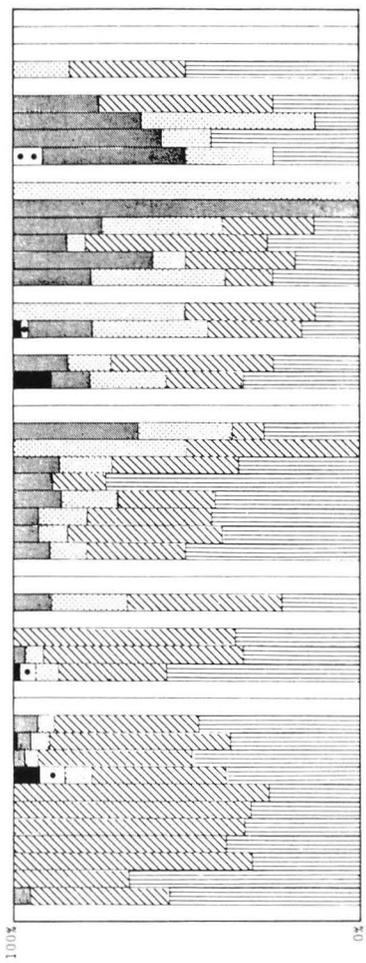
Cas du verdier (fig. 13a)

1. Le nombre de captures ne reflète pas toujours l'intensité du passage (fig. 13b). Ce dernier est tributaire des conditions climatiques et de la motivation à migrer des oiseaux tout comme l'est le taux de capture, mais d'une autre façon; si un vent relativement fort n'inhibe pas totalement le vol des oiseaux, ceux-ci ont cependant des difficultés pour se poser sur le site de capture. En outre, la manœuvre du filet est gênée par le vent (cf. le 18/10). Un autre exemple nous est donné par les oiseaux passant en masse après plusieurs jours de pluie, le taux de capture est alors très faible (cf. le 11/10).
2. Les captures de mâles et de femelles juvéniles sont réparties sur toute la période de migration, avec une lente diminution du taux de capture à partir du moment où les captures d'oiseaux adultes débudent (le 2/10) et augmentent jusqu'à la fin de la migration. Cela suggère le patron de migration suivant : le début de la migration est marqué par le passage d'oiseaux immatures. Les adultes commenceraient à migrer quelques semaines plus tard. Leur période de migration serait donc plus courte.
3. Répartition des captures par classes de sexe et d'âge :

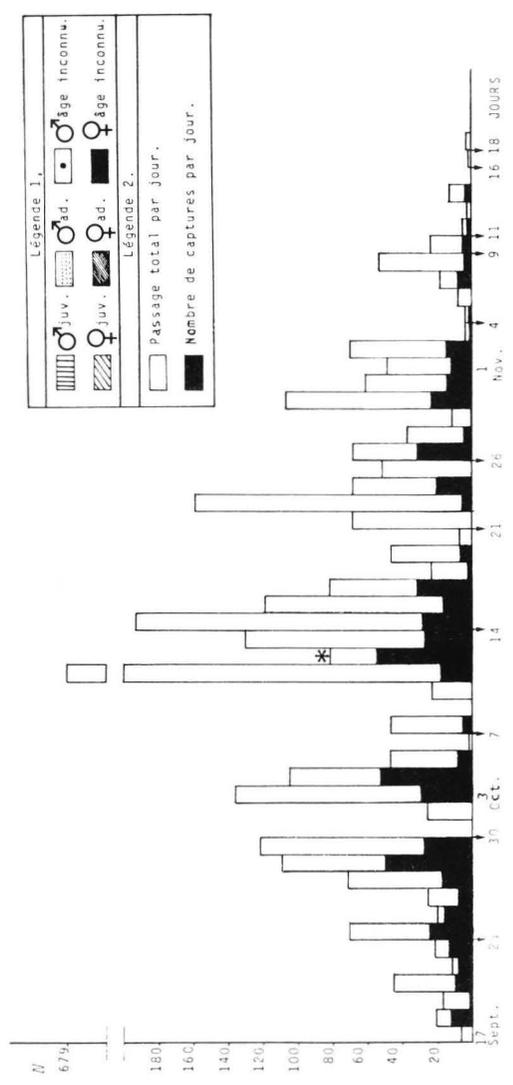
	♂	Pourc.	♀	Pourc.
Immatures	84	29,4 %	117	40,90 %
Adultes	45	15,7 %	35	12,25 %
Age inconnu	2	0,7 %	3	1,05 %
Totaux	131	45,8 %	155	54,20 %

Remarque : passage total : n = 1.156
 Captures totales : n = 286
 taux de capture global : 24,75 %

La proportion des jeunes « certains » (70,3 %) est plus élevée que celle des adultes « certains » (27,95 %). Ce pourcentage est malgré tout plus faible que celui avancé par DICKSON (1978) : 85 % de jeunes en novembre. Cela pourrait suggérer une saison de reproduction relativement mauvaise. La sexe ratio de 0.72 ♂/♀ chez les jeunes est inversée chez les adultes (1.29 ♂/♀). Cela pourrait suggérer une plus grande mortalité chez les femelles (voir aussi DICKINSON et DOBINSON, 1969). Nous ne pouvons toutefois pas écarter l'hypothèse d'un biais dû à une plus ou moins grande facilité de capture des oiseaux d'une classe par rapport à l'autre.



a) Pourcentage journalier des captures de linottes par catégories de sexe et d'âge à Beaufays en 1984.



b) Intensité de la migration visible et des captures journalières totales de la linotte à Beaufays en 1984. (Nombre de linottes par jour)

Fig. 14.

Cas de la linotte (fig. 14a)

1. les linottes présentent le même patron de migration que le verdier avec, néanmoins, deux légères différences : la décroissance du taux de capture des jeunes du début à la fin de la migration serait plus marquée, les adultes débuteraient leur migration plus tôt (le 26/9).
2. Répartition des captures par classes de sexe et d'âge :

	♂	Pourc.	♀	Pourc.
Immatures	348	32,02 %	396	41,00 %
Adultes	114	11,80 %	98	10,14 %
Age inconnu	5	0,52 %	5	0,52 %
Totaux	467	48,34 %	499	51,66 %

Remarque : passage total : n = 4.425
 captures totales : n = 966
 taux de capture global : 21,83 %

La proportion des jeunes linottes « certaines » est de 77 % contre 22 % d'adultes « certains ».

La sexe ratio des jeunes est de 0.88 ♂/♀. Chez les adultes, la sexe ratio est de 1,16 ♂/♀.

Les remarques faites dans le cas du verdier sont également valables pour la linotte.

2.c.3. Comparaison des résultats de différentes stations d'observation

Chez le verdier, les courbes enregistrées à Beaufays montrent, comme à Ottenby (1972), une asymétrie à droite alors que la courbe du passage au parc naturel de la Dyle (HERREMANS, 1982) révèle une asymétrie à gauche. Chez la linotte, la phase croissante des courbes d'allure gaussienne enregistrées à Beaufays et au parc naturel de la Dyle (HERREMANS, 1982) est plus ou moins escamotée à Ottenby. Malgré ces légères divergences, il semble que le passage « massif » de la linotte (fin septembre, début octobre) soit antérieur à celui du verdier (deuxième quinzaine d'octobre). Notons que la position (cas du verdier d'un site à l'autre) et la largeur (cas de la linotte au parc naturel de la Dyle par rapport aux autres localités) de la zone du pic de migration peuvent fluctuer. On observe également des fluctuations du passage d'une année à l'autre, d'un lieu à l'autre, d'une espèce à l'autre. D'une localité à l'autre, les fluctuations pour une même année et d'une année à l'autre peuvent être fort marquées et aller en sens opposé jusqu'à l'annulation du passage. Enfin, les dates de la migration peuvent différer d'une localité à l'autre; pour le verdier, le passage à Mierzeja Wislana débute avant et se termine après le passage en Belgique. Pour la linotte, ces remarques restent valables avec cependant une particularité : à Mierzeja Wislana, la migration du verdier débute avant celle de la linotte.

De toute évidence, il semble que les observations ponctuelles à courte échéance ne donnent qu'un aperçu restreint de la migration d'une espèce déterminée. Elles ne prennent toute leur valeur que si elles sont répétées d'une année à l'autre et incorporées dans un réseau d'observations.

3. SYNTHÈSE

La migration du verdier d'Europe et de la linotte mélodieuse présente des modalités similaires avec cependant des différences.

Les couloirs de migration du verdier et de la linotte sont respectivement dirigés vers le sud-ouest et le sud-est de la péninsule Ibérique (VERHEYEN, 1955 a-b). Néanmoins, les deux espèces passent par la région des Landes et contournent les Pyrénées par l'Ouest pour atteindre l'Espagne. De plus, des reprises de verdiers et de linottes, ultérieures à 1955, ont été respectivement effectuées dans les parties sud-est et sud-ouest de la péninsule.

L'aire d'hivernage des verdiers et des linottes bagués en Belgique n'est pas restreinte au sud de la péninsule Ibérique. Elle s'étire le long du couloir de migration, de la Belgique (ou Pays-Bas) au sud-ouest de la France. Il arrive même que des oiseaux hivernent en dehors de celui-ci.

S'il est vrai que la majorité des verdiers et des linottes migrant en septembre sont originaires de nos régions, on peut dire que leur aire d'hivernage dans la péninsule Ibérique est respectivement située au sud-ouest et au sud-est de la péninsule (voir aussi VERHEYEN, 1955 a-b). De plus, les linottes de nos régions hiverneraient probablement aussi dans le nord-ouest de l'Afrique (reprises ultérieures à 1955).

En supposant l'effort de capture constant, on pourrait penser que le nombre de verdiers originaires du Danemark et de la Suède hivernant en Belgique s'est accru ces trente dernières années (comparativement à VERHEYEN, 1955b) et que les verdiers originaires de Grande-Bretagne et de Norvège ont inclus la Belgique dans leur aire d'hivernage (reprises ultérieures à 1955). Chez la linotte, on constate une augmentation sensible des reprises au Danemark. La raison de cet accroissement nous est inconnue (augmentation de linottes originaires du Danemark passant en Belgique ou accroissement de l'effort de capture au Danemark ?).

Le passage « massif » de la linotte serait antérieur à celui du verdier. Les jeunes des deux espèces commenceraient la migration avant les adultes mais les linottes adultes commenceraient à migrer avant les verdiers adultes. S'il existe un ordre de passage en fonction de l'âge, il ne semble pas en être de même en fonction du sexe. Le passage des deux espèces peut être découpé en trois phases : une phase initiale de faible intensité, une phase intermédiaire de forte intensité et une phase terminale de faible intensité. L'allure de la courbe de passage varie en fonction de l'espèce, du temps (par année), du lieu et de la situation météorologique entre autres.

Les oiseaux originaires de Belgique sont capables de couvrir, dès leur première année de vie, de grandes distances. A priori, il semblerait qu'il n'y ait pas de différence dans le comportement migrateur des jeunes par rapport aux adultes (cf. reprises de pulli) comme on pourrait s'y attendre de la part de migrants partiels (LACK, 1943). Toutefois, un même individu peut ne pas migrer chaque année.

Le verdier et la linotte de nos régions semblent entreprendre leur migration avant les oiseaux « nordiques ». Ce dernier point nous amène à poser la question suivante : si les oiseaux « nordiques » passent après les oiseaux nicheurs de nos régions, est-il possible, à partir de données biométriques, de distinguer les premiers des seconds : peut-on voir des différences morphologiques entre les groupes capturés du 15 au 30/9 et les autres groupes capturés plus tard ? En tenant compte des observations et des lois énoncées dans l'introduction, la biométrie peut-elle confirmer ce que les résultats du baguement laissent entrevoir ?

Auparavant, nous aimerions apporter un complément d'information éventuelle aux résultats du baguement à travers l'analyse de l'adiposité : celle-ci pourra-t-elle renforcer l'idée d'un ordre de passage d'un groupe d'oiseaux par rapport à d'autres ?

IV. ANALYSE DE L'ADIPOSITE EN FONCTION DE LA PERIODE ET DE L'INTENSITE DE PASSAGE

1. MATERIEL ET METHODE

Pour cette étude, nous avons fait appel au test de χ^2 qui, rappelons-le, met en évidence la dépendance de deux caractères mais n'évalue pas l'intensité de cette dépendance. Les valeurs des différentes variables ont été réparties dans des classes arbitraires :

- période de passage (par périodes de « 15 jours ») :
 - 17/09 au 01/10
 - 02/10 au 16/10
 - 17/10 au 31/10
 - 01/11 au 14/11
- heure de capture (par tranches horaires de 2 heures)
- intensité de passage

faible	0 à 39	}	verdiers
moyenne	40 à 78		
forte	79 à 116		
faible	0 à 226	}	linottes
moyenne	227 à 453		
forte	454 à 679		
- poids de l'oiseau (en g) - **verdier** :

faible	(20,5 à 24,5)
moyen	(24,5 à 28,5)
élevé	(28,5 à 32,5)

 - **linotte** :

faible	(14,5 à 17,0)
moyen	(17,0 à 19,5)
élevé	(19,5 à 22,0)

- adiposité : la détermination de l'adiposité d'un oiseau se fait en soufflant sur les plumes des régions suivantes, afin de les dégager :
 - la cavité de la base du cou,
 - entre les clavicules,
 - les axillaires,
 - le bas du dos,
 - l'abdomen.

L'adiposité peut être nulle (ou 1), faible (ou 2), moyenne (ou 3, la cavité de la base du cou est remplie de graisse), forte (ou 4, l'abdomen est gonflé d'une couche continue de graisse).

2. RESULTATS

Cas du verdier

Le tableau suivant résume les résultats obtenus après application du test de χ^2 à différents tableaux de contingence (CASTELLI, Mémoire de Licence, 1986).

Variable • Variable	Résultats
1) Adiposité • Période de migration	dépendance
2) Adiposité • Intensité du passage	dépendance
3) Adiposité • Poids	dépendance
4) Adiposité • Heure de passage	indépendance
5) Poids • Heure de passage	dépendance

1. D'une manière générale, les oiseaux non gras sont relativement abondants pendant toute la durée de la migration. Parallèlement à ce phénomène, nous observons une succession de phases de « forte adiposité » (du 2/10 au 16/10 - du 1/11 au 14/11) et de « faible adiposité » (du 17/9 au 1/10 - du 17/10 au 31/10). S'il est vrai que les oiseaux « nordiques » ont un tempérament migrateur plus prononcé que les oiseaux de nos régions (HERRERA, 1978) et qu'il existe une alternance de « phases d'épuisement et de reconstitution » des réserves graisseuses (DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967), nous pourrions émettre deux hypothèses :

- a. Le verdier montre un patron de migration semblable à celui du pinson des arbres. La première phase de « faible adiposité » correspondrait au début de la migration lorsque beaucoup d'oiseaux ne sont pas encore prêts à migrer. La première phase de « forte adiposité » correspond à la zone du pic de migration faisant suite à plusieurs jours de pluie pendant lesquels la migration s'est fortement ralentie. Les oiseaux auraient pu alors constituer leurs réserves.
- b. Les phases de « forte adiposité » sont le fait du passage d'oiseaux « nordiques » (deuxième-quatrième périodes) avec un ralentissement de celui-ci en troisième période, les oiseaux ayant épuisé leurs réserves. La première phase de « faible adiposité » correspondrait au passage des oiseaux de nos régions, à faible caractère migrateur.

L'hypothèse (b) rejoint celle suggérée par les résultats du baguement. Pour que la supposition (a) puisse être vérifiée, le test de χ^2 a été appliqué aux paires de variables suivantes :

- adiposité - intensité du passage,
- adiposité - heure de passage,
- adiposité - poids,
- poids - heure de passage.

2. Un passage d'intensité moyenne voit apparaître, en plus des oiseaux d'adiposité nulle (42,37 %), un nombre d'oiseaux d'adiposité faible plus élevé que lors d'un passage de faible intensité (27,12 % contre 14,4 %). Un passage intense fournit une grande proportion d'individus « extrêmes » (53,6 % d'oiseaux maigres; 32,1 % d'oiseaux fort gras).
3. En général, la plupart des verdiers de poids faible (47,75 %) et moyen (47,60 %) ont une adiposité nulle. Nous observons également des oiseaux légers d'adiposité faible (27,3 %) et des oiseaux de poids moyen d'adiposité moyenne (21,4 %). La plupart des oiseaux fort adipeux présentent un poids moyen (50 %) ou un poids élevé (34,5 %). L'adiposité est liée au poids (du moins chez les juvéniles) mais la relation est de faible intensité (cf. § coefficients de corrélation).
4. L'indépendance entre l'adiposité et l'heure de passage suggère que, tôt le matin, les oiseaux adipeux ne passent pas seuls. La distribution de l'adiposité au cours de la journée serait donc plutôt homogène.
5. De 5 à 8 h, la plupart des verdiers capturés sont de poids moyen. Au cours de la matinée, le pourcentage de ces derniers diminue légèrement en faveur d'oiseaux plus lourds (8 à 10 h) et d'oiseaux plus légers en fin de matinée (10 h à 12 h). Entre 12 h et 14 h, un seul oiseau de poids élevé a été capturé. Nous pouvons supposer que les oiseaux passant entre 8 h et 10 h ont eu le temps de se restaurer (= gain de poids) et que les oiseaux passant en fin de matinée ont déjà effectué quelques heures de vol (= perte de poids). Alors que l'adiposité et le poids sont faiblement liés et que l'adiposité est indépendante de l'heure de passage, les oiseaux passant les premiers ne prendraient aucune nourriture avant de partir (voir aussi DOLNIK et BLYUMENTAL, 1967, pour le pinson des arbres). Cependant, nous avons noté que les verdiers passent plus tard que les pinsons. Il se pourrait donc que les verdiers non gras aient le temps de se restaurer avant de prendre l'envol en même temps que les oiseaux adipeux.

Cas de la linotte

Le tableau suivant résume les résultats obtenus après application du test de χ^2 à différents tableaux de contingence (CASTELLI, Mémoire de Licence, 1986).

Variable • Variable	Résultats
1) Adiposité • Période de migration	dépendance
2) Adiposité • Intensité du passage	indépendance
3) Adiposité • Poids	dépendance
4) Adiposité • Heure de passage	indépendance
5) Poids • Heure de passage	indépendance

1. Pour chaque période, le pourcentage d'oiseaux non gras est plus élevé mais dans une proportion moindre comparativement au verdier. Comme pour le verdier, nous observons une alternance de périodes de « faible adiposité » (17/9 au 1/10 - 17/10 au 31/10) et de « forte adiposité » (2/10 au 16/10 - 1/11 au 14/11). Mais la plus grande proportion d'oiseaux d'adiposité marquée est observée lors de la deuxième période (54,81 %) et non pendant la dernière période, ce qui semblerait confirmer que les linottes migrent avant les verdiers. Les hypothèses émises dans le cas du verdier sont également valables dans le cas de la linotte.
2. Alors que l'adiposité est liée à la période de migration, elle est indépendante de l'intensité de passage. Cela suggère que les linottes non adipeuses pourraient migrer plus facilement que les verdiers (cf. EVANS, 1969, pour *Carduelis flammea cabaret*).
3. Les linottes de faible poids sont pour la plupart d'adiposité nulle (58,4 %). Les linottes de poids intermédiaire présentent soit une adiposité nulle (46,45 %) soit une adiposité moyenne (23,32 %). Les linottes les plus lourdes sont moyennement grasses (29,06 %) ou fort grasses (31,62 %) alors que 26,5 % d'entre elles ne présentent aucune trace de graisse. L'intensité de la relation entre l'adiposité et le poids n'est pas fort élevée sauf pour les femelles adultes (cf. § coefficients de corrélation).
4. Il n'existe aucune relation entre l'adiposité et l'heure de passage d'une part et le poids et l'heure de passage d'autre part.

Il semblerait donc que le verdier réponde assez bien au modèle de DOLNIK et BLYUMENTAL (1967) pour le pinson des arbres si ce n'est que l'adiposité n'est pas liée à l'heure de passage. Cette différence pourrait sans doute être confirmée si on effectuait le test de χ^2 pour les seuls jours de passage intense. Mais le petit nombre de ces derniers et par conséquent un effectif trop faible invalideraient le test. Quant à la linotte, son patron de migration ne présente aucune similitude avec celui du pinson des arbres. Ceci dit, il nous reste à tester la seconde hypothèse selon laquelle les phases de « faible » et « forte » adiposités pourraient correspondre à un passage plus ou moins intensif d'oiseaux « nordiques » à caractère migrateur prononcé. Et par là même, l'hypothèse selon laquelle le nombre de ces oiseaux « nordiques » augmente au cours de la saison en accord avec la phénologie de migration (résultats du baguage). Pour cela nous aurons recours à l'étude biométrique en espérant pouvoir distinguer des groupements d'oiseaux d'origine supposée distincte sur base de certaines caractéristiques morphologiques (cf. généralités).

V. BIOMETRIE DU VERDIER D'EUROPE ET DE LA LINOTTE MELODIEUSE

1. MATERIEL ET METHODES

1.a. MATÉRIEL DE CAPTURE ET PROCÉDURE SUIVIE

Pour la description et l'utilisation du filet plat, des appelants et des mues (terme d'oisellerie : mouvants, mouvets ou mouvettes), nous renvoyons le lecteur au mémoire de PHILIPPART (1980).

1.b. MENSURATIONS ET DESCRIPTION DES TECHNIQUES UTILISÉES

Pesée de l'oiseau

L'oiseau est pesé dans une poche de toile de lin à l'aide d'un dynamomètre (précision 0,5 g). L'utilisation de cet instrument de mesure est préféré à une balance précise (pèse-lettre) qui requiert un oiseau immobile et un vent nul ou un local fermé. Le poids de la poche est déduit du poids brut.

Longueur alaire (aile pliée)

La technique utilisée est celle de la longueur alaire maximum (méthode « KLEINSCHMIDT » (KELM, 1970). Le poignet de l'oiseau se trouve contre la butée de la règle (précision 0,5 mm). Les rémiges primaires sont étirées le long de la graduation de façon à obtenir la longueur maximum.

Formule alaire

La formule alaire telle qu'elle a été déterminée comprend la mesure du « wing point » (= rémige la plus longue = longueur alaire) et la comparaison de ce point de référence aux rémiges primaires internes, à la première rémige secondaire et à la première rémige tertiaire.

Longueur du tarse

Le tarsométatarse est mesuré depuis l'angle du talon jusqu'à la base de la dernière écaille qui précède les doigts avec un compas à pointe sèche reporté sur une règle (précision 0,5 mm).

Longueur de la queue

La règle (précision 0,5 mm) est glissée sous la queue jusqu'à l'arrêt contre la racine des rectrices. Deux mesures ont été effectuées : longueurs de la rectrice externe gauche et de la rectrice médiane gauche.

Longueur du bec

Trois mesures du bec ont été prises :

- de la pointe du bec à la partie antérieure de la narine gauche,
- de la pointe du bec à la base du crâne,
- de la pointe du bec aux premières plumes du front.

Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un compas à pointe sèche reporté sur une règle (précision 0,5 mm).

Hauteur et largeur du bec

Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse (précision 0,1 mm). La hauteur maximale du bec est obtenue en ajustant un des pieds contre l'angle de la mandibule inférieure et l'autre pied au sommet de la courbure du bec. La largeur maximale est obtenue en plaçant l'instrument de mesure au niveau des commissures de la bouche.

I.c. EXPRESSION DES RÉSULTATS

Nos données biométriques ont été décrites au moyen des paramètres statistiques suivants :

- normalité (indices de symétrie et de curtosisé, D normal de KOLOMOGOROV);
- moyenne;
- variance;
- coefficient de corrélation de PEARSON;
- coefficient de corrélation des rangs de SPEARMAN;
- valeurs propres λ et vecteurs propres b (cf. matrice de corrélation).

Dans la suite du travail, nous avons fait appel à différents tests ou procédures comparatifs ou descriptifs :

- test de normalité (symétrie, curtosisé, D normal de KOLOMOGOROV);
- test du t de STUDENT de comparaison de moyennes;
- test du F de SNEDECOR d'analyse de la variance;
- corrélation linéaire (entre 2 caractères quantitatifs (PEARSON) - entre un caractère ordinal et un caractère quantitatif (SPEARMAN)).

Ces paramètres, tests et procédures sont expliqués dans « Méthodes Statistiques à l'Usage des Médecins et des Biologistes » (SCHWARTZ, 1969) et « Guide d'Introduction à SAS » (HELDWIG, 1983). Le programme d'analyse en composantes principales est extrait du logiciel SAS (procédure Princomp) (« SAS User's Guide : Statistics » SAS Institute, 1982).

I.d. MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le grand nombre d'observations effectuées sur chaque individu a rendu indispensable l'échantillonnage des linottes les jours de fortes captures; un oiseau en migration ne peut être retenu trop longtemps car la dépense d'énergie occasionnée par le stress pourrait lui être fatale. Après avoir capturé une vingtaine d'oiseaux, nous avons réduit le nombre de mesures prises sur chaque individu capturé ultérieurement jusqu'à ce que la totalité des mesures aient été effectuées sur les premiers. Cette méthode n'a pas engendré une sélection de la période pendant laquelle nous avons effectué des mesures partielles puisque le rythme quotidien des captures variait. Néanmoins, une sélection s'est opérée en fonction des classes de sexe et d'âge : les jeunes verdiers femelles ont été légèrement défavorisés (76 % des femelles juvéniles ont été mesurées complètement contre 84 % en moyenne pour les autres classes)¹. Quant aux linottes mâles adultes, elles ont été favorisées (85 % ont été mesurées complètement contre 70 % en moyenne pour les autres classes)².

2. RESULTATS

2.a. HISTOGRAMMES DE FRÉQUENCE PAR TAILLES DES VARIABLES MESURÉES

Toutes les variables mesurées ont une distribution proche de la normale. Néanmoins, certaines distributions montrent de légères singularités (CASTELLI, Mémoire de Licence, 1986).

¹ Les reliefs des baies mangées par le verdier forment une croûte qui empêche la mesure de la longueur du bec au front, en particulier chez les jeunes femelles. D'autre part, les seuls verdiers non mesurés sont les individus blessés lors de la capture.

² Les linottes mâles adultes ont été capturées surtout vers la fin de la migration lorsque peu d'oiseaux étaient pris et donc, tous mesurés.

2.b. TABLEAUX DES VALEURS MOYENNES DE CHAQUE VARIABLE, EN FONCTION DE L'ÂGE ET DU SEXE

Nous renvoyons le lecteur à CASTELLI (Mémoire de Licence, 1986) pour la description de la moyenne, de la variance et de l'étendue des distributions de chaque variable suivant la classe d'âge et de sexe.

2.c. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse en composantes principales est une méthode d'analyse multivariée utilisée pour décrire les données et détecter des combinaisons linéaires entre plusieurs variables quantitatives. Les graphiques de cette analyse sont un instrument précieux pour une exploration des données. Pour des raisons pratiques, nous avons considéré les classes de sexe et d'âge dont les individus ont été répartis, en fonction de la date de leur capture, dans une des catégories suivantes :

- 1^o période : 17/09 au 01/10 (= 1)
- 2^o période : 02/10 au 16/10 (= 2)
- 3^o période : 17/10 au 31/10 (= 3)
- 4^o période : 01/11 au 14/11 (= 4)

Cette façon de procéder a comme avantage de présenter globalement toutes les données en mettant, le cas échéant, en évidence le dimorphisme sexuel, les variations des caractères morphologiques en fonction de l'âge et l'évolution de ceux-ci au cours de la période de migration. Les variables retenues pour cette analyse sont :

- la longueur alaire (LA) - le tarse (T) - le poids (P) - la longueur du bec à la narine (BN) - la longueur du bec au front (BF) - la longueur du bec au crâne (BC) - la hauteur du bec (H) - la largeur du bec (L) - la longueur de la queue (rectrice externe) (QE) - la longueur de la queue (rectrice médiane) (QM).

Les 664 linottes et 211 verdiers retenus par la procédure PRINCOMP sont répartis comme suit :

Espèce	VERDIERS			LINOTTES		
	Juveniles	Adultes	Totaux	Juveniles	Adultes	Totaux
Age Sexe						
♂	67	37	104 49,3 %	235	95	330 49,7 %
♀	78	29	107 50,7 %	270	64	334 50,3 %
Totaux	145 68,7 %	66 31,3 %	211 100 %	505 76,0 %	159 24,0 %	664 100 %

Avant d'analyser les graphiques, nous voudrions attirer l'attention sur le nombre plus ou moins important d'observations cachées et sur le faible effectif de certaines classes d'individus. De ce fait, nous devons émettre quelques réserves au sujet de l'interprétation des résultats.

Cas du verdier

Dans le tableau suivant, nous présentons, pour chaque variable, le pourcentage de la variabilité totale qu'expliquent les axes 1, 2, 4 et 5. Nous présentons également les corrélations de chaque variable avec ces mêmes axes. Les valeurs du coefficient de corrélation linéaire « r » sont représentées comme suit :

« - » pour $r < 0,25$

« + » pour $0,25 \leq r \leq 0,50$

« ++ » pour $0,51 \leq r \leq 0,75$

Les valeurs négatives du coefficient de corrélation sont mises entre parenthèses.

Pourcentage de la variabilité totale (%)	27,87	20,73	10,72	8,48
Axe	1	2	4	5
Variable				
Longueur ailaire	++	(++)	-	(-)
Tarse	+	-	++	(++)
Poids	+	-	+	++
Bec narine	++	++	(-)	(-)
Bec front	++	++	-	-
Bec crâne	++	++	(-)	-
Hauteur bec	-	-	(-)	(-)
Largeur bec	+	-	(++)	-
Rectrice externe	++	(++)	(-)	(-)
Rectrice médiane	++	(++)	(-)	(-)

1) Suivant les axes 1 et 2

Il existe un dimorphisme sexuel des longueurs de l'aile, de la queue et du bec en faveur des mâles. Par contre, les variations en fonction de l'âge ne sont pas évidentes.

Chez les mâles juvéniles (**fig. 15**), il y a un accroissement, en fonction du temps, de la proportion du nombre d'individus dont l'aile et la queue sont relativement plus longues (surtout si nous considérons les oiseaux de la première période par rapport aux autres). Nous notons également un allongement du bec. Néanmoins, celui-ci est moins important que l'allongement de l'aile et de la queue. De ce fait, les mâles juvéniles de la première période auraient un bec relativement plus long que le bec des oiseaux passant pendant les autres périodes.

2) Suivant les axes 1 et 5

Il n'existe pas de variation de la longueur du tarse et du poids en fonction du sexe et de l'âge. Notons simplement, chez les femelles juvéniles par rapport aux femelles adultes, des individus au tarse relativement plus court et au poids relativement plus élevé.

Chez les mâles juvéniles (**fig. 16**), il y a un accroissement en fonction du temps des individus dont le tarse est relativement plus court et le poids relativement plus élevé. D'autre part, il y a une augmentation en fonction du temps de la proportion du nombre de mâles et de femelles juvéniles dont l'aile, la queue et le bec sont relativement plus longs. Cette remarque est également valable pour la largeur du bec. Signalons que le « raccourcissement » du bec n'apparaît pas dans le plan défini par les axes 1 et 5.

Jeunes mâles

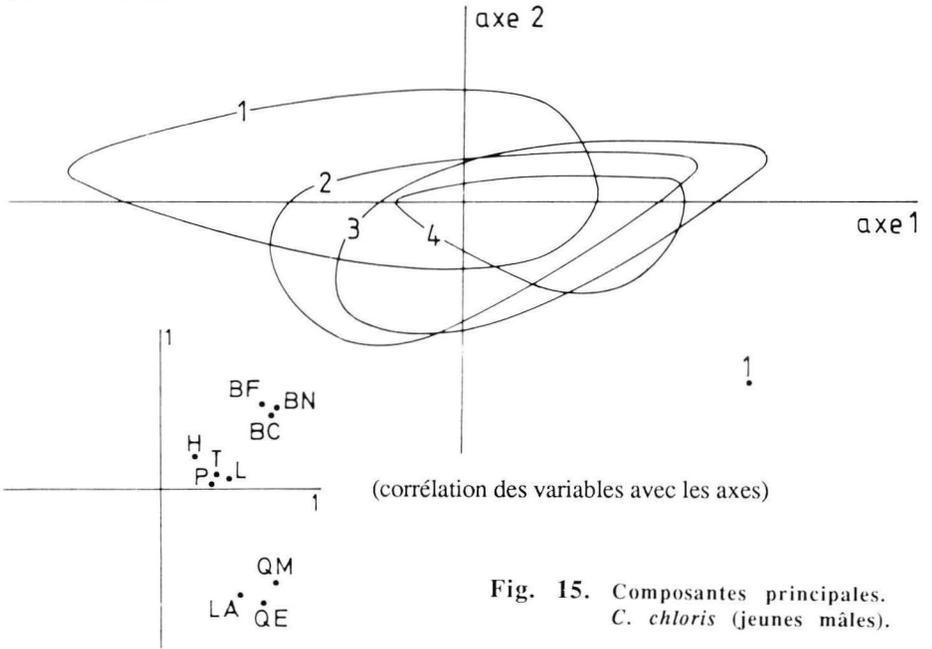


Fig. 15. Composantes principales. *C. chloris* (jeunes mâles).

Jeunes mâles

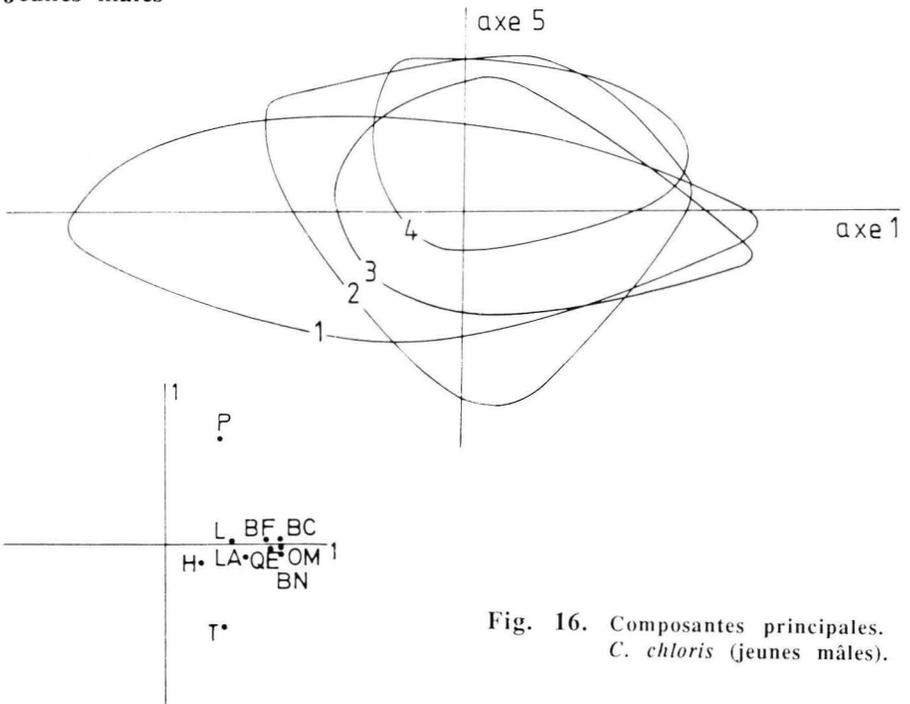


Fig. 16. Composantes principales. *C. chloris* (jeunes mâles).

3) Suivant les axes 2 et 4

Chez les femelles juvéniles (fig. 17), la proportion du nombre d'oiseaux ayant une aile et une queue relativement plus longues, un bec relativement plus court et plus large, un tarse relativement plus court et un poids relativement plus faible augmente en fonction du temps.

Jeunes femelles

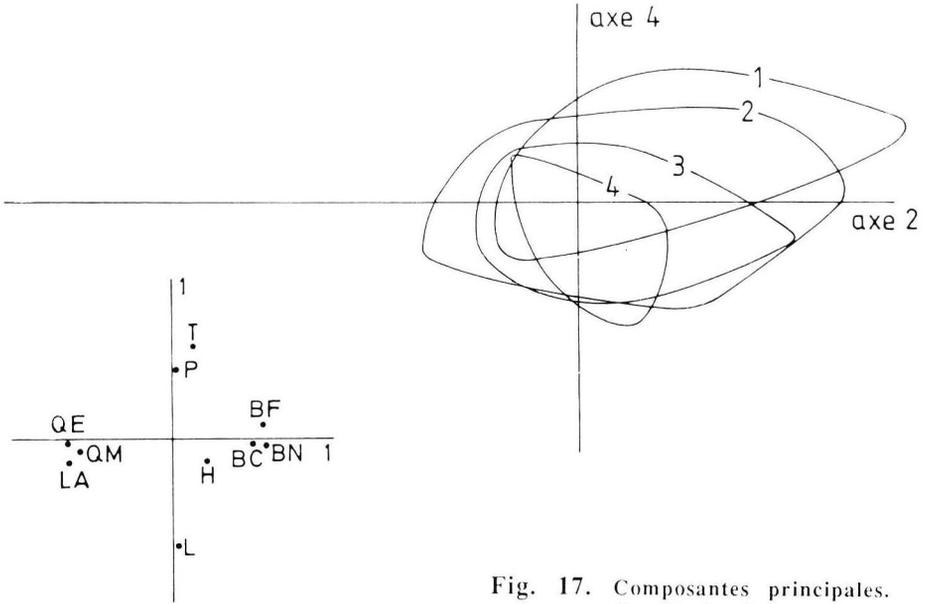


Fig. 17. Composantes principales.
C. chloris (jeunes femelles).

4) Suivant les axes 2 et 5

Chez les mâles (fig. 18 et 19), il existe une plus grande proportion du nombre d'individus au tarse relativement plus court et au poids relativement plus élevé. De plus, la proportion du nombre des femelles juvéniles (fig. 20) dont l'aile et la queue sont relativement plus longues et le bec relativement plus court augmente en fonction du temps (surtout si nous considérons les deux premières périodes par rapport aux autres).

Voici un tableau récapitulatif montrant dans quel sens (allongement « ↑ » ou raccourcissement « ↓ ») évolue chaque variable en fonction du temps.

Classe de sexe et d'âge	aile	queue	tarse	poids	long. bec	larg. bec
♂ juv.	↑	↑	↓	↑	↓	↑
♂ ad.	-	-	↓	↑	-	-
♀ juv.	↑	↑	↓	↓	↓	↑
♀ ad.	-	-	-	-	-	-

Jeunes mâles

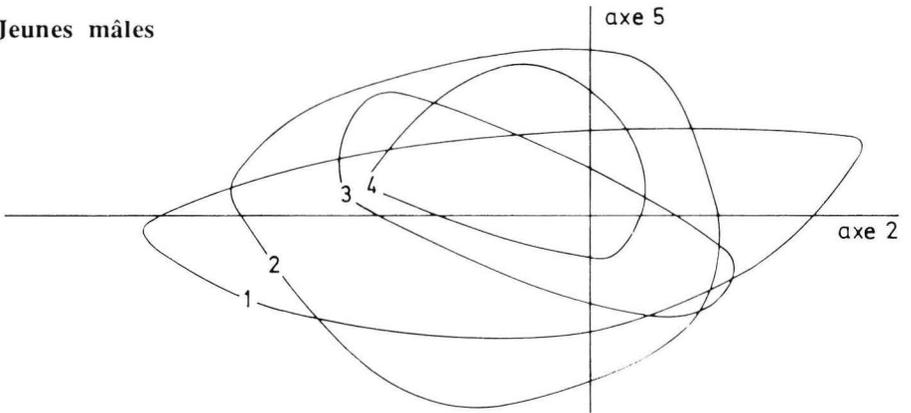


Fig. 18. Composantes principales. *C. chloris* (jeunes mâles).

Mâles adultes

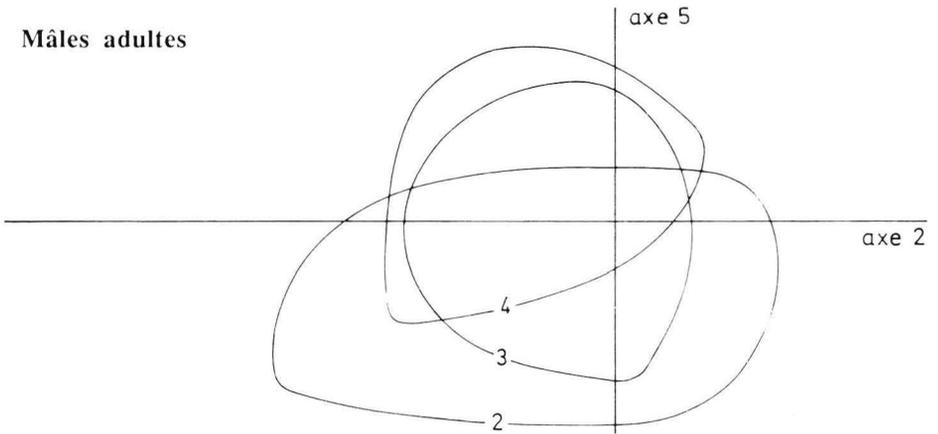


Fig. 19. Composantes principales. *C. chloris* (mâles adultes).

Jeunes femelles

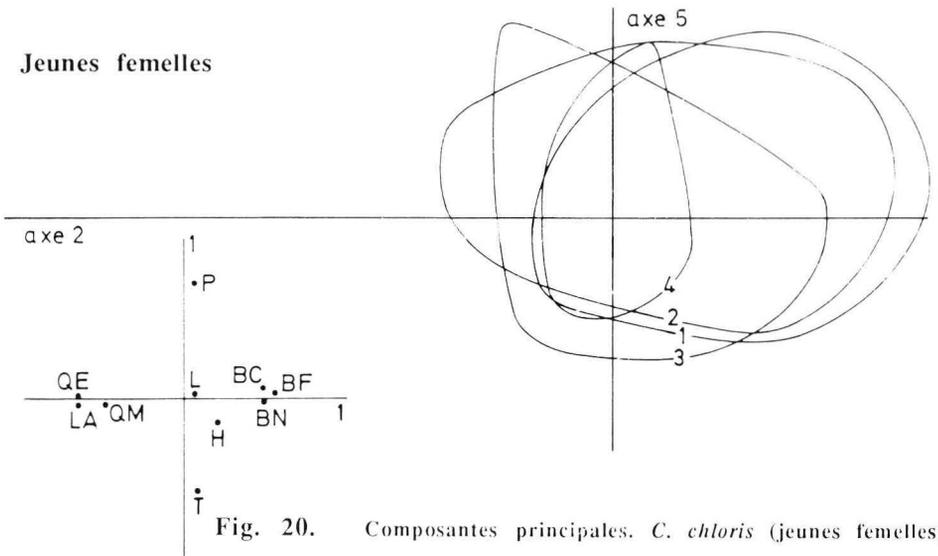


Fig. 20. Composantes principales. *C. chloris* (jeunes femelles).

Si l'hypothèse selon laquelle la proportion du nombre d'oiseaux « nordiques » augmente au cours du temps est vraie (cf. chap. II), nous devrions observer un allongement de l'aile (règle de BERGMANN) et un raccourcissement du bec, du tarse et de la queue (règle d'ALLEN) en fonction du temps. C'est en effet ce que nous notons chez les jeunes mâles et femelles nonobstant un allongement de la queue au lieu d'un raccourcissement, ce qui pourrait constituer une exception à la règle d'ALLEN. Chez les mâles adultes, nous notons un raccourcissement du tarse mais, très curieusement les longueurs de l'aile, de la queue et du bec semblent ne pas varier au cours du temps. Dans ce sens, mais moins remarquable, est l'absence totale de variation chez les femelles adultes. Aurions-nous affaire à une population homogène d'adultes ? L'étirement des nuages de points serait dû à des variations individuelles. Mais, le fait qu'aucun adulte n'ait été capturé pendant la première période pourrait suggérer un passage concomitant des adultes de nos régions et des adultes des pays « nordiques », les rendant indiscernables sur le plan graphique (sauf en ce qui concerne la variation du tarse des mâles adultes). Un approfondissement ultérieur du problème est nécessaire. D'autre part, nous devons tenir compte de certaines contraintes comme un échantillon dû au hasard et un effectif suffisamment grand pour dépendre la réalité d'une situation. Il se pourrait que l'échantillon des verdiers adultes ne satisfasse pas à ces deux conditions. Enfin, aucune règle ne fait allusion à la variation de la largeur du bec. Cependant, il y a un élargissement du bec des jeunes verdiers en fonction de la période. Dès lors, nous pourrions penser que la longueur et la largeur du bec montrent une variation géographique progressive du Nord au Sud.

Nous pouvons conclure à une probable évolution dans le temps de certains caractères morphologiques (aile, tarse, longueur du bec) en accord avec la phénologie de migration. La proportion du nombre de verdiers originaires des pays nordiques augmenterait au cours de la saison de migration, du moins chez les jeunes.

Cas de la linotte

Le tableau suivant présente, pour chaque variable, le pourcentage de la variabilité totale qu'expliquent les axes 1, 2, 3 et 4 ainsi que les corrélations de chaque variable avec ces mêmes axes. Les valeurs du coefficient de corrélation linéaire r sont représentées comme suit :

- « - » pour $r < 0,25$
- « + » pour $0,25 \leq r \leq 0,50$
- « ++ » pour $0,51 \leq r \leq 0,75$
- « +++ » pour $r > 0,75$

Les valeurs négatives du coefficient de corrélation sont mises entre parenthèses.

Pourcentage de la variabilité totale (%)	25,28	19,08	13,85	9,83
Axe	1	2	3	4
Variable				
Longueur ailaire	++	(-)	(-)	-
Tarse	-	-	+	++
Poids	++	(-)	+	-
Bec narine	+	++	(-)	(-)
Bec front	-	++	-	-
Bec crâne	+	+++	-	(-)
Hauteur bec	-	(-)	++	(-)
Largeur bec	+	(-)	+	(+)
Rectrice externe	+++	(-)	(+)	-
Rectrice médiane	++	(-)	(+)	(-)

1) Suivant les axes 1 et 2

Un dimorphisme sexuel de l'aile et de la queue d'une part, de la largeur du bec, de la longueur du tarse et du poids d'autre part existe en faveur des mâles et de façon plus accusée chez les adultes que chez les jeunes. Ces mêmes variables varient en fonction de l'âge mais les plus petites valeurs sont notées au cours de la première période lorsque les adultes sont fort peu nombreux.

Chez les mâles juvéniles (fig. 21) (si nous considérons les 3 premières périodes par rapport à la quatrième), les femelles juvéniles (fig. 22) (si nous considérons la première période par rapport aux autres) et les mâles adultes (si nous considérons la troisième période par rapport aux autres), la proportion du nombre d'individus ayant une aile et une queue relativement plus longues augmente en fonction du temps. Chez les femelles adultes, la situation plus confuse ne suggère pas une telle évolution. De plus, l'effectif des femelles adultes de la première période est très faible.

Jeunes mâles

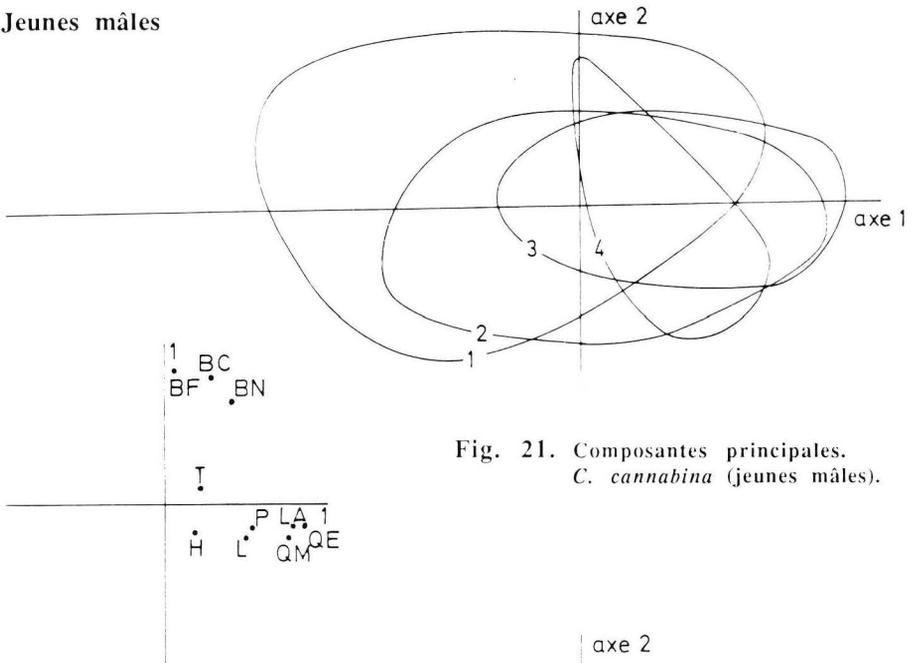


Fig. 21. Composantes principales.
C. cannabina (jeunes mâles).

Jeunes femelles

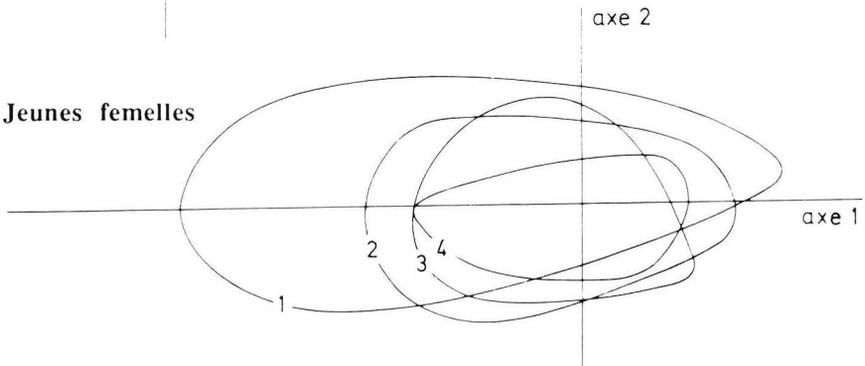


Fig. 22. Composantes principales.
C. cannabina (jeunes femelles).

2) Suivant les axes 1 et 4

Les remarques concernant les variations en fonction du sexe et de l'âge suivant les axes 1 et 2 sont également valables suivant les axes 1 et 4.

Chez les juvéniles et les mâles adultes, il y a déplacement en fonction du temps des longueurs de la queue et de l'aile et de la largeur du bec vers les grandes valeurs (voir aussi le point 1). Chez les femelles adultes (fig. 23), les plus grandes valeurs de ces variables sont observées au cours de la troisième période.

Chez toutes les linottes (voir fig. 24, pour les femelles adultes), à l'exception des femelles juvéniles, nous notons un déplacement en fonction du temps des nuages de points vers les petites valeurs de la longueur du tarse et les grandes valeurs de la largeur du bec.

Mâles adultes

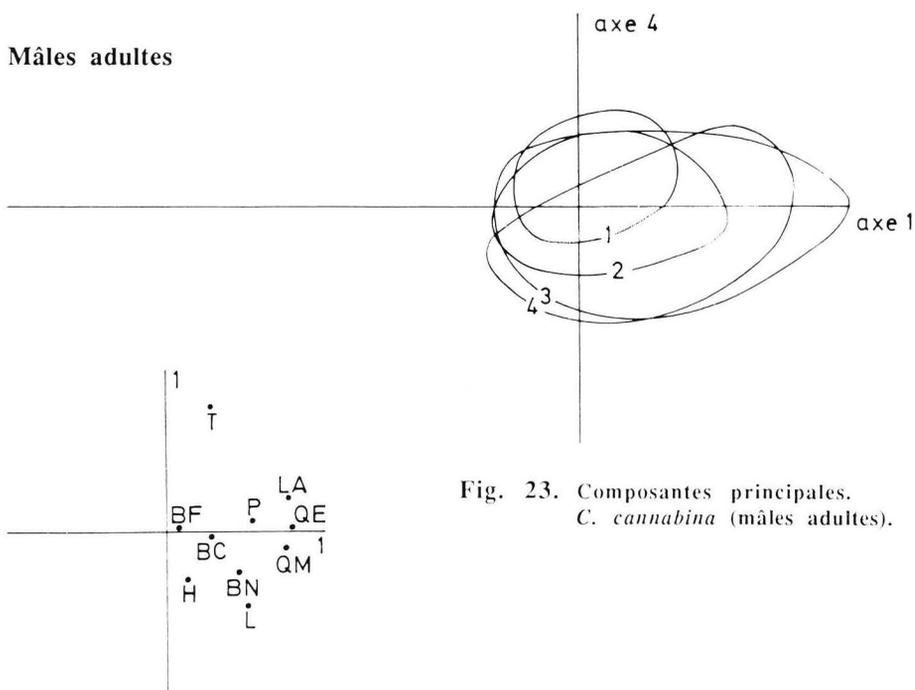


Fig. 23. Composantes principales.
C. cannabina (mâles adultes).

Femelles adultes

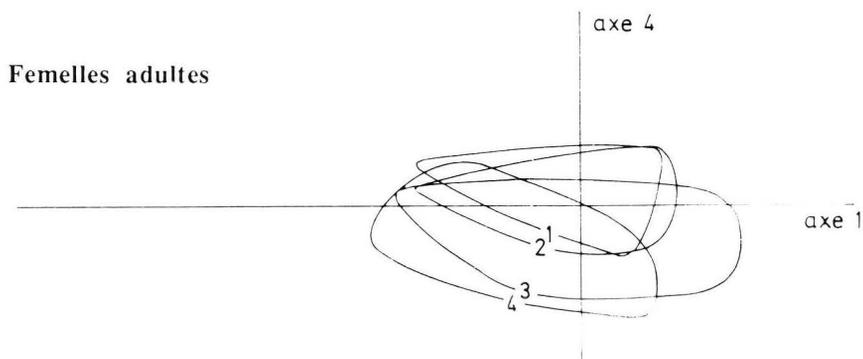


Fig. 24. Composantes principales.
C. cannabina (femelles adultes).

3) Suivant les axes 2 et 3

Certains jeunes individus présentent, selon l'axe 3, des valeurs plus extrêmes que les adultes et de façon plus prononcée chez les femelles juvéniles que chez les mâles juvéniles.

Chez les mâles (voir **fig. 25** pour les mâles juvéniles) (si nous considérons les deux premières périodes par rapport aux autres) et les femelles juvéniles (**fig. 26**) (si nous considérons la première période par rapport aux autres), la proportion du nombre d'individus ayant un bec relativement plus court augmente en fonction du temps. Chez les femelles adultes, le faible effectif de la première période ne nous permet pas de conclure.

Chez les femelles juvéniles (**fig. 26**), nous notons un déplacement, en fonction du temps, des nuages de points vers les grandes valeurs de la longueur de la queue et vers les petites valeurs de la hauteur et de la largeur du bec, du poids et de la longueur du tarse.

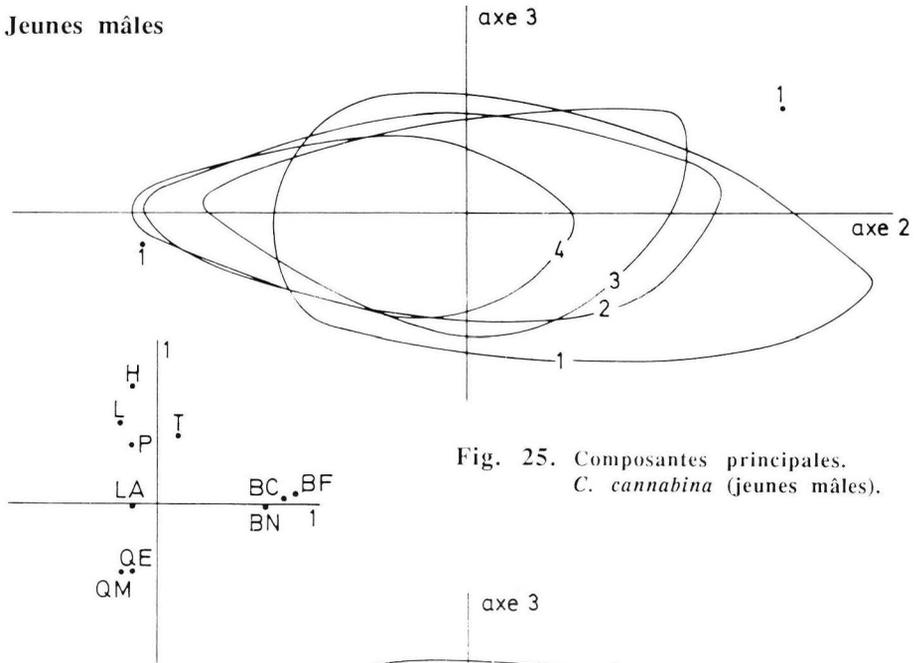


Fig. 25. Composantes principales.
C. cannabina (jeunes mâles).

Fig. 26. Composantes principales.
C. cannabina (jeunes femelles).

4) Suivant les axes 2 et 4

Les juvéniles présentent des valeurs de la longueur du tarse et de la largeur du bec plus extrêmes que les adultes et de façon plus marquée chez les femelles juvéniles que chez les mâles juvéniles.

La proportion du nombre de mâles juvéniles (fig. 27) ayant un bec relativement plus court et plus large et un tarse relativement plus court augmente en fonction du temps. Les adultes montrent une même tendance mais seulement pour la longueur du bec. Le faible effectif des adultes de la première période ne nous permet pas de conclure sur la longueur du tarse et la largeur du bec bien qu'une certaine évolution apparait si nous considérons la troisième période par rapport aux autres, chez les mâles adultes, et les troisième et quatrième périodes par rapport aux deux premières périodes, chez les femelles adultes.

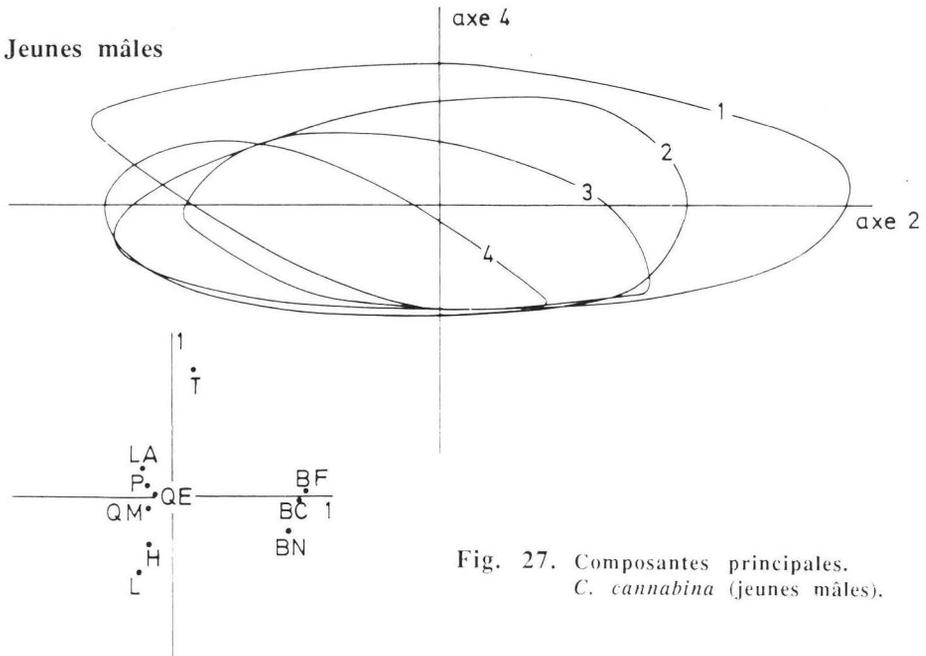


Fig. 27. Composantes principales.
C. cannabina (jeunes mâles).

Voici un tableau récapitulatif montrant dans quel sens évolue chaque variable en fonction du temps.

Classe de sexe et d'âge	aile	queue	tarse	poids	long. bec	larg. bec
♂ juv.	↑	↑	↓	↑	↓	↑
♂ ad.	↑	↑	↓	↑	↓	↑
♀ juv.	↑	↑	↓	↓	↓	↓
♀ ad.	-	-	↓	↑	-	-

D'une manière générale, il existe une évolution dans le temps de certains caractères morphologiques mais pas toujours dans le sens escompté (cf. règles de BERGMANN et d'ALLEN). Cette évolution dans le temps, progressive chez les mâles juvéniles, l'est nettement moins chez les mâles adultes et les femelles juvéniles alors qu'elle est pratiquement inexistante chez les femelles adultes. Si l'hypothèse selon laquelle les linottes « nordiques » commenceraient à passer en Belgique après les oiseaux de nos régions est vraie, on pourrait croire que les oiseaux « nordiques » des trois premières classes de sexe et d'âge ne migrent pas de la même façon les unes par rapport aux autres.

Alors que les longueurs de l'aile, du bec et du tarse varient dans le sens attendu, la queue subit un accroissement au lieu d'une diminution (voir aussi chez le verdier).

Curieusement, chez les femelles juvéniles, la largeur du bec diminue en fonction du temps alors qu'elle augmente chez les autres individus. Si les femelles adultes avaient montré une même évolution que les femelles juvéniles, on aurait pu croire à des pressions de sélection agissant différemment sur les mâles et les femelles. La situation est d'autant plus inexplicable que la longueur de l'aile augmente et les longueurs du bec et du tarse diminuent en fonction du temps.

Comme chez le verdier, le poids augmente chez les mâles alors qu'il diminue chez les femelles juvéniles. De plus, il existe une corrélation entre la longueur alaire et le poids¹ chez les mâles juvéniles ($r = 0,31$, $p = 0,0001$), les mâles adultes ($r = 0,29$, $p = 0,0001$) et les femelles juvéniles ($r = 0,17$, $p = 0,0023$). Dans le cas des femelles juvéniles, si les conclusions d'HAMILTON (1961) sont fondées, cela constituerait une contradiction (cf. augmentation de la taille et décroissance du poids au cours de la saison de migration).

Enfin, ce que nous observons chez les verdiers mâles adultes se répète chez les linottes femelles adultes; seules la longueur du tarse et la largeur du bec varient en fonction du temps.

Malgré certaines réserves, il semblerait que nous puissions distinguer des groupements d'oiseaux d'origine distincte. Quoique une confirmation soit nécessaire, il est donc exclu de rejeter l'hypothèse selon laquelle le nombre d'oiseaux « nordiques » augmente au cours de la saison de migration.

La suite de notre travail consistera à faire appel aux méthodes de l'analyse statistique univariée pour savoir quelles observations de l'analyse en composantes principales peuvent être confirmées.

2.d. ANALYSE STATISTIQUE UNIVARIÉE

2.d.1. Corrélation linéaire entre les variables

Nous avons retenu les seules valeurs significatives des coefficients de corrélation linéaire ($\alpha = 0,05$). Nous renvoyons le lecteur à notre Mémoire de Licence (1986) pour les résultats.

Cas du verdier

D'une manière générale, une corrélation élevée existe entre :

1. la longueur alaire et la longueur de la queue (toutefois, cette corrélation est moins marquée chez les juvéniles);
2. les longueurs du bec à la narine, au front et au crâne;
3. les rectrices médiane et externe.

¹ La longueur alaire donnerait une idée de la taille des oiseaux (HAMILTON, 1961).

D'autres corrélations relativement peu marquées et le plus souvent limitées à l'une ou à l'autre classe de sexe et d'âge apparaissent pour différentes combinaisons des longueurs du tarse et de la queue, du poids, de l'adiposité et du bec, notamment entre la largeur et la hauteur du bec, la largeur et la longueur du bec à la narine, le poids et l'adiposité, le poids et la longueur du tarse, ... D'autre part, ROBERT (1977) signale une très faible corrélation entre les longueurs de la queue et de l'aile contrairement à ce que nous observons. De plus, il note que le poids n'est en corrélation avec aucune autre mesure alors que nous observons une corrélation avec l'adiposité (cf. juvéniles), le tarse (cf. échantillon total, femelles adultes) et la longueur alaire (cf. échantillon total, mâles adultes, femelles juvéniles) entre autres.

Cas de la linotte

D'une manière générale, nous notons une corrélation élevée entre :

1. les longueurs de l'aile et de la queue,
2. les longueurs du bec à la narine, au front, au crâne,
3. les longueurs des rectrices médiane et externe.

De plus, une corrélation élevée apparaît chez les mâles adultes entre la hauteur et la largeur du bec et chez les femelles adultes entre le poids et l'adiposité. Signalons, enfin, une corrélation relativement peu marquée entre :

1. la longueur alaire et le poids (cf. échantillon total, mâles, femelles juvéniles),
2. la largeur et la hauteur du bec (cf. échantillon total, mâles juvéniles, femelles),
3. le poids et l'adiposité (cf. juvéniles), ...

2.d.2. Formule alaire; recherche d'une relation linéaire entre les rémiges

L'analyse des coefficients de corrélation linéaire nous permettra de déceler une relation éventuelle entre :

1. la longueur alaire (= wing point = wp) et la longueur des rémiges primaires internes, de la première rémige secondaire et de la première rémige tertiaire;
2. la longueur des différentes rémiges elles-mêmes.

En principe, le wing point est constitué par la rémige primaire la plus longue (= longueur alaire). Dans le cas où plusieurs rémiges ont la même longueur, c'est la plus interne qui est considérée. D'après ROBERT (1977), le wing point de *Carduelis chloris* est constitué, dans la majorité des cas, des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} rémiges primaires, et dans une plus grande proportion chez les juvéniles que chez les adultes. Il en déduit qu'après une ou plusieurs mues, le wing point peut être modifié. Si les rémiges externes par rapport au wing point sont plus courtes que celui-ci, elles le sont de 1 à 3 mm seulement. Notons que, chez les Fringilles, la première rémige primaire est vestigiale.

Cas du verdier (fig. 28)

Les pourcentages des trois types de formule alaire pour les différentes classes d'âge sont les suivants :

	Echantillon total		♂ juvéniles		♂ adultes		♀ juvéniles		♀ adultes	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
wp = 2° R.I (type 1)	23	8,550	16	20,51	2	4,55	5	4,7	0	0
wp = 3° R.I (type 2)	169	62,825	53	69,95	22	50,00	72	67,3	19	52,77
wp = 4° R.I (type 3)	77	28,625	9	11,54	20	45,45	30	28,0	17	47,23

Pour toutes les classes de sexe et d'âge, la formule alaire de type 2 (wp = 3^{ème} R.I) est la plus fréquente et est plus répandue chez les juvéniles que chez les adultes. En considérant ces résultats, nous pouvons confirmer les conclusions de ROBERT (1977), à savoir que le wing point varierait en fonction de l'âge.

L'analyse des coefficients de corrélation linéaire nous révèle que :

1. une corrélation existe entre la longueur alaire et la longueur des plumes internes par rapport au wing point;
2. une relation linéaire existe entre la longueur des plumes de l'aile à partir des 5^{ème} et 6^{ème} rémiges primaires. La corrélation la moins bonne est observée chez les femelles juvéniles (Données non détaillées dans le cadre de ce travail).

Les points 1 et 2 confirment les conclusions de ROBERT (1977).

Une caractéristique morphologique a été mise en évidence par comparaison des 3 types de formule alaire (fig. 28); en passant des formules alaires de type 3 à 1, nous remarquons une diminution de la longueur des plumes. Cette différence s'amenuise en allant des premières rémiges primaires à la première rémige tertiaire. Elle peut parfois s'estomper et même réapparaître dans l'autre sens pour les dernières plumes. Cela semble signifier que l'aile de type 3 est relativement plus large et que l'aile de type 1 est relativement plus fuselée, du moins en ce qui concerne les plumes internes par rapport au wing point. La prépondérance des individus à formule alaire de type 2 suggère que l'aile du verdier serait un compromis entre une aile « aérodynamique » (type 1) et une aile plus large (type 3) (voir aussi linottes, fig. 29).

Cas de la linotte

	Echantillon total		♂ juvéniles		♂ adultes		♀ juvéniles		♀ adultes	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
wp = 2° R.I (type 1)	162	22,95	73	28,85	10	10,1	76	27,44	4	5,71
wp = 3° R.I (type 2)	491	69,55	175	69,17	70	70,7	190	67,8	50	71,43
wp = 4° R.I (type 3)	53	7,50	5	1,98	19	19,2	14	5,00	16	22,86

Pour toutes les classes de sexe et d'âge, la formule alaire de type 2 est la plus fréquente comme dans le cas du verdier. Mais contrairement à celui-ci, les linottes ayant une formule alaire de type 1 sont plus nombreuses que les linottes ayant une formule alaire de type 3, du moins chez les juvéniles. A l'inverse du verdier, le nombre d'adultes présentant une formule alaire de type 2 n'est que légèrement supérieur au nombre de juvéniles présentant la même formule alaire. Cela suggère que le wing point des linottes ne varie probablement pas en fonction de l'âge comme dans le cas du verdier. Nous noterons aussi un accroissement de la longueur moyenne de l'aile des mâles en passant des formules alaires de types 1 à 3¹. La situation inverse est observée chez les femelles¹. Aucune tendance allant dans ce sens n'apparaît chez le verdier¹.

L'analyse des coefficients de corrélation linéaire nous révèle :

1. l'existence d'une corrélation entre la longueur alaire et la longueur des rémiges les plus internes (à partir des 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} ou 9^{ème} rémiges primaires).
2. l'existence d'une corrélation entre la longueur des différentes rémiges. En général, la corrélation avec la 1^{ère} rémige tertiaire est la moins bonne (voir aussi *Carduelis chloris*).

(1) En référence aux résultats par classes de sexe et d'âge (non publiés).

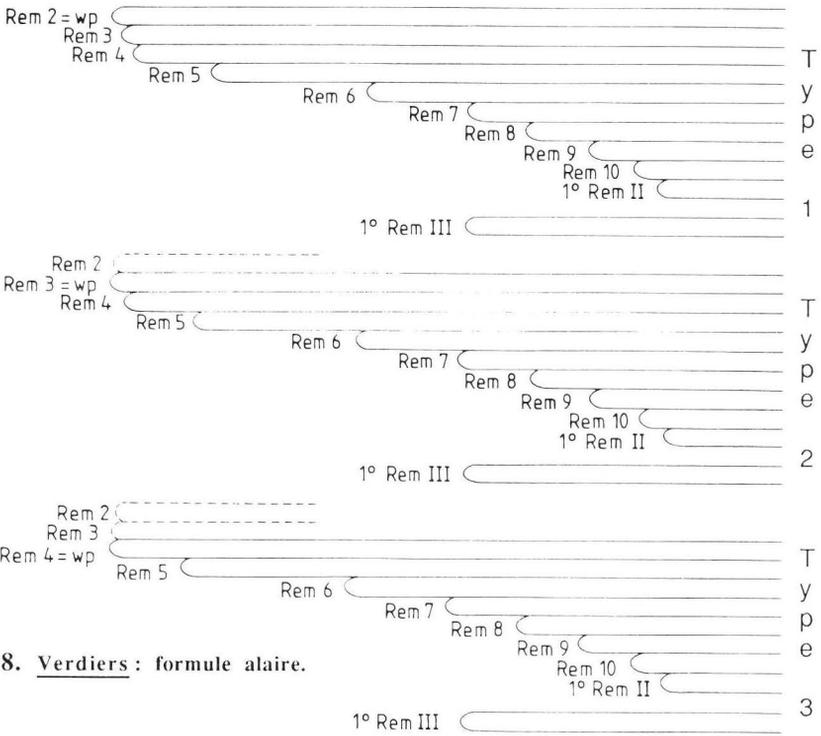


Fig. 28. Verdiers : formule alaire.

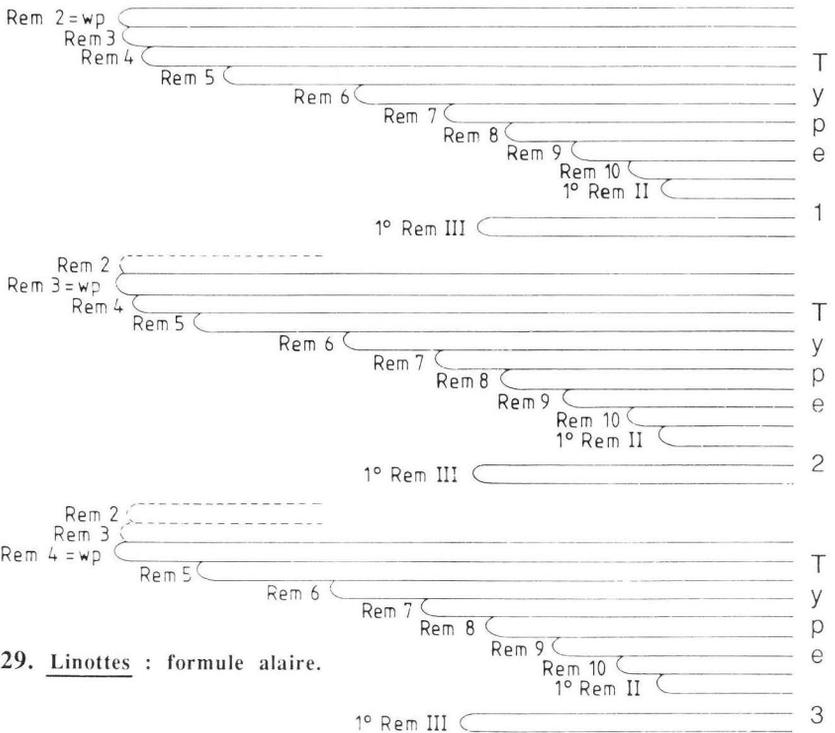


Fig. 29. Linottes : formule alaire.

2.e. ANALYSE DE LA VARIANCE ET TEST DE COMPARAISON DE MOYENNES. DIMORPHISME SEXUEL ET VARIATIONS LIÉES À L'ÂGE

Cas du verdier (tabl. 6)

Nous avons effectué une analyse de la variance à un critère (âge, sexe), à deux critères (âge et sexe) et un test de comparaison de moyennes entre classes de sexe et d'âge. Il existe un dimorphisme sexuel évident en faveur des mâles. Les différences entre mâles et femelles sont significatives pour les variables suivantes :

- 1 . longueur de l'aile;
- 2 . longueur de la queue (rectrices médiane et externe);
- 3 . formule alaire (excepté la 5^{ème} rémige primaire).

Il existe aussi des variations de certains caractères morphologiques en fonction de l'âge :

- 1 . longueur alaire;
- 2 . formule alaire (à l'exception de la 5^{ème} rémige primaire);
- 3 . longueur du bec à la narine et au crâne (chez les mâles);
- 4 . largeur du bec (chez les femelles);
- 5 . longueur de la queue (rectrice médiane).

Ces différentes variables ont des valeurs plus faibles chez les juvéniles.

Les méthodes de statistique multivariée et univariée révèlent toutes deux un dimorphisme sexuel de l'aile et de la queue en faveur des mâles. Pour les autres variables, il y a total désaccord. Il semblerait que, dans ce cas précis, la statistique univariée puisse donner un plus grand nombre d'informations.

Le verdier ne présente aucun dimorphisme sexuel du tarse et du bec. Dès lors, nous n'évoquerons pas l'existence de différences sexuelles en rapport avec l'écologie alimentaire (SELANDER et GILLER, 1963; SELANDER, 1966; FRETWELL, 1969; GRANT, 1971; GARNETT, 1976; PRYS-JONES, 1977). ROBERT (1977) note un dimorphisme sexuel pondéral chez les verdiers adultes. Cette différence entre mâles et femelles adultes pourrait être mise en relation avec une meilleure survie en hiver des individus de poids élevé et avec une meilleure reproduction au printemps des petites femelles, plus légères (GARNETT, 1976). Nos résultats nous empêchent d'aborder une telle éventualité. Enfin, le tableau ci-dessous ne montre pas une évolution marquée du dimorphisme sexuel alaire liée à la période, si ce n'est cette première valeur anormalement basse du t de STUDENT (2,8619). Celle-ci est due au dimorphisme sexuel moindre montré par les verdiers de la première période qui sont tous des jeunes oiseaux (cf. analyse en composantes principales, suivant les axes 1 et 2). Une décroissance des valeurs de t aurait pu abonder dans le sens d'une augmentation, au cours de la saison, du nombre d'oiseaux « nordiques » au caractère migrateur prononcé et au dimorphisme sexuel relativement faible (O'CONNOR, 1981).

	1 ^{ère} période	2 ^{ème} période	3 ^{ème} période	4 ^{ème} période
	20 ♂ - 30 ♀	35 ♂ - 36 ♀	39 ♂ - 42 ♀	27 ♂ - 35 ♀
t	2,8619 ⁽¹⁾	6,6063	6,8960	6,9778 ⁽¹⁾
P	0,0064	0,0001	0,0001	0,0001

⁽¹⁾ Utilisation du test de comparaison de moyennes pour les petits échantillons (N < 30).

Tableau 6. *CARDUELIS CHILORIS* : ANALYSE DE LA VARIANCE. VALEURS DE F.

Variable	Age	Sexe	Age & Sexe
Poids (F)	0,09	0,17	0,04
(P)	0,7630	0,6770	0,8494
L.A	16,62	115,04	1,26
	0,0001	0,0001	0,2632
Tarse	0,43	0,20	0,16
	0,5105	0,6513	0,6927
Bec narine	10,80	0,60	0,09
	0,0012	0,4404	0,7652
Bec front	0,50	0,26	0,52
	0,4789	0,6108	0,4729
Bec crâne	7,87	0,46	0,12
	0,0054	0,8081	0,4232
Haut. bec	1,57	0,06	0,64
	0,2115	0,8081	0,4232
Larg. bec	7,33	0,35	2,42
	0,0072	0,5572	0,1208
Rect. ext.	2,75	42,78	1,09
	0,0985	0,0001	0,2974
Rect. méd.	16,67	22,01	1,52
	0,0001	0,0001	0,2193
5° Rem I	0,71	8,01	0,02
	0,4002	0,0050	0,9022
6° Rem I	6,87	24,60	1,65
	0,0093	0,0001	0,2006
7° Rem I	24,84	49,19	2,11
	0,0001	0,0001	0,1479
8° Rem I	28,52	52,65	0,88
	0,0001	0,0001	0,3499
9° Rem I	28,41	74,82	0,79
	0,0001	0,0001	0,3749
10° Rem I	39,45	62,79	0,50
	0,0001	0,0001	0,4793
1° Rem II	96,89	70,41	0,00
	0,0001	0,0001	0,9629
1° Rem III	11,28	39,64	2,91
	0,0069	0,0001	0,0890

(1) — = différence significative

(F) valeur de F

(P) probabilité de dépassement

CARDUELIS CHILORIS : TEST DE COMPARAISON DE MOYENNES. VALEURS DE t.

Variable	$\frac{\bar{Q}_1}{Q_1}$	$\frac{\bar{Q}_1}{Q_2}$	$\frac{\bar{Q}_1}{Q_2}$	$\frac{\bar{Q}_1}{Q_2}$	$\frac{\bar{Q}_1}{Q_2}$
Poids (t)	0,6052	0,1181	0,9063	-0,0742	0,3158
(P)	0,5459	0,9663	0,9663	0,9411	0,7534
L.A	8,8804	6,7671	0,0001	-3,4566	-2,1039
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0397
Tarse	-0,0551	-0,4667	-0,1969	-0,6570	0,5139
	0,9561	0,6422	0,8444	0,5139	0,5139
Bec narine	0,4316	0,6060	0,5466	-2,7211	-1,8541
	0,6666	0,5466	0,0077	0,0077	0,0695
Bec front	0,1953	-0,6851	0,0069	0,9198	0,9198
	0,8435	0,4959	0,9945	0,3626	0,3626
Bec crâne	0,3387	0,5076	0,1484	-2,1484	-1,4597
	0,7352	0,6133	0,0350	0,1520	0,1520
Haut. bec	0,9012	-0,3701	1,6439	0,3135	0,3135
	0,3688	0,7125	0,7549	0,1030	0,7549
Larg. bec	1,7452	-0,7745	0,8421	-3,8837	-3,8837
	0,0830	0,4410	0,4015	0,0002	0,0002
Rect. ext.	4,5769	5,0983	0,0001	-1,8069	-0,5157
	0,0001	0,0001	0,0737	0,6077	0,6077
Rect. méd.	2,9798	3,9075	0,0002	-3,8965	-2,1519
	0,0033	0,0002	0,0002	0,0002	0,0350
5° Rem I	2,4647	1,9652	0,0531	0,7109	0,5901
	0,0148	0,0531	0,4787	0,4787	0,5369
6° Rem I	2,8355	5,0068	0,0001	-2,7213	-1,2340
	0,0054	0,0001	0,0075	0,0075	0,2217
7° Rem I	4,5210	6,2139	0,0001	-4,5618	-3,0081
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0037	0,0037
8° Rem I	5,3563	5,2690	0,0001	-4,5496	-3,1894
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023
9° Rem I	6,6241	6,1229	0,0001	-4,2073	-3,4948
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0069
10° Rem I	6,2271	5,4071	0,0001	-4,6315	-4,3865
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1° Rem II	7,5455	5,1530	0,0001	-6,6243	-7,6173
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1° Rem III	3,9824	5,1600	0,0001	-3,6604	-1,2470
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,2169

(1) — = différence significative

★ = divergences notées par comparaison avec ROBERT (1977).

(2) Les résultats précédés du signe « - » signifient que la différence est au désavantage des sexes ou âges cités en premier lieu.

(t) valeur de t. (P) probabilité de dépassement

Cas de la linotte (tabl. 7)

Le dimorphisme sexuel est nettement plus accentué chez la linotte que chez le verdier. Les mâles se caractérisent par une taille plus grande en ce qui concerne les variables suivantes (à l'exception de la 5^{ème} rémige primaire et de la 2^{ème} rémige secondaire) :

1. poids;
2. longueur de l'aile;
3. 5^{ème} rémige primaire (chez les juvéniles, en faveur des femelles) et 2^{ème} rémige secondaire (chez les adultes, en faveur des femelles);
4. tarse (chez les juvéniles);
5. hauteur du bec;
6. largeur du bec (chez les juvéniles);
7. longueur de la queue (rectrices externe et médiane);
8. longueur du bec au crâne (chez les juvéniles);
9. longueur du bec à la narine.

Pour cette dernière variable, une différence significative apparaît lorsqu'on considère simultanément l'âge et le sexe : un dimorphisme sexuel de la longueur du bec à la narine existe entre mâles juvéniles et femelles juvéniles et entre mâles adultes et femelles adultes. Le dimorphisme sexuel de certaines parties du corps (tarse et bec) disparaît lorsque l'oiseau atteint la maturité. Dès lors, il s'agirait plutôt d'une allométrie de croissance intéressant un seul sexe.

Il existe aussi des variations liées à l'âge pour les variables suivantes :

1. longueur alaire;
2. longueur du bec à la narine (chez les femelles);
3. largeur du bec;
4. longueur de la queue (rectrices externe et médiane);
5. formule alaire.

Ces différentes variables ont des valeurs plus faibles chez les juvéniles. Comparativement au verdier, la formule alaire de la linotte ne varie qu'en fonction de l'âge seul et non de l'âge d'une part et du sexe d'autre part.

L'analyse en composantes principales nous donne plus d'informations dans le cas de la linotte que dans celui du verdier. Seul le dimorphisme sexuel de la hauteur et de la longueur du bec ne nous est pas signalé. D'autre part, des variations du tarse et du poids liées à l'âge ne nous sont pas signalées par les méthodes de la statistique univariée.

Chez la linotte, il existe un dimorphisme sexuel pondéral qui pourrait être lié à la survie et à la reproduction (GARNETT, 1976). De plus, le dimorphisme sexuel de la hauteur du bec pourrait faire penser à une adaptation écologique. Alors que le dimorphisme sexuel de la longueur du bec, de la largeur du bec et de la longueur du tarse des juvéniles fait penser à une allométrie de croissance plutôt qu'à une adaptation écologique. Quant au dimorphisme sexuel alaire, il semble qu'il y ait atténuation de celui-ci au cours de la saison de migration.

	1 ^{ère} période	2 ^{ème} période	3 ^{ème} période	4 ^{ème} période
	102 ♂ - 136 ♀	148 ♂ - 138 ♀	95 ♂ - 86 ♀	38 ♂ - 38 ♀
t	11,3441	11,5640	9,4781	6,9475
P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Tabl. 7. *CARDUELLIS CANNABINA* : ANALYSE DE LA VARIANCE. VALEURS DE F.

CARDUELLIS CANNABINA : TEST DE COMPARAISON DE MOYENNES. VALEURS DE t.

Variable	Age	Sexe	Age & Sexe
Poids	1,61 0,2047	28,00 0,0001	0,12 0,7258
L.A	18,21 0,0001	284,65 0,0001	0,78 0,3773
Tarse	3,00 1,57	4,52 5,25	0,02 4,12
Bec narine	0,2101	0,0222	0,0428
Bec front	0,40 0,5759	0,00 0,0211	0,51 0,6498
Bec crâne	0,31 0,5283	5,34 0,9480	0,21 0,4743
Haut. bec	0,00 0,9624	6,83 0,0091	0,15 0,6966
Larg. bec	22,79 0,0001	6,19 0,0131	0,05 0,8314
Rect. ext.	15,19 0,0001	44,03 0,0001	0,25 0,6191
Rect. méd.	34,29 0,0001	30,36 0,0001	0,51 0,4767
5° Rem I	0,33 11,65	4,71 2,77	0,00 0,56
6° Rem I	9,74 0,0007	0,3034 0,0966	0,9561 0,4530
7° Rem I	21,71 0,0001	1,18 0,2770	1,06 0,3881
8° Rem I	47,05 0,0001	1,35 0,3710	0,75 0,8189
9° Rem I	44,08 0,0001	1,01 0,3146	0,97 0,3252
10° Rem I	47,05 0,0001	1,35 0,2462	0,97 0,3248
1° Rem II	5,10 0,0242	3,83 0,0509	3,11 0,0783

(1) ——— = différence hautement significative
 - - - - - = différence significative
 (F) valeur de F (P) probabilité de dépassement

Variable	$\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$ $\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$	$\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$ $\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$	$\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$ $\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$	$\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$ $\frac{\sigma^2}{\sigma^2}$
Poids	5,9579 0,0001	2,9224 0,0040	-0,6881 0,4923	1,1535 0,2510
L.A	17,1115 0,0001	9,9133 0,0001	-3,7346 0,0003	-2,2927 0,0237
Tarse	2,3564 0,0188	1,2571 0,2104	1,4535 0,1478	1,2019 0,2315
Bec narine	4,4823 0,0001	0,1602 0,8729	0,5791 0,5632	-2,4188 -0,0171
Bec front	0,7640 0,4452	-0,4184 0,6762	1,0267 0,3056	-0,0643 0,9488
Bec crâne	2,8251 0,0049	1,1768 0,2411	0,8314 0,4067	0,0754 0,9400
Haut. bec	2,1718 0,0303	2,1344 0,0344	-0,3739 0,7088	0,2660 0,7906
Larg. bec	2,2583 0,0243	1,7106 0,0892	-3,9993 0,0001	3,2652 0,0014
Rect. ext.	7,0246 0,0001	4,1598 0,0001	-3,4239 0,0007	-3,0457 0,0028
Rect. méd.	5,9058 0,0001	3,6859 0,0003	-4,4544 0,0001	-5,4166 0,0001
5° Rem I	-2,2468 0,0251	-1,0757 0,2843	-0,4653 0,6423	-0,3210 0,7489
6° Rem I	-0,9132 0,3615	1,3917 0,1665	-2,3555 0,0194	-2,5186 0,0132
7° Rem I	-0,0585 0,9534	-1,2319 0,2198	-1,6167 0,1079	-2,7697 0,0065
8° Rem I	-0,2288 0,8191	1,1353 0,2579	-2,7113 0,0075	-3,9497 0,0001
9° Rem I	-0,6595 0,5098	-0,7033 0,4829	-3,9394 0,0001	-3,9251 0,0001
10° Rem I	-0,1754 0,8608	-1,2962 0,1968	-4,3913 0,0001	-5,6179 0,0001
1° Rem II	-0,0220 0,9825	-1,1878 0,2366	-4,1926 0,0001	-5,4215 0,0001
1° Rem III	-0,2000 0,8416	-2,0361 0,0433	-0,3301 0,7418	-2,8340 0,0054

(1) ——— = différence significative

(2) Les résultats précédés du signe « - » signifient que la différence est au désavantage des sexes ou âges cités en premier lieu.

(t) valeur de t. (P) probabilité de dépassement

Mais la diminution de la valeur du t de STUDENT au cours des troisième et quatrième périodes peut être due soit à la diminution des effectifs, soit à une augmentation de la variance due au mélange de différentes populations :

	1 ^{ère} période	2 ^{ème} période	3 ^{ème} période	4 ^{ème} période
N	233	286	181	76
X	79,16 (mm)	79,99 (mm)	80,34 (mm)	80,47 (mm)
S ²	3,76	4,66	4,55	4,46

Voici un tableau qui présente les résultats de la comparaison 2 à 2 des variances des valeurs de la longueur alaire ventilées par période.

	ϵ (1)	α
1 ^{ère} -2 ^{ème} périodes	0,40	0,69
1 ^{ère} -3 ^{ème} périodes	0,30	0,76
1 ^{ère} -4 ^{ème} périodes	0,20	0,84
2 ^{ème} -3 ^{ème} périodes	0,04	0,97
2 ^{ème} -4 ^{ème} périodes	0,05	0,96
3 ^{ème} -4 ^{ème} périodes	0,02	0,98

L'analyse des résultats montre que les variances des différentes périodes ne sont pas significativement dissemblables les unes par rapport aux autres. Dès lors, nous sommes autorisés à penser que la décroissance du dimorphisme sexuel alaire est dû soit à une augmentation des oiseaux « nordiques » en fonction du temps, soit à la diminution des effectifs.

Enfin, chez la linotte comme chez le verdier, l'âge n'a aucun effet sur la longueur du tarse. Ces résultats contredisent les conclusions de BAUMEL (1953, 1957) sur la croissance de l'ossature des oiseaux jusqu'à leur maturité.

2.f. ANALYSE DE LA VARIANCE. VARIATIONS LIÉES À LA PÉRIODE DE MIGRATION

Nous avons eu confirmation du dimorphisme sexuel et de l'effet de l'âge comme source de variation de certaines variables. Nous allons voir maintenant si l'effet de la période révélé lors de l'analyse en composantes principales est confirmé par l'analyse de la variance.

$$(1) \quad \epsilon = \frac{S_1^2 - S_1'^2}{\sqrt{\frac{2 S_1^4}{n_1} + \frac{2 S_2^4}{n_2}}} \quad (\text{cf. table de l'écart-réduit})$$

Cas du verdier

Au **tableau 8** figurent les résultats de l'analyse de la variance à un critère (période).

Tabl. 8. ANALYSE DE LA VARIANCE. VALEURS DE F.

Variable	<i>Carduelis chloris</i>	<i>Carduelis cannabina</i>
	Période	Période
Poids (F) (P)	3,67 0,0130	4,99 0,0021
	Long. alaire	2,27 0,0796
Tarse	2,14 0,0940	6,75 0,0002
	Bec narine	4,48 0,0046
Bec crâne	1,57 0,1948	8,89 0,0001
	Bec front	0,26 0,8560
Haut. bec	1,46 0,2245	1,03 0,3814
	Larg. bec	39,11 0,0001
Rect. ext.	9,01 0,0001	5,17 0,0017
	Rect. méd.	17,15 0,0001
5° Rem I	0,24 0,8711	0,94 0,4240
6° Rem I	4,03 0,0082	5,92 0,0006
7° Rem I	8,85 0,0001	12,87 0,0001
8° Rem I	13,99 0,0001	17,08 0,0001
9° Rem I	16,65 0,0001	24,92 0,0001
10° Rem I	21,26 0,0001	30,76 0,0001
1° Rem II	31,27 0,0001	18,09 0,0001
1° Rem III	1,14 0,3325	2,39 0,0662

(F) = valeur de F

(P) = probabilité de dépassement

Nous avons considéré comme significatives les valeurs de F pour lesquelles $P < 0,05$. Les résultats sont significatifs pour les variables suivantes : longueur du bec à la narine mais surtout largeur du bec et longueur de la queue (rectrices externe et médiane). La période¹ n'a aucun effet sur les longueurs de l'aile et du tarse comme le suggère l'analyse en composantes principales. Dès lors, nous pourrions penser que les variations des longueurs de l'aile et du tarse, en fonction du temps, ne se manifestent que si nous considérons simultanément une ou plusieurs autres variables (cf. analyse en composantes principales).

Nous obtenons également des résultats significatifs en ce qui concerne la formule alaire, du moins à partir de la sixième rémige primaire jusqu'à la première rémige secondaire. La période est donc une des sources de variation de certaines rémiges.

¹ Même si nous considérons la période et l'âge ou la période et le sexe.

Cas de la linotte

Chez la linotte, la période est une des sources de variation de toutes les variables figurant au **tableau 8**, hormis la hauteur du bec, la cinquième rémige primaire et la première rémige tertiaire. Nous avons donc la confirmation de ce que nous avons déjà observé lors de l'analyse en composantes principales, c'est-à-dire d'une évolution, au cours de la saison, des variables suivantes : poids, longueur alaire, tarse, longueur de la queue, longueur et largeur du bec. De plus, nous découvrons que la longueur de la plupart des rémiges varie en fonction de la période.

Pour nous faire une idée plus précise de l'effet de la période sur chaque variable, nous avons représenté graphiquement la moyenne des valeurs ventilées par période des variables suivantes : poids, longueur et largeur du bec, longueurs de l'aile, de la queue et du tarse (1), les moyennes mobiles pondérées quotidiennes de l'index de forme de l'aile (2).

2.g. EVOLUTION DE LA MOYENNE DES VARIABLES

Nous avons représenté aux **figures 30a** et **30b**, la moyenne et l'écart-type des valeurs, ventilées par période, de chaque variable citée ci-dessus.

Cas du verdier

La moyenne du poids pour la quatrième période est significativement plus élevée que pour les trois autres alors que les moyennes de l'adiposité pour les trois premières périodes fluctuent (gain et perte) et que la moyenne de l'adiposité pour la quatrième période n'est pas significativement différente de la moyenne de l'adiposité pour la troisième période. Dès lors, nous pourrions penser que l'adiposité n'est pas entièrement responsable de l'augmentation de poids observée au cours de la quatrième période. Celle-ci pourrait être due, en partie, à un accroissement de la taille des oiseaux.

Alors que l'analyse de la variance ne révèle aucune évolution des longueurs de l'aile et du tarse au cours du temps, les moyennes des première et quatrième périodes sont significativement différentes l'une par rapport à l'autre.

La moyenne de la longueur de la queue (rectrices externe et médiane) augmente au cours de la deuxième période. Ceci est probablement dû à la capture des premiers adultes, du moins en ce qui concerne la rectrice médiane (**tabl. 6**). Par la suite, seule la moyenne de la rectrice médiane augmente lors de la troisième période. Il se pourrait donc que la queue des oiseaux passant plus tard dans la saison devienne plus « fourchue » et/ou plus usée. Notons que la valeur élevée de la variance de la moyenne de la longueur de la queue pour la première période est sans doute due à l'existence de rectrices (externe et médiane) n'ayant pas encore atteint leur taille définitive (cf. mue des plumes, fourreau toujours visible).

Nous observons également une évolution des moyennes de la longueur et de la largeur du bec dans le sens d'une augmentation (de la première aux autres périodes pour la longueur et de la première à la troisième période pour la largeur). L'âge est probablement la principale source de variation de la longueur du bec, celle-ci augmentant avec l'âge (cf. **tabl. 6**) et la proportion adultes/jeunes augmentant au cours de la saison de migration. Il est probable que, pour ces deux raisons, nous observons un accroissement de la longueur du bec. Les « groupements d'oiseaux d'origine distincte » ne semblent pas être la source de variation primordiale de la variable. Cet effet se manifeste seulement chez les juvéniles quand plusieurs variables sont considérées en même temps (cf. analyse en composantes principales, suivant les axes 2 et 4 et les axes 2 et 5).

Malgré certaines contradictions par rapport à ce que nous pouvions espérer (cf. la règle d'ALLEN pour les longueurs du bec et de la queue), nous voyons que les oiseaux de la quatrième période se distinguent par rapport aux autres. Ils ont un poids plus élevé (et probablement une taille supérieure), une aile plus longue, un bec plus large, et un tarse

a) *C. c. chloris* b) *C. c. cannabina*

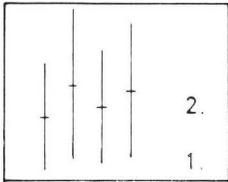
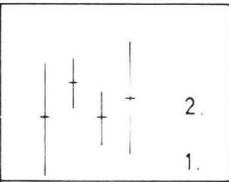
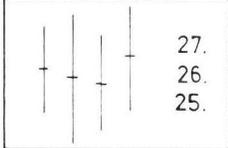
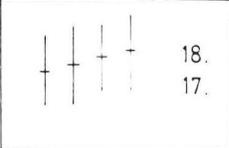
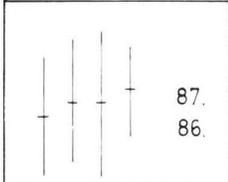
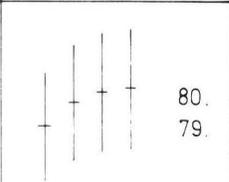
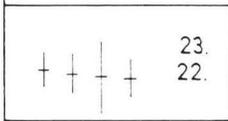
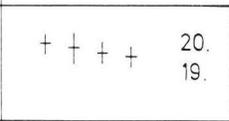
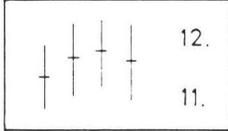
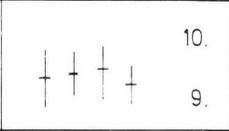
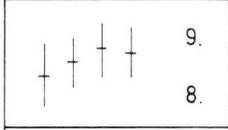
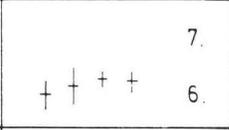
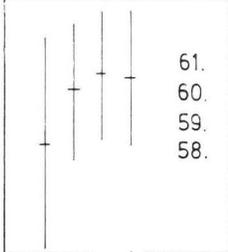
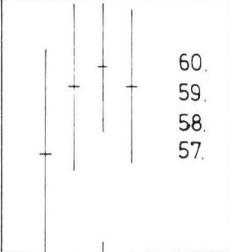
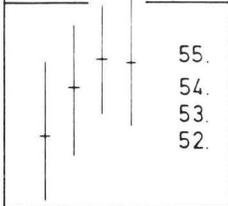
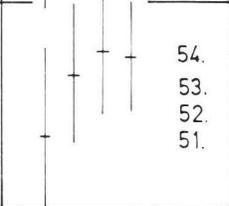
		Adiposité
		Poids (g)
		Longueur alaire (mm)
		Longueur du tarse (mm)
		Longueur du bec à la narine (mm)
		Largeur du bec (mm)
		Longueur de la rectrice externe (mm)
		Longueur de la rectrice médiane (mm)

Fig. 30. Evolution de la moyenne des valeurs des variables, ventilées par période.
a) *C. c. chloris*; b) *C. c. cannabina*.

plus court. Ce qui confirme, dans une certaine mesure, les résultats du baguement, à savoir que les oiseaux « nordiques » passeraient en grand nombre à la fin de la saison de migration (fin octobre, début novembre). Toutefois, nous obtiendrions peut-être plus de résultats si les données étaient ventilées par sexe et âge. Mais le faible effectif des différentes catégories pourrait ne pas amener aux résultats escomptés. D'autre part, il se pourrait qu'un nouveau découpage des périodes donne de meilleurs résultats.

Cas de la linotte

Alors que la moyenne de l'adiposité fluctue au cours du temps, la moyenne du poids augmente plus ou moins linéairement, malgré la corrélation existant entre ces deux variables ($r = 0,22$; $P = 0,0001$). Dès lors, l'augmentation du poids est probablement due, en partie, à l'accroissement de la taille.

La moyenne de la longueur de l'aile varie en sens opposé à celle du tarse.

Les moyennes de la longueur et de la largeur du bec augmentent en fonction du temps mais la moyenne de la longueur du bec diminue au cours de la dernière période.

La moyenne de la longueur de la queue (rectrices externe et médiane) augmente pendant les trois premières périodes. La moyenne de la rectrice externe diminue lors de la quatrième période.

Contrairement aux longueurs de l'aile et du tarse, les longueurs du bec et de la queue (rectrice externe surtout) n'évoluent pas dans le sens espéré (cf. règles de BERGMANN et d'ALLEN), du moins pendant les trois premières périodes. L'augmentation de la moyenne de la longueur du bec ne peut être imputée à un effet de l'âge (cf. **tabl. 7**). Faut-il donc considérer plusieurs variables simultanément pour pouvoir noter un raccourcissement du bec ? Ou s'agirait-il d'une exception à la règle d'ALLEN ? Dès lors, pourquoi les résultats de la dernière période sont-ils conformes à cette règle ? Une étude par classes de sexe et d'âge nous permettrait probablement d'affiner nos conclusions, si l'effectif de certaines classes d'individus n'était pas trop faible. Toutefois, comparativement au verdier, les résultats semblent plus convaincants. Est-ce dû à un échantillon plus étoffé, à des caractéristiques propres à l'espèce, ... ?

2.h. EVOLUTION DE LA MOYENNE JOURNALIERE PONDÉRÉE DE L'INDEX DE FORME DE L'AILE

La courbe des moyennes mobiles pondérées de l'index de forme de l'aile peut nous donner des informations supplémentaires à propos du passage de groupements d'oiseaux d'origine distincte. La règle de RENSCH (RENSCH wing's rule) se traduit par le fait que les migrateurs « nordiques » sont caractérisés par une aile étroite et pointue correspondant à un index de forme de l'aile relativement élevé. En ce qui nous concerne, nous utiliserons une forme amputée (« wsi » = $100 \times \text{somme p} / \text{longueur alaïre}$) de la formule originale ($\text{wsi} = 100 \times (\text{somme p} - \text{somme d}) / \text{longueur alaïre}$)¹ (HOLYNSKY, 1965; BUSSE, 1967). N'ayant pas mesuré les écarts pour les rémiges primaires distales (par rapport au sommet de l'aile), nous ne pouvons faire intervenir la somme « d » dans les calculs. Chez le verdier, cela ne doit pas avoir une grande influence; les écarts pour les rémiges distales varient entre 0 et 3 millimètres (ROBERT, 1977). Nous ne possédons aucune information concernant la linotte.

¹ La somme « p » est la somme des écarts mesurés dans la formule alaïre pour les rémiges primaires proximales (du sommet de l'aile vers le corps de l'oiseau). La somme « d » est la somme des écarts mesurés dans la formule alaïre pour les rémiges primaires distales (du sommet de l'aile vers l'extérieur de l'oiseau).

Cas du verdier (fig. 30 et 31)

Lors de la première période, les moyennes de l'index de forme de l'aile fluctuent assez fort mais restent dans les limites des valeurs faiblement à moyennement élevées. Les moyennes d'index augmentent au début de la deuxième période. Les données entre le 6 et le 10 octobre font défaut. A la fin de cette période, dans la zone du pic de passage, les moyennes d'index ont des valeurs relativement plus élevées qu'en première période. Malgré des données fragmentaires, nous pourrions croire que les oiseaux « nordiques » commencent à passer à cette époque. Au début de la troisième période, alors que le passage est d'intensité moyenne à élevée, les valeurs des moyennes d'index décroissent. Cela pourrait supposer un certain ralentissement du passage des oiseaux « nordiques ». Ce n'est qu'à la fin de la troisième période et au cours de la quatrième période que les valeurs des moyennes d'index sont les plus marquées, tandis que l'intensité du passage est moyenne à faible. Néanmoins, des fluctuations plus ou moins légères, signifiant probablement un ultime passage des oiseaux de nos régions avant l'arrivée des premiers froids, sont observées.

Nous sommes donc autorisés à croire que la proportion du nombre d'oiseaux « nordiques » atteint, à la dernière période, sa valeur maximale (voir aussi la conclusion du paragraphe 2 g).

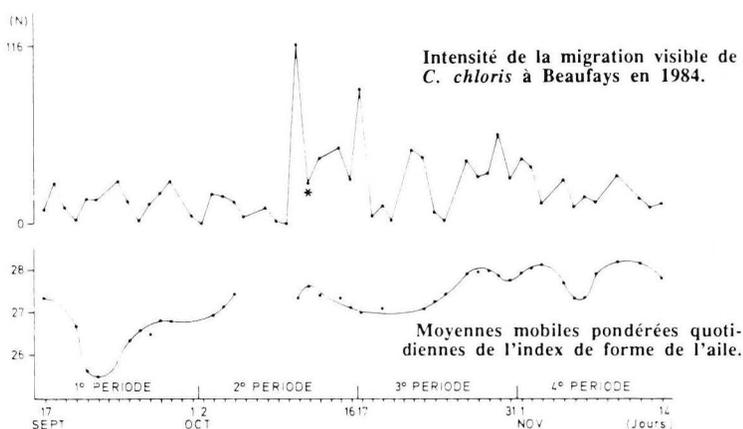


Fig. 31.

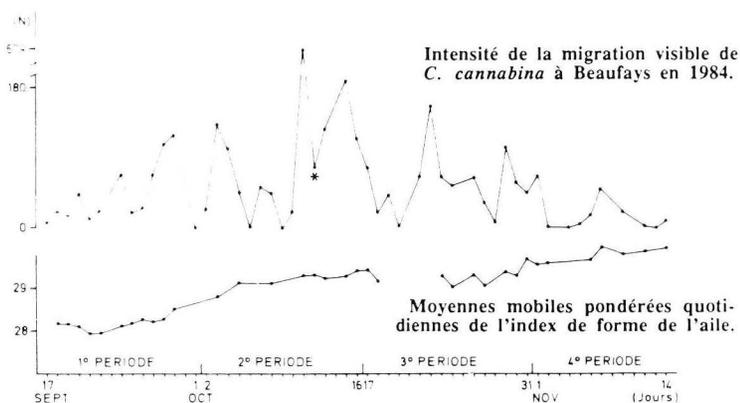


Fig. 32.

Evolution de la moyenne journalière pondérée de l'index de la forme de l'aile chez le verdier (fig. 31) et la linotte (fig. 32).

Cas de la linotte (fig. 30 et 32)

Chez la linotte, l'évolution des moyennes d'index pourrait être assimilée à une croissance linéaire. Sur la seule base de la courbe de la **figure 32**, nous pourrions penser que la proportion du nombre de linottes « nordiques » de passage à Beaufays augmente progressivement, sans aucune relation avec l'intensité du passage et l'adiposité.

Le nombre de verdiers et de linottes « nordiques » semble augmenter au cours de la saison de migration. Les valeurs du coefficient de rang, ou coefficient de PEARSON, confirme cette idée (pour le verdier : $r = 0,7830$, $P = 0,0001$ - pour la linotte : $r = 0,9266$, $P < 0,0001$). Néanmoins, la proportion du nombre de verdiers « nordiques » semble liée à l'intensité de passage et à l'importance de l'engraissement. Mais le test de χ^2 contredit l'idée de dépendance entre l'index de forme de l'aile et l'adiposité d'une part et l'intensité du passage d'autre part, et cela que nous considérons l'échantillon dans sa totalité ou suivant les périodes (résultats non détaillés dans le cadre de ce travail). Dès lors, nous ne pourrions pas admettre l'hypothèse selon laquelle les phases de « faible » et de « forte » adiposité indiqueraient respectivement le passage d'oiseaux de nos régions et d'oiseaux « nordiques ». Ceux-ci ne se différencient donc pas des premiers au point de vue de l'adiposité. Cela pourrait s'expliquer, du moins en partie, par le fait qu'un oiseau au caractère migrateur prononcé se laisserait plus facilement capturer lorsque ses réserves graisseuses sont moins importantes.

CONCLUSION ET DISCUSSION GENERALES

En résumé, nous avons montré que :

1. la migration observée à Beaufays pendant l'automne 1984 peut être découpée en trois phases d'intensité différente;
2. les jeunes commencent à migrer avant les adultes;
3. le passage « massif » des linottes est antérieur à celui des verdiers;
4. les oiseaux originaires de Belgique migrent dès leur première année de vie, parfois à des distances relativement grandes;
5. le nombre de verdiers de Suède et du Danemark, visiteurs d'hiver en Belgique, se serait accru au cours des 30 dernières années et les verdiers originaires de Grande-Bretagne et de Norvège auraient inclus la Belgique dans leur aire d'hivernage, si on suppose l'effort de capture constant;
6. le verdier, contrairement à la linotte, obéit bien au patron de migration décrit par DOLNIK et BLYUMENTAL (1967), pour le pinson des arbres;
7. l'évolution de certains caractères morphologiques (longueurs de l'aile, de la queue, de bec et du tarse, largeur du bec et poids) en fonction de la période peut être mise en évidence, notamment grâce à l'analyse en composantes principales. De même, des variations liées au sexe d'une part et à l'âge d'autre part sont révélées;
8. la courbe des moyennes journalières pondérées de l'index de forme de l'aile rend compte de l'accroissement de la proportion du nombre d'oiseaux « nordiques » au cours du temps, et cela indépendamment de l'intensité du passage et de l'importance de l'engraissement.

Dès lors, nous sommes amenés à considérer comme plausible l'hypothèse selon laquelle les verdiers et les linottes (du moins, certaines classes de sexe et d'âge) originaires des pays nordiques (Norvège, Suède, Danemark, ...) commencent à passer en Belgique (début octobre) après les individus originaires de nos régions (septembre) et augmentent en nombre au cours de la saison de migration. Néanmoins, certaines contradictions (chap. V) ne nous permettent pas d'accepter cette hypothèse sans réserve.

Une étude ultérieure s'étendant sur plusieurs années s'avérerait nécessaire. De plus, nous pourrions éliminer le biais créé par les aléas de la migration partielle (situation météorologique, abondance de la nourriture, succès de la reproduction¹, ...). Une partie de cette étude consisterait à caractériser les populations de verdiers et de linottes nichant en Belgique et dans les pays sus-nommés. Nous définirions ainsi les caractéristiques géomorphologiques de ces deux espèces. Cela nous permettrait, le cas échéant, de mettre en relation les évolutions, dans le temps (cf. migration) et dans l'espace (cf. populations « nicheuses »), de ces caractères morphologiques.

Puisqu'il s'agit d'une première étude, inévitablement, nous sommes amenés à suggérer quelques améliorations :

1. Dorénavant, nous pourrions ne considérer que la longueur du bec à la narine.
2. la mesure des rémiges primaires distales (du sommet de l'aile vers l'extérieur de l'oiseau) est requise pour mieux caractériser la forme de l'aile (cf. index de forme de l'aile).
3. lors d'une nouvelle analyse en composantes principales de nos données, nous éliminerions les variables suivantes : longueurs de la queue et du bec au front et au crâne. Leur corrélation respective avec la longueur de l'aile et la longueur du bec à la narine pourrait cacher certains résultats intéressants.

Nous pourrions également affiner notre étude. Par exemple, considérer d'autres parties du membre postérieur, en plus du tarse, pour voir si les variations concernent celui-ci ou l'ensemble du membre (1), voir si la fréquence de tel ou tel type de formule alaire (cf. chap. V) est liée à la période et à l'index de forme de l'aile (2), voir, d'après les données du baguement des oiseaux originaires de Belgique, quelle est la proportion migrateurs/sédentaires et quelles sont, le cas échéant, les différences qui peuvent exister entre les classes de sexe et d'âge (3).

Nous ne pouvons toutefois pas terminer sans insister sur le fait que, malgré les difficultés rencontrées sur le terrain (situation météorologique, difficulté à intercepter des oiseaux en migration, ...), nous avons réussi à constituer des échantillons suffisamment étoffés pour en tirer des conclusions. D'autre part, nous avons eu raison de considérer plusieurs variables biométriques et qualitative (adiposité) alors que la plupart des auteurs mesurent seulement la longueur alaire et le poids, excepté ROBERT (1977) dont nous nous sommes, en partie, inspirés.

RESUME

Cette étude retrace l'évolution de la migration automnale de deux espèces aviennes, le verdier d'Europe (*Carduelis c. chloris*) et la linotte mélodieuse (*Carduelis c. cannabina*).

L'analyse des données du fichier des reprises de ces oiseaux bagués en Belgique et repris à l'étranger pour la période 1930-1985 montre que les oiseaux « nordiques » commencent à passer en Belgique en octobre, après les oiseaux de Belgique et des régions limitrophes, et que leurs effectifs augmentent jusqu'en novembre, fin de la migration.

Des données sur la migration visible, l'adiposité et la biométrie de verdiers et de linottes capturées à Beaufays (Liège, Belgique) au cours de la migration d'automne 1984 ont été examinées. La période de migration peut être découpée en trois phases : une phase

¹ La proportion migrateurs/sédentaires fluctue d'une année à l'autre (cf. stratégies de survie sur place ou en migration plus ou moins adaptées suivant les circonstances) avec, comme conséquence, une répercussion sur la progéniture et secondairement sur la migration.

initiale de faible intensité, une phase intermédiaire de forte intensité et une phase finale de faible intensité, le passage « massif » des linottes étant antérieur à celui des verdiers et les jeunes commençant à passer avant les adultes.

L'analyse de l'adiposité révèle une succession de phases de faible et de fort engraissement des oiseaux. L'étude biométrique montre un accroissement du nombre de verdiers et de linottes dont la longueur de l'aile et l'index de forme de l'aile augmentent au cours de la migration alors que les longueurs du bec et du tarsométatarse diminuent. Ces dernières observations tendent à confirmer les résultats du baguage et plaident en faveur d'une augmentation au cours de la saison de migration d'oiseaux plus nordiques à caractère migrateur prononcé. Ceci doit cependant être confirmé dans le cadre de recherches s'étendant sur plusieurs années et à plusieurs sites tant en ce qui concerne des populations nicheuses que migratrices.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier Monsieur G. LENNES, Maître de conférence chargé du cours d'analyse statistique à la faculté des Sciences appliquées, Mademoiselle MERSCH, Maître de conférence au service du professeur H. BRENY ainsi que Monsieur NIHON du S.E.G.I. pour les conseils prodigués pour la réalisation de l'analyse statistique. Nous remercions également Monsieur W. ROGGEMAN, chef du service de baguage des oiseaux à l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique pour avoir permis la consultation des données de l'Oeuvre Belge de Bagueage; Monsieur P. DEVILLERS, chef de travaux et Directeur du laboratoire d'Ornithologie à l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique pour avoir autorisé l'accès aux collections de référence, et Monsieur G. ROBERT pour les conseils concernant la récolte des données biométriques. Nos remerciements vont à Messieurs J. BOCKEN, S. HOUBART et C. VAN BRABANT pour leur aide technique. Enfin, nous remercions tout spécialement Madame D. CASEAU pour le soin qu'elle a apporté non seulement à composer le texte, mais surtout à redessiner cartes et figures.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRASZEWSKA-KOWALCZYK A., 1974. — Dynamika Liczebności Niektórych Gatunków Ptaków Obserwowanych na Polskim Wybrzeżu Bałtyku. *Notaki Ornitologiczne*, 15 : 77-104.
- AIDLEY D.J., 1981. — Questions about migration. Pages 1-8 in D.J. Aidley, editor. *Animal Migration*. Cambridge University Press.
- ALERSTAM T., ULFSTRAND S., 1975. — Diurnal Migration of Passerine Birds over South Sweden in Relation to Wind Direction and Topography. *Ornis Scandinavica*, 6 : 135-149.
- ALERSTAM T., 1978. — Analysis and a Theory of Visible Bird Migration. *Oikos*, 30 : 273-349.
- ALERSTAM T., 1981. — The Course and Timing of Bird Migration. Pages 9-51 in D.J. Aidley, editor. *Animal migration*. Cambridge University Press.
- 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 Faunae of Eastern North America. *Bull. Mus. Com. Zool.*, 2 : 161-243.
- ARNHEM J., ARNHEN R., 1968. — *Guide du Bagueur* avec Clés de Détermination de l'Espèce, de l'Age et du Sexe de l'Oiseau. Patrimoine de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles : 144-146.

- BANKS R.C., 1970. — Notes and Comments on Ecotypic Variation in Birds. *Evolution* (Lancaster), **24** : 829-831.
- BARDI A., BENDINI L., COPPOLA E., FASOLA M., 1983. — Manuale per l'Inanellamento degli Ucelli a Scopo di Studio. Supplemento al numero 1 del « *Bollettino dell'Attività di Inanellamento* », Bologna : 104-115.
- BARTHOLOMEW G.A., CADE T.J., 1957. — The Body Temperature of the American Kestrel, *Falco Sparverius*. *Wilson Bull.*, **69** : 149-154.
- BARTLESON F.D., JENSEN O.F., 1955. — A Study of Purple Finch Winter Weights. *Wilson Bull.*, **67** : 55-59.
- BAUMEL J.J., 1953. — Individual Variation in the White-necked Raven. *Condor*, **55** : 26-32.
- BAUMEL J.J., 1957. — Individual Variation in the Fish Crow. *Auk*, **74** : 73-78.
- BELLROSE F.C., 1967. — Radar in Orientation Research. *Proc. from 14 th Intern. Ornith. Congress*, Oxford : 281-309. Blackwell.
- BERETZK P., KEVE A., MARIAN M., 1969. — Taxonomische Bemerkungen zum Problem der Grünlings-Population des Karpatenbeckens. *Bonn. zool. Beitr.*, **20** : 50-59.
- BERGMANN C., 1847. — Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttingen Stud.*, **1** : 595-708.
- BERTHOLD P., QUERNER U., 1982. — Partial Migration in Birds : Experimental Proof of Polymorphism as a Controlling System. *Experientia*, **38** : 805-806.
- BOYD A.W., 1931. — On Some Results of Ringing Greenfinches. *British Birds*, **24** : 329-337.
- BROOKS W.S., 1968. — Comparative Adaptations of the Alaskan Redpolls to the Arctic Environment. *Wilson Bull.*, **80** : 253-281.
- BUSSE P., 1967. — Application of the Numerical Indices of the Wingshape. *Notatki Ornitologiczne*, **8** : 1-8.
- CASTELLI M., 1986. — Contribution à l'étude de la phénologie de migration et de la biométrie du verdier d'Europe, *Carduelis chloris chloris* (Linné, 1758) et de la linotte mélodieuse, *Carduelis cannabina cannabina* (Linné, 1758). Mémoire de Licence en Sciences Zoologiques, Université de Liège, 1985-1986.
- COCHRAN W.W., MONTGOMERY G.G., GRABER R.R., 1967. — Migratory Flight of *Hylocichla Trushes* in Spring : a Radiotelemetry Study. *Living Birds*, **6** : 213-225.
- COX G.W., 1968. — The Role of Competition in the Evolution of Migration. *Evolution* (Lancaster), **22** : 180-192.
- CURRY-LINDHAHL K., 1980. — *Les Oiseaux Migrateurs à Travers Mer et Terre*. Delachaux et Niestlé S.A. : 241 p.
- DAVIS J., 1954. — Seasonal Changes in Bill Length of Certain Passerines Birds. *Condor*, **56** : 142-149.
- DICKINSON B.H.D., DOBINSON H., 1969. — A Study of a Greenfinch Roost. *Bird Study*, **16** : 135-146.
- DICKSON J.M., 1978. — Wintering Greenfinches at Gullane. *Edinburg Ring*, **6** : 27-31.
- DOLNIK V.R., BLYUMENTAL T.I., 1967. — Autumnal Premigratory and Migratory Periods in the Chaffinch (*Fringilla caelebs caelebs*) and some other Temperature-Zone Passerine Birds. *Condor*, **69** : 435-468.
- EHLERS J., 1939. — Ergebnisse der Beringung Deutscher Grünfinken (*Chloris chl. chloris*) mit Berücksichtigung der Auslands-Fernfunde. *Schriften der Physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg*, **71** : 145-175.
- EMLER S.T., 1975. — Migration : Orientation and Navigation. Pages 129-219 in Farner D.S. and King J.R., editors. *Avian Biology*, **5**. Academic Press.
- ENEMAR A., 1964. — Ett Försök att Mäta Fyra Ornitologers Förmåga att Uppfatta och Registrera Flytffågelsträcket i Falsterbo. *Vår Fågelvärld*, **23** : 1-25.
- EVANS P.R., 1969. — Ecological Aspects of Migration, and Pre-Migratory Fat Deposition in the Lesser Redpoll, *Carduelis flammea cabaret*. *Condor*, **71** : 316-330.
- FAIVRE J., 1978. — Le Verdier (*Carduelis chloris*). *Journal des Oiseaux n° 115* : 26-28.

- FAIVRE J., 1978. — La linotte Mélodieuse (*Acanthis cannabina*). *Journal des Oiseaux* n° 117 : 31-32.
- FOUARGE J., 1981. — La Fauvette à Tête Noire (*Sylvia atricapilla*). Exploitation des données belges de baguage. *Le Gerfaut*, 71 : 677-716.
- FRETWELL S., 1969. — Ecotypic Variation in the Nonbreeding Season in Migratory Populations. A Study of Tarsal Length in Some *Fringillidae*. *Evolution* (Lancaster), 23 : 406-420.
- FRY C.H., ASH J.S., FERGUSON-LESS I.J., 1970. — Spring Weights of Some Palearctic Migrants at Lake Chad. *Ibis*, 112 : 58-82.
- GARNETT M.C., 1976. — *Some Aspects of Body Size in the Great Tit*. D. Phil. Thesis, Oxford.
- GEISTER I., 1974. — Intersekusualna Razlika Dolzine Peruti Pri Vrsti *Chloris chloris* (L). *Bioloski Vestnik*, 22 : 71-73.
- GEROUDET P., 1957. — *Les Passereaux, III : Des Pouillots aux Moineaux*. Delachaux et Niestlé S.A. : 143-153, 163-169.
- GRANT P.R., 1971. — Variation in the Tarsus Length of Birds in Island and Mainland Regions. *Evolution* (Lancaster), 25 : 599-614.
- GRIFFIN D.R., 1973. — Oriented Bird Migration in or Between Opaque Cloud Layers. *Proc. of the American Philosophical Society*, 117 : 117-141.
- GRUYS-CASIMIR E.M., 1965. — On the Influence of Environmental Factors on the Autumn Migration of Chaffinch and Starling : a Field Study. *Arch. Neerl. zool.*, 16 : 175-279.
- HAMILTON T.H., 1961. — The Adaptive Significances of Intraspecific Trends of Variation in Wing Length and Body Size Among Bird Species. *Evolution* (Lancaster), 15 : 180-195.
- HEINZEL H., FITTER R., PARSLow J., 1972. — *Oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Delachaux et Niestlé S.A. : 286-290.
- HELMS E.B., AUSSIKER W.H., BOWER C.W., FRETWELL S.D., 1967. — Biometric Study of Major Body Components of the Slate-coloured Junco, *Junco hyemalis*. *Condor*, 69 : 560-578.
- HELMS C.W., BOWER E.B., 1968. — Seasonal Variation in Fatty Acids of the Slate-coloured Junco (*Junco hyemalis*). *Physiol. zool.*, 41 : 157-168.
- HELDWIG J.T., 1983. — *Guide d'Introduction à SAS*. SAS Institute Inc., North Carolina (USA), traduit de l'anglais par J.M. Gautier et B.Gerardin : 94 pp.
- HERREMANS M., 1982. — *Observatie Verschillen en Interpretatie Problemen* Zichtbare vogeltrek. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie : 87-89, 145.
- HERRERA C.M., 1978. — On the Breeding Distribution Pattern of European Migrant Birds. Mac Arthur's Theme Reexamined. *Auk*, 95 : 496-509.
- HICKS D.L., 1967. — Adipose Tissue Composition and Cell Size in Fall Migratory Thrushes (*Turdidae*). *Condor*, 69 : 387-399.
- HOLYNSKI R., 1965. — Methods for Analysis of the Wing Shape of Birds. *Notatki Ornitologiczne*, 6 : 21-25.
- HOWARD R., MOORE A., 1980. — *A complete Checklist of the Birds of the World*. Oxford University Press : 596-598.
- HUXLEY J.S., 1939. — Clines : an Auxillary Method in Taxonomy. *Býdr. Dierk.*, 27 : 491-520.
- JELLMANN J., 1979. — Flughöhen ziehender Vögel in Nordwestdeutschland. *Die Vogelwarte*, 30 : 133.
- KAHL M.P., 1963. — Thermoregulation in the Wood Stork with Special Reference to the Role of the Legs. *Physiol. zool.*, 36 : 141-151.
- KÄLLANDER H., RYDEN O., 1974. — Inter-observer Differences in Studies of Visible Migration at Falsterbo. *Ornis Scandinavica*, 5 : 53-62.
- KELM H., 1970. — Beitrag zur Methodik des Flügelmessens. *J. Orn.*, III : 482-494.
- KING J.R., 1967. — Adipose Tissue Composition in Experimentally Induced Fat Deposition in the White-crowned Sparrow. *Comp. Biochem. Physiol.*, 21 : 393-403.
- LACK D.L., 1943. — The Problem of Partial Migration. *British Birds*, 37 : 122-130, 144-150.
- LACK D., 1969. — Drift Migration : a Correction. *Ibis*, III : 253-255.

- LEHIKONEN E., LAAKSONEN M., 1977. — Frequency of Tail-Moult in Immature Finnish Greenfinches. *Ornis Fennica*, **54** : 133-134.
- LIPPENS L., WILLE H., 1972. — *Atlas des Oiseaux de Belgique et d'Europe Occidentale*. Lannoo, Tielt : 765-766, 771-772.
- LLOYD-EVANS L., NAU B.S., 1965. — A Ringing Study of Greenfinch Weights. *Ann. Rep. Rye Meads Ringing Group*, **3** : 23-29.
- LOFTS B., MARSHALL A.J., 1961. — Zugunruhe Activity in Castrated Brambling, *Fringilla montingrilla*. *Ibis*, **103 a** : 189-194.
- MATHIASSEN S., 1972. — First Records for the Sudan of *Sylvia cantillans*, *Acanthis cannabina* and *Emberiza cia*. *Bulletin of the British Ornithologists' club*, **92** : 103-106.
- MAYER G., 1979. — Winterauftreten und Zug des Grünlings (*Carduelis chloris*) in Oberösterreich. *Naturk. Jahrb. Stadt Linz*, **25** : 221-245.
- MAYR E., 1942. — *Systematics and the Origin of Species*. Columbia University Press, N.Y. : 334 pp.
- MESTER H., PRUNTE W., 1982. — Die « Sektorale » Postjuvenile Handschwingermauser der Carduelinen in Südeuropa. *J. Orn.*, **123** : 381-399.
- MILES, P., 1968. — Proměnlivost Télesné Váhy Zvonka Zeleného (*Chloris chloris* L.) V Prubehu roku. *Opera corcontica*, **5** : 201-211.
- NEWTON I., 1969. — Molt and Weight of Captive Redpolls. *J. Orn.*, **110** : 53-61.
- NEWTON I., 1972. — *Finches*. Collins, London : 288 pp.
- O'CONNOR R., 1981. — Comparisons between Migrant and Non-migrant Birds in Britain. Pages 167-193 in D.J. Aidley, editor. *Animal migration*. Cambridge University Press.
- PARSLOW J.L., 1969. — The migration of Passerine Night Migrants Across the English Channel Studied by Radar. *Ibis*, **III** : 48-79.
- PHILIPPART B., 1980. — Contribution à l'Etude de la Migration du Pipit des Prés, *Anthus pratensis* (Linné). Mémoire de Licence en Sciences Zoologiques, Université de Liège, 1979-1980.
- PINOWSKI J., MYRCHA A., 1970. — Winter Fat Deposition in the Tree Sparrow (*Passer m. montanus* L.). *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences, Série des Sciences Biologiques*, **18** : 457-463.
- PRILL H., 1974. — Zur Variabilität des Körpergewichts beim grünfink, *Carduelis chloris*. *Ornithologischer Rundbrief Mecklenburgs*, **15** : 56-59.
- PRILL H., 1975. — Flügellänge und Flügelform beim Grünfink in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. *Der Falke*, **22** : 92-94.
- PRYS-JONES R.P., 1977. — *Aspects of Reed Bunting Ecology, with Comparisons with the Yellowhammer*. D. phil. thesis, Oxford
- RENDahl H., 1958. — Beringungsergebnisse über die Wanderungen der Schwedischen Grünfinken (*C. chloris*). *Die Vogelwarte*, **19** : 199-203.
- RENSCH B., 1938. — Einwirkung des Klimas bei der Ausprägung von Vogelrassen, mit besonderer Berücksichtigung der Flügelform und der Eizahl. *Proc. of the 8th International of Ornithological Congress. Oxford*, 1934 : 285-311.
- RICHARDSON W.J., 1978. — Timing and Amount of Bird Migration in Relation to Weather : a Review. *Oikos*, **30** : 224-272.
- ROBERT, G., 1977. — Contribution à la Connaissance biométrique du Verdier d'Europe (*Chloris chloris*). *Le Gerfaut*, **67** : 101-131.
- SAS INSTITUTE, 1982. — *Sas User's Guide - Statistics*. 923 pages. Caroline du Sud (USA).
- SCHIERER A., 1979. — Dispersion et Données Biométriques du Verdier (*Carduelis chloris*) de Passage en Alsace. *Ciconia*, **3** : 54-58.
- SCHIFFERLI A., 1938. — Beringungsergebnisse des Grünfinken (*Chloris c. chloris* L.). *Der Ornithologische Beobachter*, **36** : 17-22.
- SCHILDMACHER H., 1967. — Bluthänfling, *Carduelis cannabina* (L.). *Der Falke*, **14** : 93-94.
- SCHWARTZ D., 1981. — *Méthodes Statistiques à l'Usage des Médecins et des biologistes*. Flammarion médecine sciences : 318 pp.

- SELANDER R.K., 1966. — Sexual Dimorphism and Differential Niche Utilization in Birds. *Condor*, **68** : 113-151.
- SELANDER R.K., GILLER D.R., 1963. — Species Limits in the Woodpecker Genus *Centurus* (Aves). *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., N.Y.*, **124** : 217-273.
- SOULE M., STEWART B.R., 1970. — The « Niche-Variation » Hypothesis : a Test and Alternatives. *The American Naturalist*, **104** : 85-97.
- STEWART, I.F., 1963. — Variation of Wing Length with Age. *Bird Study*, **10** : 1-9.
- SUTTER E., 1946. — Die Flügellänge junger und mehrjähriger Grünfinken und Gartenrötel. *Der Ornithologische Beobachter*, **43** : 81-85.
- The Visible Migration of Birds at Ottenby. Var Fagelvärld*. Supplementum 7. Edited by the Swedish Ornithological Association bu Carl Edlestam : 353 pp.
- SVENSSON L., 1984. — *Identification Guide to European Passerines*. British Trust of Ornithology : 246-251.
- TICEHURST C.B., 1938. — A Systematic Review of the Genus *Phylloscopus*. British Museum (Natural History), London.
- 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 VALEN L., 1965. — Morphological Variation and Width of Ecological Niche. *The American Naturalist*, **99** : 377-390.
- VAURIE CH., 1956. — *Systematic Notes on Palearctic Birds*. Amer. Mus. Novit. **1775** : 25.
- VAURIE CH., 1959. — *The Birds of the Palearctic Fauna. I. Passeriformes*. H.F. et G. Witherby Limited, London.
- VERHEYEN R., 1941. — Etude des Formes Géographiques de la Faune Ornithologique belge. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, **17** : 16-17.
- VERHEYEN R., 1955 a. — Les linottes, *Carduelis cannabina* (L.), Nicheurs et Visiteurs d'Hiver en Belgique. *Le Gerfaut*, **45** : 5-24.
- VERHEYEN R., 1955 b. — Over de Trek van de Groenvink *Chloris chloris* (L.) in en door België. *Le Gerfaut*, **45** : 173-184.
- VERHEYEN R., 1956. — Les longueurs de l'Aileron et de la Queue en Relation avec l'Age des Oiseaux. *Le Gerfaut*, **46** : 65-73.
- VLEUGEL D.A., 1974. — Observations aux Pays-Bas sur les Différents Etages de Migration du Pinson des Arbres *Fringilla Cælebs* vers la Mer du Nord et leurs Causes Probables. *Alauda*, **42** : 429-436.
- VOOUS K.H., 1960. — *Atlas of European Birds*. Nelson, London : 272-273.
- WALLRAFF H.G., 1978. — Social Interrelations involved in Migratory Orientation of Birds : Possible Contribution of Field Studies. *Oikos*, **30** : 401-404.
- WESTPHAL D., 1976. — Über die Post juvenile Mauser beim Grünfink (*Carduelis chloris*). *J. Orn.*, **117** : 70-74.
- WESTPHAL D., 1981. — Zur Variabilität von Körpergewicht und Flügellänge des Grünlings (*Carduelis chloris*) in Berlin. *Die Vogelwarte*, **31** : 94-101.
- WHITE C.M., 1966. — The Annual Lipid Cycle and Feeding Behavior in Redpolls, *Acanthis Spp*. Unpublished Master's thesis, University of Alaska (U.S.A.)
- WITHERBY H.F., JOURDAIN F.C.R., TICEHURST N.F., TUCKER B.W., 1944. — *The Handbook of British Birds I*. H.F. et G. Witherby Limited, London : 54-57, 78-81.
- YAPP W.B., 1956. — Two Physiological Considerations in Bird Migration. *Wilson Bull.*, **68** : 312-319.
- YOKOYAMA, 1977. — Hypothalamic and Hormonal Control of Photoperiodically Induced Vernal Functions in the White-crowned Sparrow, *Zonotricha leucophrys gambelii*. 2. The Effects of Hypothalamic Implantation of Testosterone Propionate. *Cell Tissue Res.*, **176** : 91-108.