

QL
696
.C52
L36
1981

Jean-Luc Desgranges

2167

ETUDE SUR LA VARIATION DE L'ÉPAISSEUR DES COQUILLES D'ŒUFS
CHEZ LE GRAND HERON (*ARDEA HERODIAS HERODIAS L.*)

Pierre Laporte

Biologiste

Chef, Section Santé de la faune



Service canadien de la faune

Juin 1981

INTRODUCTION

Plusieurs études associent l'amincissement de la coquille de l'oeuf de certaines espèces d'oiseaux à sa concentration en résidus de contaminants. Décelée pour la première fois en Grande-Bretagne (Ratcliffe 1967, 1970), cette association a entraîné une multitude de travaux concernant la relation de cause à effet qui pouvait exister entre la concentration en contaminants et l'épaisseur de la coquille. En Amérique du Nord, Anderson et Hickey (1972) ont étudié ce phénomène chez 25 espèces à l'aide de collections oologiques. En comparant des échantillons recueillis avant et après 1947, seize espèces présentent une diminution d'épaisseur de la coquille de l'oeuf. L'année 1947 a été choisie comme point de démarcation où la diminution d'épaisseur de la coquille a pu être démontrée chez certaines espèces tant en Amérique du Nord (Anderson et Hickey 1968, 1972; Peakall 1974) qu'en Europe (Ratcliffe, 1967, 1970).

La classe de produits chimiques la plus souvent associée à l'amincissement de la coquille est le groupe de composés organochlorés, groupe comprenant plusieurs produits reconnus comme persistants dans l'environnement. Les concentrations en résidus organochlorés ont été associées à une diminution d'épaisseur chez plusieurs catégories d'espèces comme les carnivores (Cade *et al.* 1971; Klaas, 1978), les piscivores (Anderson *et al.* 1969; Cooke 1979; Ohlendorf *et al.* 1979) et les insectivores (Parker 1976).

Expérimentalement, cette relation a été démontrée chez le Canard malard (*Anas platyrhynchos*) (Heath et al. 1969), le Canard noir (*Anas rubripes*) (Longcore et al.¹⁹⁷¹), la Crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*) (Wiemeyer and Porter 1970, Lincer 1975) et le Petit-duc maculé (*Otus asio*) (McLane et Hall 1972). D'autre part, cette relation ne semble pas exister chez les granivores (Tucker et Haegele 1970; Kreitzer 1971; Cecil et al. 1972; Haegele et Hudson 1973).

D'autres classes de produits chimiques pourraient être impliquées. Le mercure, par exemple, affecterait l'épaisseur de la coquille de l'oeuf chez le Canard malard (Heinz 1980), le Canard noir (Finley et Stendell 1978) et la Caille japonaise (*Coturnix coturnix*) (Stoewsand et al. 1971).

Enfin pour plusieurs espèces, cette diminution de l'épaisseur de la coquille accompagne une baisse de la productivité biologique (Longcore et al.¹⁹⁷¹; Koivusaari et al. 1980; Fox 1971; Blus et al. 1979).

Il semble donc que l'amincissement de la coquille de l'oeuf s'avère un indice biologique valable pour détecter la présence ou la persistance de certains contaminants dans le biotope et permet d'évaluer, dans certains cas du moins, la productivité biologique (Fox 1971, 1979). Dans cette optique, il apparaît intéressant d'utiliser les fragments de coquille d'oeuf retrouvés après incubation. Chez certaines espèces coloniales, ce matériel est abondant. Peu coûteuse, la récolte n'affecte

en rien la productivité de la colonie étudiée. Elle serait d'autant plus appropriée dans le cas de colonies en voie d'extinction.

Au Québec, le Grand héron (*Ardea herodias*) offre d'excellentes possibilités. Les colonies de cette espèce sont relativement bien connues (DesGranges; en préparation). Inscrites dans un programme de surveillance à long terme, plusieurs colonies ont fait l'objet d'étude concernant les succès de reproduction (DesGranges *et al.* 1979; DesGranges et Laporte 1979).

Cependant, plusieurs facteurs, autres que les contaminants, peuvent affecter l'épaisseur de l'oeuf (Anderson et Hickey 1970; Klaas *et al.* 1974; Capen 1977). Le but du présent rapport est d'examiner la variation observée dans l'épaisseur des fragments de coquille d'oeuf de Grand Héron retrouvés au sol.

MATERIEL ET METHODES

Pour les fins du rapport, le terme fragment désigne une portion de la coquille d'un oeuf recueillie au sol alors que le terme oeuf est limité au matériel recueilli à l'intérieur du nid.

Les fragments de coquille d'oeuf de Grand héron ont été recueillis au sol dans diverses colonies après la période d'incubation. En fonction de l'effort apporté, le nombre de colonies échantillonnées varie d'une

année à l'autre; treize colonies ont été visitées en 1977, 6 en 1978, 31 en 1979 et 24 en 1980. Le nombre de fragments mesurés varie également d'une colonie à l'autre.

Les échantillons de 1979 et 1980 diffèrent de ceux des années antérieures en ce qu'ils permettent de distinguer l'appartenance de différents fragments à des oeufs distincts et, par conséquent, de connaître le nombre d'oeufs d'où provenaient les fragments recueillis. Pour les années 1977 et 1978, une telle distinction est impossible. Par conséquent, vingt-cinq mesures au hasard ont été effectuées sur l'échantillon recueilli pour chaque colonie, à l'exception des colonies de l'île du Bic en 1977 et de l'île Duparquet en 1978 où l'échantillon ne permettait que 5 et 12 mesures respectivement.

D'autre part, des oeufs ont été prélevés directement dans les nids pour fins d'analyses chimiques: deux en 1978 et 47 en 1979. Les dimensions linéaires de ces oeufs ont été mesurées à l'aide d'un vernier calibré au dixième de millimètre. Le volume des oeufs a été estimé en appliquant les valeurs de forme bicônique et asymétrique pour la sous-espèce *herodia* (Palmer 1962) à la formule présentée par Hoyt (1979).

Après avoir été vidé de son contenu, l'oeuf est rincé avec de l'eau et séché à l'air; le poids de la coquille permet le calcul de l'indice d'épaisseur tel que défini par Ratcliffe (1967, 1970). Pour chaque oeuf, le degré de développement de l'embryon est évalué en éta-

blissant le rapport entre le poids de l'embryon et le poids du héronneau à l'éclosion. Ce poids est évalué à 50 gr (Quinney et Smith 1979).

Six oeufs collectionnés avant 1947 ont été obtenus du Musée national des Sciences naturelles à Ottawa. Quatre de ces oeufs provenaient d'une même couvée et portaient l'inscription "1946"; un autre oeuf portait l'inscription "14 March 1900 Florida" et un oeuf n'avait aucune donnée. Ces oeufs, dont les données de récolte sont incomplètes, ont été sectionnés en trois portions correspondant à la région centrale, aux extrémités obtuse et aigüe et broyés de façon à obtenir des fragments comparables à ceux récoltés dans les héronnières.

Les fragments d'oeufs et les oeufs ont été séchés à l'air libre durant une période d'au moins six mois avant d'être mesurés.

Les mesures d'épaisseur ont été évaluées au centième de millimètre à l'aide d'un micromètre Starrett 1010 M modifié afin de pouvoir mesurer des surfaces courbes en un point précis. Sauf, lorsque clairement spécifié, les mesures ont été effectuées en incluant les membranes internes.

Les différents tests statistiques sont présentés dans Sokal et Rohlf (1969).

RESULTATS

Précision de l'appareil

Afin d'évaluer la précision de l'appareil de mesures, nous avons déterminé dix points le long de la circonférence de la région centrale perpendiculaire au grand axe d'un oeuf de Grand Héron. Cinq mesures, non consécutives, de chacun de ces points ont été obtenues. Une analyse de variance (Tableau 1) démontre que la variance entre les mesures prises à différents points est plus importante que la variance entre les mesures répétées sur le même endroit ($p < 0,001$). Ceci permet de déduire que le tiers de la variance observé à l'intérieur des mesures d'un oeuf ou d'un fragment est dû à une hétérogénéité de la coquille et non à la précision de l'appareil.

Epaisseur de l'oeuf selon les régions topographiques

Les fragments récoltés ne sont pas toujours identifiables quant à leur position topographique dans l'oeuf. L'utilisation de fragments d'oeuf provenant de régions topographiques différentes peut entraîner une source de variation supplémentaire. Afin d'évaluer l'importance de cette variation, nous avons fractionné des oeufs de Grand héron en trois sections provenant de la portion centrale, des extrémités obtuse et aigüe. Dans ce cas, nous avons utilisé deux types d'échantillons. Le premier était constitué d'un oeuf par colonie, récolté en 1979 à l'intérieur des nids. Le second était constitué des six oeufs récoltés avant 1947. Pour ce dernier

échantillonnage, nous avons constitué, en plus des trois sections, un mélange de fragments provenant à part égale de ces trois régions.

Dans ce dernier échantillon, nous avons considéré les 6 oeufs comme étant recueillis au hasard. Une analyse de variance à deux dimensions permet de dissocier la variance des oeufs et celle des régions topographiques (Tableau 2). Dans ce cas, l'efficacité relative de cette procédure par rapport à une analyse qui ne tiendrait pas compte de la variance attribuée aux oeufs est de 2291% (Sokal et Rohlf 1969). Aucune différence significative ne peut être démontrée entre les portions des oeufs ($p > 0,05$). A cause de leur provenance, il est cependant normal d'observer une différence significative entre eux.

En appliquant la même procédure à l'échantillon des oeufs de 1979 (Tableau 3), on observe une différence significative ($p < 0,001$) entre les différentes régions topographiques. La portion centrale apparaît 4% plus épaisse que les extrémités (Test de Student-Newman-Keuls, $p < 0,05$). Dans ce cas également, on doit s'attendre à observer une différence significative entre les différents oeufs. La distribution des composantes de la variance est la suivante: 0,00008 (11%) à l'erreur, 0,00007 (10%) aux régions topographiques et 0,00057 (79%) aux différents oeufs.

La divergence entre ces deux analyses statistiques pourrait originer de la représentativité des échantillons. Alors que l'échantillon des oeufs de 1979 était constitué de douze oeufs provenant de douze co-

lonies différentes, quatre des six oeufs de l'échantillon pré-1947 provenaient vraisemblablement d'une même ponte. Ce biais, couplé à un échantillonnage réduit, pourrait entraîner qu'aucune différence significative ne peut être démontrée à leur niveau. Il est donc prudent de considérer qu'il existe une différence significative entre le secteur central de l'oeuf et ses extrémités, différence de l'ordre de 4% plus épais en faveur de la portion centrale. La variance additionnelle occasionnée est cependant faible (0,00007).

Epaisseur des fragments

Le tableau 4 présente les valeurs moyennes d'épaisseur des fragments pour les colonies visitées de 1977 à 1980. Les moyennes de 1979 et de 1980 sont basées sur un nombre de fragments qui peuvent être associés à des oeufs différents alors que celles de 1977 et 1978 sont basées sur un nombre de mesures qui ne peuvent pas toutes être associées à des oeufs différents. Les valeurs s'échelonnent de 0,308 - 0,430 mm. Gräber *et al.* (1978) rapportent des valeurs de 0,244 - 0,360 mm. pour des fragments de coquilles d'oeufs provenant de deux héronnières de l'Illinois.

En 1979 et 1980, les échantillons ont été recueillis de telle sorte qu'il est peu probable que deux fragments mesurés appartiennent au même oeuf. Une analyse de variance hiérarchique à trois niveaux peut être appliquée en prenant les fragments comme premier niveau, les colonies comme deuxième et les années comme troisième (Sokal et Rohlf 1969). Une telle structure d'analyse statistique suppose que les échantillons des

deux niveaux subordonnés, fragments et colonies, sont sélectionnés au hasard, ce qui est le cas présent étant donné qu'aucune sélection particulière n'a été faite à ces deux niveaux d'échantillonnage. Par contre, au troisième niveau, l'année a été considérée comme un traitement au hasard étant donné que nous ne nous sommes pas attardés à connaître la différence entre 1979 et 1980 et que toutes les colonies n'ont pas été visitées systématiquement durant les deux années. Le tableau 5 montre les résultats de cette analyse de variance. Afin de tenir compte de l'inégalité des échantillons, des estimations approximatives, avec les degrés de liberté correspondants, doivent être calculées pour les variances inter-colonies et inter-fragments. Ces estimations approximatives sont utilisées dans le calcul du rapport des variances, mais non dans le calcul des composantes de la variance.

Un seuil de signification ($p < 0,001$) est observé à tous les niveaux. Cependant la variance de l'erreur représente 18% de la variance totale; la majeure proportion, 46%, représente la variance entre les fragments alors que seulement 13% est attribuable aux colonies et 23% aux années.

Dans le cas des échantillons de 1977 et 1978, les valeurs moyennes sont basées sur l'ensemble des mesures pour une colonie. L'analyse de variance se limite à deux niveaux hiérarchiques, soit les années de récolte et les colonies (Tableau 6). Dans ce cas, aucune différence significative ne peut être démontrée entre les années ($p > 0,05$). Cependant, une composante significative de la variance totale (38%) est attribuable aux colonies, alors que la majeure partie est attribuable à la variance de l'erreur (62%).

Cette large contribution de la variance de l'erreur s'explique par le fait que ladite variance représente à la fois la variance des mesures à l'intérieur des fragments et entre les fragments, composantes qui ne peuvent être dissociées dans les échantillons de 1977 et 1978 contrairement à ce qui peut être effectué pour ceux de 1979 et 1980. Si ces derniers échantillons avaient été analysés sans tenir compte des fragments, la majeure partie de la variance (0,00105) serait due à l'erreur alors que cette valeur est de 0,00095 pour l'échantillon de 1977 et 1978. La différence entre les années demeure significative ($p < 0,001$).

Oeufs récoltés à l'intérieur des nids

Le tableau 7 présente les données oologiques et biologiques associées aux oeufs récoltés à l'intérieur des nids. La corrélation entre l'épaisseur et l'indice de Ratcliffe est de 0,681 ($p < 0,01$; $n = 49$). Le degré de développement de l'embryon et le volume ne sont pas en corrélation avec ces deux variables ($p > 0,05$). L'épaisseur des fragments ne présente pas de différence significative entre les tailles des couvées (ANOVA $F_S = 0,686$ $p > 0,05$).

Une analyse de variance à deux niveaux des mesures sur les oeufs de 1979 équivalente à celle effectuée avec les mesures sur les fragments (Tableau 8), ne montre pas de différence significative entre les colonies mais présente une différence très significative entre les oeufs. Près de 90% de la variance observée sont attribuables à la variance entre les oeufs alors que 10% sont causés par la variation des mesures sur un même oeuf (erreur).

Ce résultat diffère de celui observé sur les fragments. Afin de mieux comprendre cette différence, nous avons effectué des mesures en enlevant les membranes internes. Dans certains cas, parce qu'il a été impossible de dissocier les membranes de la portion calcaire, le nombre d'échantillons a dû être réduit. Cinq mesures ont été prises dans chaque cas. Pour les oeufs, les mesures ont été prises dans la portion centrale alors que sur les fragments, on s'est assuré que ceux-ci provenaient d'oeufs différents.

Les analyses de variance de ces deux échantillons présentent des similitudes intéressantes (Tableau 9). Dans les deux cas, chaque niveau, inter-colonies et inter-fragments, présente une différence significative et les composantes de variance sont dans le même ordre de grandeur. Ceci indique que les facteurs responsables des variations observées sont probablement les mêmes dans les oeufs et les fragments.

DISCUSSION

Avec le matériel recueilli avant 1947 à notre disposition, les valeurs d'épaisseurs des oeufs collectionnés s'étendent de 0,357 mm à 0,378 mm. Les valeurs publiées dans la littérature pour des oeufs collectionnés avant 1947 sont nettement supérieures. Ces valeurs s'échelonnent de 0,384 - 0,413 mm, selon les sous-espèces et les régions (Anderson et Hickey 1972, Faber *et al.* 1972, Faber et Hickey 1973, King *et al.* 1978, Ohlendorf *et al.* 1978). Cette divergence pourrait être due au biais de notre échantillonnage et à l'exactitude de l'appareil utilisé. Il apparaît très imprudent d'utiliser ces valeurs comme point de comparaison.

Quant à l'erreur sur la précision occasionnée par le manipulateur ou par l'appareil, elle est de l'ordre de 0,004 mm ce qui apparaît négligeable. Dans le cas des mesures sur les fragments ou sur les oeufs, la majeure partie de l'erreur à ce niveau est occasionnée par une hétérogénéité de l'épaisseur à différents points. Dans le cas des oeufs, cette erreur est de 0,005 mm pour la section centrale des oeufs alors que pour les fragments, elle se situe à environ 0,014 mm. La différence entre ces deux valeurs est représentée par l'apport de la variance occasionnée par le fait que les fragments d'oeufs n'originent pas nécessairement de la même région topographique alors que les mesures prises sur les oeufs l'ont toujours été dans la portion centrale. Cette différence représente une erreur d'environ 2,5% et peut être attribuable au fait que la région topographique d'un fragment n'est pas limitée à la région centrale. Or nous avons montré que cette différence pourrait aller jusqu'à 4% entre l'épaisseur de la portion centrale et les extrémités. La divergence s'explique par le fait que l'échantillonnage des fragments pour la mesure d'épaisseur favorise des fragments de la portion centrale; étant donné que tous les fragments étaient mesurés avec les membranes internes, ceux de l'extrémité obtuse, extrémité où se situe la chambre à air de l'oeuf, ne présentent pas de membranes et ont été, par conséquent, systématiquement éliminés. La valeur de variance additionnelle devrait être inférieure à la valeur estimée (0,00007) en prenant une contribution égale de chacune des régions topographiques.

De plus, la différence de 4% entre la portion centrale et les extrémités chez l'oeuf de Grand Héron peut être considérée comme faible. Cette différence est de l'ordre de 11% chez le Code (*Alca torda*)

(Anderson *et al.* 1974) et de 18% chez le Canard noir (Longcore et Stendall 1977). La forme des oeufs pourrait expliquer ces particularités spécifiques. Les paramètres de bicône et d'asymétrie des oeufs du Gode et du Canard noir sont largement supérieurs à ceux des oeufs du Grand Héron; pour ces derniers, les mêmes paramètres rapprochent la forme de l'oeuf à une forme sphérique (Preston 1969, Palmer 62, 78).

La variance observée à l'intérieur des mesures d'un oeuf ou d'un fragment peut être attribuable à une différence réelle d'épaisseur de la portion calcaire ou à l'hétérogénéité des membranes internes. Nous observons que la variance intra-fragments est largement supérieure à la variance intra-oeufs (Tableaux 5 et 8) alors qu'une fois les membranes internes éliminées, ces deux valeurs sont égales (Tableau 9). Les membranes internes de l'oeuf sont donc responsables, du moins en partie, de l'hétérogénéité des mesures à l'intérieur d'un fragment. Ces membranes sont constituées des membranes coquillières internes et externes de l'oeuf et du chorion-allantois dans les oeufs éclos ou ayant subi une incubation assez prolongée. Le chorion-allantois est un tissu richement vascularisé pouvant présenter une grande variation d'épaisseur due à la distribution des vaisseaux sanguins. A ce facteur, peut s'ajouter un développement de micro-organismes sur les fragments ayant séjourné au sol dans certaines colonies. Il est cependant peu probable que ce facteur ait joué un rôle important dans la variation intra-fragment observée; les fragments présentant des saletés étaient éliminés.

L'erreur occasionnée par la mesure d'oeufs différents est de 0,028 mm alors que celle des fragments est de 0,030 mm. Cette similitude indique qu'aucun facteur supplémentaire ne vient affecter l'épaisseur des fragments et que la différence entre les mesures des oeufs et celles des fragments origine d'une hétérogénéité interne.

Les facteurs pourront expliquer la variation entre les oeufs et par conséquent entre les fragments pour les échantillons de 1979 et 1980, peuvent être classifiés selon qu'ils agissent au niveau d'une même ponte ou au niveau de pontes différentes.

Parmi les facteurs agissant à l'intérieur d'une même ponte, mentionnons le volume de l'oeuf, le stade d'incubation, l'ordre de déposition des oeufs et la physiologie du système reproducteur de la femelle au moment de la formation de la coquille. La variation due à la provenance des fragments de régions topographiques différentes ne semble pas importante puisqu'elle constitue au maximum 10% de la variance totale observée entre différents oeufs. Romanoff (1949) suggère que l'épaisseur de la coquille de l'oeuf est fonction de son volume. Nos mesures pour le Grand Héron ne corroborent pas cette hypothèse ($r = 0,042$, $p < 0,05$, $df = 47$).

Etant donné que l'embryon soutire de la coquille 80% du calcium nécessaire à son métabolisme (Simkiss 1967, 1975), on pourrait s'attendre à observer une diminution de l'épaisseur de la coquille avec la progression

du développement embryonnaire.. Nos résultats ne montrent pas cette relation ($r = 0,033$, $p > 0,05$, $df = 47$) bien qu'elle ait été observée pour la caille japonaise (Kreitzer 1967), l'Ibis à face blanche (*Plegadis chihi*) (Capen 1977) et le Jaseur des cèdres (Rothstein 1972). Ceci peut cependant s'expliquer par le développement du chorion allantois. Bien que la résorption de calcium de la coquille par l'embryon puisse entraîner, mais pas nécessairement, un amincissement de la coquille, les membranes extra-embryonniques se développent au cours de l'incubation et viennent se souder intimement aux membranes coquillières de l'oeuf afin de constituer le chorion-allantois (Hamilton 1952). Le développement de cet organe entraîne une augmentation de l'épaisseur mesurée chez les oeufs ayant été incubés durant une certaine période de temps compensant alors pour une éventuelle diminution d'épaisseur due à la résorption de calcium. Si tel est le cas, il devrait exister une corrélation entre le degré de développement de l'embryon et l'épaisseur de la portion calcaire de l'oeuf. Dans 22 des 47 oeufs récoltés en 1979, il a été possible d'éliminer les membranes internes et de mesurer l'épaisseur de la portion calcaire. La corrélation obtenue entre le degré de développement de l'embryon et l'épaisseur de l'oeuf sans les membranes est de $- 0,490$ ($p < 0,05$, $df = 20$).

Sur les oeufs, on observe une grande variation dans le développement du chorio-allantois alors que les fragments proviennent généralement d'oeufs éclos, donc tous au même stade de développement. Ceci semble être confirmé par l'analyse des fragments et des oeufs de Grand Héron une fois les membranes internes éliminées; une différence signifi-

cative entre l'épaisseur des oeufs apparaît entre les différentes colonies (Tableau 9). Dans le cas des composantes de la variance due aux colonies, elles sont sensiblement les mêmes lorsque l'on considère les fragments ou les oeufs.

L'analyse de variance a également démontré une contribution significative des années pour l'échantillon de 1979-80, alors que cette composante n'existe pas pour l'échantillon de 1977-78. L'interprétation de cette différence est difficile. Il est possible que cette différence soit liée aux conditions climatiques générales prévalant durant certaines années.

A l'aide de la formule proposée par Sokal et Rohlf (1969), nous avons estimé le nombre de fragments nécessaires afin de montrer une différence significative de 0,03 mm à un niveau de signification de 0,05 avec une probabilité de 0,8 que cette différence, si elle existe, soit détectée. En utilisant la variance des fragments avec membranes de l'échantillon 1979-80, nous obtenons une taille de 84 fragments par colonie. En utilisant des fragments où les membranes internes ont été éliminées, la taille de l'échantillon est ramenée à 25. Dans les analyses statistiques que nous avons effectuées, aucune de ces estimations n'est atteinte. Les différences significatives obtenues sont occasionnées par des différences supérieures à l'objectif de 0,03 mm.

CONCLUSION

Les échantillons de 1979 et 1980 sont les plus représentatifs et les mieux structurés. L'analyse de ces échantillons montre une addition significative de la variation lorsque l'épaisseur des fragments est estimée à partir de pièces différentes, de colonies différentes et durant des années différentes. A ce dernier niveau, il est possible que le faible échantillonnage (2 années) ne soit pas représentatif puisque l'échantillon de 1977-78 ne présente pas d'augmentation significative à ce niveau. D'autres années d'inventaires seraient nécessaires afin d'avoir une meilleure idée de la variation annuelle.

Quant à la variation entre les colonies, elle apparaît importante et mérite d'être associée à des facteurs plus précis, tel que des caractéristiques d'habitats, des variations géographiques ou même à une contamination globale de l'habitat et des sources de nourriture.

Dans l'optique où nous voulions obtenir une estimation de la valeur d'épaisseur des fragments d'une colonie, il faut chercher à en diminuer l'erreur standard. Il apparaît que l'élimination des membranes internes réduit de 70% la variance inter-fragments. Etant donné que le mécanisme d'action des composés organochlorés affecte la déposition du calcium (Cooke 1973, Mueller et Leach 1974), la mesure de la portion calcaire peut refléter un effet de contaminants.

Le biais occasionné par le fait que la position topographique du fragment ne peut être déterminée occasionne une variance additionnelle de seulement 2,5%. Ce facteur peut être encore réduit en apportant un soin particulier au choix des fragments mesurés. La mesure de 25 fragments par colonie devrait alors fournir un échantillon adéquat permettant de détecter des différences entre les colonies et les années.

REFERENCES

- Anderson, D.W., J.J. Hickey, R.W. Risebrough, D.F. Hughes et R.E. Christensen 1969. Significance of Chlorinated Hydrocarbon Residues to Breeding Pelicans and Cormorants. Canadian Field-Naturalist. Vol. 83:91-112.
- Anderson, D.W. et J.J. Hickey 1970. Oological Data on Egg and Breeding Characteristics of Brown Pelicans. Wilson Bulletin. Vol. 82: 14-28.
- Anderson, D.W. et J.J. Hickey 1972. Eggshell changes in certain North American birds. In: Proceedings of the XVth International Ornithological Congress. p 514-540.
- Andersson, Å., T. Odsjö et M. Olsson 1972. Häckningsresultat hos tordmule i Stockholms Skärgård i relation till äggskalstjocklek och halter av DDT, PCB och kvicksilver i ägg. Statens Naturvårdsverk PM 483. 30 p.
- Blus, L.J., T.G. Lamont et B.S. Neely 1979. Effects of Organochlorine Residues on Eggshell Thickness, Reproduction, and Population Status of Brown Pelicans (*Pelicanus occidentalis*) in South Carolina and Florida, 1969-76. Pesticides Monitoring Journal. Vol. 12:172-184.

Cade, T.J., J.L. Lincer, C.M. White, D.G. Roseneau et L.G. Swartz.

1971. DDE residues and eggshell changes in Alaskan falcons and hawks. Science, N.Y. Vol. 172:955-957.

Capen, D.E. 1977. Eggshell thickness variability in the white-face

Ibis. Wilson Bulletin. Vol. 89:99-106.

Cecil, H.C., G.F. Fries, J. Bitman, S.J. Harris, R.J. Lillie et

C.A. Denton 1972. Dietary p,p'-DDT, o, p'-DOT or p,p'-DDE and changes in eggshell characteristics and pesticide accumulation in egg contents and body fat of caged white leghorns. Poultry Science. Vol. 51:130-138.

Cooke, A.S. 1973. Shell Thinning in Avian Eggs by Environmental

Pollutants. Environmental Pollution. Vol. 4:85-152.

Cooke, A.S. 1979. Egg shell Characteristif of Gannets (*Sula bassana*), Shags

(*Phalacrocorax aristotelis*) and Great Black-Backed Gulls

(*Larus marinus*) exposed to DDE and other environmental pollutants.

Environmental Pollution. Vol. 19:45-65.

DesGranges, J.-L., P. Laporte et G. Chapdelaine 1979. Première tournée

d'inspection des héronnières du Québec 1977. Cahier de Biologie

No. 93. Service canadien de la faune.

DesGranges, J.-L. et P. Laporte 1979. Deuxième tournée d'inspection des héronnières du Québec, 1978. Cahiers de Biologie No.

105. Service canadien de la faune.

Faber, R. W., R.N. Risebrough et H.M. Pratt 1972. Organochlorines and mercury in common Egrets and Great-Blue Herons. Environmental Pollution. Vol. 3:111-122.

Faber, R.A. et J.J. Hickey. 1973. Eggshell thinning, Chlorinated Hydrocarbons and Mercury in Inland Aquatic Bird Eggs, 1969 and 1970. Pesticides Monitoring Journal. Vol. 7:27-36.

Finley, M.T. et R.C. Stendell. 1978. Survival and reproductive success of Black Ducks fed Methyl Mercury. Environmental Pollution. Vol. 16:51-64.

Fox, G.A. 1971. Recent changes in the Reproductive Success of the Pigeon Hawk. Journal of Wildlife Management. Vol. 35:122-128.

Fox, G.A. 1979. A simple method of Predicting DDE contamination and reproductive success of populations of DDE-sensitive species. Journal of Applied Ecology. Vol. 16:737-741.

Graber, J.W., R.R. Graber et E.I. Kirk 1978. Illinois Birds: Ciconiiformes. Biologica Notes No. 109. Department of Registration and Education, Natural History Survey Division.

Haegelè, M.A. et R.N. Hudson 1973. DDE effects on reproduction of Ringdoves . Environmental Pollution. Vol. 4:53-57.

Hamilton, H.L. 1952. Lillie's Development of the Chick. An Introduction to Entomology. 3rd Edition Holt, Rinehart and Winston.

Heath, R.G., J.W. Spann et J.F. Kreitzer 1969. Marked DDE Impairment of Mallard Reproduction in Controlled Studies. Nature. Vol. 224:47-48.

Heinz, G.H. 1980. Eggshell Thickness in Mallards fed Methylmercury. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 25:498-502.

Hickey, J.J. and D.W. Anderson 1968. Chlorinated Hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. Science N.Y. Vol. 162:271-273.

Hoyt, D.F. 1979. Practical Method of Estimating Volume and Fresh Weight of Bird Eggs. Auk. Vol. 96:73-77. 1979.

King, K.A., E.L. Flickinger et H.H. Hildebrand. 1978. Shell Thinning and Pesticide Residues in Texas Aquatic Bird Eggs, 1970. Pesticides Monitoring Journal. Vol. 12:16-21. 1978.

Klaas, E.E., H.M. Ohlendorf et R.G. Heath. 1974. Avian eggshell Thickness: Variability and sampling. Wilson Bulletin. Vol. 86:136-143.

Klaas, E.E., S.N. Wiemeyer, H.M. Ohlendorf et D.M. Swineford 1978. Organochlorine Residues, Eggshell Thickness and Nest Success in Barn Owls from the Chesapeake Bay. Estuaries Vol. 1: 46-53.

Koivusaari, J., I. Nuuja, R. Palokangas et M. Finnlund 1980. Relationships between Productivity, Eggshell Thickness and Pollutant Contents of Addled Eggs in the Population of White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla* L.) in Finland during 1969-78. Environmental Pollution (Series A) Vol. 28: 41-52.

Kreitzer, J.F. 1971. Eggshell Thickness in Mourning Dove Populations. Journal of Wildlife Management. Vol. 35:563-564.

Kreitzer, J.F. 1972. The effect of embryonic development on the thickness of the egg shells of Coturnix Quail. Poultry Science 51:1764-1765.

Lincer, J.L. 1975. DDE-induced Eggshell-Thinning in the American Kestrel: A comparison of the Field Situation and Laboratory Results. Journal of Applied Ecology. Vol. 12:781-793.

Longcore, J.R., F.B. Samson et T.W. Whittendale Jr. 1971. DDE thin eggshells and lowers reproductive success of Captive Black Ducks. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 6:485-490. 1971.

Longcore, J.R. et R.C. Stendell 1977. Shell Thinning and Reproductive Impairment in Black Ducks After Cessation of DDE Dosage. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 6: 293-304.

Mueller, W.J. et R.M. Leach Jr. 1974. Effects of Chemicals on Egg Shell Formation. Annual Review of Pharmacology. Vol. 14:289-303.

McLane, M.A. et L.C. Hall 1972. DDE thins Screech Owl eggshells. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 8:65. 1972.

Ohlendorf, H.M., E.E. Klaas et E. Kaiser 1978. Organochlorine Residues and Eggshell Thinning in and Waders. Proceedings 1977 Conference of the Colonial Waterbird Group. 185-195.

Ohlendorf, H.M., E.E.Klaas et E. Kaiser 1979. Environmental Pollutants and Eggshell Thickness: Ahingags and Wading Birds in the Eastern United States. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report. Wildlife No. 216.

- Palmer, R.S. 1962. Handbook of North American Birds. Volume I. Loons through Flamingos. Yale University Press.
- Palmer, R.S. 1976. Handbook of North American Birds. Volume II. Waterfowl (first part). Yale University Press.
- Parker, J.W. 1976. Pesticides and Eggshell Thinning in the Mississippi Kite. Journal of Wildlife Management. Vol. 40:243-248.
- Peakall, D.B. 1974. DDE: Its Presence of Peregrine Eggs in 1948. Science, Vol. 183:673-674.
- Preston, F.W. 1969. Shapes of Birds' Eggs: Extant North American Families. Auk. Vol. 86:246-264.
- Quinney, T.E. et P.C. Smith. 1979. Reproductive Success. Growth of Nestlings and foraging Behaviour of the Great Blue Heron (*Ardea herodias herodias L.*) Contract KL-229-5-7077.
- Ratcliffe, D.A. 1967. Decrease in Eggshell Weight in Certain Birds of Prey. Nature. Vol. 215:208-210.
- Ratcliffe, D.A. 1970. Changes Attributable to Pesticides in Egg Breakage Frequency and Eggshell Thickness in some British Birds. Journal of Applied Ecology. Vol. 7:67-115.

Romanoff, A.L. et A.J. Romanoff 1949. The Avian Egg. John Wiley and Sons Inc.

Rothstein, S.I. 1972. Eggshell Thickness and its Variation in the Cedar Waxwing. Wilson Bulletin Vol. 84:469-474.

Simkiss, K. 1967. Calcium in reproductive physiology. London: Chapman and Hall.

Simkiss, K. 1975. Calcium and Avian Reproduction. Symposia of the Zoological Society of London. No. 35. Avian Physiology. M. Peaker Editor. Academic Press.

Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1969. Biometry. The principles and practices of statistics in biological research. W.H. Freeman and Company.

Stoewsand, G.S., J.L. Anderson, W.H. Gutenmann, C.A. Bache et D.J. Lisk 1971. Eggshell Thinning in Japanese Quail Fed Mercuric Chloride. Science. Vol. 193:1030-1031.

Tucker, R.K. and H.A. Haegele 1970. Eggshell Thinning as influenced by method of DDT exposure. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 5:191-194. 1970.

Wiemeyer, S.N. and R.D. Porter 1970. DDE thin eggshells of captive American Kestrel. Nature. Vol. 227:737-738. 1970.

Tableau 1

Analyse de variance de cinq mesures, non consécutives, prises à dix endroits différents le long de la circonférence de la région centrale perpendiculaire du grand axe d'un oëuf de Grand Héron

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	F
Inter-point	9	0,0009	5,14 p < 0,001
Intra-point	40	0,00002	

Tableau 2

Epaisseur des oeufs pré-1947 selon les régions topographiques de l'oeuf. Chaque valeur est basée sur la moyenne de 25 mesures

	Extrémité obtuse	Portion centrale	Extrémité aigue	Mélange
Oeuf # 1	0,372	0,379	0,359	0,374
Oeuf # 2 "14 March 1980 Florida"	0,381	0,380	0,370	0,379
Oeuf # 3 "1946"	0,351	0,358	0,363	0,356
Oeuf # 4 "1946"	0,356	0,353	0,358	0,356
Oeuf # 5 "1946"	0,354	0,363	0,357	0,362
Oeuf # 6 "1946"	0,366	0,360	0,349	0,360

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	F _S
Inter-oeufs	5	0,00317	10,466 p < 0,001
Inter-régions	3	0,00004	1,447 p > 0,05
Erreur	15	0,00003	

Tableau 3

Epaisseur des oeufs de Grand Héron récoltés dans les nids en 1979
selon les régions topographiques (1 oeuf par colonie).
Chaque valeur est basée sur une moyenne de 10 mesures.

	Extrémité obtuse	Portion centrale	Extrémité aigue
Prairie de Castor	0,371	0,374	0,359
Lac St-Bernard	0,356	0,373	0,354
Lac Bleu	0,343	0,348	0,353
Ile Carillon	0,388	0,419	0,415
Ile Villemoble	0,342	0,346	0,330
Bois du Boulé	0,415	0,419	0,420
Battures aux Loups Marins	0,372	0,385	0,386
Ile aux Basques	0,382	0,389	0,379
Ile du Bic	0,353	0,375	0,347
Lac Matapédia	0,354	0,381	0,346
Maria	0,377	0,398	0,376
Bonaventure	0,345	0,363	0,325

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	F _s
Inter-oeufs	11	0,00179	23,11 p < 0,001
Inter-régions	2	0,00086	11,12 p < 0,001
Erreur	22	0,00008	

Tableau 4

Valeurs moyennes par colonie de l'épaisseur des fragments de
coquilles de Grand Héron. (Moyenne \pm erreur standard)

	1977	1978	1979	1980
<u>Nord-ouest du Québec</u>				
Lac Macamic	-	-	0,370 \pm 0,009 n = 12	0,367 \pm 0,010 n = 15
Lac Duparquet	0,324 \pm 0,006 n = 25	0,358 \pm 0,010 n = 12	-	0,403 \pm 0,027 n = 3
Lac Lamothe	-	-	-	0,395 \pm 0,010 n = 10
Lac Kipawa	-	-	-	-
<u>Outaouais</u>				
Lac Marguerite	-	-	0,342 n = 1	0,402 \pm 0,013 n = 3
Lac Robillard	-	-	0,341 n = 1	-
Lac Dumont	0,364 \pm 0,001 n = 25	-	-	-
Thornlake	0,412 \pm 0,003 n = 25	-	-	-
<u>Laurentides</u>				
Petit lac Jacques-Cartier	-	-	0,397 n = 1	-
Lac Wayagama	-	-	0,364 \pm 0,005 n = 25	-

	1977	1978	1979	1980
Lac Caribou	-	-	-	0,395 ± 0,013 n = 7
Ile Catherine	0,393 ± 0,003 n = 25	-	0,332 n = 1	-
Lac St-Bernard	-	0,373 ± 0,005 n = 25	0,339 ± 0,013 n = 7	0,313 ± 0,007 n = 4
Lac Bleu	-	-	0,367 ± 0,006 n = 5	-
<u>Sud-Ouest du Québec</u>				
Ile Carillon	0,342 ± 0,012 n = 25	-	0,353 ± 0,007 n = 8	-
Ile aux Hérons	-	-	0,308 n = 1	0,371 ± 0,012 n = 7
Ile St-Bernard	-	-	0,326 ± 0,006 n = 5	0,317 n = 1
Ile Villemonble	-	-	0,375 ± 0,008 n = 8	-
<u>Estrie</u>				
Bois du Boulé	-	-	0,329 ± 0,004 n = 12	0,384 ± 0,005 n = 20
Grande Ile	-	0,360 ± 0,006 n = 25	0,328 ± 0,009 n = 8	0,411 ± 0,008 n = 3
Mont Chauve	-	-	0,335 ± 0,011 n = 4	0,397 n = 1
Cowansville	-	0,385 ± 0,004 n = 25	0,367 ± 0,006 n = 25	0,323 n = 11
<u>Estuaire</u>				
Ile à deux Têtes	0,344 ± 0,007 n = 25	-	-	-
Batture aux Loups-Marins	-	-	0,369 ± 0,004 n = 11	-

	1977	1978	1979	1980
Ile Brûlée	-	-	-	0,418 ± 0,011 n = 2
Grande Ile Kamouraska	-	-	0,336 ± 0,026 n = 4	0,420 ± 0,028 n = 2
Ile le Gros Pèlerin	-	-	0,345 n = 1	0,389 ± 0,001 n = 2
Ile du Pot à l'Eau-de-Vie	-	-	0,359 ± 0,011 n = 9	0,430 ± 0,016 n = 2
Ile du Chafaud Basques	-	-	0,400 ± 0,009 n = 6	0,411 ± 0,009 n = 5
Ile aux Basques	0,382 ± 0,009 n = 25	0,388 ± 0,005 n = 25	0,364 ± 0,008 n = 23	0,400 ± 0,034 n = 3
Ile du Bic	0,426 ± 0,005 n = 5	-	0,337 ± 0,008 n = 2	0,348 ± 0,021 n = 4
Ile St-Barnabé	0,382 ± 0,003 n = 25	-	0,337 ± 0,026 n = 2	0,376 ± 0,013 n = 12
<u>Côte Nord</u>				
Ile Laval	-	-	0,328 ± 0,009 n = 5	0,364 ± 0,011 n = 8
Ilets Jérémie	-	-	0,355 ± 0,007 n = 5	-
Pointe aux Outardes	-	-	0,363 ± 0,011 n = 10	0,370 ± 0,023 n = 2
<u>Gaspésie</u>				
Lac Matapédia	0,335 ± 0,005 n = 25	0,358 ± 0,008 n = 25	0,347 ± 0,005 n = 30	-
Miguasha	0,331 ± 0,002 n = 25	-	0,400 ± 0,002 n = 22	0,410 ± 0,023 n = 2

	1977	1978	1979	1980
Maria	0,355 ± 0,008 n = 25	-	0,366 ± 0,011 n = 15	0,360 n = 1
Bonaventure	-	-	0,364 ± 0,006 n = 18	0,360 ± 0,005 n = 2
Ruisseau Beaudry	0,362 ± 0,006 n = 25	-	-	-

Tableau 5

Analyse de variance hiérarchique à trois niveaux de l'épaisseur
des fragments d'oeufs de Grand Héron récoltés en 1979 et 1980

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de	Fs
Inter-annuelle	1	0,28721	21,13 p < 0,001
Inter-colonie à l'intérieur des années	54	0,01666	2,18 p < 0,001
Inter-fragment à l'intérieur des colonies	333	0,00474	13,77 p < 0,001
Intra-fragments	1740	0,00034	

Estimé approximatif de la variance inter-fragments à l'intérieur des colonies: 0,00765

Degré de liberté: 314,0

Estimé approximatif de la variance inter-colonies à l'intérieur d'une même année: 0,01359

Degré de liberté: 33,7

Composantes de la variance

Composante de l'erreur	0,00034	18,0%
Composante des fragments	0,00088	45,9%
Composante des colonies	0,00024	12,6%
Composante des années	0,00045	23,5%

Tableau 6

Analyse de variance hiérarchique à deux niveaux de l'épaisseur
des fragments d'oeuf de Grand Héron récoltés en 1977 et 1978

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	Fs
Inter-annuelle	1	0,00918	0,608 n.s.
Inter-colonies à l'intérieur des années	17	0,01452	15,26 p < 0,001
Intra-colonie	423	0,00095	

Estimé approximatif de la variance inter-colonie à l'intérieur des années: 0,01509

Degré de liberté: 16,9

Composantes de la variance

Composante de l'erreur	0,00095	60,6%
Composante des colonies	0,00059	38,3%

Tableau 7

Données oologiques des oeufs récoltés à l'intérieur des nids

	Longueur mm	Largeur mm	Volume ² ml	Poids gr	Epaisseur ³ mm	Indice de Ratcliffe ⁴	% developpement ⁵	Taille ⁶ couvée
Prairie de Castor								
79-1-1-A ¹	65,2	44,9	66,98	5,63	0,354	1,92	0	4
79-1-2-A	60,7	45,2	63,20	5,56	0,356	2,03	0	4
79-2-6-A	66,1	45,8	70,66	6,52	0,378	2,15	56	5
79-3-1-A	60,0	45,5	63,30	5,62	0,363	2,06	0	3
Lac St-Bernard								
78-1-1-A	69,9	44,7	71,17	5,45	0,345	1,74	0	-
79-2-1-A	63,6	45,4	66,80	5,24	0,349	1,81	11	4
79-3-1-A	60,7	45,5	64,04	5,20	0,370	1,88	64	5
79-6-3-A	62,7	42,6	57,99	5,12	0,350	1,92	66	5
79-6-4-A	62,4	45,9	66,99	4,79	0,330	1,67	54	4
79-6-5-A	63,2	45,4	66,38	5,41	0,357	1,89	4	3
Lac Bleu								
79-3-1-A	62,1	45,6	65,80	5,08	0,329	1,79	75	4
Ile Carillon								
79-0-0-A ⁷	62,6	45,5	66,04	5,89	0,404	2,07	69	-
79-2-1-A	61,8	45,4	64,91	6,21	0,384	2,21	80	4
79-2-3-A	61,9	44,8	63,31	5,84	0,401	2,11	64	5
79-3-1-A	62,3	45,4	65,44	5,45	0,355	1,93	49	5
79-3-2-A	65,5	44,0	64,62	6,30	0,398	2,19	89	5
Ile Villemonble								
79-4-1-A	63,0	45,4	66,17	5,26	0,339	1,84	0	5
79-4-1-B	62,2	45,8	66,49	5,69	0,388	1,82	0	5

	Longueur mm	Largeur mm	Volume ² ml	Poids gr	Epaisseur ³ mm	Indice de Ratcliffe ⁴	% développemen	Taille ⁶ couvée
Bois du Boulé								
79-1-2-A	64,1	45,8	68,52	6,26	0,402	2,13	72	5
79-2-4-A	61,7	46,7	68,57	6,47	0,412	2,25	62	6
79-4-2-A	67,1	46,1	72,67	6,40	0,310	2,07	70	5
79-4-3-A	67,1	47,3	76,50	6,45	0,386	2,03	76	4
79-4-5-A	59,4	42,9	55,71	4,43	0,392	1,74	42	5
Battures aux Loups-Marins								
79-2-1-A	64,5	45,3	67,45	6,04	0,386	2,07	78	5
79-2-1-B	63,8	45,7	67,90	5,75	0,367	1,97	59	5
79-2-2-A	63,0	45,7	67,05	5,75	0,362	2,00	80	5
Ile aux Basques								
79-3-1-A	61,6	42,6	56,97	5,19	0,368	1,98	0	3
79-4-1-A	62,7	47,1	70,88	6,30	0,364	2,13	28	4
79-5-1-A	66,4	45,2	69,13	6,44	0,403	2,15	49	5
79-5-1-B	63,0	45,9	67,64	5,94	0,378	2,05	40	5
Ile du Bic								
79-1-2-A	62,1	44,0	61,27	5,88	0,398	2,15	17	3
79-1-3-A	60,1	43,6	58,22	5,65	0,387	2,16	4	3
79-2-1-A	61,2	44,3	61,20	5,28	0,352	1,95	0	4
79-3-1-A	64,6	46,0	69,66	4,91	0,294	1,65	73	4
79-4-1-A	61,3	45,7	65,24	6,36	0,411	2,27	34	5
La Matapédia								
79-1-1-A	62,6	46,4	68,68	6,24	0,400	2,15	70	5
79-2-2-A	66,9	47,0	75,31	5,93	0,359	1,89	67	5
79-3-1-A	62,2	45,2	64,76	6,25	0,425	2,22	0	4
79-6-1-A	64,5	42,3	58,81	6,15	0,378	2,25	0	5

	Longueur mm	Largeur mm	Volume ² ml	Poids gr	Epaisseur ³ mm	Indice de Ratcliffe	% développement	Taille ⁶ cuvée
Maria								
78-1-1-A	62,0	45,7	65,98	6,50	0,363	2,29	3	-
79-1-1-A	65,2	47,0	73,39	6,34	0,401	2,07	0	4
79-3-1-A	65,8	44,5	66,40	5,31	0,341	1,81	72	4
79-6-3-A	64,1	47,3	73,08	6,39	0,388	2,11	0	4
79-12-1-A	64,1	43,6	62,09	5,29	0,375	1,89	4	4
Bonaventure								
79-3-1-A	58,8	44,2	58,54	5,80	0,395	2,23	2	5
79-3-2-A	65,6	44,6	66,50	5,84	0,374	2,00	2	4
79-4-1-A	59,2	43,1	56,04	4,90	0,341	1,92	0	5
79-5-2-A	63,8	42,1	57,62	5,44	0,386	2,03	0	4
79-5-3-A	54,3	42,7	50,45	4,48	0,356	1,93	29	5

1. Le premier chiffre correspond à l'année de la collection, le deuxième a un numéro arbitraire assigné à l'arbre dans une colonie, le troisième au numéro du nid dans l'arbre. La lettre permet d'identifier les oeufs d'une même couvée.
2. $V = 0,5096 \times LB^2$. L = longueur; B = largeur (Hoyt 79, Palmer 62).
3. Moyenne de vingt-cinq mesures effectuées dans la portion centrale de l'oeuf.
4. Ratcliffe 1970.
5. Rapport du poids de l'embryon sur le poids du héronneau à l'éclosion (50 gr).
6. Incluant les oeufs collectionnés.
7. Oeuf récolté hors d'un nid détruit par une tempête.

Tableau 8

Analyse de variance hiérarchique à deux niveaux de l'épaisseur des
oeufs de Grand Héron récoltés en 1979

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	Fs
Inter-colonie	11	0,01784	0,921 n.s.
Inter-oeufs à l'intérieur	35	0,01937	250,89 p < 0,001
Intra-oeuf	1128	0,00008	

Composantes de la variance

Composante de l'erreur	0,00008	9,4%
Composante des colonies	0,00077	90,6%

Tableau 9

Analyse de variance hiérarchique à deux niveaux de l'épaisseur des fragments d'oeufs et des oeufs de Grand Héron après que les membranes internes furent éliminées

Fragments

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	Fs
Inter-colonie	9	0,01683	12,22 p < 0,001
Inter-fragment à l'intérieur des colonies	90	0,00138	22,82 p < 0,001
Intra-fragment	400	0,00006	

Composante de la variance

Composante de l'erreur	0,00006	9,5%
Composante des fragments	0,00026	41,6%
Composante des colonies	0,00031	48,9%

Oeufs

Source de variation	Degrés de liberté	Estimation de la variance	Fs
Inter-colonie	10	0,00644	3,52 p < 0,05
Inter-oeufs à l'intérieur des colonies	11	0,00183	29,89 p < 0,001
Intra-oeuf	88	0,00006	

Composante de la variance

Composante de l'erreur	0,00006	7,2%
Composante de fragments	0,00035	41,4%
Composante des colonies	0,00044	51,4%