

**Zeitschrift:** Actes de la Société jurassienne d'émulation  
**Herausgeber:** Société jurassienne d'émulation  
**Band:** 84 (1981)  
  
**Artikel:** Analyse descriptive de l'occupation des nichoirs dans la région de Delémont, de 1961 à 1980  
**Autor:** Anker, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-684650>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Analyse descriptive de l'occupation des nichoirs dans la région de Delémont, de 1961 à 1980

*par Peter Anker*

## I. INTRODUCTION

Entre toutes les sciences naturelles, l'ornithologie est certainement celle qui connut le plus grand développement par l'intermédiaire de non-professionnels. Observateurs assidus ou occasionnels, protecteurs de la nature passionnés ou simples rôdeurs se recrutant dans toutes les classes sociales, ils ont contribué dans une large mesure à la connaissance des oiseaux en recueillant une quantité d'informations sans nombre. Basée avec tout sur l'observation, l'ornithologie est restée principalement une science de terrain et donc encore ouverte à plus d'un autodidacte.

Dans notre pays, ces naturalistes se sont souvent regroupés en sociétés régionales. En dehors de leurs activités d'observation, la pose et le contrôle de nichoirs ont toujours été les occupations les plus représentatives de ces groupements. A Delémont, une telle société a déjà été fondée au début de ce siècle, sous le nom de «Société protectrice des oiseaux de Delémont et environs» (SPOD). La région de la capitale jurassienne est ainsi pourvue de nichoirs à oiseaux au nom de cette société depuis 1906. Malheureusement, les relevés de leurs contrôles n'ont pas toujours été inventoriés dans les archives de la SPOD et c'est seulement à partir de 1961 que ces résultats de nidifications sont répertoriés et conservés de manière rigoureuse. La présente étude est donc, en premier lieu, une tentative de dépouillement, puis d'analyse de ces données. La complexité des relations écologiques qui lient les oiseaux à leurs milieux et qui influencent leur nidification limite souvent ce travail à de simples considérations descriptives. Guidé par l'idéal naturaliste, comme cela avait déjà été le cas lors d'une précédente publication (Anker, 1980), l'auteur donne ici quelques brèves informations concernant la végétation et la topographie des lieux étudiés.



## II. LES COLONIES

Pour des raisons évidentes de commodités, les membres de la « Société protectrice des oiseaux de Delémont et environs » n'ont pas disséminé leurs nichoirs dans toute la vallée, mais les ont concentrés en quelques sites près de la ville (*voir Fig. 1*). Ces groupements de nichoirs placés à l'intérieur de surfaces délimitées définissent des colonies qui ont été intitulées selon leur lieu-dit. En vue d'un traitement statistique des relevés d'occupation, le nombre de nichoirs par colonie ne devrait pas être inférieur à 25, et une certaine densité devrait également être respectée.

Dans le but de dégager des conclusions fiables sur l'écologie des oiseaux nicheurs, les surfaces considérées devraient être homogènes : composition du sol, pente, ensoleillement, humidité et végétation uniformes. Il est presque évident que des périmètres choisis subjectivement ne peuvent pas satisfaire cette condition idéale. Pour illustrer simplement les conditions météorologiques moyennes de Delémont, mentionnons que par la situation topographique, on se trouve dans un îlot de sécheresse et cela malgré des inondations périodiques et un brouillard presque légendaire. Les précipitations annuelles y sont de  $946 \pm 157$  millimètres et la température annuelle moyenne est de  $8,4 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$  (moyenne de 1961 à 1978  $\pm$  déviation standard : *Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt*, 1961 à 1978).

Durant la période considérée, soit de 1961 à 1980, sept colonies ont été suivies par quelques membres de la société ornithologique delémontaine. Deux colonies (Domont et Grande-Ecluse), ne datant que de 1973, et une troisième (Les Rondez) abandonnée en 1968 pour cause administrative, n'ont pas été retenues dans cette publication. Ainsi, ce sont quatre groupements de nichoirs, tous situés sur l'anticlinal nord de la vallée de Delémont, qui sont étudiés et brièvement présentés ci-dessous (indication des associations végétales selon Ellenberg et Klötzli, 1972 et Ellenberg, 1978).

### *Le Colliard*

Située sur la rive droite de la Birse, cette colonie est la plus ancienne de la SPOD. Par le nombre impressionnant, nettement plus de cent, d'espèces d'oiseaux déjà observés en ce lieu-dit, il est ainsi devenu le site d'observation préféré de nombreux naturalistes. Cette grande richesse de l'avifaune est la conséquence directe de la succession de biotopes différents sur une surface relativement restreinte qui mériterait incontestablement d'obtenir le statut de réserve naturelle. Un des pôles



d'attraction de ce site est une magnifique roselière d'un peu moins d'un hectare, déterminante pour la présence de certaines espèces. A cette zone humide est juxtaposée un petit bois relevant de la frênaie à mérisier (*Pruno-Fraxinetum*). Des champs intensément cultivés limitent encore l'extension de cette roselière, et une saulaie (*Salicetum albae*) réduite à une mince bande forme la transition avec la Birse. Cette partie basse (410 m) et relativement humide est séparée du versant par une langue de vieux Chênes rouvres montrant certains caractères d'une chênaie méso-phile (*Stellario-Carpinetum*). La partie médiane (410 m à 530 m) est principalement formée d'une hêtraie à laiche (*Carici-Fagetum*) accusant certaines tendances vers la pineraie des crêtes rocheuses calcaires. Sur les replats et dans les dépressions, on observe la hêtraie à asperule (*Galio odorati-Fagetum*). A l'est, une lisière de Chênes rouvres et de buissons denses, surtout d'épine noire, marque la séparation avec les terres agricoles. La transition avec la partie supérieure plus abrupte est réalisée par une jeune pineraie et un pâturage maigre. Remarquons encore que la végétation de tout ce versant est caractéristique d'un milieu xérophile, basique et calcaire, alors que celle de la partie basse indique des conditions humides.

#### *Sous-Béridier et Sous-Cheynatte*

Cette colonie forme une bande de trois kilomètres de long à l'altitude moyenne de 570 m, au nord de Delémont. Lisière de forêt ainsi que piémont, on y rencontre approximativement un nichoir tous les hectomètres. En contrebas, champs cultivés ou pâturages, haies ou forêt précèdent la ville. Tous les nichoirs sont placés dans une hêtraie à cardamine (*Cardamino-Fagetum*) tendant vers la hêtraie à asperule (*Galio odorati-Fagetum*) aux endroits où le sol est plus profond. Pour compléter, ajoutons qu'au milieu de la côte assez abrupte, on observe la hêtraie à laiche (*Carici-Fagetum*), dans les rochers, la pineraie des rochers calcaires, et sur la crête, la pineraie à séslerie bleue.

#### *La Haute-Borne*

Ce lieu-dit, situé à 890 m d'altitude, est un mince plateau montagnard de pâturages et de champs cultivés encerclé de forêts. Par l'absence de massif plus élevé dans les proches alentours, l'effet de sommet y est particulièrement accusé. Par conséquent très exposée aux vents, le climat du lieu est rude et la neige peut être abondante. Ainsi, les précipitations annuelles sont d'environ 200 mm supérieures à celles de la vallée et la température annuelle moyenne est de 1,5°C inférieure. La végétation a, de ce fait, régulièrement une vingtaine de jours de retard,



ce qui entraîne évidemment un recul des dates de nidifications. Quelques nichoirs sont placés dans le verger à hautes tiges de la ferme, mais la majorité se trouve à la lisière de la forêt du versant nord qui est une hêtraie à sapin (*Abieti-Fagetum*) sur station fraîche à légèrement sécharde.

### *La Golatte*

Cette colonie porte le nom du ruisseau qui sillonne combes et forêts au nord de Develier. Un amphithéâtre forestier limite le verger d'une ferme et ouvre au sud-ouest sur un plateau cultivé, à l'altitude de 560 m. Quelques nichoirs sont placés dans le verger, mais la plupart sont en lisière du cirque forestier où, malgré la surface réduite considérée, trois stations sont à distinguer : au nord, la hêtraie à cardamine (*Cardamino-Fagetum*) à légère tendance xérophile due aux éboulis ; au sud, une transition mal définie entre la hêtraie à cardamine et la hêtraie à laiche et, dans les dépressions marneuses à l'est ainsi que le long du ruisseau une frênaie à érable (*Aceri-Fraxinetum*). Notons encore que, par son exposition, ce lieu n'est guère à l'abri du vent.

Pour compléter cette brève description des quatre colonies étudiées, le Tab. 1 indique encore l'inventaire des essences portant un nichoir. Par simplification, seul le genre a été indiqué et non l'espèce. Cette liste peut être considérée de manière générale comme représentative du peuplement arbusif d'une colonie donnée. La végétation naturelle potentielle ayant été décrite ci-dessus, ce tableau renseignera davantage sur la végétation actuelle.

## III. LES NICHOKS ET LEURS HÔTES

Nos prédécesseurs plaçaient donc déjà des nichoirs pour contribuer à la protection de certains oiseaux, mais certainement avaient-ils également reconnu les relations liant une chaîne alimentaire. En créant des cavités supplémentaires, principalement dans des vergers, ils favorisaient ainsi la reproduction de prédateurs d'insectes. Signalons pour illustration que les jeunes d'une nichée moyenne de Mésange charbonnière ingurgitent environ dix mille insectes et chenilles jusqu'à l'envol (Henze et Zimmermann, 1966). Si ces premiers principes d'agriculture biologique ne sont appliqués dans nos régions que depuis quelques décennies, ils étaient par contre déjà en application au XVIIe siècle en Allemagne (Henze et Zimmermann, 1966).



Actuellement, les vergers ayant disparu ou subi de profondes modifications de structure, les forêts étant transformées et jardinées, les nichoirs deviennent des éléments de survie pour certaines espèces. Par la construction et la pose de nichoirs spécifiques dans des biotopes potentiels pour les oiseaux menacés, il est ainsi possible de contribuer efficacement à la protection et à la conservation de populations en danger. C'est notamment le cas pour les oiseaux liés aux vergers traditionnels à hautes tiges, comme par exemple la Chouette chevêche (*voir Juillard, 1980*). La fonction des nichoirs posés généralement en forêt n'est toutefois par encore aussi vitale, mais le taux d'occupation élevé de ceux-ci indique incontestablement que les cavités naturelles ne sont pas en surabondance.

Comme on vient de le sous-entendre, il existe plusieurs types de nichoirs plus ou moins sélectifs. Dans la présente étude, seuls des nichoirs à passereaux (*voir Fig. 2*), appelés également nichoirs à Mésanges, ont été retenus. Ils sont tous en bois traité, généralement du sapin, avec un plancher intérieur en moyenne de  $12 \times 14$  cm et des trous d'envol ronds variant entre 26 et 48 mm de diamètre. La répartition des nichoirs en fonction de la hauteur par rapport au sol (hauteur moyenne M, 3,4 m) et de l'orientation est représentée sur la *Fig. 3* pour 1977. Ces deux histogrammes indiquent manifestement que les ornithologues de la SPOD ont posé leurs nichoirs guidés par deux règles empiriques : orienter l'ouverture entre l'est et le sud à une hauteur d'environ 3 m.

Sept espèces d'oiseaux cavernicoles nichent régulièrement dans ces cavités artificielles. La synthèse de nombreuses observations de terrain faites dans les environs de Delémont résume brièvement ci-après l'habitat de chaque espèce nicheuse. Ces notes sont en accord avec les indications d'autres publications (Glutz von Blotzheim, 1964; Peterson et al., 1972; Koch, 1975).

Gobe-mouches noir (*Ficedula hypoleuca*).— Les premiers individus de retour d'Afrique tropicale s'observent vers mi-avril dans le bas de la vallée de la Sorne, généralement au Colliard. Le Gobe-Mouches noir se rencontre alors dans les forêts peu denses de feuillus avec de vieux arbres, en lisière, dans des jardins et des vergers d'arbres à hautes tiges, ainsi que dans de vieilles haies jalonnées de grands arbres, surtout des Chênes rouvres. Sa présence est très nettement plus forte aux endroits à nichoirs et le biotope lui semble alors presque indifférent.

Mésange nonnette (*Parus palustris*).— Comme son nom l'indique, elle est en grande partie rattachée aux lieux humides. On observe ainsi la Mésange nonnette aux bords des cours d'eau, dans les bois riverains, mais également dans les forêts de feuillus, les vergers et les haies pourvues de vieux arbres.



Mésange bleue (*Parus caeruleus*).— De même que l'espèce précédente, la Mésange bleue est presque absente des forêts de conifères. Elle préfère ainsi principalement les bois clairs dominés par les feuillus et elle est également présente dans les vergers, les jardins et les haies.

Mésange charbonnière (*Parus major*).— En dehors des terrains découverts et dépourvus d'arbres du bas de la vallée de Delémont (zone agricole), la Mésange charbonnière habite tous les milieux plus ou moins boisés de la région considérée. C'est incontestablement la plus éclectique des Mésanges et la seule à être régulièrement observée au sol.

Sittelle torchepot (*Sitta europaea*).— Cet oiseau typiquement arboricole peut être associé aux vieux arbres en général. Marquant une légère préférence pour les résineux, mais dépendant des feuillus pour les cavités, la Sittelle occupe les boisements et forêts peu denses, les parcs, vergers, jardins et allées de la ville. Sa présence semble déterminée en partie par celle du Pic épeiche (*Dendrocopos major*) ou par celle d'arbres d'un certain âge et d'une grandeur correspondante.

Moineau friquet (*Passer montanus*).— Chassé des zones urbaines par le Moineau domestique (*Passer domesticus*), le Moineau friquet habite les terrains ouverts et ensoleillés en général, comme les jardins, les vergers et autres zones agricoles avec haies, bosquets ou arbres isolés. Il fuit l'intérieur des forêts, mais on le rencontre en lisière de celles-ci à proximité des champs cultivés. Il évite les conifères et préfère nettement les Saules, Peupliers et Chênes, ce qui explique sa rareté sur les hauteurs de Delémont, à partir de 700 m environ.

Etourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*).— De l'intérieur de la ville jusqu'à la lisière des forêts, du bas de la vallée jusqu'aux Rangiers, l'Etourneau habite tous les milieux proches des zones agricoles. Il fuit également l'intérieur des forêts et on l'observe généralement aux mêmes endroits que le Moineau friquet ; sa présence diminue en fonction de l'altitude.

Des sept espèces cavernicoles ci-dessus, seul le Gobe-Mouches noir peut être considéré comme migrateur à part entière. L'Etourneau hiverne toujours davantage dans la vallée de Delémont et une baisse sensible de sa population n'est observée qu'un mois dans l'année, en décembre. Les cinq autres nicheurs décrits s'observent toute l'année et sont soit sédentaires soit migrateurs partiels.

En dehors des oiseaux brièvement présentés, d'autres espèces ont également niché, sporadiquement toutefois, dans le type de nichoir considéré : le Torcol fourmilier (*Jyns torquilla*), la Bergeronnette grise (*Motacilla alba*), le Rouge-Queue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*), le Rouge-Queue noir (*Phoenicurus ochruros*), le Merle noir



(*Turdus merula*), la Mésange noire (*Parus ater*), des Pics et des Grimpeaux. En conséquence, on peut donc affirmer que la forme du nichoir n'est pas très sélective.

Après l'inventaire des oiseaux nichant dans les cavités artificielles retenues, il convient de mentionner un mammifère arboricole, le Loir gris (*Glis glis*), qui profite également des nichoirs pour y installer quelquefois sa progéniture; parfois même il y puise sa nourriture. Les mœurs nocturnes de ce muscaridé font que nous avons de lui très peu d'observations visuelles; cependant, différentes traces de l'animal indiquent son penchant pour les forêts de Hêtre. Le Loir ne retiendrait pas tant notre attention s'il ne montrait pas un intérêt certain pour les occupants ailés des nichoirs. Comme l'a montré une récente étude (*Stucki, 1980*), ce mammifère est un des principaux prédateurs du Gobe-Mouches noir. La communication fait même mention d'un Loir qui, après avoir dévoré la femelle et sa nichée, était si gros qu'il ne pouvait plus sortir du nichoir. D'autre part, la Mésange bleue semble également être quelquefois victime de ce mammifère. Un autre prédateur connu est la Martre (*Martes martes*) qui introduit une patte dans le nichoir et en retire les jeunes.

Enfin, les relevés d'occupation des nichoirs qui ont servi de base pour la partie analytique de la présente étude ont principalement été faits à partir du matériel de nidification. Les adultes construisent, en effet, des nids à l'intérieur des nichoirs dont la structure et les matériaux utilisés sont spécifiques pour l'oiseau nicheur. On peut donc déterminer rétroactivement l'occupant pour chaque nichoir (*voir Hoeher, 1972*).

#### IV. ANALYSE DES RELEVÉS D'OCCUPATION DES NICHOKRS

Après ces quelques indications sur les oiseaux nicheurs et la végétation, il convient d'analyser les résultats de nidifications. Bien que la biologie de terrain soit principalement une science descriptive, une certaine tendance consistant à rationaliser mathématiquement les lois régissant le monde vivant se dessine. Partant de données numériques objectives, il serait toutefois utopique de vouloir transcrire l'écologie des oiseaux nicheurs dans un langage mathématique. Les propos qui vont suivre seront donc avant tout qualitatifs.

Afin de permettre des représentations graphiques cohérentes et comparables, certaines transformations numériques élémentaires des relevés d'occupations ont été nécessaires. Ainsi, à l'exception de deux



graphiques (*Fig. 4 et 6*) où des nombres absolus sont représentés, des nombres relatifs (%) ont servi de base pour les autres représentations. Pour les *Fig. 5 et 6*, le taux d'occupation se rapporte à l'ensemble des nichoirs, alors qu'il se réfère aux nichoirs occupés (nichoirs occupés normés à 100 %) pour les autres figures, hormis la *Fig. 14*. Pour une raison visuelle et par simplification, une entorse mathématique a été commise dans plusieurs cas; ainsi, nous avons relié les points des graphiques par des droites, alors que l'histogramme aurait été la forme de représentation correcte.

Un des renseignements de base pour toute analyse statistique est l'indication quantitative de l'échantillonnage. Dans cet ordre d'idée, la *Fig. 4* montre l'évolution du nombre des nichoirs contrôlés par la « Société protectrice des oiseaux de Delémont » de 1961 à 1980. L'abandon, pour des raisons administratives, de la colonie des Rondez à partir de 1969, et l'absence de contrôle des nichoirs du Colliard en 1971 expliquent le creux de cette période. La pose puis le retrait de nichoirs dans certains secteurs à but expérimental sont, d'autre part, à l'origine du maximum de 1974.

Parallèlement à l'évolution du nombre des nichoirs, il est intéressant d'examiner celle de leur taux d'occupation (*Fig. 5*). Si le nombre de cavités artificielles contrôlées varie du simple au triple, le taux d'occupation, en revanche, oscille dans une marge relativement restreinte de 20 %, soit de 64 à 84 %. On remarquera que lors de la plus grande variation du nombre de nichoirs, de 1968 à 1974, l'occupation relative est approximativement constante. En revanche, l'effectif des cavités ne change pratiquement pas, alors que le taux d'utilisation enregistre la plus forte fluctuation. Il semble donc qu'aucune corrélation entre les données des *Fig. 4 et 5* ne puisse être dégagée. De plus, la courbe de la *Fig. 5* ne montre pas de périodicité et la pente de la droite de régression des dix-huit données d'occupations ne diffère pas significativement de zéro, ce qui indique que le taux d'occupation varie de manière stochastique autour de la moyenne ( $72,2 \pm 4,7$  %).

Absence de corrélation également entre l'effectif et le taux d'occupation des nichoirs lorsqu'on examine les colonies séparément (*Fig. 6*), comme le démontre spécialement les deux graphiques de la Haute-Borne. Toutefois, pour chaque colonie, la variation de l'occupation est environ le double de celle observée pour l'ensemble, avec un écart maximum de 53 % à Sous-Béridier/Sous-Cheynatte. La relative constance du taux d'occupation de la somme des nichoirs peut donc être attribuée à un effet compensatoire de sommation, car aucun parallélisme n'est observé entre les quatre représentations graphiques de droite de la *Fig. 6*. Les



conditions météorologiques ou tout autre phénomène agissant sur les quatre zones simultanément ne semblent donc pas influencer le taux d'occupation.

L'indépendance des deux grandeurs ci-dessus est logique et attendue, car la densité des niohirs est faible. Sachant que la pose de niohirs augmente le nombre de couples nicheurs (*voir par exemple Leclercq, 1976*), on peut établir un modèle théorique pour la nidification absolue (nombre de couples nicheurs) et l'occupation relative des niohirs en fonction du nombre de niohirs à l'intérieur d'une surface donnée, en considérant des conditions extérieures constantes. Partant de l'effectif nicheur cavernicole avant la pose de niohirs, la population cavernicole augmenterait avec les cavités artificielles offertes, jusqu'à la limite de saturation. Celle-ci atteinte, le nombre de couples nicheurs resterait constant malgré l'augmentation de la densité de niohirs. Ce point de saturation serait principalement déterminé par la population primitive des oiseaux cavernicoles, le nombre de cavités naturelles, la végétation et le potentiel alimentaire de la colonie considérée, notamment la quantité et la qualité de l'entomofaune. De son côté, l'occupation relative des niohirs resterait constante entre 50 et 100 % jusqu'à la densité de saturation, puis diminuerait constamment. Le mâle d'un couple nicheur passant la nuit dans une seconde cavité, alors que la femelle couve ou réchauffe ses jeunes dans le niohir effectivement occupé, le taux d'occupation de saturation des niohirs serait par conséquent de 50 %, en admettant l'existence seule de cavités artificielles. Ce pourcentage n'est que légèrement supérieur si l'on considère la présence de cavités naturelles, car les oiseaux cavernicoles préfèrent les niohirs.

La densité des niohirs étudiés étant manifestement inférieure au seuil de saturation pour chaque colonie, on s'attendrait ainsi à obtenir un taux d'occupation constant supérieur à 50 %. Si par le nombre restreint de niohirs par colonie et des conditions expérimentales variables ce résultat n'est pas atteint pour les colonies séparées, il est en revanche observé pour l'ensemble des niohirs.

Après l'analyse du taux d'occupation global des niohirs, nous allons opérer une différenciation par espèce. Il faut toutefois être conscient de certains facteurs non quantifiables et incontrôlables ou anthropiques, comme la détérioration des niohirs, l'agrandissement naturel ou la diminution artificielle du diamètre du trou d'envol. Sans montrer de constance particulière ni de périodicité, l'occupation relative de certaines espèces montre incontestablement des tendances significatives (*Fig. 7*). La différenciation spécifique au sein des Mésanges n'ayant pas toujours été effectuée, les trois espèces sont regroupées sous



leur genre, mais les trois quarts environ de leurs nidifications reviennent à la Mésange charbonnière, comme nous le verrons plus loin en *Fig. 14*. Par sa très large répartition, son potentiel d'adaptation et sa robustesse, cette dernière espèce contribue largement à l'occupation régulière du genre aux alentours de 50 %. Plus sélectif concernant le biotope, l'Etourneau a enregistré une baisse constante d'occupation, passant de 34 % à 6 %. Migrateur nicheur relativement rare dans les années cinquante, son effectif a été augmenté artificiellement par la pose de nichoirs à grande ouverture (supérieure à 40 mm). Le phénomène s'est inversé vers 1960 et des mesures de protection ont fait place à la dissuasion en diminuant le diamètre des trous d'envol. Le Moineau friquet, s'observant souvent avec l'Etourneau, montre par contre un taux fort variable entre 3 et 24 %. L'omniprésence de cet oiseau campagnard en basse altitude lui assure une occupation moyenne de 12 %. Avec la Sittelle, on assiste à une évolution encore différente, passant de 24 % en 1961 pour se stabiliser maintenant vers 8 %. Cette baisse, parallèle à celle du Pic épeiche selon des ornithologues expérimentés, pourrait éventuellement être attribuée à un rajeunissement plus intensif des forêts. Mais le développement le plus intéressant est certainement celui du Gobe-Mouches noir. A l'exception de trois nidifications en 1959, cet oiseau était absent des nichoirs de la région avant 1968; depuis cette date, il occupe ceux-ci systématiquement. A l'intérieur des colonies, il est en effet rare d'observer une nidification de Gobe-Mouches noir dans une cavité naturelle. Cette occupation soudaine et relativement importante est une manifestation de la dynamique orientée vers l'ouest du Gobe-Mouches (*Glutz von Blotzheim, 1964; Sermet in Schifferli et al., 1980*). Il est incontesté que les nichoirs ont contribué dans une large mesure à l'expansion de cette espèce. Comme dernier arrivant d'Afrique, entre fin avril et début mai, alors que la plupart des nichoirs sont déjà occupés par les autres espèces, il peut paraître étonnant d'assister à une occupation moyenne de 15 % par le Gobe-Mouches noir. Avec sa puissance relative et son caractère agressif, l'oiseau cité ici expulse le nicheur déjà en place et prend ainsi possession du nichoir. Il n'est en effet pas rare d'observer un nid de Gobe-Mouches sur celui d'une Mésange, souvent sur les œufs non éclos et parfois même directement sur les jeunes du premier occupant.

Pour l'élaboration de la figure commentée ci-dessus, le nombre total des nichoirs occupés par une espèce a été exprimé relativement à l'ensemble des nichoirs occupés, les cavités artificielles ne formant ainsi qu'une seule colonie globale. Afin de tenir compte de l'identité de chaque colonie, la moyenne des différents taux d'occupation des quatre



stations a été effectuée (*Fig. 8*), de sorte que chaque colonie est pondérée de manière égale. Le nombre de nichoirs d'une station à l'autre variant du simple au quadruple, il est remarquable que ces courbes des moyennes aient les mêmes allures que celles de la figure précédente. Toutefois, les déviations standards souvent considérables conduisent à des fractions de courbes qui ne sont pas toujours significatives selon le test du *f* d'après Student (*Zurmühl, 1965*). Malgré la ressemblance frappante des courbes, nous sommes ainsi une fois de plus invités à la prudence dans leur interprétation.

A la suite de l'esquisse des tendances pour l'ensemble des nichoirs, nous allons examiner les résultats de nidifications des quatre colonies retenues. La *Fig. 9* montre l'évolution au Colliard, où les Mésanges varient de manière semblable à ce que nous avons dégagé des deux figures précédentes. L'Etourneau, par contre, est en forte augmentation de 1963 à 1969 et disparaît pratiquement à partir de 1973. L'agrandissement naturel du trou d'envol de certains nichoirs, souvent accéléré par le Pic épeiche et l'Etourneau lui-même, puis le rapetissement artificiel par l'homme sont des éléments explicatifs de ces résultats auxquels il convient d'ajouter la baisse sensible de la population d'Etourneaux aux alentours de Delémont. Bien que montrant la même évolution durant les sept dernières années, la Sittelle évolue de manière opposée jusqu'en 1969, ce qui pourrait démontrer une concurrence pour les nichoirs à grande ouverture. Par le manque de données, cette hypothèse est très fragile, mais néanmoins soutenue par de nombreuses observations dans ce sens, toutes à l'avantage de l'Etourneau. Absent des nichoirs jusqu'en 1965, le Moineau friquet en occupe depuis lors en moyenne 20 %, tous situés dans la partie inférieure du Colliard (chênaie, saulaie et frênaie). Quant au Gobe-Mouches noir, la perte des résultats de nidifications de 1970 à 1972 empêche de fixer sa première occupation.

A Sous-Béridier / Sous-Cheynatte (*Fig. 10*), la première nidification dans un nichoir par le Gobe-Mouches noir peut être fixée à 1968. De même que celui des Mésanges, le taux d'occupation du Gobe-Mouches varie fortement. L'abandon progressif des nichoirs placés dans le verger de la ferme du Mexique au sud-est de la colonie explique certainement la diminution des Etourneaux, puis des Friquets, causant une augmentation relative des Mésanges. Si le Moineau friquet a disparu des cavités artificielles de cette colonie, l'augmentation, depuis quelques années, de l'Etourneau demeure inexpiquée. Evolution également inattendue pour la Sittelle, alors que l'on s'attendait à une occupation relativement forte et constante pour une colonie bordant une forêt.



La colonie la plus élevée, celle de la Haute-Borne, montre des occupations assez stables, à l'exception de celle des Mésanges (*Fig. 11*). L'Etourneau niche depuis douze ans dans cinq nichoirs (20 %) du verger, le Gobe-Mouches noir occupe régulièrement le 20 % des nichoirs occupés et la Sittelle le 7 %. On remarquera encore que le Moineau friquet n'a jamais niché dans une cavité artificielle de la Haute-Borne.

A la Golatte (*Fig. 12*), on retiendra essentiellement une forte domination des Mésanges, alors que l'occupation relative des quatre autres espèces varie entre 0 et 25 %, sans qu'une tendance manifestement tangible puisse être dégagée.

Pour faire suite aux *Fig. 9 à 12*, caractérisant l'évolution de l'avifaune cavernicole nicheuse pour chaque colonie, les *Fig. 13 à 17* serviront davantage à décrire les particularités spécifiques des oiseaux nicheurs. Ainsi que nous l'avons relevé précédemment, les Mésanges occupent les nichoirs dans des proportions très variables; pour les quatre colonies entre 30 et 80 % des nichoirs occupés (*Fig. 13*). Il est intéressant de relever le parallélisme de l'évolution de la nidification à la Haute-Borne et à la Golatte durant les dix années suivant la pose des nichoirs. Les deux autres stations étant antérieures à 1960, nous ne pouvons établir s'il s'agit d'une évolution typique de nouvelles colonies.

Comme nous l'avons déjà mentionné, la détermination des Mésanges par espèce n'est effectuée que depuis 1974. Les résultats de l'occupation des trois espèces relative à l'occupation totale des Mésanges sont résumés à la *Fig. 14* (moyenne  $\pm$  déviation standard, de 1974 à 1980). Les observations faites dans ce terrain nous permettent d'affirmer que ces données caractérisent correctement la population de Mésanges de chaque colonie. A l'exception de la Golatte, dans les trois autres stations, la Mésange charbonnière représente les trois quarts des Mésanges nicheuses et la Mésange bleue un cinquième. Si ces deux espèces ne sont pas très sélectives, il n'en est pas de même pour la Mésange nonnette. Absente à la Haute-Borne, rare à Sous-Béridier/Sous-Cheynatte, nicheuse significative au Colliard, et en seconde position à la Golatte, elle peut être considérée comme indicatrice d'humidité d'une station. La préférence de la Mésange nonnette pour les biotopes humides explique sa présence dans les nichoirs de la partie basse du Colliard et de ceux bordant la combe de la Golatte. Elle délaisse d'ailleurs ceux de la crête de la Haute-Borne.

Hormis pour une colonie, le comportement du Moineau friquet semble se soustraire à l'analyse (*Fig. 15*). Ainsi que nous l'avons déjà remarqué, cette espèce n'a jamais occupé de nichoirs à la Haute-Borne. Toutefois, depuis quelques années, deux couples nichent régulièrement



sous l'avant-toit de la ferme et ces nidifications peuvent être considérées comme remarquables à cette altitude. Le Friquet s'observe en effet rarement au-dessus de 600 à 700 m dans la région de Delémont, ce qui est également le cas pour les autres régions de Suisse (*Glutz von Blotzheim, 1964*). Avec sa disparition depuis 1974 des nichoirs de Sous-Béridier / Sous-Cheynatte, il ne se rencontre actuellement que dans ceux de deux colonies. Il occupe généralement les nichoirs placés en bordure de chemins ou de rivières et ceux des vergers ou des bois très dégagés. Le Moineau friquet niche parfois également dans des nichoirs placés sur la première rangée d'arbres d'une lisière, mais jamais dans ceux plus à l'intérieur de la forêt.

Comme je l'ai déjà souligné à plusieurs reprises, les données de nidifications de l'Etourneau sont très délicates à analyser, car cette espèce peut être sélectionnée par le diamètre de l'ouverture du nichoir. En faisant abstraction des cavités forestières, on peut considérer qu'un nichoir dont l'ouverture dépasse 40 mm de diamètre accueillera probablement un Etourneau. De ce fait, en dehors d'une certaine tendance décroissante, aucune autre généralité ne sera dégagée de la *Fig. 16*.

Des quatre courbes indiquant l'occupation des nichoirs par la Sittelle (*Fig. 17*), on peut se permettre de filtrer une forme d'évolution commune. Le taux d'occupation baisse jusqu'à 0 % vers 1970, puis augmente à nouveau de manière significative. Une telle disparition momentanée reste inexpiquée.

Quant au Gobe-Mouches noir, son occupation relative varie fortement et de manière irrégulière dans les quatre colonnes (*Fig. 18*). Ces variations peuvent être le fruit du hasard, mais peuvent également refléter l'évolution d'un migrateur type ; des oiseaux mentionnés ci-dessus, le Gobe-Mouches est le seul pouvant être considéré comme tel. De ce fait, il arrive dans notre région alors que les autres nicheurs couvent déjà et doit, par conséquent, se contenter des nichoirs encore vides. Si ceux-ci ne lui conviennent pas, il prend possession d'un nichoir déjà occupé, souvent par une Mésange bleue. Il n'est ainsi pas rare de trouver un nid de Gobe-Mouches noir au-dessus de celui d'une Mésange avec les œufs ou des restes de jeunes étouffés ou dévorés. En outre, les premières nidifications dans des nichoirs ont été observées en 1968 dans trois stations simultanément. Dans la quatrième, le Colliard, son apparition se situe après 1969. Cette particularité est d'autant plus remarquable si l'on sait que le Gobe-Mouches noir subissait un déplacement d'est vers l'ouest.

Si les nichoirs considérés ici sont prévus pour abriter des oiseaux, ils semblent également très bien adaptés pour accueillir de petits mammifères, le Loir gris notamment, comme le démontre la *Fig. 19*. Le taux



d'occupation par ce nocturne est resté bas et constant jusqu'en 1975, mais a soudainement augmenté de manière frappante. Une cause possible de cette expansion peut être la rage, plus exactement la quasi disparition du Renard liée à cette épizootie. Delémont fut en effet déclarée zone contaminée en 1976, année de l'augmentation massive du Loir dans les nichoirs. Cette explosion ne serait pas préoccupante si le Gobe-Mouches noir et la Mésange bleue ne faisaient pas partie du régime alimentaire du Loir, le bec des autres espèces étant certainement trop dissuasif pour ce prédateur.

En guise de résumé, les moyennes des occupations durant la période étudiée sont représentées en *Fig. 20*. En règle générale, les moyennes des occupations de l'ensemble des nichoirs (T) représentent assez bien celles des colonies séparément, comme on a pu s'en assurer par des tests des moyennes selon Student. A l'exception de deux cas, les déviations standards revenant à l'ensemble des cavités sont inférieures à celles des colonies, ce qui démontre une fois de plus un effet compensatoire de sommation. Relevons pour terminer le taux moyen d'occupation des nichoirs de la « Société protectrice des oiseaux de Delémont » de  $72,2 \pm 4,7\%$  (moyenne  $\pm$  déviation standard, de 1961 à 1980).

Dans la partie analytique ci-dessus, aucune conclusion spécifique sur les relations entre une espèce nicheuse et l'emplacement des nichoirs ou concernant la concurrence interspécifique pour l'occupation de certaines cavités n'a été tirée. Chaque station montrant de nombreuses hétérogénéités, de tels résultats ne pouvaient pas être en perspective. C'est pourquoi nous avons élaboré une cartothèque des nichoirs comportant toutes les indications utiles sur l'emplacement (*voir tableau 1 et Fig. 3*) et la construction de chaque nichoir et, évidemment, les nidifications annuelles. D'ici quelques années, le traitement de ces données devrait éventuellement permettre de dégager quelques règles pour une pose sélective des nichoirs, ainsi que de reconnaître des relations du type énoncé précédemment. Pour terminer ce chapitre analytique, nous allons résumer très brièvement quelques résultats préliminaires de ce fichier, portant sur les huit dernières années.

Bien que l'arbre contre lequel est accroché le nichoir soit un élément majeur de celui-ci, nous n'avons pas encore reconnu de paramètre sélectif de l'essence. Néanmoins, nous pouvons affirmer que les nichoirs placés contre des Hêtres se dégradent plus rapidement que ceux accrochés à des Chênes ou à des résineux. L'écorce relativement lisse du Foyard, comparée à la rugosité de celle du Chêne, met le nichoir plus fréquemment en contact avec l'eau. Ce microclimat plus humide n'a par contre pas d'influence sur l'espèce nicheuse. Toujours concernant



l'emplacement, nous n'avons également pas pu dégager de facteur sélectif de la végétation environnante. Les dimensions variables des territoires et les mœurs alimentaires différentes pour chaque espèce et peut-être pour chaque individu ne sont pas faites pour faciliter cette recherche. De nombreuses observations des oiseaux nichant dans la Frênaie du Colliard ont montré par exemple que le Gobe-Mouches noir se nourrissait principalement dans ce petit bois, à faible distance de son nichoir, alors que la Mésange bleue allait se nourrir dans la Chênaie, à près de 300 m du nichoir.

Afin d'étudier la concurrence interspécifique, nous avons établi deux tableaux basés sur cent trente-trois nichoirs. Le premier (tableau II) donne la proportion de nichoirs ayant accueilli un nombre donné d'espèces nicheuses. Pour des raisons qui nous échappent, trois nichoirs n'ont jamais été occupés durant huit années. Il est par ailleurs étonnant que 85 % des nichoirs n'aient seulement reçu les nids que d'une ou de deux espèces ; le tableau III en donne la répartition. Ce résultat n'est certainement pas aléatoire, car le calcul des probabilités livrerait une distribution différente. Concernant les nichoirs n'ayant abrité qu'une espèce (éléments diagonaux du tableau III), leur sélectivité peut en partie être expliquée. La majorité des dix-huit nichoirs (13,5 %) qui n'ont reçu que des Mésanges ne permettaient qu'à la Mésange bleue et à la Mésange nonnette de pénétrer à l'intérieur. Seules ces deux espèces entrent dans des nichoirs avec un trou d'envol inférieur à 30 mm de diamètre. En outre, par rapport à la Mésange charbonnière, la Mésange bleue semble préférer les nichoirs placés relativement haut. Alors que le Moineau friquet occupera presque avec certitude les nichoirs très proches ou contre une ferme, l'Etourneau s'appropriera, avec la même probabilité, les nichoirs des vergers avec une ouverture supérieure à 40 mm et accrochés à plus de 5 m du sol. Autre résultat intéressant de ce dernier tableau sont les cinquante-trois nichoirs (39,8 %) qui n'ont abrité que des Mésanges et des Gobe-Mouches noirs. Cette éventuelle prédilection commune pour des milieux semblables et des mêmes nichoirs méritera une étude spéciale.

## V. CONCLUSIONS ET REMERCIEMENTS

Une étude analytique de l'occupation de nichoirs peut être conçue et planifiée de plusieurs manières, suivant les phénomènes que l'on veut cerner. Dans notre cas, nous possédions déjà la majorité des données lorsque nous avons envisagé l'analyse des nidifications dans des cavités



artificielles, de sorte que les conditions expérimentales n'étaient certainement pas toujours optimales. Une autre difficulté rencontrée lors de la rédaction est le manque d'informations descriptives sur les colonies, ce qui rendait très délicate l'interprétation des relevés d'occupations des nichoirs. Dans ce contexte, l'analyse proposée partant d'une situation actuelle n'est nullement exclusive, mais je doute qu'une interprétation plus poussée des données puisse encore être crédible.

Si la synthèse des données présentées ici peut en grande partie se faire seule, il n'en est par contre pas de même de la récolte de tous ces relevés. Contrôler, réparer et nettoyer plus de deux cents nichoirs dans différents secteurs, cela demande une équipe de collaborateurs consciencieux et fidèles. Que mes amis de la « Société protectrice des oiseaux de Delémont », Dominique Lovis, Léon Fleury, Pierre-Alain Fürst, Eric Grossenbacher, Adolf Kunz, Salvatore Scarnera et Kurt Sorg, trouvent dans ces lignes une modeste marque de mon estime. Enfin, je remercie spécialement Jean-Pierre Sorg pour son aide lors de la rédaction des relevés phytosociologiques.

Peter Anker

## VI. BIBLIOGRAPHIE

ANKER P.: « *Etude descriptive et analytique de l'occupation des nichoirs de la région de Delémont, de 1960 à 1978* », Société protectrice des oiseaux de Delémont, 1980.

« *Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt* », Schweizerische meteorologische Zentralanstalt, Zurich, 1961 à 1978.

ELLENBERG H.: « *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht* », Eugen Ulmer & Co., Stuttgart, 1978.

ELLENBERG H. et KLOETZLI F.: « *Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz* », Mémoires de l'Institut suisse de recherches forestières, 1972, vol. N° 48, pp. 589-930.

GLUTZ VON BLOTZHEIM U.N. et al.: « *Die Brutvögel der Schweiz* », Verlag Aargauer Tagblatt AG, Aarau, 1964.

HENZE O. et ZIMMERMANN G.: « *Gefiederte Freunde in Garten und Wald* », Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, 1966.

HOEHER S.: « *Gelege der Vögel Mitteleuropas* », Verlag J. Neumann-Neudamm KG, Melsungen, 1972.

JUILLARD M.: « *Répartition, biotopes et sites de nidification de la Chouette chevêche (Athene noctua) en Suisse* » in « *Nos Oiseaux* », vol. N° 35, pp. 309-337, 1980.

KOCH N.: « *Oekologische Beziehungen zwischen den Vögeln und den Biotopen des Uetliberges und des Reppischtals bei Zürich* », Naturforschende Gesellschaft in Zürich, Buchdruckerei und Verlag Leemann AG, Zürich, 1975.

LECLERCQ R.: « *Etude expérimentale des facteurs limitant la densité des mésanges en forêt* », in *Alauda*, vol. N° 44, pp. 301-318, 1976.

PETERSON R., MOUNTFORT G., HOLLON P. et GÉROUDET P.: « *Guide des oiseaux d'Europe* », Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 1972.



SCHIFFERLI A., GÉROUDET P., WINKLER R., JACQUAT B., PRAZ J.-C. et SCHIFFERLI L.: «Atlas des oiseaux nicheurs en Suisse», Station ornithologique suisse de Sempach, 1980.

STUCKI P.: «Ecologie du Gobe-Mouches noir (*Ficedula hypoleuca*). Son comportement, son alimentation», étude non publiée, 1980.

ZURMUEHL R.: «Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker», Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1965.

## VII. LÉGENDES DES FIG. 1 À 20

Fig. 1: Carte schématique de la région considérée avec situation des quatre colonies (hachures foncées, colonies; hachures serrées fines, forêt; hachures espacées, zones urbaines).

Fig. 2: Nichoir à passereaux contre un Chêne rouvre au Colliard.

Fig. 3: En haut, proportion des nichoirs en fonction de leur hauteur par rapport au sol (hauteur moyenne M, 3,4 m). En bas, proportion des nichoirs en fonction de l'orientation de leur ouverture.

Fig. 4: Nombre total N de nichoirs contrôlés.

Fig. 5: Taux d'occupation (%) de l'ensemble des nichoirs. Pente de la droite de régression,  $0,2 \pm 0,2\%$  par année ( $\pm$  déviation standard,  $n = 18$ ).

Fig. 6: Nombre de nichoirs (à gauche) et taux d'occupation (à droite) par colonie.

Fig. 7: Occupation relative (%) par espèce des nichoirs occupés pour l'ensemble des colonies.

Fig. 8: Moyenne des occupations (%) des quatre colonies,  $\pm$  déviation standard.

Fig. 9: Occupation relative (%) par espèce des nichoirs occupés de la colonie du Colliard (légendes, voir Fig. 7).

Fig. 10: Occupation relative (%) par espèce des nichoirs occupés de la colonie de Sous-Béridier/Sous-Cheynatte (légendes, voir Fig. 7).

Fig. 11: Occupation relative (%) par espèce des nichoirs occupés de la colonie de la Haute-Borne (légendes, voir Fig. 7).

Fig. 12: Occupation relative (%) par espèce des nichoirs occupés de la colonie de la Golatte (légendes, voir Fig. 7).

Fig. 13: Occupation relative (%) par les Mésanges et par colonie.

Fig. 14: Répartition des Mésanges par espèce (%) dans les nichoirs des quatre colonies (C, Mésange charbonnière; B, Mésange bleue; N, Mésange nonnette).

Fig. 15: Occupation relative (%) par le Moineau friquet par colonie (légendes, voir Fig. 13).

Fig. 16: Occupation relative (%) par l'Etourneau par colonie (légendes, voir Fig. 13).

Fig. 17: Occupation relative (%) par la Sittelle par colonie (légendes, voir Fig. 13).

Fig. 18: Occupation relative (%) par le Gobe-Mouches noir par colonie (légendes, voir Fig. 13).

Fig. 19: Occupation relative (%) par le Loir gris pour l'ensemble des colonies.

Fig. 20: Moyennes des occupations (%) par espèce pour l'ensemble et les quatre colonies,  $\pm$  déviations standards, de 1961 à 1980 (T, ensemble des colonies; C, Colliard; S, Sous-Béridier/Sous-Cheynatte; H, Haute-Borne; G, Golatte).



Tableau I:

Essences portant des niohirs par colonie (situation en 1977)

ESSENCE	COLONIE				
	Colliard	Sous-Béridier / Sous-Cheynatte	Haute- Borne	Golatte	Total
Chêne	25	6	10	6	37
Sapin		13	10	6	29
Hêtre	8	10	7	3	28
Erable	2	3	3	6	14
Pin	9	2	1	2	14
Frêne	6	1	3	3	13
Saule	10			1	11
Charme	1			6	7
Cerisier	1			5	6
Pommier			3	2	5
Prunier			1	3	4
Tilleul			2	2	4
Poirier			1	2	3
Alisier			1		1
Mélèze	1				1

Tableau II:

Proportions de niohirs ayant accueilli un nombre donné d'espèces nicheuses de 1973 à 1980

Nombre d'espèces	Proportion de niohirs (%)
0	2,2
1	24,1
2	60,9
3	9,0
4	2,2
5	0,8
6	0,8



Tableau III:

Répartition par espèce (en %) des nichoirs ayant accueilli une ou deux espèces nicheuses de 1973 à 1980

	Mésanges	Moineau friquet	Etourneau	Sittelle	Gobe-Mouches noir
Mésanges	13,5	5,3	0,8	9,8	39,8
Moineau friquet		3,8	2,2	—	—
Etourneau			5,3	0,8	—
Sittelle				—	—
Gobe-Mouches noir					1,5



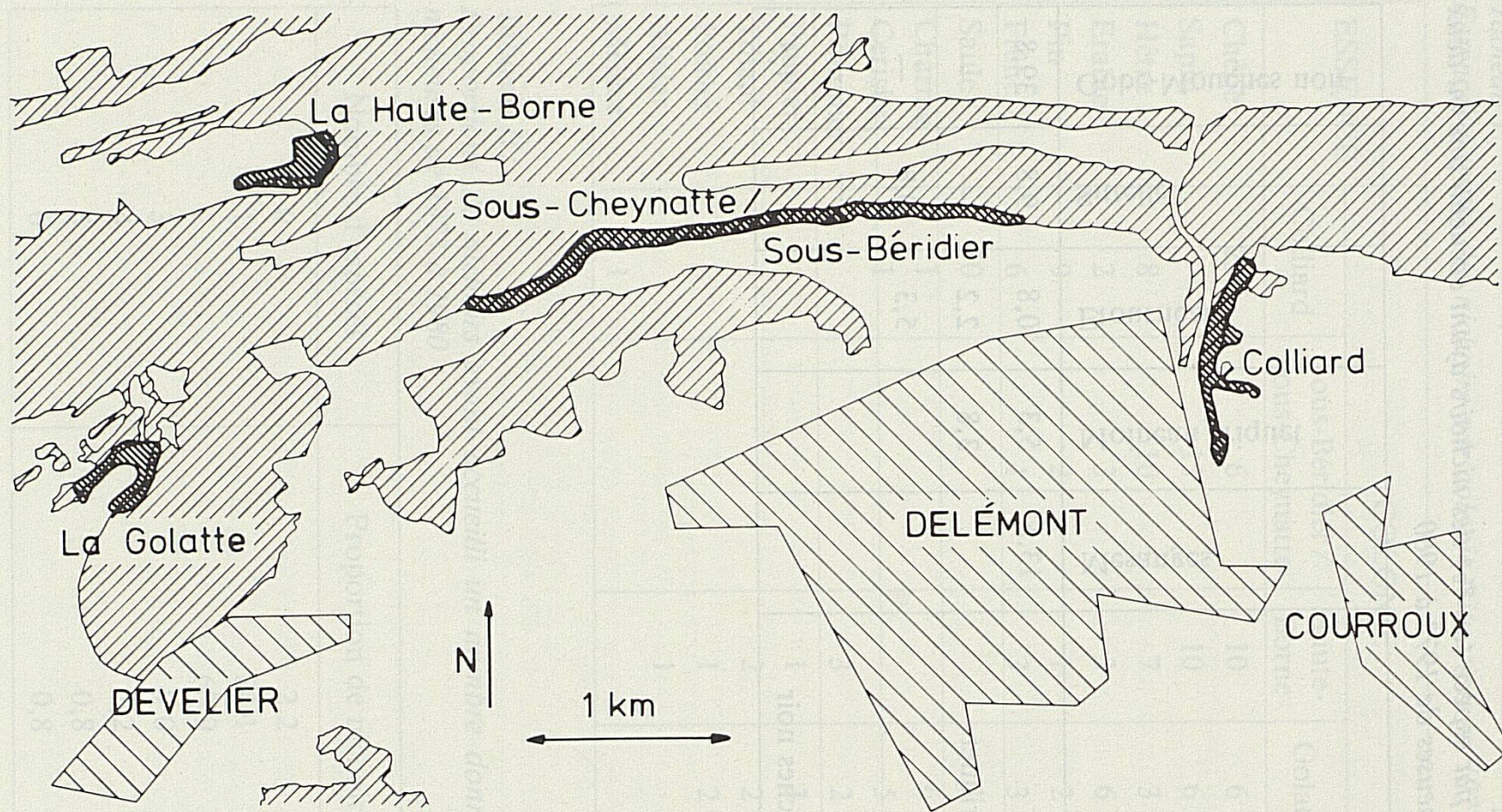


Fig. 1





*Fig. 2*



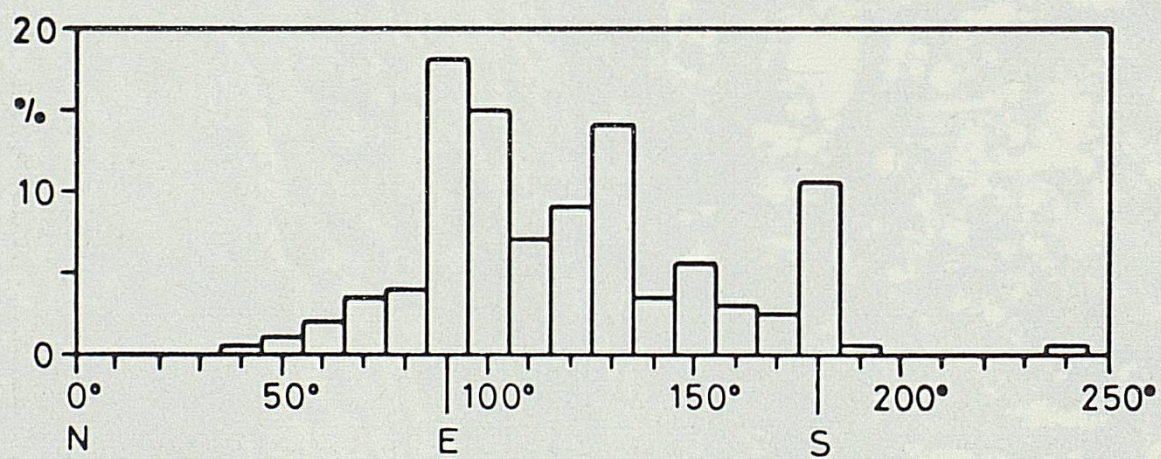
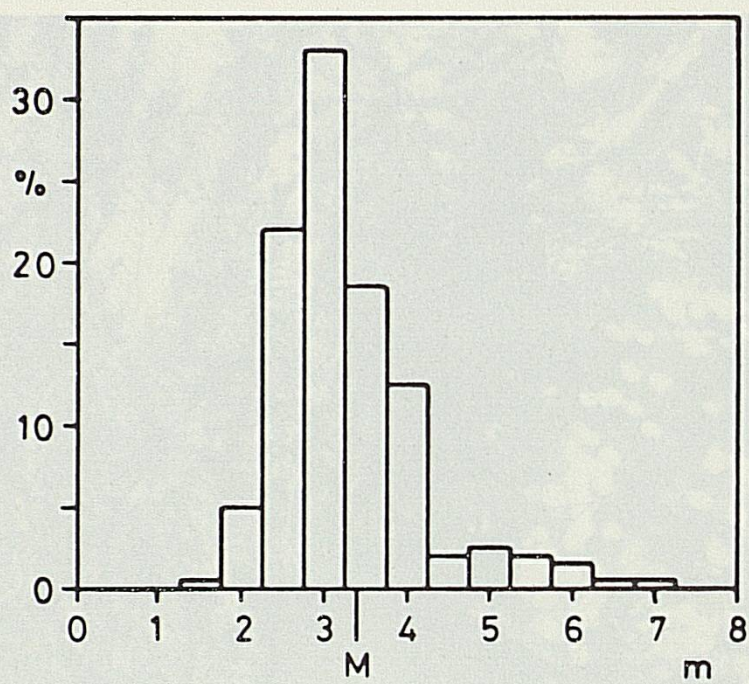


Fig. 3



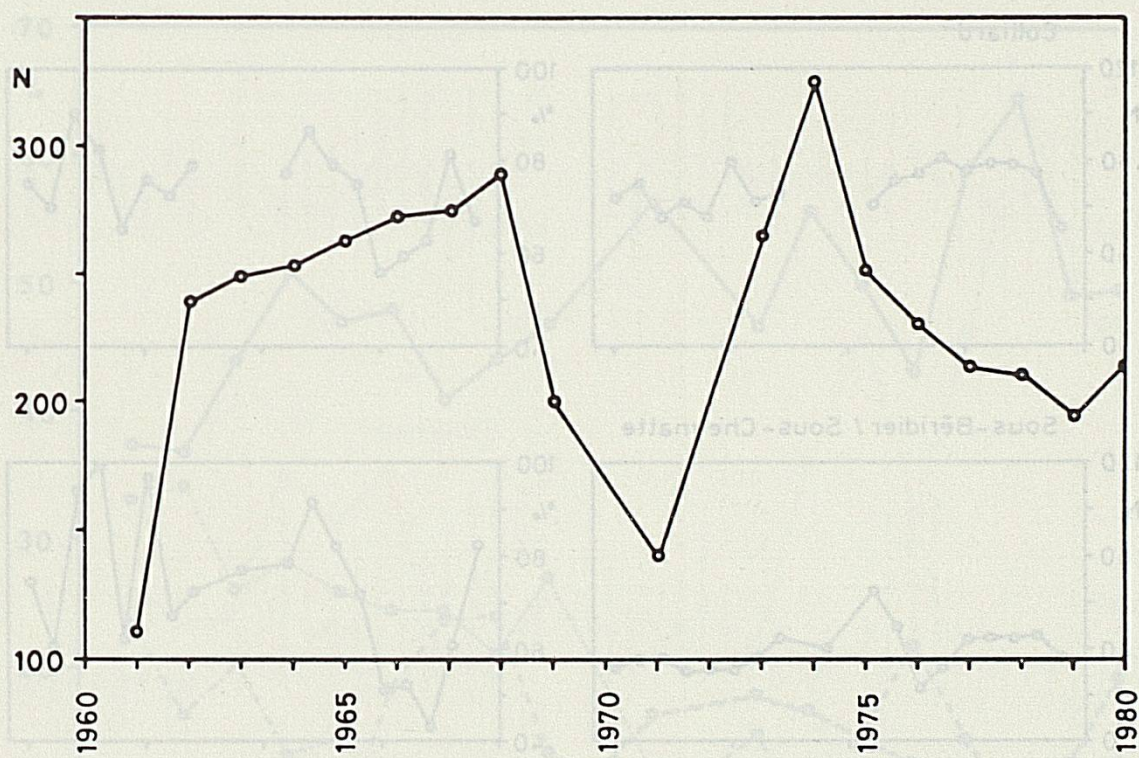


Fig. 4

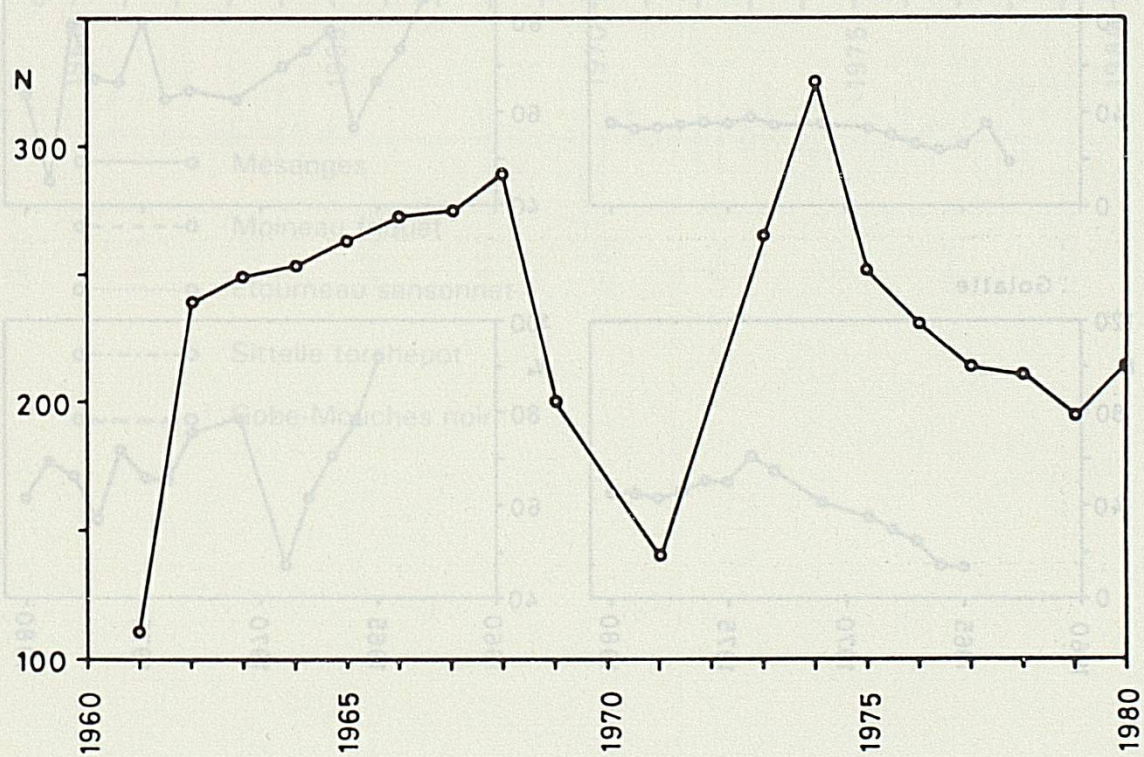


Fig. 5



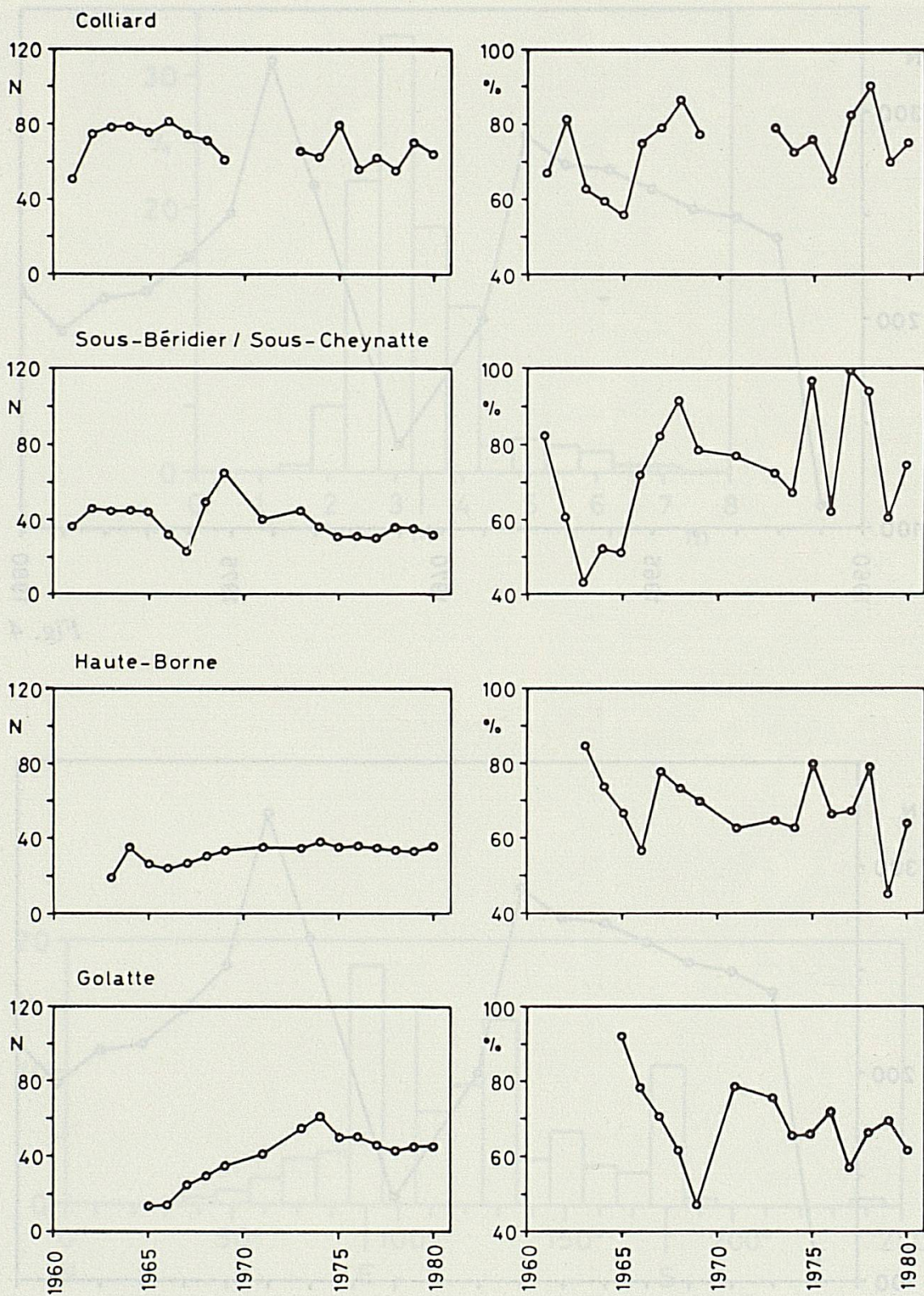


Fig. 6



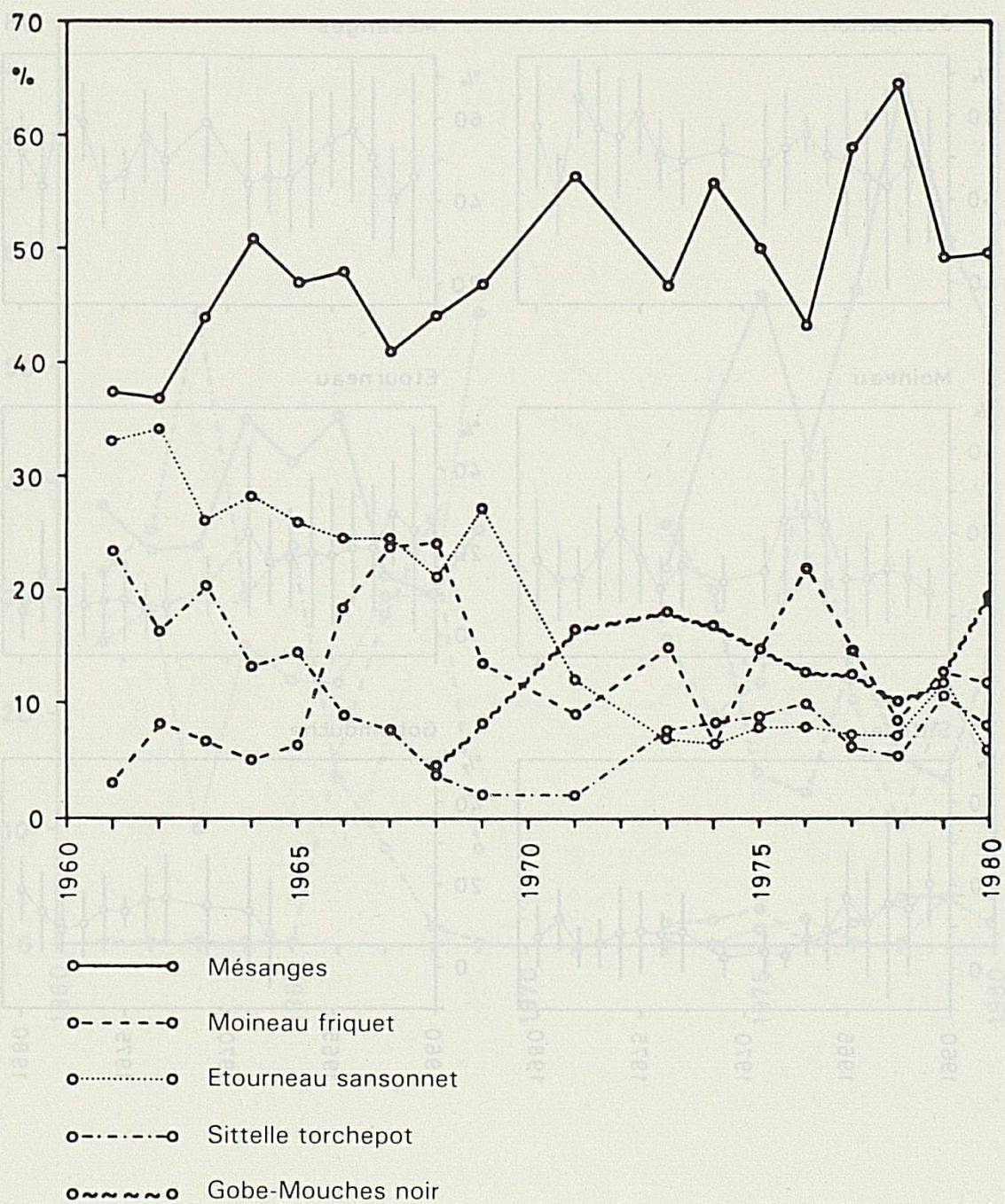


Fig. 7



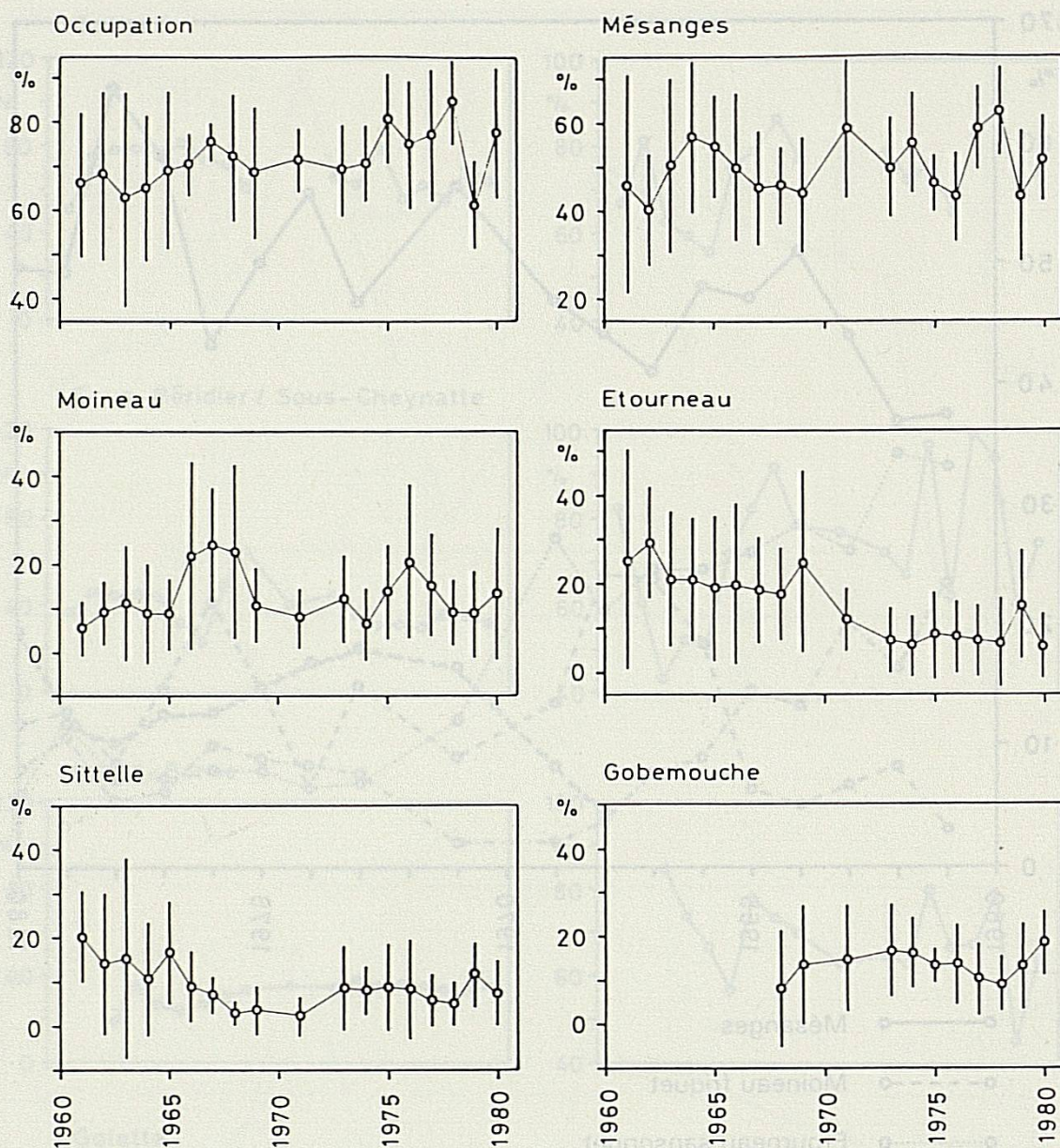


Fig. 8



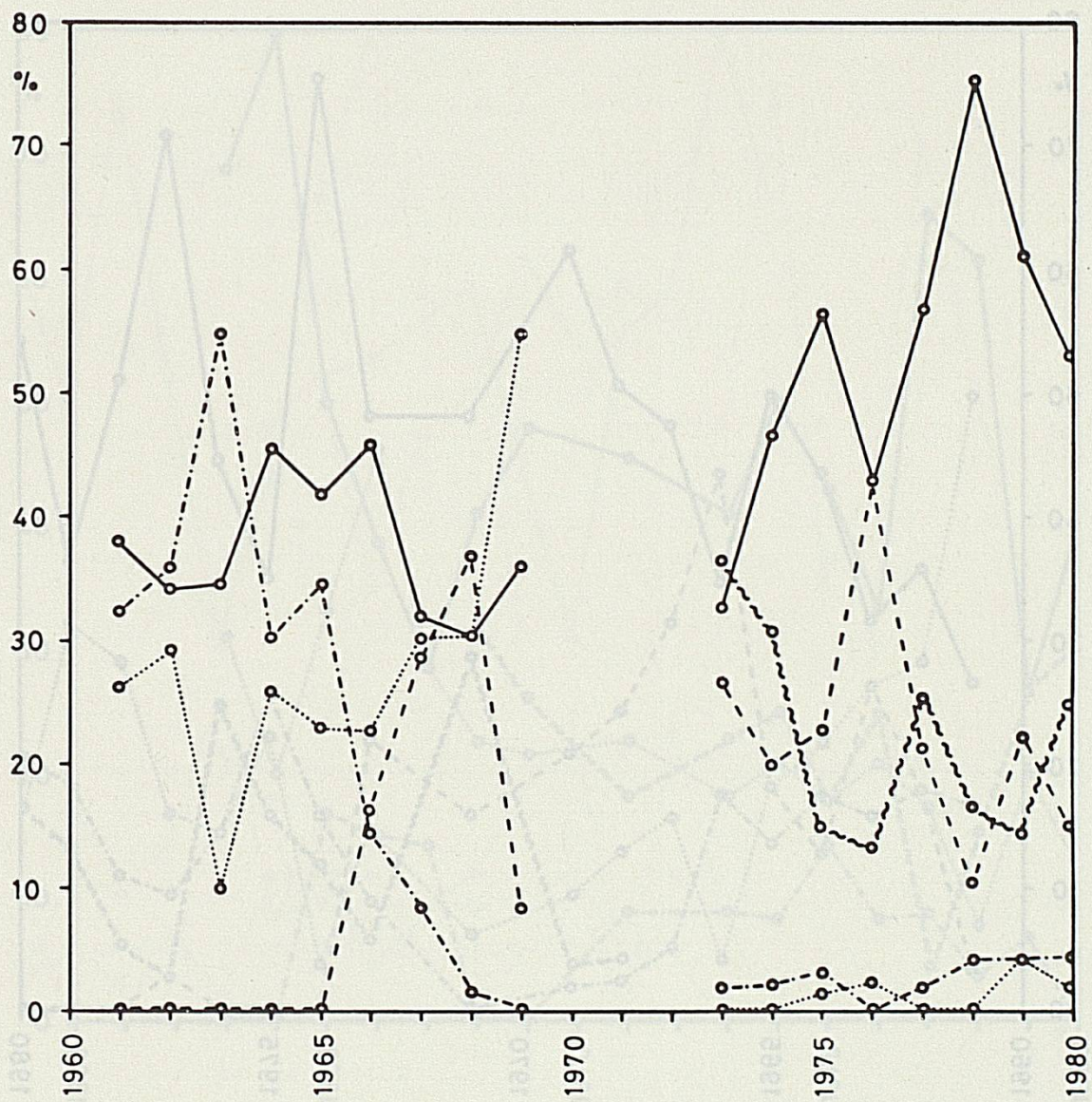


Fig. 9



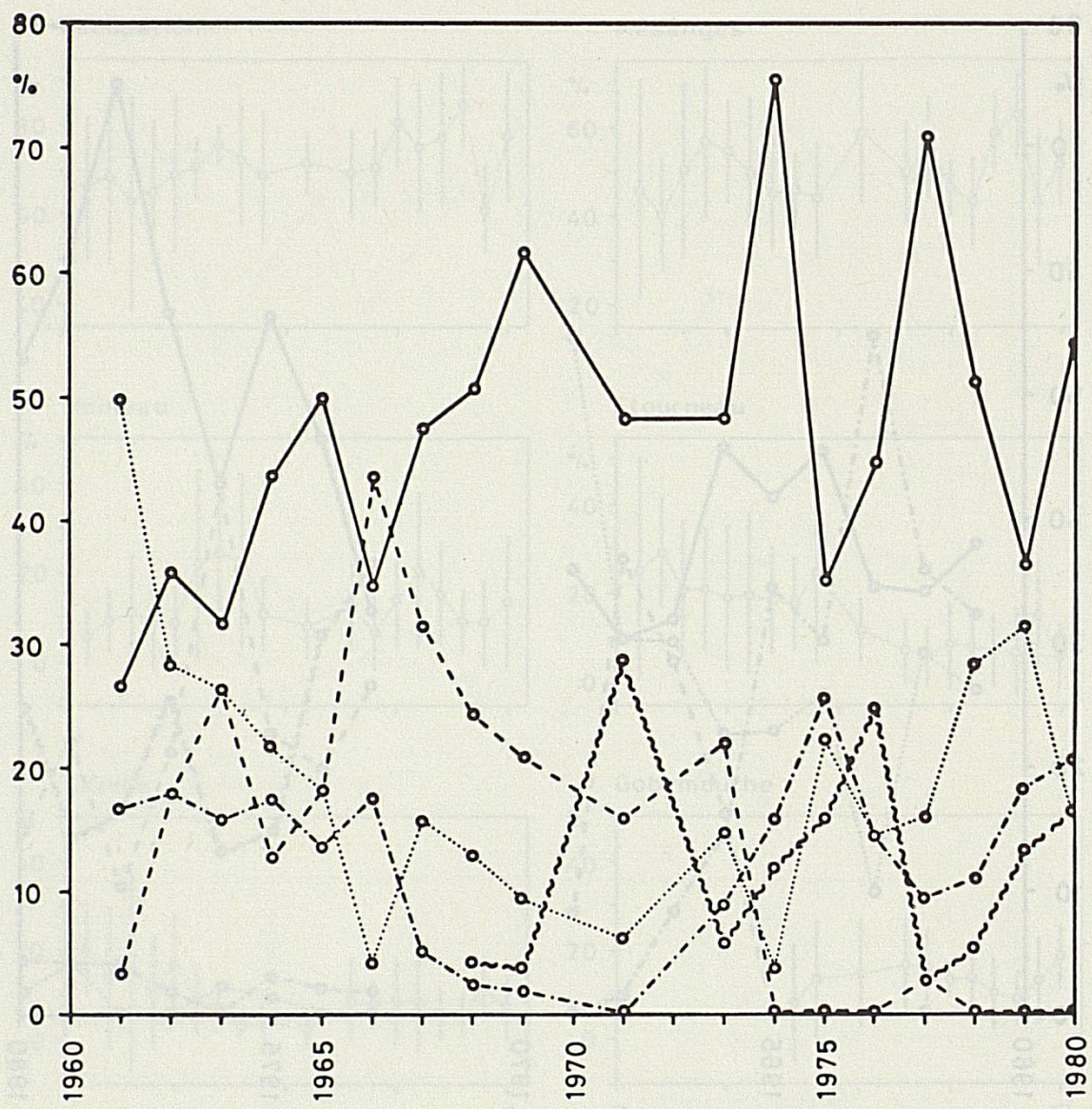


Fig. 10



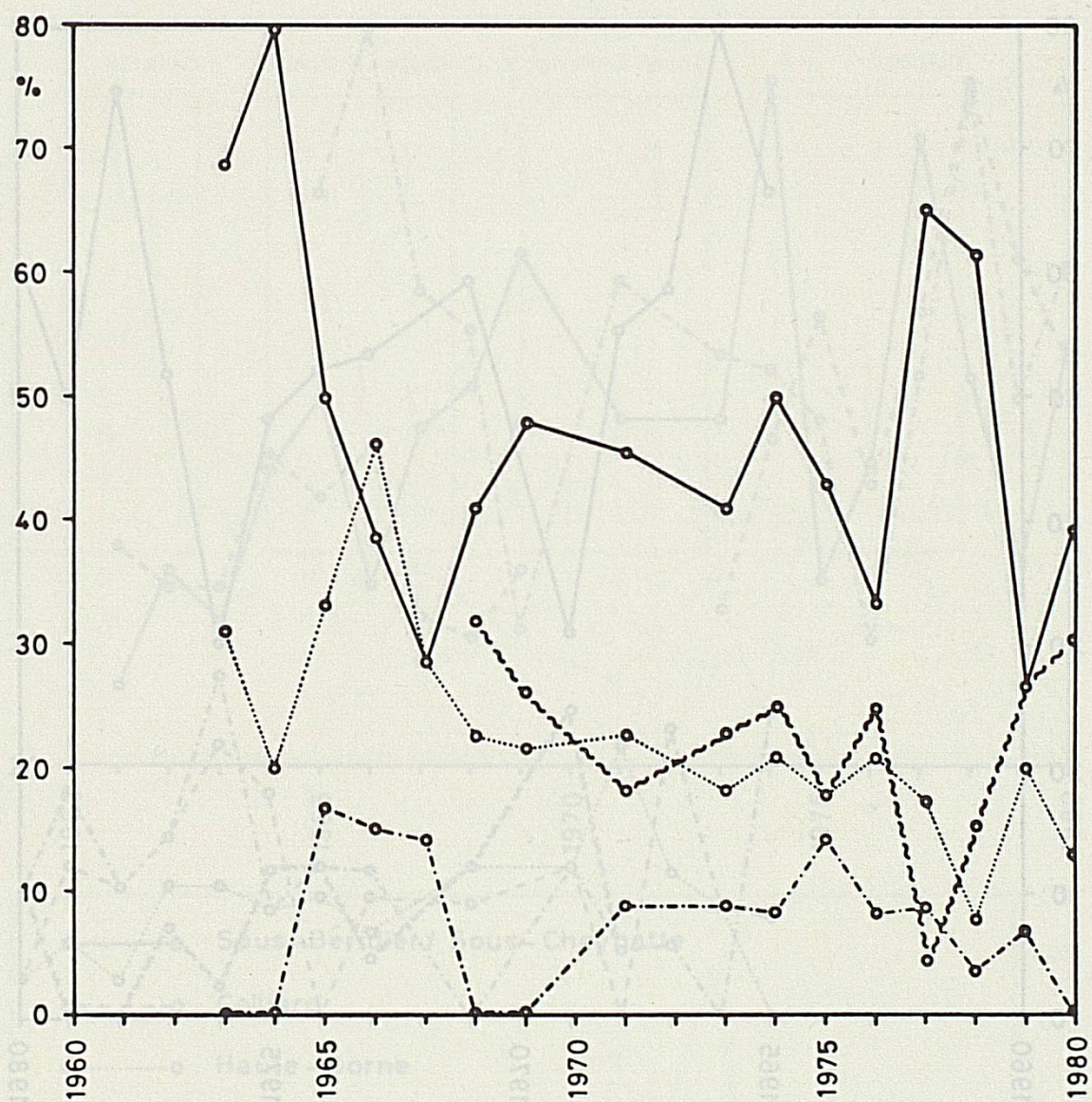


Fig. 11



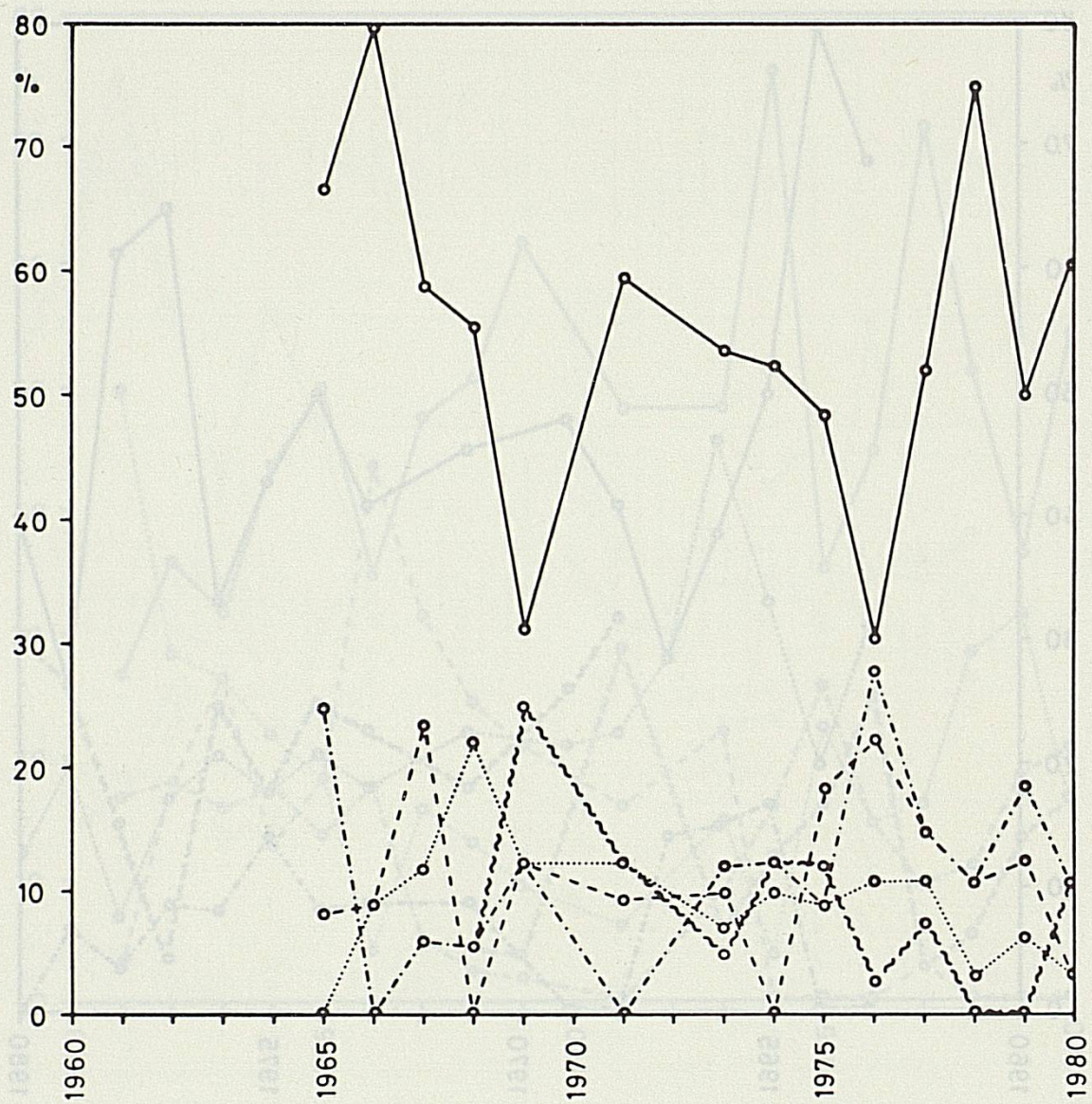
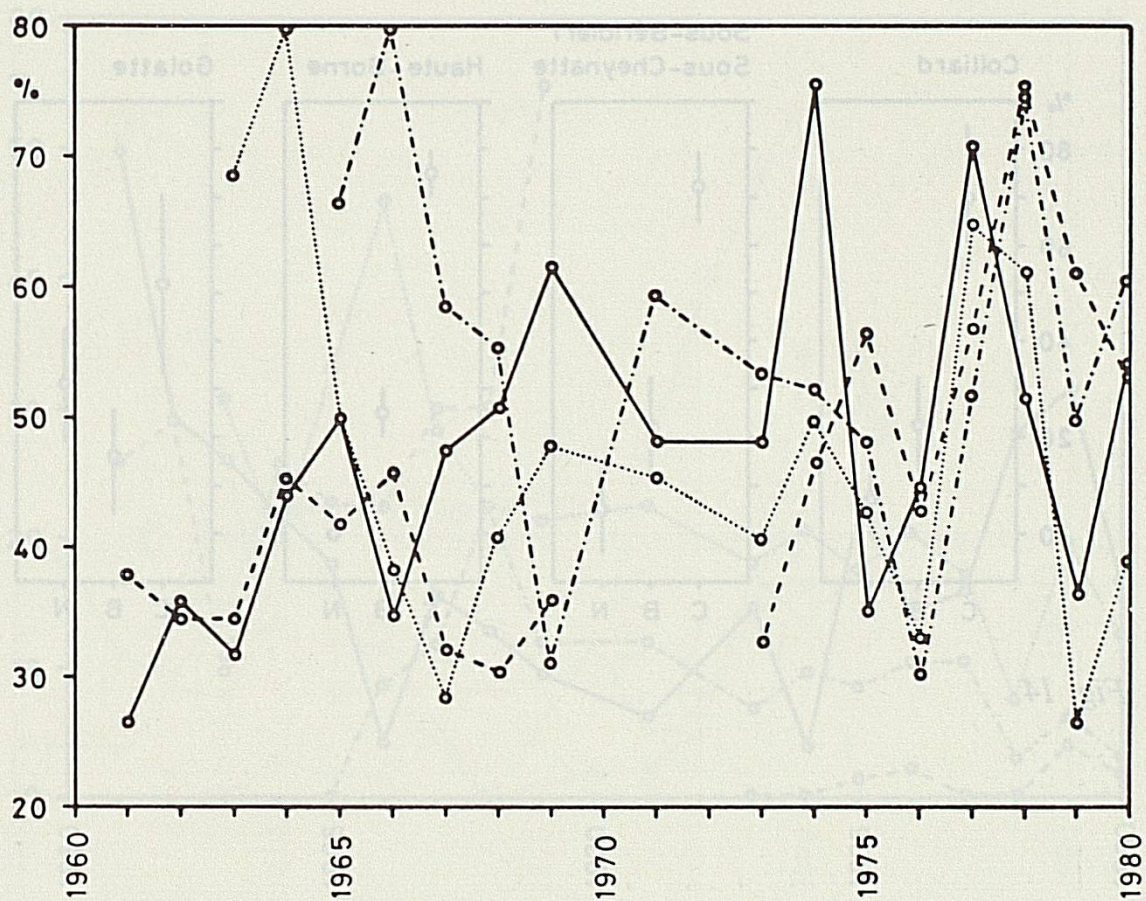


Fig. 12





- Sous-Bérédier / Sous-Cheynatte
- Colliard
- .....○ Haute-Borne
- - -○ Golatte

Fig. 13



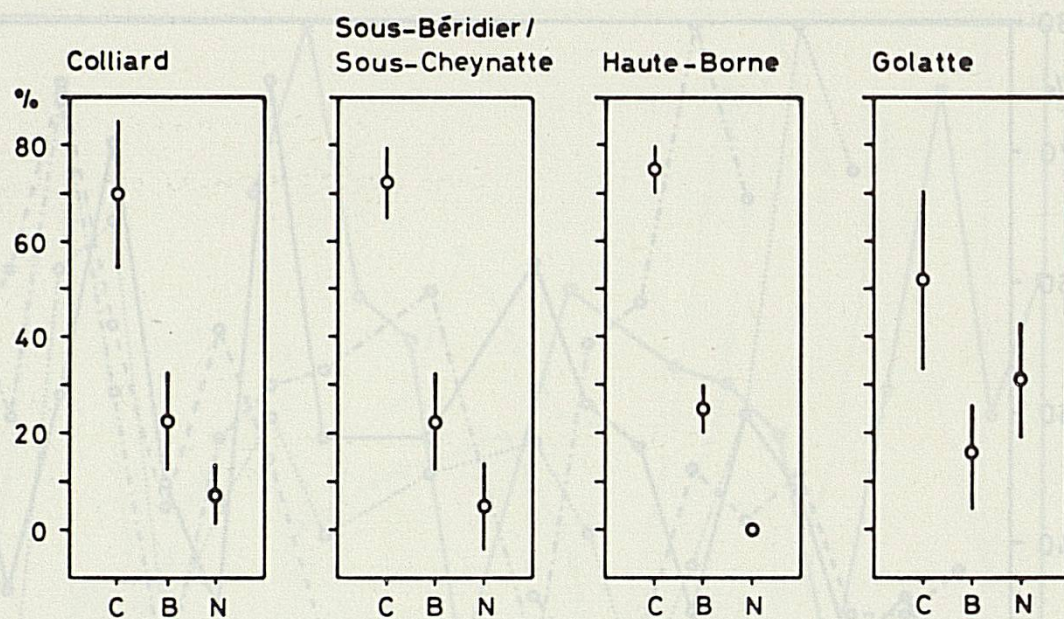


Fig. 14

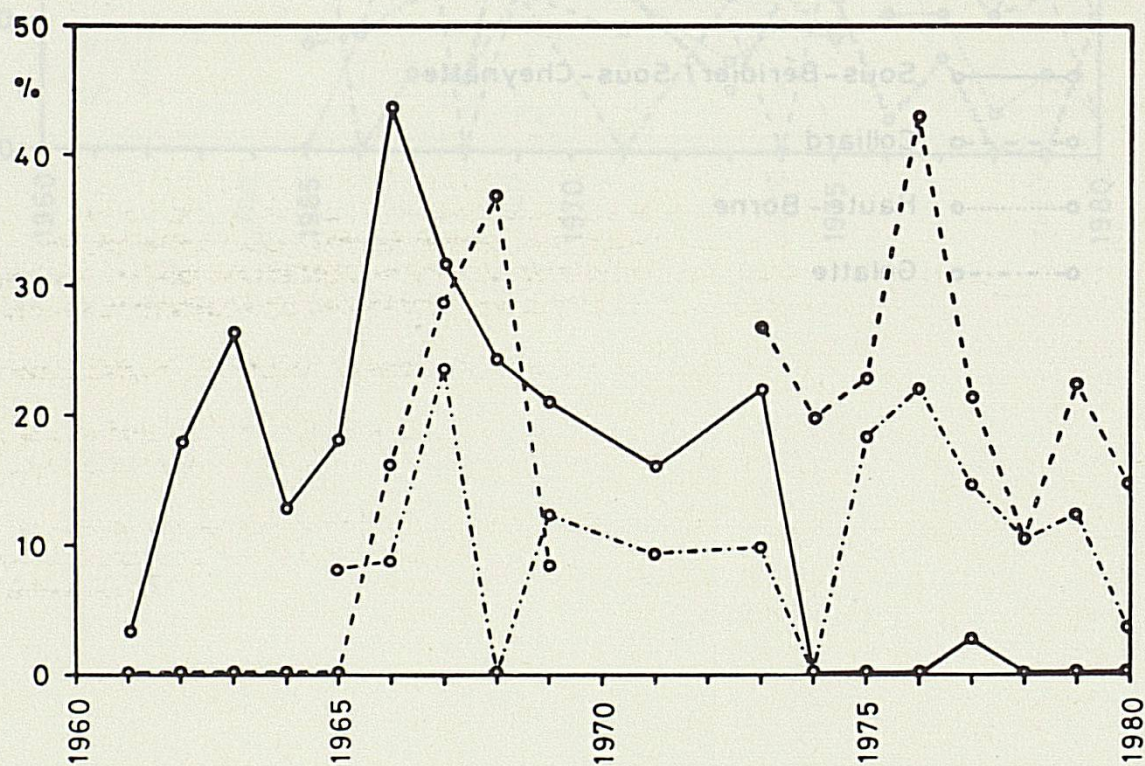


Fig. 15



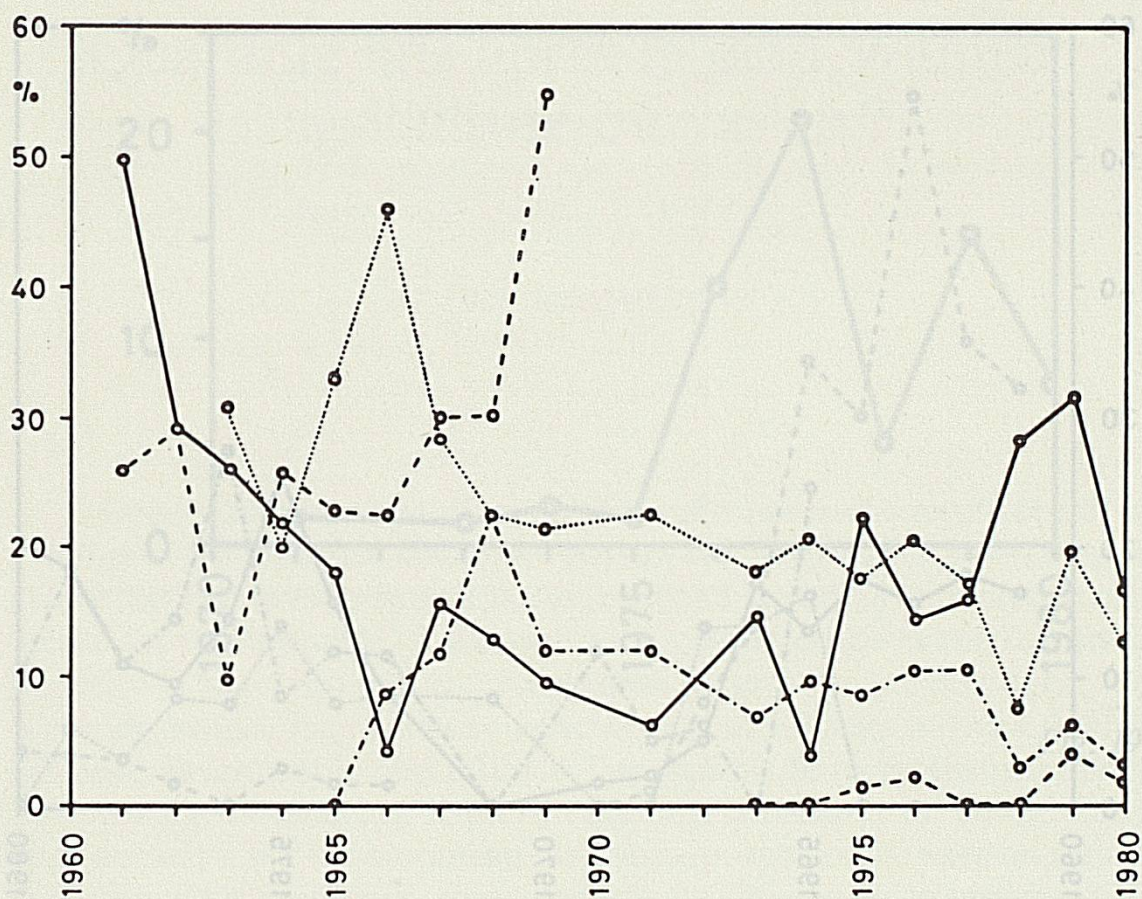


Fig. 16



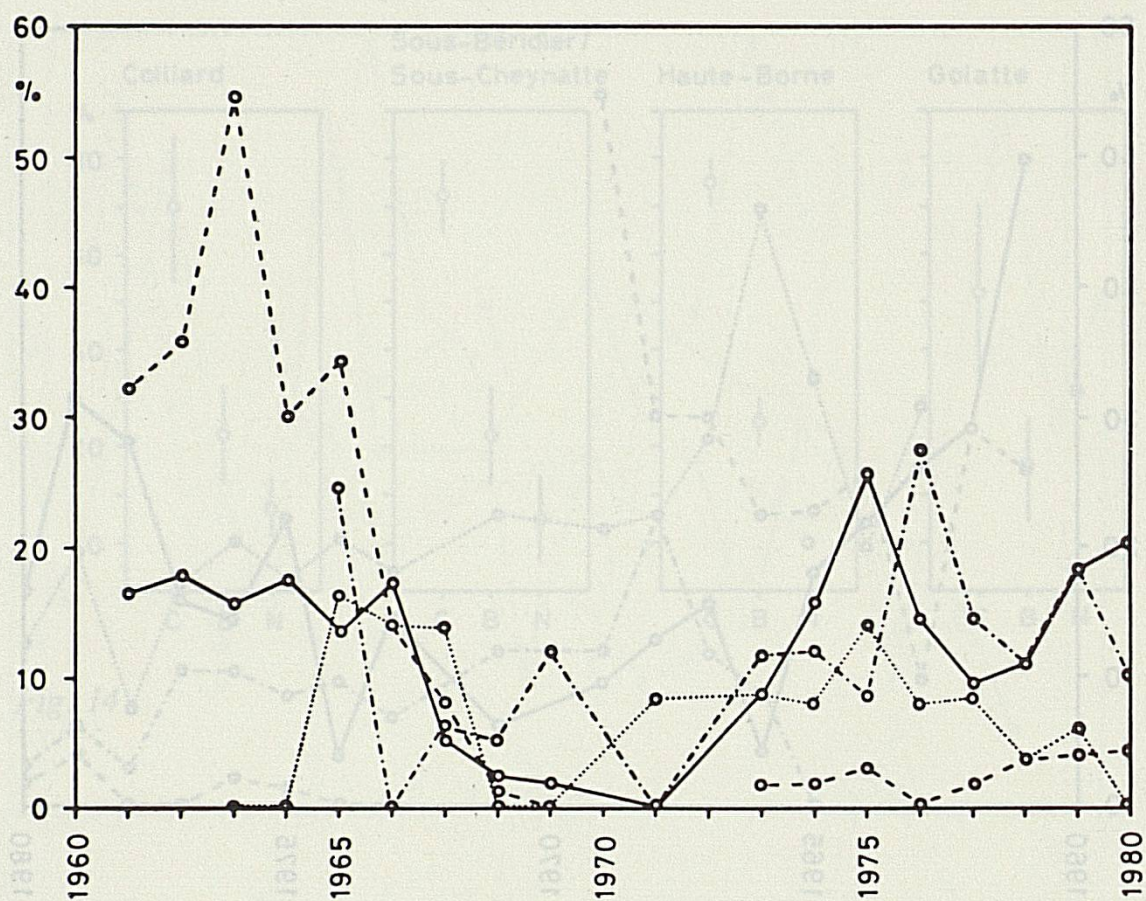


Fig. 17

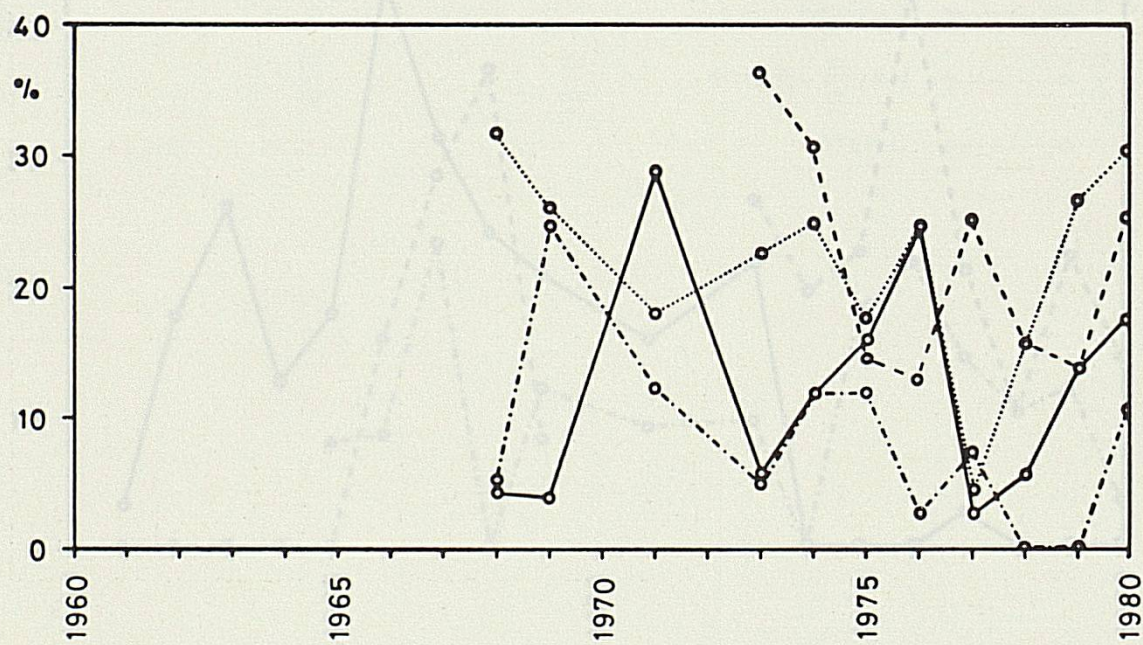


Fig. 18



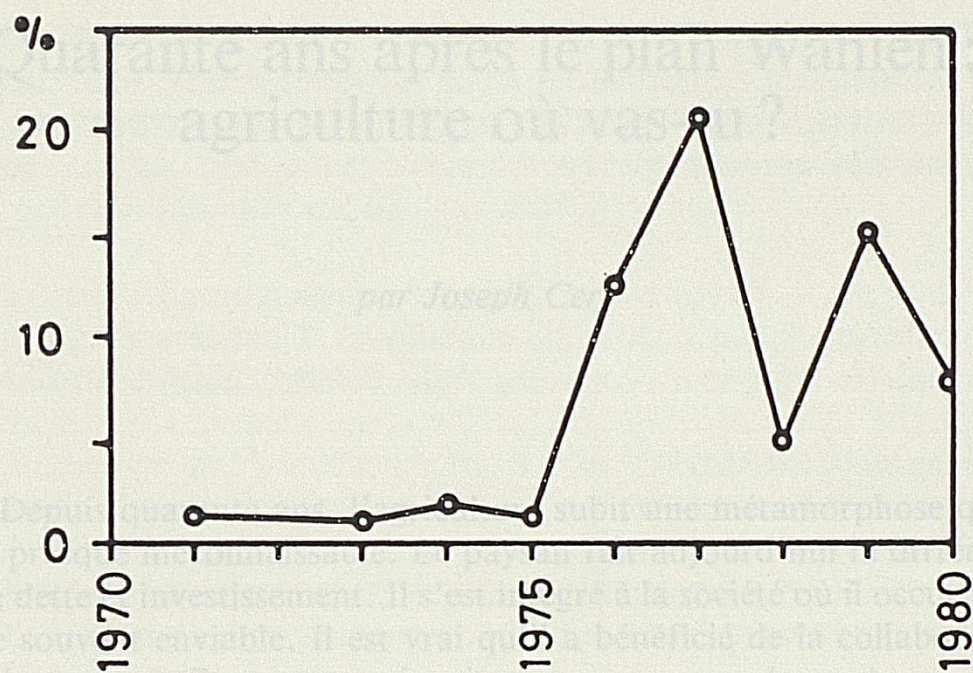


Fig. 19

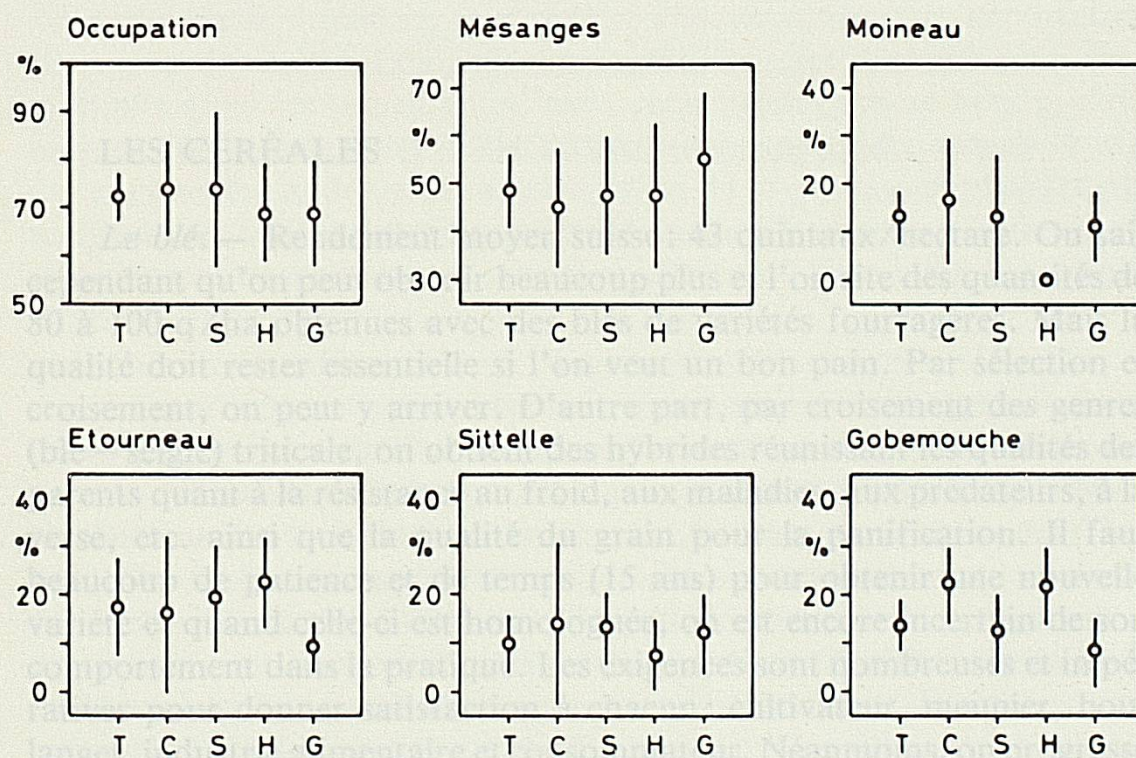


Fig. 20



