

3609605F

**UTILISATION DES DÉNOMBREMENTS MIGRATOIRES POUR LA SURVEILLANCE DES
POPULATIONS D'OISEAUX TERRESTRES : ÉTAT DE LA SITUATION**

Erica H. Dunn et David J.T. Hussell

Série de rapports techniques N° 238
Administration centrale 1995
Service canadien de la faune



Ce rapport peut être cité comme suit:

Dunn, E.H. and D.J.T. Hussell. 1995. Utilisation des dénombrements migratoires pour la surveillance des populations d'oiseaux terrestre : état de la situation. Série de rapports techniques N° 238, Service canadien de la faune, Administration centrale.

SK
470
T42
No-238

Publié en vertu de l'autorisation du
ministre de l'Environnement
Service canadien de la faune

© Ministre des Approvisionnements et Service Canada 1995

N° de catalogue CW69-5/238F

ISBN 0-662-80413-9

ISSN 0831-6481

Copies disponibles auprès de la:

Service canadien de la faune
Centre national de la recherche faunique
100 boulevard Gamelin
Hull, Québec, Canada K1A 0H3

Also available in english as:

Dunn, E.H., and D.J.T. Hussell. 1995. Using migration counts to monitor landbird populations: review and evaluation of current status. In, Power, D.M. [ed.], Current Ornithology, Vol. 12. Plenum Press, New York.

REMERCIEMENTS

Le présent document est basé sur un rapport rédigé par le premier auteur au titre d'un contrat conclu entre le Service canadien de la faune et l'observatoire d'oiseaux de Long Point. Des échanges avec Deanna Dawson, Sam Droege, George Fairfield, Linda Léddy, John Richardson, Chris Rimmer et Jim Stasz ont permis d'en améliorer le contenu. De même, nous sommes redevables à Peter Blancher, Michael Bradstreet, Greg Butcher, la regrettée Bev Collier, Tony Gaston, Paul Kerlinger et Jon McCracken, qui ont formulé d'utiles commentaires sur les premières versions, ainsi qu'à Frances James et Nadav Nur, qui ont révisé à fond l'avant-dernière version. Nous remercions les personnes suivantes de nous avoir donné accès à des informations ou à des résultats inédits : Mary Ellen Hebb (données de dénombrements de rapaces diurnes menés à Grimsby, en Ontario, réunies par des bénévoles dans le cadre de la Niagara Peninsula Hawk Watch) et Raymond J. Adams, du Kalamazoo Nature Centre (données de capture au filet japonais présentées à la figure 5). Lucille Brown, du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, a participé au calcul des tendances présentées à la figure 4. Enfin, Bruce Peterjohn, du National Biological Service, et Brian Collins, du Service canadien de la faune, ont fourni les tendances dérivées des données du BBS. Le présent document constitue le rapport n° 94-04 de la série de rapports de recherches sur les écosystèmes terrestres méridionaux du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

RÉSUMÉ

À l'origine, ce document a été publié en anglais: il constituait un chapitre dans "Current Ornithology" (réimpression ci-jointe avec la permission de Plenum Press; voir page ii). Ce document examine les différentes méthodes employées pour le comptage des oiseaux pendant leur migration et discute du pour et du contre de chacune. Il examine aussi les principales procédures d'analyse des données des décomptes migratoires. Les tendances démographiques fondées sur les décomptes migratoires sont comparées aux tendances selon les populations isolées, démontrant ainsi un niveau encourageant de similitude. Il est donc établi que le monitoring normalisé des migrations constitue une technique valable de relevé des populations qui peut s'avérer particulièrement utile pour le suivi d'espèces peu couvertes par les autres programmes de suivi.

SUMMARY

This paper was originally published in English as a chapter in 'Current Ornithology' (reprinted here with the permission of Plenum Press; see page ii). The paper reviews the various methods used to count birds during their migration, discussing the strengths and weaknesses of each. Also reviewed are the main procedures for analyzing migration count data. Population trends based on migration counts are compared to independently-derived population trends, demonstrating encouraging levels of agreement. It is concluded that standardized migration monitoring has value as a population monitoring technique, which could be particularly useful in tracking species that are poorly covered by other monitoring programs.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	iii
Résumé/Summary	iv/v
Table des Matières	vi
Figures	vii
Tableaux	vii
1. Introduction	1-1
2. Qu'est-ce qu'un dénombrement migratoire?	2-1
3. Collecte des données de dénombrement migratoire	3-1
3.1 Choix du lieu du dénombrement	3-1
3.2 Capture	3-3
3.3 Observations	3-6
3.4 Totaux estimatifs quotidiens	3-9
3.5 Sommaire - Collecte des données	3-10
4. Analyse des données de dénombrement migratoire	4-1
4.1 Indices annuels	4-1
4.2 Tendances	4-7
4.3 Sommaire - Analyse des données	4-10
5. Évaluation de l'utilisation des dénombrements migratoires pour la surveillance des populations	5-1
5.1 Information accessoire selon laquelle les dénombrements migratoires indiquent la taille des populations	5-1
5.2 Correspondance entre les tendances révélées par les dénombrements migratoires et les tendances des populations nicheuses	5-3
5.3 Conclusions - Évaluation	5-12
6. Synthèse : avantages et inconvénients du recours aux dénombrements migratoires pour la surveillance des populations	6-1
7. L'avenir de la surveillance des migrations en Amérique du Nord	7-1
8. Bibliographie	8-1

Figures:	Figure 1. Représentation schématique de la signification des termes.	2-2
	Figure 2. Exemple de distribution asymétrique de dénombrements	4-3
	migratoires quotidiens.	
	Figure 3. Taux de variation des indices propres aux TEQ relevés à	5-10
	l'observatoire d'oiseaux de Long Point, par rapport aux tendances	
	médianes propres aux données du Relevé des oiseaux nicheurs	
	recueillies en Ontario de 1967 à 1987.	
	Figure 4. Taux de variation des indices propres aux dénombrements	5-11
	effectués pendant les migrations printanières de rapaces à	
	Grimsby, en Ontario, par rapport aux tendances médianes propres	
	aux données du BBS recueillies en Ontario de 1975 à 1990.	
	Figure 5. Taux de variation des indices propres aux dénombrements	5-13
	effectués pendant la migration d'automne à deux postes de	
	bagueage situés à Kalamazoo, au Michigan, par rapport aux	
	tendances médianes propres aux données du BBS recueillies	
	dans cet État, pour les espèces migratrices qui se reproduisent	
	seulement au nord de ces postes.	
	Figure 6. Position des postes de surveillance des migrations dans	7-3
	le sud du Canada et dans les parties voisines des États-Unis	
Tableaux:	Tableau 1. Études révélant une correspondance entre les tendances	5-5
	dégagées de dénombrements migratoires et celles dégagées de	
	données du BBS	
	Tableau 2. Oiseaux terrestres pour lesquels les dénombrements	6-2
	migratoires pourraient être particulièrement utiles au	
	suivi des tendances démographiques parce que celles-ci	
	sont mal évaluées par les autres programmes de surveillance	

1. INTRODUCTION

L'accroissement des connaissances sur les populations d'oiseaux terrestres d'Amérique du Nord et les préoccupations quant à leur situation (voir, p. ex., Robbins et al., 1989; Askins et al., 1990; Askins, 1993) ont fait augmenter l'intérêt envers les méthodes de surveillance des variations des populations d'oiseaux non-gibier. Sans cette surveillance, on ne peut expliquer les variations à long terme, déterminer si les variations à court terme se situent dans une gamme de valeurs normales ni évaluer l'efficacité de la gestion.

Les dénombrements d'oiseaux nicheurs sont généralement considérés comme la méthode de recensement la plus utile, car ils sont directement liés à une population nicheuse particulière. Le Relevé des oiseaux nicheurs (BBS) est le principal programme de dénombrement en Amérique du Nord (Erskine, 1978; Robbins et al., 1986). Toutefois, les dénombrements d'oiseaux nicheurs ont leurs limites, et le choix des méthodes de comptage et d'analyse donne lieu à de vifs échanges (voir, p. ex., Sauer et Droege, 1990). Qui plus est, les dénombrements du BBS sont épars dans beaucoup de régions.

Il est important de disposer d'autres types de relevés pour obtenir des données indépendantes permettant les comparaisons avec les résultats du BBS et pour remédier aux absences de données sur les espèces et les populations dont souffre ce programme. Or, les dénombrements d'oiseaux pendant les migrations constituent un de ces types de relevés. Les dénombrements migratoires effectués en Amérique du Nord pourraient être particulièrement utiles pour évaluer les tendances de l'effectif des espèces dont la densité de nidification est très faible, qui ne se reproduisent pas principalement dans les habitats couverts par les relevés routiers comme ceux du BBS ou dont le territoire d'été se trouve dans une région isolée, comme la forêt boréale. En outre, nombre des espèces que le BBS ne permet pas de recenser hivernent au sud des États-Unis, si bien qu'elles ne peuvent être observées en hiver dans ce pays, notamment à l'occasion des recensements des oiseaux de Noël. En ce qui concerne ces espèces, les dénombrements migratoires sont actuellement le seul moyen de surveillance. Même s'ils peuvent être très utiles pour la surveillance des populations, ils ont été relativement peu utilisés à cette fin (Hussell, 1981). La grande variabilité des comptes migratoires, attribuable surtout aux conditions météorologiques (Richardson, 1978), porte à croire que les indices et les tendances annuels qui en résultent peuvent manquer.

d'exactitude, et certains auteurs ont conclu qu'il existe d'autres méthodes plus efficaces de surveillance des variations démographiques (voir, p. ex., Svensson, 1978). En partie pour répondre à ces préoccupations, les responsables du Neotropical Migratory Bird Conservation Program («Partners in Flight») ont recommandé qu'on tienne un atelier afin d'évaluer le potentiel des dénombrements migratoires comme moyens de surveillance des populations (Butcher et al., 1993). Cet atelier, qui a eu lieu en 1993, a débouché sur des recommandations visant à élargir notre capacité de surveillance des populations pendant les migrations (Blancher et al., 1993).

Le présent document a pour objet de résumer l'état de nos connaissances sur l'utilisation des dénombrements migratoires pour la surveillance des populations d'oiseaux terrestres, d'évaluer ces connaissances et de déterminer ce qu'il nous reste à apprendre. Il accorde une grande place aux méthodes de collecte et d'analyse des données, car les points forts et les lacunes des différentes méthodes influent sur la capacité d'un dénombrement migratoire donné d'assurer le suivi des effectifs. Bien que nous présentions de la documentation provenant d'Europe, nous voulons surtout faire le point sur la surveillance des migrations d'oiseaux en Amérique du Nord.

2. QU'EST-CE QU'UN DÉNOMBREMENT MIGRATOIRE?

Dans le présent document, on entend par *dénombrement migratoire* le nombre d'oiseaux terrestres enregistré une journée donnée pendant leur migration printanière ou automnale. Il s'agit d'une définition large qui englobe les migrateurs nocturnes et les migrateurs diurnes recensés aux haltes ou à leur passage à un point déterminé, capturés ou détectés au radar. Le terme *oiseau terrestre* désigne toute espèce d'oiseau principalement terrestre, y compris les rapaces; il exclut donc la sauvagine, les oiseaux de rivage, les oiseaux de mer et les autres oiseaux aquatiques.

Le vaste champ sémantique de nos définitions de *dénombrement migratoire* et d'*oiseau terrestre* fait en sorte que nous nous intéresserons aux données sur différents groupes d'espèces recueillies par différentes méthodes. Néanmoins, bien que cet ouvrage soit limité aux oiseaux terrestres, certaines des méthodes et des idées présentées peuvent s'appliquer à d'autres groupes aviaires. Dans la présente section, nous examinons dans quelle mesure tous les dénombrements migratoires peuvent se comparer et donc être considérés globalement.

On recense généralement les migrateurs nocturnes à un point d'arrêt suivant un vol migratoire, mais on peut aussi les dénombrer pendant leurs déplacements, notamment en les capturant la nuit (Slack et al., 1987; Duffy et Kerlinger, 1992), au radar (Richardson, 1978) ou au moyen d'autres méthodes spéciales de comptage des oiseaux la nuit (voir, p. ex., Lowery et Newman, 1955; Graber et Cochrane, 1960; Russell et al., 1991; Svazas, 1991). On peut aussi profiter du fait que certains migrateurs nocturnes poursuivent leur vol durant le jour (Bingman, 1980; Hall et Bell, 1981; Wiedner et al., 1992). Quant aux migrateurs diurnes, ils sont en général comptés uniquement pendant leur vol (Bednarz et Kerlinger, 1989; Eckert, 1990).

Quel que soit l'espèce, le mode de migration ou la méthode de recensement, le nombre d'individus dénombré pendant une journée ne représente qu'une partie du nombre d'oiseaux qui migrent ce jour-là. Qui plus est, ce nombre varie d'une journée à l'autre en fonction des conditions du temps et peut-être d'autres facteurs. Puisqu'il faut concevoir les méthodes de cueillette et d'analyse des données en conséquence, il est important d'exposer clairement les sources de variation. Nous donnons donc une définition détaillée de plusieurs termes (voir le schéma de la figure 1).

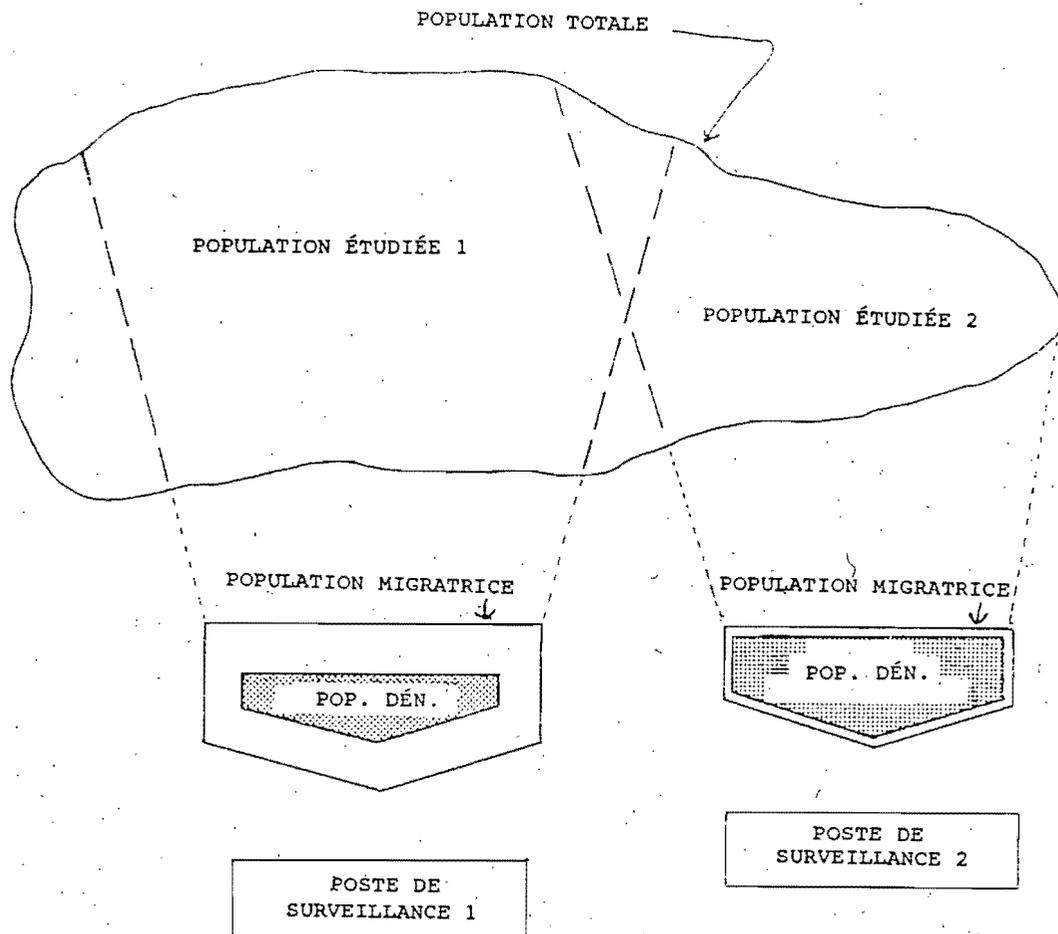


Figure 1. Représentation schématique de la signification des termes (voir le texte)

Par *population étudiée*, on entend la partie de la *population totale* qui peut passer au-dessus d'un site de surveillance donné pendant la migration.

La *population migratrice* correspond à la partie de la population étudiée qui passe au site de surveillance ou qui s'y arrête en une période de 24 heures.

La *population dénombrée* (zone ombrée) est la partie de la population migratrice quotidienne qui peut être comptée au site de surveillance. Le *dénombrement migratoire* est la partie de la population dénombrée effectivement recensée pendant la période de dénombrement quotidienne.

Le terme *population totale* désigne l'ensemble des individus d'une espèce. Dans la plupart des cas, les variations de cette population ne peuvent être décelées à partir d'un seul endroit.

Par *population étudiée*, on entend la partie de la population totale qui peut être comptée à un endroit donné. C'est la population dont nous espérons pouvoir déceler les variations. En règle générale, il n'est pas possible de déterminer les limites géographiques précises des populations étudiées à l'intérieur de la population totale (comme l'indiquent les lignes tiretées dans la figure 1). Même s'il existera une zone centrale dans laquelle une grande partie des individus appartiennent à la population étudiée, il y aura aussi des zones périphériques où seulement une faible proportion des individus peuvent être dénombrés à partir d'un lieu d'observation donné.

On suppose que les oiseaux suivent les routes migratoires traditionnelles, de sorte que la même population étudiée peut être échantillonnée à un endroit donné chaque année. Aux postes de surveillance disséminés le long de la voie migratoire de la population totale, on peut échantillonner des populations étudiées distinctes ou chevauchantes selon que les oiseaux qui nichent ou hivernent dans une zone particulière suivent la même voie ou des voies différentes.

La *population migratrice* correspond à la partie de la population étudiée qui peut contribuer à l'afflux de nouveaux arrivants un jour donné (voir la figure 1). À un poste de surveillance donné, la somme des populations migratrices pour l'ensemble de la saison équivaut à la population étudiée à cet endroit.

Bien que les oiseaux appartenant à la population migratrice survolent directement le poste de surveillance ou passent à proximité, nombre d'individus ne peuvent être dénombrés parce qu'ils transitent la nuit sans s'arrêter, qu'ils volent trop haut ou trop loin le jour pour qu'on puisse les compter ou qu'ils se manifestent à l'extérieur de la période fixée pour le recensement ou la capture. Le nombre d'oiseaux qui peut être compté est appelé *population dénombrée* (zone ombrée dans la figure 1).

Le *dénombrement migratoire* quotidien correspond au sous-ensemble d'individus de la population dénombrée qui est effectivement repéré et enregistré. Dès lors, selon la définition donnée ici, le compte effectué chaque jour constitue un échantillon indépendant de la population dénombrée,

comme il est supposé dans la plupart des méthodes d'analyse (voir la section 4). Or, cette hypothèse est erronée dans la mesure où les nombres enregistrés un jour donné comprennent des oiseaux résidents ou des individus déjà observés qui font une halte prolongée.

Les rapports entre ces variables ne sont pas constants. Ainsi, la partie de la population dénombrée incluse dans le dénombrement migratoire varie d'un jour à l'autre selon l'effort de recensement, la compétence des observateurs, les conditions du temps (la visibilité par exemple) et les phénomènes saisonniers (comme la quantité de feuillage au printemps). Les besoins alimentaires des migrants ou l'état des réserves alimentaires locales peuvent influencer sur le comportement alimentaire des oiseaux, et donc sur leur degré de visibilité. La normalisation des méthodes de recensement ou de capture a pour but d'assurer l'uniformité maximale du rapport population dénombrée-dénombrement migratoire d'un jour à l'autre et d'une année à l'autre.

De plus, la *population dénombrée* n'équivaut pas toujours à la même fraction de la *population migratrice* (voir, p. ex., Graber et Cochrane, 1960; Zalakevicius, 1991). Un exemple extrême, dans le cas des migrateurs nocturnes, est l'«atterrissage massif», soit l'arrêt brusque d'un important flot migratoire au passage d'un front atmosphérique, qui fait en sorte qu'un nombre exceptionnellement élevé de migrants s'arrêtent à un endroit particulier (Richardson, 1978; Riddiford, 1985). Les conditions météorologiques peuvent forcer les migrateurs diurnes, tels les rapaces diurnes, à changer d'altitude (ce qui fait varier la population dénombrée) ou à se concentrer le long des littoraux ou des crêtes montagneuses, où l'on effectue beaucoup de recensements de rapaces diurnes (voir, p. ex., Murray, 1964; Alerstam, 1978; Kerlinger et Gauthreux, 1984; Gauthreux, 1991). La proportion de la population dénombrée que représente la population migratrice peut également varier en fonction de l'attrait exercé par l'habitat.

En dernier lieu, le rapport entre la *population migratrice* et la *population étudiée* n'est pas toujours constant, car la migration se déroule souvent par impulsions au gré des conditions du temps et de la phénologie des saisons (voir, p. ex., Richardson, 1978; Titus et Mosher, 1982). Souvent, les journées marquées par une forte activité migratoire sont suivies de plusieurs jours d'inactivité relative.

Dès lors, tout type de dénombrement migratoire présente une difficulté majeure, soit celle consistant à déterminer si le «bruit» causé par la variation de la population étudiée empêche irrémédiablement de déceler les changements de la taille réelle de cette population.

Quand on dénombre les oiseaux migrateurs à l'aide d'enregistrements continus d'images radar, le *dénombrement migratoire* peut correspondre à la *population migratrice*, auquel cas cette difficulté disparaît. Toutefois, les oiseaux peuvent se déplacer à différentes hauteurs selon les conditions météorologiques et le degré de sensibilité des radars varie selon l'altitude des cibles. Les oiseaux qui migrent à basse altitude sont particulièrement difficiles à détecter. Qui plus est, les groupes en déplacement renvoient souvent un écho unique à l'écran radar, et ce même si leur taille varie (Richardson, 1978). Quoi qu'il en soit, l'observation radar devrait être une méthode d'étude des migrations aussi stable que les autres (la capture et les recensements par observation visuelle), pour autant que la sensibilité des appareils soit invariable d'un jour à l'autre et d'une année à l'autre.

Le principal problème que présente l'emploi du radar pour le suivi des populations découle du fait qu'on peut rarement attribuer un écho donné à une espèce donnée (Richardson, 1978). Parmi les méthodes qu'on peut utiliser de concert avec le radar pour identifier les migrateurs nocturnes, on retrouve le comptage des oiseaux en vol au moyen d'un puissant appareil d'éclairage ou par leur observation au moment où ils traversent le disque lunaire, ainsi que l'enregistrement des cris d'appel en vol (Lowery et Newman, 1955; Graber et Cochrane, 1960; Svazas, 1991). Toutefois, dans la plupart des cas, il est impossible de déterminer à quelle espèce appartiennent les individus observés (Richardson, 1978). Beaucoup de cris ne peuvent encore être attribués à une espèce déterminée, et on ne sait pas si le rythme des appels est constant quelle que soit l'espèce (Graber et Cochrane, 1960; Hamilton, 1962). En outre, il se peut qu'un groupe d'oiseaux identifiés volant à faible altitude ne soit pas représentatif de la composition spécifique des troupes en déplacement à plus haute altitude. Vu que l'observation radar n'est pas utile actuellement pour le suivi d'espèces particulières, il n'en sera plus question dans le présent document.

En somme, le *dénombrement migratoire* est le nombre d'oiseaux migrateurs enregistré une journée donnée à un endroit donné. Quelle que soit la méthode employée, ce nombre ne correspond pas toujours à la *population migratrice* (le nombre réel d'oiseaux transitant à cet endroit ce jour-là), et la

population migratrice ne représente pas toujours la même proportion de la *population étudiée* (celle dont nous voulons connaître les variations). Notre but consiste à déterminer si ces difficultés peuvent être surmontées par le recours à des méthodes appropriées de collecte et d'analyse de données. Comme les problèmes et les solutions sont semblables pour l'ensemble des groupes d'espèces, qu'il s'agisse de migrateurs nocturnes ou diurnes, nous en traiterons globalement dans le reste du document.

3. COLLECTE DES DONNÉES DE DÉNOMBREMENT MIGRATOIRE

Dans la présente section, nous décrivons les méthodes de dénombrement, leurs avantages et leurs inconvénients pour l'estimation du nombre de migrants et les façons dont on peut les normaliser. Pour chaque méthode, nous indiquons les principales sources de données existantes.

3.1 Choix du lieu du dénombrement

De nombreux dénombrements migratoires ont eu lieu à des endroits dont la topographie favorise la concentration des oiseaux migrateurs, en partie parce qu'il est facile d'y attirer des observateurs bénévoles chaque année. Les zones côtières sont propices à l'implantation d'observatoires (voir, p. ex., Hagan et al., 1992; Hussell et al., 1992; Pyle et al., 1994), mais les migrants peuvent se concentrer également à l'intérieur des terres. Les chaînes de montagnes forment des alignements et produisent des courants ascendants qu'empruntent les rapaces diurnes (voir, p. ex., Bednarz et al., 1990), et les cols peuvent être de bons endroits pour l'observation des migrateurs nocturnes (Hall et Bell, 1981; Jenni et Naef-Daenzer, 1986). De même, il peut se former des concentrations d'oiseaux à cause de la configuration des habitats, surtout dans les secteurs isolés composés de milieux relativement propices aux arrêts dans une région autrement peu hospitalière (p. ex., les espaces verts en milieu urbain, les oasis et les zones forestières entourées de terres agricoles ou de marais; Nisbet et al., 1963; Nisbet et Drury, 1969; Martin, 1980; Laske et Helbig, 1987; Bairlein, 1992). La concentration des oiseaux migrateurs varie de légère (là où l'habitat propice aux haltes est épars) à extrême (habituellement à cause de la topographie).

Quand la concentration des oiseaux est due aux conditions topographiques, ceux-ci ont tendance à se concentrer même si l'habitat est peu favorable, ce qui présente un avantage pour la surveillance sur une longue période vu que les changements mineurs dans l'habitat ont peu de chances d'influer sur la part de la *population dénombrée* correspondant à la *population migratrice* (voir la section 2). Beaucoup de lieux de concentration (mais pas tous) présentent un autre avantage en ce qu'ils correspondent souvent à des zones côtières ou montagneuses exposées où la végétation est peu dense. À ces endroits, il est probable que les oiseaux, qui sont faciles à voir et à compter pendant le jour, reprennent leur migration dès que les conditions le permettent (Kuenzi et al., 1991; Ehnbon et al., 1993; Jean et Razin, 1993). Il y a peu de nicheurs locaux parmi les migrants, et les dénombrements quotidiens sont peu biaisés par des comptes répétés de résidents, voire de

migrants, ce qui simplifie l'analyse (voir la section 4). Qui plus est, les dénombrements migratoires peuvent être plus constants dans les habitats ouverts, où on peut distinguer les individus qui entrent dans la zone et qui en sortent de ceux qui s'y concentrent. Cette situation peut exister non seulement pendant la migration continue, mais aussi quand les oiseaux qui s'arrêtent cherchent leur habitat de prédilection (Bingman, 1980; Herremans, 1989; Moore et al., 1990; Bastian et Berthold, 1991; Wiedner et al., 1992) ou se déplacent en fonction de la répartition de la nourriture ou en réaction à la concurrence (Martin, 1980).

Les dénombrements migratoires effectués aux points de concentration côtiers sont soumis à des variations particulièrement importantes, dues aux conditions atmosphériques, du rapport entre la *population dénombrée* et la *population migratrice* (Lack, 1959; DeSante, 1983; Riddiford, 1985). C'est en partie une question d'aire de réception : les zones côtières accueillent non seulement les oiseaux qui les survolent et y atterrissent, mais aussi ceux qui se trouvaient au-dessus de l'eau au moment où ils étaient prêts à faire halte (Wiedner et al., 1992; Ehnbohm et al., 1993). Les jeunes de l'année ont tendance à être sur-représentés dans les recensements de migrants effectués l'automne en milieu côtier (Ralph, 1971; Dunn et Nol, 1980; Ehnbohm et al., 1993) et il se peut que les «vagues» aviaires le long des côtes représentent des mouvements relativement mineurs d'oiseaux inexpérimentés (Nisbet et Drury, 1969). Même si les zones côtières se trouvent en bordure des voies migratoires (Ralph, 1981), il se peut que la plupart des oiseaux en migration ne s'y arrêtent pas. Par ailleurs, le nombre d'oiseaux dénombrés sur les côtes et dans les secteurs intérieurs proches peut présenter des variations parallèles malgré les différences dans le nombre total d'oiseaux (Forsythe et James, 1971). De plus, il se peut que la variation exagérée des effectifs le long du littoral n'influe pas sur la capacité de déceler les changements dans les populations (voir la section 5).

Des dénombrements migratoires sont également effectués là où l'on n'observe des oiseaux qu'en petit nombre, notamment dans les nombreux endroits où les oiseaux sont capturés au filet par des particuliers ou des centres d'étude de la nature. À ces endroits, l'écart entre le nombre d'oiseaux recensés d'un jour sur l'autre peut être relativement faible, et le nombre total d'oiseaux migrateurs peut être 5 à 10 fois inférieur à celui enregistré aux points de concentration (Nisbet et al., 1963; Ehnbohm et al., 1993). Ces endroits présentent des inconvénients pour la surveillance à long terme. Les échantillons peuvent être trop petits pour être analysés ou pour soutenir longtemps l'intérêt des

bénévoles. De plus, les nicheurs locaux, les jeunes de l'année en voie de dispersion et les oiseaux en mue peuvent être confondus avec les véritables migrants (Rappole et Ballard, 1987; Young, 1991; Winker et al., 1992; Baker, 1993), alors qu'on trouve ces derniers en plus grande proportion aux points de concentration, ce qui complique l'analyse. Dans les secteurs convenant pour les haltes, l'habitat exerce probablement un plus grand effet sur la composition spécifique, l'effectif et la durée du séjour qu'aux points de concentration plus exposés (Hutto, 1985; Weisbrod et al., 1993; Dunn et al., sous presse, a). Il y a donc danger que les tendances à long terme des effectifs, dans les endroits favorables aux haltes, résultent d'un changement de l'habitat plutôt que de variations de la taille des populations étudiées. Quoi qu'il en soit, au moins quelques endroits où les conditions n'exercent pas d'influence particulière sur le degré de concentration des oiseaux peuvent convenir à la détection des changements d'effectif sur une courte période (voir la section 5).

3.2. Capture

Dans le présent document, le terme *capture* désigne n'importe quelle méthode de capture, y compris la capture au filet japonais.

L'utilisation du nombre d'oiseaux capturés comme échantillon de la population dénombrée présente des avantages : la collecte des données est facile à normaliser et l'on peut obtenir des résultats uniformes même si l'expérience des personnes affectées aux captures est très variée au-delà des compétences de base nécessaires à l'observation et à la manipulation des oiseaux. La manipulation permet de déterminer l'âge et le sexe des individus capturés, ce qui est important dans certaines analyses de la dynamique des populations, et il peut être possible de déterminer les lieux de reproduction de ces individus par l'observation de leurs caractères externes ou génétiques (Bergstrom et Drury, 1956; H. Lisle Gibbs, comm. pers.). La capture permet d'échantillonner certaines espèces difficiles à recenser par ailleurs, tels les oiseaux qui se déplacent de façon désordonnée et les hiboux. Enfin, on peut utiliser les données obtenues lors des reprises pour estimer le nombre d'individus qui se sont déjà arrêtés au même endroit les jours précédents; il s'agit d'une considération importante, car la variation du temps de halte des migrants (d'un jour à l'autre ou d'une année à l'autre) peut fausser les dénombrements migratoires. Par surcroît, certaines analyses reposent sur l'hypothèse que chaque dénombrement quotidien est un échantillon

indépendant de la *population étudiée*, hypothèse qui ne tient plus si les mêmes individus sont inclus dans des dénombrements successifs.

En revanche, le comptage par capture présente certains inconvénients si cette méthode est la seule utilisée. Ainsi, le vent ou la pluie peut nuire à la capture même s'il y a beaucoup d'oiseaux en migration. Certains habitats ou certaines espèces (comme les insectivores qui se nourrissent en vol) se prêtent difficilement à l'emploi de cette méthode. En outre, comme l'emplacement du piège et la hauteur de la végétation influent sur le nombre et les espèces d'oiseaux capturés (Payevsky, 1990), il faut normaliser le choix des sites et gérer la végétation. Le comportement alimentaire des oiseaux qui agit sur le potentiel de capture, peut varier en fonction de facteurs météorologiques et saisonniers, comme la phénologie de la végétation.

On peut uniformiser le programme de capture de plusieurs façons, afin de réduire la variabilité du nombre d'oiseaux capturés attribuable à celle de l'effort de capture, et gérer l'habitat de manière à en assurer la stabilité dans le temps. Les normes en cette matière devraient porter sur le nombre et le type des filets et des autres moyens de capture (y compris la longueur des filets et la largeur de maille; voir Pardieck et Waide, 1992), les heures d'utilisation, la fréquence des vérifications des pièges et les types d'attractifs autorisés (appâts, mangeoires ou abreuvoirs). La supervision des participants aux programmes de capture (formation des bénévoles, rédaction d'un manuel, vérification des données, rétroaction, etc.) peut aussi jouer un rôle important dans le maintien des normes.

On a recours à la capture pour la surveillance des populations dans le but de prélever des échantillons cohérents, et pas nécessairement les plus grands possible, de la *population dénombrée* (le nombre d'oiseaux présents ou passant dans un secteur un jour donné et pouvant être comptés). Il faudrait donc fixer à cet égard des exigences que peut respecter le personnel ordinairement affecté à la capture. En outre, il faudrait coder séparément, dans les registres des données, celles obtenues à la suite de captures résultant d'efforts exceptionnels pour qu'elles soient exclues de l'analyse.

Il existe en Amérique du Nord des douzaines de bagueurs d'oiseaux qui pourraient fournir des données, mais peu nombreux sont ceux qui pratiquent le baguage régulièrement pendant les

périodes de migration sur une dizaine d'années au moins (selon Dawson, 1990, ils sont moins de 25). Qui plus est, dans la plupart des cas, il y a probablement eu peu de cohérence au cours de chaque saison et d'une saison à l'autre. Quand il existe des données fiables, celles recueillies à des postes exploités par des particuliers peuvent être valables pour la surveillance des populations.

Les observatoires d'oiseaux et les postes de baguage exploités de concert par plusieurs organismes en Amérique du Nord disposent généralement de données complètes recueillies sur une plus longue période que ceux exploités par des particuliers (Hagan et al., 1992; Hussell et al., 1992; Pyle et al., 1994). Le baguage a lieu pratiquement tous les jours, et le nombre de filets utilisé est habituellement assez constant. Toutefois, à certains postes, le nombre et l'emplacement des filets varie fréquemment en fonction des conditions atmosphériques et, à plus long terme, avec l'évolution de l'habitat. L'effort quotidien peut varier également, et il se peut que l'utilisation de pièges supplémentaires et d'attractifs soit très différente d'un endroit à l'autre. En outre, on peut obtenir des données de postes d'observation de rapaces diurnes, mais celles-ci sont probablement moins uniformes en moyenne que celles ayant trait aux oiseaux chanteurs, recueillies sur de plus longues périodes.

Le «Mettnau-Reil-Illnitz-Programm» austro-allemand est un des systèmes les plus parfaitement normalisés de collecte de données de baguage indépendantes de l'effort de capture. Ce programme, qui existe depuis 1974, vise l'exploitation de trois postes très éloignés les uns des autres le long d'une route migratoire orientée dans l'axe nord-sud; chaque poste est situé dans un milieu riverain planté de roseaux qui fait l'objet d'une gestion assurant sa constance au fil des ans. Aux trois endroits, des filets du même type sont placés en même nombre et selon une configuration semblable, à la même distance des uns des autres. À chacun des postes, ouverts 24 heures par jour, les filets sont vérifiés toutes les heures de l'aube au crépuscule pendant toute la saison de migration (Berthold et Schlenker, 1975; Berthold et al., 1986a, 1991). Les bénévoles reçoivent une formation, et on a normalisé le mode de fonctionnement dans la mesure du possible, afin de réduire au minimum la variation des dénombrements due à des différences dans les méthodes ou le degré d'effort.

3.3 Observations

Le comptage par observation visuelle et le baguage ont tendance à s'opposer quant aux avantages et aux inconvénients. Certaines espèces sont plus faciles à voir qu'à capturer et, dans l'ensemble, la première méthode permet d'observer un plus grand nombre d'espèces. Si la zone d'étude renferme des habitats divers, l'observation peut assurer un échantillonnage plus uniforme que la capture et permettre le dénombrement dans des conditions météorologiques non propices au baguage.

Par contre, l'observation ne permet pas la collecte de données de reprise d'oiseaux ni la détermination de l'âge et du sexe des individus, et les totaux incluent souvent des oiseaux attardés en plus des nouveaux venus. Si des individus se déplacent de façon désordonnée, ils peuvent être comptés plus d'une fois (voir, p. ex., Holthuizen et Oosterhuis, 1985). Par ailleurs, certaines espèces sont plus difficiles à voir qu'à capturer. Enfin, les écarts entre les données, d'un observateur à l'autre, peuvent causer des différences encore plus importantes entre les effectifs dans le cas des observations que dans celui des captures (Källender et Rydén, 1974).

De nombreux aspects des observations doivent être normalisés de la même manière pour les captures; il faut notamment déterminer d'avance le nombre, le lieu et les heures des observations. Comme dans le cas des captures, il faudrait chercher à obtenir des échantillons cohérents d'un jour à l'autre et d'une année à l'autre. Différents types de dénombrements peuvent être nécessaires pour l'échantillonnage d'espèces différentes (Wiedner et al., 1992), et l'habitat peut influencer sur le choix des méthodes, telles que la recherche par secteur et le recensement le long de transects ou à des points déterminés, modifiées aux fins des dénombrements migratoires (Ralph et al., 1993). On peut énoncer clairement les modalités, comme celles concernant l'enregistrement des individus observés ou entendus et les distances d'observation. On peut également établir un programme de veille continue ou d'échantillonnages ponctuels (p. ex., deux dénombrements d'une heure chaque jour, le matin et l'après-midi, ou des veilles de 15 minutes par heure). Les registres doivent permettre de calculer le nombre d'individus dénombré par unité de temps d'observation ou le nombre total d'individus dans le secteur couvert. Si la plupart des dénombrements sont effectués par un ou quelques observateurs, il faudrait prévoir suffisamment de chevauchement de leurs secteurs respectifs pour permettre de quantifier les écarts entre les données de chacun. Si le taux de roulement des observateurs est élevé, on peut assurer leur rotation au hasard tout au long de la

saison, dans le but d'éviter un biais constant propre à l'observateur. De la formation ou des contrôles peuvent être nécessaires pour garantir un degré de compétence minimum de la part de tous les observateurs. Les manuels constituent un moyen d'assurer la diffusion et le respect des règles de manière uniforme (voir, p. ex., Fuller et Titus, 1990; McCracken et al., 1993). Comme dans le cas de la capture, le fait d'axer la supervision de l'effort d'observation organisé sur la communication des objectifs, le contrôle fréquent des résultats et la rétroaction peut contribuer grandement au maintien des normes.

Les ensembles de données nord-américaines sur les migrations qui sont basés sur des observations varient considérablement quant à leur degré de normalisation. Une multitude d'ornithologues amateurs font des sorties régulières pour observer les oiseaux migrateurs, surtout au printemps. Nombre d'entre eux visitent les mêmes endroits d'une saison à l'autre, année après année, et tiennent un registre détaillé de leurs observations. Certains de ces registres pourraient servir au suivi des populations (Bennett, 1952; Martsching, 1986, 1987; Hill et Hagan, 1991).

Un degré de normalisation beaucoup plus élevé caractérise quelques programmes pilotes qui mobilisent les observateurs d'oiseaux pour des dénombrements bien ciblés. Ainsi, le Toronto Ornithological Club effectue un recensement printanier des parulines depuis 1970. Des bénévoles choisissent un parcours d'une longueur équivalant à une demi-heure ou une heure de marche dans un boisé ou un ravin couvert de végétation situés dans l'agglomération de Toronto. Le plus souvent possible, de la fin d'avril au début de juin, tôt le matin, chaque observateur dénombre les oiseaux de 21 espèces de parulines et d'un certain nombre d'autres espèces le long de son parcours (George Fairfield, comm. pers.). Des recensements comparables à ceux du BBS, effectués durant la migration (Van Tighem et Burns, 1984) offrent également un protocole approprié pour la surveillance des populations, mais ils prennent probablement trop de temps pour qu'on puisse assurer la couverture quasi journalière nécessaire à un échantillonnage suffisant.

Il y a longtemps qu'on dénombre les rapaces qui migrent le jour à différents points de concentration. Les premiers programmes de recensement de rapaces diurnes variaient considérablement sur les plans de l'uniformité et du degré de couverture (voir, p. ex., Hackman et Henny, 1971; Mueller et al., 1988; Stedman, 1990), mais la plupart des programmes actuels se conforment aux règles établies par la Hawk Migration Association of North America. Il existe des

données raisonnablement cohérentes recueillies depuis longtemps pour environ 10 à 20 postes répartis sur le continent nord-américain (Fuller et Titus, 1990).

À certains endroits, on peut observer d'importants passages d'oiseaux chanteurs pendant le jour (voir, p. ex., Scheider et Crumb, 1985; Laske et Helbig, 1987; Eckert, 1990; Wiedner et al., 1992). Il existe aux Pays-Bas un réseau d'échantillonnage dans lequel on observe la migration diurne des passereaux (et d'oiseaux d'autres groupes) depuis le début des années 80. Des veilles ont lieu à la même heure, à l'aube et au crépuscule, un jour toutes les deux semaines pendant les saisons de migration. À quelques endroits, il y a des relevés seulement tôt le matin, mais ceux-ci sont beaucoup plus fréquents qu'aux autres endroits (Ward Hagemeijer, comm. pers.). En Amérique du Nord, les programmes à long terme de dénombrement d'oiseaux chanteurs pendant leur migration diurne sont très rares (voir, p. ex., Eckert, 1990).

La plupart des observatoires d'oiseaux enregistrent le nombre d'oiseaux repérés sans être bagués, en particulier dans les secteurs où la végétation est éparse et où les migrateurs sont concentrés et faciles à voir. Le réseau Opération Baltique, qui compte au moins une demi-douzaine de postes, a été établi en 1960 sur les côtes de la Pologne et des pays voisins. À chaque poste, un observateur effectue des relevés d'une durée de 15 minutes par heure (Busse, 1979). Ailleurs dans le monde, notamment à l'observatoire d'oiseaux de Thunder Cape, en Ontario, des observateurs mènent des relevés qui durent jusqu'à six heures à partir de l'aube. À l'observatoire d'oiseaux de Long Point (LPBO), également en Ontario, on effectue chaque matin un dénombrement d'une heure à trois endroits différents le long du même parcours. De plus, presque tous les observatoires enregistrent les observations moins structurées qui ont lieu pendant le reste de la journée.

Les observations dont il a été question jusqu'ici sont celles effectuées en des endroits précis qu'on visite régulièrement. Il existe également plusieurs programmes régionaux qui permettent de recueillir des données d'observation obtenues à l'occasion d'activités ornithologiques générales. Par exemple, le North American Migration Count, programme de dénombrement annuel mis sur pied récemment, consiste en un relevé effectué le deuxième samedi de mai, à la manière des recensements des oiseaux de Noël (James Stasz, comm. pers.). Il existe aussi plusieurs programmes de relevés qui reposent sur des observations faites tout au long de l'année, tels que le programme ÉPOQ du Québec, établi depuis longtemps (Cyr et Larivée, 1993), et le Wisconsin

Checklist Project, mis sur pied en 1982 (Temple et Carey, 1990a). L'utilisation de tels ensembles de données offre des avantages par rapport aux observations systématiques effectuées à des endroits déterminés, comme le grand nombre d'observateurs et l'étendue de la région couverte, mais aussi des inconvénients, notamment une moindre uniformité (quant aux dates et à la durée des observations, aux endroits et aux habitats visités et à la compétence des observateurs, entre autres). Toutefois, les recensements printaniers effectués pendant une seule journée offrent un faible potentiel pour le suivi des espèces en migration, car la *population migratrice* dénombrée ce jour-là ne constitue pas un échantillon cohérent de la *population étudiée* (voir la section 2).

3.4 Totaux estimatifs quotidiens

Les totaux estimatifs quotidiens (TEQ) sont des estimations quotidiennes du nombre total d'individus de chaque espèce observés dans une zone clairement délimitée. Tous les participants aux activités réunissent leurs données à la fin de la journée pour calculer les TEQ d'après le nombre total d'oiseaux bagués, les dénombrements uniformisés et les résultats d'observations fortuites (Hussell et al., 1992; McCracken et al., 1993). Le système a été mis au point par l'observatoire d'oiseaux de Long Point, mais l'observatoire de Point Reyes (poste de Farallon), en Californie, produit depuis longtemps ce qui équivaut à des TEQ (DeSante, 1983; Pyle et al., 1993; Pyle et al., 1994), et plusieurs autres observatoires d'Amérique du Nord leur emboîtent le pas. Des observatoires britanniques emploient une méthode comparable, mais leurs dénombrements ne sont pas uniformes et se font habituellement dans des secteurs plus étendus qu'en Amérique du Nord.

Le principal avantage des TEQ réside dans le fait que les données résultant de l'emploi de diverses méthodes de recensement produisent probablement la meilleure estimation globale du nombre d'individus dans un secteur, car on exploite les avantages de chacune des méthodes utilisées (Bergstrom et Drury, 1959). Ainsi, on peut se servir des données sur les oiseaux repris pour exclure du total enregistré les individus qui s'attardent à un endroit (voir, p. ex., Pyle et al., 1994). On peut aussi utiliser les observations pour corriger les résultats en fonction de la variation de l'altitude à laquelle les oiseaux se nourrissent, qui influe sur le taux de capture.

Les TEQ sont très fiables dans les régions peu étendues où il est facile d'effectuer des relevés, où les habitats sont relativement ouverts et où les observateurs vivent et, donc, effectuent des relevés à peu près continuellement. Les TEQ sont le plus cohérents quand ils résultent d'un effort uniforme

(p. ex. quand ils sont basés sur un nombre fixe d'heures de capture et des périodes d'observation standard). Toutefois, quand la collecte des données n'est pas entièrement uniforme, les TEQ peuvent combler cette lacune au moins en partie (Dunn et al., sous presse b), car la méthode d'estimation permet de rajuster les totaux en fonction des variations de l'effort (p. ex. de l'interruption des captures par mauvais temps).

Les TEQ présentent une limite : il se peut qu'ils ajoutent peu d'information aux totaux résultant du baguage dans les secteurs à végétation dense. Par surcroît, étant des estimations, ils comportent un élément de subjectivité. Bien que, selon toute vraisemblance, les résultats puissent fournir un meilleur indice du nombre d'oiseaux présents que dans le cas des captures ou des observations seulement, ces estimations connaissent indéniablement des variations individuelles. Il est particulièrement important de maintenir la cohérence par la formation du personnel, la production de manuels et la supervision, et les méthodes propres à chaque élément des programmes (bagueage, observation) doivent être le plus uniformes possible.

3.5 Sommaire - Collecte des données

Le choix de l'emplacement des postes de dénombrement migratoire exige une évaluation attentive, car nombre de leurs caractéristiques peuvent influencer sur la capacité de constituer, sur de longues périodes, des ensembles de données cohérents qui conviennent au suivi des populations.

On peut recueillir les données de nombreuses façons, notamment par la capture ou le recensement visuel ou par une combinaison de plusieurs méthodes. Le choix de la méthode de dénombrement et l'effort ont un effet sur la proportion de la *population dénombrée* incluse dans le *dénombrement migratoire*. Par conséquent, en ce qui concerne tous ces éléments, la normalisation est essentielle à l'obtention de résultats cohérents d'un jour à l'autre et d'une année à l'autre. Quelle que soit la méthode de comptage employée, le produit final est un *dénombrement migratoire* quotidien. Dès lors, les mêmes types d'analyse conviennent à toutes les méthodes de comptage et de collecte de données.

4. ANALYSE DES DONNÉES DE DÉNOMBREMENT MIGRATOIRE

4.1 Indices annuels

La première étape de l'analyse des données de dénombrement migratoire pour la détection des variations des populations consiste à calculer un indice d'abondance annuel. Cet indice doit refléter la taille de la *population étudiée* une année donnée. Toutefois, il y a maintes raisons de croire que le *dénombrement migratoire* quotidien ne représente pas une proportion constante de la population étudiée (voir la section 2). Les méthodes de calcul des indices annuels doivent permettre de résoudre ce problème par la suppression de la variabilité non liée à la taille de la population.

Beaucoup d'auteurs établissent des indices d'abondance annuels en additionnant simplement les mesures quotidiennes de toute la saison de migration (Spofford, 1969; Dalberg Peterson, 1976; Nagy, 1977; Hjört et Lindholm, 1978; Svensson, 1978, 1985; Jones, 1986; Stewart, 1987; Titus et Fuller, 1990; Jean et Razin, 1993). D'autres auteurs ont fait la somme des nombres d'oiseaux par unité d'effort consignés chaque jour (Hackman et Henny, 1971; Abraszewska-Kowalczyk, 1974; Österlöf et Stolt, 1982; Titus et Mosher, 1982; Hussell, 1985; Bednarz et al., 1990). En règle générale, on limite les indices corrigés en fonction de l'effort à 90 % de la saison (ou à un autre point limite), de façon que la variation de l'effort aux extrémités de la saison n'ait pas d'effet disproportionné sur l'indice annuel. Toutefois, les sommes non rajustées peuvent être préférables aux indices corrigés en fonction de l'effort dans le cas de certaines espèces, notamment celles dont le potentiel de dénombrement ne dépend pas de l'effort (Butcher et McCulloch, 1990; Titus et Fuller, 1990).

La totalisation des dénombrements quotidiens pour l'établissement d'indices annuels présente plusieurs risques. Les données manquantes peuvent avoir un effet important sur la somme obtenue pour la saison, en particulier si les jours sans données sont au coeur de la saison de migration. On peut tenir compte de ces jours dans une certaine mesure en utilisant comme indice le nombre moyen d'individus par jour (au lieu de la somme) ou en substituant aux données manquantes le nombre moyen prévu à chaque date avant de calculer la somme.

Les indices exceptionnellement élevés enregistrés certaines années influent fortement sur les indices annuels. Les dénombrements migratoires quotidiens effectués au cours d'une saison aux

principaux points de concentration sont généralement répartis comme dans l'exemple de la figure 2, où quelques comptes très élevés rendent la distribution asymétrique. Selon toute vraisemblance, ces comptes résultent de conditions météorologiques très particulières entraînant des atterrissages massifs de migrateurs nocturnes ou une concentration spatiale inhabituelle de migrateurs diurnes (Murray, 1964; Richardson, 1978; DeSante, 1983; Kerlinger et Gauthreaux, 1984; Riddiford, 1985). Dans ces conditions, la *population dénombrée* représente une proportion anormalement élevée de la *population migratrice* quotidienne. Quand les comptes quotidiens sont additionnés, les totaux annuels et la moyenne quotidienne peuvent être modifiés considérablement par l'ajout ou la soustraction de quelques comptes élevés et ce, même si la distribution globale des comptes quotidiens demeure quasiment inchangée. Dans la figure 2, par exemple, la suppression du compte de 800 fait passer la moyenne de 34 à 15, ce qui représente une diminution de 56 %.

Une variation aussi considérable d'un jour à l'autre, due au temps, est parfois considérée comme «inhérente» aux données de dénombrement migratoire, et elle ne peut être réduite davantage que par la normalisation des méthodes de collecte de données (voir, p. ex., Titus et al., 1989). Toutefois, il existe des méthodes simples et justifiables sur le plan statistique qui permettent de réduire le problème. La plus répandue est la transformation logarithmique, qui a tendance à normaliser les dénombrements migratoires quotidiens (Blokpoel et Richardson, 1978; Hussell, 1981; Titus et Mosher, 1982; Payevsky, 1990; Hagan et al., 1992; Hussell et al., 1992; Berthold et al., 1993; Pyle et al., 1994). L'indice annuel correspond alors à la moyenne géométrique (moyenne arithmétique rétrotransformée des dénombrements transformés). On peut traiter les jours sans données de la manière déjà indiquée. Dans la pratique, on ajoute d'abord une constante (souvent 1) au dénombrement migratoire pour permettre la transformation des comptes nuls. L'indice annuel est donc calculé comme suit :

$$\text{antilogarithme} \left(\frac{\sum \log (n_i + 1)}{I} \right) - 1$$

où n^i est le *dénombrement migratoire* du jour i , et I , le nombre de dénombrements ($i = 1, 2, \dots, I$).

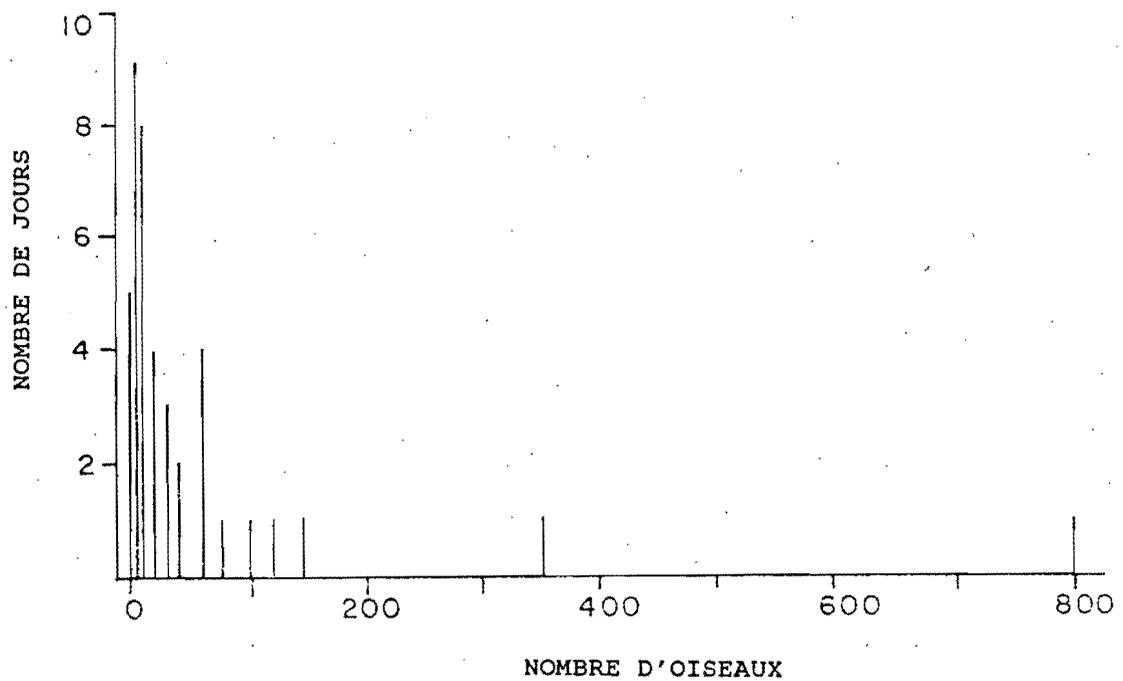


Figure 2. Exemple de distribution asymétrique de dénombrements migratoires quotidiens. Le «nombre d'oiseaux» correspond aux totaux estimatifs quotidiens (TEQ, voir le texte) du Bruant à gorge blanche à un poste de dénombrement de l'observatoire d'oiseaux de Long Point pour le printemps 1971 (de la première à la dernière date d'observation dans la saison). L'ordonnée représente la fréquence de chaque valeur des TEQ.

En comparaison de la moyenne arithmétique, la moyenne géométrique est relativement insensible aux dénombrements exceptionnellement élevés occasionnels, mais elle continue de refléter les petites augmentations ou diminutions toujours présentes dans les dénombrements quotidiens tout au long de la saison de migration. En outre, la transformation logarithmique convertit l'échelle multiplicative de la variabilité (échelle probable dans le cas des dénombrements migratoires) en une échelle additive (comme l'exigent certaines analyses statistiques; voir ci-après).

Les indices annuels dont il a été question jusqu'à présent peuvent encore souffrir d'une variabilité extérieure attribuable au nombre différent de jours sans données, d'une année sur l'autre, et aux conditions météorologiques influant sur les relations entre la *population dénombrée*, la *population migratrice* et la *population étudiée* (voir la section 2). Les indices propres aux années où il manque des données aux extrémités ou au plus fort de la saison auront tendance à constituer respectivement des surestimations et des sous-estimations. Une saison où l'on a enregistré pendant plus de jours que de coutume des vents qui concentraient les oiseaux à un endroit déterminé produira un indice annuel plus élevé même si la taille réelle de la population étudiée ne change pas. L'analyse de covariance a aidé à cerner et à supprimer d'autres facteurs externes influant sur les dénombrements migratoires (Hussell, 1981, 1985; Hussell et al., 1992; Dunn et al., sous presse a, b; Pyle et al., 1994). Dans la méthode décrite initialement par Hussell (1981), les indices d'abondance annuels sont calculés à partir de régressions permettant de répartir la variabilité des dénombrements migratoires du printemps ou de l'automne, après transformation logarithmique de ceux-ci, selon diverses variables correspondant à la date dans la saison, aux conditions atmosphériques, à la phase de la lune, à l'année et à l'emplacement (quand les dénombrements migratoires sont la somme de dénombrements effectués en différents endroits voisins qui fournissent des échantillons indépendants de la même population étudiée). Cette méthode permet de déceler les effets réguliers de chaque variable sur les dénombrements quotidiens transformés (exemple : on dénombre habituellement moins d'individus aux extrémités qu'au plus fort de la saison; un temps plus chaud que la moyenne un jour donné du printemps attire souvent plus d'oiseaux que prévu; certaines espèces sont constamment plus abondantes à un endroit qu'à un autre). C'est le coefficient de la variable fictive correspondant à l'année, estimé au moyen de la régression, qui sert à calculer l'indice annuel. Celui-ci représente le dénombrement quotidien qu'on aurait obtenu la même année à un emplacement moyen hypothétique, à une date normalisée et dans des conditions météorologiques et lunaires moyennes.

Pyle et al. (1994) ont utilisé une méthode en deux étapes pour rajuster les totaux annuels en fonction des effets des variables correspondant à la date et aux conditions météorologiques et lunaires. Ils ont d'abord utilisé des modèles de régression pour estimer les effets moyens de chaque variable environnementale pour toutes les espèces et toutes les années. Ensuite, ils ont rajusté les dénombrements migratoires quotidiens de chaque espèce en fonction de ces effets, puis additionné ces dénombrements rajustés pour chacune des années.

Les résultats font apparaître des traits généraux quant aux effets du temps sur les dénombrements quotidiens pour l'ensemble des espèces (Pyle et al., 1993). Toutefois, la combinaison spécifique de facteurs météorologiques influant sur les dénombrements migratoires varie selon l'espèce (Hussell, 1981; Hussell, inédit). De plus, les effets du temps sur les dénombrements quotidiens peuvent varier entre postes d'observation éloignés de quelques kilomètres seulement, probablement à cause de caractères géographiques. Ces deux observations sont appuyées par une étude des effets du temps sur le nombre d'individus comptés à des observatoires d'oiseaux de Grande-Bretagne (Darby, 1985). Il est donc peu probable qu'on parvienne à établir pour les conditions météorologiques des corrections applicables universellement.

L'approche fondée sur l'analyse de covariance présente maints avantages. Les modèles utilisés permettent un ajustement curviligne des données (s'il existe des variables d'ordre supérieur), et les effets de nombreuses variables peuvent être pris en compte simultanément. Comme ces modèles tiennent compte des effets des dates, les jours sans données ne devraient pas modifier grandement l'exactitude des indices annuels, qui est toutefois réduite par la moindre taille des échantillons. Cette méthode permet de tenir compte en même temps des données recueillies à des endroits différents (auxquels sont attribués les variables fictives et les variables d'interaction appropriées) de sorte que les conditions propres à chaque lieu sont prises en compte. La méthode permet aussi de connaître en détail les conditions météorologiques qui attirent de nombreux individus de chaque espèce à des endroits particuliers.

Même aux endroits où l'on n'enregistre pas de variations considérables dans les dénombrements d'un jour à l'autre, il est sans doute prudent d'examiner les données relatives aux effets météorologiques avant d'adopter une méthode plus simple de calcul des indices annuels, telles les moyennes arithmétique et géométrique décrites précédemment. L'analyse des données

quotidiennes de capture aux fins du baguage recueillies à deux postes situés à l'intérieur du continent à Kalamazoo, au Michigan (Dunn, Hussell et Adams, inédit), révèle qu'au moins une variable météorologique (sur 13) a exercé une influence marquée sur les comptes quotidiens d'oiseaux migrateurs pour 16 des 17 espèces étudiées.

La suppression de la variabilité externe due aux conditions du temps peut modifier considérablement les indices annuels. Dans une analyse de dénombrements de rapaces diurnes, le coefficient de variation entre les indices annuels est passé de 59 % (indices dérivés de la somme des dénombrements quotidiens) à 26 % (indices résultant d'une analyse de régression) dans le cas de la Petite Buse (Buteo platypterus). Dans le cas des indices annuels relatifs à l'Épervier brun (Accipiter striatus), le coefficient de variation est passé de 69 à 12 % (Hussell, 1985). Dans les deux cas, la plupart des changements résultaient d'une correction à la baisse d'un seul indice annuel très élevé, ce qui indique que les conditions météorologiques faisant augmenter les comptes ne se manifestent pas uniformément d'une année à l'autre, comme Bednarz et Kerlinger (1989) l'ont laissé supposer. La réduction du coefficient de variation peut avoir un grand effet sur le nombre d'années nécessaire à l'établissement d'une tendance marquée. Par exemple, pour 70 % des 39 espèces visées par une étude, les tendances des indices ajustés en fonction des conditions du temps avaient des niveaux de signification plus élevés que celles des indices basés sur des dénombrements bruts (Pyle et al., 1994).

La prise en compte des conditions atmosphériques dans le calcul des indices annuels est porteuse de promesses, mais elle souffre aussi de lacunes. Elle prend plus de temps et est plus coûteuse que le calcul d'indices plus simples, sans compter qu'elle exige des analyses plus complexes. La personne qui analyse les données doit avoir les connaissances voulues pour comprendre et respecter les hypothèses de régression linéaire, transformer les données correctement, supprimer les ensembles de données insatisfaisants et choisir les variables devant être incluses dans l'analyse (Richardson, 1974; Rao, 1981; Hussell et al., 1992). En conséquence, les analyses rudimentaires effectuées par les préposés à la collecte des données ne sont généralement pas suffisantes. La taille de l'échantillon (le nombre de dénombrements quotidiens) est un facteur important à considérer pour la détermination du nombre de variables indépendantes permises, et, selon toute vraisemblance, il faut disposer de données recueillies sur plusieurs années avant de commencer à déceler des effets météorologiques réguliers.

Il convient de pousser la recherche pour déterminer quelles variables météorologiques doivent entrer dans les analyses de covariance. Ainsi, les conditions du temps peuvent faire en sorte qu'on dénombre plus d'oiseaux à un poste d'échantillonnage donné (voir, p. ex., Murray, 1964; Kerlinger et Gauthreaux, 1984), de sorte que la part de la *population migratrice* entrant dans la *population dénombrée* est plus élevée (voir la section 2). Dans ce cas, il est souhaitable de déceler et de supprimer la variabilité due aux conditions météorologiques, comme il est indiqué précédemment. Toutefois, certaines conditions atmosphériques peuvent simplement stimuler la migration et donner lieu à des concentrations temporelles sous la forme d'impulsions migratoires (Richardson, 1978), sans modifier la répartition spatiale des migrants. L'impulsion migratoire représente un bond de la *population migratrice* au-delà du niveau auquel on s'attendrait autrement à l'endroit en question un jour donné, mais ne modifie pas nécessairement la proportion de cette population faisant partie de la *population dénombrée*. Toutes choses étant égales par ailleurs, si un facteur météorologique suscite seulement une impulsion temporelle, le total des *populations dénombrées* pour la saison devrait demeurer inchangé, que les dénombrements d'oiseaux soient concentrés sur quelques jours ou étalés sur une longue période. Le cas échéant, les indices établis sans que ces variables météorologiques soient prises en considération devraient donner de meilleurs résultats que ceux fondés sur des modèles qui en tiennent compte, en particulier si les valeurs moyennes de ces variables diffèrent d'une année à l'autre. Beaucoup de facteurs météorologiques peuvent cependant causer des concentrations dans le temps comme dans l'espace, ce qui complique la situation davantage. Il faudrait pousser l'étude de ces questions, d'autant que plusieurs pistes d'exploration sont ouvertes.

En somme, l'emploi de modèles d'analyse de covariance pour la correction des dénombrements migratoires en fonction des conditions du temps est relativement récent et doit être développé. Jusqu'à présent toutefois, c'est la méthode qui permet le mieux de distinguer les variations des comptes de migrants qui reflètent effectivement les variations démographiques de celles qui sont dues à des facteurs de confusion.

4.2 Tendances

Une fois que les indices annuels sont calculés, il faut poursuivre l'analyse pour déterminer s'ils présentent des tendances au fil du temps. L'observation visuelle peut inciter fortement à diagnostiquer une variation démographique, mais si la variation annuelle est élevée ou si la taille des

échantillons est faible, il se peut que la tendance ne soit pas significative du point de vue statistique. Bien que les aspects statistiques de l'analyse des tendances débordent le cadre du présent examen, nous pouvons en cerner les problèmes majeurs et traiter brièvement des méthodes qu'on a appliquées aux dénombrements migratoires. Le choix de la méthode à employer pour déterminer les tendances n'est pas sans importance, car on peut dégager des tendances opposées d'un même ensemble de données selon la méthode utilisée (voir, p. ex., Titus et Fuller, 1990).

Une façon simple de déterminer s'il s'est produit une variation démographique importante consiste à comparer la valeur moyenne des indices annuels d'un ensemble d'années passées avec la moyenne propre à un ensemble plus récent (voir, p. ex., Hackman et Henny, 1971, bien que ceux-ci n'aient pas effectué de test statistique; Hussell, 1981; Bednarz et Kerlinger, 1989; Hagan et al., 1992). On peut vérifier si la différence entre deux indices d'abondance annuels à l'intérieur est significative en soumettant les dénombrements quotidiens à des tests t ou à des tests de moyennes non paramétriques. Ce dernier type de test repose sur l'hypothèse que les dénombrements migratoires quotidiens sont des échantillons indépendants de la *population étudiée*, hypothèse qui ne tient plus dès que des individus déjà comptés dans la *population migratrice* sont inclus dans des dénombrements migratoires ultérieurs. Cette situation peut poser un problème à certains postes de surveillance, mais pas à d'autres (voir la section 3.1).

Une méthode plus courante consiste à utiliser la régression linéaire ajuster les indices annuels à une droite (Berthold et al., 1986b; Titus et al., 1989; Hussell et al., 1992; Dunn et al., sous presse a, b; Pyle et al., 1994). Cette méthode permet, entre autres avantages, de produire une valeur unique (pente de la courbe de régression) qui exprime le taux annuel moyen de variation du nombre d'oiseaux ou (si les indices annuels font l'objet d'une transformation logarithmique) le taux annuel moyen de variation relative. On peut vérifier si la pente de la courbe ajustée diffère de zéro de façon significative. En outre, des raffinements utiles sont possibles, comme la pondération de chaque indice annuel en fonction de l'exhaustivité des données (voir, p. ex., Hussell et al., 1992). Par ailleurs, Titus et al. (1990) ont recouru à l'analyse non paramétrique des tendances des rangs pour déceler les tendances des effectifs de rapaces diurnes, ce qui n'a cependant pas permis d'estimer la pente.

La pratique consistant à ajuster des données non linéaires à une droite est malheureusement très répandue, même si elle n'est pas appropriée du point de vue statistique. Beaucoup d'auteurs ont évité la difficulté en se gardant bien d'ajuster des lignes de tendance, en se contentant parfois de lisser une partie de la variabilité par le calcul de moyennes mobiles sur cinq ans (Spofford, 1969; Busse, 1973; Abraszweska-Kowalczyk, 1974; Nagy, 1977; Mueller et al., 1988; Hill et Hagan, 1991; Baumanis, 1990) ou en utilisant le LOWESS, une méthode de lissage de diagramme de dispersion pondéré localement (Titus et al., 1989; voir Taub, 1990, et James et al., 1992, pour obtenir de plus amples renseignements sur cette méthode). Il est cependant possible d'inclure des termes d'années d'ordre supérieur dans une régression pour ajuster les indices annuels à une courbe (voir, p. ex., Pyle et al., 1994). Cette méthode permet de déterminer la signification et l'ampleur des différences pour les valeurs estimatives de n'importe quelle paire d'années (Hussell et Brown, 1992), et nous croyons qu'elle pourrait être d'une plus grande utilité générale que les autres méthodes dont on a fait l'essai jusqu'ici. Il faudrait en poursuivre l'examen.

Quelle que soit la méthode employée pour déterminer les tendances, la publication d'indices annuels et de statistiques sur les tendances présente une utilité. Les indices annuels provenant d'ensembles de données différents peuvent souvent être comparés directement, mais les tendances ne sont pas comparables si elles portent sur des périodes différentes (voir, p. ex., Marchant, 1992). Les indices permettent également de déceler les variations annuelles qui pourraient indiquer les causes possibles de changements démographiques. Ainsi, les hivers froids laissent présager des baisses des populations nicheuses de certaines espèces (Hjört et Lindholm, 1978; Hagan et al., 1992).

Il faudra résoudre certains problèmes statistiques et biologiques complexes si l'on veut grouper les tendances propres à des dénombrements migratoires distincts à l'échelle d'une région ou d'un pays. L'analyse de covariance peut servir au calcul d'indices annuels groupés pour des endroits qui semblent fournir des échantillons indépendants de la même *population étudiée*, comme les postes d'observation de Long Point, en Ontario, éloignés les uns des autres de 28 kilomètres tout au plus (Hussell, 1981; Hussell et al., 1992). En principe, on pourrait recourir à la même méthode pour grouper des données recueillies à des endroits plus éloignés les uns des autres où l'on échantillonne la même *population étudiée* à différents points le long de son itinéraire de migration. Cette

méthode pourrait aussi servir à grouper des données provenant de réseaux régionaux de recensement, mais on ne sait pas quelle est la distance maximale entre les postes de recensement au-delà de laquelle il est permis de douter fortement de la valeur de l'hypothèse que ceux-ci couvrent la même population étudiée.

Si les dénombrements migratoires effectués à des postes distants comprennent des individus appartenant à des populations chevauchantes ou distinctes, il faut accorder aux données de chaque poste un poids proportionnel à la taille de la population étudiée, lors du calcul d'indices ou de tendances groupés. Or, habituellement, la taille relative des populations étudiées n'est pas connue. Titus et Fuller (1990) ont combiné les données de six dénombrements migratoires de rapaces diurnes effectués dans l'est du continent nord-américain, pour l'analyse de régression d'un parcours de migration, en utilisant l'abondance relative des oiseaux à chaque poste comme facteur de pondération. Toutefois, pour cela, il faut poser comme hypothèse qu'une importante *population dénombrée* doit nécessairement faire partie d'une importante *population étudiée*. En fait, les caractères topographiques locaux peuvent susciter la concentration des oiseaux en grandes populations dénombrées même si la population étudiée est relativement petite (voir la figure 1). Au lieu de grouper les données provenant de points de recensement distants en une analyse régionale unique, il peut être préférable d'analyser les données de chaque poste séparément puis de voir s'il existe des constantes régionales.

4.3 Sommaire - Analyse des données

Les méthodes d'analyse jouent un rôle important dans l'utilisation des *dénombrements migratoires* pour la surveillance de populations. La normalisation de la collecte des données fait de ces dénombrements de meilleurs estimateurs du nombre d'oiseaux présents (c.-à-d. de la *population dénombrée*), tandis que la méthode d'analyse offre une possibilité de traiter les variations identifiables dans la proportion des *populations migratrices* quotidiennes représentée par les *populations dénombrées* quotidiennes. Un des principaux apports de l'analyse de covariance au calcul des indices annuels pourrait être la réduction du nombre d'années nécessaires à la détection de la signification statistique des tendances à long terme. L'analyse de tendance permet de déceler les variations démographiques importantes, mais les indices annuels peuvent fournir pour l'interprétation de l'information utile que les statistiques relatives aux tendances ne peuvent révéler à elles seules. Les problèmes statistiques inhérents au groupement de données provenant d'un

dénombrement migratoire à partir de postes éloignés les uns des autres peut empêcher l'établissement de tendances à l'échelle nationale ou régionale à partir de ces données.

1992). Les tendances dérivées des données amassées au poste de l'Ontario étaient également en étroite corrélation avec la tendance combinée pour six postes établie par Titus et Fuller (1990; y compris le poste du Minnesota), même si les périodes visées n'étaient pas identiques (chevauchement sur 13 ans).

Par ailleurs, il peut exister d'importants écarts entre les tendances dérivées des données provenant de postes d'observation proches les uns des autres. Ainsi, dans le cas de huit espèces, on n'a pu établir de corrélation étroite entre les tendances calculées à partir des données prélevées à deux postes du Michigan distants de moins d'un kilomètre; cela était toutefois attribuable en grande partie aux énormes différences entre les deux sites concernant une seule espèce (Dunn, Hussell et Adams, inédit).

Nombre d'articles présentent des comparaisons non statistiques, entre les tendances de données de dénombrement migratoire et les tendances démographiques tirées de sources indépendantes, qui sont suffisamment évidentes pour que des observateurs d'oiseaux aient pu les déceler, et certains auteurs établissent une corrélation simple entre des populations aviaires et des événements causaux plausibles. Les effectifs de Faucons pèlerins au Wisconsin, par exemple, ont décliné puis augmenté parallèlement aux périodes où l'utilisation du DDT était autorisée puis interdite (Mueller et al., 1988). Bednarz et al. (1990) ont établi une correspondance similaire chez d'autres rapaces, quoique la corrélation ne soit pas la même pour toutes les espèces. L'effectif de la Fauvette grisette (Sylvia communis) relevé à un observatoire de Suède, variait en parallèle avec les conditions de sécheresse au Sahel (Hjört et Lindholm, 1978; Svensson, 1985), tandis qu'il existait une corrélation négative entre l'effectif du Troglodyte des forêts (Troglodyte mignon) (Troglodytes troglodytes) et les hivers froids (Hjört et Lindholm, 1978). On a établi une corrélation négative semblable entre les dénombrements migratoires d'espèces de roitelets (Regulus satrapa et R. calendula) et les hivers froids en Amérique du Nord (Hagan et al., 1992). Les comptes de Sittelles torchepot (Sitta europaea) effectués à un point de concentration de leur parcours migratoire variaient selon le nombre de couples nicheurs présents à proximité (Gatter, 1974). Chez diverses espèces de parulines dont on sait que le nombre augmente pendant les infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les dénombrements migratoires augmentaient le cas échéant (Jones, 1986; Stewart, 1987 (ces auteurs ne soulignent cependant pas cette relation); Hill et Hagan, 1991; Hagan et al., 1992; Hussell et al., 1992). Parmi les autres cas de corrélation générale entre les

dénombrements migratoires et des données indépendantes sur les tendances démographiques, on retrouve ceux dont traitent Sharrock (1969), Langslow (1978), Cowley (1979) et Berthold et al. (1986b).

5.2 Correspondance entre les tendances révélées par les dénombrements migratoires et les tendances des populations nicheuses

La valeur des tendances dérivées des dénombrements migratoires comme moyen de suivi des populations est confirmée encore mieux par la concordance de ces tendances avec celles établies dans des programmes de surveillance indépendants, menés à d'autres temps de l'année, avec des méthodes tout à fait différentes. En effet, bien qu'il n'existe pas de source absolument sûre de données sur les populations, plus la corrélation est étroite entre des programmes de surveillance indépendants, plus il est permis de conclure que TOUTES les méthodes entre lesquelles on établit le parallèle permettent de traduire les variations démographiques. En outre, les comparaisons de cette nature peuvent aider à déterminer quelles sont les méthodes les plus efficaces de collecte et d'analyse de données (Berthold, 1976).

Svensson (1978) fut un des premiers à tenter de contrôler la validité de dénombrements migratoires par comparaison avec des données recueillies dans le cadre d'un autre programme de surveillance. Il a comparé des sommes de comptes quotidiens effectués pendant la migration printanière à l'observatoire d'oiseaux d'Ottenby, dans le sud de la Suède, aux résultats de recensements d'oiseaux nicheurs menés l'été suivant dans des parcelles, toujours dans le sud de ce pays. Il a décelé une corrélation moindre entre les données dans le cas des espèces qui traversent le Sahara que dans celui des espèces effectuant de plus courtes migrations. Nous avons classé ses résultats selon deux groupes d'espèces, soit celles dont l'aire de reproduction, au nord de l'observatoire, est à peu près incluse dans la région couverte par le programme de dénombrements en saison de nidification en Suède et celles dont l'aire de nidification est beaucoup plus vaste. Dans le cas de 10 des 11 espèces dont l'aire de nidification est limitée au sud et au centre de la Suède, il existait des corrélations positives entre les indices des dénombrements migratoires annuels et ceux de la population nicheuse (corrélation significative chez trois espèces; coefficient de corrélation moyen = 0,44). La corrélation moyenne pour huit espèces qui nichent dans toute la Scandinavie était de 0,01 (corrélation négative chez cinq de ces espèces, de manière significative dans un cas). Dès lors, il y avait une correspondance manifeste entre les programmes de surveillance quand les

dénombrements migratoires pouvaient être comparés aux dénombrements de nicheurs effectués dans la zone d'origine probable d'une partie importante de la population migratrice. Les corrélations étaient peu marquées, mais les données de dénombrement migratoire n'avaient pas subi de transformation et portaient seulement sur une période de six ans. Des données comparables fournies dans un article ultérieur et portant sur 13 ans (Svensson et al., 1986) révélaient une corrélation positive significative entre les dénombrements migratoires et les recensements effectués pendant la saison de reproduction pour 7 des 12 espèces migratrices nichant dans le sud de la Suède, mais aucune pour les dix espèces ayant une aire de reproduction plus étendue.

Une autre comparaison de données, recueillies en Europe, n'a pas permis de déceler une étroite corrélation entre les tendances dérivées du programme allemand de surveillance des migrations et celles tirées de données combinées provenant de cinq pays voisins (Marchant, 1992). Il faut dire que les données des divers programmes portaient sur différentes périodes de l'année et que les tendances issues des données de recensements effectués en période de reproduction dans différents pays n'étaient pas non plus en étroite corrélation.

Une analyse préliminaire de relevés visuels effectués aux Pays-Bas a permis d'établir des indices propres aux migrations annuelles pour quatre espèces, à partir de données prélevées à 13 endroits où l'on menait au moins 35 recensements quotidiens chaque automne (analyse de régression tenant compte du site, de l'année et des relations site-année). Les résultats relatifs à trois de ces espèces ont permis de dégager des indices étroitement liés à ceux dérivés de relevés menés pendant la saison de nidification en Finlande (Ward Hagemeijer, comm. pers.).

Les études de validation effectuées en Amérique du Nord reposaient sur des comparaisons de données de dénombrement et des résultats du Relevé des oiseaux nicheurs (BBS) (voir le tableau I). Toutes les études mentionnées dans ce tableau ont trait à des oiseaux chanteurs, sauf celle de Hussell et Brown (1992), qui portait sur des rapaces diurnes.

Il suffit d'examiner la colonne du tableau I indiquant le degré de correspondance pour constater que la concordance semble positive. Toutefois, les notes du même tableau signalent certaines faiblesses dans nombre des études citées. Par exemple, certaines des comparaisons incluent des données sur des espèces sédentaires (note A, tableau I). Les comptes de résidents pendant la

Source	Type de dénombrement	Méthode de calcul des indices ^a	Endroit	Nbre d'esp.	Nbre d'ann.	Saison	Degré de correspondance	Notes ^b
V. Kleen, C. Moore et S. Droege, <u>comm. pers.</u>	Dénombrements d'une journée	Log N/effort	IL	12	18	Print.	Corrélation des tendances ^c	A, 1
V. Kleen, C. Moore et S. Droege, <u>comm. pers.</u>	Dénombrements d'une journée	Log N/effort	IL	41	18	Print.	Non-corrélation des tendances ^c	B, 1,3
Cyr et Larivée, 1993	Fiches de relevés d'ornithologues	Fréquence d'observations	QC	74	19	Print. et aut.	4 (38)% de signes opposés ^d	B, 1
G. Geupel et N. Nur, <u>comm. pers.</u>	Baguages quotidiens	Log N	CA	35	13	Aut.	Corrélation des tendances ^c 3 (49%) de signes opposés ^d	A, 1
Hagan et al., 1992	Baguages quotidiens	Log N/effort	MA	38	19	Aut.	Corrél. des ind. pour 63% des esp. ^e 1,2	A,B,
Hagan et al., 1992	Baguages quotidiens	Log N/effort	PA	39	19	Aut.	Corrél. des ind. pour 26% des esp. ^e 1,2	A,B,
Données de D. Dawson <u>comm. pers.</u>	Baguages quotidiens	N/effort	6 sites (est des É.-U.)	104	19	Aut.	Corrél. des tendances ^c	B, 2
Données de West, 1992	Dénombrements d'une journée	Log N/effort	DE	99	22	Print.	28 % de signes opposés ^d	B,1,2
Données de West, 1992	Dénombrements d'une journée	Log N/effort	DE	29	22	Print.	54% de signes opposés ^d	D, 2
Pyle et al., 1994	Baguages et dénombrements quotidiens	Analyse de covariance	CA	24	25	Print. et automne	0 (25)% de signes opposés ^d	C, 2

Hussell et al., 1992 et données inédites	Baguages et dénombrements quotidiens	Analyse de covariance	ON	45	21	Print. et aut.	Corrél. des tendances ^c (27)% de signes opposés ^d	C, 3
Hussell et Brown, 1992 et données inédites	Dénombrements quotidiens de rapaces diurnes	Analyse de covariance	ON	11	15	Print.	Corrél. des tendances ^c	C, 3
Dunn, Hussell et R. Adams, inéd.	Baguages quotidiens	Analyse de covariance	MI	11	13	Aut.	Corrél. des tendances ^c 0 (18)% de signes opposés ^d 0 (27)% de signes opposés ^d	D, 3

^a N représente les dénombrements migratoires quotidiens et le terme «effort» indique que ces dénombrements sont ajustés en fonction de l'effort. Par fréquence d'observations, on entend que l'indice annuel repose sur le pourcentage des fiches de relevés d'ornithologues où le nom de l'espèce est consigné.

^b Notes :

- A - Quelques-unes (ou un grand nombre) des espèces visées par les comparaisons passent toute l'année au site d'échantillonnage ou à proximité.
- B - Un grand nombre (ou la totalité) des espèces sont des espèces migratrices qui se reproduisent au site d'échantillonnage ou bien à proximité ou à distance de celui-ci.
- C - Toutes (ou presque toutes) les espèces sont des espèces migratrices qui se reproduisent seulement à distance du site d'échantillonnage ou, si ce site se trouve dans leur aire de reproduction, les espèces ne nichent pas à proximité.
- D - Comparaison limitée aux espèces qui nichent seulement à distance du site d'étude.
 - 1 - Les données du BBS proviennent de la même région que celles des dénombrements migratoires.
 - 2 - Le BBS couvre une région beaucoup plus vaste que la partie probable de l'aire de reproduction échantillonnée au moyen des dénombrements migratoires.
 - 3 - La région couverte par le BBS est limitée à la partie probable de l'aire de reproduction échantillonnée au moyen des dénombrements migratoires.

^c Corrélation positive significative ($P < 0,05$ pour r ou r_s , selon l'étude) entre les tendances dérivées des données des deux programmes (un test pour l'ensemble des espèces).

^d Pourcentage des espèces pour lesquelles les tendances étaient de signes opposés, quand celles-ci étaient significatives dans les deux programmes ($P < 0,10$ sauf dans le document de Cyr et Larivée, 1993, où $P < 0,05$). Les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage de toutes les espèces comparées pour lesquelles les tendances étaient de signes opposés (quelle que soit la signification de ces tendances).

^e Corrélation significative ($P < 0,05$) entre les indices annuels propres aux dénombrements migratoires et ceux propres aux données du BBS (un test par espèce). Il se peut que l'absence de corrélation reflète seulement l'absence de tendance à long terme dans les indices pour une espèce particulière.

saison de reproduction incluent probablement un grand nombre d'oiseaux occupant leur territoire de nidification, et ces comptes ont probablement une assez grande répétabilité d'un jour à l'autre, quelles que soient les conditions du temps ou la date. Il y a donc une grande probabilité de concordance entre ces comptes et les résultats du BBS. En revanche, dans le cas des espèces observées seulement pendant leur migration, à grande distance de leurs terrains de reproduction, la probabilité qu'on obtienne une stabilité des comptes d'un jour à l'autre est beaucoup moindre (voir, p. ex., la figure 2). C'est sans doute pour cette raison que les tendances dérivées de l'Illinois Spring Bird Count concordaient avec celles issues du BBS du même État pour ce qui est des espèces résidentes, alors qu'il n'y avait pas de correspondance entre les tendances propres aux données de dénombrement migratoire relatives à certaines espèces migratrices et celles dégagées des données du BBS recueillies dans cet État et plus au nord (tableau I).

D'autres études de validation portent sur des espèces qui, bien que migratrices, se reproduisent tant dans l'aire d'échantillonnage que dans des zones éloignées (note B, tableau I). Les recensements effectués pendant les migrations à certains endroits pourraient refléter avec précision les variations dans la partie de la population formée des individus qui y nichent (comme il est indiqué ci-dessus), mais non dans celle formée des oiseaux qui se reproduisent plus au nord. Le cas échéant, une correspondance entre les tendances des dénombrements migratoires et celles des dénombrements du BBS effectués le long de parcours éloignés pourrait se manifester, non parce que les recensements des oiseaux migrateurs permettent le suivi des variations démographiques, mais parce que les dénombrements d'oiseaux locaux réalisés au poste de surveillance révèlent une variation démographique à l'échelle de l'aire de répartition. Il n'est pas toujours facile de déterminer l'ampleur du problème, car les rapports de certaines études n'indiquent pas quelles espèces sont incluses dans les comparaisons avec les recensements du BBS.

La capacité de surveiller des espèces qui se reproduisent localement a en soi une grande utilité, ce qui pourrait justifier la surveillance en période de migration. Quoi qu'il en soit, l'avantage par excellence des dénombrements migratoires est leur capacité de déceler les variations démographiques propres aux espèces qui ne nichent pas localement, à savoir celles qu'on observe seulement pendant leurs migrations. Pour qu'on puisse déterminer si cet avantage peut être exploité, il faudrait que l'évaluation porte principalement sur les espèces qui ne nichent pas au(x) lieu(x) d'échantillonnage ou à proximité (voir la note D, tableau I). Qui plus est, les données du BBS

servant à la comparaison avec les données de dénombrement migratoire devraient idéalement provenir d'une partie importante de l'aire de reproduction probable de l'espèce et non seulement des environs du site des dénombrements migratoires. Par contre, ces données ne devraient pas provenir non plus d'une région beaucoup plus vaste que la région d'origine de la *population étudiée* (voir les notes 1 et 2, tableau I). Dès lors, les validations les plus pertinentes du tableau I sont celles, peu nombreuses, qui renvoient aux notes C ou (de préférence) D et 3. Nous en traiterons un peu plus en détail ci-après.

West (1992) a présenté des tendances à long terme dérivées de dénombrements d'un jour ajustés en fonction de l'effort, effectués au Delaware et dans le cadre du BBS dans l'est du continent nord-américain (128 espèces), tendances qui ont servi de base à une comparaison détaillée. Des 29 espèces migratrices qui se reproduisent seulement au nord du Delaware, 13 se distinguaient par des tendances marquées ($P < 0,10$) tant au titre des dénombrements d'un jour que de ceux du BBS, mais chez 7 de celles-ci (54 %), les tendances étaient de signes opposés. Cela semble indiquer que les dénombrements d'un jour n'assuraient pas un suivi efficace des espèces relevées seulement pendant leur migration, tandis que les tendances relatives aux résidents concordait davantage avec les dénombrements du BBS (tableau I). De plus, Kleen et al. (tableau I) ont établi une correspondance entre les dénombrements d'un jour au printemps et les recensements du BBS quant aux espèces résidentes, mais pas quant aux espèces migratrices. Une analyse-puissance des dénombrements migratoires porte à croire qu'au moins cinq jours d'échantillonnage par semaine sont nécessaires pendant toute la saison de migration pour détecter les variations démographiques importantes sur un nombre raisonnable d'années (Len Thomas, comm. pers.). Les dénombrements par espèce qui permettent de rassembler des données d'observation non uniformes recueillies à maints endroits différents pendant un grand nombre de jours durant la saison peuvent donner de meilleurs résultats que les recensements d'un jour (voir, p. ex., Cyr et Larivée, 1993; tableau I), bien qu'on n'ait pas encore évalué avec rigueur leur potentiel pour le suivi des populations de migrateurs qui ne nichent pas dans le secteur couvert par ces dénombrements.

Pyle et al. (1994) ont comparé les tendances dérivées des données provenant de l'observatoire d'oiseaux de Point Reyes, dans le sud-est de l'île Farallon, à celles issues de dénombrements du BBS pour toute la partie occidentale de l'Amérique du Nord. Bien que certaines des espèces dont ils ont analysé les observations se reproduisent sur le continent non loin de cette île exposée, on

n'y trouve pas d'oiseaux terrestres nicheurs. Le sens des tendances (sans égard à leur degré de signification) était le même pour 78 % des espèces au printemps (nombre d'espèces comparées = 18) et 75 % des espèces en automne (N = 24). On a relevé des tendances significatives tant au titre des dénombrements d'un jour que de ceux du BBS pour quelques espèces seulement (deux au printemps et six en automne), et dans aucun cas ces tendances jumelles n'étaient de signes opposés.

On peut également dénombrer quelques espèces nicheuses à l'observatoire d'oiseaux de Long Point à cause de sa position (sur une pointe de sable dans le lac Érié). Les tendances dérivées des données amassées à cet endroit sur 45 espèces, basées sur les totaux estimatifs quotidiens propres à trois sites voisins, marquaient une corrélation significative avec les tendances observées dans le cadre du BBS en Ontario (voir la figure 3). Les tendances étaient de signes opposés dans le cas de 27 % des 45 espèces mais, là encore, pas dans celui des dix espèces pour lesquelles on observait des tendances significatives à partir des dénombrements effectués tant à l'observatoire qu'au cours du BBS (tableau I). Chez nombre des espèces examinées, l'aire de reproduction s'étend bien au nord de la région couverte par le BBS, de sorte que les dénombrements migratoires ont permis d'échantillonner des parties de cette aire de reproduction très différentes de celles étudiées par le BBS. La corrélation entre les données des deux programmes devenait plus étroite quand on limitait l'analyse aux 16 espèces dont toute la partie de l'aire de reproduction située au nord de la zone couverte par l'observatoire était bien couverte par le BBS, et les tendances étaient de signes opposés (mais non significatives) seulement chez 3 espèces sur 19 (19 %).

Hussell et Brown (1992) ont eu recours à l'analyse de régression (incluant des covariables relatives aux conditions atmosphériques) pour produire des indices annuels concernant 8 espèces de rapaces qui traversent le sud de l'Ontario au printemps. Il existait une corrélation significative entre les tendances propres à ces indices et celles dérivées des données du BBS recueillies en Ontario et ce, même si les périodes visées ne correspondaient pas exactement. Une version mise à jour de leur analyse, basée cette fois sur des données recueillies dans des périodes appropriées, montre également une corrélation positive significative (voir la figure 4).

On a établi des tendances dans les totaux quotidiens d'un poste de baguage, soumis à une transformation logarithmique et corrigés en fonction de l'effort, pour 11 espèces qui nichent

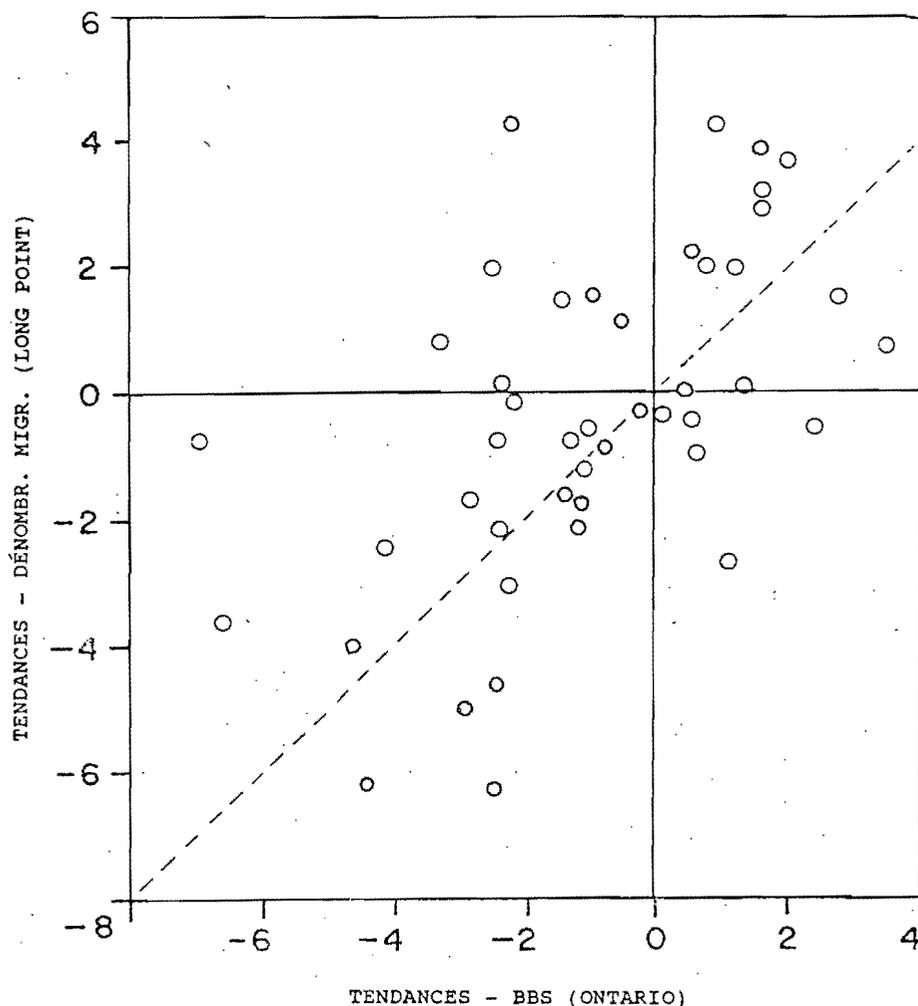


Figure 3. Taux de variation (pourcentage par année) des indices combinés des migrations de printemps et d'automne propres aux TEQ relevés à l'observatoire d'oiseaux de Long Point, par rapport aux tendances médianes propres aux données du Relevé des oiseaux nicheurs recueillies en Ontario de 1967 à 1987. Chaque point représente une espèce. Les cercles pleins correspondent aux espèces dont on considère qu'elles font l'objet d'une surveillance suffisante au moyen du BBS (voir le texte). Les cercles vides représentent toutes les autres espèces. Coefficient du rang de Spearman = 0,60 pour l'ensemble des espèces (N=45, $P < 0,01$) et 0,75 pour les espèces faisant l'objet d'une surveillance suffisante (N=16, $P < 0,001$). La ligne tiretée indique une correspondance de un à un. Tiré de Hussell et al. (1992) et de Hussell (inédit).

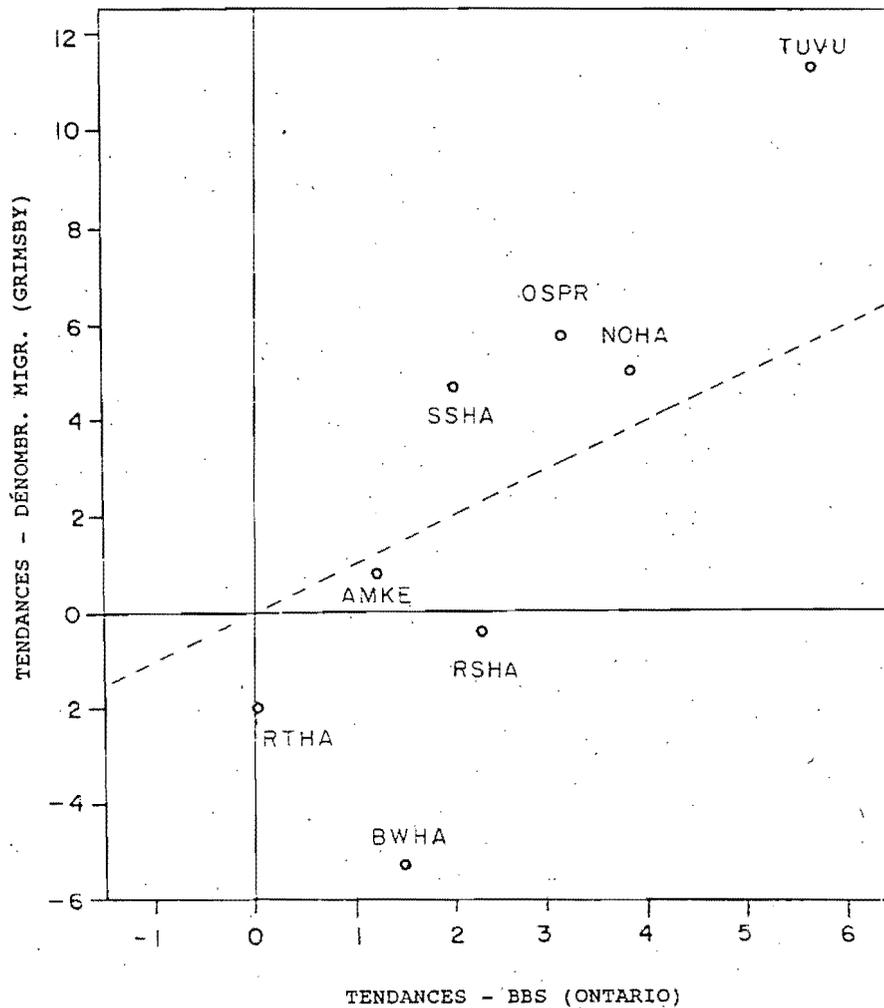


Figure 4. Taux de variation (pourcentage par année) des indices propres aux dénombrements effectués pendant les migrations printanières de rapaces à Grimsby, en Ontario, par rapport aux tendances médianes propres aux données du BBS recueillies en Ontario de 1975 à 1990. Coefficient du rang de Spearman $r_s = 0,810$ ($N = 8$, $P = 0,015$). La ligne tiretée indique une correspondance de un à un. TUVU = Urubu à tête rouge (*Cathartes aura*), OSPR = Balbuzard (Balbuzard pêcheur) (*Pandion haliaetus*), NOHA = Busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*), SSHA = Épervier brun (*Accipiter striatus*), AMKE = Crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*), RSHA = Buse à épaulettes (*Buteo lineatus*), RTHA = Buse à queue rousse (*B. jamaicensis*), BWHA = Petite Buse (*B. platypterus*).

seulement au nord du site, en recourant à l'analyse de régression pour les corriger en fonction des conditions météorologiques (Dunn, Hussell et Adams, inédit). Les oiseaux migrateurs ne se concentrent pas à cet endroit, contrairement à ce qu'on observe aux sites de dénombrement dont nous venons de parler (les observatoires de Point Reyes et de Long Point et les dénombrements de rapaces diurnes). Il existait une étroite corrélation entre les tendances des totaux des oiseaux bagués et celles propres au BBS du Michigan (voir la figure 5). Il s'agit d'une des comparaisons les plus «pures» effectuées jusqu'à présent (voir les notes du tableau I), une de celles qui fournissent les indications les plus révélatrices de la correspondance entre les phénomènes que les dénombrements migratoires et le BBS permettent d'observer.

L'étroite corrélation positive entre des tendances n'est qu'un critère parmi d'autres de la concordance entre des ensembles de données indépendants en ce qui a trait aux variations démographiques. En outre, il doit exister une correspondance de un à un quant à l'ampleur des tendances, comme l'indiquent les figures 3 à 5. Les cas de disparité peuvent être attribuables à l'un ou à la totalité des programmes d'observation, et aucun de ceux-ci ne doit être considéré comme le modèle d'exactitude.

À certains postes de recensement des oiseaux migrateurs, on dénombre des quantités exceptionnellement élevées de jeunes en automne (Ralph, 1971; Dunn et Nol, 1980; Ehnborn et al., 1993), mais cela n'empêche pas nécessairement d'utiliser les données pour la surveillance des populations. Hussell et al. (1992) ont montré que, même si la corrélation entre les indices relatifs aux migrations printanière et automnale était assez faible ($r_s = 0,462$, $n = 42$, $P < 0,01$), les tendances dérivées des dénombrements printaniers et automnaux combinés étaient en étroite corrélation avec les données du BBS (voir la figure 3). Pyle et al. (1994) ont constaté que les tendances tirées des données du BBS correspondaient bien avec celles propres aux dénombrements migratoires du printemps et de l'automne. D'autres données présentées dans le tableau I indiquent par ailleurs que ces dénombrements offrent un potentiel pour la surveillance des populations.

5.3 Conclusions - Évaluation

Les comparaisons les plus appropriées des tendances des données de dénombrement migratoire et des données du BBS (quant au choix des espèces, aux méthodes d'analyse et à la zone de couverture du BBS) montrent bien que les dénombrements migratoires permettent de surveiller

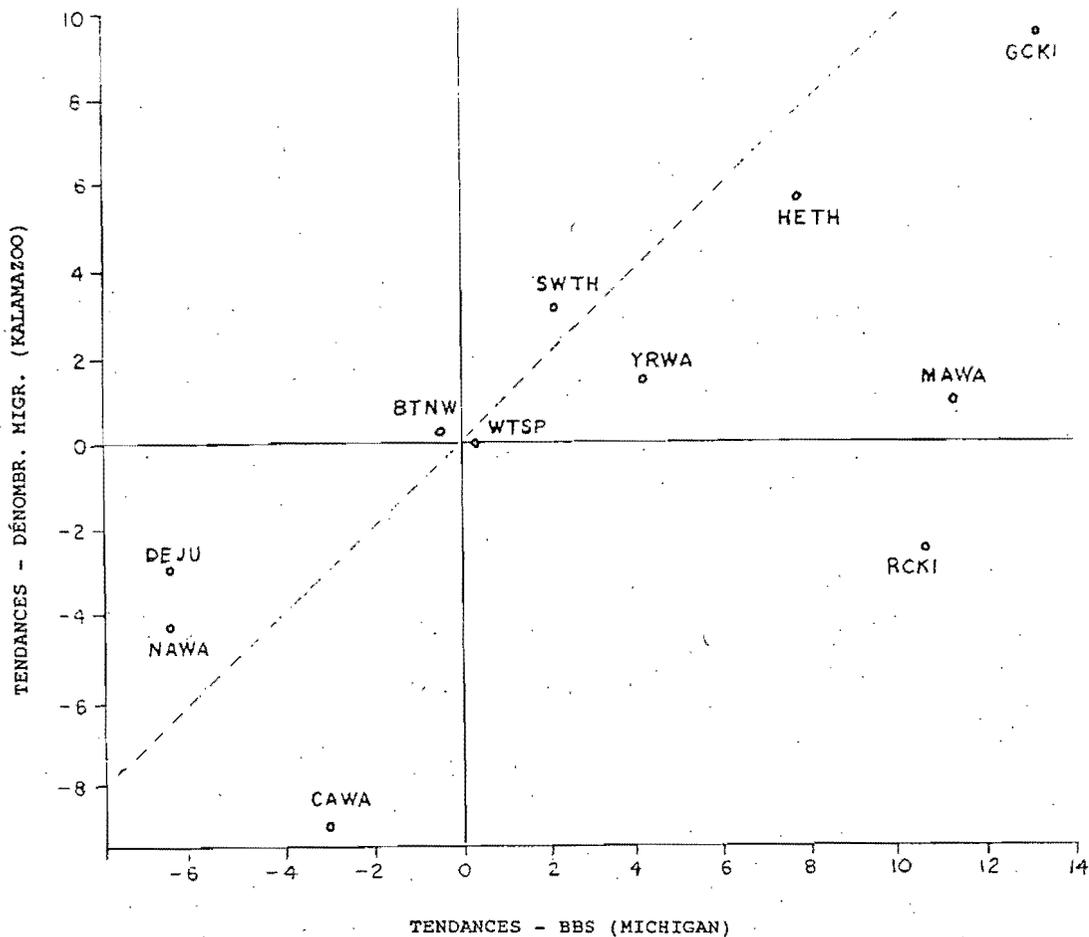


Figure 5. Taux de variation (pourcentage par année) des indices propres aux dénombrements effectués pendant la migration d'automne à deux postes de baguage situés à Kalamazoo, au Michigan (Dunn, Hussell et Adams, inédit), par rapport aux tendances médianes propres aux données du BBS recueillies dans cet État, pour les espèces migratrices qui se reproduisent seulement au nord de ces postes. Coefficient du rang de Spearman = 0,75 (N = 11, P < 0,01). La ligne tiretée indique une correspondance de un à un. Codes des espèces : GCKI = Roitelet à couronne dorée (*Regulus satrapa*), RCKI = Roitelet à couronne rubis (*R. calendula*), HETH = Grive solitaire (*Catharus guttatus*), SWTH = Grive à dos olive (*C. ustulatus*), NAWA = Paruline à joues grises (*Vermivora ruficapilla*), MAWA = Paruline à tête cendrée (*Dendroica magnolia*), YRWA = Paruline à croupion jaune (*D. coronata*), BTNW = Paruline verte à gorge noire (*D. virens*), CAWA = Paruline du Canada (*Wilsonia canadensis*), DEJU = Junco ardoisé (*Junco hyemalis*) et WTSP = Bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*).

l'effectif d'espèces observées aux lieux de dénombrement seulement à titre de migrateurs. Les cas de correspondance positive avec le BBS comprennent des dénombrements migratoires par observation visuelle et par baguage, les dénombrements de migrateurs nocturnes et diurnes et des lieux d'observation propices et non propices à la concentration des migrateurs.

Des analyses mieux ciblées pourraient permettre de renforcer certains des tests de validation les moins concluants parmi ceux dont on présente les résultats au tableau I (par exemple, on pourrait choisir les espèces de manière à passer à des codes supérieurs dans la dernière colonne du tableau). Il faudrait mener d'autres évaluations, surtout en ce qui concerne les sites voisins, pour déterminer si tous les lieux d'observation se prêtent autant à l'échantillonnage d'une *population étudiée* particulière. Les données recueillies dans le sud des États-Unis devraient se révéler particulièrement utiles à cet égard, car il y aura ainsi un plus grand nombre d'espèces relevées aux points de dénombrement seulement à titre d'espèces migratrices seulement mais dont l'aire de reproduction est bien couverte par le BBS.

6. SYNTHÈSE : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU RECOURS AUX DÉNOMBREMENTS MIGRATOIRES POUR LA SURVEILLANCE DES POPULATIONS

Si l'on suppose, tout au long de la présente section, que les dénombrements migratoires indiquent véritablement les variations démographiques, quels avantages ceux-ci peuvent-ils présenter? Au premier chef, ces dénombrements pourraient assurer le suivi des effectifs d'espèces inaccessibles dans d'autres programmes de surveillance des populations. Il existe 36 espèces d'oiseaux terrestres se prêtant à la surveillance des migrations dont l'ensemble de l'aire de reproduction en Amérique du Nord est situé pour au moins la moitié dans des zones septentrionales inaccessibles par le réseau routier (espèces des groupes 1 et 2, tableau II). De ces espèces, 18 hivernent en grande partie dans le sud des États-Unis, hors de la portée des programmes de surveillance des hivernants, tels les recensements des oiseaux de Noël (espèces du groupe 1). Les Canadiens pourraient décider de recourir à la surveillance des migrations pour le suivi des variations démographiques de 40 autres espèces dont au moins la moitié de l'aire de reproduction au Canada se trouve également dans des régions nordiques inaccessibles (espèces des groupes 3 et 4, tableau II). Nombre des espèces dont le nom figure au tableau II méritent une attention particulière en raison de l'amenuisement de l'habitat dans leurs quartiers d'hiver (Diamond, 1991). Les dénombrements migratoires devraient être utiles aussi en ce qui touche plusieurs groupes d'oiseaux qui ne sont pas nécessairement inaccessibles en hiver ou en été, mais dont l'habitat n'est pas bien couvert par les recensements des oiseaux de Noël ou le BBS (les oiseaux inféodés aux prairies et aux forêts de l'intérieur, par exemple), et pour les espèces rares, discrètes ou difficiles à observer le long des parcours du BBS (les rapaces notamment; Bednarz et Kerlinger, 1989). Les dénombrements migratoires pourraient être très utiles pour la confirmation de tendances observées à partir d'autres sources. Les tendances qui ressortent des données des programmes de surveillance ne sont pas toujours en concordance (voir, p. ex., Bednarz et al., 1990; Dunn, 1991; Marchant, 1992), et aucun type de relevé ne procure des résultats sûrs pour toutes les espèces (Berthold, 1976). Par conséquent, quand il y a concordance entre les données de diverses sources, la validité de l'hypothèse de variations démographiques à grande échelle s'accroît grandement. Ainsi, la meilleure preuve du fait que le BBS permet de déceler de telles variations est la concordance entre les tendances qu'il révèle et celles qui sont dérivées de dénombrements migratoires et d'autres ensembles de données indépendants (Butcher, 1986; Holmes et Sherry, 1988; Butcher et al., 1990; Temple et Carey, 1990b, cités dans le tableau I).

Tableau 2. Oiseaux terrestres pour lesquels les dénombrements migratoires pourraient être particulièrement utiles au suivi des tendances démographiques parce que celles-ci sont mal évaluées par les autres programmes de surveillance

Groupe 1. Espèces dont au moins 50 % de l'aire de reproduction en Amérique du Nord se trouvent au nord de la région couverte par le BBS et dont au moins 50 % de l'aire d'hivernage se trouvent au sud des États-Unis.

Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
Moucherolle tchébec	<i>Empidonax minimus</i>
Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>
Moucherolle à ventre jaune	<i>Empidonax flaviventris</i>
Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>
Grive à joues grises	<i>Catharus minimus</i>
Viréo de Philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>
Paruline obscure	<i>Vermivora peregrina</i>
Paruline verdâtre	<i>Vireo celata</i>
Paruline tigrée	<i>Dendroica tigrina</i>
Paruline à tête cendrée	<i>Dendroica magnolia</i>
Paruline à poitrine baie	<i>Dendroica castanea</i>
Paruline rayée	<i>Dendroica striata</i>
Paruline à couronne rousse	<i>Dendroica palmarum</i>
Paruline à gorge grise	<i>Oporornis agilis</i>
Paruline à calotte noire	<i>Wilsonia pusilla</i>
Paruline des ruisseaux	<i>Seiurus noveboracensis</i>

Groupe 2. Espèces dont au moins 50 % de l'aire de reproduction en Amérique du Nord se trouvent au nord de la région couverte par le BBS, mais dont une partie importante de l'aire d'hivernage se trouve aux États-Unis et au Canada.

Buse pattue	<i>Buteo lagopus</i>
Troglodyte des forêts (Troglodyte mignon)	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>
Grive à collier	<i>Ixoreus naevius</i>
Pie-grièche grise	<i>Lanius excubitor</i>
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinoletta</i>
Paruline à croupion jaune	<i>Dendroica coronata</i>
Bruant de Le Conte	<i>Ammodramus leconteii</i>
Bruant hudsonien	<i>Spizella arborea</i>
Bruant à face noire	<i>Zonotrichia querula</i>
Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>
Bruant à couronne blanche	<i>Zonotrichia leucophrys</i>
Bruant à couronne dorée	<i>Zonotrichia atricapilla</i>
Bruant fauve	<i>Passerella iliaca</i>
Bruant de Smith	<i>Calcarius pictus</i>
Bruant lapon	<i>Calcarius lapponicus</i>
Bruant des neiges	<i>Plectrophenax nivalis</i>
Quiscale rouilleux	<i>Euphagus carolinus</i>

Groupe 3. Espèces (outre celles du groupe 1) dont au moins 50 % de l'aire de reproduction au Canada (mais pas en Amérique du Nord) se trouve au nord de la région couverte par le BBS et dont au moins 50 % de l'aire d'hivernage se trouvent au sud des États-Unis.

Balbuzard (Balbuzard pêcheur)	<i>Pandion haliaetus</i>
Engoulevent d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>
Tyran tritri	<i>Tyrannus tyrannus</i>
Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus borealis</i>
Pioui de l'Ouest	<i>Contopus sordidulus</i>
Moucherolle à ventre roux	<i>Sayornis saya</i>
Hirondelle bicolor	<i>Tachycineta bicolor</i>
Hirondelle à face blanche	<i>Tachycineta thalassina</i>
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>
Hirondelle à front blanc	<i>Hirundo pyrrhonota</i>
Hirondelle des granges	<i>Hirundo rustica</i>
Viréo à tête bleue	<i>Vireo solitarius</i>
Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>
Paruline noir et blanc	<i>Mniotilta varia</i>
Paruline verte à gorge noire	<i>Dendroica virens</i>
Paruline jaune	<i>Dendroica petechia</i>
Paruline couronnée	<i>Seiurus aurocapillus</i>
Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>
Bruant de Lincoln	<i>Melospiza lincolnii</i>
Tangara à tête rouge	<i>Piranga ludoviciana</i>

Groupe 4. Espèces (outre celles du groupe 2) dont au moins 50 % de l'aire de reproduction au Canada (mais pas en Amérique du Nord) se trouve au nord de la région couverte par le BBS, mais dont une partie importante de l'aire d'hivernage se trouve aux États-Unis et au Canada.

Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>
Buse à queue rousse	<i>Buteo jamaicensis</i>
Hibou des marais	<i>Asio flammeus</i>
Hibou moyen-duc	<i>Asio otus</i>
Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>
Pic maculé	<i>Sphyrapicus varius</i>
Moucherolle phébi	<i>Sayornis phoebe</i>
Alouette cornue (Alouette hausse-col)	<i>Eremophila alpestris</i>
Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>
Roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>
Solitaire de Townsend	<i>Myadestes townsendi</i>
Grive solitaire	<i>Catharus guttatus</i>
Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>
Bruant des prés	<i>Passerculus sandwichensis</i>
Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>
Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>
Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>
Bruant des marais	<i>Melospiza georgiana</i>

Le regroupement des données de plusieurs programmes de surveillance offre un meilleur potentiel d'interprétation de tendances. Par exemple, Hagan (1993) a utilisé des données de dénombrements migratoires, du BBS et de recensements des oiseaux de Noël pour expliquer les brusques chutes des effectifs dans l'aire de reproduction du Tohi à flancs roux (*Pipilo erythrophthalmus*), dans le nord-est des États-Unis, et pour montrer que la chute des populations hivernant dans le sud-est des États-Unis était moindre à cause du mélange des migrants avec des résidents dont les effectifs étaient plus stables. Les dénombrements migratoires peuvent fournir des données démographiques, comme l'effectif par groupe d'âge en automne, qui peuvent renseigner sur le degré de succès de la reproduction, ou sur la saison où la mortalité est maximale. Mueller et al. (1977), par exemple, ont utilisé des données sur l'âge obtenues lors d'invasions de l'Autour des palombes (*Accipiter gentilis*) pour attribuer la dispersion de l'espèce à l'échec de la reproduction.

Les dénombrements migratoires peuvent fournir de l'information qui comble certaines lacunes des recensements effectués pendant la saison de reproduction. Dans le cas de relevés menés dans des habitats précis, les variations démographiques à grande échelle faisant suite à la réduction de la surface totale de l'habitat disponible peuvent passer inaperçues (Ginn, 1969), alors que les dénombrements migratoires permettraient de les déceler. De plus, par rapport aux recensements en période de reproduction, les dénombrements migratoires devraient être moins biaisés par le comportement de nidification (et donc le comportement vocal) des oiseaux. Enfin, les variations de l'habitat au point de dénombrement et à proximité devraient exercer une moindre influence sur ces dénombrements que sur les relevés d'oiseaux nicheurs en un endroit déterminé, du moins là où les oiseaux se concentrent sous l'influence de la topographie.

Un autre aspect positif des dénombrements migratoires est leur potentiel de pérennité. Les sites de dénombrement favorisent l'assiduité des observateurs. Beaucoup d'observatoires d'oiseaux et de programmes de dénombrement de rapaces diurnes sont financés et exploités principalement par des bénévoles ou des organismes sans but lucratif, si bien qu'ils ne dépendent pas de l'appui financier de l'État, et il est souvent possible de recourir à des bénévoles ayant différents degrés de compétence et des quantités variables de temps à consacrer.

Aux avantages des dénombrements migratoires, il convient d'opposer leurs inconvénients. Nous avons indiqué beaucoup de lacunes possibles de cette méthode et montré, données à l'appui, que la plus fréquente (c.-à-d. la variation des comptes en raison des conditions atmosphériques) est loin d'être catastrophique. Quoi qu'il en soit, les dénombrements migratoires souffrent de certaines limites. Il n'est probablement pas approprié d'établir des tendances démographiques à l'échelle du continent en groupant des données sur les migrations prélevées à différents endroits (voir la section 4.2). Et les postes d'échantillonnage ne conviennent peut-être pas tous autant l'un que l'autre à la collecte de telles données, auquel cas il pourrait y avoir insuffisamment de postes dans les zones où il faut effectuer des dénombrements migratoires de certaines espèces cibles.

Il importe d'assurer une veille intensive en période de migration, tout comme une analyse appropriée des données, pour pouvoir déceler le mieux possible les variations démographiques sur de longues périodes. Or, il se peut que des bénévoles sans soutien ne puissent respecter ces deux préalables et qu'on doive alors trouver les fonds nécessaires à l'affectation du personnel nécessaire.

Par surcroît, il peut être ardu de délimiter les zones où une population étudiée particulière niche ou hiverne. Les bagues reprises sont souvent peu nombreuses et s'accumulent lentement, alors que des études spéciales, tel le calcul de rapports isotopiques d'ailes (Chamberlain et al., 1994) fournissent des résultats plus rapidement.

Enfin, les dénombrements migratoires conviennent seulement au suivi des tendances démographiques propres à des *populations étudiées* entièrement migratrices, ce qui exclut les espèces réputées pour leurs irruptions, vu que le nombre d'individus qui présentent ce trait varie et que leurs destinations changent d'année en année. Ainsi, les dénombrements migratoires relatifs à des *populations étudiées* partiellement migratrices pourraient refléter une variation démographique seulement si le même pourcentage des oiseaux qui les composent migrait chaque année. Même pour les espèces qui migrent régulièrement, il se peut que les recensements ne soient pas la méthode à employer à l'intérieur de leur aire d'hivernage, car les dénombrements migratoires qui y sont effectués peuvent varier au gré des fluctuations annuelles de la répartition de ces espèces en hiver (voir, p. ex., Niles et al., 1969; Terrill et Ohmart, 1984; Terrill et Crawford, 1988; Gwinner

et al., 1992). Néanmoins, dans tous ces cas, les dénombrements migratoires procurent de précieux renseignements sur les déplacements.

Dans l'ensemble, les dénombrements migratoires appliqués à la surveillance des populations semblent présenter d'importants avantages, et il semble exister des solutions à nombre de leurs inconvénients. Comme c'est le cas pour n'importe quelle méthode de surveillance, il faut tenir compte des points faibles des dénombrements migratoires au moment d'interpréter leurs résultats.

7. L'AVENIR DE LA SURVEILLANCE DES MIGRATIONS EN AMÉRIQUE DU NORD

Les membres du Monitoring Working Group of Partners in Flight (groupe de travail sur la conservation des oiseaux migrateurs néotropicaux) ont reconnu que le BBS ne convenait pas à la surveillance des populations septentrionales inaccessibles d'oiseaux terrestres (voir les exemples dans le tableau II). Pour combler cette lacune, ils ont proposé la création d'une série de postes de surveillance des migrations à la limite nord de la région que couvre le BBS, qui correspond à la bordure nord de la partie habitée du Canada (Butcher et al., 1993). Toutefois, comme les dénombrements migratoires n'avaient pas fait l'objet de beaucoup d'évaluations à ce moment-là, on a jugé qu'il faudrait tenir un atelier dans le but d'évaluer le potentiel de cette éventuelle série de postes et de trouver des façons de valider les indices de populations dérivés des dénombrements.

Cet atelier a eu lieu en septembre 1993; il était parrainé par le U.S. Fish and Wildlife Service (qui s'appelle maintenant National Biological Service) et le Service canadien de la faune. Le rapport final issu des travaux de l'atelier appuyait effectivement la proposition de création, dans l'axe est-ouest, d'une série de postes de surveillance intensive des migrations, à laquelle on associerait un programme de grande envergure (pouvant mettre à profit le potentiel qu'offrent les ornithologues amateurs) dans le but d'obtenir des données complémentaires (Blancher et al., 1993). Les recommandations visaient la centralisation des activités de normalisation et d'analyse des données et l'établissement de liens étroits avec les groupes de bénévoles et les personnes qui recueillent les données. On a proposé une structure administrative, et les premiers comités ont été formés au début de 1994.

On a recommandé l'établissement d'une chaîne de postes dans l'axe est-ouest comme moyen d'échantillonnage de l'ensemble des voies de migration. Toutefois, il faudra déterminer la distance à conserver entre les postes, car on manque de renseignements valables sur les limites des *populations étudiées* de chaque espèce échantillonnée. Il faudrait localiser avec soin les postes proches de la limite nord de la région couverte par le BBS si l'on veut étudier les populations dont les lieux de nidification sont éloignés et dont l'aire est couverte imparfaitement, ou ne l'est pas du tout, par le BBS. Aux postes implantés dans le Sud, le long du Golfe du Mexique par exemple, on pourrait également assurer le suivi des espèces qui se reproduisent dans le Grand Nord, mais les individus relevés risquent de provenir d'une portion beaucoup plus vaste de leur aire de

reproduction. De plus, on ne pourrait étudier à ces postes les oiseaux qui nichent dans la région septentrionale du continent et hivernent dans les secteurs où se trouvent ces postes ou au nord de ceux-ci (voir la section 6). On pourrait cependant y recueillir des données complémentaires à celles du BBS concernant de nombreuses espèces qui se reproduisent aux États-Unis.

Même si un poste de surveillance des migrations situé n'importe où en Amérique du Nord peut fournir de l'information, il existe une justification à la création d'un réseau de base formé de postes bien situés pour la surveillance d'espèces cibles. Ainsi, on pourrait se concentrer d'abord sur un ou plusieurs chapelets de postes au lieu de disperser les ressources entre de nombreux postes. Plusieurs postes déjà ouverts le long de la frontière Canada-États-Unis pourraient faire partie d'une chaîne septentrionale où l'on s'occuperait des espèces et des populations d'oiseaux qui nichent dans le Nord (voir la figure 6), bien que d'autres postes soient nécessaires dans les secteurs est et ouest. Il existe aussi plusieurs sites d'observation des rapaces diurnes dans des secteurs septentrionaux qui pourraient faire partie d'un réseau de surveillance des migrations, notamment ceux de Cedar Grove, au Wisconsin, de Duluth, au Minnesota, et de Grimsby, en Ontario. Il n'a pas été question des recensements de rapaces diurnes pendant l'atelier sur la surveillance des migrations (Blancher et al., 1993) mais, à la plupart des postes de dénombrement, on amasse déjà des données uniformes selon les règles établies par la Hawk Migration Association of North America, données qui peuvent être analysées par des méthodes comparables à celles qu'on emploie pour les dénombrements de migrateurs nocturnes.

La centralisation de l'analyse des données sera un facteur déterminant pour l'accroissement de l'utilité des dénombrements migratoires aux fins de la surveillance des populations. Les observateurs de la plupart des postes n'ont ni le temps ni la compétence, ni les fonds nécessaires pour réaliser les analyses appropriées, et une méthode d'analyse uniforme garantira l'obtention de résultats directement comparables. Il importe de perfectionner les méthodes d'analyse, mais cela n'empêche pas entre-temps de centraliser les activités d'analyse et d'utiliser les meilleures méthodes existantes. De fait, un groupe s'occupant de cette question sera probablement à l'avant-scène des activités de perfectionnement.

L'évaluation du potentiel des programmes de dénombrements migratoires pour l'étude des variations démographiques est loin

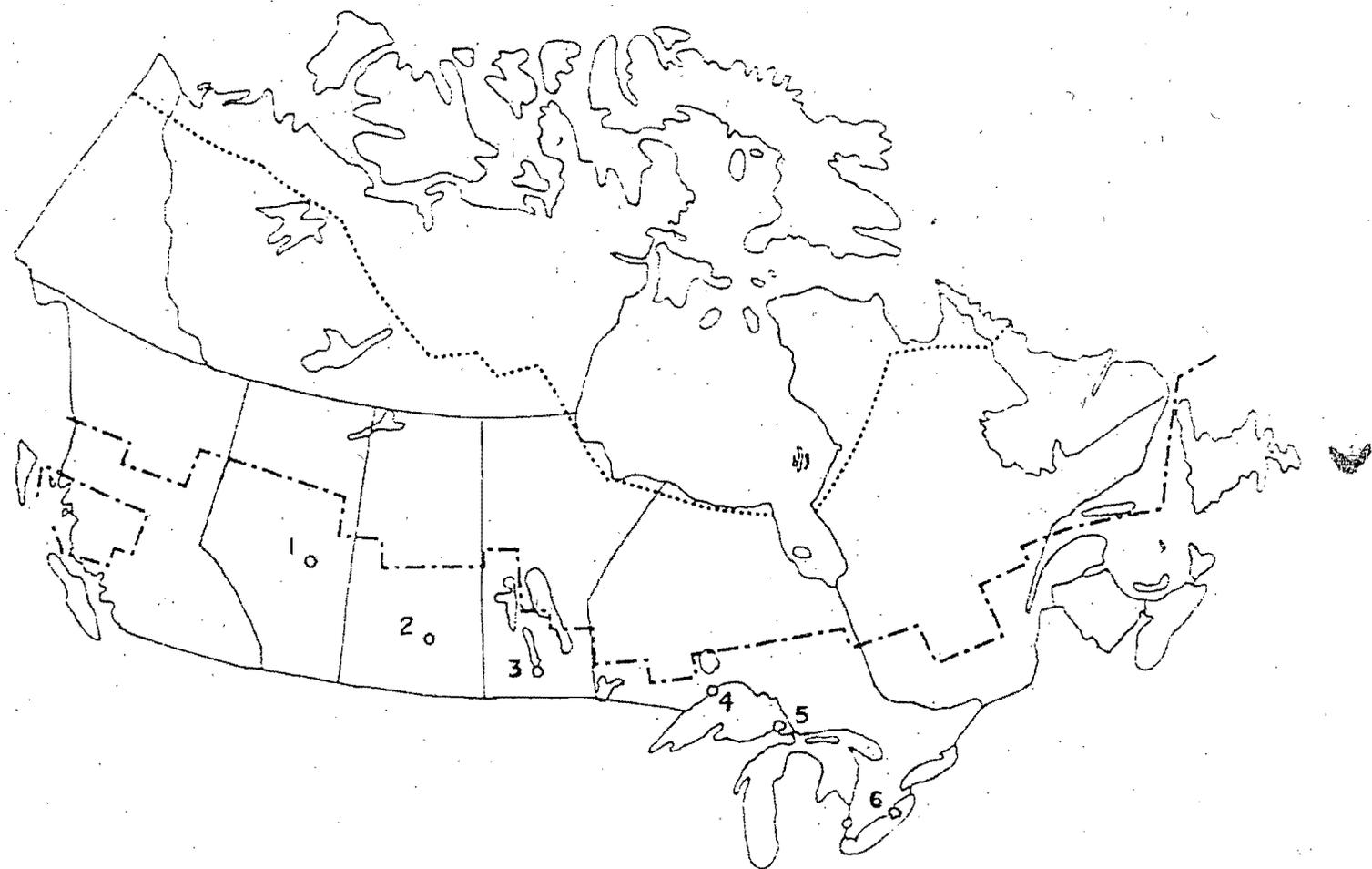


Figure 6. Position des postes de surveillance des migrations dans le sud du Canada et dans les parties voisines des États-Unis (cercles pleins). La ligne formée de points et de tirets indique les limites nord et ouest des parcours contigus du Relevé des oiseaux nicheurs au Canada (d'après Erskine, 1990). La ligne pointillée indique la limite nord approximative de la zone forestière. Observatoires : 1 = Beaverhill Lake (Alberta), 2 = Last Mountain Lake (Saskatchewan), 3 = Delta (Manitoba), 4 = Thunder Cape (Ontario), 5 = Whitefish Point (Michigan), 6 = Long Point (Ontario).

d'être terminée. Les résultats de nombre des évaluations existantes sont difficiles à interpréter (voir le tableau I) et le resserrement des critères d'analyse pourrait permettre de les améliorer. Il est hautement prioritaire de déterminer si les programmes régionaux de recensement permettent de déceler les variations démographiques chez les espèces qu'on dénombre seulement au cours de leurs migrations. Le cas échéant, ces programmes offrent la possibilité de combler les lacunes quant aux espèces ou aux zones qui ne peuvent être surveillées intensivement à des endroits précis.

Enfin, la collaboration et la communication entre les groupes et les personnes qui recueillent des données sur les migrations seront capitales si l'on veut que l'utilité des dénombrements comme méthode de suivi des populations se généralise. Il sera également important d'assurer un financement stable pour la coordination des activités d'exécution du programme, d'analyse des données et de diffusion des résultats.

Le processus élaboré pour l'exécution de toutes ces étapes (Blancher et al., 1993) est en voie d'instauration. Les prochaines années seront importantes en ce qu'elles permettront de voir à quel point les dénombrements migratoires deviennent un programme efficace de surveillance des populations aviaires à l'échelle du continent.

8. BIBLIOGRAPHIE

- Abraszewska-Kowalczyk, A., 1974, [Dynamique de l'effectif de certains migrateurs observés sur le littoral polonais de la Baltique entre 1962 et 1970] (en polonais, avec résumé en anglais), *Notatki Ornitologiczne* 15:77-104.
- Alerstam, T., 1978, Analysis and a theory of visible bird migration, *Oikos* 30:273-349.
- Askins, R. A., J. F. Lynch et R. Greenburg, 1990, Population declines in migratory birds in eastern North America, in *Current Ornithology, Vol. 7*, (D. M. Power, dir. de publ.), Plenum Press, NY, p. 1-57.
- Askins, R. A., 1993, Population trends in grassland, shrubland, and forest birds in eastern North America, in *Current Ornithology, Vol. 11*, (D. M. Power, dir. de publ.), Plenum Press, NY, p. 1-34.
- Bairlein, F., 1992, Recent prospects on trans-Saharan migration of songbirds, *Ibis* 134 Suppl. 1:41-46.
- Baker, R. R., 1993, The function of post-fledging exploration: a pilot study of three passerines ringed in Britain, *Ornis Scand.* 24:71-79.
- Bastian, A. et P. Berthold, 1991, [Durant le jour, les migrateurs nocturnes sont-ils stationnaires ou est-ce qu'ils effectuent des déplacements migratoires précis vers leurs aires de repos d'Europe centrale?] (en allemand, avec résumé en anglais), *J. Orn.* 132:325-327.
- Baumanis, J., 1990, Long-term dynamics of some selected species of land birds during autumn migration in Pape, Latvia, *Baltic Birds* 5(1):28-30.
- Bednarz, J. C. et P. Kerlinger, 1989, Monitoring hawk populations by counting migrants, *Nat. Wildl. Fed. Sci. & Tech. Series* 13:328-342.
- Bednarz, J. C., D. Klem, Jr., L. J. Goodrich et S. E. Senner, 1990, Migration counts of raptors at Hawk Mountain, Pennsylvania as indicators of population trends, 1934-1986, *Auk* 107:96-109.
- Bennett, H. R., 1952, Fall migration of birds at Chicago, *Wilson Bull.* 64:197-220.
- Bergstrom, E. A. et W. H. Drury, Jr., 1956, Migration sampling by trapping: a brief review, *Bird-Banding* 27:107-120.
- Berthold, P., 1976, [Méthodes de recensement d'oiseaux : aperçu et étude critique] (en allemand, avec résumé en anglais), *J. Orn.* 117:1-69.

- Berthold, P. et R. Schlenker, 1975, [Le «Mettnau-Reit-Iltnitz- Programm», programme à long terme de capture d'oiseaux de Vogelwarte Radolfzell visant plusieurs objectifs] (en allemand, avec résumé en anglais), *Vogelwarte* 28:97-123.
- Berthold, P., G. Fliege, U. Querner et R. Schlenker, 1986a, [Résultats positifs du «Mettnau-Reit-Iltnitz-Programm» de Vogelwarte Radolfzell : examen des données techniques et des programmes ultérieurs] (en allemand, avec résumé en anglais), *Vogelwarte* 33:208-219.
- Berthold, P., G. Fliege, U. Querner et H. Winkler, 1986b, [Variations des populations d'oiseaux chanteurs en Europe centrale; analyse de données de capture] (en allemand, avec résumé en anglais), *J. Orn.* 127:397-437.
- Berthold, P., G. Fliege, G. Heine, U. Querner et R. Schlenker, 1991, Autumn migration, resting behaviour, biometry and moult of small birds in central Europe, *Vogelwarte* 36:1-224.
- Berthold, P., A. Kaiser, O. Querner et R. Schlenker, 1993, [Analyse de données de capture recueillies au poste de Mettnau, dans le sud de l'Allemagne, du point de vue de l'évolution des effectifs de petits oiseaux; sommaire portant sur 20 ans d'étude] (en allemand, avec résumé en anglais), *J. Orn.* 134:283-299.
- Bingman, V., 1980, Inland morning flight behavior of nocturnal passerine migrants in eastern New York, USA, *Auk* 97:465-472.
- Blancher, P., A. Cyr, S. Droege, D. Hussell et L. Thomas, 1993, Results of a U.S./Canada workshop on monitoring of landbirds during migration and recommendations towards a North American Migration Monitoring Program (MMP) (rapport inédit qu'on peut se procurer à la même adresse que celle du premier auteur ou auprès de S. Droege, NBS, 12100 Beech Forest Dr., Laurel, MD 20708), 26 p.
- Blokpoel, H., et W. J. Richardson, 1978, Weather and spring migration of snow geese across southern Manitoba, *Oikos* 30:350-363.
- Busse, P., 1973, [Dynamique des effectifs de certains migrateurs capturés sur le littoral polonais de la Baltique de 1961 à 1970] (en polonais, avec résumé en anglais), *Notatki Ornitologiczne* 14:1-38.
- Busse, P., 1979, 20 years of Operation Baltic, *Ring* 101:90-93.
- Butcher, G. S., 1986, Populations of black ducks and mallards in winter; 1950-1983 (rapport inéd. destiné au U.S. Fish Wildl. Serv., Washington, D.C.).

- Butcher, G. S. et C. E. McCulloch, 1990, Influence of observer effort on the number of individual birds recorded on Christmas Bird Counts, *in Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J.R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 120-129.
- Butcher, G. S., M. R. Fuller, L. S. McAllister et P. H. Geissler, 1990, An evaluation of the Christmas Bird Count for monitoring population trends of selected species, *Wildl. Soc. Bull.* 18:129-134.
- Butcher, G. S., B. Peterjohn et C. J. Ralph, 1993, Overview of national bird population monitoring programs and databases, *in Status and Management of Neotropical Migratory Birds* (D.M. Finch et P.W. Stangel, dir. de publ.), *U.S. Forest Serv. Gen. Tech. Rept.* RM-229, Fort Collins, CO, p. 192-203.
- Chamberlain, C.P., J.D. Blum, R.T. Holmes, S. Poulson, P.P. Mara et T.W. Sherry, 1994, Linking breeding and wintering grounds of long-distance migrants using stable and radiogenic isotope ratios, *in Research Notes on Avian Biology 1994: Selected Contributions from the 21st International Ornithological Congress* (J. Dittami, W. Bock, M. Taborsky, R. van den Elzen et E. Vogel-Millesi, dir. de publ.), *J. Ornithol.* 135 (special issue):23.
- Cowley, E., 1979, Sand Martin population trends in Britain; 1965-78, *Bird Study* 26:113-117.
- Cyr, A. et J. Larivée, 1993, A checklist approach for monitoring neotropical migrant birds: twenty-year trends in birds of Québec using ÉPOQ, *in Status and Management of Neotropical Migratory Birds*, (D.M. Finch et P.W. Stangel, dir. de publ.), *U.S. Forest Serv. Gen. Tech. Rept.* RM-229, Fort Collins, CO, p. 229-236.
- Dalberg Peterson, F., 1976, Changes in numbers of migrants ringed at Danish bird observatories during the years 1966-75, *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 70:17-20.
- Darby, K. V., 1985, Migration counts and local weather at British bird observatories: an examination by linear discriminant analysis, *in Statistics in Ornithology*, (B.J.T. Morgan et P.M. North, dir. de publ.), *Lecture Notes in Statistics* 29. Springer-Verlag, Berlin, p. 37-64.
- Dawson, D. K., 1990, Migration banding data: a source of information on bird population trends? *in Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J.R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 37-40.
- DeSante, D. F., 1983, Annual variability in the abundance of migrant landbirds on southeast Farallon Island, California, *Auk* 100:826-852.

- Diamond, A. W., 1991, Assessment of the risks from tropical deforestation to Canadian songbirds, *Trans. 56th N. Amer. Wildl. & Nat. Res. Conf.*:177-194.
- Duffy, K. et P. Kerlinger, 1992, Autumn owl migration at Cape May Point, New Jersey, *Wilson Bull.* 104:312-320.
- Dunn, E. H., 1991, Population trends in Canadian songbirds, *Bird Trends* 1:2-11.
- Dunn, E. H. et E. Nol, 1980, Age-related migratory behavior of warblers, *J. Field Ornithol.*, 51:254-269.
- Dunn, E. H., D. J. T. Hussell et R. Adams, sous presse a, Can annual productivity be monitored with mist-netting during migration? *U.S. Forest Service Gen. Tech. Rept.*.
- Dunn, E. H., D. J. T. Hussell et J. D. McCracken, sous presse b, A comparison of 3 count methods for monitoring songbird abundance during migration: banding, census and estimated totals, *U.S. Forest Service Gen. Tech. Rept.*.
- Eckert, K. R., 1990, Lakewood Pumping Station census of fall migration, *Loon* 62:99-105.
- Ehnborn, S., L. Karlsson, R. Ylvén et Susanne Åkesson, 1993, A comparison of autumn migration strategies in Robins *Erithacus rubecula* at a coastal and an inland site in southern Sweden, *Ringing & Migr.* 14:84-93.
- Erskine, A. J., 1978, The first ten years of the co-operative Breeding Bird Survey in Canada, *Can Wildl. Serv. Rep. Series* 42:1-59.
- Erskine, A. J., 1990, Tables for a report on the co-operative Breeding Bird Survey in Canada through 1989, rapport inéd. présenté au Service canadien de la faune, Sackville (N.-B.).
- Forsythe, B. J. et D. James, 1971, Springtime movements of transient nocturnally migrating landbirds in the Gulf Coastal Bend region of Texas, *Condor* 73:193-207.
- Fuller, M. R. et K. Titus, 1990, Sources of migrant hawk counts for monitoring raptor populations, in *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J.R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 41-46.
- Gatter, W., 1974, [Observations d'une invasion de Sittelles torchepot (*Sitta europaea caesia*) à Randecker Maar, dans le Jura souabe], (en allemand, avec résumé en anglais), *Vogelwarte* 27:203-209.
- Gauthreaux, S.A. Jr., 1991, The flight behavior of migrating birds in changing wind fields: radar and visual analyses, *Amer. Zool.* 31:187-204.

- Ginn, H. B., 1969, The use of annual ringing and nest record card totals as indicators of bird population levels, *Bird Study* 16:210-247.
- Graber, R.R. et W.W. Cochran, 1960, Evaluation of an aural record of nocturnal migration, *Wilson Bull.*, 72:253-273.
- Gwinner, E., H. Schwabl et F. Schwable-Benzinger, 1992, The migratory time program of the Garden Warbler: is there compensation for interruptions?, *Ornis Scand.* 23:264-270.
- Hackman, C. D. et C. J. Henney, 1971, Hawk migration over White Marsh, Maryland, *Chesapeake Science* 12:137-141.
- Hagan, J. M. III, 1993, Decline of the Rufous-sided Towhee in the eastern United States, *Auk* 110:863-874.
- Hagan, J. M. III, T. L. Lloyd-Evans, J. L. Atwood et D. S. Wood, 1992, Long-term changes in migratory landbirds in the northeastern United States: evidence from migration capture data, in *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*, (J.M. Hagan et D.W. Johnston, dir. de publ.), Smithsonian Inst. Press, Washington, p. 115-130.
- Hall, G. A. et R. K. Bell, 1981, The diurnal migration of passerines along an Appalachian ridge, *Amer. Birds* 35:135-138.
- Hamilton, W.J., 1962, Evidence concerning the function of nocturnal call notes of migrating birds, *Condor* 64:390-401.
- Herremans, M., 1989, Habitat and sampling related bias in sex-ratio of trapped Blackcaps *Sylvia atricapilla*, *Ringing and Migr.* 10:31-34.
- Hill, N. P. et J. M. Hagan, III, 1991, Population trends of some northeastern North American landbirds: a half-century of data, *Wilson Bull.* 103:165-182.
- Hjört, C. et C.-G. Lindholm, 1978, Annual bird ringing totals and population fluctuations, *Oikos* 30:387-392.
- Holmes, R. T. et T. W. Sherry, 1988, Assessing population trends of New Hampshire forest birds: local vs. regional patterns, *Auk* 105:756-768.
- Holthuizen, A. M. A. et L. Oosterhuis, 1985, Implications for migration counts from telemetry studies of Sharp-shinned Hawks (*Accipiter striatus*) at Cape May Point, New Jersey, Hawk Migration Assoc. N. Amer., *Proc. Hawk Migration Conf.* 4:305-312.
- Hussell, D. J. T., 1981, The use of migration counts for detecting population levels, *Stud. Avian Biol.* 6:92-102.

- Hussell, D. J. T., 1985, Analysis of hawk migration counts for monitoring population levels. Hawk Migration Assoc. N. Amer., *Proc. Hawk Migration Conf. IV*:243-254.
- Hussell, D. J. T., M. H. Mather et P. H. Sinclair, 1992, Trends in numbers of tropical- and temperate-wintering migrant landbirds in migration at Long Point, Ontario, 1961-1988, in *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*, (J.M. Hagan et D.W. Johnston, dir. de publ.), Smithsonian Inst. Press, Washington, p. 101-114.
- Hussell, D. J. T. et L. Brown, 1992, Population changes in diurnally-migrating raptors at Duluth, Minnesota (1974-1989) and Grimsby, Ontario (1975-1990), rapport inéd., ministère des Richesses naturelles, Maple (Ontario), 67 p.
- Hutto, R. L., 1985, Seasonal changes in the habitat distribution of transient insectivorous birds in southeastern Arizona: competition mediated?, *Auk* 102:120-132.
- James, F. C., D. A. Wiedenfeld et C. E. McCulloch, 1992, Trends in breeding populations of warblers: declines in the southern highlands and increases in the lowlands, in : *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*, (J.M. Hagan et D.W. Johnston, dir. de publ.), Smithsonian Inst. Press, Washington, p. 43-56.
- Jean, A. et M. Razin, 1993, Monitoring migration in the Pyrenees: the case of the Wood Pigeon, *Columba palumbus*, *Bird Census News* 6:83-89.
- Jenni, L. et B. Naef-Daenzer, 1986, [Fréquences des oiseaux migrants capturés dans un col en comparaison des nombres d'oiseaux nicheurs recensés dans leur région d'origine] (en allemand, avec résumé en anglais), *Ornithol. Beob.* 83:95-110.
- Jones, E.T., 1986, The passerine decline, *North Amer. Bird Bander* 11:74-75.
- Källender, H. et O. Rydén, 1974, Inter-observer differences in studies of visible migration at Falsterbo, *Ornis Scand.* 5:53-62.
- Kerlinger, P. et S. A. Gauthreaux, 1984, Flight behaviour of Sharp-shinned Hawks during migration. 1: over land, *Anim. Behav.* 32:1021-1028.
- Kuenzi, A. J., F. R. Moore et T. R. Simons, 1991, Stopover of neotropical landbird migrants on East Ship Island following trans-Gulf migration, *Condor* 93:869-883.
- Lack, D., 1959, Migration across the sea, *Ibis* 101:374-399.
- Langslow, D. R., 1978, Recent increases of Blackcaps at bird observatories, *British Birds* 71:345-354.
- Laske, V. et A. Helbig, 1987, Influence of atmospheric turbidity on counts of diurnal migration and a method of correction, *Ardea* 75:245-254.

- Lowery, G. H., Jr. et R. J. Newman, 1955, Direct studies of nocturnal bird migration, in *Recent Studies in Avian Biology* (A. Wolfson, dir. de publ.), Univ. Illinois Press, Urbana, p. 238-263.
- Marchant, J. H., 1992, Recent trends in breeding populations of some common trans-Saharan migrant birds in northern Europe, *Ibis* 134 Suppl. 1:113-119.
- Martin, E. E., 1980, Diversity and abundance of spring migratory birds using habitat islands on the Great Plains, *Condor* 82:430-439.
- Martsching, P., 1986, Spring warbler migration at Brookside Park in Ames, *Iowa Bird Life* 56:107-111.
- Martsching, P., 1987, Fall warbler migration at Brookside Park in Ames, *Iowa Bird Life* 57:112-117.
- McCracken, J. D., D. J. T. Hussell et E. H. Dunn, 1993, *A Manual for Monitoring Bird Migration*, Observatoire d'oiseaux de Long Point, Port Rowan (Ontario), 65 p.
- Moore, F. R., P. Kerlinger et T. R. Simons, 1990, Stopover on a Gulf Coast barrier island by spring trans-gulf migrants, *Wilson Bull.* 102:487-500.
- Mueller, H. C., D. D. Berger et G. Allez, 1977, The periodic invasions of Goshawks, *Auk* 94:652-663.
- Mueller, H. C., D. D. Berger et G. Allez, 1988, Population trends in migrating peregrines at Cedar Grove, Wisconsin, 1936-1985, in *Peregrine Falcon Populations, their Management and Recovery*, (T. J. Cade, J. J. Enderson, C. G. Thelander et C. M. White, dir. de publ.), The Peregrine Fund, Inc., Boise, Idaho, p. 497-506.
- Murray, B. G., Jr., 1964, A review of Sharp-shinned Hawk migration along the northeastern coast of the United States, *Wilson Bull.* 76:257-264.
- Nagy, A. C., 1977, Population trend indices based on 40 years of autumn counts at Hawk Mountain Sanctuary in northeastern Pennsylvania, in *Proceedings of World Conference on Birds of Prey*, 1975, CIPO, Vienne, p. 243-253.
- Niles, D.M., D.A. Rohwer, J.A. Jackson et J.D. Robins, 1969, An observation of midwinter nocturnal movement and tower mortality of Tree Sparrows, *Bird-Banding* 40:322-323.
- Nisbet, I. C. T., W. H. Drury et J. Baird, 1963, Weight-loss during migration. Part I. Deposition and consumption of fat by the Blackpoll Warbler *Dendroica striata*, *Bird-Banding* 34:107-138.
- Nisbet, I. C. T. et W. H. Drury, Jr., 1969, A migration wave observed by moon-watching and at banding stations, *Bird-Banding* 40:243-252.

- Österlöf, S. et B.-O. Stolt, 1982, Population trends indicated by birds ringed in Sweden, *Ornis Scand.* 13:135-140.
- Pardieck, K. et R.W. Waide, 1992, Mesh size as a factor in avian community studies using mist nets, *J. Field Ornithol.* 63:250-255.
- Payevsky, V.A., 1990, Population dynamics of birds during 1960-1986 according to trapping data on the Courish Spit of the Baltic Sea. *Baltic Birds* 5(2):69-73.
- Pyle, P., N. Nur, R. P. Henderson et D. F. DeSante, 1993, The effects of weather and lunar cycle on nocturnal migration of landbirds at Southeast Farallon Island, California, *Condor* 95:343-361.
- Pyle, P., N. Nur et D. F. DeSante, 1994, Trends in nocturnal migrant landbird populations at Southeast Farallon Island, California, 1968-1992, *Stud. Avian Biol.* 15:58-74.
- Ralph, C. J., 1971, An age differential of migrants in coastal California, *Condor* 73:243-246.
- Ralph, C. J., 1981, Age ratios and their possible use in determining autumn routes of passerine migrants, *Wilson Bull.* 93:164-188.
- Ralph, C.J., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, et D.F. DeSante, 1993, *Handbook of Field Methods for Monitoring Landbirds*, U.S. Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-144, 41 p.
- Rao, P. V., 1981, Summarizing remarks: estimating relative abundance (Part II), *Stud. Avian Biol.* 6:110-111.
- Rappole, J. H. et K. Ballard, 1987, Postbreeding movements of selected species of birds in Athens, Georgia, *Wilson Bull.* 99:475-480.
- Richardson, W. J., 1974, Multivariate approaches to forecasting day-to-day variations in the amount of bird migration, in *Proceedings of Conference on Biological Aspects of the Bird/Aircraft Collision Problem*, (S. A. Gauthreaux, dir. de publ.), Clemson University, Clemson, Caroline du Sud, p. 309-329.
- Richardson, W. J., 1978, Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review, *Oikos* 30:224-272.
- Riddiford, N., 1983, Recent declines of Grasshopper Warblers *Locustella naevia* at British bird observatories, *Bird Study* 30:143-148.
- Riddiford, N., 1985, Grounded migrants versus radar: a case-study, *Bird Study* 32:116-121.
- Robbins, C. S., D. Bystrak et P. H. Geissler, 1986, The Breeding Bird Survey: its first 15 years, 1965-1979, *USF&WS Resour. Publ.* 157:1-196.

- Robbins, C. S., J. R. Sauer, R. S. Greenberg et S. Droege, 1989, Population declines in North American birds that migrate to the neotropics, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **86**:7658-7662.
- Russell, R. W., P. Dunne, C. Sutton et P. Kerlinger, 1991, A visual study of migrating owls at Cape May Point, New Jersey, *Condor* **93**:55-61.
- Safriel, U.N. et D. Lavee, 1991, Relative abundance of migrants at a stopping-over site and the abundance in their breeding ranges, *Bird Study* **38**:71-72.
- Sauer, J. R. et S. Droege (dir. de publ.), 1990, *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, USF&WS Biol. Rept. 90(1), 166 p.
- Scheider, F. G. et D. W. Crumb, 1985, Spectacular flight of Purple Finches at Derby Hill, *Kingbird* **35**:115.
- Sharrock, J. T. R., 1969, Grey Wagtail passage and population fluctuations in 1956-67, *Bird Study* **16**:17-34.
- Slack, R. S., C. B. Slack, R. N. Roberts et D. E. Emord, 1987, Spring migration of Long-eared Owls and Northern Saw-whet Owls at Nine Mile Point, New York, *Wilson Bull.* **99**:480-485
- Spofford, W. R., 1969, Hawk Mountain counts as population indices in northeastern America, in *Peregrine Falcon Populations Their Biology and Decline*, (J.J. Hickey, dir. de publ.), University of Wisconsin, Madison, p. 323-332.
- Stedman, S. J., 1990, A synopsis of four decades of fall raptor migration study in Tennessee, *Newsletter H.M.A.N.A.* **15**(2):32-37.
- Stewart, P. A., 1987, Decline in numbers of wood warblers in spring and autumn migration through Ohio, *North Amer. Bird Bander* **12**:58-60.
- Svazas, S., 1991, Species composition and abundance of nocturnal autumnal bird migrants in the continental part of Lithuania, *Acta Ornithol. Lituanica* **4**:52-62.
- Svensson, S. E., 1978, Efficiency of two methods for monitoring bird population levels: breeding bird censuses contra counts of migrating birds, *Oikos* **30**:373-386.
- Svensson, S. E., 1985, Effects of changes in tropical environments on the North European avifauna, *Ornis Fennica* **62**:56-63.
- Svensson, S., C. Hjört, J. Petterson et G. Roos, 1986, Bird population monitoring: a comparison between annual breeding and migration counts in Sweden, *Vår Fågelvard* Suppl. **11**:215-224.

- Taub, S. R., 1990, Smoothed scatterplot analysis of long-term breeding bird census data, in *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J. R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 80-83.
- Temple, S. A. et J. R. Carey, 1990a, Description of the Wisconsin Checklist Project, in *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J. R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 14-17.
- Temple, S. A. et J. R. Carey, 1990b, Using checklist records to reveal trends in bird populations, in *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J.R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 98-104.
- Terrill, S. B. et R. D. Ohmart, 1984, Facultative extension of fall migration by Yellow-rumped Warblers (*Dendroica coronata*), *Auk* 101:427-438.
- Terrill, S.B. et R.L. Crawford, 1988, Additional evidence of nocturnal migration by Yellow-rumped Warblers in winter, *Condor* 90:261-263.
- Thompson, J. J., 1993, Modelling the local abundance of shorebirds staging on migration, *Theoret. Pop. Biol.* 44:299-315.
- Titus, K. et J. A. Mosher, 1982, The influence of seasonality and selected weather variables on autumn migration of three species of hawks through the central Appalachians, *Wilson Bull.* 94:176-184.
- Titus, K., M. R. Fuller et J. L. Ruos, 1989, Considerations for monitoring raptor population trends based on counts of migrants, in : *Raptors in the Modern World*, (B.-U. Meyburg et R.D. Chancellor, dir. de publ.), WWGBP, Berlin, Londres et Paris, p. 19-32.
- Titus, K. et M. R. Fuller, 1990, Recent trends in counts of migrant hawks from northeastern North America, *J. Wildl. Manage.* 54:463-470.
- Titus, K., M. R. Fuller et D. Jacobs, 1990, Detecting trends in hawk migration count data, in *Survey Designs and Statistical Methods for the Estimation of Avian Population Trends*, (J.R. Sauer et S. Droege, dir. de publ.), *USF&WS Biol. Rept.* 90(1), p. 105-113.
- Van Tighem, K. J. et G. R. Burns, 1984, The 1984 spring bird migration: Elk Island National Park, *Alberta Naturalist* 14:131-134.
- Weisbrod, A.R., C.J. Burnett, J.G. Turner et D.W. Warner, 1993, Migrating birds at a stopover site in the Saint Croix River Valley, *Wilson Bull.* 105:265-284.
- West, R. L., 1992, Trend analysis of Delaware spring bird counts, *Delmarva Ornithol.* 24:19-38.

Wiedner, D. S., P. Kerlinger, D. A. Sibley, P. Holt, H. Hough et R. Crossley, 1992, Visible morning flight of neotropical landbird migrants at Cape May, New Jersey, *Auk* 109:500-510.

Winker, K., D. W. Warner et A. R. Weisbrod, 1992, Daily mass gains among woodland migrants at an inland stopover site, *Auk* 109:853-862.

Young, B. E., 1991, Annual molts and interruption of the fall migration for molting in Lazuli Buntings, *Condor* 93:236-250.

Zalakevicius, M., 1991, Visible bird migration as a part of the whole migratory passage, *Acta Ornithol. Lituanica* 4:27-38.