

ÉTUDE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTES MÉTHODES
DE SURVEILLANCE DES OISEAUX FORESTIERS SUITE A
DES ÉPANDAGÉS EXPÉRIMENTAUX D'INSECTICIDES

par

Denis [Lehoux¹

Réginald Ouellet²

et

Pierre Laporte¹



Janvier 1982

SCF

¹ Service canadien de la faune
C.P. 10100, Ste-Foy (Québec) G1V 4H5

² Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
Direction de la recherche faunique
9530, rue de la faune, Orsainville (Québec) G1G 5E5

QH
545
.P4
L4314
1982

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier très sincèrement Jean-Luc DesGranges du Service canadien de la faune pour ses critiques constructives fournies tout au long de la rédaction du présent rapport. Nous adressons également nos remerciements à M. Austin Reed également du Service canadien de la faune ainsi qu'à MM. Robert Joly et François Potvin du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche qui ont bien voulu lire le manuscrit et offrir des suggestions utiles. Nous sommes également reconnaissants aux personnes de différents organismes qui ont si aimablement contribué à l'élaboration de ce projet et qui ont aidé à la récolte ou l'analyse des données de terrain; voici les noms de ces personnes et de leur organisme: M. André Bourget, M. Jean Gauthier, M. Jacques Rosa et Mlle Jacinthe Létourneau du Service canadien de la faune; M. Raymond Sarrazin du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche; M. Gilles Gaboury du ministère de l'Energie et des Ressources; MM. Bruce McLeod et Peter Kingsbury de l'Institut de gestion de la protection des forêts; MM. Guy Mamarbachi et Michel Carmichael du laboratoire d'analyse d'Environnement Québec. Nous aimerions également exprimer notre gratitude à tous les étudiants qui au cours des deux années de terrain ont collaboré à la prise de données: MM. Pierre Boudreau, Pierre Brousseau, Martin Castonguay, Mlle Christiane Ducasse, MM. Michel Huot, Charles Maisonneuve, Sami Mankoto, Pierre-Martin Marotte Gilles Morin, André Nadeau, Richard Poulin et Mlle Anne Vallée. Nous sommes également gré à Mlle Jacinthe Bouchard et M. Jean Berthiaume du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche d'avoir réalisé les différentes figures qui accompagnent le texte. Enfin, nous ne voudrions pas passer sous silence le travail de Mlles Hélène Simard et Hélène Poiré qui ont su si patiemment et angéliquement procéder à la dactylographie du présent document.

RÉSUMÉ

Une étude comparative de l'efficacité de sept méthodes susceptibles d'être utilisées pour surveiller les populations d'oiseaux forestiers suite à des applications d'insecticides a été entreprise à l'été de 1977 et de 1978. Les méthodes ont été expérimentées à l'intérieur d'un bloc témoin et d'un bloc soumis à des doses massives de phosphamidon et de fénitrothion. Les résultats de cette étude révèlent que toutes les méthodes sont susceptibles de fournir des indices plus ou moins précis sur les effets d'un insecticide sur les oiseaux forestiers. On accorde toutefois la préférence à la méthode de la grille pour effectuer de la surveillance d'un insecticide employé à grande échelle mais on priorise par contre des études sur l'éclosion, la croissance et l'envol des jeunes oiseaux pour déterminer l'effet d'un nouvel insecticide et de là son acceptabilité d'application sur une base opérationnelle.

Abstract

A field study was designed during the summer of 1977 and 1978 to compare the efficiency of seven methods to evaluate impacts of spruce budworm spray operations on bird populations. Methods were simultaneously tested in a control and an experimental plot submitted to heavy dosages of phosphamidon and fenitrothion. Results indicate that all methods are susceptible to give indices on effects of insecticides on a bird population. The mapping method seems however to be the most appropriate to monitor an insecticide used on a large scale. Studies on hatching, growth and fledging of young birds are recommended to assess the effect of a new insecticide and its acceptability on an operational basis.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Remerciements.....	i
Résumé.....	ii
Abstract.....	ii
Table des matières.....	ii
Liste des annexes.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux.....	ix
1. Introduction.....	1
2. Zone d'étude.....	2
2.1 Localisation.....	2
2.2 Description de la végétation.....	3
3. Application de l'insecticide et analyse du dépôt.....	8
3.1 Application de l'insecticide.....	8
3.2 Analyse du dépôt.....	10
4. Méthodologie d'évaluation d'impact.....	12
4.1 Recherche d'oiseaux morts ou malades.....	15
4.2 Recherche et surveillance de nids.....	15
4.3 Méthode du comportement.....	16
4.4 Méthode du marquage.....	16
4.5 Méthode de la ligne.....	17
4.5.1 Description.....	17
4.5.2 Analyse des résultats.....	18
4.6 Méthode de la grille.....	18
4.6.1 Description.....	18
4.6.2 Analyse des résultats.....	21

4.7	Capture d'oiseaux au filet.....	21
4.7.1	Description.....	21
4.7.2	Analyse des résultats.....	23
5.	Résultats.....	23
5.1	Recherche d'oiseaux morts ou malades.....	23
5.1.1	Arrosage faible au phosphamidon.....	23
5.1.2	Arrosage fort au phosphamidon.....	23
5.1.3	Arrosage au fénitrothion.....	26
5.2	Recherche et surveillance de nids.....	27
5.3	Méthode du comportement.....	27
5.3.1	Analyse comportementale de 1977.....	27
5.3.2	Analyse comportementale de 1978.....	30
	- Caractéristiques qui accompagnent un remplacement..	31
	- Comportement noté sur un oiseau non remplacé suite à l'application d'un insecticide.....	31
5.4	Méthode de marquage.....	34
5.5	Méthode de la ligne.....	38
5.5.1	Arrosage au phosphamidon.....	38
	- Effet sur l'ensemble de la population.....	38
	- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique..	41
	- Effet sur les espèces d'oiseaux.....	43
5.5.2	Arrosage au fénitrothion.....	45
	- Effet sur l'ensemble de la population.....	45
	- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique..	45
	- Effet sur les espèces d'oiseaux.....	48
5.6	Méthode de la grille.....	48
5.6.1	Arrosage faible au phosphamidon.....	48
	- Effet sur l'ensemble de la population.....	48
	- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique..	51
	- Effet sur les espèces d'oiseaux.....	51

5.6.2	Arrosage fort au phosphamidon.....	51
	- Effet sur l'ensemble de la population.....	51
	- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique..	53
	- Effet sur les espèces d'oiseaux.....	53
5.6.3	Arrosage au fénitrothion.....	57
	- Effet sur l'ensemble de la population.....	57
	- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique..	61
	- Effet sur les espèces d'oiseaux.....	61
5.7	Capture d'oiseaux au filet.....	63
6.	Sommaire de l'effet des insecticides sur les oiseaux forestiers..	73
6.1	Arrosage faible au phosphamidon.....	73
6.2	Arrosage fort au phosphamidon.....	73
6.3	Arrosage au fénitrothion.....	73
7.	Valeur de chacune des méthodes à qualifier et à quantifier un impact.....	77
7.1	Recherche d'oiseaux morts ou malades.....	77
7.2	Recherche et surveillance de nids.....	78
7.3	Méthode du comportement.....	78
7.4	Méthode du marquage.....	79
7.5	Méthode de la ligne.....	80
7.6	Méthode de la grille.....	81
7.7	Capture d'oiseaux au filet.....	84
8.	Recommandations et conclusion.....	85
9.	Bibliographie.....	88

LISTE DES ANNEXES

		Page
Annexe I	Noms français et scientifiques des arbres et des arbustes cités dans ce travail.....	93
Annexe II	Données climatiques pertinentes à la zone témoin en 1977.....	95
Annexe III	Données climatiques pertinentes à la zone expérimentale en 1977.....	97
Annexe IV	Données climatiques pertinentes à la zone témoin en 1978.....	99
Annexe V	Données climatiques pertinentes à la zone expérimentale en 1978.....	101
Annexe VI	Noms français et scientifiques des espèces d'oiseaux citées dans ce travail.....	103
Annexe VII	Distribution des espèces selon leur niche écologique.	108

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Localisation de la zone d'étude.....	4
Figure 2. Caractéristiques de l'habitat présent dans la zone témoin.....	8
Figure 3. Caractéristiques de l'habitat présent dans la zone expérimentale.....	7
Figure 4. Localisation des blocs d'arrosages au phosphamidon en 1977 et emplacement des zones surveillées avec les méthodes de la ligne et de la grille.....	9
Figure 5. Localisation du bloc d'arrosage au fénitrothion en 1978 et emplacement des zones surveillées avec les méthodes de la ligne et de la grille.....	11
Figure 6. Pourcentage de détection des mâles territoriaux dans le bloc expérimental et dans le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977 (méthode de la grille).....	54
Figure 7. Exemples de modifications de territoires de deux Fauvettes à joues grises avant et après l'arrosage au phosphamidon (1,12 kg/ha) en 1977.....	58
Figure 8. Exemples de remplacement d'une Fauvette du Canada mâle trouvée morte le matin de l'arrosage au phosphamidon (1,12 kg/ha) en 1977; remplacement qui normalement n'aurait pas été perçu avec la méthode de la grille.....	59

Figure 9. Pourcentage cumulatif des jeunes oiseaux capturés en
fonction du temps.....

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Superficie des peuplements caractéristiques des zones d'étude.....	6
Tableau 2. Analyse des dépôts d'insecticides à l'aide des cartes Kromekote.....	13
Tableau 3. Analyse des résidus d'insecticides trouvés dans les aiguilles de sapins baumiers.....	14
Tableau 4. Date des recensements effectués à l'aide des méthodes de la ligne et de la grille.....	19
Tableau 5. Importance relative des oiseaux trouvés morts ou malades suite aux applications de phosphamidon.....	24
Tableau 6. Liste des espèces d'oiseaux capturés et des concentrations de phosphamidon dans les tissus.....	25
Tableau 7. Surveillance des nids en 1978.....	28
Tableau 8. Suivi de l'activité quotidienne de chant (40 min/jour) de cinq espèces avant et après l'application de phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977	29
Tableau 9. Activité comportementale d'une Fauvette tigrée avant et après l'application du fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.....	32

Tableau 10.	Activité comportementale d'une Fauvette à gorge orangée avant et après l'application du fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin au soir.....	33
Tableau 11.	Suivi au cours de la saison des oiseaux bagués et colorés avant l'application du fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.....	35
Tableau 12.	Rendement spécifique de certaines espèces tel que calculé à l'aide de nos données de marquage et d'observateurs.....	37
Tableau 13.	Nombre moyen d'oiseaux observés par transect dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977.....	40
Tableau 14.	Nombre moyen d'oiseaux observés par transect et selon leur niche écologique dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977.....	42
Tableau 15.	Nombre moyen d'oiseaux observés dans le bloc expérimental et dans le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977 pour les espèces les plus représentatives.....	44
Tableau 16.	Nombre moyen d'oiseaux observés par transect dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.....	46
Tableau 17.	Nombre moyen d'oiseaux observés par transect et selon leur niche écologique dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.....	47

Tableau 18.	Nombre moyen d'oiseaux observés dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 du soir pour les espèces les plus représentatives.....	49
Tableau 19.	Nombre total de territoires d'oiseaux forestiers dans le bloc témoin avant et après les applications de phosphamidon en 1977.....	50
Tableau 20.	Nombre d'oiseaux territoriaux observés selon leur niche écologique avant et après les applications d'insecticides.....	52
Tableau 21.	Chronologie de migration des espèces dans le bloc expérimental et fluctuation dans le nombre de territoires avant et après l'application du phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977.....	56
Tableau 22.	Nombre moyen de jours de recensements requis pour faire contact avec les individus territoriaux de différentes espèces suite à l'application du phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977..	60
Tableau 23.	Nombre total de territoires d'oiseaux dans le bloc témoin et le bloc expérimental avant et après l'application du fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.....	62
Tableau 24.	Espèces et nombre d'individus capturés au filet durant la période comprise entre le 19 juin et le 19 juillet 1978.....	64
Tableau 25.	Structure de la population dans les blocs témoin et expérimental telle que définie par la capture d'oiseaux au filet durant la période post-arrosage au fénitrothion (19 juin au 19 juillet 1978).....	65

Tableau 26.	Structure de la population en fonction de la niche écologique des oiseaux telle que définie par la capture au filet durant la période post-arrosage au fénitrothion (19 juin au 19 juillet 1978).....	68
Tableau 27.	Distribution de la population d'oiseaux forestiers selon leur niche écologique respective telle que définie par les méthodes de captures au filet et de la ligne en 1978.....	70
Tableau 28.	Nombre de jours maximum entre la première et la dernière capture pour différentes espèces dans le bloc expérimental en 1978.....	72
Tableau 29.	Effet des insecticides sur l'ensemble de la population d'oiseaux forestiers selon les différentes méthodes utilisées.....	74
Tableau 30.	Effet des insecticides sur les espèces regroupées selon leur niche écologique dépendant de la méthode utilisée.....	75
Tableau 31.	Effet des insecticides sur les espèces d'oiseaux selon les différentes méthodes utilisées.....	76
Tableau 32.	Fluctuations naturelles (%) observées en 1978 dans le bloc témoin et le bloc expérimental avant l'application de fénitrothion pour des périodes de cinq jours <u>vs</u> cinq jours.....	82

1. INTRODUCTION

La surveillance des pulvérisations aériennes et de leurs effets sur les oiseaux forestiers s'est basée au cours des années sur des méthodes d'inventaires souvent fort différentes. Déjà au milieu des années "40", la méthode de la grille était utilisée en Ontario pour surveiller les arrosages au DDT (Kendeigh, 1947). Au cours des années "60", la méthode de la ligne fut employée au Nouveau-Brunswick pour surveiller les premiers arrosages au phosphamidon (Fowle, 1965). Plus récemment, à Terre-Neuve, la méthode utilisant des filets pour déterminer la structure des populations d'oiseaux fut mise à l'essai dans le cadre d'arrosages opérationnels (Bennett, 1977).

Toutes ces méthodes ont une chose en commun c'est qu'elles existaient déjà avant l'avènement des arrosages forestiers et n'ont donc pas été créées pour les besoins spécifiques des arrosages. Kendeigh (1944) mentionne à cet effet que Forbes et Gross (1907-1923) auraient été les premiers à utiliser la méthode de la ligne pour recenser les oiseaux chanteurs. Williams en 1936 aurait, de son côté, développé la méthode de la grille telle qu'on la connaît aujourd'hui. L'utilisation des filets japonais remonterait au milieu des années "40" avec leur introduction en Amérique du Nord.

Ce que l'on peut dès lors reprocher aux biologistes ayant utilisé ces méthodes pour mesurer les effets des arrosages d'insecticides, c'est de l'avoir fait sans les avoir confrontées entre elles et sans s'être sérieusement demandés si ces dernières étaient réellement aptes à percevoir les impacts des épandages aériens compte tenu de leurs lacunes. Ces lacunes avaient d'ailleurs été soulevées à maintes reprises dans la littérature (Enemar and Sjostrand, 1967; Emlen, 1971; Best, 1975; Nilsson, 1977; Emlen, 1977...). La résultante en est qu'aucune méthode standard n'existe au niveau des provinces impliquées dans la surveillance des pulvérisations opérationnelles. Chaque province utilisant la méthode qu'elle juge la plus satisfaisante et dont on ne connaît pas nécessairement toutes les limites.

Un récent rapport mentionnait qu'en 1975 on évaluait (méthode de la ligne) à près de trois millions le nombre d'oiseaux affectés par les

arrosages au Nouveau-Brunswick (Pearce *et al.*, 1976). Par contre, au Québec (méthode de la grille), aucun impact majeur n'a encore été signalé. Il est vrai que les programmes de lutte au niveau de ces deux provinces diffèrent sur plusieurs points: ainsi au niveau des pulvérisations, les avions, les appareils atomiseurs, la hauteur et l'espacement des lignes de vol ne sont pas similaires et les régimes de pulvérisations sont différents. Une analyse comparative effectuée au Nouveau-Brunswick en 1976 a d'ailleurs conclu que cette méthodologie d'arrosage causait un impact supérieur à celui du Québec (Pearce *et al.*, 1979).

Toutefois, dans le but d'établir si la différence des résultats d'impact dépendait des techniques d'échantillonnage des populations d'oiseaux, le Service canadien de la faune et le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec procédaient en 1977 et en 1978, en collaboration avec le ministère de l'Énergie et des Ressources et l'Institut de gestion de la protection des forêts, à une analyse comparative des méthodes les plus couramment utilisées et ce à l'intérieur d'un bloc expérimental.

Le présent travail a donc pour objectifs:

- de présenter et discuter les résultats obtenus à l'aide des différentes méthodes;
- de déterminer la capacité de chacune à qualifier et à quantifier un impact;
- de recommander si possible une méthode pouvant être applicable à un réseau de surveillance.

2. ZONE D'ÉTUDE

2.1 Localisation

Pour comparer l'efficacité des méthodes d'inventaire à mesurer l'impact des arrosages sur les oiseaux forestiers, deux zones d'étude ont été

établies. La première zone située à quelque 8 km au sud de Saint-Pascal de Kamouraska et à environ 180 m d'altitude a été choisie comme secteur témoin (figure 1). Elle était localisée à plus de 8 km de toutes zones arrosées. La seconde zone d'étude a été placée à l'intérieur d'un bloc d'arrosage sis à une distance de 19 km à 25 km au sud de Saint-Pascal de Kamouraska et à une altitude variant de 276 m à 335 m.

2.2 Description de la végétation

L'habitat dans le secteur témoin est dominé par une forêt coniférienne en regain résultant de coupes antérieures (figure 2). Les conifères qu'on y rencontre sont donc pour la plupart de faible taille (3 m à 9 m). Les rares dominants qu'on peut encore y trouver (noms scientifiques en annexe I) sont: l'épinette blanche, le sapin baumier, le pin blanc et quelques mélèzes laricins dans les milieux plus humides. Les grands feuillus sont par contre demeurés intacts et dominant souvent une jeune génération de sapins baumiers. A noter que ces feuillus sont sept fois plus abondants ici que dans le secteur expérimental (tableau 1). Les espèces dominantes se composent de l'érable à sucre, du bouleau blanc, du bouleau jaune, du peuplier faux-tremble et de l'érable rouge. On y retrouve également des espèces de moindre importance sous forme arbustive comme les aulnes et les saules en milieu humide; les cerisiers, les noisetiers et le sorbier, dans les endroits plus secs; parmi la végétation arbustive où l'exploitation forestière s'est faite, le framboisier a pris place.

Pour le secteur expérimental, le type de végétation retrouvée sur l'ensemble de ce territoire est très hétérogène mais les peuplements forestiers qu'il forme sont moins diversifiés que dans le bloc témoin (tableau 1, figure 3). Les zones ont été établies dans le type d'habitat caractéristique à cette région qui se compose surtout de sapinières à bouleaux blancs et à trembles d'âge intermédiaire. On y retrouve également des pessières rouges à trembles et à bouleaux blancs et d'autres peuplements de moindre importance comme les frênaies à trembles et à peupliers, les mélèzaies pures et les aulnaies à saules dans les milieux humides. Cet habitat a été considérablement modifié par des coupes de bois à blanc (10 ans), transformant ainsi

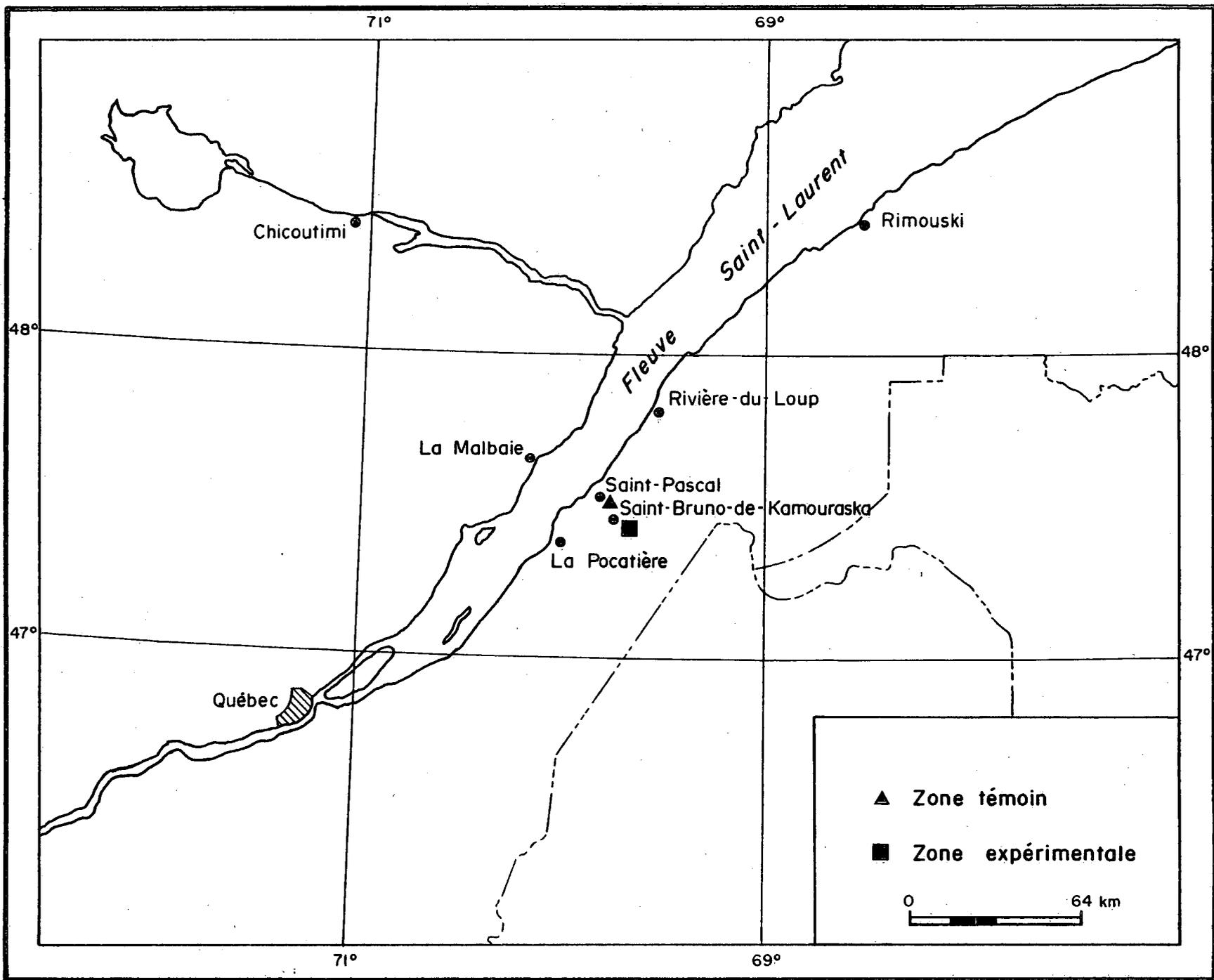


Figure 1. Localisation de la zone d'étude.

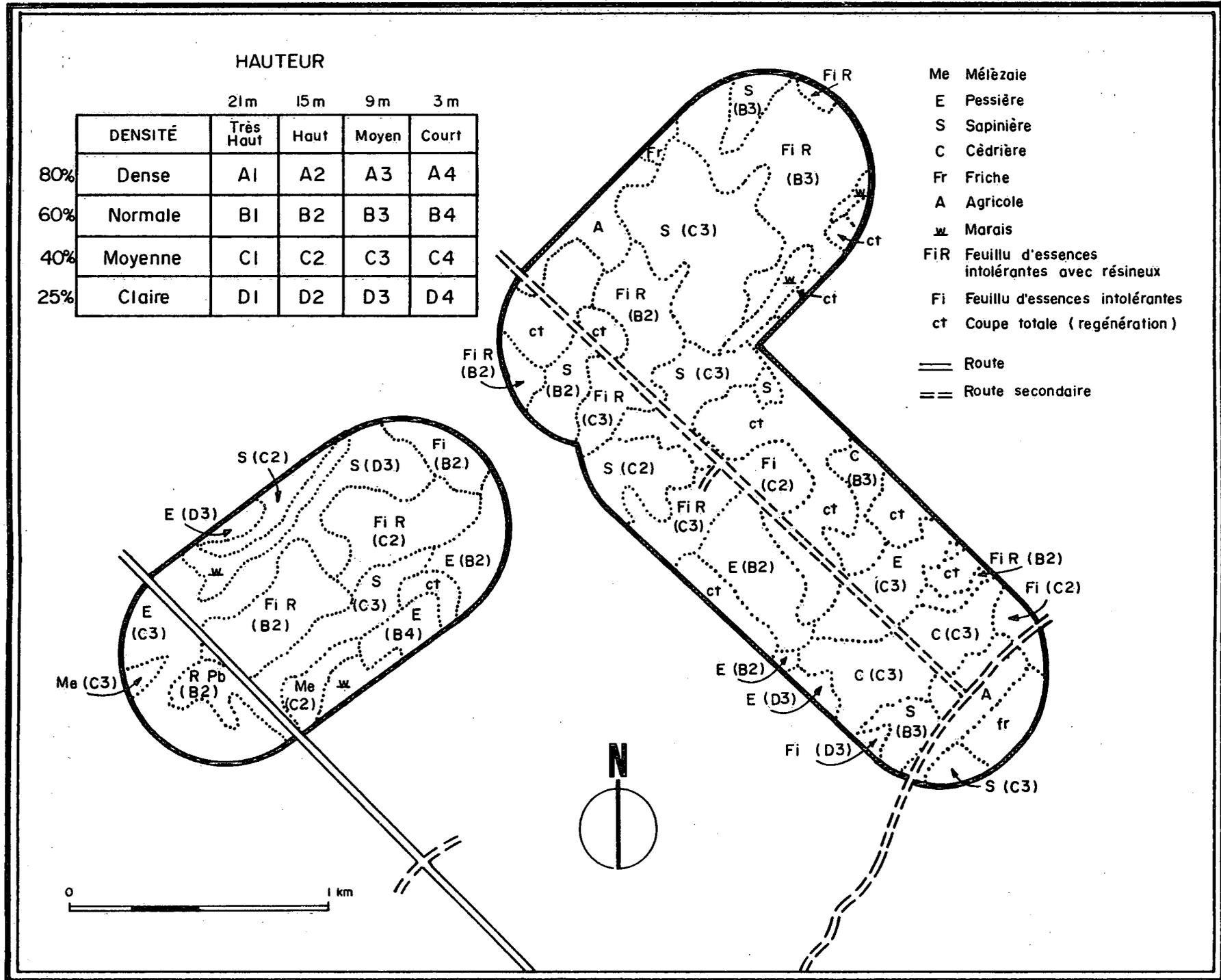


Figure 2. Caractéristiques de l'habitat présent dans la zone témoin.

TABLEAU 1. Superficie des peuplements caractéristiques des zones d'étude.

Peuplement	Témoïn		Expérimental	
	Hectares	%	Hectares	%
Sapinière	78,0	23	105,1	31
Pessière	56,8	17	61,5	18
Cedrière	18,6	6	0,0	0
Mélézaie	3,6	1	0,0	0
Résineux	4,1	1	0,0	0
Feuillus	7,7	2	0,0	0
Feuillus avec résineux	94,0	27	12,9	4
Marécage	12,9	4	0,0	0
Agriculture	13,4	4	0,0	0
Terres en friche	5,9	2	0,0	0
Coupe totale en régénération	43,9	13	156,6	47
Total	338,9	100	336,1	100

les vastes pessières rouges en des tremblaies à bouleaux blancs et autres arbustes de valeur non commerciale. Ce type d'habitat très ouvert favorise l'emprise des vents et affecte en périphérie les grands peuplements par de multiples chablis. Les espèces arborescentes, qui dominent les peuplements matures, sont le sapin baumier, l'épinette blanche, l'épinette rouge, le bouleau blanc, le peuplier baumier, le bouleau jaune, l'érable rouge et le mélèze laricin. Pour les espèces des strates inférieures, nous retrouvons les cerisiers, les aulnes, les frênes, l'érable à épis, le noisetier, l'amélanchier et le framboisier dans les secteurs ouverts. En général, le sol est bien drainé et sillonné par plusieurs ruisseaux à faible débit qui souvent s'assèchent à la mi-juin.

3. APPLICATION DE L'INSECTICIDE ET ANALYSE DU DÉPÔT

3.1 Application de l'insecticide

Les insecticides ont été utilisés tant en 1977 qu'en 1978 à des concentrations visant à créer un impact pouvant être détecté par les différentes méthodes de recensement. Ce faisant, les doses d'application ont été de beaucoup supérieures à celles habituellement rencontrées lors d'arrosages opérationnels.

Une première application de phosphamidon a été effectuée dans la matinée du 4 juin 1977 à l'intérieur du secteur expérimental d'une superficie de 4 654 ha (figure 4). La dose utilisée a été de 0,44 kg la/ha* (6 on/acre) (3 fois plus élevée que la dose opérationnelle) appliquée en trois applications successives de 0,149 kg la/ha (2 on/ha) dans 0,84 kg de formulation à base d'huile. L'avion utilisée a été un DC-6B muni du système de navigation par inertie Letton LTN 51. Les conditions climatiques qui ont prévalu lors de ce premier arrosage ont fait contraste avec les jours précédents alors que la température avait été chaude avec des vents modérés.

* Ingrédient actif/hectare.

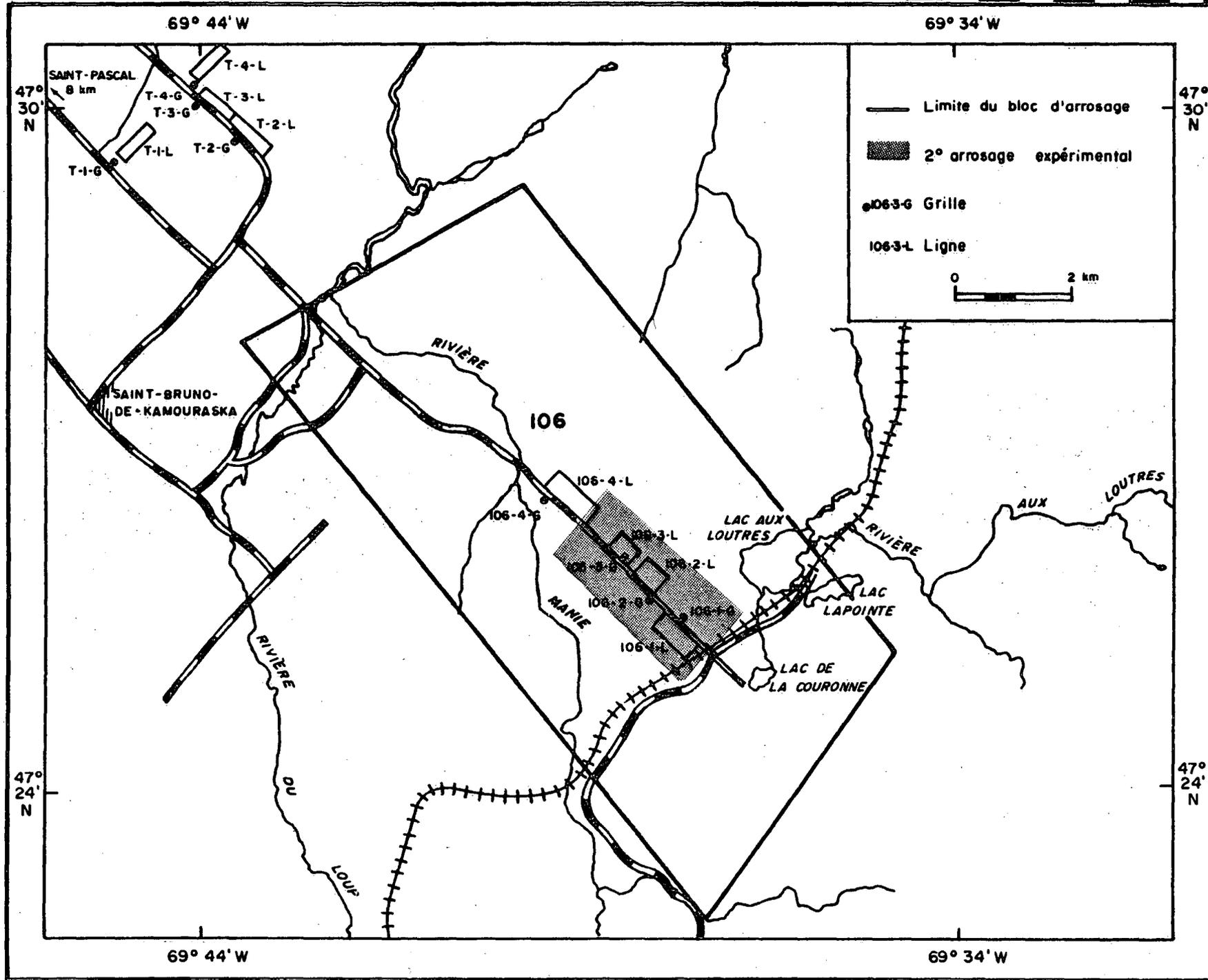


Figure 4. Localisation des blocs d'arrosages au phosphamidon en 1977 et emplacement des zones surveillées avec les méthodes de la ligne et de la grille.

L'arrosage s'est fait plutôt par temps couvert et par température froide (4°C) accompagnés de pluie à la fin de l'arrosage. Cette pluie a persisté durant toute la matinée et à l'exception de l'après-midi du 4 juin, les six autres jours ont été pluvieux. Au cours de cette période, les vents ont dominé du nord et du sud-est ne permettant pas à la température d'excéder les 12°C durant le jour (annexes II et III).

Le premier arrosage n'ayant pas, à première vue, causé suffisamment d'impact (absence presque totale d'oiseaux morts ou malades dans les jours ayant suivi l'arrosage), un deuxième essai de perturbation a été effectué le 10 juin 1977 au matin à l'intérieur du même bloc expérimental. Deux arrosages successifs de phosphamidon à raison de $0,56\text{ kg la/ha}$ (8 on/acre) dans $0,84\text{ kg}$ de formulation à base d'huile ont été faits sur une superficie évaluée à 405 ha à l'aide d'un Cessna-185 muni de systèmes atomiseurs Micronair (figure 4). Dans ce cas, les conditions atmosphériques ont été plus clémentes avec peu de vent et une température entre 5°C et 10°C . Par contre, les trois jours suivants (11 au 13 juin) ont fait l'objet de froid et de fortes pluies.

Enfin, suite à deux arrosages opérationnels d'annocarb ($0,053\text{ kg la/ha}$ ($0,75\text{ on/acre}$)) le 11 mai et le 1er juin 1978, le bloc expérimental traité au phosphamidon en 1977 a été soumis le 17 juin 1978 au soir à une dose massive de fénitrothion à raison de $1,40\text{ kg la/ha}$ (20 on/acre) (environ 7 fois plus élevée que la dose opérationnelle) (figure 5). La superficie couverte à l'aide d'un Cessna-185 muni de systèmes atomiseurs Micronair a été de 405 ha . Les conditions climatiques ayant prévalu au moment et suite à l'arrosage apparaissent aux annexes IV et V.

3.2 Analyse du dépôt

Dans le but de documenter la qualité du dépôt d'insecticide, des cartes Kromekote ont été déposées au sol le long des transects (ligne) et des parcelles échantillons (grille) et ce pour une durée de 30 minutes après l'application des insecticides. Les cartes Kromekote ont été utilisées lors des trois arrosages expérimentaux et les résultats relatifs à chacun

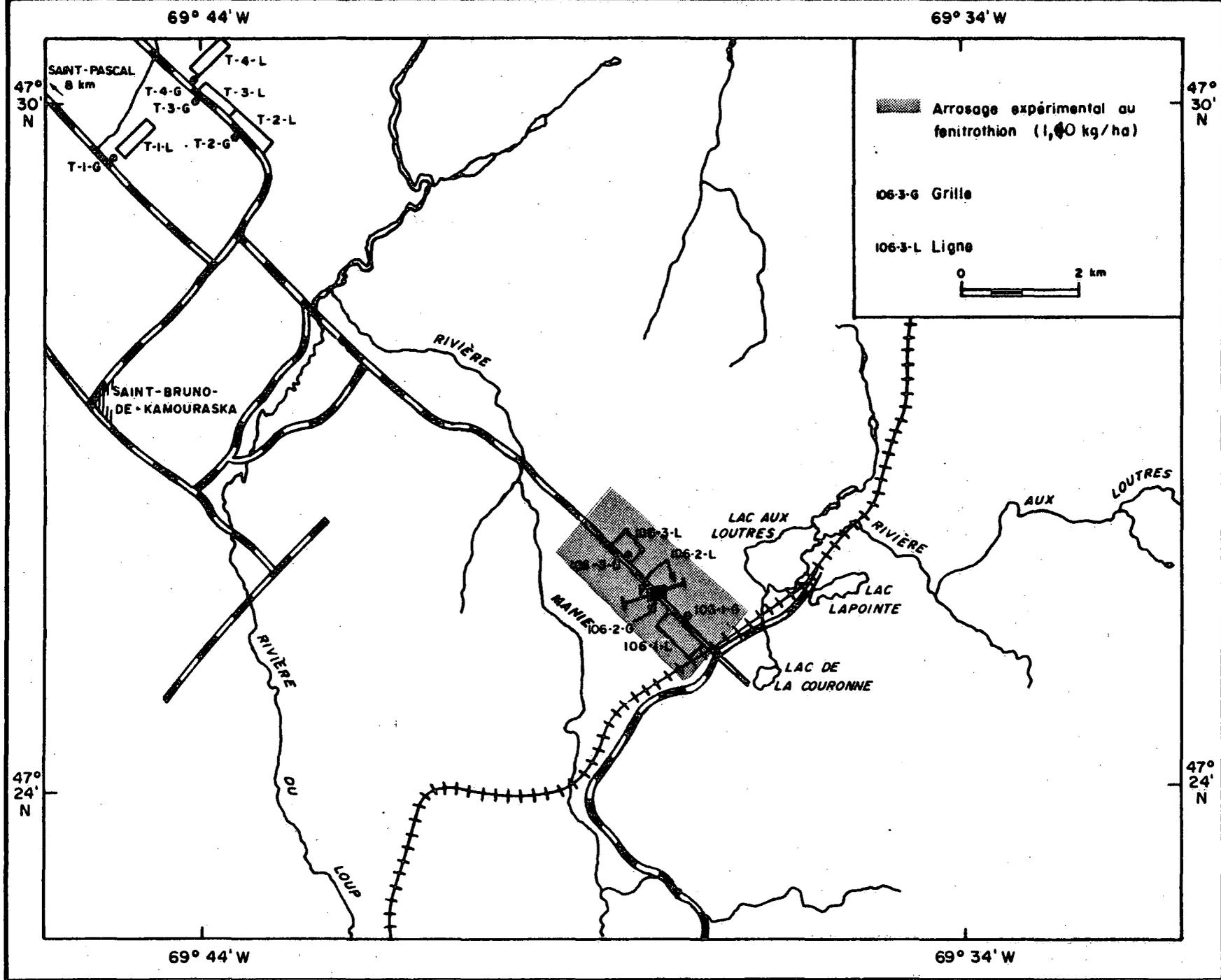


Figure 5. Localisation du bloc d'arrosage au fénitrothion en 1978 et emplacement des zones surveillées avec les méthodes de la ligne et de la grille.

d'entre eux apparaissent au tableau 2. On constate que tous les endroits où se faisaient des inventaires d'oiseaux ont reçu une dose d'insecticide. La distribution du dépôt n'est cependant pas uniforme, certains endroits ayant reçu des concentrations de 8 à 10 fois plus élevées. Cette variabilité pourrait être imputable à plusieurs facteurs dont la topographie des lieux, la macro et la microstructure de la forêt (composition végétale, dimension des arbres et densité des peuplements) et le microclimat (température et stabilité de l'air) (Haliburton *et al.*, 1977).

Des échantillons de feuillage (10 g de sapins baumiers à l'intérieur des parcelles inventoriées avec la grille) ont également été récoltées une demi-heure après l'arrosage. Cette récolte s'est faite d'une façon manuelle à hauteur de poitrine et sur les arbres généralement les plus exposés. Les analyses de résidus d'insecticide ont été effectuées par les Services de protection de l'environnement du Québec. Les résultats de ces analyses de feuillage corroborent ceux obtenus avec les cartes Kromekote à savoir que les concentrations d'insecticide ayant atteint le sol sont très variables d'un lieu d'échantillonnage à un autre (tableau 3). Elles demeurent toutefois presque continuellement supérieures aux concentrations habituellement retrouvées lors d'arrosages opérationnels (0,8 à 3 microg./g de poids sec). En 1978, la récolte de feuillage effectuée non seulement sur les arbres les plus exposés le long des routes mais aussi dans le sous-bois et la tourbière révèle que les concentrations d'insecticide dans la tourbière sont quelque peu supérieures à celles trouvées en bordure des routes et que les concentrations dans le sous-bois sont environ quatre fois moins élevées en moyenne que celles des arbres les plus exposés.

4. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION D'IMPACT

En plus des méthodes couramment utilisées lors des arrosages opérationnels (grille, ligne et filet), nous avons en 1977 et en 1978 employé d'autres méthodes pour nous aider à quantifier l'impact.

TABLEAU 2. Analyse des dépôts d'insecticides à l'aide des cartes Kromekote.

Traitement	Lieu d'échantillonnage		Gouttelettes/cm ²		
Phosphamidon faible (0,44 kg/ha) 4 juin 1977	Quadrat	1	49		
		2	63		
		3	22		
		4	21		
		\bar{x}	38		
	Ligne	1	8		
		2	57		
		3	25		
		4	25		
		\bar{x}	28		
Phosphamidon fort (1,12 kg/ha) 10 juin 1977	Quadrat	1	25		
		2	42		
		3	50		
		\bar{x}	39		
		1	23		
	Ligne	2	90		
		3	40		
		\bar{x}	51		
		Fenitrothion (1,40 kg/ha) 17 juin 1978	Quadrat	1	34
				2	4
3	14				
\bar{x}	17				
Ligne	1		19		
	2		12		
	3		20		
	\bar{x}		17		

TABLEAU 3. Analyse des résidus d'insecticides trouvés dans les aiguilles de sapins baumiers.

Traitement	Lieu d'échantillonnage		Résidus trouvés (microg/g de poids sec)
Phosphamidon faible (0,44 kg/ha) 4 juin 1977	Quadrat	1	9,16
		2	28,00
	(bordure de routes)	3	1,31
		4	23,70
		\bar{x}	15,54
Phosphamidon fort (1,12 kg/ha) 10 juin 1977	Quadrat	1	41,35
	(bordure de routes)	2	74,52
		\bar{x}	57,94
Fenitrothion (1,40 kg/ha) 17 juin 1978	Quadrat	1	63,75
		2	106,30
	(bordure de routes)	2	8,38
		3	14,08
		\bar{x}	48,12
	(tourbière)	2	67,95
	(milieu forestier)	2	11,09

4.1 Recherche d'oiseaux morts ou malades

De 6 à 12 heures après l'application des insecticides, une recherche intensive d'oiseaux morts ou malades (manque de coordination dans le vol et la façon de se percher) a été déployée principalement dans les milieux ouverts (tourbières et bordures des routes) dans le but de vérifier si effectivement les insecticides avaient engendré des impacts. Les personnes participant à cette activité, marchaient habituellement côte à côte distancées d'environ cinq mètres l'une de l'autre, tout en produisant des bruits divers, soit avec leurs mains, leur voix ou avec des bâtons. En plus de ces recherches concertées, les recenseurs ont pris soin dans les jours suivants de noter ou de récolter tout oiseau qui montrait des signes d'intoxication. Le nombre d'heures dévolues à cette activité de recherche, incluant la recherche par les recenseurs, a été le suivant:

- arrosage faible au phosphamidon (0,44 kg/ha)
le 4 juin 1977: 13 heures 20 minutes réparties
entre le 5 et le 19 juin;
- arrosage fort au phosphamidon (1,12 kg/ha)
le 10 juin 1977: 63 heures 25 minutes réparties
entre le 10 et le 23 juin;
- arrosage au fénitrothion le 17 juin 1978: 25
heures 20 minutes réparties entre le 13 et le
29 juin.

4.2 Recherche et surveillance de nids

Au cours des périodes pré-arrosages au phosphamidon et au fénitrothion, un certain nombre de nids de passereaux et de non passereaux ont été trouvés lors des recensements journaliers. Ces nids ont fait l'objet d'une certaine surveillance (absence ou présence de mortalité) dans les jours qui ont suivi les applications d'insecticides.

4.3 Méthode du comportement

Cette méthode consistait en 1977 à compter le nombre de chants/minute de cinq individus (toujours les mêmes) des cinq espèces suivantes (noms scientifiques en annexe): Fauvette à joues grises, Fauvette à tête cendrée, Fauvette obscure, Pinson à gorge blanche et Grive à dos olive. Chaque oiseau était suivi pendant cinq minutes à toutes les demi-heures entre habituellement 6 h et 10 h pour un total d'activité possible de 40 min./jour. Aucun des oiseaux suivis n'était marqué, le fait que l'oiseau se retrouvait dans le même territoire nous laissait supposer qu'il était le même. L'étude s'est poursuivie sur une période de huit jours dans le bloc expérimental (3 jours avant l'arrosage et 5 jours après), et sur une période de quatre jours dans le bloc témoin (1 jour avant et 3 jours après l'arrosage).

En 1978, une nouvelle étude comportementale a été mise sur pied. Elle consistait à suivre l'activité de deux individus appartenant à deux espèces différentes pendant 40 min./jour entre 5 h et 10 h. Les espèces ainsi suivies ont été: une Fauvette tigrée baguée et colorée et une Fauvette à gorge orangée non marquée. Les informations recueillies sur chacune d'entre elles ont été: le nombre de déplacements, le nombre de postes de chant différents fréquentés, le temps moyen de chant par poste, le nombre de chants par poste, le nombre de chants par minute, la distance moyenne de déplacement et la superficie estimée du territoire couvert quotidiennement calculée en mesurant la surface maximale comprise entre au moins trois postes de chant. L'étude tant dans le bloc témoin que dans le bloc expérimental s'est poursuivie sur une période de 10 jours entre le 8 et le 23 juin (5 jours avant l'arrosage et 5 jours après).

4.4 Méthode de marquage

Dans les jours précédant l'arrosage au fénitrothion (18 jours entre le 17 mai et le 17 juin), un certain nombre d'oiseaux ont été capturés dans le bloc expérimental à l'aide de filets japonais. Suite à leur capture,

ces derniers ont été marqués de la bague d'aluminium officielle et d'une bague de couleur à la patte (Hughes plastic bands). Un colorant (encre de marque Pélican à l'épreuve de l'eau) a également été appliqué au niveau de ou des parties de l'oiseau les plus visibles pour un observateur. Un agencement de couleur a permis d'identifier individuellement chaque oiseau capturé. L'utilisation du colorant et sa persistance avaient été expérimentées lors de l'arrosage expérimental de 1977.

Durant chacun de ces 18 jours précédant l'arrosage, un observateur a patrouillé pendant environ cinq heures la zone d'étude à la recherche d'oiseaux marqués. Chaque oiseau ainsi repéré était identifié à l'aide des couleurs et localisé sur une carte. Ces observations de même que les captures d'oiseaux au filet se sont poursuivies pendant 18 autres jours après l'application du fénitrothion entre le 18 juin et le 19 juillet.

4.5 Méthode de la ligne

4.5.1 Description

La méthode de la ligne utilisée en 1977 et en 1978 est essentiellement la même que celle utilisée par Pearce *et al.* (1976) lors de la surveillance des arrosages au Nouveau-Brunswick. Elle consistait à identifier à l'espèce tous les oiseaux vus et/ou entendus (indépendamment de la distance latérale) le long de quatre transects de 0,8 km chacun tant dans un bloc témoin que dans un bloc expérimental (figure 4). En plus des espèces d'oiseaux, les données météorologiques suivantes étaient enregistrées: température, précipitations, ennuagement et vent (évaluées selon l'échelle de Beaufort).

Tous les inventaires ont commencé au plus tôt à 4 h 40 pour se terminer au plus tard à 10 h 55. La durée moyenne des inventaires pour un transect de 0,8 km a été de l'ordre de 36 minutes pour une vitesse de déplacement de 1,33 km/hre à l'exception du bloc expérimental en 1977 où le temps requis pour compléter un transect a été de 51 minutes pour une vitesse de déplacement de 0,94 km/hre.

Tous les inventaires ont été conduits le long de routes forestières secondaires. La période d'étude s'est échelonnée du 5 mai au 23 juin en 1977 et du 17 mai au 29 juin en 1978. A l'exception d'une période de trois jours en 1977 (16, 22 et 23 juin), tous les inventaires ont été effectués par les mêmes observateurs.

La séquence d'inventaires a différé quelque peu durant les deux années; en 1977, le transect 1 était recensé le premier à tous les deux jours seulement en alternance avec le transect 4 (1-2-3-4, 4-3-2-1, 1-2-3-4...). Etant donné le peu d'avantages associés à cette façon de procéder, en 1978 le transect 1 était toujours le premier recensé, le 2 le deuxième et ainsi de suite.

4.5.2 Analyse des résultats

L'évaluation des impacts a été faite en comparant le nombre moyen d'individus recensés par transect avant et après chacun des arrosages et en confrontant toutes fluctuations à celles d'un témoin. Le nombre et la date des recensements considérés pour cette analyse apparaissent au tableau 4.

Cette méthode d'analyse (nombre moyen d'ind./recensement) est couramment rapportée dans la littérature par des auteurs ayant utilisé la ligne pour évaluer des impacts sur des oiseaux suite à des arrosages forestiers (Finley, 1965; Moulding, 1976). Une analyse de variance (test de F) a permis de faire ressortir le cas où les différences étaient significatives.

4.6 Méthode de la grille

4.6.1 Description

La méthode de la grille utilisée dans cette étude expérimentale est la même qu'ont déjà employée le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche et l'Institut de gestion et de la protection des forêts dans le

TABLEAU 4. Date des recensements effectués à l'aide des méthodes de la ligne et de la grille.

Date Traitement	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	28	29
Phosphamidon faible (0,44 kg/ha) 4 juin 1977	x	x	x	x	x ¹	x	Arrosage	x ¹	x ¹	x ¹		x ¹																
Phosphamidon fort (1,12 kg/ha) 10 juin 1977								x ¹	x ¹	x ¹		x ¹	Arrosage	x		x	x	x	x						x	x ¹		
Fenitrothion (1,40 kg/ha) 17 juin 1978					x ¹		x	x	x	x ¹	x		x ¹			x			Arrosage en soirée	x ¹	x		x	x	x	x	x	x

¹ Ces journées n'ont pas été considérées dans l'analyse avec la méthode de la ligne à cause des mauvaises conditions météorologiques qui les ont caractérisées.

cadre de leur programme de surveillance des arrosages opérationnels au Québec. Cette technique a été décrite par plusieurs auteurs (Kendeigh, 1944; Pough, 1947; Robbins, 1970 et Svensson, 1970) et lors de notre étude expérimentale, les lignes de base de cette méthode ont été suivies à savoir:

- à l'intérieur du territoire à inventorier, étaient choisies des parcelles les plus représentatives de l'habitat étudié soit pour 1977, quatre parcelles dans le témoin et quatre parcelles dans l'expérimental d'une superficie de quatre hectares chacune. En 1978, les mêmes parcelles étaient réutilisées à l'exception de deux parcelles dans le bloc expérimental qui ont été remplacées par une parcelle de 13,5 ha (figures 4 et 5);
- délimitation de la grille par des stations distantes de 40 m et bien identifiées par des balises de rubans de nylon aux couleurs vives permettant ainsi le repérage exact de la station où un oiseau est vu et/ou entendu;
- parcours de la grille en suivant les balises où en se déplaçant en zigzaguant à l'intérieur de l'aire inventoriée. Le temps moyen requis pour couvrir une parcelle de quatre hectares était de 40 minutes et de 1 heure 50 minutes pour la parcelle de 13,5 hectares;
- par des codes appropriés, noter l'espèce, le statut et les déplacements de tous les oiseaux vus et/ou entendus délimitant ainsi, après plusieurs observations quotidiennes, le territoire de chaque individu recensé;
- inventaire de chacune des parcelles tous les matins entre 4 h 45 et 10 h 10 quand les conditions météorologiques le permettaient. Tous les inventaires ont été effectués par les mêmes observateurs. Pour être en mesure d'effectuer le

maximum d'observations d'oiseaux, l'observateur devait, en 1977 seulement, alterner l'ordre des parcelles inventoriées. Ainsi, la parcelle inventoriée la première une journée était reléguée au deuxième rang la deuxième journée. Le nombre de recensements requis pour délimiter les territoires étaient à un jour près le même que pour la méthode de la ligne (tableau 4):

- récolte d'informations supplémentaires considérées comme importantes lors de l'analyse des données. Ces informations consistaient à noter, outre la date et l'heure du début et de la fin de chaque recensement, la température ($^{\circ}\text{C}$), la présence ou l'absence de précipitations et la vitesse et la direction du vent selon l'échelle de Beaufort.

4.6.2 Analyse des résultats

Tous les individus mâles pour lesquels trois contacts ou plus ont été faits respectivement pendant huit et quatre jours avant les deux arrosages au phosphamidon et dix jours avant l'arrosage au fénitrothion ont été retenus pour fins d'analyse et les limites de leurs territoires ont pu être définies. Lorsqu'un oiseau identifié à un territoire précis avant l'arrosage était observé au même endroit au moins une fois lors des recensements subséquents, on considérait que ce dernier avait survécu à l'insecticide et n'avait subi aucun impact. Une analyse statistique (test de chi-carré) a permis de faire ressortir les différences significatives entre le bloc expérimental et le bloc témoin.

4.7 Capture d'oiseaux au filet

4.7.1 Description

Suite à l'arrosage au fénitrothion, un programme de captures d'oiseaux au filet a été mis sur pied dans le but de vérifier les impacts

possibles de l'insecticide sur la structure de la population notamment sur les jeunes de l'année. Cette méthode est la même que celle déjà utilisée à Terre-Neuve en 1977 (Bennett, 1977).

Ce programme s'est échelonné sur une période d'un mois tant dans le bloc expérimental (19 juin au 18 juillet) que dans le bloc témoin (19 juin au 19 juillet), période durant laquelle nous avons fait du baguage pendant 16 jours et ce pour un total d'heures-filet de 977 heures 58 minutes dans le bloc expérimental et de 908 heures 59 minutes dans le bloc témoin.

Les filets utilisés dans cette étude étaient des filets de 13,7 m de longueur par 2,13 m de hauteur avec un maillage de 3,2 cm (30 deniers/2 plis). Quatre personnes ont participé à cette opération, soit deux dans chacun des blocs à l'étude à l'exception du 18 et du 19 juillet où les quatre personnes ont travaillé ensemble à opérer 26 filets. Chaque filet était visité à de courts intervalles soit approximativement à toutes les 20 minutes pour empêcher que les chaleurs excessives de l'été de même que l'emballage excessif ne stressent inutilement les oiseaux. Aucun filet n'a été installé les jours de pluie continue et tous les filets étaient démontés quotidiennement. Tous les oiseaux capturés ont été identifiés, âgés et sexés selon Wood (1969) et anonyme (1976; 1977), en plus d'être bagués pour être en mesure de distinguer les recaptures. Dix des 13 filets utilisés ont été installés au même endroit durant toute la période d'étude alors que les trois autres ont vu leur emplacement modifié à quelques reprises au cours de la saison. Les filets étaient placés à environ 30 cm du sol soit le long de petits chemins forestiers ou encore en des milieux ouverts type tourbière. Les filets pouvaient, lorsque l'habitat s'y prêtait, être couplés à un ou même deux ou trois autres filets disposés ou non à angle droit. La distance maximale entre le premier et le dernier filet lorsque les 13 étaient en opération, était de 260 m dans la parcelle témoin et de 320 m dans la parcelle expérimentale.

4.7.2 Analyse des résultats

L'évaluation des impacts a été effectuée en comparant la structure de la population, c'est-à-dire le pourcentage de mâles, de femelles et de jeunes de chacun des blocs suivis.

Etant donné le fait que les mâles sont, de par leur comportement, habituellement plus exposés et dès lors plus susceptibles aux effets de l'insecticide que ne le sont les femelles, un pourcentage moins élevé de mâles dans la population d'oiseaux du bloc expérimental comparativement au bloc témoin pouvait être considéré comme un impact. De même, les oisillons étant directement affectés par une baisse de nourriture et une mortalité au niveau des adultes, une proportion moins élevée de jeunes dans le secteur soumis à l'insecticide par rapport à un secteur non traité pouvait aussi être interprété comme le résultat de l'arrosage. Ici encore une analyse statistique (test de G) a mis en évidence les différences significatives.

5. RÉSULTATS

5.1 Recherche d'oiseaux morts ou malades

5.1.1 Arrosage faible au phosphamidon

Dans les trois jours qui ont suivi la première application de phosphamidon, seuls un Moucherolle à ventre jaune, un Moucherolle Tchébec et un Pinson à gorge blanche ont été trouvés, soit morts ou malades (tableau 5). L'analyse des tissus de deux de ces individus démontre que ces derniers ont été mis en contact avec l'insecticide puisque des concentrations variant de 0,016 à 0,042 ug/g ont été notées (tableau 6).

5.1.2 Arrosage fort au phosphamidon

Les résultats de nos recherches d'oiseaux morts ou malades démontrent que cette deuxième application de phosphamidon a été de beaucoup

TABLEAU 5. Importance relative des oiseaux trouvés morts ou malades suite aux applications de phosphamidon.

Espèce	Nombre	
	Phosphamidon faible (0,44 kg/ha) 4 juin 1977	Phosphamidon fort (1,12 kg/ha) 10 juin 1977
Pinson à gorge blanche	1	10
Fauvette masquée		3
Moucherolle à ventre jaune	1	1
Grive solitaire		2
Junco ardoisé		2
Fauvette du Canada		1
Fauvette à joues grises		1
Fauvette triste		1
Pinson familier		1
Moucherolle Tchébec	1	1
Pioui de l'est		1
Gélinotte huppée		1
Crécerelle d'Amérique		1
Total: 13 espèces	3	25

TABLEAU 6. Liste des espèces d'oiseaux capturés et des concentrations de phosphamidon dans les tissus.

Espèce	Sexe	Jours après l'arrosage	Etat	Concentration ug/g
Moucherolle Tchébec*	M	+ 1	Mort	0,016
Pinson à gorge blanche*	M	+ 2	Mort	0,042
Fauvette du Canada	M	0	Malade	0,160
Fauvette masquée	M	0	Malade	0,269
Fauvette masquée	F	0	Malade	0,021
Pinson à gorge blanche	M	0	Malade	0,018
Pinson à gorge blanche	F	0	Malade	0,034
Pinson à gorge blanche	F	0	Malade	0,077
Pinson à gorge blanche	F	0	Malade	0,054
Pinson à gorge blanche	M	0	Mort	0,096
Pinson à gorge blanche	M	+ 1	Malade	0,066
Pinson à gorge blanche	M	+ 1	Malade	0,050
Fauvette à joues grises	M	+ 1	Malade	0,087
Fauvette triste	M	+ 1	Malade	0,212
Pinson familier	F	+ 1	Malade	0,183
Gélinotte huppée	F	+ 2	Malade	0,004
Grive solitaire	F	+ 2	Malade	0,079

* Oiseaux trouvés après le premier arrosage au phosphamidon faible (0,44 kg/ha).

plus violente que la première puisque 25 individus appartenant à 12 espèces ont alors démontré des signes d'intoxication (mortalité, manque de coordination dans le vol et la façon de se percher). Ces oiseaux ont été ici encore notés uniquement dans les trois jours qui ont suivi l'application du phosphamidon fort et ce en dépit du fait que la recherche se soit poursuivie jusqu'au 29 juin soit 19 jours après l'arrosage. De ces 25 individus, 15 ont été capturés ou trouvés morts. Quatre espèces ont semblé être affectées davantage par l'insecticide, soit le Pinson à gorge blanche, la Fauvette masquée, la Grive solitaire et le Junco ardoisé qui totalisaient à elles seules 68% des oiseaux notés comme intoxiqués (tableau 5). Le nombre élevé de Pinson à gorge blanche peut s'expliquer par le fait que cette espèce pouvait être considérée comme une des plus abondantes dans le bloc expérimental. Elle se retrouve aussi, souvent, comme la Fauvette masquée d'ailleurs, en des milieux ouverts (ex.: tourbières) où ont porté principalement nos recherches et où les concentrations d'insecticides sont reconnues comme étant très élevées (tableau 3).

Les effets de l'insecticide se sont poursuivis sur une période d'au moins quatre jours (10 au 13 juin) et ont affecté tous les niveaux de la faune avienne. La dose de produit utilisée a été suffisamment élevée pour affecter des oiseaux aussi gros que la Gélinoite huppée et la Crécerelle d'Amérique. Tous les oiseaux analysés en laboratoire ont révélé une certaine concentration de phosphamidon dans leurs tissus, concentrations atteignant parfois des valeurs aussi élevées que 0,269 ug/g (tableau 6).

5.1.3 Arrosage au fénitrothion

En dépit d'une recherche d'environ 25 heures réparties sur 12 jours entre le 18 et le 29 juin, seuls un Pinson de Lincoln, un Pinson à gorge blanche et un Junco ardoisé ont été rapportés comme malades par nos recenseurs. L'analyse des tissus du junco a démontré des résidus de fénitrothion à une concentration de l'ordre de 0,079 ug/g.

5.2 Recherche et surveillance de nids

En 1977, aucun nid n'a été trouvé dans le bloc expérimental avant les arrosages au phosphamidon. Deux nids de Junco ardoisé ont été toutefois surveillés après les pulvérisations et dans un nid, un des quatre jeunes initialement présent a disparu. Les trois autres oisillons semblant en bonne santé et de croissance normale, aucune relation avec l'insecticide n'a pu être établie.

En 1978, huit nids dont sept trouvés avant l'application du fénitrothion, ont fait l'objet d'une surveillance jusqu'au moment où les jeunes aient atteint le stade d'envol (tableau 7). De ces huit nids, un seul, soit celui du Pinson de Lincoln, a pu être affecté par l'insecticide puisque deux oisillons étaient trouvés morts et un troisième très affaibli. Ces derniers n'ont fait l'objet d'aucune analyse en laboratoire. La présence de nombreux excréments à l'intérieur même du nid, normalement enlevés au fur et à mesure par le mâle et la femelle, laisse croire que c'est possiblement par le biais d'un effet sur les adultes par une cause inconnue (prédation, insecticide, désertion...) que les jeunes pinsons ont été affectés.

5.3 Méthode du comportement

5.3.1 Analyse comportementale de 1977

Durant les cinq jours de recensement entre le 11 et le 16 juin qui ont suivi l'arrosage fort au phosphamidon, on a noté une diminution significative ($T_s=3,74$, $d_l=38$, $p < 0,01$) du chant (nombre de chants moyen/minute) de l'ensemble des cinq oiseaux suivis, ces derniers ne consacrant en moyenne que 12% de leur temps à cette activité comparativement à 40% avant l'arrosage. Au niveau des seules espèces, les baisses de chant ne sont significatives que pour trois d'entre elles: la Fauvette à joues grises ($T_s=2,95$, $d_l=6$, $p < 0,05$), la Fauvette à tête centrée ($T_s=2,78$, $d_l=6$, $p < 0,05$) et la Fauvette obscure ($T_s=3,0$, $d_l=6$, $p < 0,05$) (tableau 8).

TABLEAU 7. Surveillance de nids en 1978.

Espèce	Exposition *	Emplacement du nid	Nombre d'oeufs et de jeunes avant arrosage	Nombre d'oeufs et de jeunes après arrosage
Junco ardoisé	0	Forêt mélangé	5 oeufs	3 jeunes
Fauvette couronnée	0	Forêt de feuillus	5 oeufs	5 jeunes
Pinson à gorge blanche	3	Tourbière	4 jeunes	4 jeunes
Junco ardoisé	4	Forêt mélangé	3 jeunes	?
Gélinotte huppée	4	Forêt mélangé	11 oeufs	8 jeunes
Grive solitaire	8	Tourbière	4 oeufs	4 jeunes
Epervier brun	8	Forêt mélangé	3 oeufs	3 jeunes
Pinson de Lincoln	10	Tourbière	4 jeunes	1 jeune

* 10 = très exposé

0 = peu exposé

TABLEAU 8. Suivi de l'activité quotidienne de chant (40 min./jour) de cinq espèces avant et après l'application de phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977.

Nombre de chants moyen par minute/% du temps total d'observation

Espèce Date	Fauvette à joues grises		Fauvette à tête cendrée		Fauvette obscur		Pinson à gorge blanche		Grive à dos olive	
	Témoin (N* = 1)	Exp. (N = 1)	Témoin (N = 1)	Exp. (N = 1)	Témoin (N = 1)	Exp. (N = 1)	Témoin (N = 1)	Exp. (N = 1)	Témoin (N = 1)	Exp. (N = 1)
6-06	**NR	2,3/63	NR	3,1/74	NR	2,3/57	NR	0,9/43	NR	3,7/66
7-06	0/0	0,5/5	0,6/33	0,9/25	4,6/73	2,5/70	0,3/20	0,3/10	NR	0,5/10
9-06	NR	1,7/46	NR	0,6/23	NR	7,5/100	NR	0,3/17	NR	0/0
Moyenne	-	1,4/38	-	1,5/41	-	4,1/76	-	0,5/23	-	1,4/25
10-06	Arrosage expérimental									
11-06	NR	0/0	NR	0/0	NR	0/0	NR	0/0	NR	1,1/22
13-06	3,7/77	0,03/4	NR	0,13/13	0/0	0/0	0,5/37	0,08/8	NR	1,1/18
Moyenne	-	0,015/2	-	0,65/7,5	-	0/0	-	0,04/4	-	1,1/20
14-06	1,3/27	0/0	7,0/80	0/0	3,5/73	1,9/55	0,7/37	1,3/35	NR	0/0
15-06	0,3/8	0/0	1,2/20	0/0	0/0	1,7/40	1,6/56	0,08/8	NR	0/0
16-06	NR	0/0	NR	0,12/12	NR	1,6/25	NR	0,6/24	NR	2,6/52
Moyenne pour les 5 jours	1,8/37	0,01/1	4,1/50	0,05/4	1,2/24	1,7/24	0,9/43	0,4/15	-	1,0/18

* Nombre d'individus suivis.

** Non recensé.

Les baisses d'activité de chant ont été plus marquées dans les trois jours qui ont immédiatement suivi l'épandage d'insecticide. Les oiseaux ont semblé récupérer graduellement par la suite de telle sorte qu'à la sixième journée, quatre des cinq espèces chantaient assez régulièrement le matin. L'absence d'activité de chant chez la Fauvette à joues grises pour une troisième journée consécutive est à souligner.

Nos données pour le bloc témoin durant la même période, principalement pour celle du pré-arrosage, sont malheureusement trop disparates pour qu'on puisse les confronter d'une façon satisfaisante à celles du bloc arrosé. Ce faisant, nous ne sommes pas assurés que les baisses d'activité de chant notées dans le bloc arrosé soient réellement imputables à l'insecticide et non le résultat de mauvaises conditions météorologiques ou tout simplement d'un phénomène naturel. Toutefois, le fait que durant la période post-arrosage, quatre des cinq espèces suivies dans le bloc soumis au phosphamidon aient consacré significativement ($T_s=3,21$, $dl=29$, $p < 0,01$) moins de temps en moyenne à chanter (11% vs 39%) que les mêmes espèces dans le bloc témoin, laisse croire à un effet de l'insecticide.

Cette diminution très notable de chant suite à l'application d'un insecticide a déjà d'ailleurs été rapportée dans la littérature. Giles (1970), mentionne à cet effet que suite à l'application de malathion-S35 au taux de 0,36 kg/ha (32 on/acre), les oiseaux forestiers sont demeurés silencieux pendant deux jours. La quatrième journée, l'activité était revenue à la normale et aucune différence n'était perçue comparativement à d'autres secteurs non perturbés. Les raisons qui pourraient expliquer un tel comportement sont multiples: déplacement plus important pour aller à la recherche de nourriture, élimination des oiseaux et remplacement de ces derniers de deux à trois jours plus tard, affaiblissement général de l'oiseau suffisamment pour l'empêcher de chanter durant quelques jours mais récupération et reprise d'activité dans les jours subséquents.

5.3.2 Analyse comportementale de 1978

En dépit du fait que l'étude menée en 1978 n'était pas exhaustive, elle est quand même intéressante parce qu'elle nous a permis d'une part de

voir de quelle façon s'effectuait un remplacement suite à un arrosage et d'autre part de noter les modifications significatives dans le comportement d'un individu non remplacé.

- Caractéristiques qui accompagnent un remplacement

Dans la journée qui a suivi l'arrosage au fénitrothion, la Fauvette tigrée baguée et colorée a été remplacée par un nouvel individu de la même espèce. Le nouvel arrivant a occupé exactement le même emplacement que son prédécesseur en plus de conserver un comportement approximativement similaire. Seule en fait la distance moyenne franchie entre deux postes de chant a différé significativement ($T_s=2,95$, $dl=7$, $p < 0,05$). Elle était moins élevée chez la nouvelle fauvette (31,3 m vs 57,1 m) (tableau 9).

Le comportement de la Fauvette tigrée remplaçante diffère toutefois de celui qu'on aurait dû espérer si il n'y avait pas eu de remplacement tel que perçu dans le bloc témoin, par le fait qu'elle s'est déplacée un nombre de fois significativement plus élevé que la normale pour la saison (6,3 vs 1,3) ($T_s=2,74$, $dl=6$, $p < 0,05$). La diminution du nombre d'insectes dans le bloc arrosé ou le fait que l'oiseau était très actif à définir un nouveau territoire pourrait expliquer un tel comportement.

- Comportement noté sur un oiseau non remplacé suite à l'application d'un insecticide

Durant les cinq jours de recensement qui ont suivi l'application du fénitrothion, la Fauvette à gorge orangée suivie n'a pas présenté un comportement significativement différent de celui noté avant l'arrosage (tableau 10). Comparativement à la Fauvette à gorge orangée présente dans le témoin, on note cependant trois différences significatives à savoir: une diminution dans le nombre de déplacements ($T_s=2,90$, $dl=5$, $p < 0,05$), une diminution dans le nombre de postes différents fréquentés ($T_s=2,97$, $dl=4$,

TABLEAU 9. Activité comportementale d'une Fauvette tigrée avant et après l'application du fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.

Comportement	Parcelle	Moyenne pour la période du 8 au 17 juin (5 inventaires)	Moyenne pour la période du 18 au 23 juin (5 inventaires)
Nombre de déplacements	Témoin	2,8	1,3
	Expérimental	2,8	6,3
Nombre de postes différents fréquentés	Témoin	3,8	2,3
	Expérimental	3,8	6,3
Temps moyen par poste (seconde)	Témoin	469	468
	Expérimental	336	196
Nombre de chants par poste	Témoin	55,0	DI
	Expérimental	28,5	15,8
Nombre de chants par minute	Témoin	3,8	2,4
	Expérimental	4,6	3,1
Distance moyenne de déplacement (m)	Témoin	26,3	30,3
	Expérimental	57,1	31,3
Superficie estimée du territoire (m)	Témoin	138	DI
	Expérimental	1437	1275

DI = données insuffisantes.

TABLEAU 10. Activité comportementale d'une Fauvette à gorge orangée avant et après l'application du fenitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.

Comportement	Parcelle	Moyenne pour la période du 8 au 17 juin (5 inventaires)	Moyenne pour la période du 18 au 23 juin (5 inventaires)	Analyse statistique
Nombre de déplacements	Témoin	2,0	4,4	Ts = 2,90 dl = 5 p < 0,05
	Expérimental	5,8	2,0	
Nombre de postes différents fréquentés	Témoin	3,0	5,4	Ts = 2,97 dl = 4 p < 0,05
	Expérimental	7,0	3,0	
Temps moyen par poste (seconde)	Témoin	305	158	NS
	Expérimental	212	1130	
Nombre de chants par poste	Témoin	26,9	12,1	NS
	Expérimental	16,5	25,4	
Nombre de chants par minute	Témoin	2,0	1,7	NS
	Expérimental	2,4	0,9	
Distance moyenne de déplacement (m)	Témoin	16,9	19,8	Ts = 2,62 dl = 5 p < 0,05
	Expérimental	32,9	12,7	
Superficie estimée du territoire (m)	Témoin	272	309	NS
	Expérimental	970	242	

NS = Différence non significative entre le témoin et l'expérimental.

$p < 0,05$) et une diminution dans la distance moyenne de déplacement ($T_s=2,62$, $d_l=5$, $p < 0,05$). Un affaiblissement de l'oiseau par l'insecticide pourrait expliquer cette attitude.

5.4 Méthode de marquage

Cent quatre-vingt-trois oiseaux ont été capturés et marqués avant l'arrosage au fénitrothion. Dans le but d'éliminer les oiseaux non territoriaux, nous n'avons considéré pour fins d'analyse que ceux recapturés ou vus au moins deux autres fois entre le 17 mai et le 17 juin (période pré-arrosage) pour un total de trois contacts tout comme avec la méthode de la grille. Trente-huit oiseaux appartenant à 16 espèces ont dès lors satisfait à ces exigences (tableau 11).

Suite à l'application du fénitrothion, 28 de ces 38 oiseaux ont été revus ou capturés au moins une fois entre le 18 juin et le 19 juillet; 68% de ces contacts se faisant entre le 18 et le 21 juin. La disparition de dix individus peut s'expliquer par une des raisons suivantes:

- les oiseaux ont quitté la région avant même ou immédiatement après l'application d'insecticide;
- les oiseaux ont définitivement cessé de chanter avant même ou immédiatement après l'application d'insecticide réduisant ainsi les chances d'être observés;
- les oiseaux ont été victimes de prédation avant même ou immédiatement après l'application d'insecticide;
- les oiseaux sont morts suite à l'application d'insecticide.

Rien ne nous permet vraiment de croire que l'insecticide est la raison première de ces disparitions. L'analyse des résultats se complique d'autant que nous avons perdu contact avec huit de ces dix oiseaux plusieurs jours avant l'arrosage. Le problème consiste dès lors à déterminer le nombre de jours suffisants avant la pulvérisation pour conclure qu'un oiseau n'est plus présent dans le secteur. Pour ce faire, nous avons

calculé, à l'aide du tableau 11, un rendement spécifique. Le rendement, exprimé en pourcentage, donne la chance qu'avait à la fois l'observateur et le filet de noter quotidiennement un oiseau par un contact quelconque avant le 18 juin. En considérant par exemple que le rendement spécifique moyen du Pinson à gorge blanche était de 30%, on peut supposer qu'il fallait huit jours à un observateur et au filet pour avoir 95% de chance de faire contact avec l'oiseau. Ainsi, le Pinson à gorge blanche 4 n'ayant pas été vu ou capturé au filet en dépit de 13 jours d'opération, on peut supposer qu'il n'était plus dans la zone d'étude au moment de la pulvérisation et de ce fait l'éliminer de notre compilation. C'est en gardant en mémoire ce même raisonnement que nous avons employé le rendement spécifique d'autres espèces (tableau 12).

Les individus pour lesquels le contact a été perdu durant plusieurs jours avant l'application du fénitrothion sont: Pinson à gorge blanche 4 et 7, Fauvette obscure 3, 4 et 5, Fauvette tigrée 1, Fauvette à tête cendrée 2 et 5. Seuls en fait parmi ces huit oiseaux, le Pinson à gorge blanche 7, les Fauvette obscure 4 et 5 auraient dû normalement se trouver dans la région. Leur disparition dans les jours suivant la pulvérisation au fénitrothion de même que celle de la Fauvette tigrée 3 et de la Fauvette à croupion jaune 2 pourrait peut-être être attribuable à l'effet direct (mortalité) ou indirect (prédation, désertion du territoire) du fénitrothion. En pourcentage, ces pertes de contact représentent 13,1% ($5 \div 39 \times 100$) de la population suivie. Même en supposant que notre façon d'analyser les résultats n'est pas valable et que la disparition des dix individus précédemment cités est vraiment imputable au seul effet de l'insecticide, (ce que nous ne pouvons affirmer) on constate que l'impact à très court terme (3 ou 4 jours) s'établit à 25% ($10 \div 38 \times 100$) et ce en dépit des doses excessivement élevées de fénitrothion. Il est aussi possible que les individus qui n'ont été notés que dans les 3 ou 4 jours après la pulvérisation d'insecticide sans être jamais revus ou repris par la suite aient subi un impact. Parmi ces individus on note: le Pinson à gorge blanche 5, le Roitelet à couronne rubis, la Fauvette obscure 2 et 6 et la Fauvette bleue à gorge noire. Si on admet cette possibilité, l'impact maximum

TABLEAU 12. Rendement spécifique de certaines espèces tel que calculé à l'aide de nos données de marquage et d'observation.

Espèce	Rendement ^{**} spécifique (%)	Nombre de jours requis pour avoir 95% de chance de faire contact avec l'oiseau
Fauvette à tête cendrée	46	5
Fauvette tigrée	35	7
Pinson à gorge blanche	30	8
Fauvette obscure	28	8

* Ces données apparaissent au tableau 11.

** Nombre de jours de contact (filet ou observation) avec les oiseaux d'une espèce

Nombre de jours de recensement

X 100

à plus long terme (au-delà de 4 jours) atteindrait cette fois 39%
($15 \div 38 \times 100$).

A noter enfin que la Fauvette tigrée 3 et la Fauvette obscure 6 disparues respectivement 1 et 2 jours après l'arrosage ont été remplacées par des individus de la même espèce. Ces derniers ont occupé exactement le même territoire que leur prédécesseur ce qui pourrait confirmer l'idée d'un impact quelconque sur l'occupant original.

5.5 Méthode de la ligne

Une analyse de variance a permis de constater que la météo influençait la récolte de données; les oiseaux recensés étant effectivement significativement moins nombreux tant en 1977 ($F_s=4,31$, $p < 0,05$) qu'en 1978 ($F_s=7,18$, $p < 0,01$) lorsque les conditions météorologiques sur l'échelle de Beaufort indiquaient vent 3 ou 4 ou précipitations (8) comparativement à vent 0, 1, 2 et absence de précipitations. Ce faisant, nous avons exclu de notre compilation toutes données récoltées avec un vent 3 ou 4 ou lorsque des précipitations prévalaient. Le nombre d'inventaires satisfaisant à ces exigences après le premier arrosage au phosphamidon étant insuffisant, nous n'avons pu estimer ses effets avec la méthode de la ligne. Nous discuterons dans les lignes qui suivent que des seuls résultats obtenus après le deuxième arrosage au phosphamidon.

Une analyse de variance à deux dimensions a aussi été effectuée. Elle a permis de savoir si les oiseaux présents dans le bloc expérimental s'étaient comportés d'une façon semblable à ceux du témoin après l'application des insecticides; une baisse significative dans l'activité de chant pouvant être interprétée comme le résultat d'un impact du produit pulvérisé.

5.5.1 Arrosages au phosphamidon

- Effet sur l'ensemble de la population

Avant le premier arrosage au phosphamidon le 4 juin, le nombre moyen d'oiseaux recensés quotidiennement le long de chaque transect dans

le bloc expérimental n'était pas significativement différent de celui recensé dans le bloc témoin, soit 54,1 vs 51,6 ($T_s=0,72$, $dI=24$, $p > 0,05$).

Dans les 13 jours (11 au 23 juin) qui ont suivi la deuxième application de phosphamidon, une diminution moyenne de 23,8% dans l'activité de chant des oiseaux a été notée dans le bloc expérimental (tableau 13). Etant donné qu'une baisse encore plus accentuée (25,8%) a été enregistrée au niveau du bloc témoin, il nous est dès lors impossible de relier la baisse perçue à l'effet du phosphamidon.

Deux facteurs sont susceptibles d'expliquer le fait que des arrosages au phosphamidon n'ont pas semblé affecter le comportement des oiseaux; d'une part, certains oiseaux ont pu récupérer assez rapidement (3-4 jours) des effets du phosphamidon tel que semblent l'indiquer nos études comportementales et d'autre part, il est fort possible qu'il se soit produit une invasion de nouveaux individus. Ces derniers en provenance des zones non arrosées ont pu facilement remplacer les individus trop faibles ou éliminés par l'insecticide. Le remplacement rapide pourrait être imputable au fait que le bloc arrosé occupait une faible superficie (≈ 400 hectares). Plusieurs auteurs mentionnent d'ailleurs la présence de ce qu'on appelle "une population flottante" composée en partie comme le définit Williamson (1964) par:

- des mâles occasionnels en provenance de territoires adjacents;
- des mâles errants non accouplés;
- des mâles errants qui se reproduisent mais dans une zone avoisinante.

Tous ces individus auraient été susceptibles d'envahir les territoires laissés vacants. L'expérience de Stewart et Aldrich (1951) et de Hensley et Cope (1951) qui ont tenté d'éliminer systématiquement des oiseaux au fusil dans des forêts conifériennes du Maine, ont d'ailleurs démontré ce phénomène de remplacement. Les études de Lack (1946) sur le Merle noir indiquent de plus que le remplacement peut être très rapide, souvent en moins de 24 heures.

TABLEAU 13. Nombre moyen d'oiseaux observés par transect dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977.

Période	Témoin	Expérimental
Avant	51,6	54,1
Après	38,3	41,2
% de changement	-25,8	-23,8

	dl	Ms	Fs	p
Interaction parcelle-période	1	29,8	0,34	> 0,05

- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique

Plusieurs auteurs rapportent dans la littérature que les espèces qui s'alimentent de préférence dans la partie supérieure de la strate arborescente sont plus susceptibles aux insecticides que celles présentes au niveau du sol (Buckner et Sarrazin, 1975; Moulding, 1976; Pearce, 1977; Pearce *et al.*, 1979). Dans le but de vérifier cette assertion, nous avons réparti nos espèces selon les trois groupes distincts suivants: espèces de cime, espèces de milieu arbustif, espèces de sol (annexe VII).

Durant la période du 11 au 23 juin, aucune différence significative dans l'activité de chant des espèces de cime, d'arbuste et de sol présentes dans le bloc expérimental, n'a été notée par rapport au témoin (tableau 14). A court terme, soit dans les trois jours suivant la deuxième application de phosphamidon, on observe cependant une baisse significative ($F_s=17,2$, $dl=1$, $p < 0,01$) dans l'activité de chant des espèces fréquentant la cime des arbres. En pourcentage cette baisse d'activité par rapport au témoin a été évaluée à 39%.

Le fait que les oiseaux présents à la cime des arbres aient semblé affectés davantage à court terme que ceux des milieux arbustifs et de ceux présents au sol pourrait s'expliquer par la présence de concentrations plus élevées d'insecticide à ce niveau. Bien que nous n'ayons pas de données en 1977 pour confirmer ce fait, les informations récoltées en 1978 avec le fénitrothion indiquent qu'effectivement les concentrations d'insecticide sur le feuillage prélevé en bordure des routes (à peu près l'équivalent de ce qui atteint la cime des arbres) était d'environ quatre fois plus élevées que celles du feuillage en sous-bois. Ces résultats sont en accord avec les études de Moulding (1976) sur le Sevin; avec ce produit, la pénétration maximale atteignant le sol ne représentait que 25% de la quantité émise à partir de l'avion.

TABLEAU 14. Nombre moyen d'oiseaux observés par transect et selon leur niche écologique dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977.

Période	Espèce de cime		Espèce d'arbustes		Espèce de sol	
	Témoin	Exp.	Témoin	Exp.	Témoin	Exp.
Avant	7,9	12,8	20,2	18,1	14,6	12,0
Après	5,9	7,5	12,4	12,8	12,9	11,2
% de changement	-25,3	-41,4	-38,6	-29,2	-11,6	- 6,7

	dl	Ms	Fs	p	dl	Ms	Fs	p	dl	Ms	Fs	p
Interaction parcelle-période	1	50,8	3,2	> 0,05	1	22,1	0,9	> 0,05	1	0,61	0,04	> 0,05

- Effets sur les espèces d'oiseaux

Dix-sept espèces d'oiseaux ont été retenues pour fins d'analyse sur la base qu'elles étaient à la fois les plus abondantes et communes aux deux blocs suivis. Avant les arrosages, l'abondance de certaines espèces différaient d'un bloc à l'autre. Les espèces pour lesquelles les différences étaient significatives sont: le Viréo aux yeux rouges (Ts=3,94, dl=24, $p < 0,001$), la Fauvette obscure (Ts=5,06, dl=24, $p < 0,001$), la Fauvette à joues grises (Ts=4,57, dl=24, $p < 0,001$), la Fauvette tigrée (Ts=5,16, dl=24, $p < 0,001$), la Fauvette à croupion jaune (Ts=4,29, dl=24, $p < 0,001$), la Fauvette à poitrine baie (Ts=2,93, dl=24, $p < 0,01$), la Fauvette des ruisseaux (Ts=2,09, dl=24, $p < 0,05$), le Gros-bec à poitrine rose (Ts=3,77, dl=24, $p < 0,001$) et le Junco ardoisé (Ts=2,99, dl=24, $p < 0,001$).

Les différences peuvent s'expliquer en partie par la plus grande abondance de conifères et de tordeuses du bourgeon de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans le bloc expérimental. Il est généralement accepté par divers auteurs que certaines espèces d'oiseaux peuvent localement augmenter très substantiellement leurs effectifs lors d'épidémies de tordeuses (Kendeigh, 1947; Morris *et al.*, 1958; Blais et Parks, 1964; Moulding, 1976; Gage et Miller, 1978). Ainsi en serait-il des espèces suivantes: la Fauvette obscure, la Fauvette tigrée et la Fauvette à poitrine baie. D'autre part, les densités plus élevées des espèces comme le Viréo aux yeux rouges, la Fauvette à joues grises et le Gros-bec à poitrine rose notées dans le témoin seraient imputables à la présence d'un plus grand nombre de feuillus dans ce bloc comparativement au bloc arrosé (tableau 1); ces espèces étant davantage associées aux habitats décidus ou mixtes qu'aux habitats conifériens (Kendeigh, 1947; Bent, 1963; Godfrey, 1967).

Suite aux deux arrosages successifs au phosphamidon, seules parmi les 17 espèces suivies, le Roitelet à couronne rubis, la Fauvette des ruisseaux, la Fauvette tigrée et la Fauvette à croupion jaune ont démontré des baisses significatives par rapport au témoin (tableau 15).

TABLEAU 15. Nombre moyen d'oiseaux observés dans le bloc expérimental et dans le bloc témoin avant et après les arrosages du phosphamidon en 1977 pour les espèces les plus représentatives.

Espèce	Témoin		Expérim.		% de chang.		Interaction parcelle-période			
	Av.	Ap.	Av.	Ap.	Tem.	Exp.				
Moucherolle à ventre jaune	0,60	0,45	1,36	1,16	-25	-15	d1=1	Ms=0,1	Fs=0,1	p > 0,05
Merle d'Amérique	1,13	0,77	0,82	0,94	-32	+13	d1=1	Ms=0,9	Fs=1,1	p > 0,05
Roitelet à couronne rubis	1,20	0,64	2,00	0,22	-47	-89	d1=1	Ms=5,7	Fs=6,3	p < 0,05
Viréo aux yeux rouges	2,20	2,00	0,18	0,00	-9	-100	d1=1	Ms=0,4	Fs=0,3	p > 0,05
Fauvette obscure	2,50	0,22	6,60	3,40	-91	-48	d1=1	Ms=1,3	Fs=4,07	p > 0,05
Fauvette à joues grises	4,80	2,10	1,27	2,94	-56	+131	d1=1	Ms=73,6	Fs=23,6	p < 0,01
Fauvette à tête cendrée	4,30	2,36	2,54	2,41	-45	-5	d1=1	Ms=12,5	Fs=2,8	p > 0,05
Fauvette tigrée	1,53	1,27	5,27	2,80	-17	-47	d1=1	Ms=20,7	Fs=6,9	p < 0,05
Fauvette à croupion jaune	0,27	0,27	1,45	0,38	0	-74	d1=1	Ms=4,6	Fs=12,7	p < 0,01
Fauvette à gorge orangée	1,40	1,00	1,80	1,70	-29	-6	d1=1	Ms=0,48	Fs=0,25	p > 0,05
Fauvette à poitrine baie	0,46	0,14	3,00	1,38	-70	-54	d1=1	Ms=7,6	Fs=3,6	p > 0,05
Fauvette couronnée	4,13	3,54	2,27	2,16	-14	-5	d1=1	Ms=0,4	Fs=0,07	p > 0,05
Fauvette des ruisseaux	0,27	0,50	0,82	0,11	+85	-84	d1=1	Ms=3,42	Fs=7,6	p < 0,01
Fauvette du Canada	2,20	1,50	1,30	0,61	-321	-53	d1=1	Ms=0,75	Fs=0,5	p > 0,05
Gros-bec à poitrine rose	1,53	0,63	0,54	0,11	-58	-79	d1=1	Ms=0,39	Fs=1,0	p > 0,05
Junco ardoisé	0,53	0,64	1,45	2,10	+20	+45	d1=1	Ms=1,01	Fs=0,98	p > 0,05
Pinson à gorge blanche	6,90	4,90	4,20	2,80	-29	-33	d1=1	Ms=2,1	Fs=0,4	p > 0,05

5.5.2 Arrosages au fénitrothion

- Effet sur l'ensemble de la population

Une baisse moyenne de 10,4% dans l'activité des oiseaux a été observée sur l'ensemble de la population durant une période de 13 jours (18 au 29 juin) suivant la perturbation expérimentale. Le témoin ayant démontré pour la même période une baisse d'activité à peu près similaire (11,9%), la méthode de la ligne ne peut relier ce comportement à l'effet du produit pulvérisé (tableau 16). A nouveau, nous devons souligner la récupération et/ou le remplacement rapide des individus perturbés.

- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique

Entre le 18 et le 29 juin, des baisses moyennes d'activité de 9,2% et 12% ont été respectivement perçues chez les oiseaux de cime et les espèces au sol du bloc expérimental par rapport à celui du témoin (tableau 17). Pour la même période, aucun effet n'a été perçu chez les espèces de milieux arbustifs. Les baisses enregistrées ne sont toutefois pas significatives. Même à court terme (2 jours d'inventaire le 19 et le 21 juin), aucune différence significative chez les espèces de cime et de sol n'est notable.

Le fait que le fénitrothion semble avoir engendré des perturbations moins violentes que le phosphamidon chez les espèces s'alimentant au faite des arbres en dépit d'une dose plus élevée, est à souligner. Les études effectuées au Nouveau-Brunswick sont d'ailleurs arrivées aux mêmes constatations (Fowle, 1966; Pearce, 1968). L'arrosage au fénitrothion ayant été effectué en soirée contrairement au phosphamidon pourrait avoir minimisé ses effets néfastes. Fowle (1965) et Pearce (1977) mentionnent que les arrosages effectués en fin de journée semblent moins nocifs aux oiseaux forestiers dû au fait que leurs activités étant naturellement réduites, les possibilités de contact avec l'insecticide présent sur le feuillage sont minimisées d'autant.

TABLEAU 16. Nombre moyen d'oiseaux observés par transect dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.

Période	Témoin	Expérimental
Avant	38,4	51,6
Après	33,8	46,2
% de changement	-11,9	-10,4

	d1	Ms	Fs	p
Interaction parcelle-période	1	-6,2	0,06	> 0,05

TABLEAU 17. Nombre moyen d'oiseaux observés par transect et selon leur niche écologique dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.

Période	Espèce de cime		Espèce d'arbustes		Espèce de sol	
	Témoin	Exp.	Témoin	Exp.	Témoin	Exp.
Avant	6,6	11,8	12,9	20,7	13,1	13,2
Après	6,4	10,3	10,2	16,3	12,7	14,4
% de changement	-3,3	-12,5	-20,8	-21,3	- 3,1	+ 8,9

	dl	Ms	Fs	p	dl	Ms	Fs	p	dl	Ms	Fs	p
Interaction parcelle-période	1	-0,47	0,04	> 0,05	1	-12,6	0,6	> 0,05	1	11,8	0,7	> 0,05

- Effet sur les espèces d'oiseaux

Pour la période de recensement comprise entre le 18 et le 29 juin, la méthode de la ligne ne peut absolument rien dire sur les effets possibles du fénitrothion sur les espèces d'oiseaux, aucune des baisses perçues n'étant significative (tableau 18).

5.6 Méthode de la grille

Pour que les données récoltées dans le bloc témoin puissent être comparables à celles du bloc expérimental, nous nous sommes assurés tant en 1977 qu'en 1978:

1. que le nombre de jours d'inventaires soit le même dans les deux cas;
2. que le nombre d'inventaires effectués dans des conditions météorologiques moins clémentes (vent 3 ou 4 sur l'échelle de Beaufort) soit essentiellement les mêmes durant les périodes post-arrosages.

5.6.1 Arrosage faible au phosphamidon

- Effet sur l'ensemble de la population

Une baisse de 31,3% dans le nombre de territoires a été notée suite au premier arrosage au phosphamidon. Des baisses similaires (39,7%) ont aussi enregistrées dans le témoin pour la même période (tableau 19). Les conditions climatiques défavorables qui ont caractérisé la région à l'étude durant les cinq jours post-arrosage ont probablement occasionné la totalité des baisses rapportées pour le témoin. Elles ont malheureusement par la même occasion causé des interférences telles qu'il devient dès lors impossible de dire si l'absence de certains territoires dans l'expérimental est imputable à l'insecticide, aux intempéries ou à l'effet des deux facteurs combinés.

TABLEAU 18. Nombre moyen d'oiseaux observés dans le bloc expérimental et le bloc témoin avant et après l'arrosage au fénitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir pour les espèces les plus représentatives.

Espèce	Témoin		Expérim.		% de chang.		Interaction parcelle-période			
	Av.	Ap.	Av.	Ap.	Tem.	Exp.				
Merle d'Amérique	0,41	0,94	0,50	0,66	+129	+32	d1=1	Ms=0,57	Fs=1,1	p > 0,05
Grive à dos olive	0,88	0,78	2,10	2,70	- 11	+28	d1=1	Ms=3,0	Fs=1,2	p > 0,05
Roitelet à couronne rubis	0,58	0,37	1,94	1,0	- 36	- 48	d1=1	Ms=1,76	Fs=2,4	p > 0,05
Fauvette obscure	2,11	0,37	5,89	2,44	- 82	- 58	d1=1	Ms=5,16	Fs=1,4	p > 0,05
Fauvette à joues grises	1,88	3,27	1,52	4,22	+ 73	-177	d1=1	Ms=8,14	Fs=3,0	p > 0,05
Fauvette à tête cendrée	2,47	2,94	2,94	2,44	+ 19	+ 17	d1=1	Ms=4,28	Fs=1,8	p > 0,05
Fauvette tigrée	1,35	1,16	5,72	3,72	- 14	- 34	d1=1	Ms=11,7	Fs=2,5	p > 0,05
Fauvette bleue à gorge noire	1,35	1,21	0,44	0,00	- 10	- 100	d1=1	Ms=0,7	Fs=0,9	p > 0,05
Fauvette à gorge orangée	1,58	1,26	1,38	1,44	- 20	+ 4	d1=1	Ms=0,65	Fs=0,8	p > 0,05
Fauvette couronnée	4,52	3,42	2,00	2,27	- 24	+ 13	d1=1	Ms=9,3	Fs=2,3	p > 0,05
Fauvette du Canada	1,23	0,94	1,55	0,66	- 23	- 57	d1=1	Ms=1,61	Fs=1,8	p > 0,05
Junco ardoisé	0,41	0,37	1,66	1,61	- 9	- 3	d1=1	Ms=0,08	Fs=0,08	p > 0,05
Pinson à gorge blanche	4,23	5,16	5,55	5,33	+ 22	- 3	d1=1	Ms 6,1	Fs 0,7	p > 0,05

TABLEAU 19. Nombre total de territoires d'oiseaux forestiers dans le bloc expérimental et dans le bloc témoin avant et après les applications de phosphamidon en 1977.

	Phosphamidon (0,44 kg/ha)						Phosphamidon (1,12 kg/ha)					
	4 juin 1977				% de changement		10 juin 1977				% de changement	
	Témoin		Expérim.		Témoin	Expérim.	Témoin		Expérim.		Témoin	Expérim.
	Avant	Après	Avant	Après			Avant	Après	Avant	Après		
Gélinotte huppée	3	1	2	0	- 66	-100	1	0	0	0	-100	0
Bécassine des marais	2	0	1	0	-100	-100	0	1	0	0	+ ∞	0
Pic flamboyant	2	1	1	0	- 50	-100	1	1	0	1	0	+ ∞
Pic maculé	3	3	3	0	0	-100	3	2	0	1	- 33	+ ∞
Moucherolle à ventre j.	1	1	5	5	0	0	1	1	5	4	0	- 20
Geai gris	1	1	2	1	0	- 50	1	1	1	2	0	+100
Mésange à tête brune	1	0	4	2	-100	- 50	0	1	2	3	+ ∞	+ 50
Sittelle à p. rousse	6	2	3	1	- 66	- 66	2	5	1	3	+150	+200
Troglodyte des forêts	2	0	2	1	-100	- 50	0	1	1	0	+ ∞	-100
Merle d'Amérique	4	4	3	2	0	- 33	4	4	2	3	0	+ 50
Grive à dos olive	1	1	10	9	0	- 10	1	1	9	10	0	+ 11
Grive solitaire	7	2	3	2	- 71	- 33	2	4	2	3	+100	+ 50
Roitelet à cour. rubis	6	2	5	1	- 66	- 80	2	2	1	0	0	-100
Viréo à tête bleue	1	0	4	1	-100	- 75	0	0	1	1	0	0
Fauvette obscure	6	4	25	19	- 33	- 24	4	5	19	15	+ 25	- 21
Fauvette à joues grises	12	8	7	7	- 33	0	8	7	7	7	- 13	0
Fauvette à croupion j.	7	1	5	2	- 86	- 60	1	5	2	1	+400	- 50 ¹
Fauvette à tête cendrée	7	5	10	8	- 29	- 20	5	8	8	9	+ 60	+ 13
Fauvette tigrée	10	7	11	8	- 30	- 27	7	9	8	6	+ 29	- 25
Fauvette bleue à g. n.	8	4	1	1	- 50	0	4	7	1	1	+ 75	0
Fauvette verte à g. n.	5	4	2	2	- 20	0	4	7	2	1	+ 75	- 50
Fauvette à gorge orang.	4	4	6	5	0	- 17	4	4	5	4	0	- 20
Fauvette à p. baie	1	0	11	8	-100	- 27	0	0	8	11	0	+ 38
Fauvette des ruisseaux	4	0	2	2	-100	0	0	3	2	1	+ ∞	- 50 ²
Fauvette couronnée	22	18	5	5	- 18	0	18	23	5	5	+ 28	0
Fauvette masquée	3	2	2	1	- 33	- 50	2	3	1	2	+ 50	+100 ³
Fauvette du Canada	4	4	3	1	0	- 66	4	3	1	3	- 25	+200
Junco ardoisé	2	1	10	7	- 50	- 30	1	2	7	10	+100	+ 43
Pinson à gorge blanche	21	16	11	9	- 24	- 18	16	17	9	8	+ 6	- 11
Roselin pourpré	4	0	6	3	-100	- 50	0	1	3	5	+100	+ 66
Pinson familier	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	-100	-100
TOTAL DES TERRITOIRES	161	97	166	114	- 39,7	- 31,3	97	128	114	120	+ 32,0	+ 5,3 ⁴
TOTAL DES ESPECES	31	24	31	27	- 22,6	- 12,9	24	27	27	26	+ 12,5	- 3,7

1 $\chi^2=8,1$ dl=1 p < 0,005

2 $\chi^2=4,17$ dl=1 p < 0,05

3 $\chi^2=6,75$ dl=1 p < 0,01

4 $\chi^2=6,16$ dl=1 p < 0,025

- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique

En dépit des baisses plus accentuées suite à l'arrosage dans le nombre de territoires des espèces occupant préférentiellement la cime des arbres (39%) comparativement aux espèces présentes au niveau de la strate arbustive (22%) ou au niveau du sol (23%) (tableau 20), aucune relation ne peut être faite avec la présence du phosphamidon dans le milieu. En effet, pour une période similaire, ces données ne diffèrent pas significativement de celles enregistrées au niveau du bloc témoin.

- Effet sur les espèces d'oiseaux

Dans les cinq jours post-arrosage au phosphamidon, 10 des 31 espèces suivies dans le bloc expérimental ont démontré des baisses plus importantes dans le nombre de leur territoire comparativement au bloc témoin (tableau 19).

Par contre, 17 espèces du témoin présentaient pour une période identique le même phénomène comparativement au bloc arrosé. Ce faisant, aucune conclusion sur les effets de l'insecticide sur les espèces présentes ne peut être tirée d'autant plus qu'aucune des baisses notées n'était significative.

5.6.2 Arrosage fort au phosphamidon

- Effet sur l'ensemble de la population

Une augmentation de 5,3% dans le nombre de territoires du bloc expérimental a suivi la seconde application de phosphamidon le 10 juin. Au même moment (11 au 23 juin), le bloc témoin accusait une hausse de 32% (tableau 19). Ces augmentations dans le nombre de territoires recensés découlent probablement d'une reprise d'activités suite aux meilleures conditions météorologiques qui ont suivi ce second arrosage. Le fait que l'augmentation ait été significativement moins importante dans le bloc

TABLEAU 20. Nombre d'oiseaux territoriaux observés selon leur niche écologique avant et après les applications d'insecticides.

Niche	Témoïn		Expérimental		% de changement		Insecticide
	Avant	Après	Avant	Après	Témoïn	Expér.	
Espèces de cime	34	18	44	27	-47	-39	Phosphamidon Faible (0,44 kg/ha) 4 juin 1977
Espèces de mi-lieux arbustifs	41	29	49	38	-29	-22	
Espèces présentes au sol	59	38	43	33	-36	-23	
Espèces de cime	18	27	27	24	+50	-11*	Phosphamidon Fort (1,12 kg/ha) 10 juin 1977
Espèces de mi-lieux arbustifs	29	34	38	38	+17	0	
Espèces présentes au sol	38	51	33	37	+34	+12	
Espèces de cime	36	36	43	39	0	-9	Fenitrothion (1,40 kg/ha) 17 juin 1978
Espèces de mi-lieux arbustifs	21	19	37	24	-10	-35	
Espèces présentes au sol	39	36	22	21	-8	-5	

* $\chi^2=6,72$ dl=1 p < 0,01

arrosé comparativement au bloc non arrosé laisserait croire à un impact dû à l'insecticide.

La figure 6 révèle que les pertes de contact avec des mâles territoriaux se sont faits sentir principalement durant les quatre premiers jours après l'application du phosphamidon. A la cinquième journée, le pourcentage de détection des mâles territoriaux revenait approximativement au niveau d'avant le premier arrosage au phosphamidon pour subir à nouveau un déclin inexplicable dans un des trois jours de recensements subséquents.

- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique

Le tableau 20 indique que suite à ce deuxième arrosage au phosphamidon non seulement les espèces présentes à la cime des arbres mais aussi celles des milieux arbustifs et du niveau du sol ont enregistré des baisses d'activités. Toutefois, les espèces de cime ont subi des diminutions approximativement trois fois plus importantes que celles occupant les deux autres niveaux. Les baisses d'activités respectives enregistrées par rapport au témoin pour ces trois groupes d'oiseaux ont été de 61%, 17% et 22%. A noter que seule la baisse des espèces de cime est significativement différente du témoin.

- Effet sur les espèces d'oiseaux

Environ 60% (18 ÷ 31) des espèces ont démontré des baisses d'activité comparativement au témoin (tableau 19). Seules les baisses de la Fauvette à croupion jaune et de la Fauvette des ruisseaux sont significatives. Le fait que 40% d'entre elles n'aient pas connu de telles baisses en dépit des doses excessivement élevées de phosphamidon pourrait s'expliquer de façons suivantes:

1. les espèces sont assez résistantes pour supporter des doses massives de phosphamidon et leur habitat forestier leur offre une meilleure protection. Tel pourrait être le cas de la Grive à dos olive et de la Fauvette couronnée;

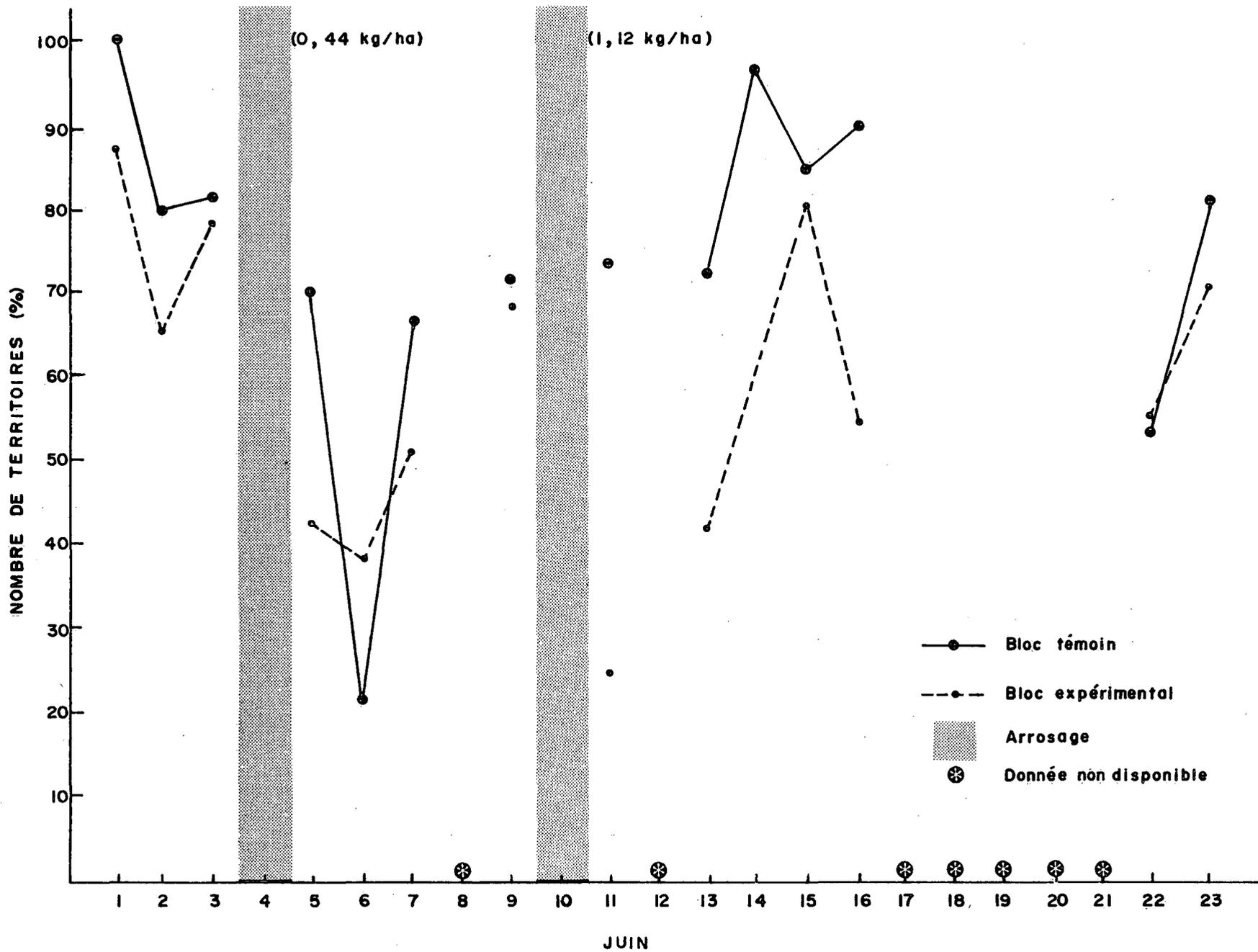


Figure 6. Pourcentage de détection des mâles territoriaux dans le bloc expérimental et dans le bloc témoin avant et après les arrosages au phosphamidon en 1977 (méthode de la grille).

2. les espèces ne sont représentées que par un petit nombre d'individus d'une part et elles sont d'autre part inconsistantes et difficiles à recenser. On retrouverait ici la Gélinotte huppée, le Pic flamboyant, le Pic maculé, le Geai gris et la Sittelle à poitrine rousse;
3. les individus territoriaux de certaines espèces sont tout simplement remplacés lorsque éliminés ou affaiblis par un insecticide. Cette possibilité de remplacement a d'ailleurs été rapportée dans la littérature par Stewart et Aldrich (1951) et Hensley et Cope (1951) tel que mentionné précédemment (voir méthode de la ligne). Le fait que notre bloc d'arrosage ait été de petite superficie (405 ha), aurait pu accentuer ce phénomène. Les individus qui auraient été soumis au remplacement sont toutefois difficiles à faire ressortir (figure 5). On devrait normalement s'attendre à ce que les migrateurs tardifs soient davantage sujets à ce phénomène que les migrateurs hâtifs. Le nombre de remplaçants potentiels dans ce dernier cas devrait en effet être moins élevé parce que leur migration au 10 juin (date de l'arrosage) est complétée. Si tel était le cas, l'impact sur les migrateurs hâtifs devrait alors être plus visible.

Pour vérifier cette dernière hypothèse, nous avons divisé nos espèces en trois groupes selon la date de leur première arrivée dans la région à l'étude tel que notée à l'intérieur des parcelles suivies avec la méthode de la grille. En se référant au tableau (21), il s'avère qu'effectivement un plus grand nombre d'espèces classées comme migrateurs hâtifs ont semblé être affectés par l'insecticide, soit 90% d'entre elles comparativement à seulement 60% et 57% pour les deux autres groupes respectifs. Cela pourrait donc être une explication au fait qu'il nous a été impossible de noter une diminution d'activité (significative ou non) avec la méthode de la grille chez les Fauvettes du Canada, masquée, à poitrine baie et à joues grises présentes dans le bloc arrosé.

TABLEAU 21. Chronologie de migration des espèces dans le bloc expérimental et fluctuation dans le nombre de territoires avant et après l'application du phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977.

Chronologie de migration	Espèce	Nb. de territoires				% de changement	
		Témoin Av.	Témoin Ap.	Expérim. Av.	Expérim. Ap.	Tem.	Exp.
Migrateurs hâtifs (première arrivée entre le 5 et le 11 mai 1977)	Troglodyte des forêts	0	1	1	0	+ ∞	-100 ^x
	Grive solitaire	2	4	2	3	+100	+ 50 ^x
	Roitelet à couronne rubis	2	2	1	0	0	-100 ^x
	Fauvette à croupion jaune	1	5	2	1	0	-100 ^x
	Junco ardoisé	1	2	7	10	+100	+ 43 ^x
	Pinson à gorge blanche	16	17	9	8	+ 6	- 11 ^x
	Roselin pourpré	0	1	3	5	+ ∞	+ 66 ^x
	Pinson familier	1	0	1	0	-100	-100
Migrateurs "inter- médiaires" (première arrivée entre le 11 et le 16 mai 1977)	Viréo à tête bleue	0	0	1	1	0	0
	Fauvette tigrée	7	9	8	6	+ 29	- 25 ^x
	Fauvette à joues grises	8	7	7	7	- 13	0
	Fauvette verte à gorge noire	4	7	2	1	+ 75	- 50 ^x
	Fauvette des ruisseaux	0	3	2	1	+ ∞	- 50 ^x
Migrateurs tardifs (première arrivée entre le 17 et le 22 mai 1977)	Moucherolle à ventre jaune	1	1	5	4	0	- 20 ^x
	Fauvette obscure	4	5	19	15	+ 25	- 21
	Fauvette à tête cendrée	5	8	8	9	+ 60	+ 13 ^x
	Fauvette bleue à gorge noire	4	7	1	1	+ 75	0 ^x
	Fauvette à poitrine baie	0	0	8	11	0	+ 38
	Fauvette masquée	2	3	1	2	+ 50	+100
	Fauvette du Canada	4	3	1	3	- 25	+200

^x Impact possible

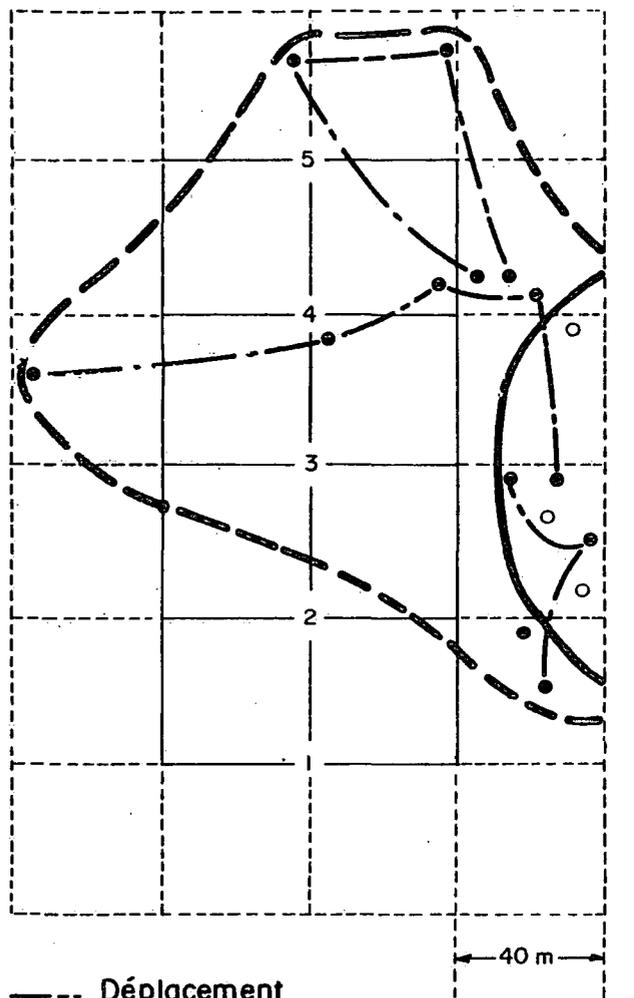
D'après Stewart et Aldrich (1951) et Hensley et Cope (1951), il est possible de percevoir le remplacement d'oiseaux territoriaux par le fait que le nouvel arrivant présente un comportement qui diffère sensiblement de celui déjà établi depuis plusieurs jours; chant plus fort, plus fréquent et activité plus fébrile à l'intérieur du territoire. Dans le cas qui nous concerne, il nous a été loisible de noter le même phénomène chez certaines espèces. Les cartes de territoires qui apparaissent en figure 7 montrent en effet que quelques individus se déplaçaient beaucoup plus fréquemment à l'intérieur de leur territoire après l'arrosage qu'avant l'arrosage. Quant à savoir si ce comportement peut être relié à un remplacement quelconque, d'autres questions devront être élucidées avant qu'on puisse donner une réponse affirmative; la diminution du nombre d'insectes par exemple, aurait pu provoquer des déplacements aussi nombreux chez les oiseaux territoriaux.

Enfin, les informations récoltées avec la méthode de la grille nous indiquent que nous avons pris significativement plus de temps en moyenne après l'arrosage au phosphamidon à faire un premier contact avec les oiseaux territoriaux du bloc expérimental comparativement au bloc témoin, soit 3,1 jours vs 2,7 jours (tableau 22). Ceci est un autre indice qui nous laisse croire que fort probablement l'insecticide a entraîné un changement dans le comportement des oiseaux. Une diminution d'activité de chant dû à un affaiblissement de l'oiseau tel que perçu avec la méthode du comportement, ou encore suite à une recherche plus intensive de nourriture pourrait être envisagée pour expliquer ce résultat. Les espèces pour lesquelles ce retard dans la reprise d'activité de chant a été significative sont: la Fauvette à tête cendrée, la Fauvette tigrée et le Pinson à gorge blanche.

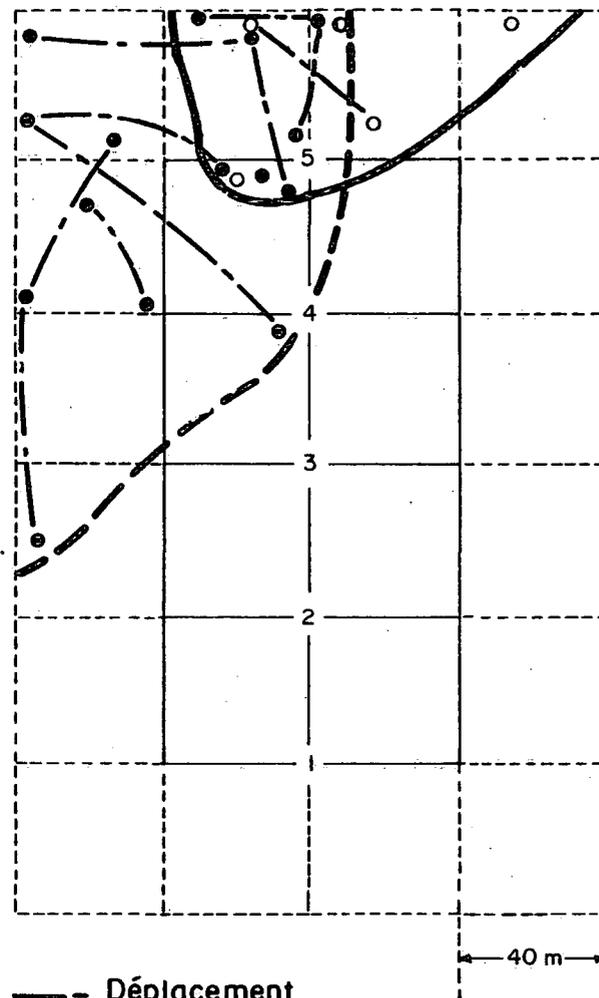
5.6.3 Arrosage au fénitrothion

- Effet sur l'ensemble de la population

Dans les douze jours qui ont suivi l'arrosage au fénitrothion, on notait une baisse de 21,2% dans le nombre de territoires de l'expérimental



- Déplacement
- Site d'observation avant arrosage
- Site d'observation après arrosage
- Limite du territoire avant arrosage
- Limite du territoire après arrosage



- Déplacement
- Site d'observation avant arrosage
- Site d'observation après arrosage
- Limite du territoire avant arrosage
- Limite du territoire après arrosage

Figure 7. Exemples de modifications de territoires de deux Fauvettes à joues grises avant et après l'arrosage au phosphamidon (1,12 kg/ha) en 1977.

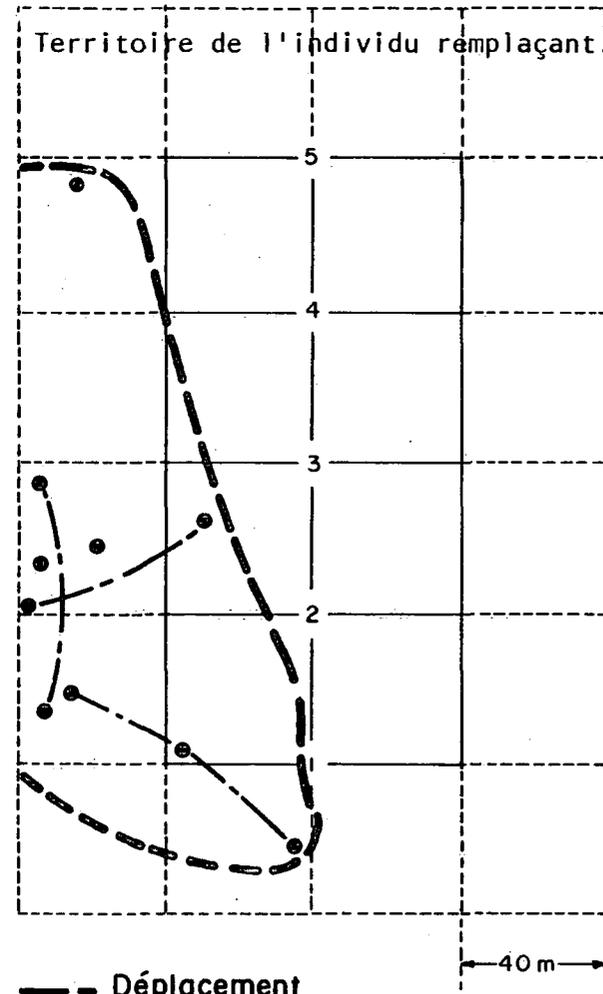
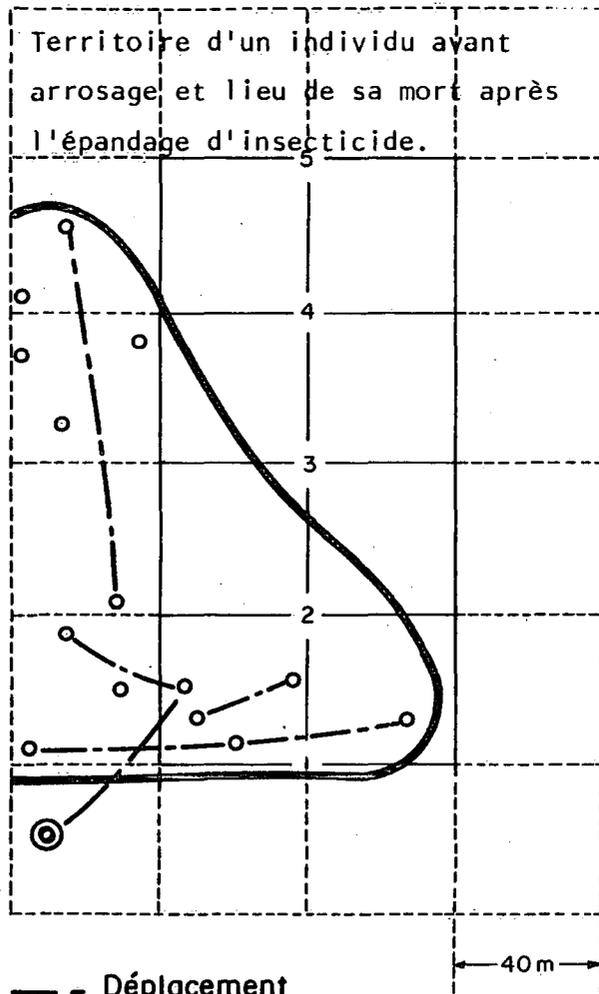


Figure 8. Exemple de remplacement d'une Fauvette du Canada mâle trouvée morte le matin de l'arrosage au phosphamidon (1,12 kg/ha) en 1977; remplacement qui normalement n'aurait pas été perçu avec la méthode de la grille.

TABLEAU 22. Nombre moyen de jours de recensements requis pour faire contact avec les individus territoriaux de différentes espèces suite à l'application du phosphamidon à forte dose (1,12 kg/ha) le 10 juin 1977.

Espèce	Témoin	Expérimental	Analyse statistique
Moucherolle à ventre jaune	1,0 ((1)	3,8 (5)	NS
Mésange à tête brune	6,0 (1)	6,0 (1)	NS
Sittelle à poitrine rousse	2,3 (5)	3,0 (2)	NS
Merle d'Amérique	2,5 (4)	2,3 (3)	NS
Grive à dos olive	1,0 (1)	1,8 (10)	NS
Grive solitaire	2,5 (4)	4,6 (5)	NS
Viréo aux yeux rouges	1,9 (13)	2,0 (1)	NS
Fauvette obscure	3,3 (4)	3,4 (15)	NS
Fauvette à joues grises	4,0 (8)	2,3 (7)	NS
Fauvette à croupion jaune	4,6 (5)	1,0 (1)	NS
Fauvette à tête cendrée	1,9 (8)	3,8 (9)	ts=2,58 dl=15 p < 0,025
Fauvette tigrée	1,5 (8)	4,2 (6)	ts=4,44 dl=12 p < 0,001
Fauvette bleue à gorge noire	2,4 (8)	2,0 (1)	NS
Fauvette verte à gorge noire	1,3 (6)	1,0 (1)	NS
Fauvette à gorge orangée	1,5 (4)	1,9 (7)	NS
Fauvette des ruisseaux	4,0 (3)	2,0 (1)	NS
Fauvette couronnée	1,8 (23)	2,4 (5)	NS
Fauvette masquée	4,0 (3)	5,5 (2)	NS
Fauvette du Canada	2,3 (3)	3,0 (3)	NS
Junco ardoisé	2,5 (2)	2,8 (10)	NS
Pinson à gorge blanche	2,0 (17)	3,4 (9)	ts=2,29 dl=24 p < 0,05
Roselin pourpré	3,0 (1)	3,2 (5)	NS
Gros-bec à poitrine rose	3,4 (8)	5,0 (2)	NS
MOYENNE	2,6 (140)	3,1 (111)	ts=3,28 dl=240 p < 0,005

() Nombre d'individus territoriaux considérés

NS Non significatif

comparativement à seulement 7,8% dans le bloc servant de témoin (tableau 23). Cette différence n'est toutefois pas significative. La baisse dans le nombre de territoires s'est faite sentir principalement le lendemain de l'arrosage alors qu'on perdait contact avec 30% des oiseaux considérés comme occupant un territoire. Les mauvaises conditions météorologiques qui ont prévalu durant cette journée (vent 3 et 4 sur l'échelle de Beaufort) pourraient expliquer ce résultat. Dans les jours subséquents, le nombre de territoires revenait approximativement au niveau d'avant arrosage dû principalement à la météo plus clémente.

- Effet sur les oiseaux selon leur niche écologique

A des doses de 1,40 kg/ha de fénitrothion, la méthode de la grille révèle que les baisses dans le nombre de territoires de l'expérimental comparativement au témoin ont été plus importantes chez les espèces occupant la strate arbustive que chez celles présentes au niveau de la cime des arbres, soit 25% vs 9%. Ces différences ne sont pas significatives par rapport au témoin. Aucun effet n'a été perçu chez les espèces se tenant au sol (tableau 20).

- Effet sur les espèces d'oiseaux

Sur les 25 espèces suivies dans le bloc arrosé, huit espèces ont démontré des baisses de territoire plus importantes que dans le témoin, soit: la Sittelle à poitrine rousse, le Grimpereau brun, la Fauvette obscure, la Fauvette à tête cendrée, la Fauvette tigrée, la Fauvette à gorge orangée, le Pinson familier et le Pinson à gorge blanche (tableau 23). Aucune de ces différences n'est significative. A l'exception de la Fauvette à gorge orangée et de la Fauvette obscure ou respectivement trois et onze oiseaux territoriaux ont été perdus, l'effet perçu après l'arrosage s'est limité à la disparition d'un seul territoire et ce indépendamment du nombre de territoires présents initialement.

TABLEAU 23. Nombre total de territoires d'oiseaux dans le bloc témoin et le bloc expérimental avant et après l'application du fenitrothion (1,40 kg/ha) le 17 juin 1978 au soir.

Espèce	Témoin		Expérimental		% de changement	
	Avant	Après	Avant	Après	Tem.	Exp.
Gélinotte huppée	4	0	3	0	-100	-100
Sittelle à poitrine rousse	3	3	2	1	0	-50
Grimpereau brun	2	2	1	0	0	-100
Merle d'Amérique	3	3	3	3	0	0
Grive solitaire	3	2	2	2	-33	0
Grive fauve	6	4	1	1	-33	0
Roitelet à couronne rubis	3	3	7	7	0	0
Viréo à tête bleue	2	2	1	1	0	0
Viréo aux yeux rouges	10	10	2	2	0	0
Fauvette obscure	2	1	17	6	-50	-65
Fauvette à joues grises	4	3	7	6	-25	-14
Fauvette à tête cendrée	7	7	6	5	0	-17
Fauvette à croupion jaune	2	2	5	5	0	0
Fauvette tigrée	5	5	10	9	0	-10
Fauvette bleue à gorge noire	3	3	1	1	0	0
Fauvette verte à gorge noire	3	3	1	1	0	0
Fauvette à gorge orangée	7	7	7	4	0	-43
Fauvette à poitrine baie	4	4	10	10	0	0
Fauvette couronnée	18	18	7	7	0	0
Fauvette masquée	1	1	2	2	0	0
Fauvette du Canada	2	2	3	3	0	0
Roselin pourpré	7	7	2	2	0	0
Junco ardoisé	3	3	2	2	0	0
Pinson familier	2	2	1	0	0	-100
Pinson à gorge blanche	9	9	10	9	0	-10
Total des territoires	115	106	113	89	-7,8	-21,2
Total des espèces	25	24	25	22	-4,0	-12,0

Aucune des différences n'est significative (test de chi-carré)

Plusieurs raisons autres que l'effet direct de l'insecticide (mortalité) pourraient être invoquées pour expliquer ces pertes de contact:

- espèces erratiques et discrètes (Sittelle à poitrine rousse et Grimpereau brun);
- baisse normale d'activité de chant pour la période (Fauvette obscure);
- abandon de territoire;
- mortalité naturelle.

5.7 Capture d'oiseaux au filet

Pendant les 16 jours post-arrosage qu'ont duré les opérations de captures de filet, un total de 183 oiseaux représentant 25 espèces ont été capturés dans le bloc expérimental comparativement à 147 oiseaux et 25 espèces dans le bloc témoin (tableau 24). Quatorze des 25 espèces identifiées dans la parcelle expérimentale étaient communes à celles du témoin.

Une analyse comparative de ces deux parcelles a permis de constater qu'il n'y avait entre elles aucune différence au niveau de la structure de la population (rapport mâles-femelles-jeunes), le nombre de captures par 100 heures-filet étant même légèrement supérieur dans le bloc expérimental (tableau 25). Même en ne considérant que les espèces communes aux deux blocs suivis, la structure de la population demeure en tout point identique et ici encore le nombre de captures est légèrement supérieur dans le bloc soumis à l'insecticide. De plus, on ne constate aucun décalage dans l'apparition des immatures de même que dans leur fréquence d'apparition, les jeunes de l'année étant enregistrés pour la première fois le 4 juillet et subséquemment à une fréquence similaire dans les deux blocs à l'étude (figure 9). Le peu d'informations récoltées au niveau de chacune des espèces ne nous permet pas cependant de tirer des conclusions plus spécifiques.

TABLEAU 24. Espèces et nombre d'individus capturés au filet durant la période comprise entre le 19 juin et le 19 juillet 1978.

Espèce	Témoïn			Expérimental			
	Mâle adulte	Femelle adulte	Jeune	Mâle adulte	Femelle adulte	Jeune	
Libris à gorge rubis				1			
Libris flamboyant				1			
Libris maculé	1	1					
Libris mineur	1						
Libris oucherolle des aulnes		1					
Libris sange à tête noire			1			1	
Libris sange à tête brune			1				
Libris arle d'Amérique					2		
Libris vive solitaire	3	3	4	8	3	2	
Libris vive à dos olive	2	3	3	6	4	4	
Libris vive fauve	6	4	3	1			
Libris aréo aux yeux rouges	3	1					
Libris ouvette obscure		2	11	5	13	12	
Libris ouvette à joues grises	3			7	4	1	
Libris ouvette parula	1						
Libris ouvette à tête cendrée	9	4	1	10	7	5	
Libris ouvette tigrée				2		1	
Libris ouvette bleue à gorge noire	3	2	2				
Libris ouvette à croupion jaune	1					1	
Libris ouvette à gorge orangée		1			2		
Libris ouvette à flancs marrons	1	1					
Libris ouvette à poitrine baie				1	2	3	
Libris ouvette couronnée	3	2	1	2	2	1	
Libris ouvette des ruisseaux	1		1			1	
Libris ouvette triste	6	2		1	3		
Libris ouvette masquée				3	1	2	
Libris ouvette à calotte noire				1			
Libris ouvette du Canada	8	8	4	1	1		
Libris langara écarlate		1	1				
Libris gros bec à poitrine rose	1	1	3	1		2	
Libris oselin pourpré				6	2	3	
Libris anco ardoisé				2	2	3	
Libris nson à gorge blanche	11	6	3	17	4	8	
Libris nson de lincoln				2	3		
Libris ervier brun		1					
Total (nombre)	64	44	39	78	55	50	
Total (espèces)		25 espèces			25 espèces		

TABLEAU 25. Structure de la population dans les blocs témoin et expérimental telle que définie par la capture d'oiseaux au filet durant la période post-arrosage au fénitrothion (19 juin au 19 juillet 1978).

	Parcelle	Structure de la population									Total		
		Mâle adulte			Femelle adulte			Jeunes					
		Nombre	%	Capt/100 Hres-Filet	Nombre	%	Capt/100 Hres-Filet	Nombre	%	Capt/100 Hres-Filet	Nombre	%	Capt/100 Hres-Filet
Ensemble de ¹ la popula- tion	Témoin	64	43,5	7,0	44	29,9	4,84	39	26,5	4,29	147	99,9	16,17
	Exp.	77	42,1	7,87	56	30,6	5,72	50	27,3	5,11	183	100,0	18,69
Espèces ² communes aux deux blocs suivis	Témoin	54	43,2	5,94	36	28,8	3,96	35	28,0	3,85	125	100,0	13,75
	Exp.	59	43,1	6,03	40	29,2	4,09	38	27,7	3,88	137	100,0	13,99

1) $G = 4,48, dl = 2, p > 0,05$

2) $G = 0,03, dl = 2, p > 0,05$

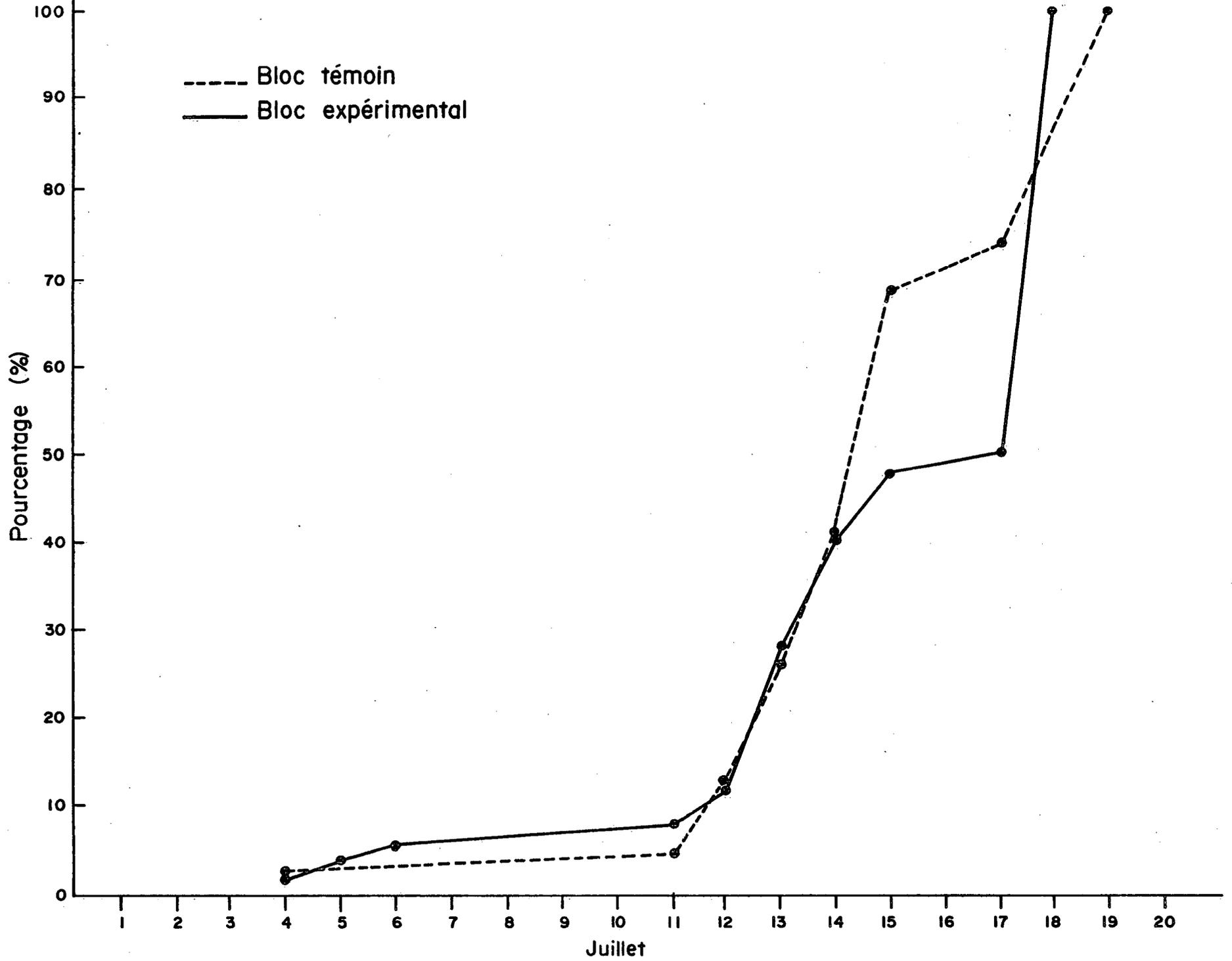


Figure 9. Pourcentage cumulatif des jeunes oiseaux capturés en fonction du temps.

Au niveau des différentes niches écologiques, on ne constate pas de différence significative dans la structure de population entre le bloc témoin et expérimental bien que le pourcentage de mâles soit légèrement plus élevé dans ce dernier bloc (tableau 26). La reproduction ne semble pas avoir été affectée puisque le nombre de jeunes produits dans l'expérimental est semblable ou même légèrement plus élevé que dans celui non soumis à un insecticide.

Etant donné que les méthodes de la recherche d'oiseaux morts ou malades et du marquage avaient laissé supposer quelques impacts suite à l'épandage du fénitrothion, il est à se demander les raisons qui font que la méthode de capture au filet ne permet d'en détecter aucun. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées:

1. Faibles effets sur les jeunes

Si on regarde la figure 9, on constate que le pic de captures de jeunes au filet se retrouve durant les deuxième et troisième semaine de juillet. Sachant que la plupart des passereaux demeurent environ douze jours au nid après l'éclosion, on en arrive à la conclusion que bon nombre de ces derniers n'étaient pas encore éclos au moment de l'application du fénitrothion à l'exception des espèces plus hâtives tels le Pinson à gorge blanche, le Junco ardoisé et certaines fauvettes notamment la Fauvette couronnée. Les effets directs sur les oisillons auraient alors été négligeables. Même si les études faites en laboratoires (Kopischke, 1972) reconnaissent que l'huile servant de support à l'insecticide peut affecter les oeufs en les recouvrant d'un faible film qui diminue les échanges gazeux, en milieu naturel, cette possibilité est très faible. Les nids en forêt sont pour la plupart bien camouflés et certaines femelles, au moment de la pulvérisation, étaient rendues à un stage d'incubation qui les font plus rarement quitter le nid d'où une protection supplémentaire pour les oeufs. Seule en fait une mortalité élevée au niveau des adultes (non confirmée avec les autres méthodes) aurait pu entraîner un effet quelconque

TABLEAU 26. Structure de la population en fonction de la niche écologique des oiseaux telle que définie par la capture au filet durant la période post-arrosage au fénitrothion (19 juin au 19 juillet 1978).

Niche	Parcelle	Mâle		Femelle		Jeune		Total
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	
Espèces de cime ¹	Témoin	8	40	6	30	6	30	20
	Expérimental	4	29	4	29	6	42	14
Espèces de milieux arbustifs ²	Témoin	27	44	17	28	17	28	61
	Expérimental	30	36	32	39	21	25	83
Espèces présentes au sol ³	Témoin	26	44	18	31	15	25	59
	Expérimental	36	51	15	21	19	27	70

1) $G = 1,1, dl = 2, p > 0,05$

2) $G = 4,45, dl = 2, p > 0,05$

3) $G = 3,28, dl = 2, p > 0,05$

sur les oisillons puisque des problèmes avec de la nourriture contaminée ou des parents malades incapables de nourrir leurs jeunes pendant quelques jours ont été évités dû à un pic d'éclosion tardif d'environ dix jours après l'application du fénitrothion.

2. Echantillonnage non représentatif de la population présente

Une deuxième hypothèse pouvant expliquer le fait que la méthode de captures au filet n'a pu enregistrer les impacts résiderait dans le fait qu'elle ne fournit pas un échantillonnage représentatif de la population présente. En effet, les filets utilisés n'étant que de faibles hauteurs (2,13 m), il est possible que les espèces de cime soient nettement sous-estimées dans l'échantillonnage. Ce groupe d'espèces étant d'autre part le plus susceptible aux arrosages, leur sous-représentation entraînerait inévitablement une sous-estimation de l'impact. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons comparé le pourcentage d'oiseaux représentés par les espèces de cime, d'arbustes et de sol tel que donné par le filet à celui enregistré cette fois par la méthode de la ligne, et ce pour des secteurs identiques et des périodes en partie similaires, soit 17 au 29 juin pour la ligne et du 19 juin au 19 juillet pour le filet. La méthode de la ligne a été préférée à celle de la grille parce que tout comme pour le filet, elle ne fait pas de discrimination entre la population territoriale et la population flottante. Les résultats de cette analyse indiquent que le filet sous-estime effectivement les oiseaux utilisant la cime des arbres. Le filet capture en effet de trois à quatre fois moins d'oiseaux appartenant à cette niche écologique qu'il semble en exister en réalité (tableau 27). Il surestime par contre légèrement les oiseaux de milieu arbustif.

3. Départ prématuré des oiseaux du secteur soumis à l'insecticide

Une autre hypothèse que nous avons voulu vérifier pour tenter d'expliquer les résultats obtenus était celle qui voudrait que les oiseaux entreprennent dès la fin de juin et au début de juillet des mouvements

TABLEAU 27. Distribution de la population d'oiseaux forestiers selon leur niche écologique respective telle que définie par les méthodes de captures au filet et de la ligne en 1978.

Méthode	Témoïn						Expérimental					
	Cime		Arbuste		Sol		Cime ¹		Arbuste ²		Sol	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Méthode de la ligne	28	27,4	32	31,3	42	41,2	51	35,1	41	28,2	53	36,5
Méthode de captures d'oiseaux	20	14,3	61	43,6	59	42,1	14	8,3	83	49,7	70	41,9

1) $T_s = 2,26$, $dl = \alpha$, $p < 0,01$

2) $T_s = 2,33$, $dl = \alpha$, $p < 0,01$

prémigratoires qui font que les oiseaux locaux sont rapidement remplacés par d'autres en provenance de zones non soumises à un insecticide. Si tel était le cas, la capture d'oiseaux au filet ne donnerait, lorsque effectuée en juillet tout au moins, aucune information sur la population qui était présente au moment de l'arrosage, cette dernière ayant tout simplement déjà quitté la région.

Les données de baguage récoltées à Kamouraska de la mi-mai à la mi-juillet, dans le bloc expérimental, semblent toutefois indiquer que cette hypothèse est plus ou moins valable. Même si peu d'individus ont été régulièrement recapturés, ceux qui l'ont été laissent croire que certains individus resteraient dans une même région une bonne période de temps. En fait, nous constatons que la durée maximale de séjour chez 14 espèces dans notre zone d'étude variait de 31 à 58 jours pour un séjour moyen de 50 jours (tableau 28). C'est donc dire qu'au moins quelques individus adultes déjà présents dans la région à la fin de mai étaient encore présents dans le même secteur à la fin de juin ainsi qu'à la mi-juillet, et que dès lors la capture au filet pouvait effectivement donner quelques indices sur les effets d'un insecticide appliqué entre temps. Toutefois, on ne peut affirmer que le même phénomène se répète au niveau des jeunes.

4. Remplacement et impact à court terme

Il est possible qu'enfin les impacts ne se soient faits sentir qu'à très court terme, les oiseaux affectés récupérant dans les quelques jours post-arrosage ou étant dans certains cas immédiatement remplacés par des individus appartenant à la population dite flottante. Cette hypothèse devrait être retenue parce qu'elle a été en partie corroborée par les autres méthodes.

TABLEAU 28. Nombre de jours maximum entre la première et la dernière capture pour différentes espèces¹ dans le bloc expérimental en 1978.

Espèce	Date de la 1ère capture	Date de la dernière capture	Durée de séjour
Pinson à gorge blanche	17 mai	14 juillet	58
Roselin pourpré	18 mai	15 juillet	58
Grive à dos olive	25 mai	18 juillet	54
Fauvette couronnée	25 mai	18 juillet	54
Fauvette masquée	27 mai	18 juillet	52
Grive solitaire	30 mai	18 juillet	49
Junco ardoisé	18 mai	6 juillet	49
Fauvette à poitrine baie	30 mai	18 juillet	49
Fauvette à tête cendrée	25 mai	12 juillet	48
Fauvette obscure	5 juin	6 juillet	31
			$\bar{x} = 50$

- Période des opérations de captures: 17 mai au 18 juillet

1) Pour chacune des espèces on a retenu l'individu qui a séjourné le plus longtemps dans la région.

6. SOMMAIRE DE L'EFFET DES INSECTICIDES SUR LES OISEAUX FORESTIERS

A la lumière des méthodes de recensement utilisées, nous avons essayé d'évaluer les effets des différents insecticides sur les oiseaux forestiers. Etant donné que les méthodes n'ont pas nécessairement toutes été utilisées à chaque application, il va sans dire que l'information fournie sera plus ou moins détaillée dépendant du nombre de méthodes expérimentées. Cet exercice vise uniquement à tenter de circonscrire l'ensemble des effets pouvant être imputables à chacun des insecticides afin d'éventuellement mieux percevoir les lacunes des différentes méthodes à évaluer un impact.

6.1 Arrosage faible au phosphamidon

Même si l'information fournie est relativement restreinte, on peut quand même conclure que l'application du phosphamidon faible a engendré la mort et l'affaiblissement de certains oiseaux et ce durant une période n'excédant probablement pas trois jours (tableau 29). Au moins trois espèces qui se nourrissent au sol ont semblé affectées par l'insecticide (tableaux 30 et 31).

6.2 Arrosage fort au phosphamidon

Les effets de la pulvérisation du phosphamidon fort se sont, ici aussi, faits sentir sur une période restreinte n'excédant pas de beaucoup trois jours. Les effets ont pris la forme d'une baisse significative de l'activité de chant et d'une mortalité chez possiblement 25% de la population présente. Les espèces de cime ont semblé plus vulnérables à l'insecticide que les espèces se nourrissant de préférence au niveau de la strate arbustive et au sol. Au moins 15 espèces ont réagi négativement à la présence du phosphamidon fort dans le milieu.

6.3 Arrosage au fénitrothion

Le fénitrothion a, semble-t-il, engendré les effets les plus violents dans les quelques jours qui ont immédiatement suivi son application

Tableau 29. Effet des insecticides sur l'ensemble de la population d'oiseaux forestiers selon les différentes méthodes utilisées.

Méthode Insecticide	Recherche d'oiseaux	Surveil- lance de nids	Comporte- ment	Ligne	Grille	Marquage	Capture au filet
Phosphamidon faible	3 oiseaux trouvés morts ou malades dans les 3 jours suivant l'application	NA	NA	-	0%	NA	NA
Phosphamidon fort	25 oiseaux trouvés morts ou malades dans les 3 jours suivant l'application	NA	Diminution significative de l'activité de chant dans les 3 jours suivant l'application	0%	- 26,7%	NA	NA
Fénitrothion	3 oiseaux trouvés malades	1 nid sur 8 nids a semblé affecté par l'insecticide	Remplacement et diminution de l'activité	0%	- 13,4% - 39,0%	-	-

* La différence est significative $\chi^2=6,16$ $dl=1$ $p < 0,025$

NA: La méthode n'a pas été appliquée.

- : La méthode n'a pas détecté d'impact quantifiable.

TABLEAU 30. Effet des insecticides sur les espèces regroupées selon leur niche écologique dépendant de la méthode utilisée.

Méthode \ Niche	recherche d'oiseaux	surveillance de nids	comportement	ligne	grille	marquage	capture au filet	Insecticide
Espèces de cime	-	NA	NA	-	0%	NA	NA	Phosphamidon Faible
Espèces de milieux arbustifs	-	NA	NA	-	0%	NA	NA	
Espèces présentes au sol	3 oiseaux trouvés morts ou malades	NA	NA	-	0%	NA	NA	
Espèces de cime	-	NA	NA	- 16,1%	- 61,0%*	NA	NA	Phosphamidon Fort
Espèces de milieux arbustifs	4 oiseaux trouvés morts ou malades	NA	diminution du chant	0%	- 17,0%	NA	NA	
Espèces présentes au sol	5 oiseaux trouvés morts ou malades	-	-	0%	- 22,0%	NA	NA	
Espèces de cime	-	NA	remplacement diminution d'activité	- 9,2%	- 9,0%	- 13,3%	-	Fénitrothion
Espèces de milieux arbustifs	1 oiseau trouvé mort	NA	NA	- 1,3%	- 25,0%	- 60,0%	-	
Espèces présentes au sol	2 oiseaux trouvés morts ou malades	1 nid a semblé affecté	NA	0%	0%	- 26,6%	-	

* La baisse est significative $\chi^2=6,72$ $df=1$ $p < 0,01$

- : La méthode n'a pas détecté d'impact quantifiable.

NA: La méthode n'a pas été appliquée.

TABLEAU 31. Effet des insecticides sur les espèces d'oiseaux selon les différentes méthodes utilisées.

Espèce	Phosphamidon faible				Phosphamidon fort				Fénitrothion			
	Recherche	Surv. nids	Comportement		Recherche	Surv. nids	Comportement		Recherche	Surv. nids	Comportement	
	Ligne	Grille	Marquage	Capture	Ligne	Grille	Marquage	Capture	Ligne	Grille	Marquage	Capture
Crécerelle d'Amérique				+								
Gélinotte huppée				+								
Moucherolle à v. jaune	+			+								
Moucherolle Tchebec	+											
Pioui de l'Est				+								
Grive solitaire				+								
Roitelet à c. rubis						+						+
Fauvette obscure							+					+
Fauvette à j. grises				+		+						
Fauvette à tête cendrée							+					+
Fauvette tigrée										+		+
Fauvette bleue à g. n.												+
Fauvette à g. orangée										+		
Fauvette à croupion j.						+	+					+
Fauvette des ruisseaux	non appliquée	non appliquée			non appliquée	+	+	non appliquée	non appliquée			
Fauvette triste				+								
Fauvette masquée				+								
Fauvette du Canada				+								
Junco ardoisé				+					+			
Pinson à gorge blanche	+			+					+			+
Pinson de Lincoln									+	+		
Pinson familier				+								
Total des espèces	3		0 0	12	3	3 2		3	1 2	0 0	7 0	

* Seules les espèces pour lesquelles la méthode a détecté une différence significative apparaissent ici.

L'insecticide a de plus réduit significativement l'activité et entraîné le remplacement de tout au plus 40% de la population présente. Tous les niveaux de la faune avienne (cime, arbuste, sol) ont été affectés par la présence du fénitrothion dans l'écosystème forestier principalement ceux fréquentant le milieu arbustif pour leur alimentation. Une dizaine d'espèces ont présenté un comportement différent de la normale suite à la pulvérisation du fénitrothion. Même si la structure de la population n'a pas semblé modifiée significativement par la présence du fénitrothion, il est toutefois possible qu'au niveau de certaines espèces la productivité ait été indirectement affectée par la mort de certains individus adultes.

7. VALEUR DE CHACUNE DES MÉTHODES À QUALIFIER ET À QUANTIFIER UN IMPACT

Sept méthodes ont été utilisées au cours de nos études expérimentales et chacune d'entre elles semble posséder des avantages et des inconvénients ainsi que certaines exigences qu'on peut essayer de mettre en évidence dans les lignes qui suivent.

7.1 Recherche d'oiseaux morts ou malades

Cette méthode est efficace pour détecter les impacts qui entraînent une forte mortalité ou des effets subléthaux (manque de coordination, difficulté à voler et à se percher) chez un grand nombre d'individus ainsi que la durée de ces perturbations. Des impacts plus subtils, susceptibles de provoquer uniquement des baisses temporaires d'activités de chant, la désertion de territoires ou une baisse dans la productivité, ne seront pas perçus avec cette méthode. Elle est difficilement applicable en milieu purement forestier. On obtient un meilleur rendement lorsqu'on l'utilise de préférence en bordure de routes forestières ou à l'intérieur de milieux ouverts comme les tourbières. Pour être pleinement efficace, elle doit monopoliser plusieurs personnes (6 ou plus) pendant environ deux jours après l'application d'insecticide. Elle ne donne que des indices restreints sur la sensibilité respective des espèces, celles trouvées étant souvent

limitées en nombre et représentées uniquement par quelques individus appartenant le plus souvent aux espèces les plus abondantes (tableau 5). Une analyse en laboratoire des spécimens recueillis est parfois nécessaire pour s'assurer que ces derniers ont bel et bien été soumis aux effets de l'insecticide. Elle peut être employée aussi bien lors des pulvérisations hâtives (début mai) que tardives (fin juin).

7.2 Recherche et suivi de nids

Une méthode qui peut donner des indices sur les effets d'un insecticide sur la productivité. Les impacts susceptibles de provoquer uniquement des baisses temporaires d'activités ne seront pas perçus avec cette méthode. Pour être exhaustive, elle nécessite la présence d'un personnel à temps plein (deux personnes dans un bloc témoin et deux dans le bloc soumis à l'insecticide) se limitant uniquement à cette activité durant une période d'environ six semaines. Les nids trouvés appartenant le plus souvent aux espèces nichant au sol ou près du sol, elle peut dès lors sous-estimer l'impact. Pour minimiser cette contrainte, la recherche de nids devrait s'effectuer de préférence dans les milieux ouverts (tourbières) où les concentrations d'insecticides sont plus élevées qu'en milieu forestier et probablement comparables à celles qui atteignent la cime des arbres. Une analyse des oisillons qui pourraient être trouvés morts, s'avère nécessaire pour s'assurer qu'ils ont effectivement été soumis aux effets directs du produit pulvérisé. Une mortalité au niveau des adultes pourrait aussi être la cause indirecte d'une mortalité chez les oisillons.

7.3 Méthode de comportement

Une méthode qui donne de bons indices sur les effets subléthaux des insecticides (activités de chant, de déplacement). Elle n'est pas exhaustive, se limitant à quelques individus de quelques espèces seulement. Elle nécessite une dizaine de jours d'observations (5 jours avant et 5 jours après la pulvérisation), tant dans un bloc témoin que dans un bloc expérimental,

à raison d'un observateur par bloc. Il ne peut être assuré que le ou les oiseaux suivis seront toujours les mêmes à moins qu'on ait précédemment effectué un marquage intensif. Elle est limitée aux espèces territoriales et est influencée par les conditions météorologiques.

7.4 Méthode de marquage

Méthode efficace pour déceler assez précisément des impacts chez un bon nombre d'espèces. L'interprétation des résultats peut toutefois, dans certains cas, s'avérer difficile lorsque se présentent des pertes de contact définitives avec certains individus de certaines espèces quelques jours seulement avant ou après l'application de l'insecticide. Elle permet de percevoir le remplacement et de noter les modifications dans le comportement des oiseaux territoriaux (déplacement, abandon de territoire). Elle requiert beaucoup de temps, soit un minimum de quinze jours avant et dix jours après les arrosages, pour être en mesure de capturer et de marquer puis de recapturer et/ou de voir suffisamment d'individus. Elle peut limiter ses opérations au seul bloc arrosé bien que la présence d'une parcelle témoin aiderait à déceler certains phénomènes naturels (désertion de territoires, prédation, etc.). Elle requiert du personnel très compétent et pouvant opérer efficacement des filets (4 personnes pour 25 filets) et pouvant identifier correctement l'espèce et le sexe des oiseaux capturés. Elle exige de plus la présence d'un observateur aguerri, en mesure de suivre quotidiennement le déplacement des oiseaux marqués; une analyse seule des données de marquage s'avérant insuffisante puisque le pourcentage de recapture d'oiseaux territoriaux est très faible, ces derniers s'habituant à la présence des filets. Ainsi, en 1978, 60% ($9 \div 25 \times 100$) des oiseaux capturés au filet au moins deux fois avant l'arrosage n'ont jamais été recapturés après l'application du fénitrothion bien que des observations visuelles indiquaient encore leur présence dans la région. Les filets utilisés étant le plus souvent de faibles hauteurs, elle surestime probablement les effets au niveau des oiseaux occupant la strate arbustive ou le sol pour se nourrir. Elle demande une connaissance précise de la zone d'opération pour que les oiseaux marqués, revus ou recapturés, puissent être

bien localisés. Etant donné la période prolongée sur le terrain qu'exige cette méthode, elle ne peut suivre les impacts des arrosages effectués avant la deuxième semaine de juin. Elle oblige, en plus des filets, à posséder comme matériel de base: des bagues de métal (d'où un permis de baguage), des bagues de plastique couleur et des colorants indélébiles. Un bon système de marquage doit être préalablement pensé afin d'être en mesure d'identifier individuellement chaque oiseau revu.

7.5 Méthode de la ligne

Méthode qui permet de recenser un assez grand nombre d'individus en une courte période de temps (en 1977, pour une moyenne de cinq jours avant l'arrosage=182 oiseaux pour 204 minutes; en 1978=174 oiseaux pour 152 minutes). Elle permet de recenser les espèces les moins abondantes (Enemar et Sjostrand, 1970). Elle n'oblige pas à la délimitation de territoires. Les inventaires étant majoritairement conduits le long des chemins forestiers assez importants, la crue des eaux du printemps, les fortes pluies et le trafic routier peuvent masquer des chants et diminuer l'efficacité de la méthode. Elle requiert des recenseurs pouvant facilement identifier l'oiseau à vue et surtout au chant. Elle ne peut éviter les doubles enregistrements étant donné la mobilité des espèces (Enemar, 1959; Williamson, 1964; Enemar et Sjostrand, 1967). Elle ne peut percevoir le remplacement d'oiseaux morts ou malades et, ce faisant, sa période d'utilisation post-arrosage devrait être limitée dans le temps (3 ou 4 jours au maximum), principalement si le bloc arrosé est de faible superficie; une période plus longue des conditions inclementes de température surviennent immédiatement et pendant quelques jours après l'arrosage (cf. la première application de phosphamidon). Les conditions journalières de température, principalement le vent et la pluie, en affectent aussi le rendement (Hogstad, 1967; Pearce et Rick, 1969). Possibilité de confusion avec cette méthode: les oiseaux chanteurs les plus près peuvent masquer les oiseaux les plus éloignés (Pearce, 1977). Pour fins de comparaison, la méthode de

la ligne nécessite le recensement d'un bloc témoin en plus du bloc arrosé. Le bloc témoin ne sera pas toujours représentatif du bloc soumis aux pulvérisations; dès lors, les fluctuations naturelles entre les deux blocs pourraient être importantes principalement en mai au moment des migrations. En 1978 par exemple, les différences notées entre le témoin et l'expérimental pour l'ensemble de la population avant même l'application du fénitrothion, étaient de 34% en mai et de 3% en juin. Les différences étaient encore plus marquées au niveau des seules espèces (tableau 37). C'est donc dire que la méthode de la ligne serait susceptible de donner quelque résultat lorsque utilisée en juin pour évaluer les effets d'un insecticide sur l'ensemble de la population où à la rigueur sur des groupes d'espèces mais semblerait fournir une information beaucoup plus mitigée lorsque appliquée à l'évaluation des impacts en toute autre période ou encore au niveau des seules espèces. Ce dernier problème serait imputable au fait que d'une part, le nombre d'oiseaux recensés par espèce est la plupart du temps très faible et que d'autre part, elle ne permet pas d'éliminer la population flottante d'où des fluctuations journalières parfois importantes pouvant masquer ou accentuer les effets des insecticides. Enfin, les baisses d'activités perçues ont semblé moins élevées avec cette méthode comparativement à celle de la grille et du marquage lorsque utilisée pour l'ensemble de la population d'oiseaux, et au niveau de certains groupes d'espèces (tableau 29 et 30).

7.6 Méthode de la grille

La population recensée avec la méthode de la grille est habituellement faible et les espèces moins abondantes ne sont pas adéquatement inventoriées (Enemar et Sjostrand, 1967) dû au fait que cette méthode est applicable à de petites superficies seulement (Emlen, 1977). Les inventaires avec la grille ne devraient pas couvrir de surfaces inférieures à six hectares (Hall, 1964). Robbins (1970) recommande même de 10 à 30 hectares pour un milieu fermé. Elle requiert des recenseurs pouvant facilement identifier l'oiseau à vue et surtout au chant. Trois contacts avec un oiseau sont nécessaires avant l'application d'insecticides pour décider qu'un oiseau est territorial (Williamson, 1964; Robbins, 1970).

TABLEAU 32. Fluctuations naturelles (%) observées en 1978 entre le bloc témoin et le bloc expérimental avant l'application de fénitrothion pour des périodes de cinq jours vs cinq jours.

	MÉTHODE DE LA LIGNE		MÉTHODE DE LA GRILLE	
	Mai	Juin	Mai	Juin
	17-18-29-24-25 26-27-28-29-30	2-4-5-6-7 8-10-13-16-17	17-18-23-24-25 26-27-28-29-30	2-4-5-6-7 8-10-13-16-17
Ensemble de la population	34	3	6	0
Espèces de cime	1	3	0	0
Espèces de milieu arbustif	56	7	10	6
Espèces présentes au sol	17	24	8	4
Merle d'Amérique	35	6	-	0
Fauvette à joues grises	0	16	0	0
Fauvette à tête cendrée	107	9	-	0
Fauvette tigrée	6	16	0	0
Fauvette à gorge orangée	120	13	-	0
Fauvette couronnée	19	15	-	0
Fauvette des ruisseaux	0	70	66	-
Fauvette du Canada	0	20	-	0
Pinson à gorge blanche	20	14	0	50

Deux de ces trois contacts doivent être étroitement reliés au territoire (chant) (Nillson, 1977). Suite à la pulvérisation, un minimum de six jours de recensement est requis pour décider si un oiseau a été ou n'a pas été affecté par l'insecticide (ce nombre de jours est basé sur le rendement spécifique moyen des espèces évaluées à 38% par DesGranges (1980) pour un peuplement mixte). Durant cette période de six jours de recensements post-arrosages, les possibilités de remplacement sont élevées et la méthode de la grille ne permet pas de percevoir le "turnover" ni la dynamique des populations (Enemar, 1959; Seierstad *et al.*, 1969), d'où une sous-estimation de l'impact. Dans quelques cas toutefois, certains indices pourraient laisser présager un remplacement. L'évaluation de la population totale territoriale présente à l'intérieur des parcelles peut être difficile à faire à cause de la présence de mâles de passage, de la polygamie, du mouvement irrégulier des individus à travers les limites du territoire et de la présence parfois d'une portion seulement du territoire de certaines espèces (Emlen, 1971). Les mâles des territoires situés en périphérie de la parcelle inventoriée sont observés moins fréquemment que ceux du centre du quadrat (Best, 1975), d'où la possibilité de surestimer les impacts sur ces espèces. Quand les territoires sont petits et contigus, les observations recueillies sont alors condensées mais non nécessairement groupées, ce qui rend la délimitation des territoires difficile (Best, 1975; Emlen, 1977) et les estimations de population très variables (Best, 1975). La méthode de la grille sous-estime la population présente (Enemar, 1959; Best, Best, 1979). Dans le cas toutefois où la méthode ne vise qu'à effectuer du monitoring, cette sous-estimation n'est pas importante (Nillson, 1977). Elle peut difficilement évaluer les impacts lorsque de mauvaises conditions de température suivent pendant quelques jours l'application de l'insecticide (cf. la première application de phosphamidon). Dans le cas d'une évaluation d'impact, la méthode de la grille peut nécessiter de confronter les résultats du bloc arrosé à ceux d'un bloc témoin. Le témoin ne sera pas toujours représentatif du bloc soumis aux pulvérisations (différences d'habitats, d'altitudes, d'espèces, etc.). Ces différences possibles entre parcelles ne sont toutefois pas importantes car dans des conditions normales, les territoires définis avec la méthode de la grille semblent très stables et

ce indépendamment des parcelles choisies ou de la période choisie (mai ou juin). Ce faisant, les fluctuations naturelles dans le nombre de territoires d'un ensemble de population ou de groupes d'espèces entre deux blocs seront faibles, probablement inférieures à 10% comme c'était noté en 1978 avant l'arrosage au fénitrothion (tableau 28). Au niveau des espèces, il pourra arriver à l'occasion que des différences plus marquées seront notées mais ce phénomène ne devrait s'appliquer qu'à quelques espèces seulement. C'est donc dire que la méthode de la grille est susceptible de donner des résultats intéressants lorsque utilisée en mai ou en juin pour évaluer les effets d'un insecticide (10% et plus) sur l'ensemble d'une population ou sur des groupes d'espèces et qu'elle peut même à la rigueur donner de l'information pertinente sur l'impact d'un insecticide au niveau des seules espèces. Cette stabilité de la méthode de la grille, même durant les migrations, résiderait dans le fait qu'elle peut, sur une longue période (5 jours ou plus), éviter les doubles enregistrements (Enemar, 1979) et éliminer la population flottante (Enemar, 1959; Williamson, 1964).

7.7 Capture d'oiseaux au filet

Cette méthode est la seule qui permet de déterminer la structure de la population durant la période post-arrosage. Toute différence significative dans la structure de la population du bloc arrosé par rapport à un bloc témoin tel que notée avec cette méthode, ne pourra pas toutefois nécessairement être imputable à l'effet d'un insecticide. Une telle différence pourrait être tout simplement le reflet de ce qui existait déjà avant l'arrosage. Telle qu'utilisée présentement, elle tend à sous-estimer l'impact dû au fait que les espèces de cime sont sous-représentées. Des filets installés à des hauteurs de 4 m à 6 m au lieu d'environ 2 m permettrait de compenser cette lacune. Cette méthode requiert beaucoup de temps de préparation et d'installation, en plus de trois semaines d'opération et ce pour être en mesure de capturer suffisamment d'oiseaux. Le nombre d'oiseaux capturés sera probablement encore insuffisant au niveau des seules espèces. Elle oblige à une action simultanée dans un bloc témoin et opérationnel. Elle exige du personnel très compétent pouvant d'une part, opérer efficacement des filets (minimum de deux personnes et de 10 à 15 filets par bloc) et

pouvant d'autre part, identifier correctement l'espèce, le sexe ainsi que l'âge des oiseaux capturés. Elle oblige à effectuer du baguage d'où la nécessité de posséder des bagues de métal ainsi qu'un permis de baguage. On n'est pas encore assuré avec cette méthode que les jeunes capturés soient en majorité ceux qui étaient présents au moment de l'arrosage.

8. RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

Il est excessivement difficile de recommander parmi les sept méthodes expérimentées dans cette étude, celle qui semblerait la plus efficace pour évaluer un impact. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients et chacune est apte à fournir des indices plus ou moins précis sur les effets d'un insecticide sur les oiseaux forestiers. L'une ou l'autre des méthodes pourrait donc à la rigueur être utilisée lors des opérations de surveillance bien qu'il semblerait que certaines méthodes comme la recherche de carcasses, le marquage, la capture d'oiseaux aux filets sont susceptibles de donner une meilleure perception d'un impact ou de non impact que les autres méthodes. Le choix qui sera fait dépendra en fin de compte du temps, de l'argent, des efforts qu'on sera prêt à consacrer aux dites opérations, ainsi que du genre d'information qu'on désirera obtenir (voir chapitre précédent). Toutefois, il est important de se rappeler que chaque méthode doit être utilisée selon un protocole bien particulier qu'il est impératif de suivre et que chaque méthode a des limites qu'il ne faudrait pas dépasser au risque de leur faire dire des choses complètement erronées.

Etant donné qu'au Québec, on s'oriente vers la mise en place d'un réseau de surveillance, c'est-à-dire qu'on essaie de couvrir le plus de parcelles opérationnelles possibles en un court laps de temps, et qu'on désire obtenir l'information la plus qualitative et quantitative possible, l'utilisation de la méthode de la grille pourrait avoir la préférence sur les autres méthodes; cette dernière constituant en fait le juste milieu parmi les méthodes existantes. Les recommandations suivantes s'imposent à l'utilisation de la méthode de la grille:

- pour minimiser les chances de remplacements, remplacements qui ne seront pas perçus avec la grille, utiliser la méthode de préférence en juin alors que les migrations sont presque complétées ainsi qu'à l'intérieur et au centre de grands blocs d'arrosage occupant une superficie minimale de 2 000 à 4 000 hectares;
- surveiller un minimum de 15 à 20 hectares par bloc d'arrosage;
- ne pas négliger de surveiller les milieux ouverts de type tourbière;
- étant donné la stabilité des territoires dans des conditions normales, la surveillance d'une parcelle témoin ne s'avérerait pas nécessaire;
- accorder une attention particulière aux espèces suivantes: Pinson à gorge blanche, Junco ardoisé, Fauvette tigrée, Fauvette à gorge orangée, Fauvette du Canada, Fauvette à croupion jaune, Fauvette à tête cendrée et Roitelet à couronne rubis. Toute baisse supérieure à 10% ou 15% chez la majorité de ces espèces pourrait être l'indication d'un insecticide trop violent;
- de même, prendre en considération toute baisse supérieure à 15% qui pourrait être perçue sur l'ensemble de la population suivie avec la méthode de la grille.

Il va de soi que la méthode proposée n'est qu'une méthode de surveillance visant uniquement à s'assurer que les seuils de toxicité préalablement déterminés en laboratoire ne soient pas dépassés et que l'insecticide n'entraîne pas d'impacts importants (mortalité) lorsque appliqué en nature. Des études sur les effets d'un nouvel insecticide sur l'éclosion, la croissance et l'envol des jeunes oiseaux en nature telles qu'effectuées par Peters (1979) au Nouveau-Brunswick, devraient être fortement encouragées. Etant donné de plus que la méthode ne vise qu'à évaluer les effets à court terme des arrosages, un suivi attentif des résultats d'inventaires du BBS (Breeding Bird Survey) devrait être fait. De telles données permettent de suivre à long terme les tendances des populations d'oiseaux et pourraient fournir un autre indice sur les effets possibles des insecticides sur une plus longue période. Nous ne

parlons ici que d'indice car de telles données sont souvent difficiles d'interprétation.

En terminant, nous aimerions spécifier que les résultats obtenus avec une méthode de surveillance ou une autre demeureront souvent compliqués à interpréter tant et aussi longtemps qu'on ne procédera pas à des études de base sur l'écologie des oiseaux en milieu forestier. Point ne serait besoin d'effectuer des études qui engloberaient l'ensemble de la communauté avienne, au contraire, nous devrions nous limiter à certaines espèces bien particulières jugées comme les plus sensibles aux arrosages.

9. BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme. 1976. Baguage des oiseaux de l'Amérique du Nord. Service canadien de la faune, Vol. 1, 9 parties.
- Anonyme. 1977. Techniques nord-américaines de baguage des oiseaux. Service canadien de la faune et U.S. Fish and Wildlife Service, Vol. II, 8 parties.
- Bennett, . 1977. Effect of pesticide spray program on resident birds. Newfoundland. Progress Report. 4 p.
- Bent, A.C. 1963. Life histories of North American wood warblers. New York. Dover Publications Inc. 734 p.
- Best, L.B. 1975. Interpretational errors in the mapping "method" as a census technique. The Auk 92:452-460.
- Blais, J.R. and G.H. Parks. 1964. Interaction of evening grosbeak (Hesperiphona vespertina) and spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem) in localized budworm outbreaks treated with DDT in Québec. Can. Journ. of Zool. 42:1017-1024.
- Buckner, C.H. and R. Sarrazin. 1975. Studies of the environmental impact on the 1974 spruce budworm control operation in Québec. Chemical Control Research Institute, Ottawa, Ontario. Information report CC-X-93. 106 p.
- DesGranges, J.-L. 1980. Des communautés aviennes du Parc national de la Mauricie, Québec. Publication hors-série no. 41. SCF. 34 p.
- Emlen, J.T. 1971. Population densities of birds derived from transect counts. The Auk 88:323-342.
- Emlen, J.T. 1977. Estimating breeding season bird densities from transect counts. The Auk 94:455-468.

- Enemar, A. 1959. On the determination of the size and composition of a passerine bird population during the breeding season. Var fagelvarld (2):144 p.
- Enemar, A. and B. Sjostrand. 1967. The strip survey as a complement to study area investigations in bird census work. Var fagelvarld 26:111-130.
- Enemar, A. and B. Sjostrand. 1970. Bird species densities derive from study area investigations and line transects in Bird Census work and environmental monitoring (symposium). Bull. from the Ecological Research Committee. Nr. 9, Svensson S.E.:52 p.
- Finley, R.B. 1965. Adverse effects on birds of phosphamidon applied to a Montana forest. Journ. of Wild. Mngt 29(3):580-591.
- Fowle, C.D. 1965. A preliminary report on the effects of phosphamidon on bird populations in central New-Brunswick. Occ. Papers 7:54 p.
- Fowle, D.C. 1966. Effects of phosphamidon and experimental insecticides on birds. Pesticide section, CWS. Manuscript Reports no. 3:19 p.
- Gage, S.H. and C.A. Miller. 1978. A long-term bird census in Spruce budworm prone balsam fir habitats in northwestern New-Brunswick. Maritimes forest research centre, Fredericton, NB. Information report M-X-84, CFS. 6 p.
- Giles, R.H. Jr. 1970. The ecology of a small forested watershed treated with the insecticide malathion S³⁵. Wildlife Monographs no. 24: 81 p.
- Godfrey, W.E. 1967. Les oiseaux du Canada. Imprimeur de la Reine. Musée national du Canada. Bull. 203:426 p.

- Haliburton, W., W.W. Hopewell et W.N. Yule. 1977. Evaluation des dépôts d'insecticides chimiques in Traitements aériens pour combattre les insectes forestiers au Canada. M.L. Prebble, Pêches et Environnement Canada:63-73.
- Hall, G.A. 1964. Breeding-bird Censuses, why and how. Audubon Field Notes 18:413-416.
- Hensley, M.M. and J.B. Cope. 1951. Further data on removal and repopulation of the breeding birds in a spruce-fir forest community. The Auk 68:483-493.
- Hogstad, O. 1967. Factors influencing the efficiency of the mapping method in determining breeding bird populations in conifer forest. Nytt. Mag. Zool. (Oslo) 14:125-141.
- Kendeigh, S.C. 1944. Measurement of bird populations. Ecol. Monogr. 14:67-106.
- Kendeigh, S.C. 1947. Bird population studies in the coniferous biome during a spruce budworm outbreak. Ontario Dept. Lands Forest. Biol. Bull. 1:1-100.
- Kopischke, E.D. 1972. The effect of 2-4-D and diesel fuel on egg hatchability. Jour. of Wildl. Mangt 36(4):1353-1355.
- Lack, D. 1946. The life of the robin. H.F. and G. Witherby Ltd, London:224 p.
- Morris, R.F., W.F. Cheshire, C.A. Miller and D.G. Mott. 1958. The numerical response of avian and mammalian predators during a gradation of the spruce budworm. Ecology 39(3):487-494.

- Moulding, J.D. 1976. Effects of low-persistence insecticide on forest. *The Auk* 93:692-708.
- Nilsson, S.G. 1977. Estimates of population density and changes for titmice, Nuthatch and Treecreeper in Southern Sweden - an evaluation of the territory mapping method. *Ornis Scand.* 8:9-16.
- Pearce, P.A. 1968. Effects on bird populations of phosphamidon and sumithion used for spruce budworm control in New-Brunswick and hemlock Hooper control in Newfoundland in 1968: a summary statement. Pesticide section, CWS. Manuscript Reports No. 14:56 p.
- Pearce, P.A. 1977. Effet de l'épandage aérien d'insecticides sur les oiseaux in Traitement aériens pour combattre les insectes forestiers au Canada. M.L. Prebble, Pêches et Environnement Canada:346-354.
- Pearce, P.A. and A.M. Rick. 1969. Effects of Zectran spraying on forest birds and frogs in New-Brunswick. A. Effects on birds. B. Effects on frogs. Pesticide section, CWS. Manuscript Reports no. 10:16 p.
- Pearce, P.A., D.B. Peakall et A.J. Erskine. 1976. Répercussions sur les oiseaux forestiers des pulvérisations d'insecticides effectuées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Nouveau-Brunswick en 1975. *Cahiers de biologie* no. 62:8 p.
- Pearce, P.A., D.B. Peakall and A.J. Erskine. 1979. Impact on forest birds of the 1976 spruce budworm spray operation in New-Brunswick. *Progress Notes* 97:15 p.
- Peters, D.C. 1979. Growth rates of white-throated sparrow chicks on a fenitrothion sprayed and an unsprayed plot in northeastern New Brunswick. Thèse soumise à l'Université du Nouveau Brunswick. 22 p.

- Pough, R.H. 1947. How to take a breeding bird census. Audubon Magazine (49):290-297.
- Robbins, C.S. 1970. Recommendations for an international standard for a mapping method in birds census work. Audubon Field Notes 24: 723-726.
- Seierstad, S., A. Seierstad and J. Mysterud. 1969. General outline of the standard check method for estimating survey efficiency. Nytt. Mag. Zool. 17:69-73.
- Stewart, R.E. and J.W. Aldrich. 1951. Removal and repopulation of breeding birds in a spruce-fir forest community. The Auk 68: 471-482.
- Svensson, S. 1970. Bird census work and environmental monitoring. Ecol. Res. Comm. Bull. (9):92 p.
- Williamson, K. 1964. Bird census work in woodland. Bird study 11(1): 1-22.
- Wood, M. 1969. A bird-bander's guide to determination of age and sex of selected species. Coll. Agric., Penn. St. Univ. 181 p.

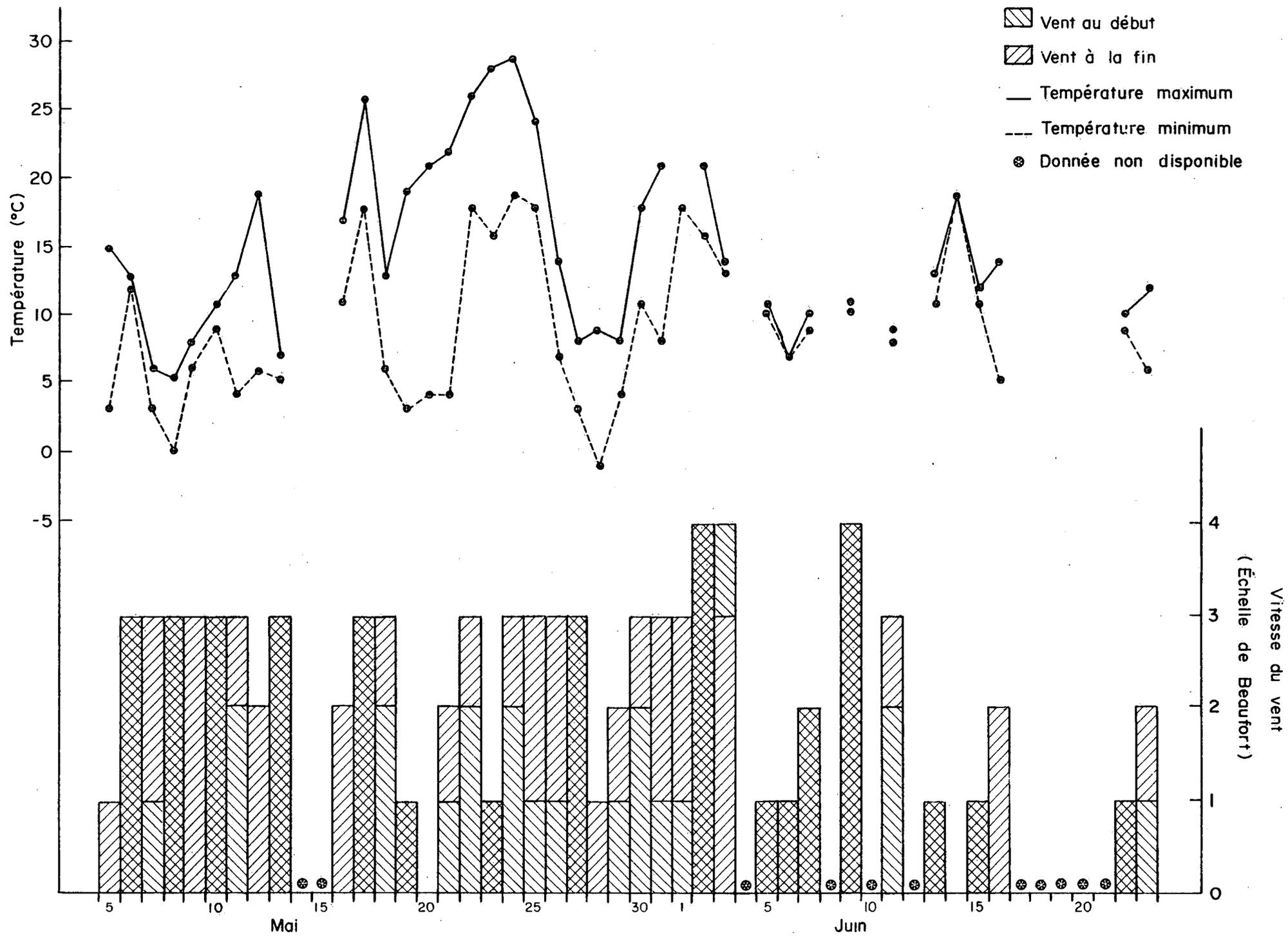
ANNEXE I

NOMS FRANCAIS ET SCIENTIFIQUES
DES ARBRES ET DES ARBUSTES
CITÉS DANS CE TRAVAIL

Amélanchier	<i>Amelanchier</i> spp.
Aulne	<i>Alnus</i> spp.
Bouleau à papier	<i>Betula papyrifera</i>
Bouleau jaune	<i>Betula deleghaniensis</i>
Cerisier	<i>Prunus</i> spp.
Epinette blanche	<i>Picea glauca</i>
Epinette rouge	<i>Picea rubens</i>
Erable à épis	<i>Acer spicatum</i>
Erable à sucre	<i>Acer saccharum</i>
Erable rouge	<i>Acer rubrum</i>
Framboisier	<i>Rubus</i> spp.
Frêne	<i>Fraxinus</i> spp.
Mélèze laricin	<i>Larix laricina</i>
Noisetier à long bec	<i>Corylus cornuta</i>
Peuplier baumier	<i>Populus tremuloides</i>
Peuplier faux-tremble	<i>Populus balsamifera</i>
Pin blanc	<i>Pinus strobus</i>
Sapin baumier	<i>Abies balsamea</i>
Saule	<i>Salix</i> spp.
Sorbier	<i>Sorbus</i> spp.
Thuya occidental	<i>Thuya occidentalis</i>

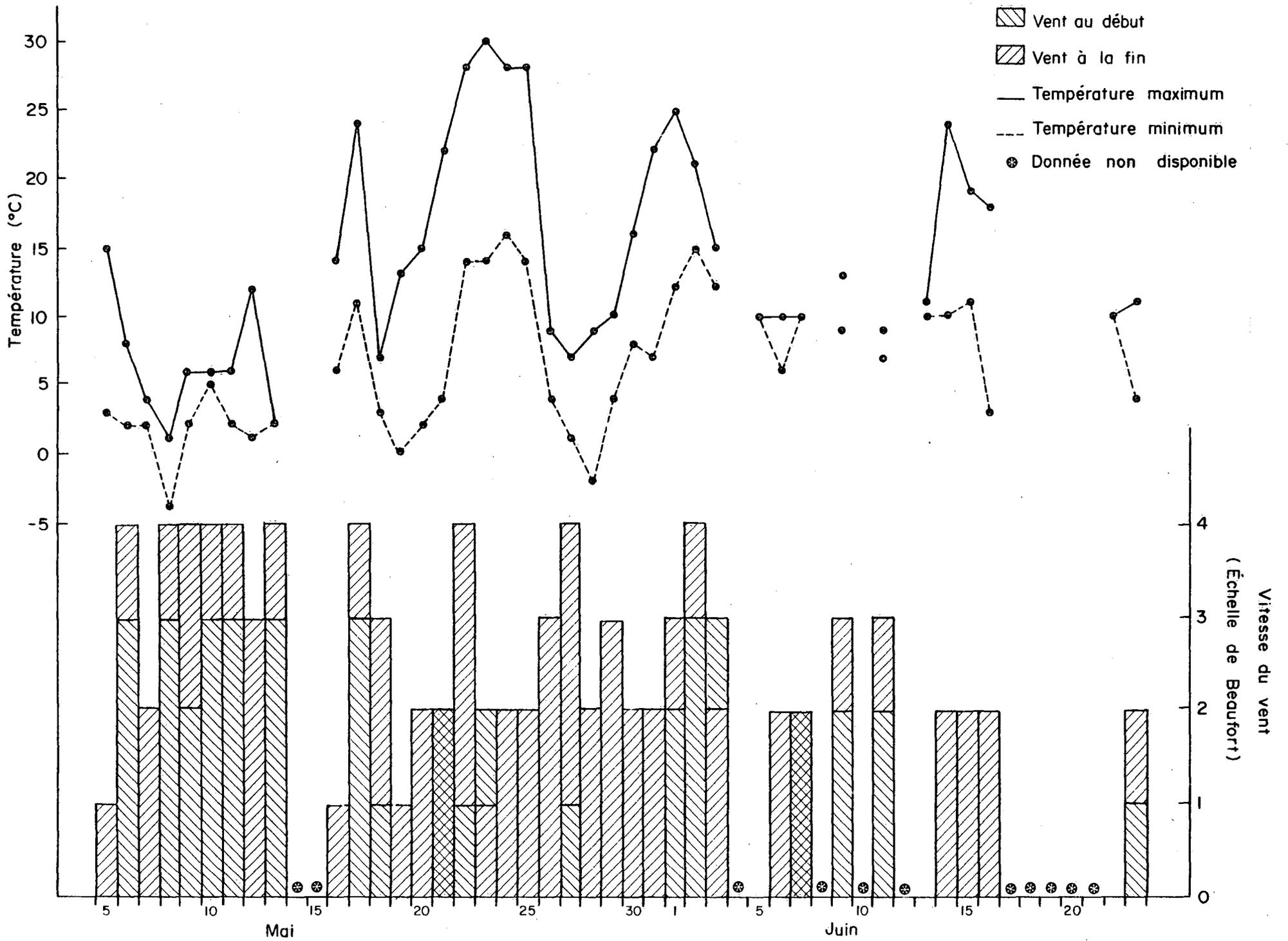
ANNEXE II

DONNÉES CLIMATIQUES PERTINENTES
À LA ZONE TÉMOIN EN 1977



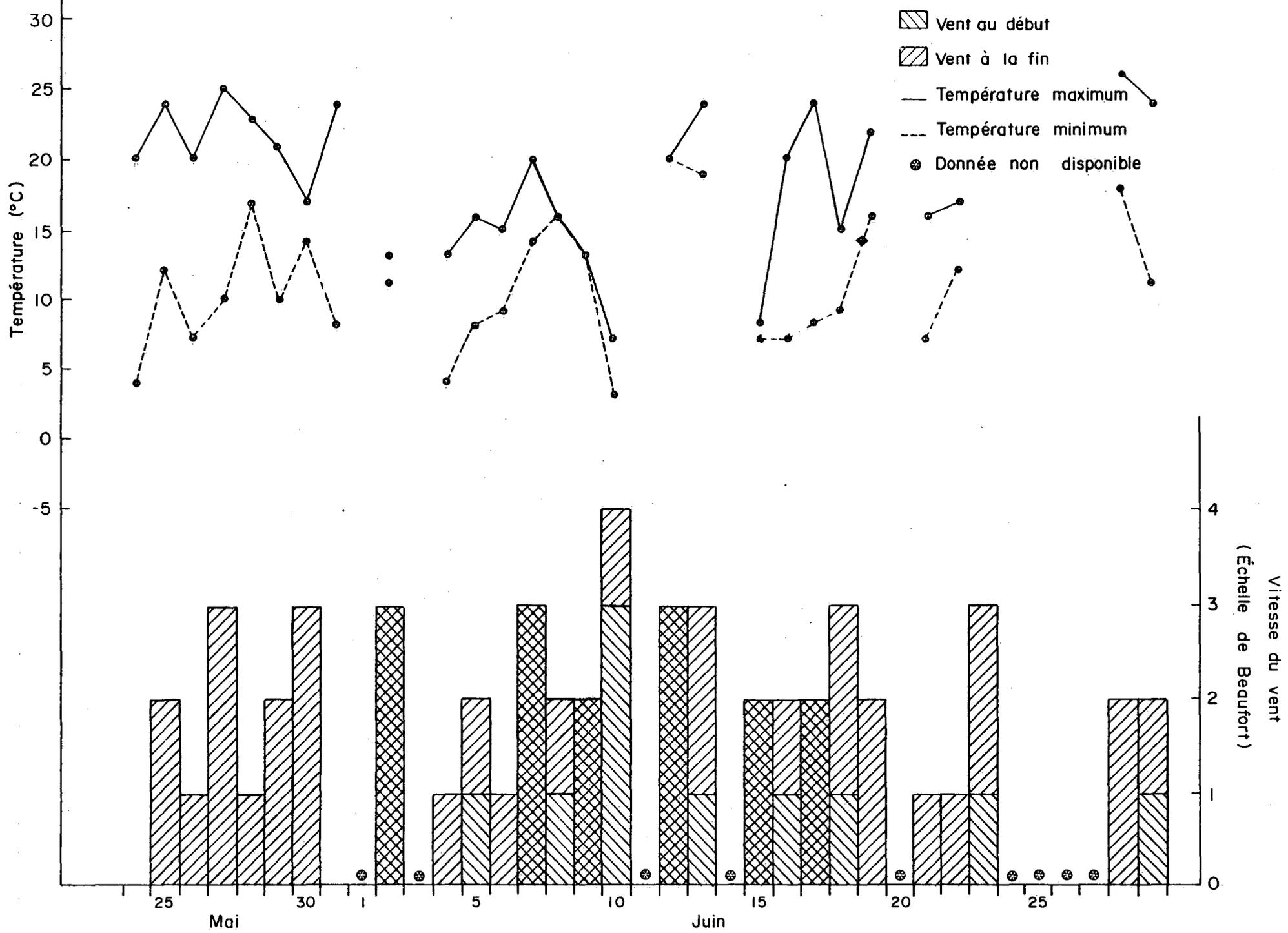
ANNEXE III

DONNÉES CLIMATIQUES PERTINENTES À
LA ZONE EXPÉRIMENTALE EN 1977



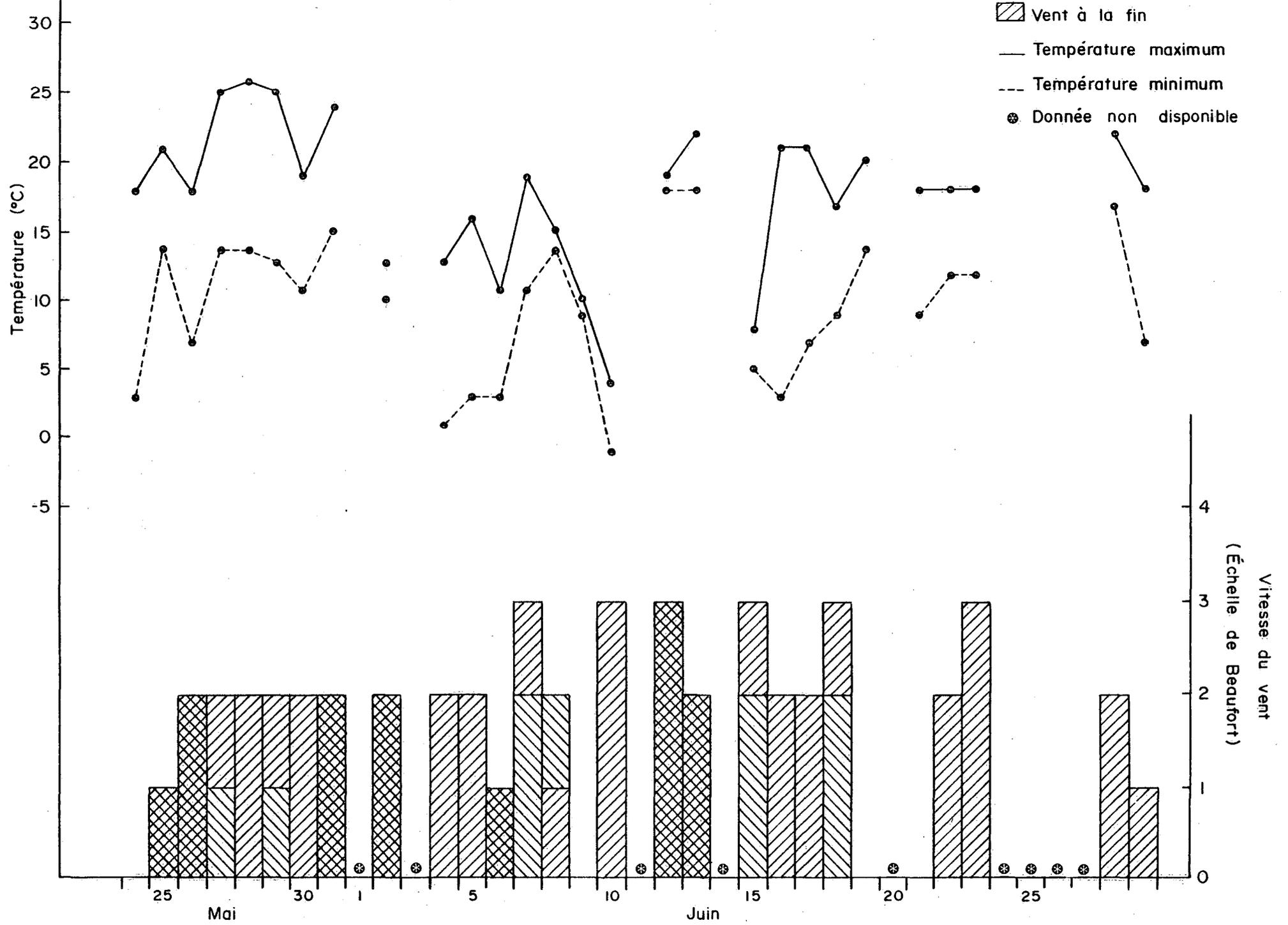
ANNEXE IV

DONNÉES CLIMATIQUES PERTINENTES
À LA ZONE TÉMOIN EN 1978



ANNEXE V

DONNÉES CLIMATIQUES PERTINENTES À
LA ZONE EXPÉRIMENTALE EN 1978



ANNEXE VI

NOMS FRANCAIS ET SCIENTIFIQUES
DES ESPÈCES D'OISEAUX CITÉES
DANS CE TRAVAIL

Famille Accipitridae

Epervier brun *Accipiter striatus*

Famille Falconidae

Crécerelle d'Amérique *Falco sparverius*

Famille Tetraonidae

Gélinotte huppée *Bonasa umbellus*

Famille Scolopacidae

Bécassine des marais *Capella gallinago*

Famille Trochilidae

Colibris à gorge rubis *Archilochus colubris*

Famille Picidae

Pic flamboyant *Colaptes auratus*

Pic maculé *Sphyrapicus varius*

Pic mineur *Picoides pubescens*

Famille Tyrannidae

Moucherolle à ventre jaune *Empidonax flaviventris*

Moucherolle Tchébec *Empidonax minimus*

Moucherolle des aulnes *Empidonax alnarum*

Moucherolle de l'est *Contopus virens*

Famille Corvidae

Geai gris *Perisoreus canadensis*

Famille Paridae

Mésange à tête noire *Parus atricapillus*

Mésange à tête brune *Parus hudsonicus*

Famille Sittidae

Sittelle à poitrine rousse *Sitta canadensis*

Famille Certhiidae

Grimpereau brun *Certhia familiaris*

Famille Troglodytidae

Troglodyte des forêts *Troglodytes troglodytes*

Famille Turdidae

Merle d'Amérique *Turdus migratorius*

Grive solitaire *Catharus guttatus*

Grive à dos olive *Catharus ustulatus*

Grive fauve *Catharus fuscescens*

Famille Sylviidae

Roitelet à couronne rubis *Regulus calendula*

Famille Vireonidae

Viréo à tête bleue	<i>Vireo solitarius</i>
Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>
Viréo de Philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>

Famille Parulidae

Fauvette obscure	<i>Vermivora peregrina</i>
Fauvette à joues grises	<i>Vermivora ruficapilla</i>
Fauvette parula	<i>Parula americana</i>
Fauvette à tête cendrée	<i>Dendroica magnolia</i>
Fauvette tigrée	<i>Dendroica tigrina</i>
Fauvette bleue à gorge noire	<i>Dendroica caerulescens</i>
Fauvette à croupion jaune	<i>Dendroica coronata</i>
Fauvette verte à gorge noire	<i>Dendroica virens</i>
Fauvette à gorge orangée	<i>Dendroica fusca</i>
Fauvette à flancs marrons	<i>Dendroica pensylvanica</i>
Fauvette à poitrine baie	<i>Dendroica castanea</i>
Fauvette rayée	<i>Dendroica striata</i>
Fauvette couronnée	<i>Seiurus aurocapillus</i>
Fauvette des ruisseaux	<i>Seiurus noveboracensis</i>
Fauvette triste	<i>Oporornis philadelphia</i>
Fauvette masquée	<i>Geothlypis trichas</i>
Fauvette à calotte noire	<i>Wilsonia pusilla</i>
Fauvette du Canada	<i>Wilsonia canadensis</i>
Fauvette flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>

Famille Thraupidae

Tangara écarlate

Piranga olivacea

Famille Fringillidae

Gros-bec à poitrine rose

Pheucticus ludovicianus

Roselin pourpré

Carpodacus purpureus

Junco ardoisé

Junco hyemalis

Pinson familier

Spizella passerina

Pinson à gorge blanche

Zonotrichia albicollis

Pinson de Lincoln

Melospiza lincolni

ANNEXE VII

DISTRIBUTION DES ESPÈCES SELON
LEUR NICHE ÉCOLOGIQUE

Espèces qui se nourrissent au
au niveau de la strate
arborescente

Espèces qui se nourrissent au
niveau de la strate
arbustive

Espèce qui se nourrissent au niveau
du sol

Viréo à tête bleue

Viréo aux yeux rouges

Viréo de Philadelphie

Fauvette parula

Fauvette tigrée

Fauvette verte à gorge noire

Fauvette à gorge orangée

Fauvette à poitrine baie

Fauvette rayée

Tangara écarlate

Gros-bec à poitrine rose

Mésange à tête noire

Mésange à tête brune

Merle d'Amérique

Roitelet à couronne rubis

Fauvette obscure

Fauvette à joues grises

Fauvette à tête cendrée

Fauvette bleue à gorge noire

Fauvette à flancs marrons

Fauvette du Canada

Fauvette triste

Fauvette masquée

Fauvette à calotte noire

Pinson des marais

Pinson de Lincoln

Pinson chanteur

Troglodyte des forêts

Grive solitaire

Grive à dos olive

Grive fauve

Fauvette couronnée

Fauvette des ruisseaux

Junco ardoisé

Pinson familier

Pinson à gorge blanche