

ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS D'UTILISATION DU NECTURE TACHETÉ (*NECTURUS MACULOSUS*) COMME BIOINDICATEUR DE LA POLLUTION DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Joël Bonin¹
Jean-Luc DesGranges¹
Jean Rodrigue¹
Andrée Gendron²

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES No 190
Région du Québec 1994
Service canadien de la faune

Ce rapport peut être cité comme suit:

Bonin, J., J.L. DesGranges, J. Rodrigue et A. Gendron. 1994. Évaluation des possibilités d'utilisation du Necture tacheté (*Necturus maculosus*) comme bioindicateur de la pollution du fleuve Saint-Laurent. Série de rapports techniques no. 190. Service canadien de la faune, région du Québec. ??? p.

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

² Université du Québec à Montréal, Département de Biologie, P.O. Box 8888, Station A, Montréal (Québec), H3C 3P8.

Publié avec l'autorisation du
Ministre de l'Environnement
Service canadien de la faune

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1994
Numéro de catalogue CW 69-5/190F
ISBN 0-662-662-98910-4
ISSN 0831-6481

Mots clefs: Necture tacheté, *Necturus maculosus*, Québec, fleuve Saint-Laurent, population, biologie,
écologie, écotoxicologie, capture

Copies disponibles auprès du

Service canadien de la faune
Région du Québec
1141, route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

RÉSUMÉ

Au Québec, le Necture tacheté (*Necturus maculosus*) se retrouve dans le fleuve Saint-Laurent et ses principaux tributaires. Ces populations semblent bien établies. Toutefois, les données actuelles ne permettent pas d'en évaluer les tendances démographiques. Les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce sont également limitées. Une évaluation du potentiel du Necture tacheté comme espèce bioindicatrice de la pollution du fleuve Saint-Laurent fut réalisée à partir des données existantes et de la contamination d'individus récoltés.

La vaste répartition de l'espèce, sa sédentarité, sa longévité et sa capacité d'accumulation de composés organochlorés et de métaux lourds constituent les principales qualités du necture en vue de son utilisation comme espèce bioindicatrice. Toutefois, la connaissance limitée de son écologie et des possibilités de sa capture au Québec, ainsi que l'apparence d'une forte variabilité de la contamination entre des individus provenant d'un même site, représentent des problèmes non résolus.

ABSTRACT

In the province of Quebec, the mudpuppy (*Necturus maculosus*) is found in the Saint Lawrence River and its major tributaries. These populations seem well established, however, the data available do not allow the evaluation of populations trends. The knowledge of the biology and ecology of the species is also limited. An evaluation of its potential to become a bioindicator of aquatic pollution was done from those data and the measurements of contaminants in individuals taken from the Saint Lawrence River fluvial section.

The wide distribution of the species, its sedentarism, its longevity, and its capacity to accumulate organochlorine compounds and heavy metals, are the major attributes of the mudpuppy to become a good bioindicator. However, the poor knowledge of its ecology and of the possibility of its capture in Quebec, plus the appearance of a high variability in the contamination between individuals taken from a same site, are unsolved problems.

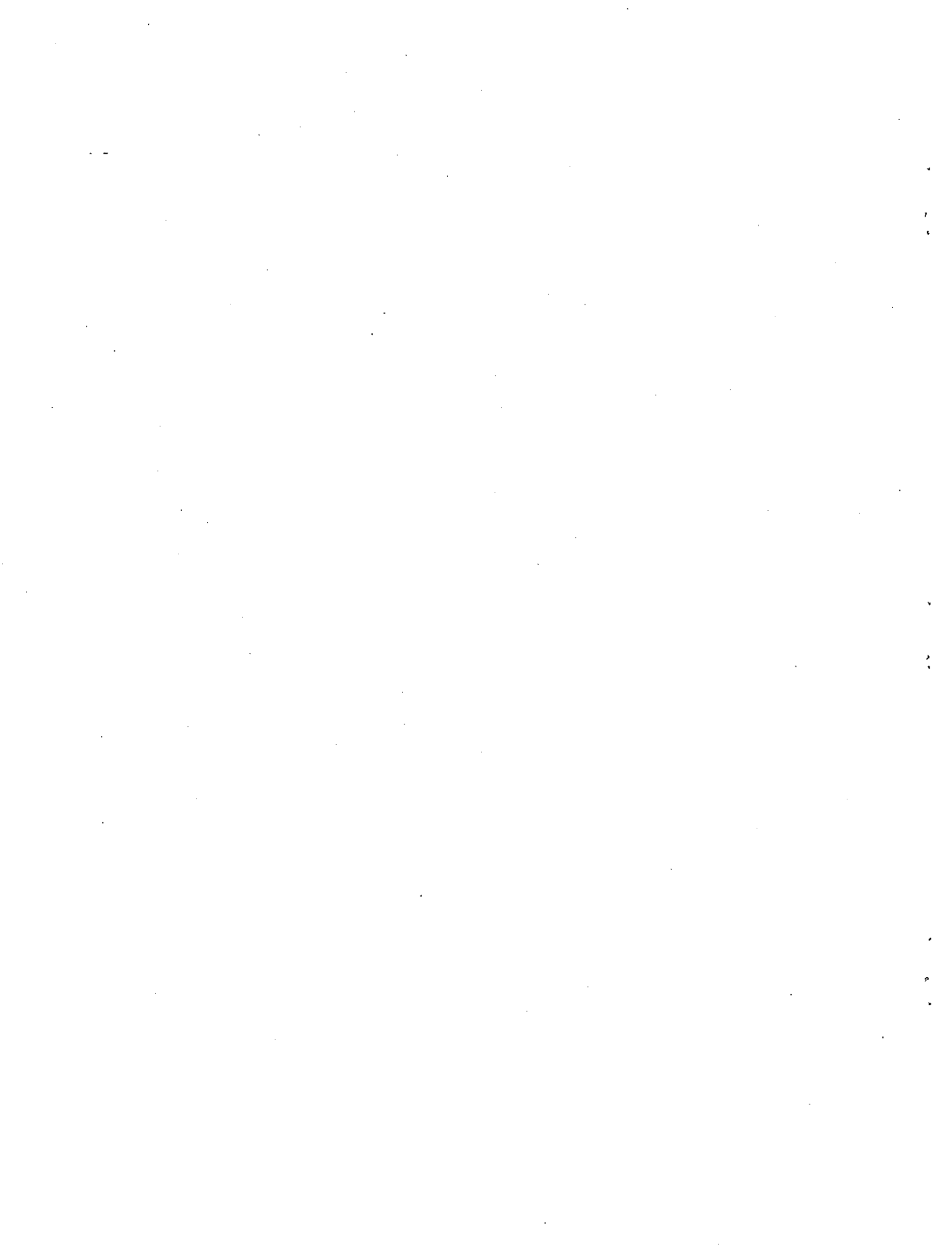


TABLE DES MATIÈRES

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| RÉSUMÉ | iii |
| ABSTRACT | iii |
| LISTE DES TABLEAUX | vi |
| LISTE DES FIGURES | vi |
| LISTE DES ANNEXES | vii |
| INTRODUCTION | 1 |
| 1. RÉPARTITION, TAILLE ET TENDANCE DES POPULATIONS AU QUÉBEC | 3 |
| 1.1 MÉTHODOLOGIE | 3 |
| 1.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION | 4 |
| 1.2.1 Répartition | 4 |
| 1.2.2 Abondance et tendance démographique | 4 |
| 2. CONNAISSANCES ACTUELLES SUR L'ESPÈCE | 8 |
| 2.1 TAXONOMIE ET RÉPARTITION MONDIALE | 9 |
| 2.2 HABITAT | 10 |
| 2.3 BIOLOGIE DE L'ESPÈCE | 11 |
| 2.3.1 Physiologie | 11 |
| - <i>Pédomorphisme</i> | 11 |
| - <i>Respiration</i> | 12 |
| - <i>Sens</i> | 12 |
| - <i>Reproduction</i> | 13 |
| - <i>Longévité</i> | 15 |
| 2.3.2 Comportement | 15 |
| - <i>Mobilité</i> | 15 |
| - <i>Thermorégulation et température préférée par l'espèce</i> | 15 |
| - <i>Cycle annuel d'activité</i> | 16 |

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| 2.4 ALIMENTATION | 19 |
| 2.5 PRÉDATION ET AUTRES CAUSES NATURELLES DE MORTALITÉ | 21 |
| 2.6 CAUSES NON NATURELLES DE MORTALITÉ | 22 |
| 3. ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS DE CAPTURE DE L'ESPÈCE | 23 |
| 3.1 MÉTHODOLOGIE | 23 |
| 3.2 RÉSULTATS | 24 |
| 3.2.1 Collecte auprès des pêcheurs | 24 |
| 3.2.2 Techniques de capture | 24 |
| 3.3 DISCUSSION | 26 |
| 4. ANALYSE DES CONTAMINANTS CHEZ DES NECTURES DU FLEUVE SAINT-LAURENT | 26 |
| 4.1 MÉTHODOLOGIE | 28 |
| 4.1.1 Aire d'étude | 28 |
| 4.1.2 Collecte des échantillons | 28 |
| 4.1.3 Analyses chimiques | 30 |
| 4.1.4 Analyse des données | 31 |
| 4.2 RÉSULTATS | 32 |
| 4.2.1 Composés organochlorés | 32 |
| - Contamination et variabilité intrasite | 32 |
| - Différence entre les tissus | 33 |
| - Variation spatiale de la contamination | 37 |
| 4.2.2 Métaux lourds | 39 |
| 4.3 DISCUSSION | 41 |
| - Variabilité intrasite | 43 |
| - Variabilité spatiale | 43 |

| | |
|--|----|
| 5. ÉVALUATION DU NECTURE COMME BIOINDICATEUR | 44 |
| 6. RÉFÉRENCES | 47 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Composition de la nourriture du necture exprimée en pourcentage du volume stomacal, selon quatre études réalisées aux États-Unis | 20 |
| Tableau 2A: Concentration (ng / g poids frais) de BPC et de pesticides organochlorés dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992 | 34 |
| Tableau 2B: (Suite) Concentration (ng / g poids frais) de BPC et de pesticides organochlorés dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992 | 35 |
| Tableau 3 : Probabilité que la concentration lipidique des composés organochlorés soit plus élevée dans les nectures (carcasses de femelles sans les oeufs) du fleuve Saint-Laurent (Beauharnois, n = 6) que dans ceux de la rivière des Outaouais (Rigaud, n = 6) | 38 |
| Tableau 4 : Concentration (ng / g poids frais) des métaux lourds dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992 | 40 |
| Tableau 5 : Caractéristiques du bioindicateur Necture tacheté | 45 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|---|
| Figure 1 : Le Necture tacheté | 1 |
| Figure 2 : Distribution du genre <i>Necturus</i> | 2 |
| Figure 3 : Distribution et abondance du necture dans le sud du Québec (sans la rivière des Outaouais). | 5 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figure 4 : | Nasse de la "Nasco supplier" | 27 |
| Figure 5 : | Localisation des sites de capture du Necture tacheté | 29 |
| Figure 6 : | A) Proportion des congénères de BPC dans les oeufs et les carcasses de six femelles de Necture tacheté provenant de Beauharnois en 1992 | 36 |
| | B) Proportion des homologues de BPC dans divers tissus de Necture tacheté provenant de Beauharnois en 1990 et 1992 | 36 |

LISTE DES ANNEXES

| | | |
|--------------------|---|----|
| Annexe I : | Résultats du sondage postal | 54 |
| Annexe II : | Travail exploratoire de squelettochronologie chez <i>Necturus maculosus</i> | 56 |

INTRODUCTION

Le Necture tacheté (*Necturus m. maculosus*) est une grosse salamandre aquatique qui, telle une larve d'urodèle, conserve des branchies externes tout au long de sa vie (Logier 1952) (figure 1). Les grandes branchies filamenteuses sont rouges tandis que le corps est brun, marqué de taches foncées. Il possède une peau très gluante et quatre courts membres munis chacun de quatre orteils. La tête est aplatie horizontalement et sa courte queue l'est latéralement. L'animal adulte mesure entre 20 et 30 cm de longueur mais pourrait parfois atteindre 48 cm (Cook 1984). Il vit dans les cours d'eau de l'Amérique du nord (figure 2).

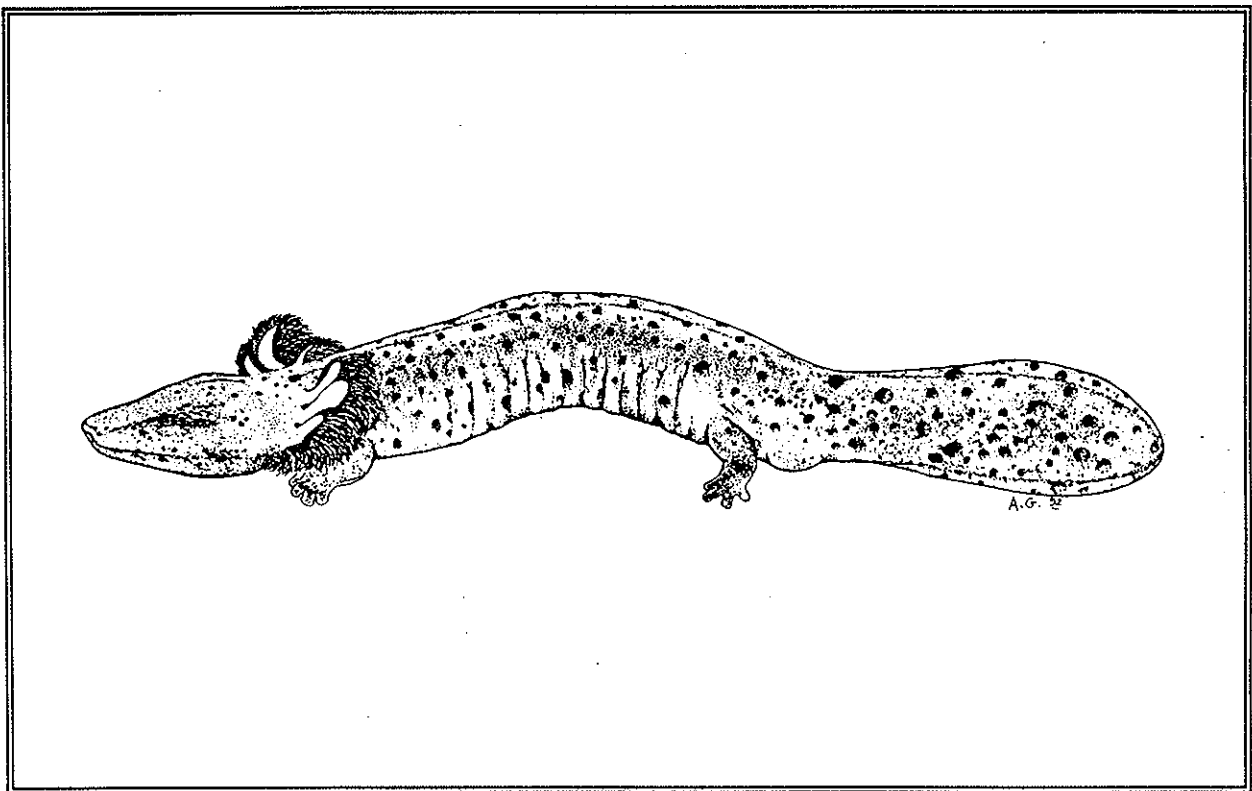
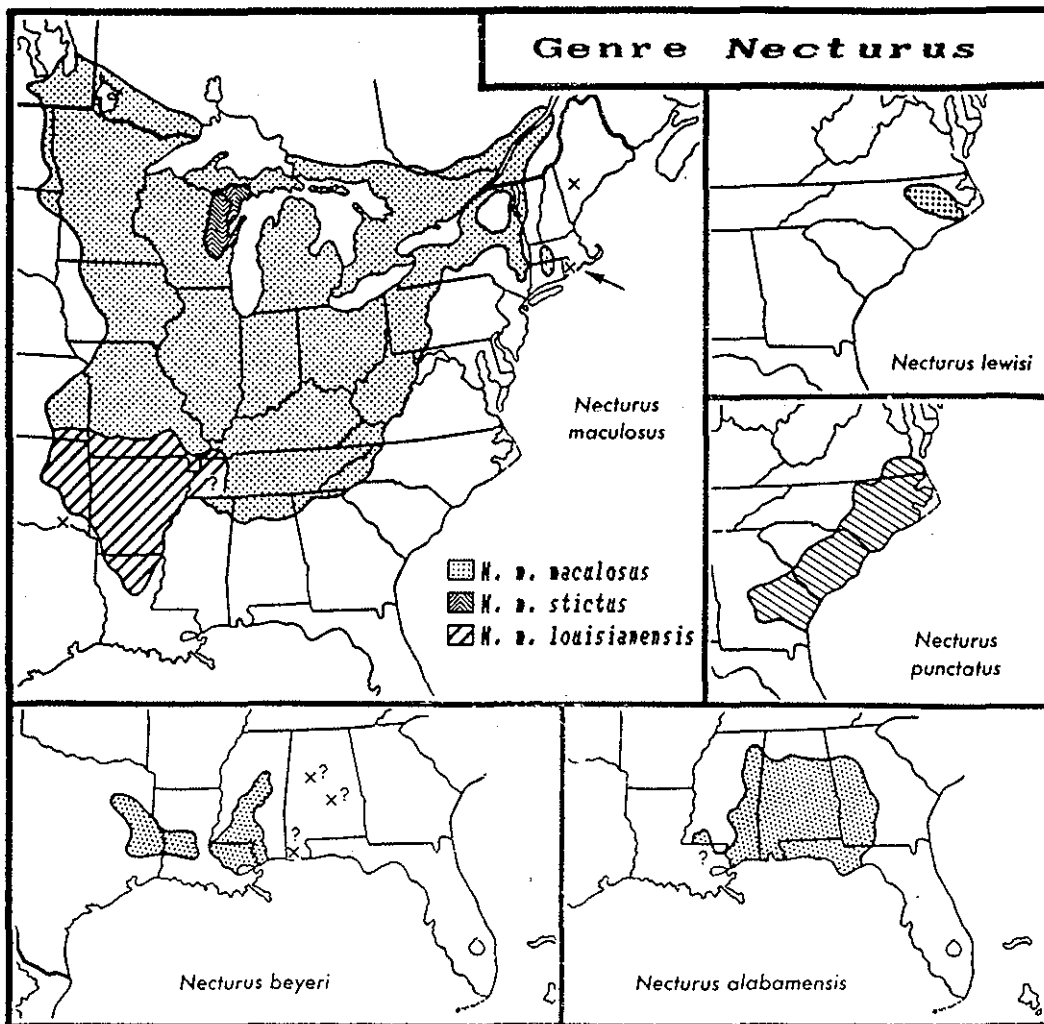


Figure 1 : Le Necture tacheté



X Localisation isolées, introductions

? Localisations incertaines

(Adapté de Conant 1975)

Figure 2 : Distribution du genre *Necturus*

Dans le but d'évaluer les possibilités d'utilisation du Necture tacheté à titre de bioindicateur de la pollution du fleuve Saint-Laurent, cinq objectifs étaient poursuivis:

- 1) préciser les connaissances sur la répartition et l'abondance du necture au Québec
- 2) faire le point sur les connaissances actuelles de la biologie de l'espèce
- 3) évaluer les possibilités de capture de l'espèce
- 4) déterminer le niveau de contamination par les substances bioaccumulables de nectures capturés le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent
- 5) évaluer les qualités du necture comme bioindicateur

1. RÉPARTITION, TAILLE ET TENDANCE DES POPULATIONS AU QUÉBEC

La situation du Necture tacheté au Québec est mal connue. Nous rassemblons ici nos maigres connaissances sur les populations.

1.1 MÉTHODOLOGIE

Afin d'ajouter aux mentions répertoriées dans l'Atlas des amphibiens et reptiles du Québec (Bider et Matte 1990), 68 pêcheurs commerciaux et 14 pourvoyeurs de pêche hivernale du corridor du fleuve Saint-Laurent (du lac Saint-François jusqu'à Gentilly en aval du lac Saint-Pierre) et du bassin de la rivière Richelieu ont été contactés à l'aide d'un sondage postal. Des données supplémentaires sur la répartition et l'abondance du necture ont été obtenues auprès des agents de conservation du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec (direction de Montréal et bureaux de Saint-Jean, Sorel et Valleyfield), de la direction de l'environnement à Hydro-Québec et des pêcheurs sportifs (pêche sur la glace) de la région de Montréal, Valleyfield, Contrecoeur, lac Saint-Pierre et Batiscau.

1.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION

1.2.1 Répartition

Au Québec, le necture colonise la rivière des Outaouais à l'ouest jusqu'au Témiscamingue, la rivière Richelieu au sud et le fleuve Saint-Laurent et probablement ses tributaires jusqu'à la hauteur de Donnacona à l'est (J.R. Bider, comm. pers.; Bider et Matte 1990). Croyant le necture intolérant à l'eau salée, on ne pensait pas le retrouver en aval de la ville de Québec (Cook 1989; Bider et Matte 1990). Néanmoins, il fut récemment répertorié dans des bassins de drainage isolés à l'est de Québec, soit à Saint-Siméon dans Charlevoix et dans la rivière Nabissipi sur la Côte-Nord (J.R. Bider, comm. pers.). Il aurait peut-être été introduit en ces derniers endroits. Aucun spécimen n'a jusqu'à maintenant été trouvé dans un milieu salin.

Nous avons obtenu des réponses de 21 pêcheurs commerciaux et de 14 pourvoyeurs (annexe I). Les informations recueillies auprès des pêcheurs confirment la présence de l'espèce dans le fleuve Saint-Laurent, du lac Saint-François jusqu'à la hauteur de la rivière Sainte-Anne (Sainte-Anne-de-la-Pérade) ainsi que dans le lac des Deux-Montagnes, la rivière des Mille-Îles, la rivière des Prairies et la rivière Richelieu (figure 3 et annexe I).

1.2.2 Abondance et tendance démographique

Les données actuelles ne permettent pas d'établir de tendance démographique. L'abondance de l'espèce serait variable à l'intérieur de son aire de répartition, pouvant être attrapée en grand nombre sous des conditions favorables (Harris 1959a). Selon cet auteur, les nectures seraient généralement trouvés en plus grande abondance dans les eaux claires du nord et de l'est des États-Unis qu'ailleurs dans leur aire de répartition.

Bleakney (1958) mentionnait l'espèce commune au Québec tandis que Cook (1984) la considérait comme la salamandre la plus rare au Canada. Ce dernier faisait probablement davantage référence

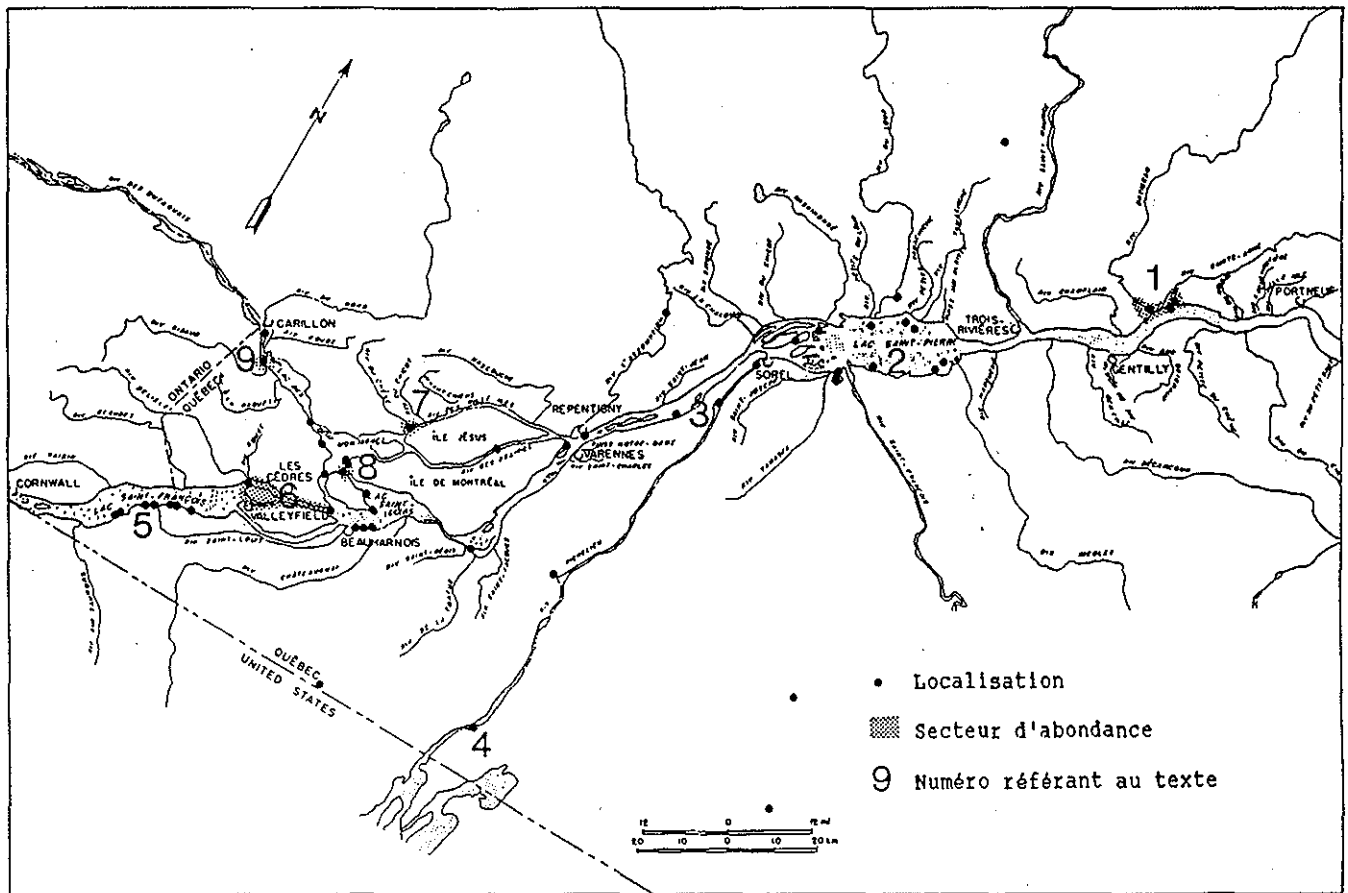


Figure 3: Distribution et abondance du nectare dans le sud du Québec (sans la rivière des Outaouais).

au comportement de l'espèce qu'à son abondance. Bider et Matte (1990) croient l'espèce en sécurité au Québec mais y accordent une attention spéciale en raison de la pollution de son habitat. La surexploitation et la pollution pourraient mettre en péril certaines populations de nectures au Canada (Froom 1982; Leclair 1985; Gendron *et al.* en préparation).

Les informations recueillies auprès de pêcheurs commerciaux, pourvoyeurs, pêcheurs sportifs et agents de la faune du Québec indiquent que l'espèce est généralement peu commune, quoiqu'elle puisse être abondante par endroits. La figure 3 regroupe les informations recueillies sur la distribution et l'abondance du necture dans le sud du Québec (sans la rivière des Outaouais). On y retrouve également les mentions de l'atlas des amphibiens et reptiles du Québec (Bider et Matte 1990). Les numéros sur la figure 3 réfèrent aux commentaires suivants :

- 1) Le necture semble abondant à l'embouchure des rivières Batiscan et Sainte-Anne et dans la portion voisine du fleuve. Il est retrouvé régulièrement dans les verveux et sur les lignes des pêcheurs de Poulamons atlantiques (*Microgadus tomcod*) durant l'hiver (14 des 37 nectures capturés en 1990 provenaient de pêcheurs de Batiscan et Sainte-Anne-de-la-Pérade).

- 2) Le necture semble commun au lac Saint-Pierre. Aucun pêcheur commercial du lac Saint-Pierre ne pêche l'hiver; néanmoins au printemps, plusieurs attraperaient le necture chaque année (8 pêcheurs sur les 44 contactés). Toutefois, au printemps 1990, seulement 2 nectures furent capturés par ces pêcheurs. Certains pêcheurs attribuaient leur insuccès à la persistance du niveau élevé des eaux du lac au printemps 1990.

Le necture est possiblement plus abondant à l'embouchure des tributaires ou dans les îles de Sorel. En effet, durant l'hiver, il est attrapé régulièrement dans les pourvoiries des îles de Sorel. Trois nectures furent capturés près d'un vieux barrage de pierre entre l'île Ronde et l'île de Grâce. Le

necture serait attrapé plus fréquemment dans la rivière du Loup (Yamachiche) que dans le lac Saint-Pierre (R. Baribeau, comm. pers.).

3) Le necture serait fréquemment attrapé au printemps à l'écluse de Saint-Ours (rivière Richelieu) tandis qu'il ne le serait que rarement dans le fleuve face à Contrecoeur (C.H. Frenette, comm. pers.).

4) Le necture semble rare dans le Haut-Richelieu. Il n'est que rarement capturé (un par cinq ou dix ans) dans la rivière Richelieu et n'aurait jamais été rapporté dans la baie Missisquoi (Bider et Matte 1990; et selon deux pêcheurs commerciaux).

5) Le necture serait commun à abondant au lac Saint-François. Un pêcheur d'anguilles affirme prendre près de 2000 nectures sur ses lignes dormantes au printemps, 30 à 40 par jour. Relâchant les nectures à chaque fois, il rattrape probablement souvent les mêmes nectures. Cependant, au printemps 1990, ce pêcheur n'a attrapé que deux nectures; il explique son insuccès par l'utilisation de vers comme appât au lieu des ménés. Un autre pêcheur d'anguilles du lac attraperait le necture à une quarantaine de reprises chaque printemps. En 1990, il ne captura que 2 nectures.

6) Le necture serait facilement capturé dans le tronçon résiduel du fleuve Saint-Laurent, entre Valleyfield et Pointe-des-Cascades lorsque Hydro-Québec baisse le niveau des bassins (P. Delisle, Y. Poiré, comm. pers.). Le 15 octobre 1987, cinquante nectures furent capturés en une heure environ en retournant les roches en aval du barrage de Pointe-des-Cascades (rive nord de la pointe, à l'embouchure de la rivière des Outaouais) (G. Delan, comm. pers.).

7) Le necture serait également abondant près du barrage de la rivière des Mille-Îles (M. Letendre, comm. pers.).

- 8) Des rassemblements seraient observés au printemps dans les eaux entre l'île Perrot et l'île Bellevue (C. Goyette, comm. pers.). Plusieurs centaines de nectures ont été capturés dans des nasses installées durant l'hiver 1992 près de la rive de Sainte-Anne-de-Bellevue (J.R. Bider, comm. pers.)
- 9) Cinquante nectures auraient été observés dans la baie de Rigaud (Bider et Matte 1990).
- 10) Le necture a aussi été observé dans la rivière Bécancour près de Lyster (Y. Leblanc, comm. pers.)

En 1992 et 1993, l'un de nous (A.G.) a capturé plusieurs centaines d'individus dans différents sites de la rivière des Outaouais (régions de Deep River en Ontario et de Rigaud), dans la rivière des Prairies à l'embouchure de la rivière l'Assomption, au lac Saint-Louis (région de Beauharnois et de l'île Perrot), ainsi qu'au lac Saint-François (région de Saint-Régis) dans le fleuve Saint-Laurent. La répartition et l'abondance de l'espèce au Québec demeure ainsi mal connue en raison du peu d'effort accordé jusqu'à maintenant à sa recherche.

2. CONNAISSANCES ACTUELLES SUR L'ESPÈCE

Le Necture tacheté étant fréquemment utilisé comme animal de laboratoire, une importante littérature spécialisée en physiologie animale traite indirectement de cette espèce (Duellman et Trueb 1985). Néanmoins, l'espèce en elle-même demeure méconnue, son écologie générale et la dynamique de ses populations ont été peu étudiées.

Les données les plus récentes portent sur une espèce apparentée, *N. lewisi*. Cette dernière fut plus largement étudiée en raison du statut d'espèce menacée de ce necture endémique en Caroline du Nord (Cooper et Ashton 1985). La précarité de la situation de *N. lewisi* a mené à la réalisation de la première étude toxicologique en milieu naturel pour le genre *Necturus* (Hall *et al.* 1985).

2.1 TAXONOMIE ET RÉPARTITION MONDIALE

Le Necture tacheté appartient au genre *Necturus* de la famille *Proteidae* (Larsen et Guthrie 1974; Naylor 1978). Les *Proteidae* actuels sont des reliques d'un groupe de salamandres initialement plus diversifié et plus largement distribué (Duellman et Trueb 1985). Quatre genres formaient cette famille: deux sont éteints (*Mioproteus* et *Orthophysium*) tandis que deux autres existent toujours, *Proteus* et *Necturus*. Le genre *Proteus* est représenté par une espèce vivant dans les eaux souterraines du sud-est de l'Europe et le genre *Necturus* est représenté par quelques espèces, toutes nord-américaines. La grande ressemblance des différentes formes de nectures amène une incertitude quant à la systématique de ce groupe (Sessions et Wiley 1985). Généralement, on y reconnaît cinq espèces (*N. alabamensis*, *N. beyeri*, *N. lewisi*, *N. punctatus* et *N. maculosus*), et différentes sous-espèces de *N. maculosus* (Brame 1967; Gorham 1974; Conant 1975). Les nectures du Québec appartiennent à la sous-espèce *N. maculosus maculosus*. Deux autres sous-espèces moins répandues et dont le statut demeure discutable (Vogt 1981) s'ajoutent pour former l'espèce *N. maculosus* (Conant 1975).

Des cinq espèces de nectures, le Necture tacheté représente la forme la plus évoluée (Sessions et Wiley 1985). Selon cet auteur, une différenciation graduelle du caryotype aurait débuté avec l'établissement de populations le long de la plaine côtière du sud-est des États-Unis, se poursuivant avec la colonisation du sud des Appalaches puis du fleuve Mississippi jusqu'au réseau de drainage du fleuve Saint-Laurent.

La répartition contemporaine du Necture tacheté englobe ces deux derniers réseaux de drainage. On le retrouve d'abord dans les différents tributaires du système des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, allant du sud-est du Manitoba à l'est de l'état de New York dans le réseau du lac Champlain, en passant par le sud du Québec et de l'Ontario. Ensuite, vers le sud, il occupe les eaux du Mississippi et de ses tributaires jusqu'à l'est du Kansas, au sud du Missouri et dans le réseau de

la rivière Tennessee (Conant 1975). L'espèce aurait été également introduite dans différents sites de la Nouvelle-Angleterre (Conant 1975; DeGraaf et Rudis 1983).

La sous-espèce *N. maculosus stictus* serait endémique au nord-est du Wisconsin et au Michigan dans les régions adjacentes au Wisconsin, tandis que la sous-espèce *N. maculosus louisianensis* serait associée au système de drainage de la rivière Arkansas, du sud du Missouri au centre-nord de la Louisiane (figure 2).

2.2 HABITAT

Le necture est exclusivement aquatique et colonise une diversité d'habitats : lacs, rivières, fossés, baies et marais. L'espèce semble préférer les eaux claires mais peut également fréquenter les eaux turbides (Harris 1959a; Logier 1952). On retrouve le necture dans les eaux calmes comme dans les eaux courantes; cependant, il semble éviter les courants forts (Harris 1961). Il habite les eaux profondes ou peu profondes mais évite les cours d'eau intermittents (Cook 1984). Il fut déjà capturé à 30 m de profondeur (Reigle 1967). La tolérance à la salinité chez le genre *Necturus* demeure inconnue (Braswell et Ashton 1985).

Selon Bishop (1927), l'abondance de la nourriture influencerait l'abondance du necture seulement lorsque l'habitat offre des abris et des sites de nidification en quantité suffisante. Ceux-ci sont généralement formés de pierre, de bois ou autres débris jonchant le fond du cours d'eau ou du plan d'eau (Shoop et Gunning 1967). On retrouve ainsi l'espèce parmi les pierres et débris au pied des barrages, des ponts, des quais ou en bordure des lacs et rivières (Vogt 1981; Shoop et Gunning 1967). Les zones sablonneuses ou vaseuses qui n'offrent pas d'abri pourraient néanmoins être visitées la nuit (Shoop et Gunning 1967) mais les nectures seraient absents de ces zones lorsque celles-ci se trouvent trop loin de leurs abris (Viosca 1937). Les jeunes seraient généralement retrouvés dans des débris du fond tels des feuilles (Shoop et Gunning 1967).

Les données recueillies auprès des pêcheurs québécois ne précisent pas davantage cette description de l'habitat du necture. L'ensemble des pêcheurs commerciaux installent leurs verveux dans des habitats semblables (à proximité d'herbiers aquatiques, où le courant est faible et le fond dégagé, à une profondeur de 1 à 4 m), ce qui ne nous renseigne guère sur l'utilisation d'autres habitats. Les nectures capturés auprès des pêcheurs sportifs furent attrapés tant dans des baies peu profondes où se pêchent le Brochet (*Esox sp.*) et la Perchaude (*Perca flavescens*) que dans les eaux plus profondes (5 à 9 m) du fleuve en quête du doré (*Stizostedion sp.*). Le necture fut également attrapé à la pêche au Poulamon atlantique dans les eaux de la rivière Batiscan à 3 à 4 m de profondeur sur un fond de feuilles et de branches. Le necture fut aussi attrapé à la pêche à la barbotte (*Ictalurus sp.*) sur une rive rocailleuse du lac Saint-François. Enfin, le necture serait abondant dans les pierres en aval des barrages (M. Letendre, comm. pers.). Des larves ont déjà été capturées à la seine, au filet de dérive. Une larve fut attrapée dans les débris de feuilles jonchant le fond d'un canal de l'archipel de Valleyfield (M. Letendre, comm. pers.)

2.3 BIOLOGIE DE L'ESPÈCE

2.3.1 Physiologie

Différents ouvrages traitent de la biologie des amphibiens et donnent des informations précises sur le necture : biologie générale (Noble 1954; Duellman et Trueb 1985); physiologie (Moore 1964; Lofts 1974 et 1976); neurobiologie (Llinas et Precht 1976); métamorphose (Gilbert et Frieden 1981). Kingsley (1907), Adams (1926), Gilbert (1973) et Chiasson (1976) décrivent l'anatomie générale du necture tandis que Francis (1934) et DeBeer (1937) font de même avec la larve. Dawson (1920) discute en détail des glandes cutanées. Enfin, Wilder (1903) et Harris (1952 à 1958) ont produit une série d'articles sur divers aspects de l'anatomie du necture.

Pédomorphisme : Le necture est une salamandre dite "pédomorphique" parce qu'elle conserve à maturité sexuelle les caractères du stade larvaire de la majorité des urodèles : les branchies externes

et la vie exclusivement aquatique. Cette salamandre n'a pas la capacité de se métamorphoser en animal terrestre (Duellman et Trueb 1985) et elle ne peut pas régénérer la partie d'un membre perdu ou mutilé (Scadding 1977).

Respiration : Les poumons simplifiés et peu vascularisés ne possèdent pas d'alvéole. Ils possèdent probablement davantage des fonctions hydrostatiques que respiratoires. Dans une eau froide et bien oxygénée, la peau vascularisée du necture, surtout dans la région de la queue, pourrait assurer sa respiration (Duellman et Trueb 1985). Ces auteurs indiquent que les branchies sont responsables de 60 % de l'absorption d'oxygène et du rejet de CO₂, tandis que la peau représentée à peine plus de 30 % et les poumons moins de 9 % des échanges gazeux. Finalement, la production de CO₂ par unité de poids est plus grande chez les petits individus que chez les gros (Harris 1959b).

Sens : Malgré qu'il soit muet, le necture percevrait les vibrations (sons) au niveau de l'oreille moyenne et interne via les muscles pectoraux ou la mandibule. La ligne latérale rudimentaire pourrait également servir à la perception des vibrations (Harris 1959b).

Le necture est très sensible à la lumière, démontrant un phototropisme négatif (Harris 1959a). La peau pourrait jouer un rôle plus important que les yeux dans la perception de la lumière. Toutes les parties du corps sont sensibles à la lumière, mais principalement la tête et ensuite la queue. Les yeux peu développés sont probablement de peu d'utilité chez cet animal nocturne (Harris 1959c).

Le sens du toucher est présent tandis que la sensibilité à la douleur semble atténuée (Harris 1959c). Une perception cutanée de différentes substances chimiques se fait au niveau des branchies, des narines, de la tête puis de la queue. Cette sensibilité chimique sert possiblement à la communication (Parzefall *et al.* 1980) et à la recherche des proies (Durand *et al.* 1982).

Reproduction : Les populations étudiées aux États-Unis possèdent généralement un ratio sexuel de 1:1 (Shoop 1965). Cependant, le succès de capture pourrait varier avec le sexe, faussant ainsi les évaluations. Lagler et Goellner (1941) attrapèrent 60 % de mâles et 40 % de femelles au mois d'avril dans un lac du Michigan, tandis que Shoop (1965) mentionne un succès de capture plus grand des femelles pendant les mois de novembre et décembre.

Le mâle se reconnaît de la femelle par une ouverture du cloaque plus grande ayant des rides obliques à la marge, une paire de papilles dirigées vers l'arrière et une rainure courbée bordant la marge postérieure (Bishop 1941). Le cloaque du mâle est également renflé et enflammé pendant la période de reproduction, soit, de l'automne au printemps. La femelle serait en moyenne légèrement plus grosse que le mâle (Lagler et Goellner 1941). Les chromosomes sexuels du mâle (XY) et de la femelle (XX) sont très différenciés (Sessions et Wiley 1985).

Selon Taylor et Guttman (1977), la description de l'accouplement chez *Necturus* demeure trop incomplète pour permettre de mieux comprendre la biologie de la reproduction de l'espèce. Toutefois, Bishop (1926) décrit l'accouplement du Necture tacheté tandis que Ashton (1985) fait de même pour *N. lewisi*. L'accouplement aurait lieu à l'automne (Logier 1952; Mélançon 1961; Vogt 1981) mais pourrait également se produire durant l'hiver ou même tôt au printemps (Harris 1961; Bishop 1941).

Les mâles feraient la cour aux femelles pendant près d'une heure en nageant et rampant autour d'elles et en les frôlant. La production de phéromones ainsi que le sens tactile pourraient être importants dans l'accouplement (Ashton 1985). Les phéromones seraient possiblement produites par les glandes du cloaque du mâle, cette région étant fortement gonflée et enflammée (Harris 1961). Le mâle produirait des masses gélatineuses contenant le sperme ("spermatophores") mais il n'est pas connu si ceux-ci sont directement transférés du mâle à la femelle ou si celle-ci les recueille sur le fond

(Ashton 1985). Cependant, l'absence de papille développée au cloaque de la femelle laisse supposer la possibilité d'une insémination directe par le mâle (Bishop 1941).

La fertilisation serait interne, la femelle conservant dans une cavité du cloaque le sperme qui imprégnera les oeufs lors de la ponte au printemps (Harris 1961). À ce moment, la femelle creuse une cavité sous une pierre ou un autre objet dans l'eau peu profonde (Cook 1984). Ce nid s'ouvre généralement vers l'aval ou vers la rive. Il ne serait pas situé dans les endroits à fort courant ni sous des pierres où le courant passe dessous (Harris 1961). La ponte aurait lieu aux mois de mai ou juin (Logier 1952).

De 18 à 180 oeufs sont pondus (Cook 1984; 60 selon Logier 1952; 100 selon Vogt 1981; 107 selon Bishop 1941; 122 selon Lagler et Goellner 1941; 175 selon Mélançon 1961) et sont collés individuellement à la paroi supérieure de la cavité. Les oeufs blancs ou jaunes ont un diamètre de 5 à 6 mm et chacun est recouvert de trois membranes gélatineuses formant une sphère malléable de 14 mm de diamètre (Bishop 1941).

Bishop (1941) suppose que la femelle garde les oeufs en bloquant l'entrée du nid. Selon Harris (1961), cette interprétation serait liée au fait que la femelle utiliserait le nid à son avantage comme abri. Les oeufs éclosent après 4 à 8 semaines (Cook 1984), soit au cours des mois de juillet et août (Logier 1952). Les larves ne mesurent alors que 20 à 25 mm et possèdent une coloration foncée rehaussée de deux bandes claires caractéristiques qui longent le corps de chaque côté du dos. La résorption du sac vitellin est complétée au début du mois de septembre lorsque la taille des larves est d'environ 36 mm. Ces larves n'atteindront la maturité sexuelle qu'à une longueur totale de 20 cm, soit à l'âge de 5 ans pour les mâles et de 6 ans pour les femelles (Bishop, 1941). Pour une autre population de l'état de New York, Senning (1940) rapporte que la maturité sexuelle est atteinte à la huitième année lorsque la longueur du corps (du rostre au cloaque) atteint 16,5 cm.

Longévité : La longévité record pour un spécimen en captivité est de neuf ans (Duellman et Trueb, 1985). Cependant, les travaux de squeletto-chronologie de Senning (1940) sur plus de 150 Nectures tachetés de l'état de New York, indiquent que l'animal peut vivre plus de 23 ans dans la nature. En 1990, nous avons recueilli 37 nectures le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent. Leur âge fut estimé au moyen de la squelettochronologie (annexe II). Le plus vieux avait apparemment 27 ans.

2.3.2 Comportement

Mobilité : Peu d'information porte sur les déplacements du necture (Hutchison et Ritchart 1989). Selon Cagle (1954), *N. maculosus louisianensis* effectuerait des déplacements très limités. Une population de cette sous-espèce se serait déplacée sur une distance moyenne de 91 mètres pour les femelles (n = 17 recaptures) et 62,1 mètres pour les mâles (n = 11 recaptures), et ce, sur une période de deux à cinq ans (Shoop et Gunning 1967). Puisque le ruisseau étudié n'était large que de 8 à 12 m (Shoop 1965), en considérant une largeur moyenne de 10 m, nous pouvons estimer la dimension du domaine vital du necture à 910 m² pour la femelle et à 621 m² pour le mâle.

Ashton (1985) étudia les déplacements de *N. lewisi* et obtint des domaines vitaux de 73,3 m² chez le mâle et de 17,4 m² chez la femelle après 3½ ans de suivi. Sur une période de 8 mois, les juvéniles demeurèrent à l'intérieur de 134 m². Enfin, le comportement de cinq animaux déplacés sur une distance de 168 à 463 m suggère que *Necturus* pourrait s'orienter afin de retourner à son domaine vital (Shoop et Gunning 1967).

Thermorégulation et température préférée par l'espèce : Comme chez tous les poïkilothermes, la température du corps du necture est fonction de la température ambiante. Cette salamandre aurait des cycles prononcés d'activité journalière et saisonnière, mais il n'est pas connu si l'espèce régularise sa température corporelle par la sélection de masses d'eau à différentes températures (eaux plus ou

moins profondes). Néanmoins, cette "thermorégulation comportementale" a été démontrée en laboratoire (Hutchison et Spriestersbach 1986).

La température préférée par l'espèce fut déterminée expérimentalement par la vitesse de déplacement de l'espèce. *N. maculosus* aurait des déplacements plus rapides à 15°C qu'aux températures supérieures ou inférieures (Miller 1982). Cependant, cette température optimale varie dans le temps et selon la température d'acclimatation en laboratoire (Hutchison et Spriesterbach 1986). Selon Hecht (1958 in Cooper et Ashton 1985), les espèces du genre *Necturus* sont adaptées au froid, étant actives seulement dans les saisons les plus froides et inactives durant la saison chaude. Harris (1959a) affirme que les températures inférieures à 18°C ou 15,5°C sont les plus favorables pour garder le necture en captivité. Après une acclimatation à 15°C, Hutchison et Ritchart (1989) obtiennent la température critique maximale (Hutchison 1961; attaque soudaine de spasmes musculaires) à 33,4°C, variant de 1,3°C au cours d'une année.

Cycle annuel d'activité : Les données recueillies auprès des pêcheurs commerciaux et sportifs du Québec indiquent une plus grande fréquence de captures de l'espèce à l'hiver, au printemps et à l'automne, comparativement à l'été. En effet, les pêcheurs sportifs en prennent surtout l'hiver, les pêcheurs de Poulamons atlantiques en attrapent dans leurs verveux aux mois de décembre et janvier tandis que les autres pêcheurs commerciaux, ne pêchant que du 1^{er} avril au 31 octobre, en prennent principalement au printemps et parfois à l'automne. Notons enfin que deux pêcheurs du lac Saint-François pêchent au verveux en février mais ne prennent pas le necture à cette période de l'année; ils l'attrapent plutôt au printemps à la ligne dormante. Faute d'études plus approfondie au Canada, la tendance semble indiquer une activité limitée durant l'été par rapport aux autres saisons.

À des latitudes plus méridionales, plusieurs auteurs ont également commenté la rareté des différentes espèces de nectures pendant l'été (Viosca 1937; Cagle 1954; Harris 1959a; Neill 1963; Shoop 1965;

Shoop et Gunning 1967; Bart et Holzenthal 1985; Braswell et Ashton 1985; Hutchison et Ritchart 1989). Cependant, peu d'études relèvent de l'observation directe d'animaux ou du suivi de leurs déplacements; elles sont plutôt basées sur un taux de capture variant au cours de l'année. Ainsi, l'efficacité de l'engin de capture peut être influencée par le comportement de l'animal (activités variant selon les conditions de l'habitat) ou directement par les variations des conditions de l'habitat (une plus grande disponibilité de nourriture dans le milieu limiterait l'attraction de l'appât). Dans ce contexte, l'apparente rareté du necture pendant l'été demeure inexplicée (Braswell et Ashton 1985; Hutchison et Ritchart 1989). Néanmoins, différentes hypothèses ont été proposées et sont présentées ici.

a) *Hypothèses d'un changement comportemental du necture durant l'été*

Braswell et Ashton (1985) mentionnent que la période de faible capture de *N. lewisi* en Caroline du Nord correspond à sa période de ponte et de garde du nid. De plus, Shoop et Gunning (1965) suggèrent que les besoins énergétiques des femelles nectures lors de la formation de leurs oeufs sont en partie responsables du plus grand nombre de femelles capturées l'hiver.

Selon Braswell et Ashton (1985), la montée des eaux et la plus grande turbidité des eaux semblent stimuler l'activité de *N. lewisi*. Ces auteurs ne mentionnent pas l'avantage que tire le necture de ces conditions.

Le necture demeurerait caché l'été afin d'éviter la prédation alors plus forte par les poissons (Neill 1963; Shoop et Gunning 1967; Braswell et Ashton 1985). Cependant, il n'existe pas d'évidence naturelle d'une forte prédation par les poissons (Harris 1959c; Bart et Holzenthal 1985).

Bart et Holzenthal (1985) supportent plutôt l'hypothèse d'une période de latence l'été ("estivation", Viôska 1937) chez l'espèce *N. beyeri* de la Louisiane, en raison d'une faible abondance de nourriture à cette période de l'année.

Il est généralement considéré que le necture se réfugie dans les eaux profondes et froides pendant la saison chaude (Harris 1959a). En Caroline du Nord, *N. lewisi* occuperait davantage le centre des rivières pendant l'été (Ashton 1985).

b) *Hypothèse indépendante d'un changement comportemental*

Certains auteurs ne supposent pas de changement comportemental mais proposent plutôt une variation de l'efficacité de l'instrument de capture en raison de l'abondance de la nourriture l'été. À la suite d'analyses de contenus stomacaux, Shoop et Gunning (1967) notent qu'en Louisiane, *N. maculosus louisianensis* et *N. beyeri* s'alimentent tout au long de l'année. Ils supposent donc qu'une plus grande abondance de nourriture l'été serait responsable du faible succès de capture des engins de pêche appâtés. Braswell et Ashton (1985) émettent la même hypothèse pour *N. lewisi*.

Cependant, Harris (1959a) rapporte le fait qu'en Indiana, les Nectures tachetés semblent plus maigres à l'automne qu'au printemps; l'auteur suppose alors la possibilité d'un jeûne durant l'été. Mentionnons également que l'hypothèse d'une plus grande abondance de nourriture l'été ne s'applique que dans le cas d'engins de pêche appâtés et n'explique donc pas la variation observée au Québec avec les verveux non appâtés.

Finalement, ce cycle annuel s'observe également en laboratoire au niveau de la sélection et de la tolérance thermique de l'animal (Hutchison et Spriestersbach 1986; Hutchison et Ritchart 1989). Toutefois, une connaissance de l'écologie de l'espèce est prérequis à toute interprétation physiologique valable.

Le necture serait principalement actif la nuit (Hutchison et Spriestersbach 1986), ne s'aventurant en eau peu profonde et en milieu ouvert (banc de sable, fond sans débris) uniquement la nuit ou lorsque l'eau est turbide (*N. maculosus louisianensis*, Cagle 1954; *N. lewisi*, Braswell et Ashton 1985) ou herbeuse (Harris 1959a). Le jour, il reste caché sous une pierre ou un autre abri (Harris 1959a). Les résultats des pêcheurs sur la glace laissent supposer que le necture s'active également le jour, possiblement en raison de la noirceur qu'occasionne la couche de glace parfois recouverte de neige. Rappelons que le necture possède un phototropisme négatif (voir la section "sens"). Le comportement d'agressivité est décrit par Ashton (1985) pour l'adulte *N. lewisi* défendant un abri. Toutefois, il n'y a pas d'évidence d'une territorialité puisque les domaines vitaux se chevauchent, peu importe la saison ou le sexe. De plus, il n'est pas rare d'observer, à la fin de l'hiver et au printemps, mâles, femelles et jeunes sous un même abri. À l'aide de son odorat *N. maculosus* peut reconnaître et éviter les abris occupés par d'autres animaux (Parzefall *et al.* 1980).

2.4 ALIMENTATION

Le necture se nourrit sur le fond de l'eau, d'insectes, de crustacés, de petits poissons et d'oeufs de poissons (tableau 1) (Logier 1952; Harris 1959c; Mélançon 1961; Cochran 1991), sans toutefois représenter un sérieux prédateur pour ces derniers (Vogt 1981). Le cannibalisme est mentionné à l'occasion, l'adulte pouvant manger des oeufs, des larves, et même des individus plus petits (Bishop 1926; Harris 1959c).

Chez cette salamandre, il y a peu d'évidence d'une sélectivité de la nourriture autre que celle imposée par les restrictions de son habitat (Viosca 1937; Harris 1959c) ou de sa taille, les juvéniles se nourrissant de proies plus petites que les adultes (Bart et Holzenthal 1985; Cochran et Lyons 1985). En Louisiane, le régime alimentaire de *N. beyeri* se compose de proies appartenant à 18 taxons différents; 16 de ces taxons habitent les sédiments et détritiques et 17 de ceux-ci sont détritiques (Bart et Holzenthal 1985). Harris (1959c) donne une liste détaillée de la nourriture retrouvée dans l'estomac du necture.

Tableau 1: Composition de la nourriture du Necture tacheté (*Necturus maculosus*) exprimée en pourcentage du volume stomacal, selon quatre études réalisées aux États-Unis.

| Nourriture | Espèces et endroits étudiés | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| | <i>N. m. maculosus</i> | <i>Necturus sp.</i> | <i>N. m. maculosus</i> | <i>N. m. louisianensis</i> |
| | Wisconsin ¹ | Est des États-Unis ² | Michigan ³ | Louisiane ⁴ |
| Poissons | 12,5 | 13,2 | 13,2 | |
| Amphibiens | - | 4,1 | 0,2 | |
| Tortues | - | - | 0,5 | |
| Insectes | 17,2 | 30,1 | 49,3 | |
| Crustacés | 39,1 | 32,7 | 13,9 | >85 (autres invertébrés et petits poissons: <15 %) |
| Annélides | 2,0 | 11,0 | 20,0 | |
| Gastropodes | 7,1 | 5,2 | 3,3 | |
| Débris | 5,0 | - | - | |
| Plantes | 17,9 | traces | - | |
| Matière inorganique | - | 3,3 | - | |
| Nombre total de nectures | 33 | 500 | 107 | 178 |
| Nombre de nectures avec de la nourriture | 24 (73 %) | 340 (68 %) | 105 (98 %) | ≈ 133 (75 %) |

Source : 1) Pearse 1921
 2) Hamilton 1932
 3) Lagler et Goellner 1941
 4) Shoop et Gunning 1967

Le necture happe et engloutit sa nourriture rapidement (Cagle 1954). Ashton (1985) décrit deux techniques de "chasse" chez l'espèce *N. lewisi*. Dans le premier cas, qui est le plus fréquent, le necture attend à l'entrée de sa cachette qu'une proie se présente. Dans le second cas, il y a recherche active de nourriture. Le necture marche jusqu'à la proie, puis s'arrête à 2 ou 3 cm de celle-ci; au moindre mouvement de la proie, le necture l'engloutit, pouvant la régurgiter et la ravalé à 2 ou 3 reprises si elle est trop grosse.

Malgré son appétit vorace, le necture peut survivre à plusieurs mois de jeûne; Harris (1959c) mentionne même qu'un de ses spécimens captif a survécu 24½ mois sans nourriture. Ce phénomène de jeûne aurait également lieu dans la nature. Observant que l'estomac est plus plein en hiver qu'en été, Meefe et Sheldon (1987), supposent une plus grande alimentation durant l'hiver, alors que Bart et Holzenthal (1985) croient que *N. Beyer* jeûne durant l'été en raison de la rareté de la nourriture dans l'habitat. Cependant, la quantité de nourriture retrouvée dans l'estomac de l'animal pourra dépendre de l'heure de la capture dans la journée (cycle circadien d'activité) ou de la température de l'eau (la température affectant la vitesse de digestion; Meefe et Sheldon 1987). La variation saisonnière de la composition de la diète demeure inconnue, mais fort probable (Braswell et Ashton 1985 pour *N. lewisi*).

Ainsi, le necture serait un benthivore opportuniste dont le régime alimentaire pourra varier en qualité et en quantité selon l'habitat, la saison et la grosseur de l'animal.

2.5 PRÉDATION ET AUTRES CAUSES NATURELLES DE MORTALITÉ

Le necture est rarement mentionné dans le régime alimentaire d'autres animaux. Néanmoins, le Grand Héron (*Ardea herodias*), la Couleuvre d'eau (*Natrix s. sipedon*) et la Loutre de rivière (*Lutra canadensis*) en mangeraient à l'occasion (Harris 1959c). On a également trouvé des carcasses de nectures près de nids de Goéland argenté (*Larus argentatus*) dans certaines colonies des Grands Lacs

(Fox *et al.* 1990). De plus, un pêcheur sportif du Québec aurait trouvé un necture dans la gueule d'un brôchet (*Esox sp.*) (*vide* J.Bonin). Les nectures juvéniles seraient sujets à la prédation par les poissons (Shoop et Gunning 1967; Cochran et Lyons 1985). Cependant, il n'existe pas d'évidence d'une forte prédation des nectures adultes par les poissons (Bart et Holzenthal 1985). Cela est souvent imputé à des glandes cutanées sécrétrices de toxines; toutefois, l'efficacité réelle de celles-ci demeure inconnue (Brandon et Huheey 1985). L'animal, vivant généralement caché, serait également moins susceptible d'être trouvé par un prédateur (Harris 1959c). Selon ce dernier auteur, le cannibalisme pourrait être responsable d'une plus grande mortalité que la prédation par d'autres animaux.

Différents organismes parasiteraient le necture : *Sphyranura osleri sp.*, un ectoparasite, polyopisthocotyle monogène, affecterait les branchies (Harris 1959a) et la peau (Reichenbach-Kinke et Elkan 1965). Les larves du mollusque bivalve *Sivopsisoricon cha ambigua* parasiterait le necture après que ce dernier ait mangé un adulte gravide. Bart et Holzenthal (1985) rapportent la présence dans l'intestin de *N. beyeri* du ver plat *Ophiotaenia sp.* et mentionnent l'abondance de l'acanthocephale *Fessisentis necturorum*, obtenus de la prédation d'isopodes. Le ver plat *Ophiotaenia lonnbergii* (Fuhrmann) parasiterait fréquemment *N. maculosus* dans le Michigan (Lagler et Goellner 1941). Les oeufs, larves et adultes nectures succomberaient facilement à des mycoses à *Saprolegnia sp.* Le necture n'habiterait d'ailleurs pas les eaux où ces champignons abondent. Finalement, la mort d'un nombre élevé d'individus sans cause apparente fut mentionnée à quelques reprises (Harris 1959c).

2.6 CAUSES NON NATURELLES DE MORTALITÉ

Bien que mentionnée précédemment, la pollution n'est pas identifiée avec certitude comme une cause de mortalité. Harris (1959a) prétend que l'espèce tolère la "pollution" en autant que la température de l'eau soit favorable. Néanmoins, Braswell et Ashton (1985) notent que *N. lewisi* n'est pas attrapé dans les sites des rejets municipaux ou industriels.

La modification de l'habitat peut favoriser l'espèce en créant de nouveaux abris (ponts, quais, barrages). Cependant, la formation de grands réservoirs et la canalisation des cours d'eau entraîneraient la perte d'habitats essentiels chez *N. lewisi* (Braswell et Ashton 1985). La récolte de spécimens comme animal de laboratoire (Froom 1982) et la chasse de cet animal considéré nuisible (Cagle 1954) représentent des causes de mortalité notables dans certaines régions.

3. ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS DE CAPTURE DE L'ESPÈCE

3.1 MÉTHODOLOGIE

Une campagne de collecte de nectures auprès des pêcheurs sportifs et commerciaux fut réalisée entre les mois de décembre 1989 et juin 1990. Soixante-huit pêcheurs commerciaux et 14 pourvoyeurs du corridor du Saint Laurent (entre le lac Saint-François et Sainte-Anne-de-la-Pérade) ont été contactés par courrier (annexe I). Par la suite, les 21 pêcheurs commerciaux et les 14 pourvoyeurs qui avaient complété le questionnaire ont été contactés par téléphone afin d'obtenir des informations complémentaires sur les méthodes de capture. Des affiches furent distribuées dans les pourvoiries afin d'inviter les pêcheurs sportifs à participer à l'opération.^u Les pêcheurs sportifs ont également été rencontrés sur les sites de pêche (pourvoiries et autre sites: Valleyfield, Longueuil, îles de Boucherville, île Notre-Dame, Repentigny, Contrecoeur). Afin d'inciter la participation des pêcheurs, une prime de cinq dollars était accordée pour chaque necture rapporté.

De plus, nous avons recueilli des informations sur les techniques de capture du Necture tacheté en consultant la littérature scientifique et en s'informant auprès de trappeurs professionnels et de naturalistes ayant expérimentés la capture de necture. Au Québec, aucun fournisseur d'animaux de laboratoire ne récolte des nectures; des informations sur la capture ont été obtenues de deux fournisseurs du Wisconsin: "Kons scientific co." et "Nasco supplier".

3.2 RÉSULTATS

3.2.1 Collecte auprès des pêcheurs

Le sondage auprès des pêcheurs a permis d'obtenir des réponses de 21 pêcheurs commerciaux et de 14 pourvoyeurs (annexe I). Quatorze pêcheurs commerciaux ont déjà attrapé un necture à l'aide de verveux. Trois pêcheurs du lac Saint-François possèdent des permis de pêche à la ligne dormante et en attraperaient davantage avec cet engin de pêche. Toutes les captures ont eu lieu pendant la saison froide (hiver, printemps et automne). Le nombre d'individus récoltés semblait varier d'un site à l'autre indépendamment de l'effort de capture déployé.

Trente-sept nectures furent capturés par l'entremise des pêcheurs commerciaux (voir le chapitre 4). Cela nous a permis d'obtenir des spécimens provenant de diverses régions le long du fleuve Saint-Laurent. Toutefois, il était parfois difficile d'obtenir une information précise sur la localisation de la capture.

3.2.2 Techniques de capture

Une variété de techniques sont utilisées pour la capture des nectures (Cochran 1991). En règle générale, le succès de capture est supérieur à la pêche hivernale, entre décembre et avril. De plus, il repose sur la proximité d'abris utilisés par l'espèce (amas de pierres et constructions humaines: piliers de pont, barrages, quais) (Cagle 1954). Ces deux conditions rencontrées, le choix d'une méthode de capture dépendra des conditions du milieu.

Dans l'eau peu profonde, là où le necture est abondant, il peut être très facile de capturer les adultes à la main ou à l'aide d'un filet troubleau (dip net). Il suffit de retourner les pierres où se cache le necture pour capturer l'animal qui s'échappe de son abri (F. Cook, J.G. St-Aubin, C. Goyette, Y. Poiré et G. Delan, comm. pers.). Cochran (1991) utilisait un masque et un tuba pour la collecte d'individus dans les ruisseaux peu profonds du Minnesota et du Wisconsin.

Lagler et Goellner (1941) décrivent la capture de nectures dans 60 à 190 cm d'eau d'un lac du Michigan. En avril, entre 21:00 et 01:00, les chasseurs dans une chaloupe à rames éclairent le fond du lac à l'aide de lanternes et harponnent les nectures qu'ils voient. En une nuit, 107 nectures furent ainsi capturées; le nombre de chasseurs n'est toutefois pas indiqué.

Enfin, la pêche électrique s'est également avérée efficace (Cochran 1991; Shoop 1965) dans les ruisseaux de la Louisiane (courant alternatif et tension de 230 volts); Meffe et Sheldon (1987) dans les ruisseaux de la Caroline du Sud (modèle portatif #15A de Smith-Root^R, courant alternatif à 60 cycles et tension de 500-700 volts). Cependant, le succès sera influencé par la vitesse du courant, la turbidité ou la composition chimique de l'eau (Shoop et Gunning 1967).

Deux méthodes passives de capture se révèlent efficaces, tant en eau profonde qu'en eau peu profonde : les lignes dormantes et les nasses. Les deux sont appâtées (foie, crevettes, ménés morts ou poisson pourri) et placées directement sur le fond. Braswell et Ahston (1985) indiquent que les nasses nécessitent moins de travail et sont au moins aussi efficaces que les lignes dormantes. Les nasses sont également préférées par les pêcheurs professionnels de "Nasco suppliers", fournisseur d'animaux de laboratoire du Wisconsin (R. Creadel, comm.pers.). Les nasses ont l'avantage d'éviter la capture d'un grand nombre de poissons et de conserver vivants et intacts les nectures et les poissons. A. Gendron et R. Bider (comm. pers.) ont capturés plusieurs centaines de nectures dans les eaux de la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent en utilisant cette technique durant l'hiver 1992-1993. Néanmoins, des nasses se seraient révélées inefficaces dans les ruisseaux de la Louisiane (Shoop 1965; Shoop et Gunning 1967). Il serait donc opportun de prévoir l'utilisation des lignes dormantes dans l'éventualité où les nasses ne seraient pas efficaces.

La figure 4 illustre les nasses qu'utilisent les pêcheurs de "Nasco supplier". Elles sont placées à une profondeur de 1,5 à 2,5 m, en marge du bas fond et relevées régulièrement à partir d'un trou dans la glace.

3.3 DISCUSSION

Le succès de capture des nectures semble variable au cours des saisons et d'un endroit à l'autre. Les captures se limitent principalement à la saison froide. La collecte de necture par l'entremise des pêcheurs commerciaux et sportifs à l'avantage de permettre une vaste couverture du territoire. Toutefois, la précision de la localisation des captures et le nombre d'individus récoltés pourront varier considérablement d'un endroit à l'autre.

La capture directe à l'aide de nasses appâtées semble la technique la plus efficace. Au Québec, elle a été récemment utilisée avec succès durant l'hiver et durant le mois de mai dans les endroits où le necture semblait abondant. Son efficacité en d'autres saisons et dans différents milieux n'a pas été évaluée jusqu'à présent.

En général, les engins mentionnés sont efficaces pour capturer les adultes (de 17 à 35 cm de longueur) mais le sont moins pour attraper les juvéniles et les larves. Lorsque le milieu s'y prête, des petits individus pourront être capturés à la seine ou au filet de dérive.

4. ANALYSE DES CONTAMINANTS CHEZ DES NECTURES DU FLEUVE SAINT-LAURENT

Dans cette étude, nous avons mesuré les concentrations de métaux lourds, de pesticides organochlorés et de congénères de BPC dans le corps, les oeufs et le foie de Nectures tachetés recueillis le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent (Bonin *et al.* 1995). L'objectif était de caractériser la bioaccumulation des contaminants chez cet organisme et de vérifier la variabilité spatiale de la contamination.

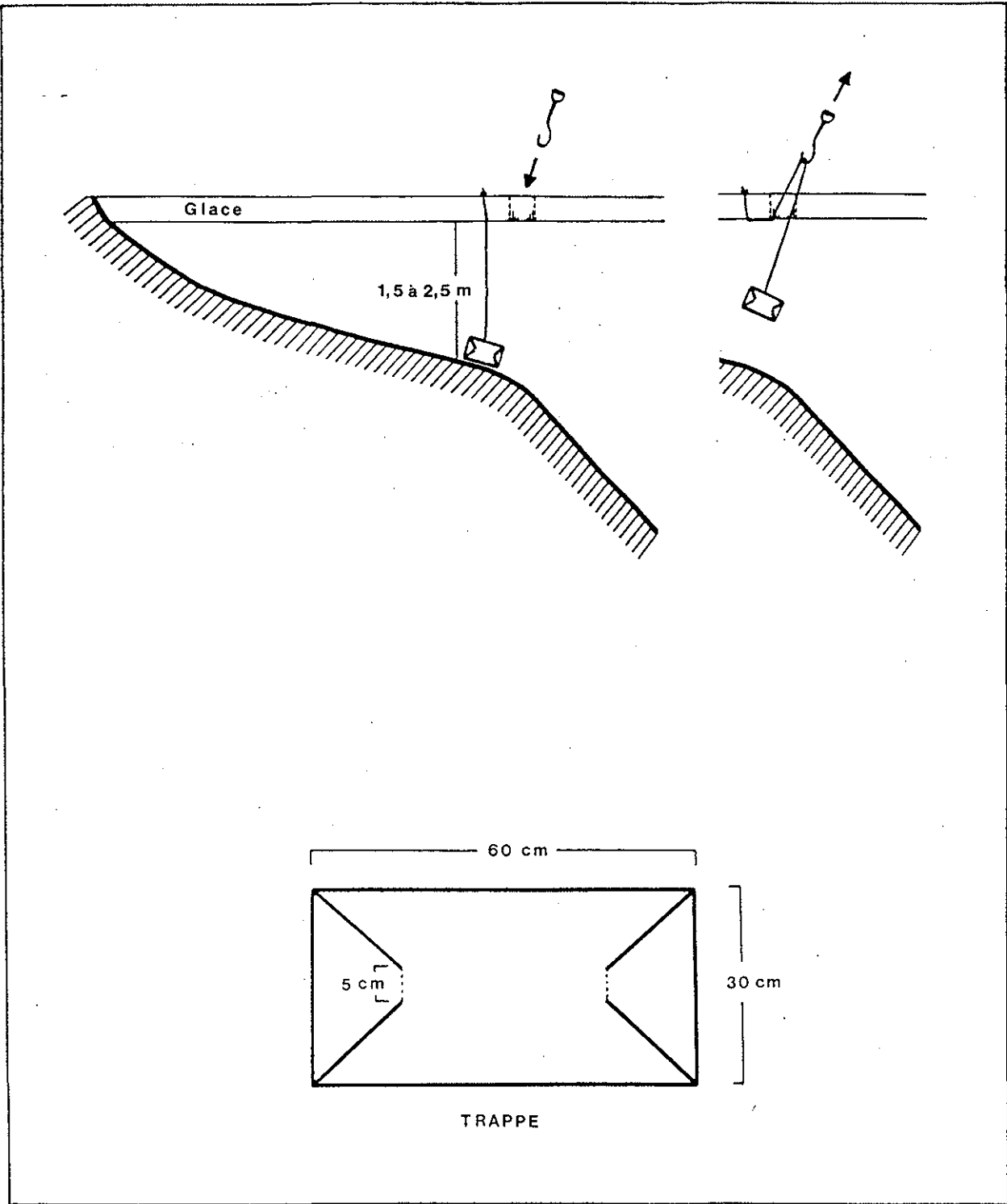


Figure 4 : Nasse de la "Nasco supplier"

4.1 MÉTHODOLOGIE

4.1.1 Aire d'étude

Les échantillons ont été recueillis sur une distance de 300 km le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent, allant du lac Saint-François jusqu'à la rivière Sainte-Anne (figure 5). Des échantillons ont aussi été recueillis dans les affluents, le plus important étant la rivière des Outaouais, dans laquelle la principale source de pollution provient de l'industrie des pâtes et papiers (Paul et Laliberté 1987). Même si la rivière des Outaouais se jette tôt dans le Saint-Laurent, ses eaux ne se mélangent pas beaucoup à celles du fleuve en amont de l'estuaire (Germain et Janson 1984) (figure 5).

4.1.2 Collecte des échantillons

De 1988 à 1990, des nectures ont été obtenus auprès des pêcheurs qui en ont capturé accidentellement au cours de l'hiver et du printemps. L'analyse de polluants a été effectuée sur les corps entiers des sujets, à l'exception de deux animaux recueillis en 1988 dont nous avons analysé uniquement le foie. En 1988, quatre nectures de différents poids (35 g, 50 g, 65 g, 125 g) capturés au même site, ont été analysés individuellement afin d'évaluer la variation de leur contamination par rapport à leur taille. En 1990, nous avons recueilli 37 animaux (21 mâles et 16 femelles) que nous avons divisés en 10 échantillons composites selon le lieu de leur capture.

Au cours de l'hiver 1992, 12 femelles matures de poids semblable ($\bar{x} = 113,5$ g; $s = 15,4$) ont été capturées à l'aide de nasses appâtées avec des menés morts. Six nectures provenaient de la région de Beauharnois sur le fleuve Saint-Laurent, et les six autres de la région de Rigaud sur la rivière des Outaouais. Ces animaux (sans les oeufs) ont été analysés individuellement afin d'établir une comparaison statistique des sites. Les oeufs ont été regroupés en échantillon composite selon le site de capture.

| No. | localité | latitude | longitude | plan d'eau | années |
|-----|---------------|-----------|-----------|-----------------|---------|
| 1 | Pte. Leblanc | 45°05' | 74°25' | St-Laurent | 1990 |
| 2 | Port Lewis | 45°10' | 74°18' | St-Laurent | 1990 |
| 3 | Beauharnois | 45°19' | 73°50' | St-Laurent | 1990-92 |
| 4 | Longueuil | 45°32' | 73°31' | St-Laurent | 1990 |
| 5 | Nicolet | 46°11' | 72°41' | St-Laurent | 1990 |
| 6 | Rigaud | 45°30' | 74°17' | Outaouais | 1992 |
| 7 | Vaudreuil | 45°25' | 73°-74° | Outaouais | 1988-90 |
| 8 | Ile Claude | 45°24' | 73°58' | Outaouais | 1988 |
| 9 | Ile Perrot | 45°23' | 73°53' | Mélange O/St-L. | 1988-90 |
| 10 | Montréal Est | 45°42-44' | 73°-75° | Mélange O/St-L. | 1990 |
| 11 | Iles de Sorel | 46° | 73° | Mélange O/St-L. | 1990 |
| 12 | Ste-Anne | 46° | 72° | Affluents | 1990 |

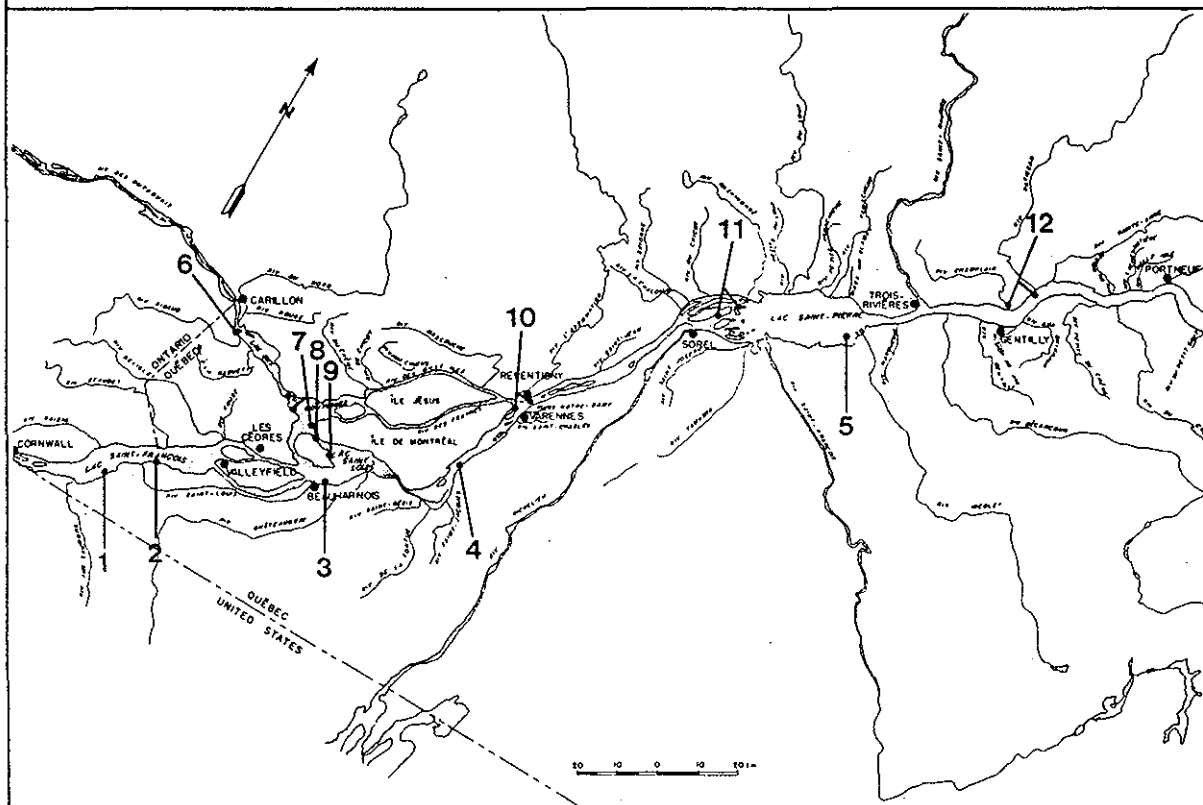


Figure 5 : Localisation des sites de capture du Necture tacheté dans les plans d'eau situés le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent.

Les nectures ont été gardés congelés jusqu'à leur analyse. Les carcasses ont été rincées avec de l'eau distillée, pesées, leur longueur fut mesurée du museau jusqu'au cloaque, puis le tractus gastro-intestinal a été enlevé, le sexe fut déterminé et, dans certains cas, des membres furent prélevés afin d'établir l'âge par squelettochronologie (annexe II). L'âge des 37 nectures recueillis en 1990 varie entre 4 et 27 ans.

Les tissus ont été homogénéisés individuellement dans un malaxeur en acier inoxydable. Les échantillons composites ont été formés par l'homogénéisation d'une quantité égale de chaque homogénat d'échantillon (Turle et Collins 1992). Au total, 30 échantillons de tissus de Necture tacheté ont été analysés afin de déterminer les concentrations des composés organochlorés et des métaux.

4.1.3 Analyses chimiques

Vingt pesticides organochlorés et 39 congénères de biphényles polychlorés (BPC) ont été analysés par chromatographie capillaire en phase gazeuse (colonne 30-m DB-5; Supelco), telle que décrite dans Peakall *et al.* (1986). La numérotation utilisée pour les congénères BPC est celle de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (Ballschmitter et Zell 1980). L'assurance de la qualité a été faite par l'analyse concomitante du matériel de référence du Centre national de recherche faunique (oeufs de Goélands argentés, *Larus argentatus*) dont les valeurs normales sont connues. La teneur en eau et en lipides de chacun des échantillons a aussi été déterminée.

Les analyses chimiques de métaux ont été effectuées par le laboratoire Analex Inc. situé à Laval. Le mercure a été analysé à l'aide de la méthode 2 (NAQUADAT No 80601) du manuel des méthodes analytiques d'Environnement Canada (1979). La détermination des teneurs en plomb, cadmium et zinc fut réalisée par la méthode publiée par le bureau d'étude sur les substances toxiques (Environnement Québec 1981). Le sélénium et l'arsenic ont été déterminés selon la méthode décrite dans un rapport d'Environnement Québec (1990). Le contrôle de la qualité de ces analyses fut assuré

par l'analyse concomitante de matériel de référence provenant du Conseil national de recherches du Canada (programme de standards de chimie analytique marine).

4.1.4 Analyse des données

Nous avons examiné le taux de contamination des échantillons provenant des différents sites à l'aide de la statistique descriptive: la moyenne, l'écart type (ET), et le coefficient de variation (CV). Seules les concentrations plus élevées que la limite de détection ont été utilisées dans ces calculs. Dans les analyses qui ont suivi, les concentrations lipidiques ont été utilisées pour les composés organochlorés, et lorsque la concentration d'un composé était en dessous de la limite de détection, la valeur utilisée dans l'analyse statistique était zéro.

Le test de Mantel de corrélation matricielle (Mantel 1967; Smouse *et al.* 1986; Legendre et Fortin 1989) a été utilisé afin d'examiner la relation entre les types de contamination (soit la composition en congénères de BPC ou celle des pesticides organochlorés) et les différents tissus, ainsi que les différents sites d'échantillonnage. Cette méthode mesure la corrélation entre deux matrices de similarité obtenues indépendamment à partir des mêmes échantillons (Legendre et Fortin 1989). Nous avons utilisé quatre matrices de similarité afin de décrire la similarité entre les échantillons selon: 1) leur taux de contamination par vingt organochlorés; 2) leur composition de BPC en pourcentage de chacun des congénères; 3) les tissus; 4) les masses d'eau d'origine. Les matrices de similarité pour les organochlorés et pour les BPC ont été calculées à l'aide de l'indice de Gower (S15 dans Legendre et Legendre 1984). Grâce à ce coefficient de similarité, nous nous sommes assurés que tous les composés contribuaient également au calcul de la similarité même si leur concentration différait sur l'échelle. La contribution de chaque congénère au mélange de BPC a été exprimée en pourcentage afin de comparer des échantillons ayant des concentrations différentes. La composition des organochlorés a été exprimée par les concentrations de vingt composés (le pentachlorobenzène, qui a été décelé dans un seul échantillon, a été omis). Les matrices de similarité pour les tissus et pour

les masses d'eau ont été constituées de la façon suivante: lorsque deux échantillons provenaient du même tissu (ou masses d'eau), la valeur de similarité était de 1; lorsque les deux échantillons provenaient de tissus différents (ou masses d'eau), la valeur de similarité était de zéro; lorsque les échantillons provenaient de cours d'eau adjacents, la valeur de similarité 0,5 était utilisée (voir la localisation des masses d'eau à la figure 1). Les taux significatifs du test de Mantel (test bilatéral) ont été obtenus par approximation normale (Mantel 1967). Le coefficient de corrélation matricielle "r" (Simouse *et al.* 1986) varie de 0 à 1 et indique la force de la relation à la manière du "r" de Pearson.

De plus, nous avons comparé la contamination par chacun des composés trouvés dans les échantillons du site de Beauharnois avec ceux de la rivière des Outaouais. La différence de concentration pour chacun des organochlorés a été examinée au moyen du test non-paramétrique de Mann-Whitney (test unilatéral, $p < 0,05$).

Enfin, les échantillons provenant de Beauharnois ont été utilisés pour faire la comparaison des profils de contamination des oeufs et des carcasses. Les échantillons de l'Outaouais n'ont pas été utilisés pour cette comparaison parce que leurs taux de contamination plus faibles se rapprochent de la limite de détection, ce qui entraîne une erreur analytique plus élevée. Ces erreurs seraient amplifiées par le calcul des pourcentages dans les analyses de composition des congénères de BPC.

4.2 RÉSULTATS

4.2.1 Composés organochlorés

Contamination et variabilité intrasite : Pour l'ensemble, tous les composés ont été détectés dans au moins un des échantillons. Les produits les moins souvent détectés sont le pentachlorobenzène (dans 1 échantillon), l'octachlorostyrène (4), le β -hexachlorocyclohexane (4), les 1,2,3,4- et 1,2,4,5-tétrachlorobenzène (5 et 7), l'époxyde d'heptachlore (9) et le γ -hexachlorocyclohexane (11). Le DDT, le photo-mirex, le mirex, et le α -hexachlorocyclohexane ont été détectés dans 47 % à 63 % des

échantillons; ces composés ont été rarement trouvés dans les échantillons provenant de la rivière des Outaouais (tableau 2A et B). D'autres composés ont été décelés dans la plupart des échantillons.

La variabilité intrasite de la contamination est élevée. Les coefficients de variation des concentrations basées sur le poids frais et de lipides varient de 12 % à 110 % (tableau 2A et B). Environ la moitié des CV sont supérieurs à 50 %.

Il n'y a pas de relation générale entre la concentration des composés organochlorés et la taille des individus de l'île Claude. Notons que les concentrations lipidiques de BPC, de DDE, de mirex et de *trans*-nonachlore diminuent lorsque la taille de l'animal augmente. Une tendance semblable a été constatée concernant le *cis*-chlordanne et l'oxychlordanne, le *cis*-nonachlore et le DDD chez les trois plus gros spécimens. La tendance opposée n'a pas été observée pour les autres contaminants.

Le patron d'accumulation des congénères de BPC se caractérise par la diversité des congénères présents et l'abondance des homologues à quatre chlores (figure 6). Chacun des congénères pris individuellement représentait rarement plus de 10 %. Les congénères # 118, 138, 153, et 180 sont les plus abondants et représentent généralement plus de 40 % des BPC. Viennent ensuite les congénères # 60, 66, 99, 101, 110 et 182 qui représentent autour de 30 %.

Différences entre les tissus : Il n'y a pas de corrélation significative entre la composition du mélange d'organochlorés bioaccumulés et les différents types de tissus (test de Mantel: $n = 28$; $r = 0,06$; $p > 0,05$). Cependant, il y a une concentration lipidique plus élevée dans les oeufs que dans les carcasses pour la plupart des composés organochlorés. Les niveaux les plus élevés dans les oeufs par rapport aux carcasses ont été constatés pour l'époxyde d'heptachlore (7,1 fois plus dans les oeufs), le *trans*-chlordanne (4,7 x) et l'octachlorostyrène (2,6 x). Les concentrations de mirex, de dieldrine, de *cis*-chlordanne et de 1,2,3,4-tétrachlorobenzène n'étaient pas plus élevées dans les oeufs. En dépit du

Tableau 2A : Concentration (ng/g poids frais) de BPC et de composés organochlorés dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992.

| Localité | Plan d'eau | Sexe | Poids corporel (g) ($\bar{x} \pm s$) | Tissu | Hexachlorocyclohexane | | | photo-Mirex | Mirex | Oxychlordane | Chlordane | | Nonachlore | |
|---|-----------------------|----------|---|-------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | | | | | α | β | γ | | | | trans | cis | trans | cis |
| Douze femelles récoltées en 1992 | | | | | | | | | | | | | | |
| Rigaud | Outaouais (O) | 6 F* | 113 ± 10 | corps entier sans oeufs | 0,6 | ND | ND | ND | ND | 0,3 | ND | 0,9 | 2,4 | 1,0 |
| Rigaud | Outaouais | 6 F | 113 ± 10 | oeufs | 1,4 | ND | 1,0 | ND | ND | 2,0 | 0,9 | 3,6 | 14,3 | 4,2 |
| Beauhamois | Saint-Laurent (St-L.) | 6 F* | 114 ± 20 | corps entier sans oeufs | 0,8 | ND | ND | 2,9 | 6,8 | 0,7 | 0,2 | 1,5 | 5,6 | 1,7 |
| Beauhamois | Saint-Laurent | 6 F | 114 ± 20 | oeufs | 1,9 | ND | 0,9 | 12,1 | 26,5 | 4,3 | 2,3 | 9,0 | 45,9 | 12,9 |
| Trente-sept nectures capturés en 1990 | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaudreuil | Outaouais | 2 F, 1 M | 73 ± 20 | corps entier | 0,4 | ND | ND | ND | ND | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 1,7 | 0,7 |
| Île Perrot | Mélange O/St-L. | 1 M | 104 | corps entier | 1,1 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 3,7 | 9,2 | 3,2 |
| Montréal Est | Mélange O/St-L. | 1 F, 1 M | 192 ± 26 | corps entier | 4,3 | 1,3 | 1,4 | ND | 2,2 | 4,0 | 7,1 | 13,9 | 27,1 | 8,9 |
| Îles de Sorel | Mélange O/St-L. | 2 F, 4 M | 204 ± 24 | corps entier | 0,6 | ND | 0,3 | ND | 1,8 | 0,6 | 0,8 | 1,7 | 6,0 | 2,0 |
| Pointe Leblanc | Saint-Laurent | 2 F, 2 M | 117 ± 61 | corps entier | 6,8 | 3,2 | 3,3 | 8,0 | ND | 4,7 | 6,4 | 12,8 | 7,2 | 8,8 |
| Port Lewis | Saint-Laurent | 2 M | 75 ± 19 | corps entier | 1,3 | ND | 0,3 | 6,5 | 19,9 | 0,8 | 1,1 | 2,8 | 11,9 | 3,2 |
| Beauhamois | Saint-Laurent | 1 M | 106 | corps entier | 0,8 | ND | ND | 2,6 | 5,3 | 1,6 | 2,1 | 6,9 | 25,3 | 9,3 |
| Longueuil | Saint-Laurent | 1 M | 108 | corps entier | 1,9 | 0,4 | 0,4 | 2,0 | 4,5 | 1,6 | 3,1 | 9,8 | 27,3 | 8,1 |
| Nicolet | Saint-Laurent | 2 F, 1 M | 280 ± 22 | corps entier | 1,8 | ND | 0,4 | 1,6 | 3,9 | 1,8 | 2,7 | 7,1 | 25,3 | 7,9 |
| Sainte-Anne-de-la-Pérade | Affluents | 8 F, 6 M | 151 ± 45 | corps entier | 1,8 | ND | 0,3 | 4,8 | ND | 0,7 | 3,3 | 4,7 | 3,5 | 4,5 |
| Quatre nectures de tailles différentes (1988) | | | | | | | | | | | | | | |
| île Claude | Outaouais | 1 I | 35 | corps entier | ND | ND | ND | 2,1 | 5,1 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 5,2 | 0,7 |
| | | 1 I | 50 | corps entier | 0,5 | ND | ND | 1,4 | 3,3 | 0,5 | 0,4 | 1,4 | 9,6 | 1,8 |
| | | 1 I | 65 | corps entier | 0,7 | ND | ND | ND | 2,4 | 0,6 | 0,2 | 1,2 | 8,0 | 1,9 |
| | | 1 I | 120 | corps entier | ND | ND | ND | ND | ND | 0,5 | 0,2 | 1,1 | 5,7 | 1,2 |
| Foie de deux nectures collectionnés en 1988 | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaudreuil | Outaouais | 1 I | - | foie | 3,4 | ND | 0,7 | ND | 6,8 | 3,0 | 2,1 | 7,2 | 30,3 | 9,1 |
| île Perrot | Mélange O/St-L. | 1 I | - | foie | ND | ND | ND | 5,9 | 13,1 | 1,9 | 1,7 | 10,1 | 48,3 | 15,9 |
| Pourcentage des échantillons où le contaminant a été détecté (%) | | | | | 60 | 13 | 37 | 47 | 63 | 93 | 70 | 100 | 97 | 97 |

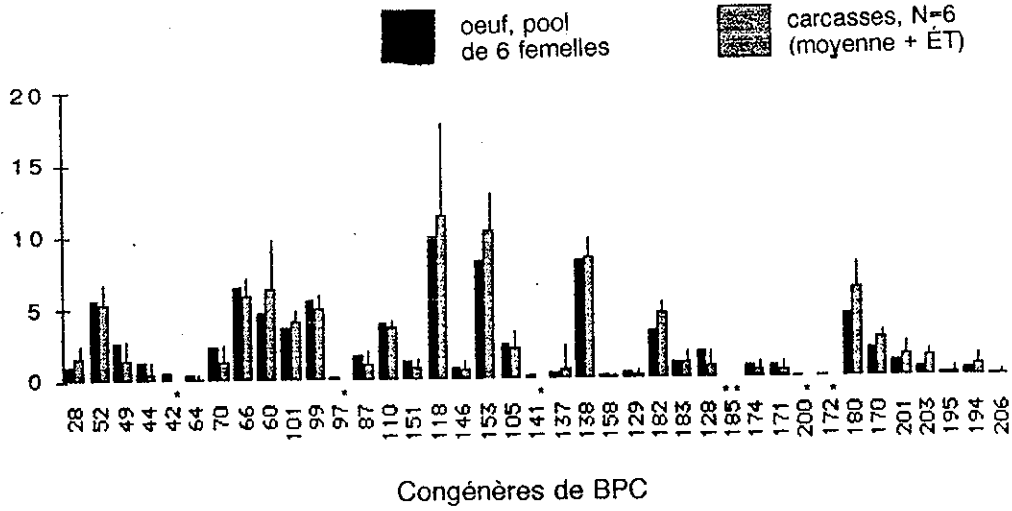
M - Mâle F - Femelle I - Inconnu ND - Non détecté

Tableau 2B : (Suite) Concentration (ng/g poids frais) de BPC et de composés organochlorés dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992.

| Localité | Plan d'eau | Sexe | Poids corporel (g) ($\bar{x} \pm s$) | Tissu | Gras (%) | Eau (%) | DDT | DDD | DDE | BPC totaux | Époxyde d'heptachlore | Dieldrine | Chlorobenzènes | | | Octa- chlorostyrène |
|--|--------------------|----------|---|-------------------------|-------------|------------|-----|------|-------|---------------|--------------------------|-----------|----------------|------|------|------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | 1245 | 1234 | Hexa | |
| Douze femelles récoltées en 1992 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rigaud | Oulouais (O) | 6 F* | 113 ± 10 | corps entier sans oeufs | 2,9 | 81,8 | ND | 4,1 | 16,1 | 102 | ND | 1,6 | ND | 2,1 | 0,5 | ND |
| Rigaud | Oulouais | 6 F | 113 ± 10 | oeufs | 12,2 | 55,9 | 0,8 | 16,4 | 86,7 | 408 | ND | 3,4 | ND | ND | 4,9 | ND |
| Beauharnois | St-Laurent (St-L.) | 6 F* | 114 ± 20 | corps entier sans oeufs | 2,2 | 81,7 | ND | 2,5 | 22,7 | 236 | ND | 3,7 | ND | 2,9 | 2,3 | ND |
| Beauharnois | St-Laurent | 6 F | 114 ± 20 | oeufs | 12,5 | 55,3 | 1,1 | 18,8 | 195,6 | 1834 | 2,2 | 17,3 | ND | 2,3 | 14,7 | 4,9 |
| Trente-sept nectures capturés en 1990 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaudreuil | Oulouais | 2 F, 1 M | 73 ± 20 | corps entier | 1,2 | 82,1 | 0,6 | 1,7 | 13,6 | 113 | ND | 3,7 | ND | ND | 0,2 | ND |
| Île Perrot | Mélange O/St-L. | 1 M | 104 | corps entier | 4,0 | 79,0 | 1,4 | 4,6 | 25,3 | 172 | ND | 1,0 | 4,4 | ND | 1,1 | ND |
| Montréal Est | Mélange O/St-L. | 1 F, 1 M | 192 ± 26 | corps entier | 5,6 | 69,7 | 8,3 | 24,8 | 90,0 | 811 | ND | 1,5 | 5,9 | ND | 4,2 | ND |
| Îles de Sorel | Mélange O/St-L. | 2 F, 4 M | 204 ± 24 | corps entier | 3,7 | 80,4 | 0,5 | 4,0 | 29,9 | 198 | ND | ND | ND | ND | 1,4 | ND |
| Pointe Leblanc | St-Laurent | 2 F, 2 M | 117 ± 61 | corps entier | 5,2 | 76,5 | 7,8 | 14,5 | 8,1 | 450 | 7,1 | 25,7 | ND | ND | 0,8 | 2,0 |
| Port Lewis | St-Laurent | 2 M | 75 ± 19 | corps entier | 3,6 | 72,8 | 2,4 | 4,4 | 88,0 | 1082 | ND | 8,0 | 5,9 | ND | 1,3 | 1,2 |
| Beauharnois | St-Laurent | 1 M | 106 | corps entier | 1,9 | 81,3 | 2,3 | 6,8 | 49,7 | 372 | ND | 5,2 | 3,3 | ND | 4,3 | ND |
| Longueuil | St-Laurent | 1 M | 108 | corps entier | 4,1 | 78,2 | 7,7 | 13,2 | 60,9 | 505 | 3,2 | 5,4 | 8,1 | ND | 2,0 | 1,0 |
| Nicolet | St-Laurent | 2 F, 1 M | 280 ± 22 | corps entier | 3,1 | 78,2 | 4,1 | 21,1 | 80,1 | 644 | ND | 4,5 | 3,3 | ND | 1,8 | ND |
| Ste-Anne-de-la-Pérade | Affluents | 8 F, 6 M | 151 ± 45 | corps entier | 3,0 | 73,1 | 4,4 | 10,9 | 0,3 | 174 | ND | 2,4 | ND | 4,8 | 1,5 | ND |
| Quatre nectures de tailles différentes (1988) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Île Claude | Oulouais | 1 I | 35 | corps entier | 2,3 | 80,0 | ND | 1,2 | 33,1 | 210 | 3,1 | 2,3 | ND | ND | ND | ND |
| | | 1 I | 50 | corps entier | 4,5 | 73,0 | ND | 3,9 | 49,4 | 311 | 2,3 | ND | ND | ND | 1,4 | ND |
| | | 1 I | 65 | corps entier | 6,5 | 73,9 | ND | 4,0 | 29,8 | 145 | 1,9 | ND | ND | ND | 0,8 | ND |
| | | 1 I | 120 | corps entier | 7,1 | 77,9 | ND | 2,8 | 21,0 | 92 | 2,5 | 2,6 | ND | ND | 1,0 | ND |
| Foie de deux nectures collectionnés en 1988 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vaudreuil | Oulouais | 1 I | - | foie | 10,1 | 76,1 | 3,7 | 24,3 | 330,2 | 2192 | 0,7 | 3,7 | 5,6 | ND | 3,6 | ND |
| Île Perrot | Mélange O/St-L. | 1 I | - | foie | 12,6 | 67,7 | 6,0 | 24,0 | 136,2 | 751 | 2,7 | 18,9 | ND | ND | 3,6 | ND |
| Pourcentage des échantillons où le contaminant a été détecté (%) | | | | | 100 | 97 | 97 | | | | 30 | 80 | 23 | 17 | 90 | 13 |

M - Mâle F - Femelle I - Inconnu ND - Non détecté

Pourcentage de BPC totaux



* = congénère non détecté

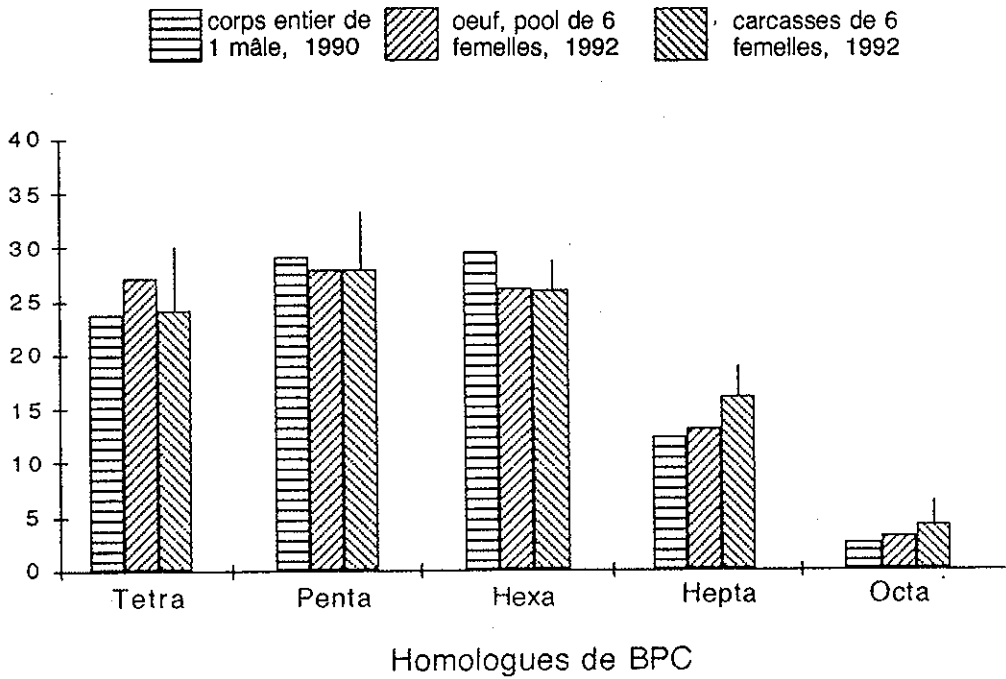


Figure 6 : (A) Proportion des congénères de BPC dans les oeufs et les carcasses de six femelles de Necture tacheté provenant de Beauharnois en 1992. (B) Proportion des homologues de BPC dans divers tissus de Necture tacheté provenant de Beauharnois en 1990 et 1992.

faible nombre d'analyses dans le foie, il semble que les concentrations lipidiques des divers contaminants dans cet organe soient comparables à celles mesurées dans les corps entiers des autres animaux.

Il n'y a pas de corrélation significative entre la composition en congénères des BPC bioaccumulés et le type de tissu (test de Mantel: $n = 27$; $r = 0,09$; $p > 0,05$). La composition des BPC est la même dans les différents tissus provenant de Beauharnois (le corps entier d'un mâle, puis les oeufs et les carcasses de six femelles; figure 6).

Variation spatiale de la contamination : Les échantillons de la région de la rivière Sainte-Anne et de la pointe Leblanc (lac Saint-François) se distinguent des autres échantillons par leur composition particulière en chlordanes, en hexachlorohexanes et en chlorobenzènes. L'échantillon de la région de la rivière Sainte-Anne se caractérise par la présence de pentachlorobenzène (6,5 ng/kg) et le niveau le plus élevé de 1,2,3,4-tétrachlorobenzène (4,8 ng/kg). Par ailleurs, les autres composés organochlorés ont été trouvés en faible concentration dans cet échantillon.

Dans les autres échantillons, on observe une variation géographique dans le patron de contamination des composés organochlorés (test de Mantel, $n = 28$; $r = 0,25$; $p < 0,0001$). Les échantillons de la rivière des Outaouais sont les moins contaminés, tandis que ceux provenant des eaux mélangées de la rivière des Outaouais et du fleuve Saint-Laurent ont des niveaux de contamination intermédiaires. Les concentrations de BPC les plus élevées ont été mesurées dans un échantillon de foie provenant de Vaudreuil (2 192 ng/kg) et un échantillon de oeufs de Beauharnois (1 834 ng/kg). Le mirex est le composé organochloré dont la concentration diffère le plus entre les échantillons de Beauharnois et ceux de l'Outaouais (tableau 3).

Tableau 3: Probabilité que la concentration lipidique des composés organochlorés soit plus élevée dans les nectures (carcasses de femelles sans les oeufs) du fleuve Saint-Laurent (Beauharnois, n = 6) que dans ceux de la rivière des Outaouais (Rigaud, n = 6).

| CONTAMINANTS | PROBABILITÉ |
|---------------------------------|-------------|
| 1,2,4,5-chlorobenzène | - |
| 1,2,3,4-chlorobenzène | NS |
| Pentachlorobenzène | - |
| Hexachlorobenzène | NS |
| Octachlorostyrène | - |
| photo-Mirex | * |
| Mirex | *** |
| α -Hexachlorocyclohexane | NS |
| β -Hexachlorocyclohexane | - |
| γ -Hexachlorocyclohexane | - |
| Oxychlordane | * |
| <i>trans</i> -Chlordane | * |
| <i>cis</i> -Chlordane | ** |
| <i>trans</i> -Nonachlore | ** |
| <i>cis</i> -nonachlore | ** |
| Époxyde d'heptachlore | - |
| Dieldrine | * |
| p,p'-DDD | NS |
| p,p'-DDE | ** |
| p,p'-DDT | - |
| BPC totaux | * |

Test de comparaison de Mann-Whitney, probabilité du test unilatéral: NS, $p > 0,05$; *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$; et "-" lorsque le contaminant n'a pas été détecté dans les deux échantillons comparés.

Des types particuliers de composition des BPC ont été constatés dans les échantillons de deux localités: à la pointe Leblanc au lac Saint-François et dans la région de la rivière Sainte-Anne. Les congénères # 49 et 70 furent trouvés en plus forte proportion dans ces deux échantillons. Notons qu'une des six carcasses provenant de Rigaud sur la rivière des Outaouais présentait une très faible concentration de BPC totaux (17 ng/kg) et seulement quatre congénères différents ont pu y être détectés. Par ailleurs, dans les autres échantillons (excluant rivière Sainte-Anne, pointe Leblanc et l'échantillon faiblement contaminé de Rigaud) il n'y a qu'une très faible variation géographique de la composition des BPC (test de Mantel, $n = 27$; $r = 0,13$; $p = 0,0075$).

4.2.2 Métaux lourds

Les niveaux de contamination par le mercure sont généralement deux fois moins élevés que la norme canadienne d'acceptabilité pour la consommation (500 ng/g) (tableau 4). Les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans les échantillons de Beauharnois (max. = 445 ng/g) et de la région de la rivière Sainte-Anne (290 ng/g). La concentration de mercure des carcasses de femelle est plus élevée dans les échantillons de Beauharnois que dans ceux de Rigaud (test Mann-Whitney unilatéral, $n_1 = 6$; $n_2 = 6$; $p < 0,05$). La variabilité intrasite est élevée dans la station de Beauharnois (CV = 50 %) tandis qu'elle est relativement faible dans la station de Rigaud (CV = 12 %). La concentration de mercure est sensiblement la même dans les oeufs et les carcasses des mêmes femelles.

L'arsenic et le cadmium se trouvent à l'état de trace. La concentration en plomb ne dépasse pas la norme canadienne pour la consommation humaine (500 ng/g) sauf pour quelques échantillons (tableau 4). Les concentrations moyennes du sélénium et du zinc, des éléments essentiels au métabolisme animal, sont de 795 et 20 410 ng/g respectivement. Notons qu'il n'y a pas de relation entre la concentration de cadmium, mercure et plomb, et la taille des animaux recueillis à l'île Claude.

Tableau 4: Concentration (ng/g poids frais) des métaux lourds dans les Nectures tachetés récoltés au Québec entre 1988 et 1992.

| Localité | Plan d'eau | Sexe | Poids corporel (g) ($\bar{x} \pm s$) | Tissu | As | Cd | Hg | Pb | Sc | Zn |
|---|-----------------------|----------|---|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| <u>Douze femelles récoltées en 1992</u> | | | | | | | | | | |
| Rigaud | Outaouais (O) | 6 F* | 113 ± 10 | corps entier sans oeufs | - | - | 87 | - | - | - |
| Rigaud | Outaouais | 6 F | 113 ± 10 | oeufs | - | - | 68 | - | - | - |
| Beauharnois | Saint-Laurent (St-L.) | 6 F* | 114 ± 20 | corps entier sans oeufs | - | - | 239 | - | - | - |
| Beauharnois | Saint-Laurent | 6 F | 114 ± 20 | oeufs | - | - | 193 | - | - | - |
| <u>Trente-sept nectures capturés en 1990</u> | | | | | | | | | | |
| Vaudreuil | Outaouais | 2 F, 1 M | 73 ± 20 | corps entier | 50 | 40 | 110 | 220 | 600 | 27000 |
| Île Perrot | Mélange O/St-L. | 1 M | 104 | corps entier | 50 | <20 | 70 | 280 | 450 | 15200 |
| Montréal Est | Mélange O/St-L. | 1 F, 1 M | 192 ± 26 | corps entier | <50 | 30 | 110 | 540 | 1300 | 24100 |
| Îles de Sorel | Mélange O/St-L. | 2 F, 4 M | 204 ± 24 | corps entier | <50 | <20 | 110 | 150 | 750 | 18100 |
| Pointe Leblanc | Saint-Laurent | 2 F, 2 M | 117 ± 61 | corps entier | <50 | 50 | 130 | 590 | 600 | 18300 |
| Port Lewis | Saint-Laurent | 2 M | 75 ± 19 | corps entier | 50 | 20 | 100 | 230 | 1200 | 22100 |
| Beauharnois | Saint-Laurent | 1 M | 106 | corps entier | <50 | <20 | 220 | 210 | 650 | 22200 |
| Longueuil | Saint-Laurent | 1 M | 108 | corps entier | <50 | <20 | 80 | 190 | 750 | 17000 |
| Nicolet | Saint-Laurent | 2 F, 1 M | 280 ± 22 | corps entier | <50 | <20 | 100 | 210 | 550 | 19600 |
| Ste-Anne-de-la-Pérade | Affluents | 8 F, 6 M | 151 ± 45 | corps entier | <50 | 20 | 290 | 450 | 1100 | 20500 |
| <u>Quatre nectures de tailles différentes (1988)</u> | | | | | | | | | | |
| Île Claude | Outaouais | 1 I | 35 | corps entier | - | 70 | 150 | 700 | - | - |
| | | 1 I | 50 | corps entier | - | <100 | 50 | 1100 | - | - |
| | | 1 I | 65 | corps entier | - | 60 | <20 | 2400 | - | - |
| | | 1 I | 120 | corps entier | - | <100 | 70 | 200 | - | - |
| Pourcentage des échantillons où le contaminant a été détecté (%) | | | | | 30 | 54 | 99 | 100 | 100 | 100 |

* Il s'agit de la moyenne arithmétique des 6 échantillons, les autres étant des échantillons composites (pool). L'écart-type, le coefficient de variation et le maximum des femelles récoltées à Rigaud et Beauharnois sont: $s = 11$, $CV = 12\%$, $max. = 104$; $s = 107$, $CV = 57\%$, $max. = 445$.

M = Mâle F = Femelle I = Inconnu

La contamination en métaux lourds varie spatialement, et tous les métaux n'ont pas le même patron de variation. De façon générale, les échantillons les plus contaminés proviennent de Beauharnois, de l'est de Montréal et de la région de la rivière Sainte-Anne.

4.3 DISCUSSION

L'étude de Hall *et al.* (1985) réalisée sur *N. lewisi* en Caroline du Nord représente la première publication d'une étude des contaminants industriels bioaccumulés par le necture. Ils ont analysé les carcasses de 10 nectures pour déterminer la concentration des pesticides et biphényles polychlorés (BPC). Ils ont retrouvé 6 contaminants organochlorés en concentration supérieure à 0,01 ppm : DDE, DDD, dieldrine, *cis*-chlordane, *trans*-nonachlore et Aroclor 1254. Les concentrations de ces produits sont comparables ou légèrement inférieures à celles mesurées durant cette étude. Par ailleurs, tout comme nous, Hall *et al.* (1985) n'ont pas trouvé de relation entre la concentration d'un contaminant et la taille de l'animal.

La forte occurrence de plusieurs contaminants n'est pas surprenante, car le fleuve Saint-Laurent est sujet à une pollution intense de sources domestiques, agricoles et industrielles (Environnement Québec 1993).

La concentration maximale de BPC totaux dans le corps des nectures est légèrement inférieure à ce qui a été mesuré chez les poissons (moyenne arithmétique des concentrations maximales mesurées dans les corps de poissons de la zone fluviale du fleuve Saint-Laurent: DesGranges et Thompson 1990); les concentrations maximales de mirex, de DDE et de dieldrine sont environ deux fois plus élevées chez les nectures, tandis que la concentration d'hexachlorobenzène est cinq fois moins élevée.

Le patron d'accumulation des congénères de BPC peut être lié aux capacités métaboliques des espèces (Norstrom 1988; Brown 1992). Le necture accumule une variété de congénères tel qu'on l'observe

généralement chez les poissons (Braune et Norstrom 1989). On y retrouve ainsi une forte représentation des homologues à quatre atomes de chlore. La forte représentation des congénères # 52, 101, 110, 151, et 174 dans les nectures indique une faible activité métabolique dans le cas des congénères n'ayant aucun atome de chlore en position *méta-para* sur l'un des deux noyaux. Chez plusieurs poissons, on observe également une faible activité métabolique pour ces congénères tandis que chez les oiseaux, ces congénères sont métabolisés rapidement (Norstrom 1988; Braune et Norstrom 1989; Brown 1992).

Ces résultats contrastent avec ceux obtenus chez d'autres amphibiens indiquant une faible capacité d'accumulation des résidus organochlorés (Power *et al.* 1989); cette situation était attribuée au faible entreposage des graisses et à leur rapide métabolisation chez les amphibiens. En effet, les lipides accumulés au cours d'une année sont rapidement utilisés pour le développement des oeufs (Noble 1954; Moore 1964; Duellman et Trueb 1985). Les lipides non utilisés pourraient même être éliminés dans l'urine au printemps (Moore 1964). Mentionnons à cet effet qu'aucun corps adipeux n'a été trouvé chez les nectures capturés durant l'hiver 1992 dans le fleuve Saint-Laurent. Généralement, les urodèles présentent aussi une accumulation de gras au niveau de la queue et le genre apparenté *Proteus* posséderait un mince tissu adipeux sous la peau (Noble 1954). Chez le necture, la concentration des lipides est probablement maximale à la fin de l'hiver. Une variation saisonnière de la concentration des lipides pourrait influencer les concentrations des résidus liposolubles. Le transfert de résidus de la femelle aux oeufs n'est pas documenté.

Les métaux lourds sont rapidement accumulés dans les tissus des amphibiens tout en leur étant hautement toxiques (Power *et al.* 1989). Dawson (1933) étudia l'effet de l'empoisonnement au plomb chez *Necturus*. Le necture était maintenu dans une solution aqueuse d'acétate de plomb à 0,005 %; il s'ensuivit une destruction des érythrocytes matures ce qui, en retour, stimula la prolifération de

nouveaux érythrocytes dans le sang. Enfin, Matson (1990) a mesuré une baisse de densité de Necture tacheté à la suite de l'application de lampricide (3-trifluorométhyle - 4-nitrophénol).

Les concentrations de cadmium, de plomb, de sélénium et de zinc mesurées chez le necture se comparent à celles observées chez des poissons du fleuve Saint-Laurent (Sloterdijk 1977; Paul et Laliberté 1987; DesGranges et Thompson 1990; Bureau et Sloterdijk 1992). Dans ce milieu, les poissons omnivores et insectivores (barbotte et perchaude) ont un niveau de contamination de mercure comparable à celui du Necture tacheté tandis que les poissons piscivores sont plus contaminés (Paul et Laliberté 1987). L'arsenic fut mesuré à des concentrations dix fois supérieures chez des perchaudes provenant du lac Saint-François (Bureau et Sloterdijk 1992).

Mentionnons enfin qu'aucune autre étude publiée ne commente l'accumulation, l'élimination ou la toxicité de polluants chez le necture.

Variabilité intrasite : On peut remarquer une variabilité intrasite relativement élevée de la contamination. Nos données n'ont pas permis d'établir un effet de la taille de l'organisme, de l'âge ou du sexe sur la contamination. Cependant, la variabilité intrasite élevée constatée entre les nectures femelles de même taille laisse penser que d'autres facteurs influencent la bioaccumulation des contaminants chez cette espèce. Il pourrait s'agir de différences entre les individus pour ce qui est de l'alimentation, de l'utilisation de l'habitat ou de leur condition physiologique. En effet, la condition de l'animal et la période de son cycle vital peuvent influencer la bioaccumulation des contaminants (Boon *et al.* 1989).

Variabilité spatiale : Malgré une variabilité intrasite élevée, des différences significatives entre la contamination des échantillons du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais ont été constatées pour la plupart des composés organochlorés. Des sources locales de pollution sont

probablement responsables des fortes variations observées dans certains échantillons. En général, la variation géographique de la contamination des échantillons de necture est similaire à celle rapportée lors d'études antérieures sur les poissons (Sloterdijk 1977; Paul et Laliberté 1987) et les sédiments (Sérodès 1978; Sloterdijk 1985) du fleuve Saint-Laurent.

5. ÉVALUATION DU NECTURE COMME BIOINDICATEUR

Selon Power *et al.* (1989), les critères d'un bioindicateur idéal sont:

- être représentatif d'un niveau trophique spécifique dans un écosystème
- être largement distribué, relativement abondant et facile à capturer
- posséder des organes suffisamment gros pour permettre de les analyser séparément
- permettre la détermination de l'âge de l'individu
- être sédentaire afin d'évaluer les variations locales de contamination. Cela n'est pas nécessaire lorsque l'étude concerne une variation de contamination à une plus grande échelle. Néanmoins, la connaissance des déplacements de l'espèce est toujours essentielle.
- être facile à garder en laboratoire et à un coût raisonnable
- accumuler des résidus à un niveau supérieur aux limites de détection sans pour autant amener des effets toxiques létaux chez l'animal.

Le Necture tacheté répond à la plupart de ces critères; ses inconvénients sont principalement liés à un manque de connaissances sur l'espèce (tableau 5).

Le necture est un consommateur secondaire dont le régime alimentaire est constitué à plus de 80 % d'invertébrés benthiques. Cette espèce est largement distribuée en Amérique du Nord. Au Québec, elle est présente dans le fleuve Saint-Laurent et ses principaux tributaires jusqu'à la hauteur de Québec. La collecte de spécimens se limite généralement à la saison froide (d'octobre à mai) et là où

Tableau 5: Caractéristiques du bioindicateur Necture tacheté

| AVANTAGES | INCONVÉNIENTS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Vastement réparti - Bonne taille des organes - Détermination de l'âge par squelette-chronologie - Sédentaire - Anatomie et morphologie connues (ouvrages de référence pour dissection et reconnaissance des organes). <p>Facteurs favorables à l'accumulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> i- longévité > 20 ans ii- consommateur secondaire <ul style="list-style-type: none"> - Accumulation de résidus organochlorés et de métaux lourds (variation géographique de la contamination) | <ul style="list-style-type: none"> - Semble abondant seulement localement - Collecte saisonnière - Cycle annuel d'activité pouvant limiter un suivi à l'intérieur d'une année - Écologie peu connue - Variabilité intrasite apparemment élevée |

il est abondant. Le necture est réputé sédentaire; il limiterait ses déplacements à un rayon de 100 m. Cependant, aucune étude n'a été effectuée à notre latitude ou dans des cours d'eau de l'envergure du fleuve Saint-Laurent. Notons que l'histoire naturelle générale du necture dans le système fluvial du Saint-Laurent n'a pas été étudiée jusqu'à présent.

Le Necture tacheté présente donc un intérêt particulier comme bioindicateur en raison de son niveau trophique, son sédentarité, sa longévité et sa vaste répartition. Néanmoins, la collecte d'individus semble saisonnière et limitée à des milieux où l'espèce est abondante.

L'adulte peut dépasser 30 cm de longueur. Il offre alors des organes de bonne dimension pour la dissection et l'analyse des résidus. Il est possible de déterminer l'âge des spécimens en employant la technique de squelette-chronologie (annexe II). Une analyse histologique permettrait de valider la technique employée. Les informations disponibles sur l'anatomie et la morphologie de l'animal pourront être utiles pour déceler les effets toxiques des contaminants.

Bancroft (1980) donne les mesures à suivre pour la garde en captivité des nectures. Les problèmes rencontrés en captivité sont liés à la susceptibilité des nectures à certains parasites ou champignons.

Quelques centaines de nectures peuvent être gardés de plusieurs mois à quelques années dans le cadre d'études comportementales (Hutchison et Hill 1976; Hutchison et Spriestersbach 1986; Hutchison et Ritchart 1989). Ils sont alors gardés en aquarium avec une circulation et une filtration constante de l'eau. Ils sont nourris de ménés, écrevisses et vers de terre. Miller (1982) a gardé plus d'un mois quatre nectures par aquarium de 10 litres en changeant l'eau à tous les deux jours.

L'accumulation des résidus est généralement peu documentée chez le necture. Notre étude s'ajoute à une première recherche réalisée sur *Necturus lewisi* (Hall *et al.* 1985). Elle indique que le necture accumule divers polluants à des niveaux comparables à ceux observés chez des poissons vivant dans le même milieu. Malgré une variabilité intrasite élevée, il fut possible de mesurer des différences géographiques significatives au niveau de la contamination.

Certains facteurs de la biologie du necture peuvent favoriser une accumulation appréciable de résidus: son niveau trophique et sa longévité. Cependant, l'accumulation des résidus peut varier en quantité et qualité au cours de l'année en raison de la variation saisonnière d'activité chez l'espèce (régime alimentaire et cycle d'activité physiologique). Les différences comportementales et

physiologiques entre juvéniles et adultes ou mâles et femelles peuvent également influencer l'accumulation des polluants.

Une technique moins invasive permettant la collecte d'oeufs pourrait être développée. Ce tissu a comme avantage d'accumuler des contaminants en concentrations élevées et d'intégrer l'accumulation de ces produits ayant eu lieu pendant la durée du développement des oeufs (Braune et Norstrom 1989).

En conclusion, l'analyse des spécimens récoltés a permis d'évaluer la capacité d'accumulation est de composés organochlorés et de métaux lourds. Une variation géographique de la contamination est observée le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent. Toutefois, la variabilité intrasite de la contamination est élevée. À ce propos, l'influence des facteurs physiologiques (âge, sexe, taille, période du cycle vital, état de santé) et écologiques (déplacements, utilisation des habitats, alimentation, saison) devrait être étudiée. De plus, il serait nécessaire d'approfondir nos connaissances sur la répartition et la biologie de l'espèce au Québec avant d'utiliser le Necture tacheté comme bioindicateur de la pollution du fleuve Saint-Laurent.

6. RÉFÉRENCES

- Adams, L.A. 1926. *Necturus* : a laboratory manual. The MacMillan company, New York. 72 p.
- Allyn, W.P. et C. Shockley. 1939. A preliminary survey of the surviving species of caudata of Vigo County and vicinity. Proc. Indiana Acad. Sci. 1938. 48:238-243.
- Ashton, R.E. Jr. 1985. Field and laboratory observations on microhabitat selection, movements and home range of *Necturus lewisi* (Brimley). Brimleyana. 10:83-106.
- Ballschmitter, K. et M. Zell. 1980. Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary chromatography. Fres. Anal. Chem. 302:20-31.
- Bancroft, L.S. 1980. An introduction to the care and maintenance of *Necturus* spp. (mudpuppy), an aquatic salamander. J. Inst. An. Tech. 31:5-13.

- Bart, H.L. Jr. et R.W. Holzenthal. 1985. Feeding ecology of *Necturus beyeri* in Louisiana. J. Herpetology. 19(3):402-410.
- Bider, J.R. et S. Matte. 1990. Atlas des amphibiens et reptiles du Québec 1988-89. Société d'Histoire Naturelle de la Vallée du Saint-Laurent et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la Gestion des Espèces et des Habitats. Rapport non-publié. xi + 429 p.
- Bishop, S.C. 1926. Notes on the habits and development of the mudpuppy *Necturus maculosus*. Bull. New York St. Mus. 268:1-60.
- Bishop, S.C. 1927. The amphibians and reptiles of Allegheny state park. New York State Mus. Albany. Handbook III. 1-141.
- Bishop, S.C. 1941. The salamanders of New York. Bull. New York St. Mus. 324:1-365.
- Bleakney, J.S. 1958. A zoogeographical study of the amphibians and reptiles of eastern Canada. Bull. Nat. Mus. of Canada. 155:1-119.
- Bonin, J., J.L. DesGranges, C.A. Bishop, J. Rodrigue, A. Gendron et J.E. Elliott. 1995. Comparative study of contaminants in the mudpuppy (*Amphibia*) and common snapping turtle (*Reptilia*), St. Lawrence River, Canada. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28(3):sous presse.
- Boon, J.P., Eijgenraam, F. et J.M. Everaarts. 1989. A structure activity relationship (SAR) approach towards metabolism of PCBs in marine animals from different trophic levels. Mar. Environ. Res. 27:159-176.
- Brame, A.H. Jr. 1967. A list of the world's recent and fossil salamanders. Herpeton. J. Southwest. herpetol. Soc. 2(1):1-26.
- Brandon, R.A. et J.E. Huheey. 1985. Salamander skin toxins, with special reference to *Necturus lewisi*. Brimleyana. 10:75-82.
- Braune, B.M et R.J. Norstrom. 1989. Dynamics of organochlorine compounds in herring gulls: III. Tissue distribution and bioaccumulation in lake Ontario gulls. Environ. Toxicol. Chem. 8:957-968.
- Braswell, A.L. et R.E. Jr. Ashton. 1985. Distribution, Ecology and Feeding habits of *Necturus lewisi* (Brimley). Brimleyana. 10:13-35.
- Brown, J.F. Jr. 1992. Metabolic alterations of PCB residues in aquatic fauna: distributions of cytochrome P4501A- and P4502B-like activities. Mar. Environ. Res. 34:261-266.
- Bureau, J. et H. Sloterdijk. 1992. Bioaccumulation de certains contaminants chez les poissons juvéniles, région de Cornwall-Saint-Régis-Lac Saint-François et ses principaux affluents. Centre Saint-Laurent. Environnement Canada. XIV + 88 p.
- Cagle, F.R. 1954. Observations on the life history of the salamander *Necturus louisianensis*. Copeia. 4:257-260.
- Castanet, J. et E. Smirina. 1990. Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. Annal. Sc. Nat., Zool. 13e série, 1990(11): 191-196.
- Chiasson, R.B. 1976. Laboratory anatomy of *Necturus*. Wm C. Co. Pub. Dubuque, Iowa. 62 p.

- Cochran, P.A. 1991. Some dietary records for the mudpuppy (*necturus maculosus*), with comments on field techniques. Bull. Chicago Herp. Soc. 26(10):221-223.
- Cochran, P.A. et J.D. Lyons. 1985. *Necturus maculosus* (mudpuppy) juvenile ecology. Herp. Review 16:53.
- Conant, R. 1975. A field guide to reptiles and amphibians of eastern and central North America. Houghton Mifflin Company. Boston. 429 p.
- Cook, F.R. 1984. Introduction to Canadian amphibians and reptiles. National Mus. of Natural Sc. Canada. Ottawa. 200 p.
- Cooper, J.E. et R.E. Jr. Ashton. 1985. The *Necturus lewisi* study: Introduction, selected literature Review, and comments on the hydrologic units and their faunas. Brimleyana. 10:1-12.
- Dawson, A.B. 1920. The integument of *Necturus maculosus*. J. Morpho. 34:467-589.
- Dawson, A.B. 1933. An experimental study of hemopoiesis in *Necturus*: effects of lead poisoning on normal and splenectomized animals. J. Morpho. 55:349-385.
- DeGraaf, R.M. et D.D. Rudis. 1983. Amphibians and reptiles of New England - Habitats and Natural History. Massachusetts Univ. Press. Amherst. 85 p.
- DesGranges J.-L. et P.A. Thompson. 1990. Contaminants détectés dans la faune du fleuve Saint-Laurent et recommandations en vue de la mise sur pied d'un réseau de surveillance écotoxicologique de la dépollution du fleuve. In: Messier, D., P. Legendre & C.E. Delisle (éds). Collection environnement et géologie, Vol. 11. Association des biologistes du Québec, Québec, p. 359-383.
- Duellman, W.E. et L. Trueb. 1985. Biology of amphibians. McGraw-Hill Book Co. New York. XVII + 670 p.
- Durand, J.P., J. Parzefall, et B. Richard. 1982. Comparative study of chemical prey detection in the cave living *Proteus anguinus* and its epigeal relative *Necturus maculosus* (Proteidae, Urodela). Behav. Processes 7(2):123-124.
- Environnement Canada. 1979. Analytic methods manual, mercury in fish. NAQUADAT no. 80601. Inland Waters Directorate. Environment Canada. Ottawa.
- Environnement Québec. 1981. Les méthodes d'analyses du cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb et zinc dans l'eau, les sédiments, les milieux biologiques et l'air. Bureau d'étude sur les substances toxiques (BEST). Ministère de l'Environnement du Québec. Pp. 117-124
- Environnement Québec. 1993. État de l'environnement au Québec 1992. Guérin éd. Montréal.
- Francillon, H. 1980. Mise en évidence expérimentale du caractère annuel des lignes d'arrêt de croissance (LAC) chez le Triton crêté *Triturus cristatus* (Laur.). Bull. Soc. Zool. Fr 105: 343-347.
- Francillon, H. et J. Castanet. 1985. Mise en évidence expérimentale du caractère annuel des lignes d'arrêt de croissance squelettique chez *Rana esculenta* (Amphibia, anura). J. C. R. Acad. Sc. 300: 327-332.
- Francis, E.T.B. 1934. The anatomy of the salamander. Oxford Univ. Press. London. 381 p.
- Fox, G.A., L.J. Allan, D.V. Wezeloh et P. Mineau. 1990. The diet of Merring gulls during the resting period in Canadian Waters of the Great Lakes. Can. J. Zool. 68:1075-1085.

- Froom, B. 1982. Amphibians of Canada. McClelland and Stewart. Toronto. 120 p.
- Gendron, A.D., C.A. Bishop, G. Van Der Kraak, R. Fortin, J.L. DesGranges et A. Montela. 1994. Multi-level detection of toxic stress in the mudpuppy (Amphibian, Salamander). Communication orale faite à Denver, Colorado dans le cadre de la 15^{ème} rencontre annuelle de la Société de Chimie et de Toxicologie environnementale (SETAC) en novembre.
- Germain, A. et M. Janson. 1984. Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Québec (1977-1981). Direction générale des eaux intérieures. Environnement Canada. 232 p.
- Gilbert, L.I. et E. Frieden (eds.). 1981. Metamorphosis. A problem in developmental biology. 2nd edit. Plenum Press. New York. 598 p.
- Gilbert, S.G. 1973. Pictorial anatomy of the Necturus. Washington Univ. Press. Seattle. 47 p.
- Gorham, S.W. 1974. Checklist of world amphibians. New Brunswick Mus. Lingley Printing Co. Ltd. Saint John. NB. 173 p.
- Hall, R.J., R.E. Jr Ashton et R.M. Prouty. 1985. Pesticide and PCB residues in the Neuse river waterdog, *Necturus lewisi* Brimleyana 10:107-109.
- Hamilton, W.J. 1932. The food and feeding habits of some eastern salamanders Copeia. 2:83-86.
- Harris, J.P. Jr. 1959a. The natural history of Necturus: I. Habitats and habits. Field and Lab. 27:11-20.
- Harris, J.P. Jr. 1959b. The natural history of Necturus: II. Respiration. Field and Lab. 27:71-77.
- Harris, J.P. Jr. 1959c. The natural history of Necturus: III. Food and feeding. Field and Lab. 27:105-111.
- Harris, J.P. Jr. 1961. The natural history of Necturus: IV. Reproduction. J. Grad. Res. Center (Field and Lab continu). 29:69-81.
- Harris, J.P. Jr. 1952 à 1958. Necturus papers: The skeleton of the arm, The Pelvic musculature, The muscle of the forearm, The levator anguli scapulae, The musculus depressor mandibulae. Field and Lab. vol. 20, 21, 22, 25.
- Hecht, M.K. 1958. A synopsis of the mudpuppies of eastern North America. Proc. Staten Island Inst. Arts Sci. 2:4-38.
- Hutchison, V.H. 1961. Critical thermal maxima in salamanders. Physiol. Zool. 34:92-125.
- Hutchison, V.H. et L.G. Hill. 1976. Thermal selection in the Hellbender, *Cryptobranchius alleganiensis* and the Mudpuppy, *Necturus maculosus*. J. Herpetologica. 32:327-331.
- Hutchison, V.H. et J.P. Ritchart. 1989. Annual cycle of thermal tolerance in the salamander, *Necturus maculosus*. J. of Herpetology. 23(1):73-76.
- Hutchison, V.H. et K.K. Priestersbach. 1986. Diet and seasonal cycles of activity and behavioral thermoregulation in the salamander *Necturus maculosus*. Copeia. 3:612-618.
- Kingsley, J.S. 1907. Guides for vertebrate dissection, Necturus an urodele amphibian. Henry Holt and Company. New York. 28 p.

- Lagler, K.F. et K.E. Goellner. 1941. Notes on *Necturus maculosus* (Rafinesque), from Evans lake. Michigan. Copeia. 2:96-98.
- Larsen, J.H. Jr. et D.J. Guthrie. 1974. Parallelism in the proteidae reconsidered. Copeia. 3:635-643.
- Leclair, R. Jr. 1985. Les amphibiens du Québec: biologie des espèces et problématique de conservation des habitats. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. 121 p.
- Leclair, R. Jr. 1990. Relationships between relative mass of the skeleton, endosteal resorption, habitat and precision of age determination in ranid amphibians. Annal. Sc. Nat. Zool. 13e série, 1990(11): 205-208.
- Legendre, L. et P. Legendre 1984. Écologie numérique. Tome 2: La structure des données écologiques. Presses de l'Université du Québec. Québec. Canada. 335 p.
- Legendre, P. et M.J. Fortin 1989. Spatial pattern and ecological analysis. Vegetatio 80:107-138.
- Letendre, M. comm. pers. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Montréal.
- Llinas, R. et W. Precht. 1976. Frog neurobiology. Springer-Verlag. Berlin. XVI, 1046 p.
- Lofts, B. (ed.). 1974. Physiology of the Amphibia, Vol.2. Academic Press. New York. 592 p.
- Lofts, B. (ed.). 1976. Physiology of the Amphibia, Vol.3. Academic Press. New York. 644 p.
- Logier, E.B. 1952. The frogs, toads and salamanders of Eastern Canada. Clarke Irwin. Toronto. 127 p.
- Mantel, N.A. (1967). The detection of disease clustering and a generalized regression approach. Cancer Res. 27:209-220.
- Matson, T.O. 1990. Estimation of numbers for a riverine *Necturus* population before and after TFM lampricide exposure. Kirtlandia. 43:33-45.
- Meffe, G.K. et A.L. Sheldon. 1987. Habitat use by dwarf waterdogs (*Necturus punctatus*) in South Carolina streams, with life history notes. Herpetologica. 43(4):490-496.
- Melançon, C. 1961. Inconnus et méconnus. La Société Zoologique de Québec Inc. Québec. 150 p.
- Miller, K. 1982. Effect of temperature on sprint performance in the frog *Xenopus laevis* and the salamander *Necturus maculosus*. Copeia. 3:695-698.
- Miller, W.S. 1900. The vascular system of *Necturus maculatus*. University of Wisconsin Science Series. 2:211-226.
- Moore, J.A. (ed.). 1964. Physiology of the Amphibia. Academic Press. New York. 654 p.
- Naylor, B.G. 1978. The earliest known *Necturus* (Amphibia: Urodela), from the Paleocene Ravenscrag formation of Saskatchewan. J. Herpetology. 12(4):565-569.
- Neill, W.T. 1963. Notes on the Alabama waterdog, *Necturus alabamensis* Viosca. Herpetologica. 19:166-174.
- Noble, G.K. 1954. The biology of the amphibia. Dover publications. New York. 577 p.

- Norstrom, R.J. 1988. Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls in Canadian Wildlife. In: Crine JP (ed) Hazards, decontamination and replacement of PCB. Plenum Press. New York. p. 85-100.
- Parzefall, J., J.P. Durand et B. Richard. 1980. Chemical communication in *Necturus maculosus* and his cave-living relative, *Proteus anguinus* (Proteidae, Urodela). *Z. Tierpsychol.* 53(2):133-138.
- Paul, M. et D. Laliberté. 1987. Teneurs en mercure, plomb, cadmium, BPC et pesticides organochlorés des sédiments et de la chair des poissons du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais en 1985. Direction de la Qualité du milieu aquatique. Environnement Québec. Québec. XVII + 80 p.
- Peakall, D.B., R.J. Norstrom, A.D. Rahimtula et R.D. Butler. 1986. Characterization of mixed-function oxydase systems of the nesting herring gull and its implications for bioeffects monitoring. *Environ. Toxicol. Chem.* 5:379-385.
- Pearse, A.S. 1921. Habits of the Mudpuppy, *Necturus*, an enemy of food fishes. U.S. Bur. Fish. Econ. Circ. 49:1-8.
- Power, T., K.L. Clark, A. Harfenist et D.B. Peakall. 1989. A review and evaluation of the amphibian toxicological literature. Technical report no. 61. Canadian Wildlife Service. Headquarters. 222 p.
- Reichenbach-Kinke, H. et E. Elkan. 1965. The principal diseases of lower vertebrates: diseases of amphibians. Academic Press. London. 381 p.
- Reigle, N.F. Jr. 1967. The occurrence of *Necturus* in the deeper water of Green Bay. *Herpetologica.* 23(9):232-233.
- Scadding, S.R. 1977. Phylogenic distribution of limb regeneration capacity in adult amphibia. *J. Exp. Zool.* 202(1):57-68.
- Shoop, C.R. 1965. Aspects of reproduction in Louisiana *Necturus* population. *Am. Wildl. Nat.* 74: 357-367.
- Shoop, C.R. et G.E. Gunning. 1967. Seasonal activity and movements of *Necturus* in Louisiana. *Copeia.* 4:732-737
- Senning, W.C. 1940. A study of age determination and growth of *Necturus maculosus* based on the parasphenoid bone. *Am. J. Anatomy.* 66:483-494.
- Sérodes, J.B. 1978. Qualité des sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Montmagny. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no 15. 132 p.
- Sessions, S.K. et J.E. Wiley. 1985. Chromosome evolution in salamanders of the genus *Necturus*. *Brimleyana.* 10:37-52.
- Sloterdijk, H. 1977. Accumulation des métaux lourds et des composés organochlorés dans la chair des poissons du fleuve Saint-Laurent. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no. 7. 181 p.
- Sloterdijk, H. 1985. Substances toxiques dans les sédiments du lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent, Québec). Direction générale des eaux intérieures. Région du Québec. 79 p. et annexes.
- Smouse, P.E., J.C. Long et R.R. Sokal. 1986. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondance. *Syst. Zool.* 35:627-632.

Taylor, D.H. et S.I. Guttman. 1977. The reproductive biology of amphibians. Plenum Press. New York. 475 p.

Turtle R. et B. Collins. 1992. Validation of the use of pooled samples for monitoring of contaminants in wildlife. Chemosphere. 25:463-469.

Viosca, P. Jr. 1937. A tentative revision of the genus *Necturus* with descriptions of three new species from the southern gulf drainage area. Copeia. 2:120-138.

Vogt, R.C. 1981. Natural history of amphibians and reptiles in Wisconsin, The Milwaukee Public Museum. Milwaukee. Wisconsin. 205 p.

Wilder, H.H. 1903. The skeletal system of *Necturus maculatus* (Rafinesque). Memoirs of the Boston Society of Natural History. 5(9):387-439.

ANNEXE I

RÉSULTATS DU SONDAGE POSTAL

Tableau A1 -Mentions du necture par les pêcheurs répondants

| No. sur Fig. 2 | Secteur | Nb. de nectures capturés par année | Engin | MOIS DE L'ANNÉE | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|--|---------|-----------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| | | | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
| 1 | Lac Saint-François | 2000 (30-40/jr) | Ligne | | P | | PC | PC | PC | PC | P | P | P | | | |
| 2 | Lac Saint-François | 40 | Ligne | | | | | PC | PC | P | P | P | P | | | |
| 3 | Lac Saint-Pierre | 0 | Verveux | | | | P | P | P | P | P | P | P | | | |
| 4 | Lac Saint-Pierre | 4-5 | Verveux | | | | P | PC | PC | P | P | P | P | | | |
| 5 | Lac Saint-Pierre | 10 | Verveux | | | | PC | PC | P | P | P | PC | PC | | | |
| 6 | Lac Saint-Pierre | 5 | Verveux | | | | PC | PC | PC | PC | PC | PC | PC | | | |
| 7 | Lac Saint-Pierre | 15 | Verveux | | | | PC | PC | P | P | P | P | P | | | |
| 8 | Lac Saint-Pierre | 3 | Verveux | | | | PC | P | P | P | P | P | P | | | |
| 9 | Lac Saint-Pierre | 3-4 | Verveux | | | | PC | PC | PC | PC | PC | PC | PC | | | |
| 10 | Lac Saint-Pierre | 0 | Verveux | | | | P | P | P | P | P | P | P | | | |
| 11 | Lac Saint-Pierre | 0 | Verveux | | | | P | P | P | P | P | P | P | | | |
| 12 | Lac Saint-Pierre | 0-2 | Verveux | | | | PC | P | P | P | P | P | P | PC | | |
| 13 | Lac Saint-Pierre | 3-5 | Verveux | | | | P | PC | P | P | P | P | P | PC | | |
| 14 | Estuaire | 0-1 | Verveux | PC | | | PC | P | P | P | P | P | P | P | P | PC |
| 15 | Estuaire | 1 | Verveux | PC | | | P | P | P | P | P | P | P | P | P | PC |
| 16 | Estuaire | 10 | Verveux | PC | | | | | | | | | | | | PC |
| 17 | Estuaire | 0 | Verveux | | | | P | P | P | P | P | P | P | | | |
| 18 | Richelieu | 0 | Verveux | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Richelieu | 1 / 10 ans | Verveux | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Lac Champlain | 0 | Verveux | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Lac Champlain | 0 | Verveux | | | | | | | | | | | | | |

P = Pêche C = Capture

Tableau A2 - Mentions du necture chez les pourvoyeurs d'hiver

| Lettre sur fig. 2 | Secteur | Localité | Nb. de nectures capturés par année |
|--------------------------|--------------------|-----------------|---|
| a | Lac Saint-François | Saint-Anicet | 0-1 |
| b | Lac Saint-François | Saint-Anicet | 0 |
| c | Lac Saint-François | Sainte-Barbe | 0-1 |
| d | Lac Saint-Louis | Maple-Grove | 0-1 |
| e | Lac Saint-Louis | Maple-Grove | 0-1 |
| f | Lac Saint-Louis | Léry | 0-1 |
| g | Lac Saint-Louis | Léry | 0 |
| h | Lac Saint-Louis | Île Perrot | 0-2 |
| i | Lac Deux-Montagnes | Vaudreuil | 0-2 |
| j | Laprairie | Laprairie | 0-1 |
| k | Fleuve | Contrecoeur | 0-1 |
| l | Îles de Sorel | Loyola | 0-2 |
| m | Îles de Sorel | Maskinongé | 40 |
| n | Lac Saint-Pierre | Yamachiche | 0-1 |

ANNEXE II

TRAVAIL EXPLORATOIRE DE SQUELETTICHOLOGIE CHEZ *NECTURUS MACULOSUS*

Geneviève Laurin
Laboratoire du Dr Raymond Leclair Jr.
Département de Chimie-Biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
C.P. 500, Trois-Rivières, P.Q. - G9A 5H7

Introduction

La squelettichologie, méthode utilisée pour l'évaluation de l'âge des spécimens à partir de pièces osseuses, a déjà donné de bons résultats chez plusieurs espèces d'Amphibiens, tant chez les Anoures (*Rana esculenta*: Francillon et Castanet 1985) que chez les Urodèles (*Triturus cristatus*: Francillon 1980). Senning (1940) a appliqué cette méthode à *Necturus maculosus*, en utilisant les os parasphénoïdes du crâne. Toutefois, à notre connaissance, personne n'avait encore expérimenté l'applicabilité de la méthode aux os tubulaires des membres chez *Necturus*. Nous décrivons ici un premier essai, pouvant servir de base à des travaux plus importants.

La squelettichologie est basée sur le principe de l'arrêt de la croissance pendant la saison défavorable. Le calcium qui s'accumule dans l'os pendant cette période produit, après coloration histochimique, une ligne plus foncée que le tissu osseux adjacent, appelée ligne d'arrêt de croissance (LAC: Castanet et Smirina 1990). Dans les régions où la saison défavorable suit un cycle annuel, une LAC correspond généralement à une année de croissance.

Matériel et méthodes

Les fémurs des 37 spécimens collectionnés en 1990 sont extraits des pattes congelées et immergés dans une solution de formol 10 % pendant deux à trois jours. Un travail préliminaire a montré qu'une immersion dans le formol préalablement à la coupe maximisait le contraste des LACs, en comparaison avec une immersion dans l'alcool ou aucune immersion. Les fémurs sont ensuite décalcifiés dans une solution d'acide nitrique 3 % pour une période de quatre à sept heures, selon la taille de l'os. Après quoi, ils sont rincés à l'eau du robinet pendant toute la nuit. Au matin suivant, les fémurs, dont les épiphyses sont amputées, sont montés et congelés dans une matrice de "Tissue-Tek O.C.T." (solution une partie pour huit ou neuf parties d'eau déminéralisée). Les os sont ensuite coupés en tranches de 16 micromètres à l'aide d'un microtome à congélation.

Les tranches d'os sont débarrassées du surplus de liquide à l'aide d'une micropipette. Afin de les colorer, elles sont immergées dans de l'hématoxyline d'Ehrlich pendant trente à soixante minutes. On ajoute ensuite de l'eau du robinet au colorant; puis, on attend jusqu'à l'obtention de la coloration désirée. Les coupes colorées sont ensuite montées entre lame et lamelle dans un médium de glycérine et mises à sécher durant trois à quatre jours. Par la suite, les lames sont nettoyées du surplus de glycérine subsistant à l'aide d'un solvant (Hemo-De) et scellées avec un vernis transparent. Les lames sont alors prêtes à être examinées pour la détermination de l'âge.

Pour évaluer l'âge d'un animal, il suffit de compter le nombre de LACs visibles sur les coupes de fémurs. L'âge de chacun des spécimens a été déterminé indépendamment par deux observateurs. Les lectures d'âge ont ensuite été comparées et discutées.

Résultats

Les résultats sont présentés au tableau A1, sous la colonne "âge". Un symbole "+" dans cette colonne indique la présence d'une mince zone osseuse au-delà de la dernière ligne d'arrêt de croissance et considérée comme un dépôt osseux dû à la croissance de l'animal pendant la saison précédant la capture. En cas de doute quant à l'âge exact du spécimen, on indique les classes d'âge parmi lesquelles il est le plus susceptible de se situer.

Discussion

Chez *Necturus maculosus*, la résorption osseuse centrale semble pratiquement nulle, contrairement à ce qu'on observe chez plusieurs Amphibiens Anoures (Leclair 1990). La cavité médullaire occupe une faible partie du diamètre de l'os au niveau de la diaphyse. Les LACs qui l'entourent en cercles concentriques sont largement espacées à sa proximité, puis de plus en plus rapprochées près du périmètre externe de l'os. En général, les premières LACs (à partir du centre de l'os) sont moins contrastées que les autres, peut-être parce que ces animaux, actifs pendant tout l'hiver (From 1982; De Graaf et Rudis 1983), le sont particulièrement pendant leurs premières années de vie.

Dans plusieurs cas, la disposition et l'apparence des lignes d'arrêt de croissance ne permettait pas une lecture précise de l'âge (précision moyenne: à deux ans près). D'abord, la présence d'os endostéal à l'intérieur de la cavité médullaire compliquait parfois la localisation de la ligne considérée comme point de départ. Par ailleurs, les LACs paraissaient parfois floues, dédoublées ou entassées les unes sur les autres, ce qui rendait difficile le comptage précis de leur nombre. Dans ces cas, le nombre probable de lignes réelles était estimé à l'aide des distances moyennes entre les lignes précédentes et suivantes, en présumant une croissance ralentissant uniformément après les premières années. D'autre part, la difficulté de lecture n'était pas nécessairement attribuable à l'âge du spécimen, les lignes les plus imprécises n'étant pas toujours les dernières. Il est possible que certains phénomènes naturels (reproduction, dégel hivernal, vague de froid pendant la saison de croissance) aient perturbé le patron de croissance des animaux à certains moments de leur vie.

Les premières lignes visibles suggèrent que la croissance est rapide et régulière pendant les six à huit premières années de vie, puis un ralentissement progressif de la croissance pendant les années ultérieures. Cette constatation s'accorde avec les huit à neuf premières années de croissance rapide observées par Senning (1940), chez *N. maculosus*. En outre, ce dernier, avait pu établir que les individus étudiés atteignaient au moins 23 ans et que certains vivaient probablement plus longtemps. Nos résultats vont dans ce sens, puisque l'âge d'un individu a été évalué à 27 ans.

Certaines connaissances sont nécessaires avant d'utiliser cette méthode sur une grande échelle. D'abord, il serait important d'étudier des individus des premières classes d'âge, afin d'établir avec précision l'emplacement de la première LAC par rapport à l'os endostéal. La structure histologique des os de nectures devrait également être mieux connue, afin d'obtenir une meilleure interprétation du patron de lignes. Enfin, une étude comparant des lectures d'âge sur des fémurs et sur d'autres structures osseuses (e.g.: parasphénoïdes: Senning 1940) permettrait de vérifier la constance des marques de croissances pour un individu donné.

Une fois ces aspects mieux connus, la méthode squelettochronologique de détermination d'âge pourrait être utile, à plusieurs aspects, aux études d'écologie des populations de Necture tacheté. Elle pourrait indiquer, par rétrocalcul, la taille des animaux à chacune de leurs années de vie, permettant ainsi de calculer leurs taux de croissance respectifs. Les différentes cohortes d'individus composant une population pourraient donc être comparées entre elles pour leur croissance. De même, des individus de différents habitats pourraient être comparés, afin d'étudier l'effet de différences dans certains paramètres du milieu environnant (e.g. contaminants) sur leur croissance.

Tableau A3: Résultats des lectures d'âge sur 37 Nectures tachetés collectés en 1990 le long du tronçon fluvial du Saint-Laurent.

| LOCALITÉ | ÉCHANTILLON (USOX) | ÂGE (année) |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Pointe Leblanc | 45636 | 15+ |
| | 45637 | 4 |
| | 45638 | 5+ |
| | 45639 | 15+ |
| Port Lewis | 45641 | 9 |
| | 45642 | 17-18 |
| Beauharnois | 45644 | 11 |
| Longueuil | 45650 | 9-10 |
| Nicolet | 45661 | 22+-24+ |
| | 45662 | 16-18 |
| | 45663 | 16-18 |
| Vaudreuil | 45645 | 12-14 |
| | 45646 | 13-14 |
| | 45647 | 9+-10+ |
| Île Perrot | 45649 | 7-8 |
| Montréal Est | 45651 | 21-22 |
| | 45652 | 7 |
| Îles de Sorel | 45654 | 14-15 |
| | 45655 | 12 |
| | 45656 | 17+ |
| | 45657 | 12+ |
| | 45658 | 15+-16+ |
| | 45659 | 12+-13+ |
| Rivière Sainte-Anne | 45665 | 10+-11+ |
| | 45666 | 10+ |
| | 45667 | 8+ |
| | 45668 | 11+ |
| | 45669 | 7+ |
| | 45670 | 6+ |
| | 45671 | 17-18 |
| | 45672 | 6+ |
| | 45673 | 10 |
| | 45674 | 27 |
| | 45752 | 16+ |
| 45753 | 15-16 | |
| 45753 | 9+ | |
| 45755 | 15-16 | |