

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
THÈSE
PRÉSENTÉE À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE ÈS SCIENCES (ENVIRONNEMENT)

PAR

JEAN-CLAUDE BOURGEOIS
B.Sc. (BIOLOGIE)

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES PROBLÈMES RELATIFS À L'INTERPRÉTATION
DES RECENSEMENTS DE POPULATIONS DE BÉCASSES D'AMÉRIQUE (PHILOHELA MINOR)

AVRIL 1977

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RESUME DE LA THESE DE J.C. BOURGEOIS

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES PROBLEMES RELATIFS A L'INTERPRETATION DES RECENSEMENTS DES POPULATIONS DE BECASSES D'AMERIQUE (*Philocela minor*).

Dans une première étape de ce travail, nous décrivons une recherche qui a pour but d'identifier les caractéristiques sonagraphiques du cri de pariade de la Bécasse d'Amérique (*Philocela minor*) qui peuvent individualiser les mâles d'une population. Il est montré que l'examen visuel des sonagrammes, les analyses statistiques telles analyses de variance et analyse discriminante réalisées sur trois mesures de fréquence et la durée du cri et analyse de variance sur les composantes principales ne permettent pas d'individualiser avec succès les mâles. Toutefois, une analyse discriminante réalisée sur neuf paramètres déterminés par une étude de la structure acoustique du cri montre que l'ensemble de ces variables était suffisant pour séparer les individus avec un succès d'assignation de 98.7%.

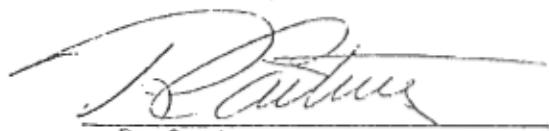
On retrouvera aussi une description complète du matériel utilisé et des techniques relatives à l'application de cette méthode.

Dans une deuxième étape, nous déterminons la constance d'occupation d'un terrain de pariade par le mâle Bécasse d'Amérique, ceci afin de pondérer la validité des résultats des recensements annuels.

L'identification des différents mâles a été faite à partir d'une analyse discriminante réalisée sur différentes mesures sonagraphiques du

cri de pariade. Les résultats que nous avons obtenus indiquent que pour les terrains de pariade étudiés, le premier mâle à s'établir sur un terrain occupe le site pendant toute la période de reproduction.

Finalement, nous évaluons le nombre de mâles dominants et le nombre de mâles sous-dominants correspondant en fonction des migrations durant la période de reproduction afin de faciliter l'interprétation des recensements annuels des populations de bécasse. On observe une période de migration intensive durant la seconde moitié d'avril. En mai, nous sommes en présence d'une population résidente stable. Lors de la période de migration on a recensé en moyenne 7,2 individus en 1975 par rapport à 10,1 en 1976. Ceci constitue une augmentation de 28,7%. Dans la période post-migratoire, on observe les mêmes fluctuations soit 3,0 individus en 1975 et 4,8 individus en 1976 pour une augmentation de 37,5%. Le nombre de terrains occupés (2,4 en 1975 et 3,3 en 1976) suit la même tendance, soit une variation de 27,2%. Le rapport entre la population mâle totale durant la période post-migratoire et le nombre de terrains occupés n'est pas constant. Il n'existe aucune relation entre la densité des mâles et la densité des femelles nicheuses.



R. Couture
Directeur de thèse



Jean-Claude Bourgeois



La Bécasse d'Amérique (Philohela minor).

*... Et, dans les cieux
que le soleil couleur de brique en feu
semble arroser de lumière pluvieuse
la bécasse plonge silencieuse.*

Francis Jammes

"Jean de Noarrieu"

TABLE DES MATIÈRES

	<u>page</u>
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vii
INTRODUCTION.....	1
REMERCIEMENTS.....	4
CHAPITRE	
I. TERRITOIRE D'ÉTUDE.....	6
II. UNE MÉTHODE D'IDENTIFICATION DES BÉCASSES MÂLES A PARTIR DE L'ANALYSE SONAGRAPHIQUE DU CRI DE PARIADE.....	10
1. Revue de littérature.....	14
2. Matériel et techniques.....	15
3. Procédure d'analyse des données expérimentales.....	21
4. Interprétation des résultats et discussion.....	26
A: Analyse de variance sur un paramètre.....	26
B: Analyse factorielle en composantes principales et analyses de variance sur les composantes principales.....	26
C: Analyse discriminante.....	36
5. Conclusion.....	41
III. ÉTUDE DE LA FIDÉLITÉ À UN TERRAIN DE PARIADE CHEZ LES MÂLES DE LA BÉCASSE D'AMÉRIQUE.....	45
1. Matériel et méthode.....	45
2. Résultats.....	46
3. Discussion et conclusion.....	50

	<u>page</u>
IV. ÉTUDE DES VARIATIONS ANNUELLES DE LA DENSITÉ DE LA BÉCASSE D'AMÉRIQUE DURANT LA PÉRIODE DE REPRODUCTION (RÉGION DE TROIS-RIVIÈRES).....	54
1. Matériel et méthode.....	54
2. Résultats.....	55
3. Conclusion.....	61
CONCLUSION ET SOMMAIRE.....	65
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	68
APPENDICE I.....	71
APPENDICE II.....	72
APPENDICE III.....	73
APPENDICE IV.....	74
APPENDICE V.....	75

LISTE DES FIGURES

<u>Figure</u>	<u>page</u>
1. Carte du territoire où l'étude a été réalisée.....	7
2. Sonagrammes des cris de huit mâles.....	12
3. Sonagrammes de dix cris consécutifs d'un mâle.....	13
4. Illustration du sonagraphe Kay Elemetric, 6061-B utilisé pour l'étude.....	16
5. Représentation schématique du cri de pariade de la Bécasse d'Amérique. Chaque zone représente une intensité de son croissante de 6 dB par rapport à la précédente. La zone centrale, la plus foncée (36 à 42 dB), est utilisée pour déterminer les paramètres F_g , F_c , F_d et T . Sur la troisième zone (24 à 30 dB), on peut localiser le paramètre F_3	19
6. Sonagramme d'un cri de Bécasse ralenti huit fois à son entrée sur le disque magnétique du sonagraphe.....	20
7. Illustration de la table à dessin servant à la localisation des points de mesure des différents paramètres utilisés dans cette étude.....	22
8. Illustration des équerres sous lesquelles on voit un sonagramme.....	23
9. Illustration du compteur graphique numérique Gradicon tel qu'utilisé dans notre travail.....	24
10. Diagramme de dispersion des cris des différents mâles dans l'espace créé par les deux premières composantes principales.....	35

Figurepage

- | | |
|---|----|
| 11. Diagramme de dispersion des différentes séries de cris de trois mâles dans l'espace créé par les deux premières fonctions discriminantes (résultant d'une analyse discriminante effectuée à partir des neuf variables)..... | 42 |
| 12. Diagramme de dispersion des différentes séries de cris de trois mâles dans l'espace créé par les deux premières fonctions discriminantes (résultant d'une analyse discriminante effectuée à partir des variables Fg, Fc et Fd)..... | 43 |
| 13. Densité totale des mâles en rapport avec le nombre de mâles dominants (terrains de pariade occupés) pour la période de reproduction 1975..... | 57 |
| 14. Densité totale des mâles en rapport avec le nombre de mâles dominants (terrains de pariade occupés) pour la période de reproduction 1976..... | 58 |

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau</u>	<u>page</u>
1. Valeurs de la fréquence gauche (Fg) en Hz, illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles. Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur le paramètre fréquence gauche.....	27
2. Valeurs de la fréquence centre (Fc) en Hz illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles. Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur le paramètre fréquence centre.....	28
3. Valeurs de la fréquence droite (Fd) en Hz illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles. Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur le paramètre fréquence droite.....	29
4. Valeurs des mesures de durée du cri (T) en millisecondes illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles. Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur le paramètre temps.....	30
5. Coefficients de saturation obtenus et pourcentage de la variance expliquée par chacune des composantes principales...	31
6. Résultats de l'analyse de variance et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur la première composante principale de chaque individu.....	33
7. Résultats de l'analyse de variance et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur la deuxième composante principale de chaque individu.....	34

<u>Tableau</u>	<u>page</u>
8. Classification des mâles obtenue par une analyse discriminante réalisée avec les variables Fg, Fc, Fd. Sur la diagonale, on retrouve le nombre de cris correctement classifiés pour un mâle; de part et d'autre de cette diagonale, le nombre de mauvaises classifications pour un mâle.....	37
9. Classification des mâles obtenue par une analyse discriminante réalisée avec les neuf variables discriminantes. Sur la diagonale on retrouve le nombre de cris correctement classifiés pour un mâle; de part et d'autre de cette diagonale, le nombre de mauvaises classifications pour un mâle.....	39
10. Caractéristiques des différentes séries d'enregistrements comparées pour trois mâles et succès de classification de ces séries avec les mâles d'origine.....	40
11. Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque date d'échantillonnage effectué sur le terrain 1.....	47
12. Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque date d'échantillonnage effectué sur le terrain 2.....	48
13. Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque date d'échantillonnage effectué sur le terrain 3.....	49
14. Pourcentage des cris correctement assignés au groupe de référence d'un terrain pour chaque date d'échantillonnage.....	51
15. Pourcentage des cris correctement assignés pour chaque individu sur chaque terrain pour la période de reproduction du printemps 1975.....	52
16. Estimation du rapport entre la population mâle totale et le nombre de terrains de pariade occupés pour 1975-1976....	60

<u>Tableau</u>	<u>page</u>
17. Estimation du nombre de couvées en relation avec le nombre de terrains de pariade occupés, 1974-1976.....	62

INTRODUCTION

La Bécasse d'Amérique jouit d'une popularité croissante auprès des chasseurs. En effet, Boyd (1974) observe une augmentation de 33% du nombre de chasseurs qui s'adonnent à la poursuite de ce gibier et ceci entre 1967 et 1973. Les statistiques du Service canadien de la faune démontrent qu'au cours de la même période le nombre de pièces abattues s'est accru de 55%. Cette situation est comparable à celle rencontrée aux Etats-Unis. Par ce fait, la Bécasse est passée (dans les provinces où elle est chassée) du 7e au 3e rang dans le nombre de prises annuelles, n'étant devancée que par le Canard malard et par le Canard noir. Au Québec, la Bécasse a sans doute le même statut que dans les provinces maritimes: la productivité des populations demeure constante alors que les prises annuelles des chasseurs augmentent (Boyd, 1974).

Pour faire face à cette situation et pour obtenir la pérennité du cheptel bécassier, nous devons approfondir nos connaissances sur la biologie de cet oiseau. Les principaux points faibles de nos connaissances, auxquels il faut pallier dans les plus brefs délais, ont notamment trait à la dynamique des populations et à l'interprétation des recensements

annuels des populations. Dobell (1974) doute de la justesse des renseignements fournis par la méthode actuelle de recensement des populations (pour une description de la méthode de recensement, voir Martin, 1962). En effet, bien que cette méthode soit utilisée depuis près de quarante ans, elle soulève plusieurs interrogations quant à sa possibilité de représenter les tendances réelles d'une population et de permettre la comparaison des indices d'année en année. Ainsi, bien que Sheldon (1967) souligne la possibilité pour les mâles qui occupent un terrain de pariade de changer de terrain au cours d'une saison et que les sites laissés vacants puissent être occupés par d'autres mâles, nous ne connaissons cependant rien, ni de la fidélité d'un mâle à un terrain de pariade, ni de l'importance de ce phénomène dans l'interprétation des recensements annuels.

D'après Boyd (1974) et Owen (1974), les faiblesses de la méthode sont plus particulièrement dues au fait qu'elle ne fournit aucun indice du nombre de mâles sous-dominants présents ni de la population de femelles nicheuses. Ces points sont importants si l'on considère comme Owen (1974) que des variations annuelles du nombre de mâles sous-dominants dans une population peuvent invalider les recensements. De plus, on ignore le rapport qui peut exister entre le nombre de mâles recensés et le nombre de femelles nicheuses. Cette connaissance est toutefois essentielle si l'on veut connaître la véritable productivité d'une population.

Ainsi, en fonction de cette problématique et en accord avec les priorités de recherches définies par Owen (op.cit.), nous avons orienté nos travaux vers les buts suivants:

Déterminer dans une population:

- 1) La fidélité du mâle au terrain de pariade.
- 2) Le nombre de mâles dominants qui occupent un terrain de pariade et le nombre de mâles sous-dominants correspondants, ceci en fonction de l'époque des migrations et de la saison de reproduction; et évaluer la variation du rapport mâle dominant, mâle sous-dominant selon les années.
- 3) La relation existante entre le nombre de mâles occupant un terrain de pariade et le nombre de femelles nicheuses.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Dr Richard Couture, directeur de ce projet qui, par son aide financière, sa participation assidue aux travaux sur le terrain et ses judicieux conseils, a facilité la réalisation de cette étude, ainsi que le Dr Raymond McNeil.

Plusieurs autres personnes m'ont assisté dans cette recherche et je veux les remercier tous.

Le Dr Antoine Aubin du département de Chimie-Biologie, MM. Robert Labarre et Jocelyn Pelletier du Service d'informatique m'ont apporté leur aide pour la réalisation de la partie statistique de ce projet.

Le Dr Laurent Santerre du département de linguistique de l'Université de Montréal, MM. André Cossette, Raymond Gélinas, Robert Gauthier, Michel Blouin et Michel Rivard m'ont habilement aidé pour tout ce qui a trait à l'aspect électronique de la recherche.

MM. J.W. Artmann, D.R. Beightol, A.G. Clark, T.G. Dilworth,

J.V. Dobell, W.H. Marshall, R.B. Owen, D.A. Whitcomb et S.D. Schemnnitz ont fourni une information pertinente très appréciable par leur correspondance. Le Dr Alain Maire et Madame Estelle Lacoursière ont bien voulu corriger les textes et suggérer les corrections appropriées.

Le graphiste Claude Hébert et les photographes Gilles Roux, Lise Biron et Claude Demers du Service audio-visuel de l'Université du Québec à Trois-Rivières ont travaillé à la présentation des figures.

Mesdames Réjeanne Brière et Gilberte Fournier ont dactylographié le texte et les tableaux.

Je suis finalement très reconnaissant pour l'aide apportée lors des travaux sur le terrain par Luce Picard, Marie-Claire Couture et mes confrères: Pierre Boudreau, Paul Caron, Claire Lacombe, Luc Lafrenière, Denise Lamy, Jean Laperrière, Yves Mailhot, Yvon Thibeault, Denise A. Villeneuve et Claude Tessier.

Ce projet a été réalisé grâce aux subventions de recherche du Service d'aménagement de la faune du Québec, du Service canadien de la faune, de l'Université du Québec à Trois-Rivières et de l'Association des Journalistes de Plein Air du Québec et aux bourses d'études supérieures accordées par le Service canadien de la faune, Gulf Canada, le Ministère de l'Education du Québec et le Conseil national de recherches du Canada.

CHAPITRE I

TERRITOIRE D'ÉTUDE

L'échantillonnage des mâles, qui ont servi pour la mise au point d'une technique d'identification des individus, a été effectué dans un rayon de 60 km autour de Trois-Rivières. Le reste des travaux a été réalisé sur un territoire de 20 ha situé 10 km à l'ouest de Trois-Rivières ($46^{\circ} 18'N$, $72^{\circ} 37'W$) (figure 1). L'endroit est constitué presque exclusivement de prairies laissées en friche depuis près de quinze ans. On y retrouve une végétation et des conditions écologiques favorables au support d'une importante population de Bécasses.

Le territoire est limité au nord par une forêt mixte, à prédominance de conifères, qui résulte d'une récente coupe de bois; à l'est, par une érablière à hêtre; au sud, par des prairies cultivées et à l'ouest, par une érablière à sucre (*Acer saccharum*). En bordure de ces groupements, on retrouve plusieurs bandes de végétation dominées soit par de jeunes érables rouges (*Acer rubrum*) d'environ 7 cm de diamètre ou par

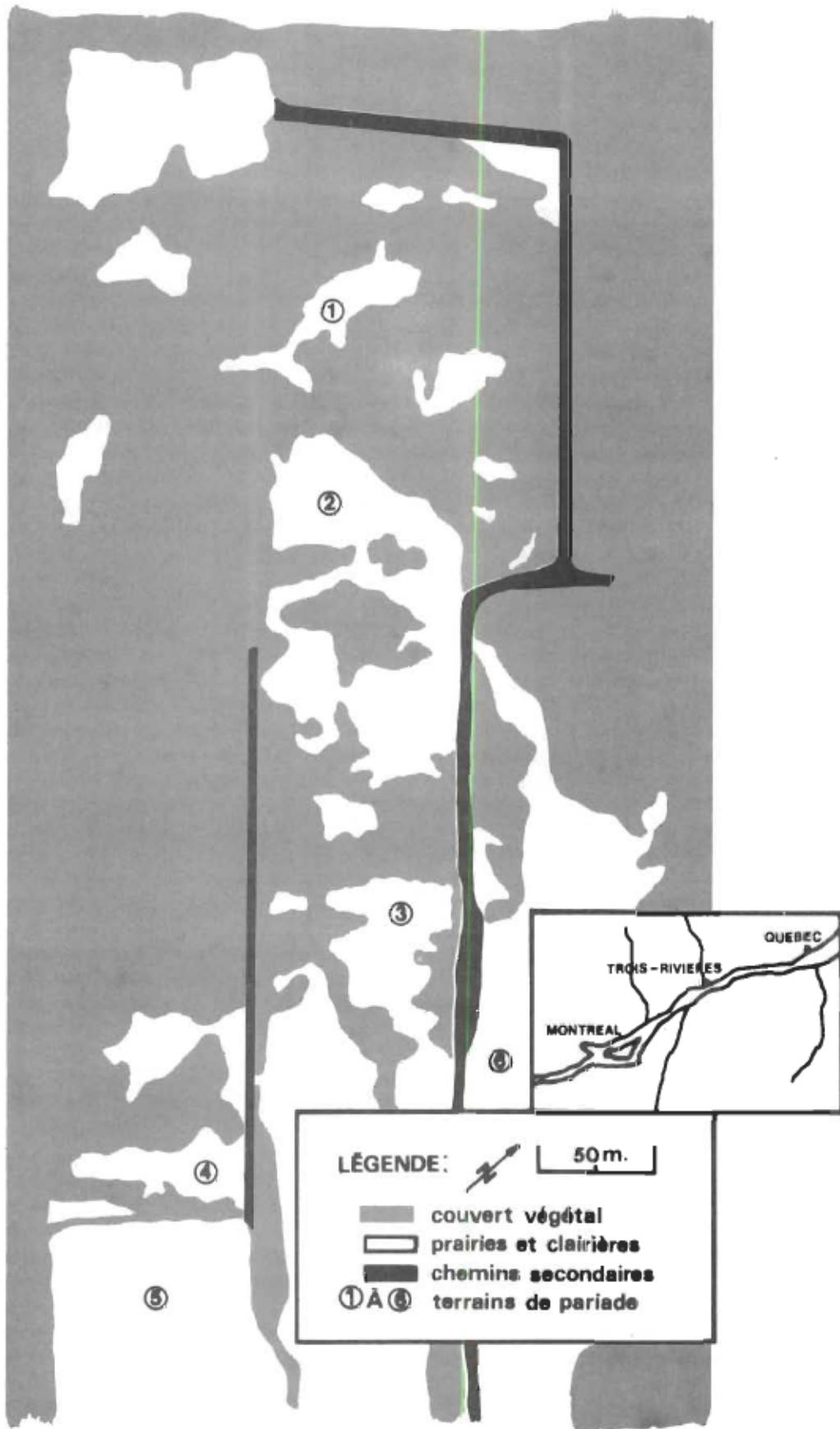


Figure 1.- Carte du territoire où l'étude a été réalisée.

le bouleau gris (Betula populifolia). Ces milieux, tel que nous l'avons observé, constituent des endroits privilégiés pour la nidification.

Les terrains de pariade sont généralement entourés d'une ceinture arbustive constituée d'aulnes rugueux (Alnus rugosa) et de saules (Salix sp.).

Certaines zones mal drainées favorisent la présence de groupements végétaux hygrophiles caractéristiques allant de l'aulnaie à impatiante (Impatiens capensis) jusqu'à la cédrière (Thuja occidentalis). Ces surfaces ainsi que les bordures d'un ruisseau fournissent des sites d'alimentation très fréquentés. Le reste du territoire est occupé par des prairies et un verger abandonné.

Une caractéristique importante de ce milieu est qu'il constitue une enclave isolée de part et d'autre par des forêts de haute futaie et de prairies cultivées n'offrant pas les conditions écologiques recherchées par l'espèce. Cette situation en fait un territoire d'étude privilégié où nous pouvons supposer que les interactions entre populations voisines sont nulles durant la période de reproduction.

Le nombre de terrains de pariade occupés entre 1973 et 1976 sur notre terrain d'étude est demeuré relativement stable, variant de trois à quatre en moyenne selon les années. Stewart in Aldrich (1952) souligne que l'on obtient dans les meilleurs habitats du Maryland une densité de trois terrains de pariade par 20 ha; les dénombrements effectués par Sheldon (1967) au Massachusetts révèlent la présence de quatre à cinq terrains occupés par 20 ha; les observations effectuées durant les périodes de reproduction de 1974, 1975 et 1976 ont de plus révélé la présence d'une importante population de mâles sous-dominants.

Les caractéristiques du milieu et de la population de Bécasses nous permettent donc d'assumer que l'étude a été réalisée sur des terrains de pariade de premier choix qui offrent des conditions écologiques favorables et recherchées par l'espèce.

CHAPITRE II

UNE MÉTHODE D'IDENTIFICATION DES BÉCASSES MÂLES À PARTIR DE L'ANALYSE SONAGRAPHIQUE DU CRI DE PARIADE

La réalisation d'une étude sur la fidélité à un terrain de pariade chez les Bécasses mâles posait un problème de choix de techniques. En effet, il a été démontré par Sheldon (1967) et Wishart (1973) que la capture des individus affecte leur comportement et provoque un abandon soit permanent soit de durée variable du terrain de pariade. Il a également été démontré par Owen et al. (1971) et Ramakka (1972) que l'utilisation de techniques télémétriques affecte le comportement de pariade de la Bécasse.

Compte tenu de ces observations, il fallait donc utiliser une technique permettant une identification des mâles sans pour cela qu'il y ait contact avec ces derniers. Ainsi, de récents travaux présentés par Samuel et Beightol (1973) ont démontré qu'il était possible d'utiliser certaines caractéristiques sonagraphiques du cri de la Bécasse pour individualiser les mâles d'une population. En utilisant la méthode d'analyse

factorielle en composantes principales, ces auteurs ont déterminé que différentes mesures de fréquence et de la durée du cri pouvaient séparer statistiquement les individus. Ils ont aussi montré qu'une analyse visuelle des sonagrammes était suffisante pour permettre l'identification des mâles.

Durant la période de pariade 1974, nous avons utilisé cette méthode d'identification pour évaluer le degré de fidélité d'un mâle à un terrain de pariade. Après analyse des résultats, nous avons constaté que l'application intégrale de cette méthode amenait certaines confusions, plusieurs mâles ayant présenté des patrons de chants semblables. De telles difficultés ont aussi été rencontrées par T.G. Dilworth¹ (comm. pers.), et A.G. Clark² (comm. pers.). A la figure 2, on voit le niveau de ressemblance qui existe entre les sonagrammes des cris de huit mâles. La figure 3 représente les variations intra-individuelles chez dix cris consécutifs d'un mâle. Toutefois, puisque la méthode d'approche utilisée par Samuel et Beightol (op. cit.) nous semblait intéressante, nous avons voulu y apporter une attention particulière. Nous avons utilisé des techniques d'analyse plus précises. De plus, une étude de la structure acoustique du cri et une approche statistique différente nous ont permis d'utiliser d'autres paramètres de mesure qui, couplés à ceux déjà utilisés par Samuel et Beightol (op. cit.), peuvent rendre plus fonctionnelle la méthode d'identification des mâles.

-
1. T.G. Dilworth, University of New Brunswick, Fredericton, Canada.
 2. A.G. Clark, Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife.



Figure 2.- Sonagrammes des cris de huit mâles.

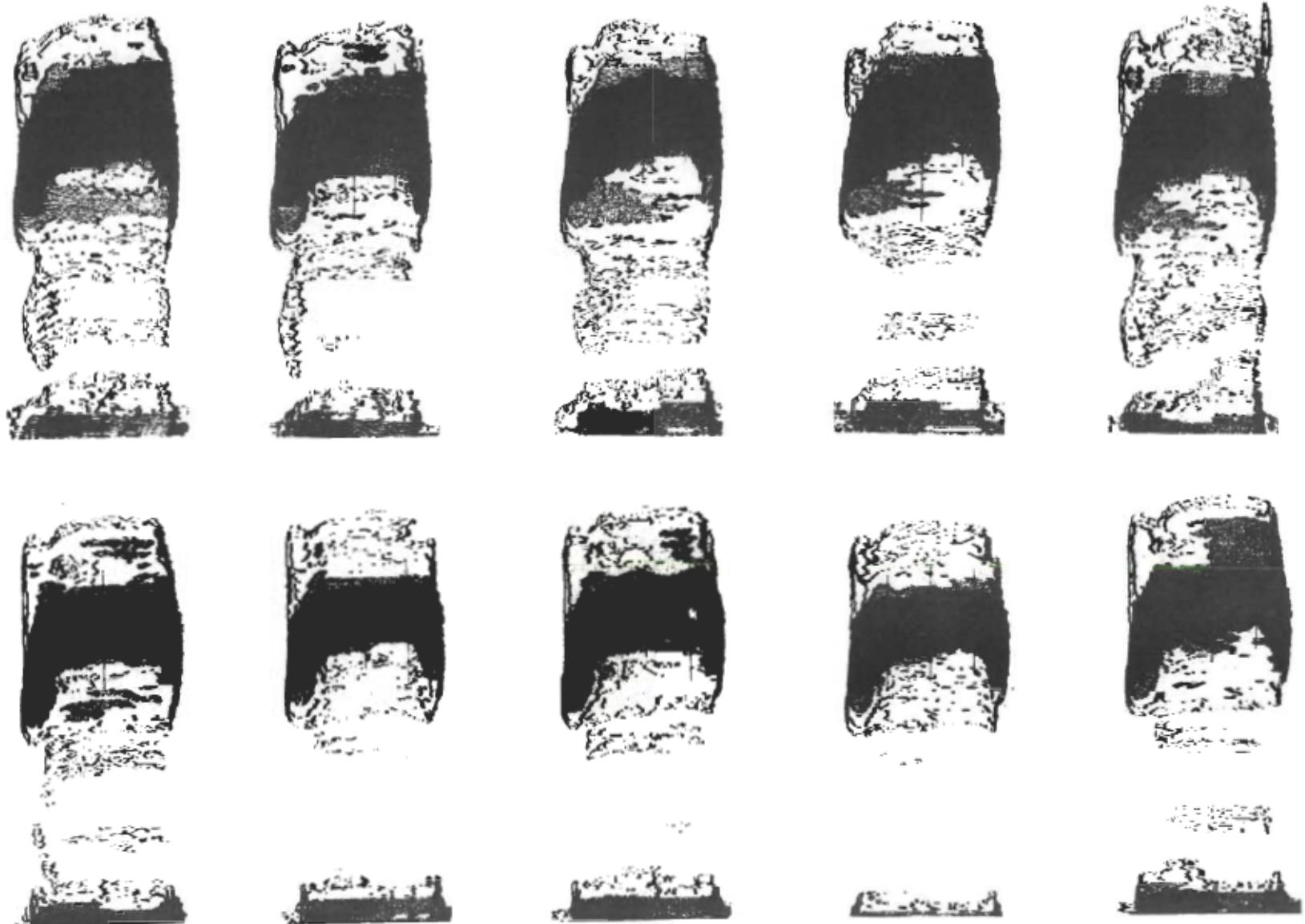


Figure 3.- Sonagrammes de dix cris consécutifs d'un mâle.

1. Revue de littérature

Les premières utilisations du sonagraphe dans le domaine de l'ornithologie ont permis la réalisation d'études de la structure acoustique du chant de quelques espèces: Collias et Joos (1953), Borror et Reese (1953). Par la suite, Borror (1956 et 1959) et Marler et Tamura (1960) ont défini et étudié les caractéristiques sonagraphiques du chant qui pouvaient caractériser les dialectes chez différentes populations d'une même espèce. Ils ont aussi étudié les variations individuelles présentes dans ces populations.

Borror (1960) mentionne que le spectrogramme du chant d'un oiseau peut être un moyen d'identification des individus comparable à une bague. Depuis, plusieurs auteurs ont voulu étudier les caractéristiques du chant qui permettent l'individualisation des membres d'une population. Les premiers travaux de ce type ont été réalisés chez des espèces aux chants complexes par Marler et Isaac (1960), Borror (1961), Thorpe (1963), Thorpe et North (1965), Grimes (1965). D'autres recherches ont été effectuées chez des espèces dont le chant est de forme acoustique plus simple: Hutchinson et al. (1967), Mundinger (1970), White et White (1970), Jouventin (1972).

Borror et Gunn (1965) sont toutefois les premiers à suggérer l'emploi, en écologie quantitative, d'une méthode d'identification des individus basée sur l'analyse sonagraphique du chant. Jusqu'à présent, peu de chercheurs, à l'exception de Heinz et Gysel (1970) et Williams (1971), ont appliquée cette technique à des études concernant les espèces d'intérêt cynégétique.

Récemment, Daniels (1971) et Samuel et Beightol (1973) ont démontré qu'il était possible d'utiliser certaines caractéristiques sonagraphiques du cri de pariade de la Bécasse d'Amérique pour individualiser les mâles d'une population.

2. Matériel et techniques

Les enregistrements ont été réalisés dans la région de Trois-Rivières (Québec) durant la période de reproduction des printemps 1974, 1975 et 1976. La plupart des observations ont été effectuées lors de la pariade nocturne bien que certaines l'aient été à l'aube. Les cris d'oiseaux ont été enregistrés à une distance de huit mètres. Les enregistrements ont été faits sur magnétophone Uher 4000-L Report à une vitesse de 19 cm/s. La courbe de réponse-fréquence de cet appareil se situe entre 40 et 20 000 Hz. Nous avons utilisé un microphone parabolique Dan Gibson, modèle P-500, muni d'un circuit correcteur qui fournit une courbe linéaire de réponse-fréquence sans pour cela nécessiter l'utilisation d'une parabole de grand diamètre. La courbe de réponse-fréquence de ce microphone s'étend de 150 à 20 000 Hz à huit mètres. Le ruban magnétique utilisé est de marque BASF, type LH LP35; la prémagnétisation de l'enregistreuse Uher 4000-L Report est optimisée pour le ruban BASF de ce type.

L'analyse spectrographique des cris a été réalisée avec un sonographe de modèle 6061-B fabriqué par Kay Elemetric Co. (figure 4). Nous avons ajouté à cet appareil l'unité "Contour display" 6070-A. L'utilisation de ce circuit permet la production de sonagrammes réalisés en sept bandes distinctes séparées par des intervalles de 6 dB. Cette technique permet de délimiter avec beaucoup plus de précision le contour de la

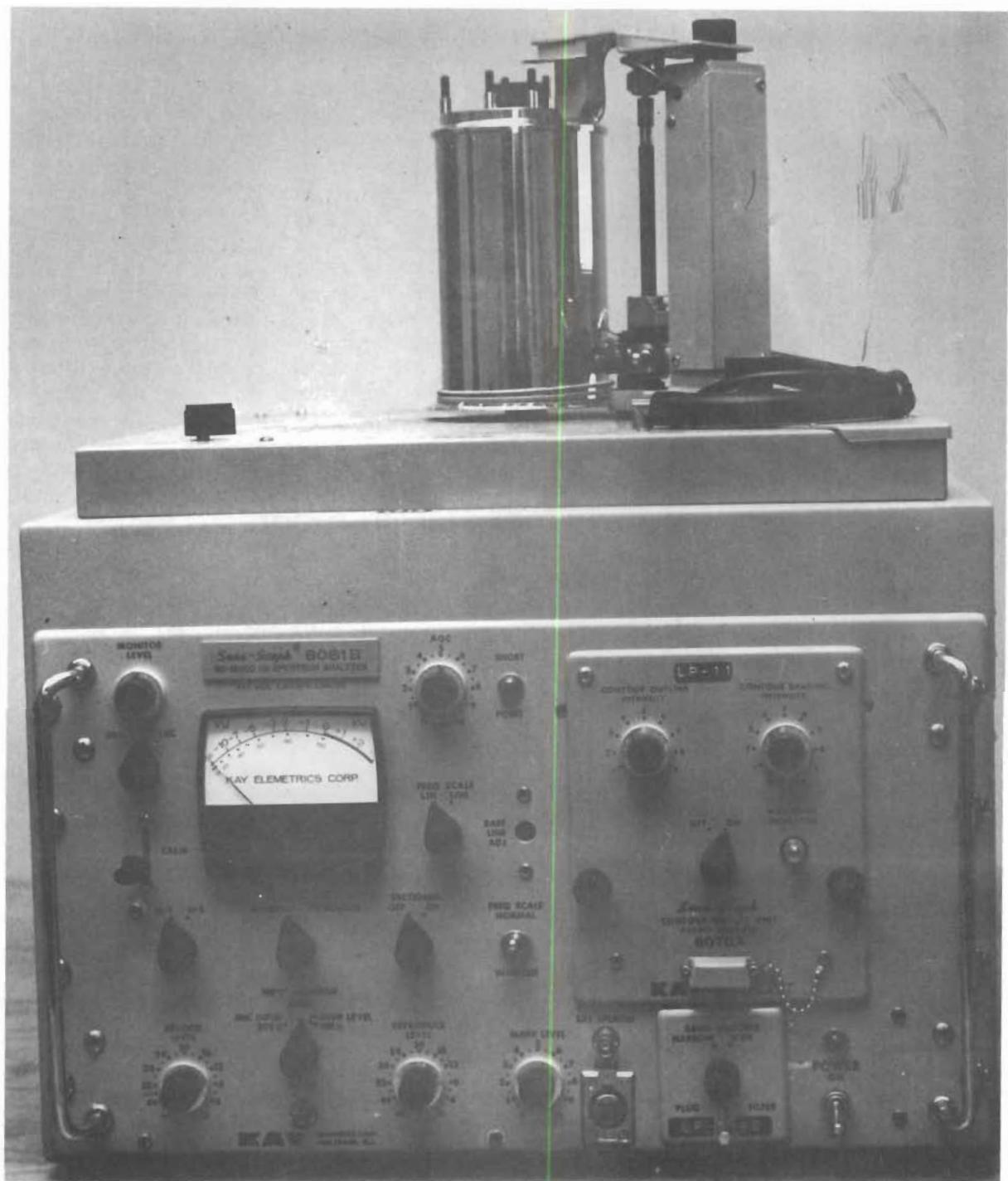


Figure 4.- Illustration du sonagraphe Kay Elemetric, 6061-B utilisé pour l'étude.

bande de fréquences étudiée, ce qui réduit les erreurs de mesure du temps et de la fréquence. L'analyse des fréquences a été faite avec le circuit FL-1 et le filtre pour bande large de 300 Hz. Chaque cri a été transféré sur le disque magnétique du sonagraphe à partir du même magnétophone ayant servi à l'enregistrement initial sur le terrain. La vitesse de ce magnétophone a été vérifiée régulièrement afin d'éviter les fluctuations de fréquences entre différentes séries de cris. L'entrée des cris sur le disque magnétique a été faite à -20 dB sur le modulomètre du sonagraphe. Greenwalt (1968) a démontré que le modulomètre de l'appareil ne répondait pas avec une rapidité suffisante à une impulsion sonore de courte durée; aussi les enregistrements de chants d'oiseaux constitués de notes courtes doivent être passés à un niveau inférieur à 0 dB. Ceci permet d'éviter la saturation de la plaque magnétique et une distorsion qui pourrait changer la structure du sonagramme.

Afin de vérifier l'exactitude et la constance de la reproduction des fréquences par le sonagraphe, nous avons généré sur chaque sonagramme un signal sonore de 7 000 Hz à l'aide d'un générateur de fréquences RCA, modèle WA 504 A. Ce signal pouvait, par la suite, être comparé à l'échelle de fréquences produite par l'oscillateur interne du sonagraphe. Le signal émis par le générateur de fréquences était vérifié continuellement avec une précision de 0,01 Hz, à l'aide d'un compteur de fréquences Hewlett-Parkard 5300 A.

Nous avons sélectionné huit mâles que l'isolement dans l'espace nous permettait de considérer comme différents. Pour chaque mâle, nous avons choisi dix cris de qualité c'est-à-dire présentant un minimum de

bruits de fond et dont le niveau d'enregistrement au modulomètre se situait entre 0 dB et -3 dB. Les cris avec distortion des ondes ont été éliminés par vérification de l'écrêtage sur un oscilloscope à mémoire Hewlett-Packard 181 A avec les modules base-temps 1820 A et amplificateur vertical 1801 A. Nous avons produit, pour chaque mâle, dix sonagrammes correspondant chacun à un cri différent. La figure 5 représente un sonogramme type du cri de la Bécasse avec localisation des paramètres qui ont servi à l'analyse: fréquence gauche (F_g), à 5 mm du début et au centre de la bande de 36 à 42 dB; fréquence centre (F_c), au centre de la bande de 36 à 42 dB; fréquence droite (F_d), à 5 mm avant la fin et au centre de la bande de 36 à 42 dB; fréquence de départ de la troisième bande de 24 à 30 dB (F_3), durée de la bande centrale (T). Pour chacun des cris, nous avons aussi produit d'autres sonagrammes à une vitesse réduite par un facteur de huit. Le fait de produire un sonogramme ralenti, nous permet d'utiliser d'autres paramètres de mesure qui, autrement, seraient invisibles sur un sonogramme standard. Ces nouveaux paramètres, identifiés par une étude de la structure acoustique du cri, sont représentés à la figure 6. Il s'agit du nombre de pulsations dans un cri (N_p), de la durée d'une pulsation au centre du cri (D_p)¹, de la fréquence de modulation des pulsations au centre du cri (F_m)² et de la durée totale du cri (T_t)³.

¹ Valeur moyenne calculée à partir de 10 pulsations au centre du cri.

² $F_m = 1/D_p$.

³ Nous n'avons pas utilisé le paramètre "frequency range" employé par Samuel et Beightol (1973). En effet, il s'agit là d'une valeur dépendante de l'intensité du cri et, par le fait même, variable pour une série d'enregistrement.

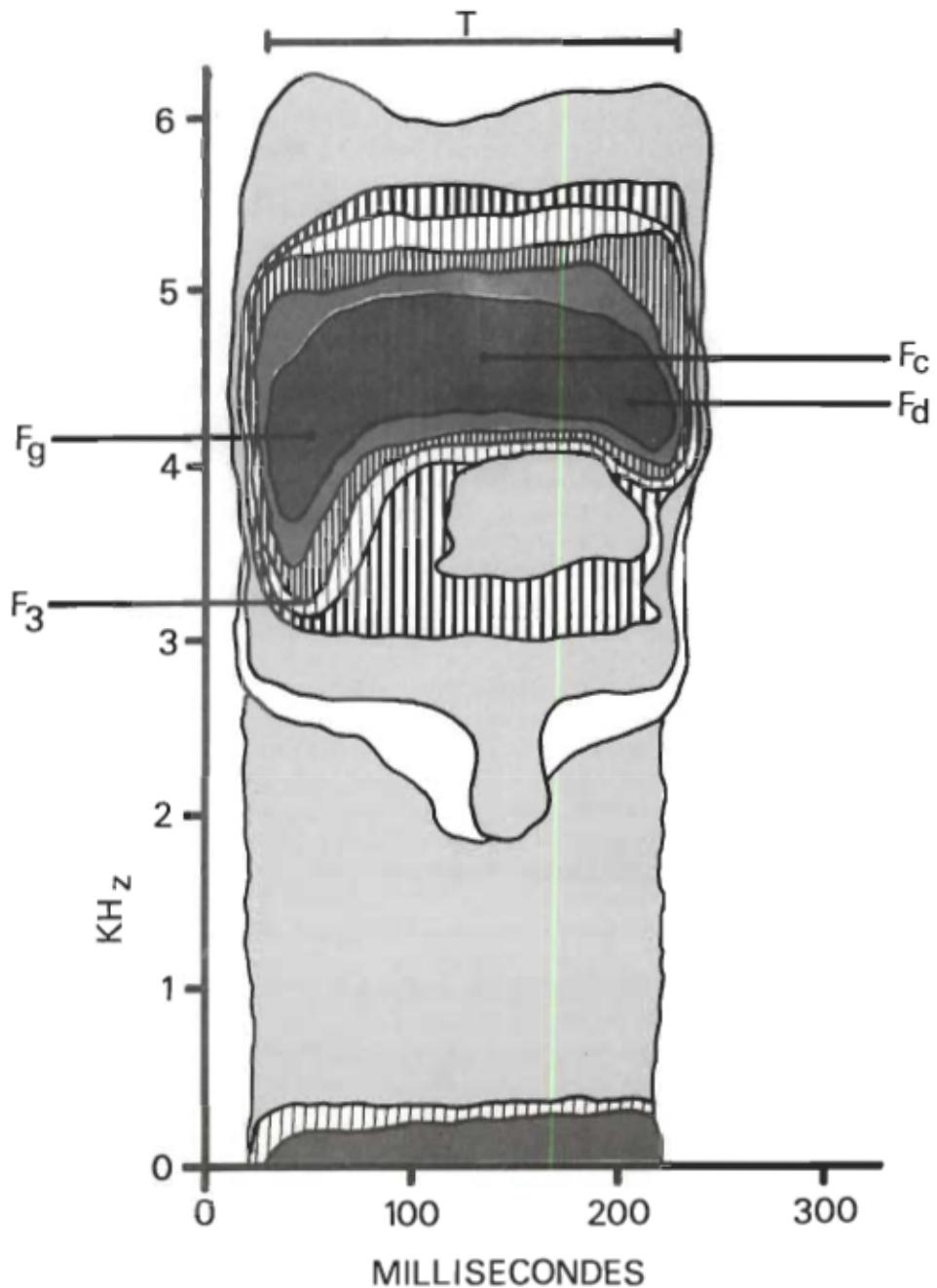


Figure 5.- Représentation schématique du cri de pariade de la Bécasse d'Amérique. Chaque zone représente une intensité de son croissante de 6 dB par rapport à la précédente. La zone centrale, la plus foncée (36 à 42 dB), est utilisée pour déterminer les paramètres F_g , F_c , F_d et T . Sur la troisième zone (24 à 30 dB), on peut localiser le paramètre F_3 .

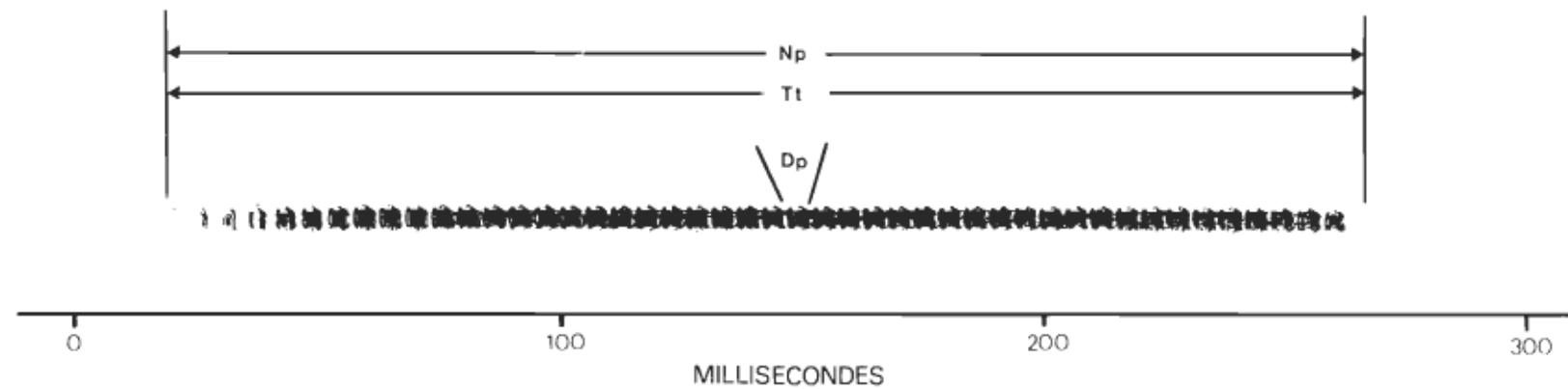


Figure 6.- Sonagramme d'un cri de Bécasse ralenti huit fois à son entrée sur le disque magnétique du sonagraphe.

La détermination des différents points de mesure sur les sonagrammes a été faite à l'aide d'une table à dessin spécialement conçue pour les besoins de ce travail (figure 7). Il s'agit d'une règle coulissante sur laquelle on superpose deux équerres (figure 8) dont la conception et les déplacements permettent la délimitation des paramètres de mesure avec une précision constante entre chacun des sonagrammes. La lecture et l'enregistrement des valeurs des paramètres ont été faits directement sur les points préalablement déterminés à l'aide d'un convertisseur graphique numérique Gradicon (Instronics Limited, Canada)(figure 9). Il s'agit d'un appareil de codification permettant la transcription de toute information graphique en données numériques inscrites sur cartes perforées. Le Gradicon a un pouvoir de résolution de $\pm 0,01$ mm et une précision de $\pm 0,1$ mm. La mesure des paramètres a été faite avec une précision de 0,25 mm ce qui fournit une précision de ± 4 ms pour les lectures de temps et de ± 42 Hz pour les fréquences.

3. Procédure d'analyse des données expérimentales

Comme l'examen visuel des sonagrammes s'est avéré inefficace pour différencier les mâles avec certitude (figures 2 et 3), nous avons vérifié s'il était possible de distinguer ces derniers par analyse statistique. Dans une première étape, nous comparons les données expérimentales recueillies pour chacun des mâles par des analyses de variance et des sous-groupes homogènes de Duncan réalisées séparément sur les paramètres Fg, Fc, Fd et T. Puisque, de cette façon, il était impossible d'individualiser avec succès chacun des mâles, nous avons déterminé l'importance de la variation des différents paramètres entre les oiseaux par la méthode

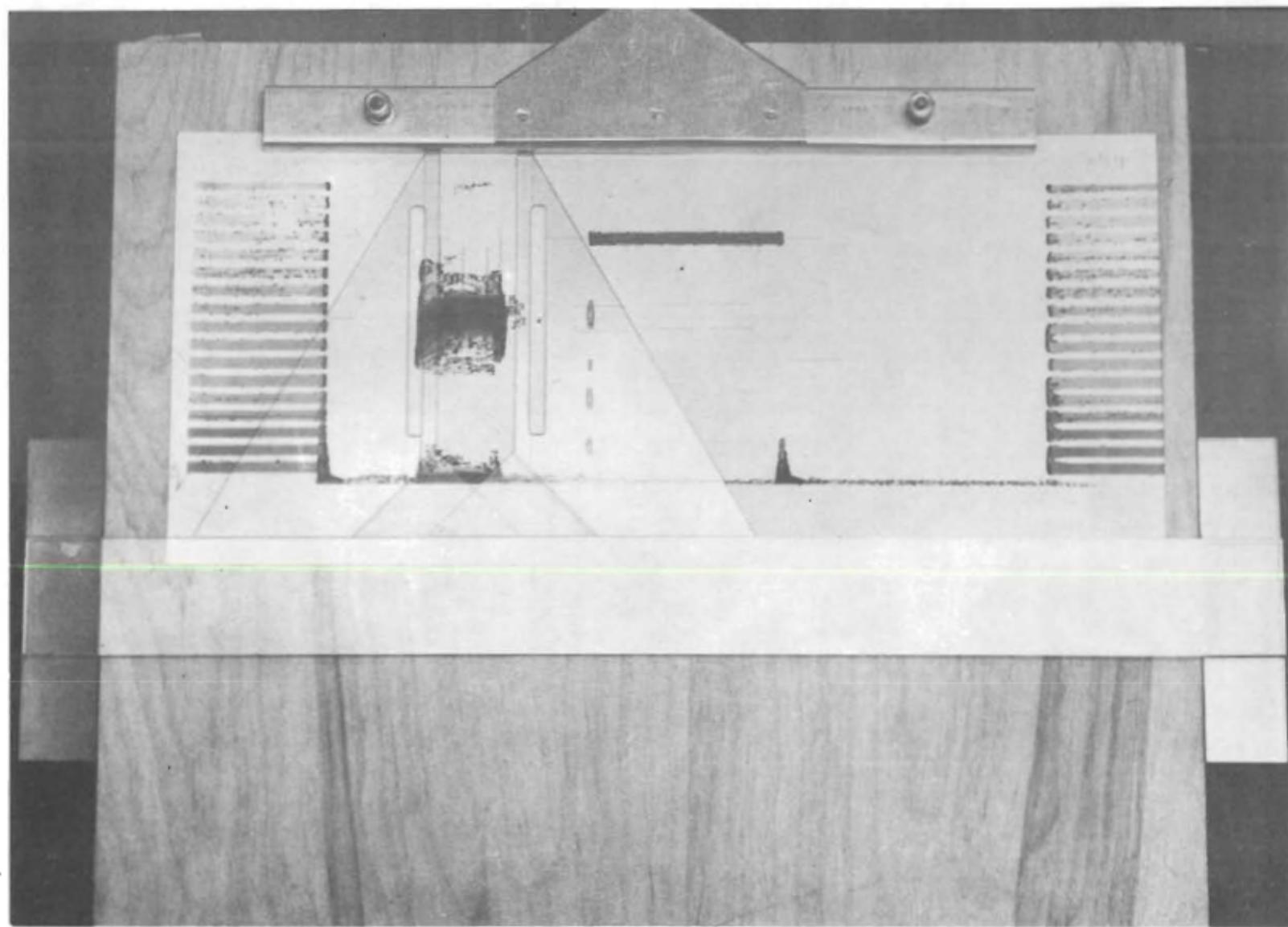


Figure 7.- Illustration de la table à dessin servant à la localisation des points de mesures des différents paramètres utilisés dans cette étude.

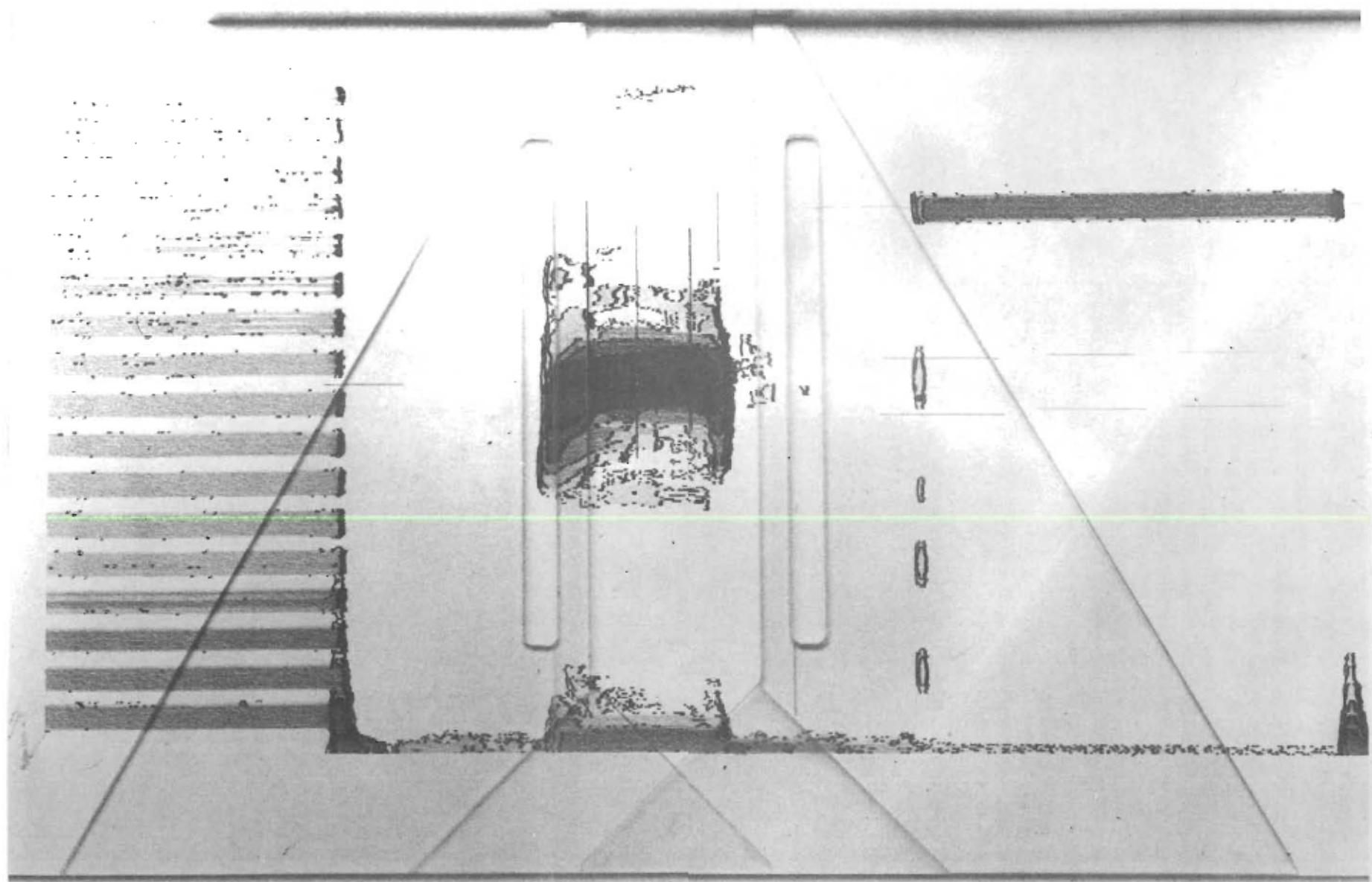


Figure 8.- Illustration des équerres sous lesquelles on voit un sonagramme.

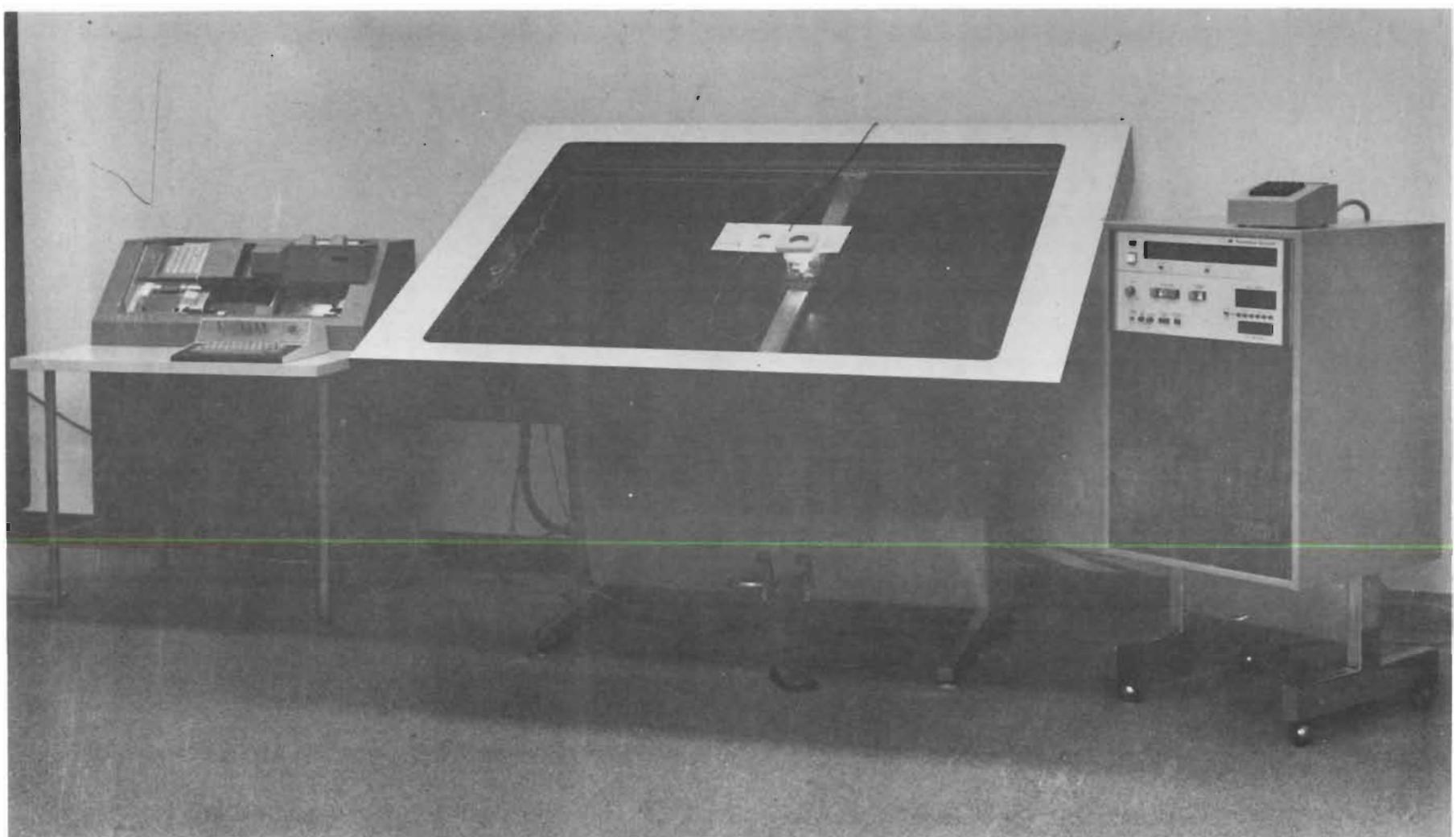


Figure 9.- Illustration du compteur graphique numérique Gradicon tel qu'utilisé dans notre travail.

d'analyse factorielle en composantes principales telle qu'utilisée par Samuel et Beightol (1973); c'est-à-dire, qu'à partir d'un choix de paramètres, nous voulons isoler ceux qui servent le plus à distinguer les oiseaux. La méthode d'analyse factorielle en composantes principales a en effet pour but de déterminer et d'identifier le nombre minimum de variables qui expliquent progressivement la plus grande part de la variance d'un échantillon (Cooley et Lohnes, 1964).

Une fois que les composantes principales de l'échantillon sont identifiées, nous regroupons pour chaque individu l'ensemble des valeurs de chaque paramètre sous une nouvelle composante principale calculée. Cette composante principale est obtenue, pour les dix cris de chaque mâle, par la sommation des produits des coefficients de saturation et de la valeur du paramètre correspondant. Une analyse de variance et des sous-groupes homogènes de Duncan est ensuite réalisée sur les huit composantes principales ainsi obtenues. En résumé, nous pensons que la création de " m " nouvelles variables calculées qui regrouperaient toutes les valeurs des paramètres pour dix cris d'un oiseau pourrait accroître la possibilité de distinguer les mâles par une représentation en " m " dimensions à partir d'un espace de " n " dimensions ($m \ll n$).

Nous avons également voulu étudier le problème sous un autre angle statistique en utilisant l'analyse discriminante (Klecka, 1975). Cette analyse a pour but de distinguer statistiquement plusieurs groupes par des variables discriminantes qui sont des mesures de caractéristiques à partir desquelles les groupes peuvent être séparés. Pratiquement, l'analyse discriminante fournit la probabilité d'appartenance d'un échantillon à un groupe ou la prédiction d'appartenance à un groupe. Nous avons

d'abord appliquée cette technique d'analyse statistique aux paramètres Fg, Fc et Fd, par la suite, une analyse discriminante a également été réalisée sur l'ensemble des paramètres: Fg, Fc, Fd, F₃, Fm, T, Tt, Dp, Np.

4. Interprétation des résultats et discussion

A: Analyses de variance sur un paramètre

Les résultats des analyses de variance et des sous-groupes homogènes de Duncan réalisées sur les paramètres Fg, Fc, Fd et T sont présentés aux tableaux 1, 2, 3 et 4; nous retrouvons également sur ces tableaux les valeurs des paramètres qui ont servi à l'analyse. Pour chacune des analyses, les valeurs de F obtenues à un niveau de probabilité $P < 0,05$ montrent qu'à l'intérieur de l'échantillon il existe des différences significatives. Toutefois, en nous référant aux résultats de l'analyse des sous-groupes homogènes de Duncan, nous constatons que plusieurs mâles ne sont pas statistiquement différents puisqu'ils se regroupent dans un même sous-ensemble. Ainsi, bien qu'une analyse de variance nous permette de conclure qu'il existe des différences significatives entre les mâles, cela n'implique pas obligatoirement que tous ces individus soient statistiquement différents pour les paramètres étudiés.

B: Analyse factorielle en composantes principales et analyses de variance sur les composantes principales

Les résultats de l'analyse factorielle en composantes principales (tableau 5) montrent que les deux premières composantes principales expliquent 93,4% de la variance totale. La première est responsable de

TABLEAU 1

Valeurs de la fréquence gauche (Fg) en Hz illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles.
 Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés
 sur le paramètre fréquence gauche

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	4833,34	4885,42	4843,75	4885,42	4843,75	4864,59	4906,25	4968,75	4854,17	4895,84	4878,1284
2	4625,00	4593,75	4645,84	4666,67	4729,17	4718,75	4739,59	4708,34	4770,84	4687,50	4688,5454
3	4947,92	4833,34	4864,59	4739,59	4687,50	4750,00	4791,67	-	-	-	4802,0869
4	4802,09	4791,67	4791,67	4739,59	4854,17	4770,84	4760,42	4739,59	4760,42	4770,84	4778,1286
5	4625,00	4614,59	4552,09	4625,00	4604,17	4739,59	4781,25	4750,00	4781,25	4791,67	4686,4620
6	4802,09	4937,50	4812,50	4822,92	4885,42	4916,67	4812,50	4885,42	4781,25	4802,09	4845,8368
7	4875,00	4885,42	5052,09	4968,75	4937,50	4916,67	4979,17	5000,00	5000,00	4916,67	4953,1283
8	4708,34	4729,17	4781,25	4635,42	4791,67	4833,34	4843,75	4822,92	4812,50	-	4773,1517

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	580890,3220	82984,3317	21,195
Intra-groupe	68	266237,8151	3915,2620	
Total	75	847128,1371		

SOUSS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3	Sous-groupe 4	Sous-groupe 5
M 5 (4686,4620)	M 8 (4773,1517)	M 3 (4802,0869)	M 6 (4845,8368)	M 7 (4953,1283)
M 2 (4688,5454)	M 4 (4778,1286)	M 6 (4845,8368)	M 1 (4878,1284)	

TABLEAU 2

Valeurs de la fréquence centre (Fc) en Hz illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles
 Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés
 sur le paramètre fréquence centre

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5010,42	5020,42	5000,00	4968,75	5010,42	5000,00	4968,75	5083,34	5000,00	5010,42	5007,2949
2	4833,34	4791,67	4791,67	4843,75	4875,00	4875,00	4843,75	4833,34	4895,84	4854,17	4843,7535
3	5031,25	4989,59	5000,00	4916,67	4802,09	4906,25	4906,25	-	-	-	4936,1052
4	4854,17	4916,67	4906,25	4906,25	4947,92	4833,34	4895,84	4885,42	4885,42	4822,92	4885,4201
5	4812,50	4739,59	4802,09	4885,42	4895,84	4906,25	4927,09	4958,34	4885,42	4906,25	4871,8784
6	4937,50	5052,09	4937,50	4958,34	4979,17	5062,50	5000,00	5052,09	4958,34	4968,75	4990,6282
7	4958,34	5000,00	5135,42	5052,09	5010,42	5083,34	5093,75	5145,84	5093,75	5041,67	5061,4614
8	4927,09	5000,00	4979,17	4947,92	4947,92	5031,25	5020,84	5010,42	5020,84	-	4987,2717

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	402731,7084	57533,1012	22,445
Intra-groupe	68	174306,3756	2563,3291	
Total	75	577038,0840		

SOUS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3	Sous-groupe 4
M 2 (4843,7535)	M 3 (4936,0152)	M 8 (4987,2717)	M 7 (5061,4614)
M 5 (4871,8784)		M 6 (4990,6282)	
M 4 (4885,4201)		M 1 (5007,2949)	

TABLEAU 3

Valeurs de la fréquence droite (Fd) en Hz illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles.
 Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés
 sur le paramètre fréquence droite

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	4989,59	5031,25	4958,34	4937,50	5010,42	4989,59	5020,84	5052,09	4989,59	5031,25	5001,0449
2	4864,59	4812,50	4812,50	4864,59	4885,42	4895,84	4875,00	4802,09	4906,25	4833,34	4855,2118
3	5000,00	4968,75	4979,17	4906,25	4812,50	4885,42	4927,09	-	-	-	4925,5986
4	4822,92	4895,84	4875,00	4875,00	4875,00	4781,25	4822,92	4875,00	4864,59	4802,09	4848,9618
5	4750,00	4729,17	4802,09	4854,17	4854,17	4906,25	4895,84	4916,67	4833,34	4864,59	4840,6285
6	4958,34	5031,25	4937,50	4958,34	4968,75	5072,92	4989,59	5031,25	4968,75	4979,17	4989,5866
7	4947,92	4937,50	5083,34	5020,84	5010,42	5031,25	5041,67	5052,09	5052,09	5000,00	5017,7115
8	4968,75	5020,84	4947,92	4958,34	4937,50	5020,84	5052,09	5041,67	5062,50	-	5001,1606

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	408569,1730	58367,0247	26,085
Intra-groupe	68	152152,9454	2237,5433	
Total	75	560722,1183		

SOUSS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3
M 5 (4840,6285)	M 3 (4925,5986)	M 6 (4989,5866)
M 4 (4848,9618)		M 1 (5001,0449)
M 2 (4855,2118)		M 8 (5001,1606)
		M 7 (5017,7115)

TABLEAU 4

Valeurs des mesures de durée du cri (T) en millisecondes illustrées pour dix cris de chacun des huit mâles. Résultats de l'analyse de variance ($P < 0,05$) et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur le paramètre temps

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	201,2	195,5	199,3	203,0	206,8	203,0	203,0	206,8	199,3	201,2	201,9
2	154,2	159,8	156,0	163,6	161,7	154,2	152,3	154,2	144,8	150,4	155,1
3	180,5	193,6	186,1	178,6	176,7	188,0	186,1	-	-	-	184,2
4	189,9	191,8	203,0	210,6	203,0	216,2	197,4	197,4	204,9	214,3	202,9
5	216,2	214,3	216,2	214,3	214,3	216,2	216,2	210,6	212,4	212,4	214,3
6	227,5	244,4	229,4	214,3	227,5	201,2	220,0	216,2	212,4	204,9	219,8
7	204,9	191,8	206,8	201,2	208,7	212,4	210,6	199,3	212,4	208,7	205,7
8	208,7	208,7	204,9	208,7	206,8	210,6	208,7	201,2	212,4	-	202,9

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	0,0288	0,0041	84,5300
Intra-groupe	68	0,0033	0,0000	
Total	75	0,0321		

SOUS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3	Sous-groupe 4
M 2 (155,1)	M 3 (184,2)	M 1 (201,9)	M 5 (214,3)
		M 4 (202,9)	M 6 (219,8)
		M 7 (205,7)	
		M 8 (207,8)	

TABLEAU 5

Coefficients de saturation obtenus et pourcentage de la variance expliquée par chacune des composantes principales

Variables	Composante principale		
	I	II	III
Fréquence gauche (Fg)	0,49868	0,85265	0,15582
Fréquence centre (Fc)	0,80284	0,50769	0,23933
Fréquence droite (Fd)	0,91844	0,35397	0,16147
Temps (T)	0,16515	0,12683	0,97799
Pourcentage de la variance expliquée	73,8%	19,6%	5,6%
Pourcentage cumulatif de la variance expliquée	73,8%	93,4%	99,0%

73,8% de la variance totale et la seconde contribue pour 19,6% de cette variance. L'examen des coefficients de saturation (tableau 5) permet de définir l'importance de chacune des variables dans la création des composantes principales. La première composante est celle des fréquences centre (coefficient de saturation: 0,80284) et droite (coefficient de saturation: 0,91844), tandis que la seconde composante est celle de la fréquence gauche (coefficient de saturation: 0,85265). La troisième composante qui est responsable de 5,6% de la variance totale de l'échantillon est celle de la durée du cri (coefficient de saturation: 0,97799). Ayant défini que les deux premières composantes principales expliquent 93,4% de la variance de l'échantillon, les coefficients de saturation de celles-ci serviront au calcul des valeurs des composantes principales pour chacun des huit mâles qui seront ensuite comparées par analyse de variance et des sous-groupes homogènes de Duncan. Nous retrouvons aux tableaux 6 et 7 les résultats de ces analyses. Dans chacun des cas, la valeur de F obtenue à un niveau de probabilité $P < 0,05$ indique qu'il est impossible de considérer un seul groupe homogène. Dans les deux cas, la variance inter-groupe est plus grande que la variance intra-groupe et les individus de l'échantillon peuvent être différents. Cependant, le fait de retrouver plusieurs individus dans un même sous-groupe homogène, nous permet de constater que la technique ne distingue pas tous les individus de l'échantillon.

Nous pouvons aussi nous référer à la figure 10 qui illustre les cris des différents mâles dans un espace créé par la première et la deuxième composante principale, nous constatons qu'il est impossible de regrouper et d'isoler les cris d'un individu par les seuls paramètres de fréquence. Encore là, la confusion persiste et il nous est impossible

TABLEAU 6

Résultats de l'analyse de variance et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur la première composante principale de chaque individu

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Sommes des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	49,7516	7,1074	18,215
Intra-groupe	68	26,5324	0,3902	
Total	75	76,2840		

SOUS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3
M 4 (-1,2971)	M 5 (-0,9718)	M 2 (-0,4186)
M 5 (-0,9718)	M 2 (-0,4186)	M 3 (-0,0491)
Sous-groupe 4	Sous-groupe 5	Sous-groupe 6
M 3 (-0,0491)	M 6 (0,4541)	M 7 (0,5868)
M 6 (0,4541)	M 7 (0,5868)	M 1 (0,6285)
M 7 (0,5868)	M 1 (0,6285)	M 8 (1,1671)

TABLEAU 7

Résultats de l'analyse de variance et sous-groupes homogènes de Duncan réalisés sur la deuxième composante principale de chaque individu

ANALYSE DE VARIANCE

Source de variation	Degré de liberté	Sommes des carrés d'écart	Carré moyen	F
Inter-groupe	7	43,8183	6,2598	13,441
Intra-groupe	68	31,6679	0,4657	
Total	75	75,4862		

SOUS-GROUPES HOMOGENES DE DUNCAN

Sous-groupe 1	Sous-groupe 2	Sous-groupe 3
M 8 (-1,0559)	M 6 (0,0618)	M 7 (1,3229)
M 5 (-0,8806)	M 3 (0,1808)	
M 2 (-0,6200)	M 4 (0,4476)	
	M 1 (0,4913)	

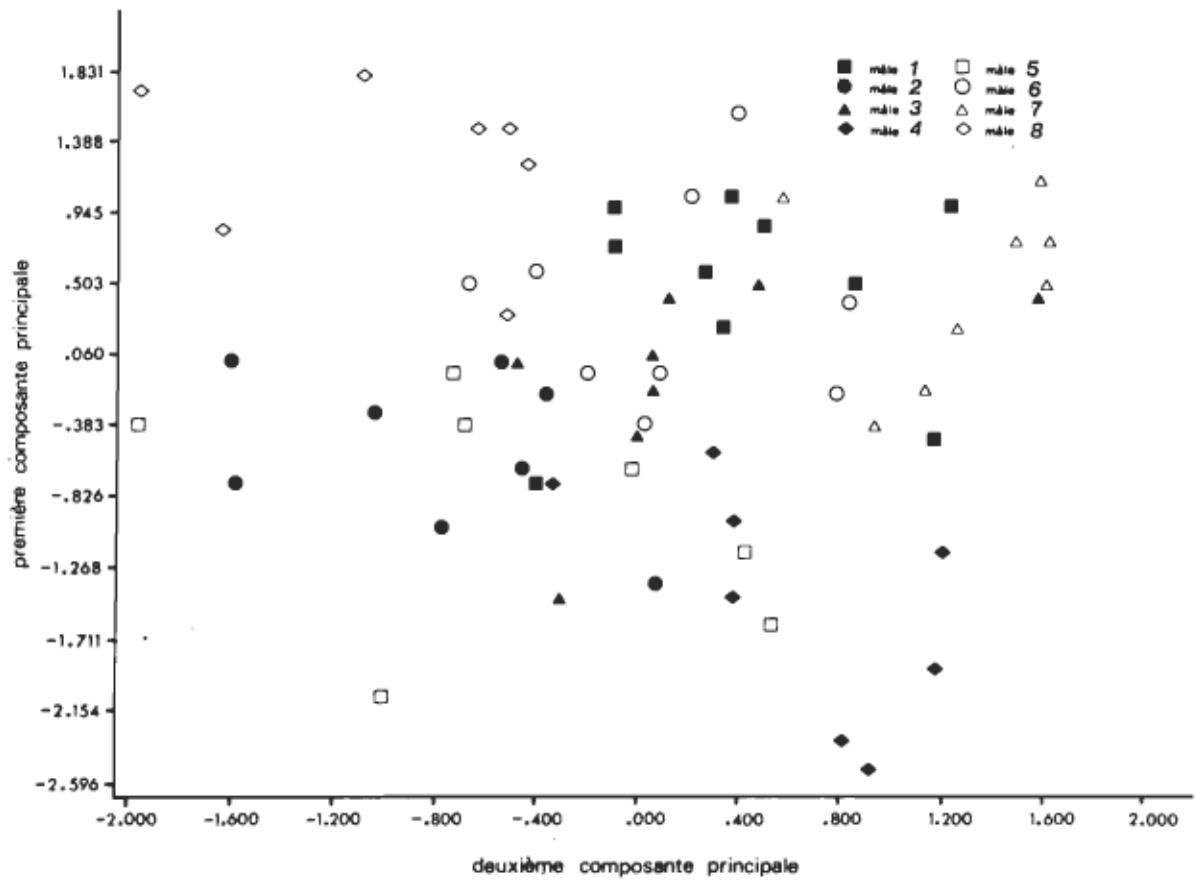


Figure 10.- Diagramme de dispersion des cris des différents mâles dans l'espace créé par les deux premières composantes principales.

d'individualiser de façon adéquate chacun des mâles à l'aide de ces mêmes paramètres.

C: Analyse discriminante

Par cette analyse statistique, nous voulons déterminer la probabilité d'appartenance d'éléments d'un échantillon à un groupe. L'analyse discriminante permet d'effectuer une comparaison des cris d'un mâle (échantillon) avec les cris d'autres mâles de référence (en incluant aussi les cris du mâle échantillon en référence). Les résultats de cette comparaison sont présentés sous la forme de tableaux (tableaux 8 et 9). Sur la diagonale de chacun de ces tableaux, au point de contact d'un groupe échantillon et du même groupe de référence, se trouve un chiffre qui correspond au nombre de fois où les cris d'un mâle ont été correctement classifiés avec leur propre image. Les autres valeurs inscrites à l'intérieur des tableaux, de part et d'autre de la diagonale, correspondent au nombre de fois que le mâle échantillon présente des confusions d'identification en se regroupant avec un autre groupe plutôt qu'avec lui-même.

Dans une première étape, nous avons utilisé les paramètres Fg, Fc et Fd. Le choix de ces trois variables nous a été dicté par le fait que les analyses factorielles en composantes principales effectuées par Beightol (1972) et nous-mêmes indiquent qu'à elles seules ces mesures expliquent plus de 90% de la variance des échantillons. De plus, Beightol (*op. cit.*), dans la conclusion de son travail, mentionne que ces trois paramètres sont les plus utiles pour distinguer les mâles; or les résultats de l'analyse discriminante présentés au tableau 8 montrent que ces trois paramètres ne permettent qu'un succès de reconnaissance de 60,5%.

TABLEAU 8

Classification des mâles obtenue par une analyse discriminante réalisée avec les variables Fg, Fc, Fd. Sur la diagonale, on retrouve le nombre de cris correctement classifiés pour un mâle; de part et d'autre de cette diagonale, le nombre de mauvaises classifications pour un mâle

Mâles échantillons	Mâles de référence							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4		2			3	1	
2		7	1	1	1			
3	1	1	3			1	1	
4		1	1	7	1			
5		1	2	2	5			
6	3		1		5		1	
7	1		1		8			7
8			2					

Nombre de cris correctement classifiés: 46 (60,5%)
 Nombre de mauvaises classifications: 30 (39,5%)

Ceci est insuffisant pour faire de l'analyse discriminante réalisée sur Fg, Fc, et Fd une technique d'identification acceptable.

Nous avons pensé que l'utilisation d'un plus grand nombre de paramètres pourrait permettre une meilleure identification des individus. Dans une deuxième étape, nous avons donc effectué une analyse discriminante sur les neuf paramètres décrits précédemment. Une analyse discriminante réalisée sur ces variables assure un succès de reconnaissance de 98,7% des individus (tableau 9).

Toutefois, bien que l'on observe un fort niveau d'individualité des cris chez un mâle, il est opportun de vérifier si les caractéristiques individuelles de ces derniers sont suffisamment constantes dans le temps pour permettre la reconnaissance d'un individu à tout moment. Pour ce faire, nous avons comparé les cris de trois mâles enregistrés à différentes occasions sur leurs terrains respectifs. Nous assumons que les différents enregistrements effectués sur un même terrain proviennent du même individu, ceci en nous basant sur une identification des mâles à partir de leur comportement. En effet, à l'intérieur d'une période relativement courte, il est possible d'associer un modèle de comportement individuel pour chaque mâle: localisation du site d'émission des premiers cris, situation de l'endroit où se pose le mâle après ses envolées... Les différentes séries d'enregistrements sont ensuite comparées au moyen d'une analyse discriminante réalisée sur les neuf paramètres. Les résultats présentés au tableau 10 indiquent un fort degré de ressemblance entre les séries de cris d'un même individu.

La figure 11 présente la dispersion des différentes séries de cris

TABLEAU 9

Classification des mâles obtenue par une analyse discriminante réalisée avec les neuf variables discriminantes
 Sur la diagonale on retrouve le nombre de cris correctement classifiés pour un mâle; de part et d'autre
 de cette diagonale le nombre de mauvaises classifications pour un mâle

Mâles échantillons	Mâles de référence							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	10							
2		10						
3			7					
4				10				
5					10			
6						10		
7	1						9	
8								9

Nombre de cris correctement classifiés: 75 (98,7%)
 Nombre de mauvaises classifications : 1 (1,3%)

TABLEAU 10

Caractéristiques des différentes séries d'enregistrements comparées pour trois mâles
et succès de classification de ces séries avec les mâles d'origine

	Mâles		
	1	2	3
Nombre de séries d'enregistrement comparées	4	5	4
Durée de la période couverte par cette comparaison (en jours)	5	17	10
Nombre de cris comparés	40	47	40
Nombre de cris correctement classifiés	40	39	38
Pourcentage de bonnes classifications	100,0	82,9	95,0

des trois mâles dans un espace créé par les deux premières fonctions discriminantes résultant de l'analyse discriminante faite sur neuf paramètres. Ce diagramme de dispersion illustre clairement la ressemblance qui existe entre les différentes séries d'enregistrement d'un mâle. En effet, il est de cette façon possible de regrouper et d'isoler dans un même espace les cris de différentes séries d'enregistrement d'un individu.

Par contre, la figure 12 oppose les deux premières fonctions discriminantes résultant d'une analyse discriminante faite à l'aide des variables F_g , F_c et F_d ; on constate alors le niveau de confusion qui existe lorsqu'on utilise seulement les variables fréquences pour identifier les mâles. Ceci exclut aussi la possibilité d'utiliser un examen visuel des sonagrammes, tel que proposé par Samuel et Beightol (1973), pour distinguer les Bécasses mâles.

5. Conclusion

L'examen visuel des sonagrammes et les tests statistiques tels que analyses de variance réalisées sur les paramètres F_g , F_c , F_d et T , analyses de variance sur les composantes principales et analyse discriminante faite sur les fréquences gauche (F_g), centre (F_c) et droite (F_d) ne permettent pas d'individualiser avec succès les différents mâles. En effet, nos résultats montrent que plusieurs cris ne sont pas significativement différents lorsqu'on utilise ces seuls paramètres. Toutefois, une analyse discriminante faite à partir des neuf variables que nous avons décrites précédemment indique qu'il est possible de distinguer les mâles par leur cri. De plus, puisque les caractéristiques individuelles qui les différencient sont constantes dans le temps pour un individu,

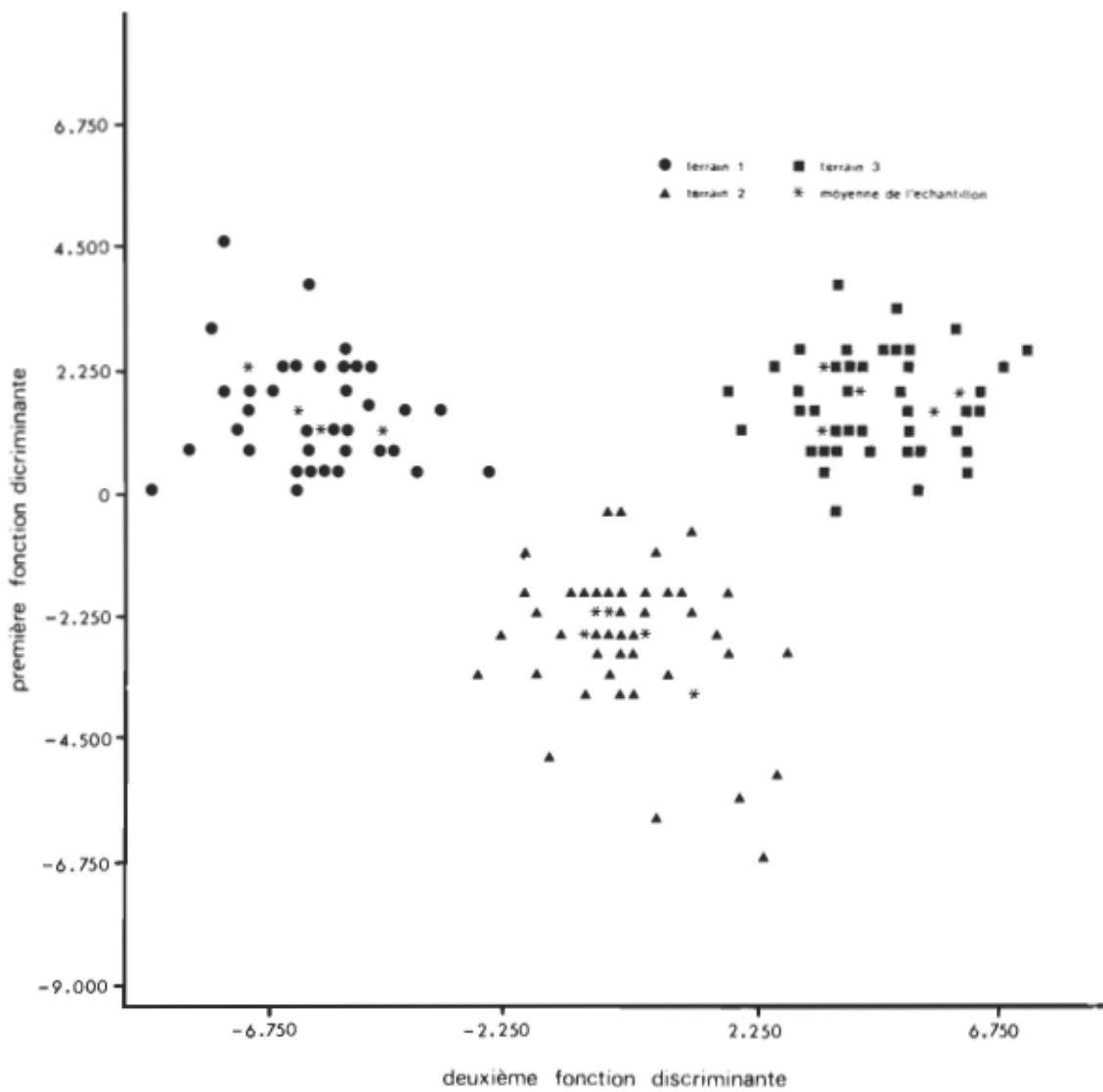


Figure 11.- Diagramme de dispersion des différentes séries de cris de trois mâles dans l'espace créé par les deux premières fonctions discriminantes (résultant d'une analyse discriminante effectuée à partir des neuf variables).

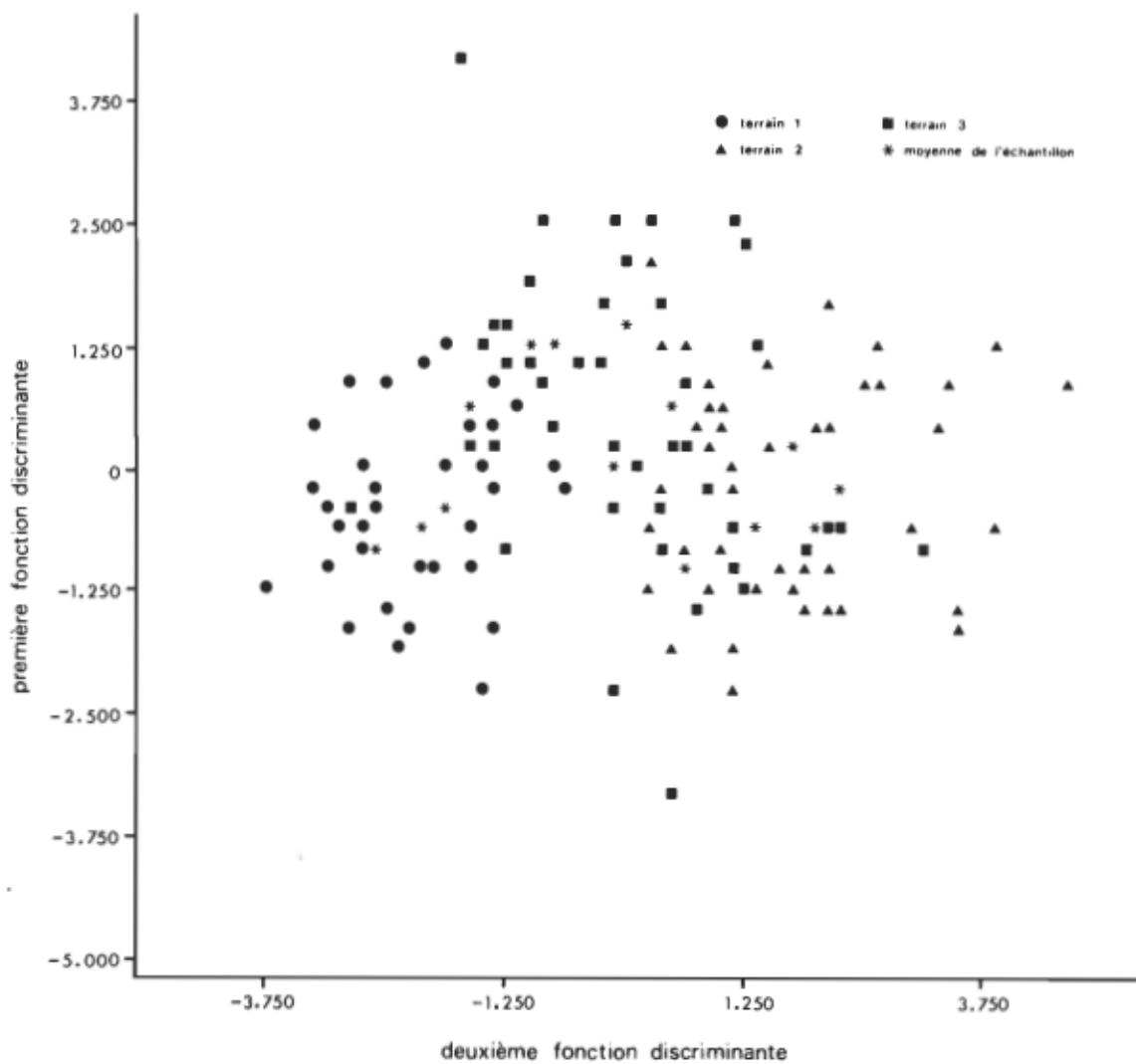


Figure 12.- Diagramme de dispersion des différentes séries de cris de trois mâles dans l'espace créé par les deux premières fonctions discriminantes (résultant d'une analyse discriminante effectuée à partir des variables Fg, Fc et Fd).

nous pensons que cette technique pourrait être un moyen sûr d'identification des Bécasses d'Amérique mâles.

Puisque le signal sonore de défense du territoire émis par le mâle est un cri monosyllabique de courte durée, il est probable que plusieurs individus diffèrent très peu entre eux. Il faut donc tendre vers une standardisation des manipulations qui peut assurer une précision constante des résultats. Aussi, l'application de cette technique nécessite l'utilisation d'un matériel de très bonne qualité qui rend avec fidélité les caractéristiques du cri et ne crée pas d'artefacts pouvant fausser les résultats d'identification des mâles. Une vérification continue de la qualité de rendement du sonagraphe permet une application plus sûre de cette technique. De plus, nous conseillons l'utilisation de la règle coulissante avec équerres précédemment décrite afin de localiser avec précision les paramètres sur les sonagrammes. Pour la lecture et l'enregistrement des valeurs des paramètres, l'emploi d'un convertisseur graphique numérique est indispensable.

Le principe même de l'analyse discriminante ne permet pas d'utiliser cette technique d'identification sur une grande échelle; elle doit être restreinte à un petit nombre d'individus. Nous croyons cependant qu'il s'agit là d'un outil idéal pour étudier la fidélité à un terrain de pariade chez les mâles de la Bécasse d'Amérique.

CHAPITRE III

ÉTUDE DE LA FIDÉLITÉ À UN TERRAIN DE PARIADE CHEZ LES MÂLES DE LA BÉCASSE D'AMÉRIQUE

L'objectif de notre travail est de déterminer le degré de fidélité du mâle au terrain de pariade, ceci afin de fournir des informations qui pourraient pondérer la validité des résultats des recensements annuels de populations de Bécasses. Pour réaliser cette étude, l'identification des mâles a été faite en utilisant les caractéristiques sonagraphiques du cri de pariade à partir de la technique décrite dans le chapitre précédent.

1. Matériel et méthode

L'étude de la fidélité à un terrain de pariade chez les mâles a été effectuée sur les terrains 1, 2 et 3 (figure 1) durant la période de reproduction 1975. Le terrain de pariade 1, d'une superficie de 2,400 m² est isolé du terrain 2 (1050 m²) par une ceinture végétale arbustive d'environ 65 m. De son côté, le terrain 3 (2300 m²) est

séparé du terrain 2 par près de 200 m de boisés. Depuis le début de nos travaux, en 1973, les sites 2 et 3 ont été utilisés chaque année comme terrains de pariade. Le terrain 1 utilisé en 1974 et 1975 n'a cependant pas été occupé en 1976.

Le matériel et les techniques employés sont les mêmes que ceux décrits au chapitre II.

Le principe de l'analyse discriminante que nous employons, permet de caractériser les cris de Bécasses enregistrés à différentes dates sur un terrain et de les comparer aux cris d'un mâle de référence pour ce terrain (une approche semblable par l'analyse discriminante a été utilisée par Kelsall et Calaprice (1972) afin de déterminer l'origine géographique de populations de Canards malards). De cette façon, il est possible d'estimer en pourcentage la probabilité d'appartenance des échantillons aux individus de référence auxquels ils sont statistiquement comparés. Le mâle de référence pour un terrain donné est défini par les caractéristiques sonagraphiques des cris du premier individu à occuper ce terrain au printemps.

Ainsi, les enregistrements réalisés le 23 avril sur le terrain 3 et le 29 avril sur les terrains 1 et 2 servent de référence dans l'analyse discriminante. Les valeurs moyennes et l'écart-type de chacune des variables discriminantes utilisées sont présentés aux tableaux 11, 12 et 13.

2. Résultats

Le pourcentage respectif des cris correctement assignés à un groupe

TABLEAU 11

Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque échantillonnage effectué sur le terrain 1

Date des enregistrements	Fg (Hz)	Fc (Hz)	Fd (Hz)	F ₃ (Hz)	T (ms)	Np	Dp (ms)	Fm (Hz)	Tt (ms)
29-04-75	4878,13 ± 40,21	5007,29 ± 31,84	5001,04 ± 35,22	3939,59 ± 119,66	201,9 ± 3,5	44,0 ± 0,7	38,2 ± 0,5	209,24 ± 2,54	209,1 ± 3,6
30-04-75	4910,42 ± 45,33	5000,00 ± 74,63	4969,79 ± 37,86	3860,42 ± 137,16	201,5 ± 5,8	44,5 ± 1,3	37,6 ± 0,4	212,57 ± 2,11	208,0 ± 5,5
2-05-75	4898,96 ± 43,93	5002,09 ± 40,43	4969,79 ± 39,42	3935,42 ± 56,80	205,3 ± 4,7	44,2 ± 1,1	38,0 ± 0,3	210,78 ± 1,80	208,2 ± 5,4
3-05-75	4934,38 ± 31,08	5009,38 ± 36,89	4980,21 ± 43,21	3797,92 ± 148,96	199,3 ± 9,5	44,2 ± 1,9	36,9 ± 1,3	217,04 ± 8,34	204,4 ± 9,1
5-05-75	4765,05 ± 48,61	4885,42 ± 60,07	4868,06 ± 55,12	3898,15 ± 109,97	199,5 ± 4,5	44,4 ± 1,4	37,9 ± 0,3	210,90 ± 1,55	208,7 ± 7,8

TABLEAU 12

Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque échantillonnage effectué sur le terrain 2

Date des enregistrements	Fg (Hz)	Fc (Hz)	Fd (Hz)	F3 (Hz)	T (ms)	Np	Dp (ms)	Fm (Hz)	Tt (ms)
29-04-75	4802,09 ± 87,57	4936,02 ± 77,59	4925,60 ± 64,61	3702,39 ± 118,29	184,2 ± 5,9	38,7 ± 1,4	41,3 ± 0,2	193,55 ± 0,80	199,7 ± 6,8
8-05-75	4821,88 ± 33,47	4964,59 ± 24,16	4991,67 ± 35,00	3631,26 ± 81,61	191,0 ± 3,3	39,5 ± 0,5	40,6 ± 0,3	197,20 ± 1,27	200,5 ± 2,5
12-05-75	4768,75 ± 60,10	4950,00 ± 70,27	4932,29 ± 79,37	3541,67 ± 121,87	189,9 ± 6,4	39,1 ± 1,0	40,8 ± 0,3	196,20 ± 1,50	199,7 ± 6,6
14-05-75	4784,38 ± 58,73	4954,17 ± 61,76	4972,92 ± 75,31	3404,17 ± 94,84	181,2 ± 6,8	38,8 ± 0,4	41,2 ± 0,2	194,05 ± 1,02	199,1 ± 2,1
18-05-75	4674,48 ± 40,05	4799,48 ± 39,27	4858,08 ± 55,66	3705,73 ± 160,77	169,0 ± 6,3	38,5 ± 1,3	41,5 ± 0,3	192,78 ± 1,38	197,9 ± 7,0

TABLEAU 13

Valeurs moyennes et écarts-type des variables discriminantes obtenues pour chaque échantillonnage effectué sur le terrain 3

Date des enregistrements	Fg (Hz)	Fc (Hz)	Fd (Hz)	F ₃ (Hz)	T (ms)	Np	Dp (ms)	Fm (Hz)	Tt (ms)
23-04-75	4619,80 ± 26,97	4727,43 ± 87,26	4748,27 ± 28,27	3680,56 ± 120,52	189,3 ± 6,3	45,7 ± 1,0	39,0 ± 0,3	205,25 ± 1,50	217,2 ± 4,6
4-05-75	4693,75 ± 33,74	4855,21 ± 12,47	4830,21 ± 38,99	3527,09 ± 123,08	196,3 ± 10,2	45,1 ± 1,5	39,6 ± 0,2	201,87 ± 1,26	219,1 ± 6,4
7-05-75	4567,71 ± 42,60	4701,05 ± 17,05	4701,05 ± 54,47	3531,26 ± 94,33	198,2 ± 3,7	45,2 ± 1,2	39,9 ± 0,2	200,35 ± 1,01	220,9 ± 5,8
10-05-75	4668,75 ± 30,19	4782,30 ± 34,88	4783,34 ± 27,25	3550,01 ± 160,54	184,2 ± 6,6	42,8 ± 0,6	39,9 ± 0,4	200,74 ± 1,89	211,8 ± 3,8
13-05-75	4747,92 ± 30,19	4926,04 ± 26,65	4913,54 ± 30,69	3520,84 ± 75,44	204,4 ± 5,2	45,5 ± 1,0	39,7 ± 0,8	201,56 ± 4,14	223,3 ± 4,4
19-05-75	4667,83 ± 71,69	4803,24 ± 43,40	4793,98 ± 61,58	3581,02 ± 108,48	191,1 ± 5,2	43,8 ± 0,8	38,3 ± 0,4	208,73 ± 2,11	209,7 ± 3,8
22-05-75	4619,80 ± 47,92	4717,71 ± 44,32	4739,59 ± 56,42	3570,84 ± 57,43	198,2 ± 6,9	46,9 ± 0,7	37,1 ± 0,2	215,57 ± 1,06	217,6 ± 3,3

de référence pour chaque relevé est présenté au tableau 14. On obtient 100,0% de bonnes assignations pour tous les relevés effectués sur les terrains 1 et 3 à l'exception du 19 mai sur le terrain 3, alors que le pourcentage d'assignation n'est que de 88,8%. Sur le terrain 2, les 8 et 12 mai, 80,0% des cris sont correctement assignés au mâle de référence et 90,0% le 18 mai. Nous avons aux autres dates d'échantillonnage sur ce terrain 100,0% de bonnes assignations. En résumé, pour la durée complète de la période de pariade de 1975, on obtient 100,0% de bonnes assignations sur le terrain 1 (tableau 15), 89,4% sur le terrain 2 et 98,7% sur le terrain 3.

3. Discussion et conclusion

Les hauts pourcentages d'assignation obtenus à chaque terrain, nous permettent d'assumer qu'il existe une grande fidélité des mâles aux terrains de pariade. Nous pouvons donc supposer que les premiers mâles à s'établir respectivement sur les terrains 2 et 3 ont occupé ces sites pendant toute la durée de la pariade du printemps 1975, la probabilité de changement d'occupants étant très faible. Sur le terrain 1, le mâle dominant a occupé le site jusqu'au 5 mai, date après laquelle il l'a abandonné. Malgré cet abandon prématuré et la présence évidente de mâles sous-dominants, aucun remplacement n'a eu lieu sur ce terrain. Le faible pourcentage d'assignation obtenu pour le terrain 2 (89,4%) est très certainement dû au fait que la physionomie de ce terrain rendait l'approche de l'oiseau plus difficile. Par conséquent, la distance d'enregistrement ne pouvait être toujours constante. À elles seules, ces conditions sont suffisantes pour créer des variations intra-individuelles qui empêchent une individualisation parfaite de l'oiseau. Ces remarques

TABLEAU 14

Pourcentage des cris correctement assignés au groupe de référence d'un terrain
pour chaque date d'échantillonnage

terrain 1		terrain 2		terrain 3	
Date d'enregistrement	% de bonnes assignations	Date d'enregistrement	% de bonnes assignations	Date d'enregistrement	% de bonnes assignations
30-04-75	100,0	8-05-75	80,0	4-05-75	100,0
2-05-75	100,0	12-05-75	80,0	7-05-75	100,0
3-05-75	100,0	14-05-75	100,0	10-05-75	100,0
5-05-75	100,0	18-05-75	90,0	13-05-75	100,0
				19-05-75	88,8
				22-05-75	100,0

TABLEAU 15

Pourcentage des cris correctement assignés pour chaque individu sur chaque terrain pour la période de reproduction du printemps 1975

terrain	1	2	3
% des cris correctement assignés	100,0	89,4	98,7

s'appliquent aussi au pourcentage d'assignation de 88,8% obtenu le 19 mai sur le terrain 3. Dans ce cas, les enregistrements ont été réalisés à plus de 40 m alors qu'habituellement, ils étaient faits à une distance moyenne de 8 m.

De plus, l'emploi de cette technique nous a permis de constater l'utilisation de plusieurs terrains de pariade connexes par un même mâle. En effet, le mâle du terrain 3 a utilisé, en plus de son terrain régulier, deux ouvertures situées en périphérie du terrain de pariade 3, localisées l'une à 30 m et l'autre à 150 m de ce dernier. N'eut été de l'identification positive de ce mâle par notre technique, nous aurions pu croire à un changement de mâle dans ce territoire.

En résumé, les résultats obtenus démontrent la fidélité d'un mâle à un terrain de pariade. En effet, le fort pourcentage d'assignation nous laisse supposer que le premier mâle à s'établir sur un terrain de pariade au début de la saison occupe ce site pendant la durée complète de la saison de pariade. Enfin, nous avons pu constater qu'un mâle peut occuper et défendre plusieurs sites connexes de pariade.

CHAPITRE IV

VARIATIONS ANNUELLES DE LA DENSITÉ DE LA BÉCASSÉ D'AMÉRIQUE DURANT LA PÉRIODE DE REPRODUCTION (RÉGION DE TROIS-RIVIÈRES)

En accord avec les priorités de recherche définies par Owen (1974), les objectifs de cette étude sont, en premier lieu, de déterminer dans une population le nombre de mâles dominants qui occupent un terrain de pariade et le nombre de mâles sous-dominants correspondants, ceci en fonction de l'époque des migrations et de la saison de reproduction. Nous nous proposons aussi d'évaluer la variation du rapport mâle dominant mâle sous-dominant selon les années. En second lieu, nous voulons déterminer la relation existante entre le nombre de mâles occupant un terrain de pariade et le nombre de femelles nicheuses. Ces informations sont indispensables si l'on veut pondérer la validité des résultats de recensements des populations de Bécasses d'Amérique.

1. Matériel et méthode

Le nombre de mâles dominants et sous-dominants est déterminé à

partir d'observations basées sur le comportement de pariade. Est considéré comme dominant, un individu occupant un terrain pendant toute une soirée et présentant un comportement de pariade typique. Les mâles sous-dominants sont les individus localisés sur ou à la périphérie d'un terrain de pariade et qui se manifestent sporadiquement par l'émission de cris de pariade, n'effectuent pas d'envolées de pariade et subissent habituellement des agressions de la part du mâle dominant.

Cinq observateurs étaient répartis à des points stratégiques sur le site d'étude. Ils notaient l'heure, la position et les déplacements de tous les mâles qui manifestaient leur présence. Il faut noter que l'indice de densité obtenue n'est pas nécessairement la densité exacte qui peut être supérieure au nombre de mâles entendus, mais pas inférieure.

Au cours de la saison de reproduction 1975, 36 périodes d'observation totalisant 216 heures/homme ont été effectuées. En 1976, nous avons cumulé 38 périodes d'observation pour un total de 228 heures/homme. Le dénombrement des couvées a été accompli avec l'aide de chiens d'arrêt et de trappes (du type décrit par Liscinsky et Bailey, 1955) disposées sur tout le territoire. Il nous paraît intéressant de noter que les immatures capturés à l'aide de cette dernière technique ont toujours été des membres de couvées préalablement capturés puis bagués lors de la recherche avec les chiens. On peut ainsi supposer que le dénombrement des couvées est exhaustif et représentatif de la population de femelles nicheuses.

2. Résultats

L'histogramme présenté à la figure 13 contient les observations

effectuées lors de la période de pariade de 1975. On remarque que le nombre de mâles dominants se situe autour de quatre pour la période du 16 avril au 7 mai; ce nombre passe à trois à partir du 8 mai, puis à deux après le 14 mai. Pendant ce temps, la population totale de mâles observés s'accroît rapidement du 16 au 28 avril. On assiste à une diminution relativement rapide du nombre de mâles entre le 3 et le 8 mai. A partir de cette date, la densité totale de mâles demeure relativement constante et l'on peut supposer que l'on est en présence d'une population de résidents constituée de mâles dominants et sous-dominants. On retrouve à la figure 14 les variations de densité observées durant la pariade du printemps 1976. Le nombre de mâles dominants varie autour de quatre individus pour toute la période, sauf du 21 avril au 8 mai où on n'en observe que trois. On remarque encore ici un accroissement rapide de la population entre le 14 et le 26 avril et une diminution tout aussi rapide entre le 26 avril et le 3 mai. Pour le reste du mois de mai, là encore on suppose l'existence d'une population de résidents caractérisée par des mâles dominants et sous-dominants.

La comparaison des résultats obtenus en 1975 et 1976 nous permet de situer, dans notre région, la date d'arrivée des premiers migrants à la mi-avril (14 avril en 1975 et 16 avril en 1976). L'augmentation de la densité de population observée de la mi-avril jusqu'au 28 avril en 1975 et jusqu'au 26 avril en 1976 peut être associée au début et à la progression de la migration. La diminution de densité observée jusqu'au 8 mai en 1975 et au 3 mai en 1976 correspond à la fin du passage des migrants. En mai, nous sommes en présence d'une population de résidents composée de mâles dominants occupant un terrain de pariade et de mâles sous-dominants. Des inventaires diurnes confirment la diminution observée du nombre d'individus

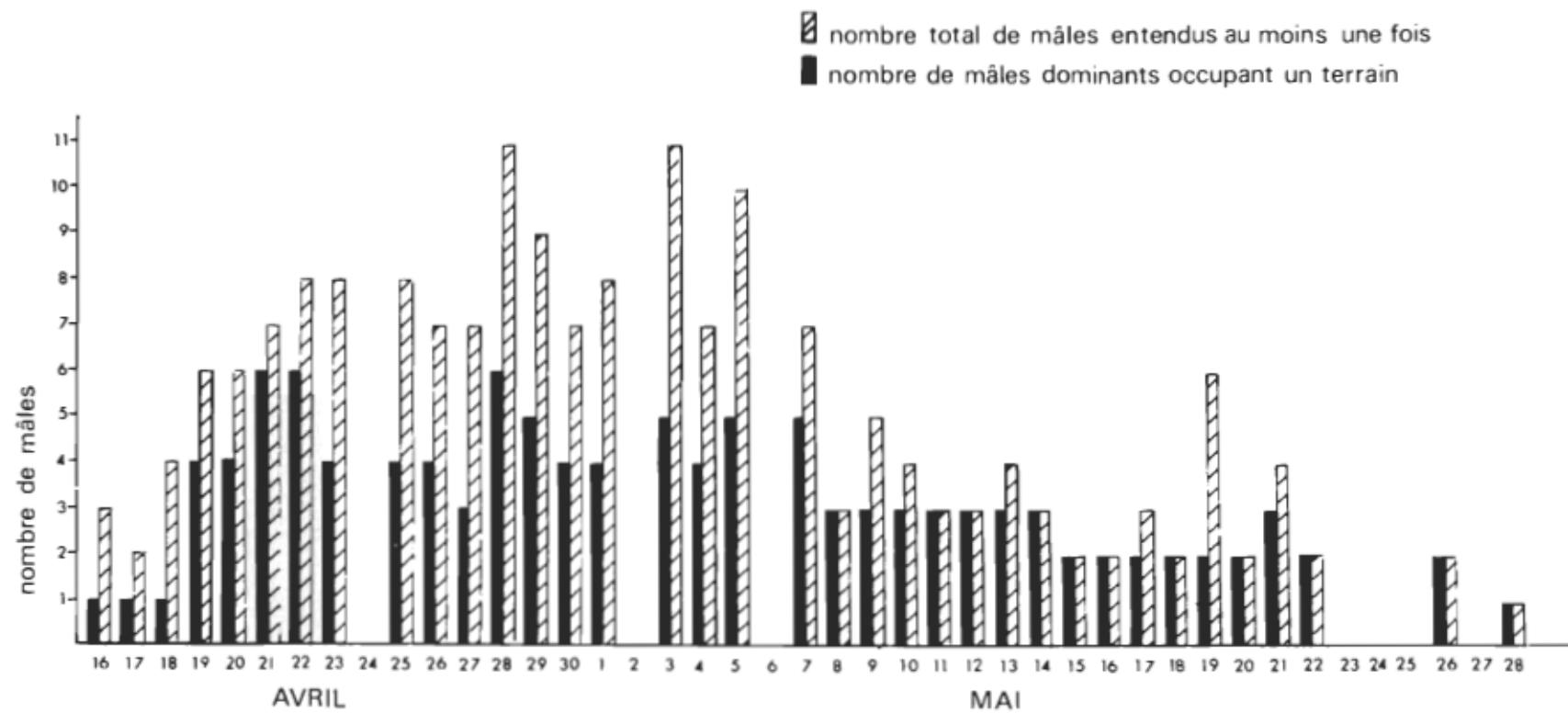


Figure 13.- Densité totale des mâles en rapport avec le nombre de mâles dominants (terrains de pariade occupés) pour la période de reproduction 1975.

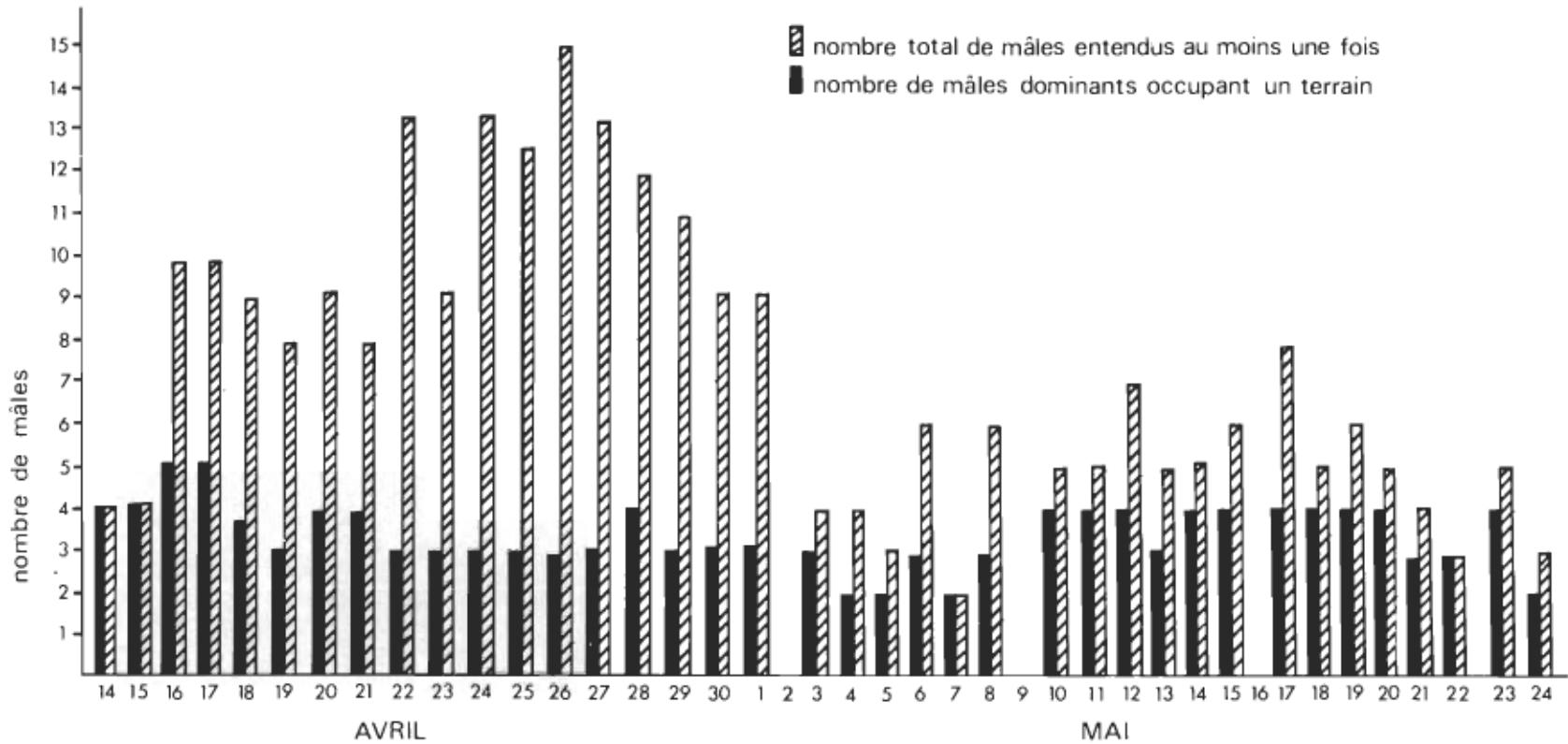


Figure 14.- Densité totale des mâles en rapport avec le nombre de mâles dominants (terrains de pariade occupés) pour la période de reproduction 1976.

au début de mai. Le décalage des dates de la fin de migration entre 1975 et 1976 pourrait être attribuable aux mauvaises conditions climatiques qui prévalaient à cette période au printemps de 1975. En effet, d'importantes accumulations de neige au nord de Trois-Rivières auraient pu retenir plus longtemps les oiseaux dans notre secteur.

Bien que le patron général des migrations et de l'établissement des populations résidentes soit le même pour les deux saisons étudiées, la densité totale de mâles est toutefois plus élevée en 1976 qu'en 1975. Le tableau 16 illustre les variations saisonnières de cet écart. Lors de la période de migration, on a recensé en moyenne 7,2 individus en 1975 par rapport à 10,1 en 1976. Ceci constitue une augmentation de 28,7%. Dans la période post-migratoire, on observe les mêmes fluctuations soit respectivement 3,0 individus en 1975 et 4,8 individus en 1976, ce qui équivaut à une augmentation de 37,5%. Le nombre de terrains occupés (2,4 en 1975 et 3,3 en 1976) suit la même tendance, soit une variation de 27,2%.

Il est intéressant de remarquer qu'entre 1975 et 1976, l'augmentation en pourcentage du nombre de terrains de pariaude occupés est comparable au pourcentage d'augmentation de la population mâle totale durant la période de migration. Ainsi, le nombre de terrains occupés et la population mâle résidente suivent une augmentation proportionnelle à la population mâle totale durant les migrations.

Le rapport entre la population mâle totale durant la période post-migratoire et le nombre de terrains occupés n'est pas constant pour les deux années, soient des rapports de 1,25:1,00 en 1975 et de 1,45:1,00 en 1976.

TABLEAU 16

Estimation du rapport entre la population mâle et le nombre de terrains de pariades occupés pour 1975-1976

	Population moyenne de mâle durant la période de migration	Population moyenne de mâle durant la période post-migration	Nombre moyen de terrains de pariade occupés durant la période post-migration	Rapport de la population mâle et du nombre de terrains occupés durant la période post-migration
1975	7,2	3,0	2,4	1,25:1,00
1976	10,1	4,8	3,3	1,45:1,00

De plus, le nombre de couvées varie indépendamment du nombre de mâles dans la population résidente (tableau 17). En effet, malgré un nombre relativement constant de terrains occupés pendant les périodes post-migratoire, le nombre de couvées était de 6 en 1974, 1 en 1975 et 2 en 1976. Ces variations sont respectivement de l'ordre de 83,3% et de 66,7% par rapport au nombre obtenu en 1974.

3. Conclusion

La densité totale des mâles varie au cours de la saison de reproduction suivant deux périodes. La première, qui se situe en avril, présente une densité de population élevée correspondant au passage des migrants. La seconde période, en mai, montre une densité plus faible représentée par une population de résidents. Les instructions émises par l'organisme responsable des recensements de Bécasses (Bureau of Sport Fisheries and Wildlife) stipulent que les inventaires doivent être faits au Canada et dans le nord de l'état du Maine entre le 1er et le 20 mai. Un inventaire réalisé dans les premiers jours de mai 1975 sur notre site d'étude donne un indice de 53% supérieur à un recensement qui aurait été fait après le 8 mai. Cependant, en 1976, un inventaire réalisé après le 2 mai aurait donné des résultats comparables. Il serait important de procéder aux inventaires lorsque le flot de la migration est passé et que la population locale résidente est stabilisée. Dans la région de Trois-Rivières, cette stabilité survient le 8 mai en 1975 et le 2 mai en 1976. L'utilisation de la méthode de recensement actuelle devrait

TABLEAU 17

Estimation du nombre de couvées en relation avec le nombre de terrains de pariade occupés, 1974-1976

	Nombre moyen de terrains occupés durant la période post-migratoire	Nombre de couvées
1974	3,0	6
1975	2,5	1
1976	3,4	2

en 1976. L'utilisation de la méthode de recensement actuelle devrait être basée sur une connaissance plus exacte de la séquence des migrations.

Nos observations démontrent qu'il existe certaines fluctuations du nombre de mâles dominants durant la période post-migratoire; ainsi, les résultats obtenus en 1975 présentent une variation de l'ordre de 33,0% entre le 8 mai et le 16 mai; en 1976, on assiste à des fluctuations sporadiques de l'ordre de 25,0%. Compte tenu de ces observations, nous croyons qu'il serait préférable d'effectuer plus d'un inventaire annuel sur une même route, ceci afin de pondérer les variations de densité.

Le nombre de terrains de pariade occupés, que l'on peut inventorier par la méthode de recensement, est proportionnel à la densité totale des mâles durant la période post-migratoire. Il nous est donc possible de faire une adéquation entre la population de mâles dominants et celle des mâles sous-dominants. Whitcomb (1974) parvient aux mêmes conclusions.

Bien que la méthode de recensement représente fidèlement la population mâle, la densité de femelles nicheuses n'est toutefois pas proportionnelle à la densité de mâles que l'on pourrait recenser. Les résultats de Whitcomb (1974) montrent également une importante variation du taux de nidification selon les années malgré un rapport constant du nombre de mâles. La ponte se fait, en général, le 18 et le 30 avril dans la région de Trois-Rivières (Couture et Bourgeois, 1974). Un printemps tardif comme celui de 1975 peut cependant retarder l'arrivée des femelles et nuire à la nidification. Il importeraient d'établir les variations de l'adéquation entre le nombre de mâles occupant un terrain de pariade et le nombre de femelles nicheuses. En réalité, nous devrions mettre au point une méthode qui tiendrait surtout compte de la nidification. Nous

croyons qu'une telle méthode d'inventaire serait beaucoup plus utile pour l'étude de la productivité du cheptel bécassier et plus représentative des populations.

L'étude de la fidélité des mâles dominants à un terrain de pariade (Couture et Bourgeois, 1976) démontre enfin que les mâles dominants constituent le noyau de la population cantonnée avec les femelles nicheuses. Il est toutefois plus difficile de cerner la situation des mâles sous-dominants. Du début à la fin de la période de migration, nous pouvons les considérer comme des oiseaux de passage. Après cette période, ils se manifestent plus ou moins sporadiquement selon les saisons. Lorsqu'ils sont présents, ils ne constituent qu'une faible proportion de la population. S'agit-il de migrants tardifs, d'individus errants ou autres? La capture des mâles occupant un terrain de pariade démontre que les mâles sous-dominants n'ont pas le rôle de remplaçants qu'on leur attribue généralement, du moins durant la période post-migratoire. En effet, des travaux sur la capture de mâles dominants par Couture et Bourgeois (op. cit) démontrent que pendant la période post-migratoire, seulement 1 terrain sur 5 fut réoccupé.

CONCLUSION ET SOMMAIRE

Nous avons étudié quelques aspects de problèmes relatifs à l'interprétation des recensements annuels des populations de Bécasses d'Amérique. Compte tenu de la popularité croissante de ce gibier, il devenait important que des travaux soient réalisés en accord avec les priorités de recherche définies par Owen (1974). D'autres études semblables devraient être réalisées dans l'aire de distribution de l'espèce, ceci afin d'avoir accès à des connaissances générales qui sauront assurer un aménagement adéquat du cheptel bécassier.

Voici en sommaire les principales conclusions de notre recherche:

- 1) Il est possible d'individualiser les mâles de la Bécasse à partir de l'étude sonagraphique du cri de pariade.
- 2) L'examen visuel des sonagrammes du cri de la Bécasse, les analyses de variance réalisées sur les fréquences gauche (Fg), centre (Fc), droite (Fd) et la durée du cri (T) mesurées sur les sonagrammes, les analyses de variance effectuées sur les deux premières composantes principales (calculées à partir de Fg, Fc, Fd) ne permettent pas d'individualiser avec succès les différents mâles d'une population.

Une analyse discriminante effectuée sur Fg, Fc et Fd ne permet qu'un succès de reconnaissance de 60,5%.

- 3) Une analyse discriminante faite à partir des variables fréquences gauche (Fg), fréquence centre (Fc), fréquence droite (Fd), fréquence de départ de la bande de 24 à 30 dB (F₃), fréquence de modulation des pulsations (Fm), durée de la bande centrale (T), nombre de pulsations (Np), durée d'une pulsation (Dp) et durée totale du cri (Tt), mesurées sur les sonagrammes indique qu'il est possible de distinguer les mâles avec un succès de 98,7%. De plus, puisque les caractéristiques individuelles qui différencient les mâles sont constantes dans le temps, nous croyons qu'il s'agit là d'un outil qui peut permettre une identification sûre des individus lors d'une étude de la fidélité à un terrain de pariade chez les mâles.
- 4) L'application de cette technique nécessite l'utilisation d'un matériel de très bonne qualité et une vérification continue de la qualité de rendement du sonagraphe.
- 5) Pour les trois terrains de pariade étudiés dans la région de Trois-Rivières, nous avons pu démontrer la grande fidélité des mâles à un terrain. En effet, les forts pourcentages d'assignation obtenus (soit respectivement 100,0%; 89,4% et 98,7% pour les terrains 1, 2 et 3) nous laissent supposer que le premier mâle à s'établir sur un terrain occupe ce site pendant la durée complète de la saison de pariade.
- 6) Nous avons observé qu'un mâle peut occuper et défendre plusieurs sites de pariade connexes.
- 7) La date d'arrivée des premiers migrants en nombre important se situe dans la région de Trois-Rivières vers la mi-avril (14 avril en

1975 et 16 avril en 1976).

- 8) La densité totale des mâles varie au cours de la saison de reproduction suivant deux périodes. La première, qui se situe en avril, présente une densité de populations élevée correspondant au passage des migrants. La seconde période en mai, montre une densité plus faible représentée par une population de résidents. Bien que le patron général des migrations et de l'établissement des populations résidentes soit la même pour les saisons étudiées, chacune de ces deux périodes peut être décalée dans le temps suivant les années. Le nombre d'individus présents dans chacune de ces périodes peut aussi varier selon les années.
- 9) Il est impossible de faire une adéquation entre la population de mâles dominants et celle des mâles sous-dominants. En effet, durant la période post-migratoire, le rapport entre la population mâle totale et le nombre de terrains occupés n'est pas constant (soit des rapports de 1,25:1,00 en 1975 et 1,45:1,00 en 1976).
- 10) La méthode de recensement ne fournit aucun indice comparable de la densité de femelles nicheuses.
- 11) L'utilisation de la méthode de recensement actuelle devrait être basée sur une connaissance plus exacte de la séquence des migrations. Il serait important de procéder aux inventaires lorsque le flot de la migration est passé et que la population locale résidente est stable.
- 12) Afin d'estimer la productivité du cheptel bécassier, nous devrions mettre au point une méthode d'inventaire qui tiendrait surtout compte de la nidification.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Borror, D.J. 1956. Variation on Carolina wren songs. *Auk*, 73: 211-229.
- _____. 1959. Variation in the songs of the rufous-sides towhee. *Wilson bull.*, 71: 54-72.
- _____. 1960. The analysis of animal sounds. Pages 26-37 in W.E. Lanyon and W.N. Tavolga, eds. *Animal sounds and communication*. Intelligencer Printing Co., Washington, D.C. 443pp.
- _____. 1961. Intraspecific variation in passerine bird songs. *Wilson bull.*, 73: 57-78.
- _____, W.W.H. Gunn. 1965. Variation in white-throated sparrow songs. *Auk*, 82: 26-47.
- _____, C.R. Reese. 1953. The analysis of bird songs by means of a vibralyzer. *Wilson bull.*, 65: 273-303.
- Beightol, D.R. 1972. Sonagraphic analysis of the American woodcock's "peent" call as a research and management tool. M.S. Thesis. West Virginia University. 63pp.
- Boyd, H. 1974. Draft plan for the management of woodcock and woodcock hunting in Canada, 1975-1980. 28pp. in Fifth American woodcock workshop proceedings, University of Georgia, Athens, Dec. 3-5, 1974.
- Collias, N. and M. Joos. 1953. The spectrographic analysis of sound signals of the domestic fowl. *Behaviour*, 5: 175-188.
- Cooley, W.W. and P.R. Lohnes. 1964. Multivariate procedures for the behavioral sciences. John Wiley and Sons, New York, 211pp.
- Couture, R. and J.-C. Bourgeois. 1974. Woodcock studies in Trois-Rivières, Québec. 7pp. in Fifth American woodcock workshop proceedings, University of Georgia, Athens, Dec. 3-5, 1974.
- _____, _____. 1976. A study of the relation between the number of males occupying singing grounds and the total male population of the American woodcock in the Trois-Rivières region. Canadian Wildlife Service, published report #1231105.

- Daniels, W.B. 1971. Differentiating individual male woodcock by voice-prints. 2pp. in Fourth American woodcock workshop proceedings, Higgins Lake, Michigan, October 13-15, 1971.
- Dobell, J.V. 1974. Current status of woodcock management in Canada. 20pp. in Fifth American woodcock workshop proceedings, University of Georgia, Athens, Dec. 3-5, 1974.
- Greenwalt, C.H. 1968. Bird song: acoustics and physiology. Smithsonian Institution Press, Washington. 194pp.
- Grimmes, L. 1965. Antiphonal singing and call notes of Lanarius barbarus. *Ibis*, 107: 101-104.
- Heinz, G.H. and L.W. Gysel. 1970. Vocalization behavior of the ring-necked pheasant. *Auk*, 87: 279-295.
- Hutchinson, R.E., Stevenson, J.G. and W.H. Thorpe. 1967. The basis for individual recognition by voice in the sandwich tern (Sterna sandvicensis). *Behaviour*, 32: 150-157.
- Jouventin, P. 1972. Un nouveau système de reconnaissance acoustique chez les oiseaux. *Behaviour*, 43: 176-185.
- Kelsall, J.P. and J.R. Calaprice. 1972. Chemical content of waterfowl plumage as a potential diagnostic tool. *J. Wildl. Manage.*, 36(4): 1088-1097.
- Klecka, W.R. 1975. Discriminant analysis, pp. 434-467. In: Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). McGraw-Hill, New York. 675pp.
- Liscinsky, S.A. and W.J. Bailey. 1955. A modified shorebird trap for capturing woodcock and grouse. *J. Wildl. Manage.* 19(3): 405-408.
- Marler, P. and D. Isaac. 1960. Physical analysis of a simple bird song as exemplified by the chipping sparrow. *Condor*, 62: 124-135.
- _____, M. Tamura. 1962. Song "dialects" in three populations of white-crowned sparrows. *Condor*, 64: 368-377.
- Martin, F.W. 1962. Woodcock status report 1962. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Wildl. 69. 36pp.
- Mundinger, P.C. 1970. Vocal imitation and individual recognition of finch calls. *Science*, 168: 480-482.
- Owen, R.B. 1974. A ten years plan for the American woodcock. 22pp. in Fifth American woodcock workshop proceedings, University of Georgia, Athens, Dec. 3-5, 1974.
- _____, Schemnitz, S.D., Dunford, R.D. and J.M. Ramakka. 1971. Studies of radio-equipped woodcock in Maine. 15pp. in Fourth American woodcock workshop proceeding, Higgins Lake, Michigan, October 13-15, 1971.

- Ramakka, J.M. 1972. Effects of radio-tagging on breeding behavior of male woodcock. *J. Wildl. Manage.*, 36(4): 1309-1312.
- Samuel, D.E. et D.R. Beightol. 1973. Sonagraphic analysis of the American woodcock's peent call. *J. Wildl. Manage.*, 37(4): 470-475.
- Sheldon, W.G. 1967. The book of the American woodcock. Univ. Mass. Press, Amherst, Mass. 227pp.
- Stewart, R.E. 1952. Census of woodcock breeding population in vicinity of Patuxent Refuge, Md. in 1951. Page 29 in J.W. Aldrich and others. 1952. Investigations of woodcock, snipe and rails in 1951. U.S. Fish Wildl. Serv. and Canadian Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Wildl. 14. 58pp.
- Thorpe, W.A. 1963. Antiphonal singing in birds as evidence for avian auditory reaction time. *Nature (Lond)*, 197: 774-776.
- _____, M.E.W. North. 1965. Origin and significance of the power of vocal imitation with special reference to the antiphonal singing of birds. *Nature (Lond)*, 208: 219-222.
- White, S.J. and R.E.C. White. 1970. Individual voice production in gannets. *Behaviour*, 37: 40-54.
- Whitcomb, D.A. 1974. Characteristics of an insular woodcock population. Mich. Dept. Nat. Resour., Wildl. Div. Rep. No. 2720.
- Williams, D.H. 1971. Individual variation in the bobwhite call of Colinus virginianus. M.S. Thesis. Univ. of Maryland. 32pp.
- Wishart, R.A. 1973. The behaviour and habitat requirements of the American woodcock in Quebec. M.S. Thesis. McGill Univ., Montreal, Canada. 61pp.

APPENDICE I

Valeurs de la fréquence de départ de la troisième bande de 24 à 30 dB (F_3) en Hz, utilisées dans l'analyse discriminante, pour dix cris de chacun des huit mâles

APPENDICE II

Valeurs du nombre de pulsations (Np), utilisées dans l'analyse discriminante,
pour dix cris de chacun des huit mâles

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	44	43	44	44	44	45	43	44	44	45	44,0
2	34	35	35	35	36	34	39	34	33	32	34,7
3	41	39	39	37	37	39	39	—	—	—	38,7
4	41	42	42	44	43	45	41	41	43	44	42,6
5	48	47	48	47	44	44	43	47	46	46	46,0
6	44	44	42	41	43	39	41	38	39	39	41,0
7	44	42	44	44	46	45	45	43	44	44	44,1
8	47	46	46	46	46	46	44	48	46	—	46,1

APPENDICE III

Valeurs de la durée d'une pulsation au centre du cri (Dp) en millisecondes, utilisées
dans l'analyse discriminante, pour dix cris de chacun des huit mâles

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	38	38	39	38	39	38	39	39	39	38	38,5
2	39	39	39	40	39	39	40	39	42	41	39,7
3	41	41	41	41	41	42	41	—	—	—	41,1
4	40	41	41	41	41	41	42	40	40	40	40,7
5	40	40	41	40	41	40	40	40	40	40	40,2
6	47	45	46	46	46	47	46	45	46	46	46,0
7	38	38	38	38	37	34	39	37	38	38	37,5
8	39	39	38	39	39	40	40	40	39	—	39,2

APPENDICE IV

Valeurs de la fréquence de modulation des pulsations (Fm) en Hz, utilisées dans l'analyse discriminante, pour dix cris de chacun des huit mâles

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	212,77	211,71	207,58	208,59	205,57	210,66	207,58	207,58	207,58	212,77	209,23
2	204,58	203,60	205,57	200,72	204,58	203,60	198,85	202,63	192,55	193,42	201,01
3	195,20	193,42	193,42	193,42	193,42	192,55	193,42	—	—	—	193,55
4	197,92	196,10	197,01	195,20	197,01	193,42	192,55	197,92	200,72	198,85	196,67
5	198,85	198,85	197,01	197,92	195,20	198,85	198,85	199,78	199,78	199,78	198,49
6	171,59	176,57	173,69	174,40	175,12	171,59	175,12	175,84	174,40	175,12	174,34
7	212,77	210,66	211,71	209,62	214,92	236,41	207,58	213,84	211,71	208,59	213,78
8	206,57	206,57	209,62	206,57	205,57	201,67	201,67	201,67	204,58	—	204,94

APPENDICE V

Valeurs de la durée totale du cri (Tt) en millisecondes, utilisées dans l'analyse discriminante, pour dix cris de chacun des huit mâles

Mâles	Cris										Moyenne
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	207	201	210	209	213	212	207	212	208	212	209,1
2	165	170	169	170	176	162	169	167	167	164	167,9
3	211	201	199	192	191	202	201	—	—	—	199,6
4	208	214	213	225	219	233	211	210	219	222	217,4
5	240	238	243	241	224	225	214	234	229	228	231,6
6	247	242	239	232	244	221	233	213	221	220	231,2
7	210	202	208	210	218	212	213	203	211	215	210,2
8	233	229	225	228	223	227	210	233	218	—	225,1