

Progress Notes contain *interim* data and conclusions and are presented as a service to other wildlife biologists and agencies. The notes will appear in summary volumes from time to time.

Ces cahiers renferment des données préliminaires et des conclusions provisoires de nature à intéresser les biologistes d'autres organismes. Ces communications paraîtront en volumes récapitulatifs de temps à autre.

No. 17, October 1970

N° 17, octobre 1970

CHEMICAL ELEMENTS IN WATERFOWL
FLIGHT FEATHERSLES ÉLÉMENTS CHIMIQUES DANS LES
RÉMIGES ET LES RECTRICES D'OISEAUX
AQUATIQUES

by John P. Kelsall, Canadian
Wildlife Service, Western Region,
Edmonton, Alberta

par John P. Kelsall, Service
canadien de la faune, région de
l'Ouest Edmonton (Alberta)

IntroductionIntroduction

Flight feathers of waterfowl were analysed to determine if the proportion of chemical elements contained in them uniquely reflect the environment in which they were grown. Thus we may be able to pinpoint the natal or last moulting areas of individual waterfowl. In addition, it may be possible to identify accurately the age and sex of a bird within a certain species by the chemical composition of its feathers. Ability to do so would be valuable to managers.

Nous avons analysé les rémiges et les rectrices des oiseaux aquatiques pour déterminer si la proportion des éléments chimiques qu'elles contiennent reflètent l'habitat particulier dans lequel ils ont grandi. Ainsi, nous serons peut-être en mesure de repérer avec précision les lieux de naissance et de mue de chaque oiseau aquatique, en plus de pouvoir identifier exactement l'âge et le sexe d'un oiseau d'une certaine espèce au moyen de la composition chimique de ses plumes. Cette possibilité d'identification serait très utile aux biologistes de la faune.

In the first series of analyses, we examined flight feathers of white-fronted geese (Anser albifrons), mallards (Anas platyrhynchos), black ducks (A. rubripes) and lesser scaup (Aythya affinis) for quantities of a wide variety of chemical elements. We also tried to develop techniques for analysing feathers.

Dans la première série d'analyses, nous avons examiné les rémiges et les rectrices des oies à front blanc (Anser albifrons), des canards mallards (Anas platyrhynchos) et des petits morillons (Aythya affinis) en vue d'en déterminer la teneur en différents éléments chimiques. Nous avons aussi élaboré des techniques d'analyse des plumes.

Hanson and Jones (1968), pioneers in feather analysis, compared 12 minerals in feathers of two populations of snow geese (Anser c. caerulescens). Devine and Peterle (1968) used neutron activation analysis on flight feathers and bones of a number of waterfowl species. Geobotanical prospecting is an analogous field.

Hanson et Jones (1968), pionniers de l'analyse des plumes, ont comparé 12 éléments trouvés dans les plumes de deux populations d'oies blanches (Anser c. caerulescens). Devine et Peterle (1968) ont

The chemical composition of some plants reflect the proportion of chemicals contained in the environment in which they grow (Cannon, 1960).

Materials and methods

Hunters provided tail feathers from geese and primary, secondary and tertiary wing feathers from ducks. Each of 15 samples (Table 1) consisted of 80 gm of bulked feathers of 25 to 38 goose tails, or 19 to 47 individual duck wings. This amount was needed for analysis (including two or more replications) for a wide range of elements. One scaup wing provides only about 1.3 gm of feathers.

Samples for each species represented, as far as possible, geographically and geologically broad areas. Scaup and mallards were taken from the whole prairie region; white-fronted geese from the Canadian western arctic and Alaska; immature black ducks from all Atlantic provinces and adults from Quebec. Within each sample, feathers were incorporated from widely varied areas to improve chances for a wide total spectrum of elements.

Unfortunately, the analyst's method of choosing subsamples largely negated our efforts to secure broadly representative results from the analyses. Although it was not specified in the contract, each sample should have been fragmented and thoroughly mixed. Subsamples would then have been necessarily random reflecting the composition of the whole. Instead, subsampling for each element was conducted while the feathers were still intact. Of a few feathers chosen for silver analysis, for example, one or two

utilisé la méthode d'analyse par activation neutronique sur les rémiges, les rectrices et les os de plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques. Le sondage géobotanique est un champ d'études analogue. La composition chimique de certaines plantes reflète les proportions des produits chimiques contenus dans leur milieu de croissance (Cannon, 1960).

Échantillonnage et méthodes

Les chasseurs nous ont fourni des rectrices d'oies et des rémiges primaires, secondaires et tertiaires de canards. Chacun des 15 échantillons (voir tableau 1) se composait de 80 grammes de plumes provenant de 25 à 38 queues d'oies ou de 19 à 47 ailes de canards d'une même espèce. Cette quantité était requise pour une analyse (avec deux reprises ou plus) d'une grande variété d'éléments. Une aile de petit morillon ne donne qu'environ 1.3 g de plumes.

Autant que possible, les échantillons de chaque espèce représentaient de vastes régions géographiques ou géologiques. Les morillons et les canards mallards provenaient de toute la région des Prairies; les oies à front blanc, de l'ouest de l'Arctique canadien et de l'Alaska; les jeunes canards noirs, de toutes les provinces de l'Atlantique, et les adultes, de la province de Québec. Chaque échantillon contenait des plumes provenant de régions très variées pour accroître la possibilité d'obtenir un spectre d'éléments étendu et complet.

Malheureusement, la méthode utilisée par l'analyste pour constituer les sous-échantillons a en grande partie annulé nos efforts en vue d'obtenir des résultats largement représentatifs des analyses. Même si le

TABLE 1. Results of analyses of waterfowl plumage showing elements found in measurable quantities in at least some cases. Carbon and nitrogen are in per cent of weight, all others are in parts per million.

Species Espèces	Ag	Al	As	C	Ca	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	N	Na	P	Pb	Si	Zn
White-fronted goose, A																	
Oie à front blanc, A	1.00	68	0.5	37.13	115	11	126	39	<0.5	48	6	16.54	20	200	2	1774	57
White-fronted goose, A																	
Oie à front blanc, A	<0.01	130	0.5	36.39	84	16	77	28	1.4	39	2	16.45	40	240	7	3084	32
White-fronted goose, 1st A																	
Oie à front blanc, A	<0.01	<3	0.3	35.68	147	14	125	51	1.0	51	5	16.24	40	260	4	2010	29
White fronted goose, I																	
Oie à front blanc, I	2.00	129	0.2	37.53	234	12	306	120	<0.5	61	10	16.01	55	220	4	5113	42
Mallard, A, M.																	
Canard mallard, A, M.	<0.01	<3	0.2	37.68	194	7	107	35	1.0	62	3	16.31	65	280	<3	794	115
Mallard, A, F.																	
Canard mallard, A, F.	<0.01	<3	0.2	36.94	194	11	122	35	<0.5	57	4	16.32	70	280	6	688	188
Mallard, I, M.																	
Canard mallard, I, M.	<0.01	<3	0.1	42.51	237	9	114	54	1.0	69	2	16.30	76	284	<3	805	66
Mallard, I, F.																	
Canard mallard, I, F.	<0.01	<3	0.1	39.91	436	9	211	54	2.0	102	9	16.32	101	250	<4	1029	59
Black duck, A, M.																	
Canard noir, A, M.	<0.01	103	0.2	39.79	433	8	157	56	<0.5	90	6	16.25	165	275	3	515	103
Black duck, A, F.																	
Canard noir, A, F.	3.00	<3	0.2	44.32	255	8	133	39	1.0	89	5	16.27	59	268	<3	885	74
Black duck, I																	
Canard noir, I	<0.01	<3	0.1	40.81	429	8	73	61	2.0	107	4	16.32	228	265	<3	493	134
Lesser scaup, A, M.																	
Petit Morillon, A, M.	<0.01	<3	0.2	41.95	187	10	106	48	1.0	62	2	16.04	85	295	<3	527	60
Lesser scaup, A, F.																	
Petit Morillon, A, F.	<0.01	<3	0.2	43.71	188	9	69	40	1.0	52	1	16.08	159	270	<3	314	131
Lesser scaup, I, M.																	
Petit Morillon, I, M.	<0.01	<3	0.1	40.63	414	10	162	74	1.0	141	3	16.44	187	285	<4	725	146
Lesser scaup, I, F.																	
Petit Morillon, I, F.	<0.01	<3	0.1	46.79	99	9	45	27	1.0	32	2	16.00	53	275	3	436	32

A Adulte/Adulte
I Immature/Immature
M Male/Mâle
F Female/Femelle

could have been taken from perhaps the only duck in the entire sample that had much silver. This subsampling method may have resulted in some of the extreme variability shown in the tables and some of the inexplicable inconsistencies. It is also possible that some elements were not found because subsamples did not contain a truly random mixture.

Feathers were clipped from wings with steel scissors. They were rinsed four times with hot water and four times with distilled water; shaken three times for thirty minutes each in distilled water; dried for four hours at 87°C; then stored in dustproof plastic bags. In addition, visibly contaminated feathers (those with lead shot holes, blood, or excessive dirt of any sort) were discarded during initial clipping and later handling.

Analytical methods will not be detailed here. Most elements were determined on a Perkin-Elmer 303 atomic absorption spectrometer. Wet ashing was generally used, although carbon was determined through combustion. Silicon was recovered from precipitate in the wet ash. Nitrogen was determined by the Kjeldahl method. Varied spot tests, and other methods, were used for a dozen other elements.

Results

Of 44 elements originally considered, it was analytically practicable to seek 38 (Table 2). Thirty-one of these were found, curiously, in all samples. Quantities of 14 elements were so small they could not be measured precisely by our methods and/or

contrat ne le stipulait pas; chaque échantillon aurait dû être fractionné et mélangé à fond. Ainsi, la composition de chaque sous-échantillon se serait nécessairement faite au hasard et aurait reflété la composition du tout. Au lieu de cela, la préparation des sous-échantillons fut effectuée alors que les plumes étaient encore intactes. Ainsi, des quelques plumes prélevées pour l'analyse de l'élément argent, une ou deux d'entre elles auraient peut-être pu appartenir au seul canard de tout l'échantillon ayant une forte teneur en argent. La variabilité extrême indiquée sur les tableaux et certaines des contradictions inexplicables peuvent résulter de cette méthode de sous-échantillonnage. Il se peut aussi que certains éléments n'aient pas été décelés parce que les sous-échantillons ne se composaient pas d'un mélange vraiment fait au hasard.

On s'est servi de ciseaux d'acier pour rogner les plumes des ailes. Elles furent rincées quatre fois pendant trente minutes dans l'eau distillée; séchées pendant quatre heures à 87°C; enfin, placées dans des sacs en plastique à l'abri de la poussière. De plus, les plumes visiblement contaminées (ayant des trous de grenaille de plomb, tachées de sang ou couvertes de saletés excessives de toute sorte) furent rejetées au cours de l'ébarbage initial ou de la préparation subséquente.

Il n'y a pas lieu d'exposer dans le détail les méthodes analytiques utilisées; la plupart des éléments furent déterminés au moyen du spectrophotomètre 303 à absorption atomique de Perkin-Elmer. Nous avons généralement utilisé la méthode d'incinération par voie

TABLE 2 Elements sought in analyses of 15 samples of plumage from four species of waterfowl and the range of results compared with results from snow geese by Hanson and Jones (1968). Measurements are in per cent of weight for carbon and nitrogen, and in parts per million for all others.

TABEAU 2 Eléments recherchés lors de l'analyse de 15 échantillons du plumage de quatre (4) espèces de faune aquatique et marge de variation des résultats comparés des résultats d'analyse de plumage d'oies blanches fournis par Hanson et Jones (1968). Les mesures sont données en pour cent du poids de plumes pour le carbone et l'azote, et en parties par million pour tous les autres éléments.

Element Élément	This study Cette analyse	Hanson & Jones
Aluminum/Aluminium	<3-130	12-174
Antimony/Antimoine	<0.2	
Arsenic/Arsenic	0.1-0.5	
Beryllium/Béryllium	<0.05	
Bismuth/Bismuth	<0.3	
Cadmium/Cadmium	<0.01	
Calcium/Calcium	84-436	600-2,800
Carbon/Carbone	35.68-46.79	
Chromium/Chrome	<0.05	
Cobalt/Cobalt	<0.05	
Copper/Cuivre	9-16	5-10
Gallium/Gallium	Not found/pas de trace	
Germanium/Germanium	Not found/pas de trace	
Gold/Or	<0.05	
Iron/Fer	45-306	10-314
Lead/Plomb	<3-6	
Lithium/Lithium	<0.5-2.0	
Magnesium/Magnésium	32-107	450-900
Manganese/Manganèse	1-10	2-10
Molybdenum/Molybdène	<0.03	
Neodymium/Néodyme	Not found/pas de trace	
Nickel/Nickel	<0.05	
Nitrogen/Azote	16.00-16.54	
Phosphorus/Phosphore	200-295	150-500
Potassium/Potassium	27-120	16-1,623
Rhodium/Rhodium	Not found/pas de trace	
Rubidium/Rubidium	<0.05	
Scandium/Scandium	Not found/pas de trace	
Selenium/Sélénium	<0.5	
Silicon/Silicium	314-5,113	1,000-9,700
Silver/Argent	<0.01-2.00	
Sodium/Sodium	20-228	160-644
Strontium/Strontium	<0.01	
Tellurium/Tellure	<0.1	
Thallium/Thallium	Not found/pas de trace	
Uranium/Uranium	Not found/pas de trace	
Vanadium/Vanadium	<0.02	
Zinc/Zinc	29-188	81-130

equipment. Traces of silver, aluminium and lead were contained in most samples and traces of lithium in 4 of 15 samples (Table 1). Measurable quantities of these four elements were also found in some samples. All samples contained 13 measurable elements (Tables 1 and 3).

Table 2 compares the results of our analyses with those of Hanson and Jones (1968). They examined feathers from populations of snow geese for a range of 12 elements, including boron which we did not seek. The general similarity in the results is not particularly noteworthy, since these 12 elements are among major and trace elements always present, and perhaps essential, in animal tissues. What does seem a little surprising is the extreme range of variability in both analyses. Excepting copper, manganese, phosphorus and zinc - with values no more than 10 times the lowest - the range is enormous, extending from 16 to 1,623 ppm in the case of potassium. Quantities of calcium and magnesium, and the upper limits of potassium, silicon and sodium were much higher in the snow goose feathers. It may be significant that these elements are important constituents of sea water, and that the snow goose populations examined tend to frequent tidal flats in Hudson Bay.

Because of the manner in which samples were subsampled for analysis, detailed speculation on the differences between and within species (Table 1) is not justified. The most glaring difference, the relatively larger quantities of silicon in white-fronted geese than in ducks, is probably real. Hanson and Jones

humide, même si nous ayons déterminé le carbone par combustion. Le silicium a été déterminé dans un précipité de silice contenu dans les cendres. L'azote a été déterminé par la méthode Kjeldahl. Nous avons aussi utilisé divers essais à la touche et d'autres méthodes pour une douzaine d'autres éléments.

Résultats

Au début, nous avons pensé rechercher 44 éléments, mais la méthode analytique nous imposa une limite de 38 éléments (voir tableau 2). Nous avons été surpris de retrouver 31 des 38 éléments dans tous les échantillons. Cependant, 14 éléments étaient en quantités si faibles que nos méthodes ou notre équipement ne nous permirent pas de les doser avec précision. Presque tous les échantillons contenaient des traces d'argent, d'aluminium et de plomb, et de 4 à 15 échantillons contenaient des traces de lithium (voir tableau 2). Certains échantillons avaient des teneurs mesurables de ces quatre éléments et tous possédaient des teneurs mesurables de 13 éléments (voir tableaux 1 et 3).

Le tableau 2 compare les résultats de nos analyses avec ceux de Hanson et Jones (1968) qui étudièrent les plumes de populations d'oies blanches en regard de 12 éléments, y compris le bore dont il n'a pas été tenu compte dans nos recherches. La similitude des résultats n'est pas particulièrement exceptionnelle, puisque ces 12 éléments sont parmi ceux qui sont toujours présents en grande ou en très petite quantité dans les tissus des animaux et auxquels ils sont peut-être essentiels. Cependant, les résultats des deux analyses surprennent par l'extrême

TABLE 3. Mean values for elemental composition of various waterfowl flight feathers. Carbon and nitrogen are in per cent of weight, all others are in parts per million.

Species Espèces	As	C	Ca	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	N	Na	P	Si	Zn
White-fronted goose Oie à front blanc	0.38	36.68	145	13	159	60	0.9	50	6	16.31	39	230	2995	40
Mallard Canard mallard	0.15	39.26	265	9	139	45	1.1	73	5	16.31	78	273	829	107
Black duck Canard noir	0.17	41.43	372	8	121	52	1.2	95	5	16.28	151	269	631	104
Lesser scaup Petit morillon	0.15	43.27	222	10	96	47	1.0	96	2	16.14	121	281	501	92

TABLEAU 3. Moyennes des divers éléments déterminés dans les plumes de différents oiseaux aquatiques. Le carbone et l'azote sont en pour cent du poids des plumes et tous les autres éléments, en parties par million.

found similarly large amounts in their snow geese. The reason for the larger amounts of silicon may be simple. Unlike ducks, both species of geese feed by preference on *Equisetum* spp., which are richer in silicon than most other plants.

Lead analysis is not particularly useful for this purpose, since contamination of feathers by lead shot is always possible. The results tend to strengthen my suspicion that the presence of trace elements may ultimately be more important in diagnosing locations than the essential and physiologically controlled elements. There are excellent geological and biological grounds for believing that most trace elements (particularly metals) vary from point to point, and hence from bird to bird. Their simple presence, or absence, in the feathers may be enough for diagnosis. Thus, while the quantity of silver is generally less than 0.01 ppm (Table 1), it is 100 or more times that in three cases - perhaps because a feather or two came from heavily contaminated birds. Somewhat the same is true of aluminium. Here it is interesting that both adult and immature white-fronted geese, which presumably use common moulting areas, contain a great deal of that metal; but first adult remiges, presumably grown after departure from the moulting grounds in late summer, do not.

Two curious points evident in Table 1 cannot be explained now. The analytical results from the bulked feathers of immature male lesser scaup diverge from those of the other age and sex classes. Of the 17 values of scaup,

amplitude de leur marge de variation. Sauf pour le cuivre, le manganèse, le phosphore et le zinc, dont les teneurs étaient d'au plus dix fois la plus faible, la variation s'est révélée énorme, allant de 16 à 1,623 ppm dans le cas du potassium. La teneur en calcium et en magnésium, ainsi que les teneurs maximales de potassium, de silicium et de sodium, étaient beaucoup plus élevées dans les plumes de l'oie blanche que dans celles des autres oiseaux. Il est peut-être significatif d'ajouter que ces éléments sont des composants importants de l'eau de mer et que les populations d'oies blanches examinées ont tendance à fréquenter les zones intertidales de la baie d'Hudson.

En raison du mode de préparation des sous-échantillons, il est impossible de justifier des considérations théoriques détaillées sur les différences entre des espèces ou chez une même espèce (voir tableau 1). La teneur relativement forte de silicium décelée chez les oies à front blanc par rapport à celle des plumes de canards constituait la différence la plus frappante, sans doute réelle, d'ailleurs. En effet, Hanson et Jones ont trouvé des teneurs analogues chez leurs oies blanches. L'explication de ces fortes teneurs de silicium est peut-être très simple. Contrairement aux canards, les deux espèces d'oie ont une préférence pour les prêles (*Equisetum* spp.), qui sont plus riches en silicium que la plupart des autres plantes.

Le dosage du plomb n'a pas été très utile pour nos fins, car les plumes peuvent toujours être contaminées par la grenaille de plomb. Les résultats concourent à raffermir notre hypothèse selon laquelle ces

immature males have 10 high values and one low. This seems more than could be expected by chance and may reflect slightly different feeding habits. In all samples, nitrogen values seem high. It is true that feathers are mostly protein, but use of the commonly accepted formula (D.C.P. = 6.25N) for calculating digestible crude protein results in values consistently above theoretical limits. However, the nitrogen values were confirmed, in some cases, by independent analysis.

Table 3 provides analytical results as mean values, by species. Most of the apparent, clear-cut differences diminish or disappear when variability within species, and the method of subsampling, are considered. The main points of interest are the rather consistent carbon values by species; and the high silicon, copper and arsenic values, and low sodium and phosphorus values in goose feathers.

Acknowledgements

I am indebted to several colleagues in the Canadian Wildlife Service: Michael Sorensen helped select sample wings in Edmonton and Saskatoon, and did a great deal of sex and age identification; Alexander Dzubin provided goose tails and sound advice; Bernard Gollop made physical arrangements for sample selection in Saskatoon; Hugh Boyd co-ordinated offerings of black duck feathers from staff of the Eastern Region. The analytical work was carried out under contract by the Calgary office of Chemical and Geological Laboratories Limited.

éléments en faibles quantités ont en fin de compte plus d'importance que les éléments essentiels et contrôlés biologiquement pour diagnostiquer le lieu de provenance des oiseaux. Nous avons d'excellentes raisons d'ordre géologique et biologique de croire que les éléments en petites quantités (surtout les métaux) varient d'un endroit à l'autre et, conséquemment, d'un oiseau à l'autre. Leur simple présence ou absence pourrait suffire à préciser la provenance. Ainsi, alors que la teneur en argent est généralement inférieure à 0.01 ppm (voir tableau 1), elle est multipliée par 100 ou plus dans trois cas, peut-être parce qu'une plume ou deux appartenaient à des oiseaux ayant subi une forte contamination. Le cas de l'aluminium se présente à peu près de la même façon. Il est intéressant de noter que la jeune oie à front blanc et l'adulte qui, toutes deux, fréquentent probablement les mêmes régions de mue, contenaient une grande quantité de ce métal; par contre, les premières remiges des adultes qui poussent sans doute après que l'oiseau a quitté les régions de mue, vers la fin de l'été, n'en contiennent pas.

Il nous est actuellement impossible d'expliquer deux points singuliers mis en évidence dans le tableau 1. Les résultats de l'analyse des plumes prélevées de jeunes mâles du petit morillon diffèrent de ceux qu'on a obtenus pour les autres classes d'âge et de sexe. Sur les 17 teneurs obtenues pour le morillon, les jeunes mâles ont dix teneurs élevées et une faible. Ceci semble être plus qu'un résultat du hasard et peut refléter des habitudes alimentaires quelque peu différentes. Les teneurs en azote semblent élevées pour tous les échantillons. Il est vrai que les plumes contiennent surtout des protéines,

Literature Cited

- Cannon, H.L. 1960, Botanical prospecting for ore deposits. Science 132 (3427): 591-598.
- Devine, T. and T.J. Peterle. 1968. Possible differentiation of natal areas of North American waterfowl by neutron activation analysis. J. Wildlife Mgmt. 10(2): 93-111.
- Hanson, H.C. and R.L. Jones. 1968. Use of feather minerals as biological tracers to determine the breeding and moulting grounds of wild geese. Ill. Nat. Hist. Surv. Biol. Notes 60: 1-8.

mais l'emploi de la formule généralement acceptée (P.B.D.= 6.25N) pour calculer les protéines brutes digestibles, a toujours donné des teneurs supérieures aux teneurs maximales théoriques. Cependant, dans certains cas, une analyse indépendante est venue confirmer les teneurs calculées selon la formule précitée.

Le tableau 3 donne les résultats de l'analyse sous forme de teneurs moyennes par espèce. La plupart des différences évidentes et bien nettes diminuent ou disparaissent lorsqu'on tient compte de la variabilité au sein de l'espèce et du mode de sous-échantillonnage. Les principaux points d'intérêt de cette étude sont: la teneur constante en carbone d'une espèce à l'autre; les teneurs élevées en silicium, en cuivre et en arsenic, ainsi que les faibles teneurs en sodium et en phosphore dans les plumes d'oies.

Remerciements

Je tiens à remercier mes collègues, membres du Service canadien de la faune, qui ont grandement contribué à cette étude. Michael Sorensen a collaboré à la préparation des échantillons d'ailes à Edmonton et à Saskatoon, et a effectué une grande partie de l'identification du sexe et de l'âge des oiseaux; Alexander Dzubin nous a fourni de précieux conseils, en plus de nous procurer les queues d'oies; Bernard Gollop a pris les dispositions nécessaires concernant la préparation des échantillons à Saskatoon; Hugh Boyd a coordonné les dons d'ailes de canards noirs faits par le personnel de la Région de l'Est. Le travail d'analyse a été effectué à forfait au bureau de Calgary de la société Chemical and Geological Laboratories Limited.

Quyrages cités

- Cannon, H.L. 1960, Botanical prospecting for ore deposits. Science 132 (3427): 591-598.
- Devine, T., et T.J. Peterle. 1968. Possible differentiation of natal areas of North American Waterfowl by neutron activation analysis. J. Wildlife Mgmt. 10(2): 93-111.
- Hanson, H.C., et R.L. Jones. 1968. Use of feather minerals as biological tracers to determine the breeding and moulting grounds of wild geese. Ill. Nat. Hist. Surv. Biol. Notes 60: 1-8.

Enviroletter: CANADA Environnement
1001721F
BX 471 0337
PROGRAMME NOTES: CANADIAN WILDLIFE
SERVICES
10017

70