

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

YVES COMTOIS

ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LA PONTE DU

GRAND BROCHET (Esox lucius) DU FLEUVE

SAINT-LAURENT ET CERTAINS PARAMÈTRES DE L'EAU ET

DE LA VÉGÉTATION DES MILIEUX RIVERAINS DE LA RIVIÈRE GODEFROY

AVRIL 1988

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

Nous avons étudié l'influence d'un ensemble de paramètres de l'habitat sur l'importance du dépôt des oeufs du Grand Brochet. Pour atteindre ce but, nous avons mesuré sa ponte dans quatre types de milieux riverains (forêt, prairie, broussaille, champ) durant cinq jours consécutifs et étudié 15 facteurs du milieu. Les données obtenues ont permis d'élaborer, à l'aide de régressions multiples par étapes, des modèles mathématiques qui expliqueraient en partie les variations de l'abondance relative des oeufs.

Nos résultats ont révélé que l'abondance relative des oeufs n'est pas influencée par les paramètres physico-chimiques de l'eau mais elle est liée à la densité végétale totale du substrat inondé; le modèle obtenu explique 73,2% de la variance totale. D'autre part, les préférences du Grand Brochet envers le Calamagrostis canadensis sont dues à la forte corrélation qui existe entre la densité du C. canadensis et la densité végétale totale du substrat par rapport aux autres plantes. Nous obtenons un modèle qui explique 84,4% de la variance totale.

Finalement, l'oxygène dissous serait un indice pour évaluer la densité végétale du substrat; le modèle obtenu explique 84,1% de la variance totale.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	i
TABLE DES MATIERES	ii
REMERCIEMENTS	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE	3
1.1 Quelques aspects de la reproduction du Grand Brochet	3
1.2 Aires de fraie	5
CHAPITRE 2 DESCRIPTION DU SECTEUR D'ÉCHANTILLONNAGE	8
2.1 Aire étudiée	8
2.2 Situation climatique	10
2.3 Stations d'échantillonnage	10
CHAPITRE 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES	14
3.1 Facteurs de l'habitat	14
3.1.1 Physico-chimie de l'eau	14
3.1.1.1 Température	14
3.1.1.2 Turbidité	16
3.1.1.3 Conductivité	16
3.1.2.4 Oxygène dissous	16

3.1.1.5	pH	17
3.1.2	Végétation	17
3.2	La ponte	20
3.3	Traitements mathématiques	21
CHAPITRE 4	RÉSULTATS	25
4.1	Facteurs de l'habitat	25
4.1.1	Physico-chimie de l'eau	25
4.1.2	Végétation	29
4.2	Distribution de la ponte	29
4.3	Analyse statistique	30
4.3.1	Relations entre les variables de l'habitat et la ponte	30
4.3.2	Régressions multiples	39
CHAPITRE 5	DISCUSSION	55
5.1	Facteurs de l'habitat	55
5.2	La ponte	57
5.3	Relations entre les descripteurs et l'abondance des oeufs	59
CONCLUSION	.....	65
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	.....	67
ANNEXES		
A	Valeurs des variables hydro-chimiques mesurées à chaque station durant la période d'échantillonnage et valeurs moyennes et écart-types de ces variables selon le milieu	74

B	Résultats des pointages de chaque plante riveraine d'après les contacts enregistrés sur la baïonnette	80
C	Résultats des caractéristiques végétales mesurées dans la forêt, la prairie et la broussaille à chaque jour de la période d'échantillonnage	83

REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements aux personnes qui m'ont aidé à réaliser cette étude.

Au docteur Guy Vaillancourt, directeur de ce projet, pour son soutien ainsi que pour les moyens techniques mis à ma disposition.

Au docteur Antoine Aubin, pour sa disponibilité et ses conseils concernant les questions statistiques.

Au docteur Alain Maire et Soeur Estelle Lacoursière M. Sc. ainsi qu'à monsieur Clément Leduc agronome phyto-pathologiste, pour leurs conseils judicieux concernant la végétation.

Notre reconnaissance va également aux messieurs Yves Mailhot, Jacques Picard, Jean-René Mongeau, Pierre Dumont, Gérard Massé, Réjean Fortin et Pierre Magnan, les suggestions de ces spécialistes ont été grandement appréciées.

Nous témoignons de nos remerciements à monsieur Sylvain Côté, étudiant en biologie, pour sa participation à la cueillette des données sur le terrain, de même qu'à monsieur Mustapha Cherradi M.Sc. qui a été d'un précieux secours lors du traitement informatique des données.

Nous n'oublions pas messieurs Edgar Labarre et Jean-Marc Comtois, l'aide matériel qu'ils nous ont toujours apportée fut et demeure inestimable.

Enfin, nous remercions madame Suzanne Comtois qui a dactylographié avec soin et minutie les textes de cet ouvrage.

Cette étude fut rendue possible grâce à la participation sous forme de contrat et de bourse de recherche du fond institutionnel de recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux		Page
I	Élévation géodésiques des récurrences de 2, 5, 20, 50 et 100 ans pour la plaine de débordement de la rivière Godefroy (Québec).	11
II	Méthodes utilisées pour la mesure des facteurs de l'habitat.	15
III	Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaison des moyennes de Student-Newman-Keuls.	26
IV	Nombre d'oeufs en moyenne par boîte de Forney suivant les milieux durant la période d'échantonnage.	31
V	Coefficients de régression des étapes du modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres physico-chimiques.	41
VI	Coefficients de régression de l'étape 1 et de l'étape final du deuxième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres des plantes.	48
VII	Coefficients de régression de l'étape 1 et de l'étape finale du troisième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres végétaux.	51
VIII	Période de la fraie du Grand Brochet suivant la température (°C) de l'eau enregistrée dans différentes régions.	56

IX	Comparaison du nombre de prélèvements (N) (boîte de Forney) et du nombre d'oeufs en moyenne par prélèvement dans les mêmes milieux suivant la région d'étude de différents auteurs.	58
X	Distribution de la ponte suivant les variations de la densité végétale du substrat.	63
XI	Coefficient de régression du modèle prédictif de la densité végétale du substrat à partir des paramètres physico-chimiques de l'eau.	64

LISTE DES FIGURES

Figures		Page
1	Schéma illustrant les deux principaux types de frayères en eau calme (Tiré de Mongeau et Massé, 1976).	7
2	Emplacement de la zone d'étude et des stations d'échantillonnage (1, 2, 3, ... 16).	9
3	Méthode de la baïonnette pour les herbages hauts (Tiré de Poissonet et Poissonet, 1969).	18
4	Boîte de Forney et le filet troubleau.	22
5	Système de coordonnées (X, Y) utilisé sur les stations pour mesurer le dépôt des oeufs et les caractéristiques de la végétation.	23
6	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la turbidité.	32
7	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et l'oxygène dissous.	33
8	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité végétale totale.	34
9	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du <u>Phalaris arundinacea</u> .	35

10	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du <u>Calamagrostis canadensis</u> .	36
11	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du <u>Lythrum salicaria</u> .	37
12	Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du <u>Convolvulus sepium</u> .	38
13	Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au premier modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.	46
14	Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au deuxième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.	50
15	Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au troisième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.	53
16	Matrice des corrélations entre les paramètres de l'habitat.	60

INTRODUCTION

Le territoire du Québec compte plus de 1,6 millions de km² dont 7,63% est recouvert par des eaux douces dans lesquelles vivent 112 espèces de poissons (Sarrazin et al, 1983). Le fleuve Saint-Laurent en abrite à lui seul environ une soixantaine d'espèces d'eau douce (Massé, 1974). Des expériences de captures et de recaptures réalisées sur certaines de ces espèces dont la Perchaude, le Brochet, la Barbotte brune et les Esturgeons tendent à démontrer qu'il existe des sous-populations piscicoles distinctes dans le fleuve qui vivent et se reproduisent dans des secteurs uniques de 4 à 5 km de rayon; cela laisse supposer que la disponibilité des sites de fraie appropriés à chaque espèce pourrait être le facteur principal de la diversité ichtyenne dans une région donnée (Mongeau et al, 1980).

Le Grand Brochet (Esox lucius) est une espèce particulièrement recherchée par les pêcheurs en eau libre et à la pêche sur la glace durant l'hiver. Sa période de reproduction coïncide avec celles des crues printanières et il utilise la végétation de certains secteurs de la plaine d'inondation. Cependant, la plaine d'inondation peut représenter d'importantes superficies de territoire qui sont utilisées parfois à des fins agricoles, résidentielles ou récréatives. Aussi, les intérêts de ces différents secteurs économiques ne sont pas toujours axés en vue d'améliorer la qualité de l'habitat de fraie du Grand Brochet (dans cette étude, la signification du mot fraie est celle donnée par Legendre, 1980). Pourtant, même si de grandes superficies sont inondées par la crue printanière et bien qu'elles semblent d'allures homogènes, les poissons n'utilisent que des zones précises et restreintes à des fins de reproduction (Pageau et Tanguay, 1977). En isolant les paramètres de l'habitat qui interviennent dans le choix des sites de fraie du Grand Brochet, il est possible de prévoir les conséquences d'une perturbation de son milieu et optimiser

nos efforts en vue d'aménager les aires de reproduction appropriées à tous les poissons.

Plusieurs études ont été faites sur les préférences du Grand Brochet vis-à-vis la végétation riveraine au moment de sa reproduction. Cependant ces relations sont décrites qualitativement (Mongeau, 1960; Massé, 1974) et quantitativement mais en fonction de grands groupes de végétaux ou de milieux tels que les pâturages, la prairie à Phalaris arundinacea, la forêt sur fond de feuilles, etc. (Franklin et Smith, 1963; Forney, 1968; McCarraher et Thomas, 1972; Fortin et al, 1982).

Cette étude vise à établir des relations quantitatives entre la ponte et les caractéristiques de certains paramètres de son habitat de fraie préférentiel, soit au niveau de la végétation riveraine et de la physico-chimie de l'eau.

Pour atteindre cet objectif, nous avons étudié l'abondance relative des oeufs sur quatre milieux riverains (forêt, prairie, broussaille, champ) et nous avons examiné 15 paramètres de l'habitat. Ces paramètres sont: la turbidité, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, la température, la densité végétale totale, la densité du Phalaris, du Calamagrostis, de l'Onoclea, du Lythrum, de l'Agrostis, du Polygonum, du Carex, de la Spartina et du Convolvulus.

Les données recueillies ont permis de développer des modèles prédictifs qui expliqueraient, en partie, les variations de l'abondance relative des oeufs du Grand Brochet dans l'habitat.

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Quelques aspects de la reproduction du Grand Brochet

Le Grand Brochet (E. lucius) de la famille des Esocidés, fraye au printemps après le départ des glaces. Ainsi, selon les crues printanières, les géniteurs remontent les tributaires jusqu'aux zones herbeuses recouvertes par une mince couche d'eau, les frayères. L'attraction du brochet vers ces points spécifiques s'explique par le réchauffement plus rapide de la température de l'eau, la présence d'un substrat végétal et par les effluves provenant des transformations organiques dues à l'inondation (Arrignon, 1976).

En général, les mâles sont plus nombreux et ils précèdent les femelles sur les frayères (Fortin et al, 1982). La température de l'eau à ce moment atteint entre 4,4 et 11°C (Mongeau, 1960; Scott et Crossman, 1974; Fortin et al, 1982). La fraie a lieu durant le jour (Fabricius, 1950) dans une profondeur d'eau évaluée entre 0,1 et 1,2 mètre (Mongeau, 1960; Massé, 1974; Scott et Crossman, 1974; Dubé et Gravel, 1978; Cadieux et Villeneuve, 1981). Le brochet ne fait pas de nid. Il répand plutôt ses oeufs dans l'habitat lors de plusieurs pontes successives qui ont lieu au cours de la journée.

Les oeufs ont un diamètre qui varie entre 2,5 et 3,0 mm. Ils sont de couleur ambrée et ils ont la propriété d'être très adhésifs à la végétation. Nous retrouvons en moyenne 32,000 oeufs chez une femelle mature (Scott et Crossman, 1974).

La fraie se déroule sur une période de 10 à 20 jours mais elle peut être interrompue par une baisse de température (Fabricius, 1950; Lafrance, 1974; Fortin et al, 1982). La durée d'incubation varie de 12

à 14 jours; les larves demeurent fixées à la végétation durant 6 à 10 jours et ce n'est qu'après cette période qu'ils deviennent assez mobiles pour émigrer de la frayère avec le retrait des eaux (Norman et Picard, 1986).

Les oeufs et les jeunes du Grand Brochet sont sujets à de nombreux facteurs de mortalité mais ce sont surtout la prédation et l'assèchement causé par le retrait des eaux qui contribuent pour 99% de cette perte (Scott et Crossman, 1974). Ainsi la production de brochetons par rapport au nombre d'oeufs déposés par les géniteurs dans une frayère demeure relativement faible. Entre 1939 et 1973, le rendement global obtenu dans une cinquantaine de marécages aménagés dans six états américains a varié de 0,00006% à 29,25% avec une moyenne de 1,52% (Fago, 1977). Plus près de nous, la frayère du ruisseau Saint-Jean située à moins de 8 km au sud-est de Montréal (Québec) a donné un rendement de 0,03% en 1975 (Gravel et Dubé, 1979).

Selon Bouchard (1976), le type de substrat et le niveau de l'eau sont les facteurs de l'environnement qui caractérisent le mieux l'habitat de fraie tandis que la température de l'eau est le catalyseur qui déclenche les activités de reproduction de chaque espèce de poisson. Dans le cas du brochet, la vue de la végétation et une augmentation de la température de l'eau sont les deux principaux stimuli responsables du déclenchement de la fraie et, si l'un des stimuli est retardé, il semble que ce délai abaisse le seuil d'importance du stimulus en question et le rend moins nécessaire (Fabricius, 1950). D'ailleurs, d'après Berg et al (1950), la fraie du brochet peut avoir lieu aussi tôt qu'en mars dans la zone méridionale de sa distribution et aussi tard qu'en juin dans la zone septentrionale.

1.2 Aires de fraie

Le Grand Brochet a une distribution circumpolaire dans l'hémisphère nord et nous le retrouvons partout au Québec (Scott et Crossman, 1974). Ses exigences relativement modestes par rapport aux conditions hydro-chimiques du milieu lui permettent d'occuper une grande variété d'habitats (Hess et Heartwell, 1979). Au moment de la reproduction, le brochet semble faire preuve d'un certain opportunisme quant aux choix du substrat végétal. En effet, plusieurs espèces végétales sont propices à sa reproduction naturelle; mentionnons particulièrement les herbes terrestres des prairies ou des fossés inondés (Bry et al, 1984; Tessier et Couture, 1984), les graminées Agrostis sp., P. arundinacea, Calamagrostis canadensis (Massé, 1974; Forney, 1968; Fortin et al, 1982; Ménard, 1983; Tessier et Couture, 1984), les Cypéracés Carex sp. et enfin les Scirpus sp. (Fabricius, 1950; Mongeau, 1960; Forney, 1968; McCarraher et Thomas, 1972). Par ailleurs, si le niveau de l'eau est plus bas, les espèces végétales semi-aquatiques telles les Typha sp. et les Sparganium sp. (McCarraher et Thomas, 1972; Bouchard, 1976; Cadieux et Villeneuve, 1981) ou aquatiques comme les Utricularia sp., Alisma sp., Myriophyllum sp., Potamogeton sp., Nuphar sp. (Fabricius, 1950; McCarraher et Thomas, 1972; Bry et al, 1984) peuvent être utilisées pour sa reproduction. De façon générale, les poissons ne frayent pas sur les berges abruptes ou encore sur les fonds à texture argileuse ou limoneuse de même que sur les terres arables fraîchement retournées (Massé, 1974).

Dans la plaine fluviale du Saint-Laurent, le brochet fraye sur la végétation des zones inondées par la crue printanière où la position des groupements végétaux dépend principalement de la micro-topographie du terrain et de la mise en eau printanière (Tessier et al, 1981). La zone occupée par le P. arundinacea est la plus souvent associée aux frayères à brochet (Massé, 1974; Tessier et Couture, 1984) quoique si le niveau de l'eau est plus haut, le brochet peut pondre sur les Aster simplex, les Solidago sp. et les Lythrum salicaria ou si le niveau de

l'eau est plus bas, il peut se reproduire sur les Scirpus sp. et les Typha sp. (Chapleau et Thellen, 1979). Selon Fortin et al (1982) le brochet irait plutôt vers une végétation dense à feuilles étroites et il éviterait les endroits dénudés de végétation. Ainsi, la présence de certaines espèces végétales dans la frayère influencerait directement la qualité de l'habitat de fraie du Grand Brochet (Massé, 1974) et par le fait même son potentiel de reproduction.

Les frayères en eau calme se présentent sous deux formes principales d'après la topographie: celles du type "baie" et celles du type "tributaire" (figure 1). Selon Mongeau et Massé (1976) les frayères du type tributaire auraient un potentiel plus élevé que les frayères du type baie à cause d'une meilleure oxygénation en eau vive ainsi qu'une température de l'eau plus stable.

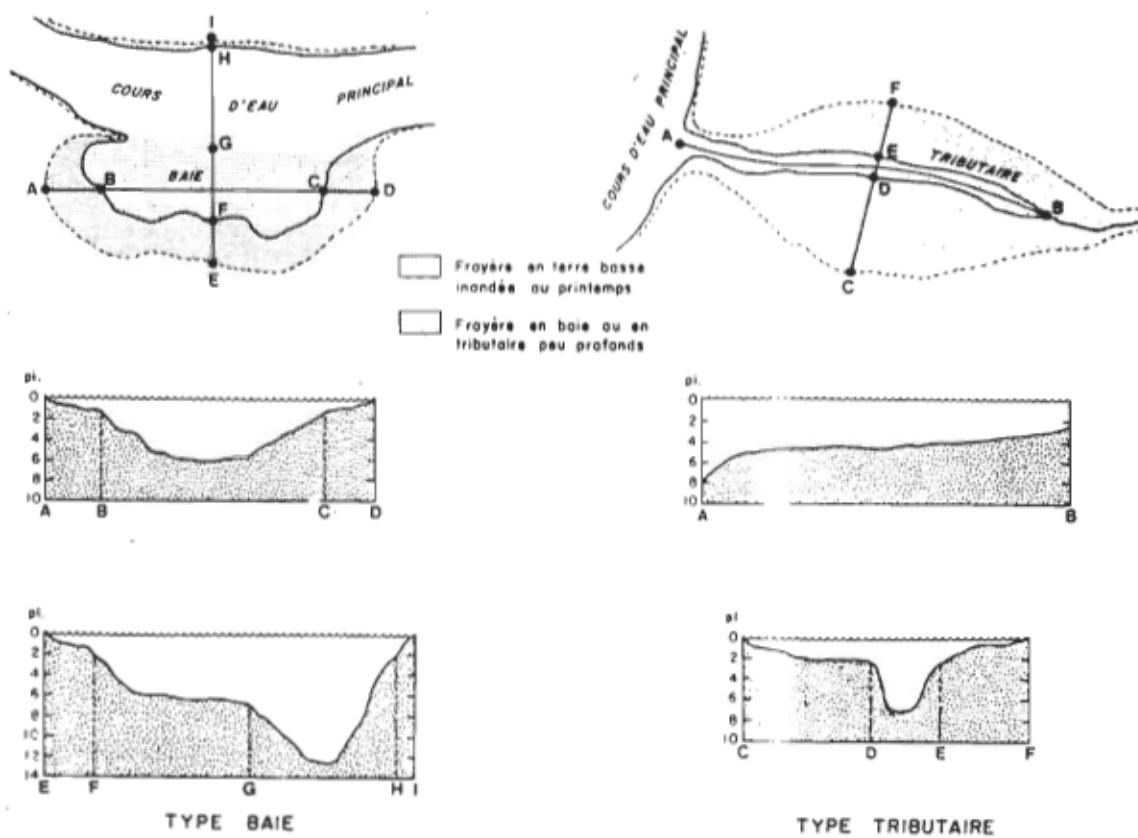


Figure 1: Schéma illustrant les deux principaux types de frayères en eau calme (Tiré de Mongeau et Massé, 1976).

CHAPITRE 2

DESCRIPTION DU SECTEUR D'ÉCHANTILLONNAGE

2.1 Aire étudiée

La région choisie pour cette étude est située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, face à Trois-Rivières.

Le choix de cette région se fonde sur sa représentation du milieu riverain fluvial et par la facilité d'accès. Nous sommes ici dans la zone géologique et physio-graphique des basses terres du Saint-Laurent et la dénivellation par rapport au fleuve est d'environ 1 mètre (Duhaime, 1970). Le secteur étudié comprend toute la section de la plaine de débordement de la rivière Godefroy qui est comprise entre la route 132 et le fleuve (figure 2).

La rivière Godefroy prend sa source dans le lac Saint-Paul, plan d'eau de type eutrophe. Elle coule sur une distance de 3,5 km avant de se jeter dans le fleuve à moins de 1 km à l'est du pont Laviolette. Selon Gadd (1971), ce lac et cette rivière faisaient partie d'un ancien bras du fleuve puisque lors de fortes crues printanières, le Saint-Laurent inonde de nouveau ce réseau hydrique.

La rivière Godefroy se divise en deux canaux à partir de la route 132 soit à 1 000 mètres avant son embouchure. Le canal principal se dirige directement vers le fleuve tandis que le canal secondaire longe la route 132 en direction nord-est sur une distance de 500 mètres avant de regagner le canal principal à moins de 100 mètres du fleuve. Durant l'été, le canal secondaire est envahi par la végétation et il s'isole complètement du canal principal.

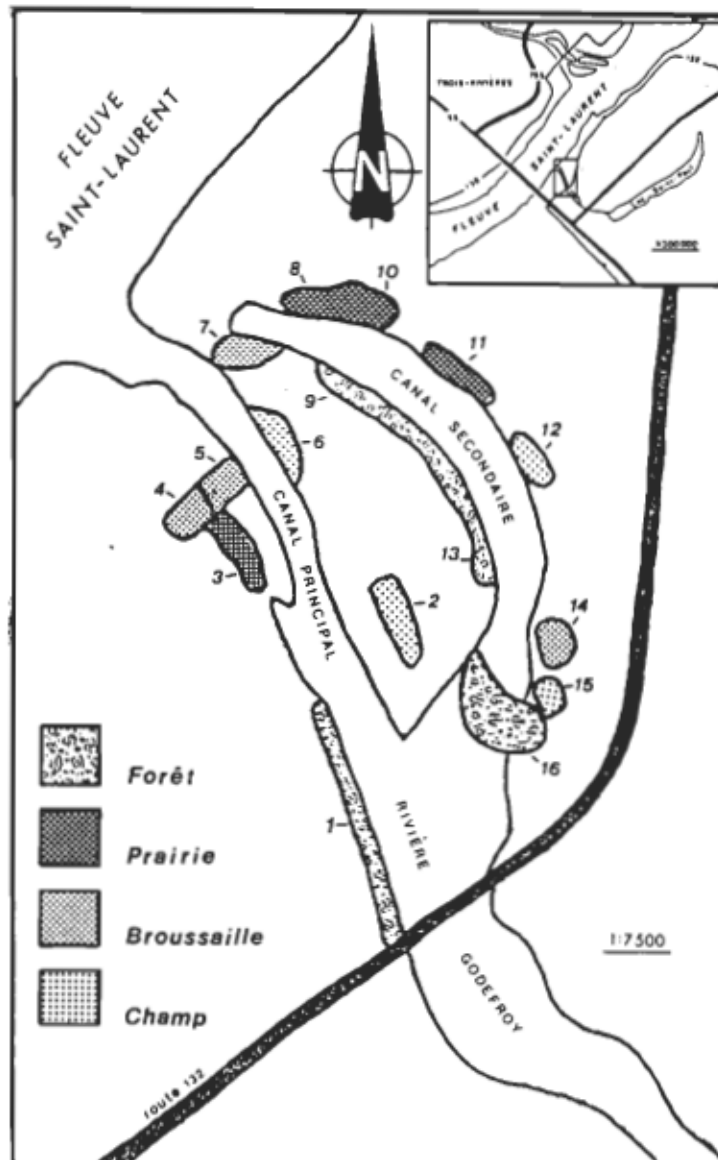


Figure 2: Emplacement de la zone d'étude et des stations d'échantillonnage (1, 2, 3 ... 16).

2.2 Situation climatique

Selon les statistiques établies à partir des données enregistrées de 1951 à 1980 à la station de Trois-Rivières (Anonyme, 1983), la température moyenne annuelle est de $4,61^{\circ}\text{C}$ et les moyennes mensuelles s'échelonnent de -12°C en janvier à $19,65^{\circ}\text{C}$ en juillet. Les précipitations moyennes de neige et de pluie sont respectivement de 260,44 cm et de 762,12 mm. Finalement, les degrés-jours moyens cumulés au dessus de 0°C atteignent 2748,2 au 15 octobre.

Les élévations géodésiques calculées pour des périodes de récurrence de 2 à 100 ans (Lapointe, 1983) ainsi que les données concernant le niveau des eaux de la rivière Godefroy en avril 1986 sont colligées au tableau 1.

2.3 Stations d'échantillonnage

Les photographies aériennes du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec prises en octobre 1984 et en mai 1985 nous ont permis d'identifier quatre milieux différents dans ce secteur de la rivière Godefroy. Ces milieux sont: la forêt d'Érables argentés, les herbages dominés par les graminées, les arbustes avec strates herbacées et finalement les champs de fauche ou de pâturage. Afin de bien évaluer l'importance du dépôt des oeufs dans ces quatre milieux, nous avons réparti quatre stations d'échantillonnage par milieu pour l'ensemble de ce secteur de la rivière Godefroy avant la période de fraie. Le choix et l'emplacement de chaque station repose sur la meilleure représentativité du milieu concerné. Les stations, au nombre de 16, sont délimitées sur la terre ferme à la limite de la zone d'inondation à l'aide de deux piquets de bois (repères) séparés par une distance de 30 mètres, soit la distance estimée être parcourue par les géniteurs durant une heure de fraie (Fabricius et Gustafson, 1958).

TABLEAU I

Élévations géodésiques des récurrences de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans pour la plaine de débordement de la rivière Godefroy (Québec). Les données de l'année 1986 concernant l'élévation de l'eau à 8 heures a.m. proviennent de l'usine de filtration de la ville de Bécancour.

Récurrence (ans) (mètres)	Élévation géodésique		
2	6,04		
5	6,59		
10	6,82		
20	7,03		
50	7,25		
100	7,39		

Année 1986 (avril)			
Date	élévation de l'eau (mètres)	date	élévation de l'eau (mètres)
1 avril	5,81	21 avril	4,95
— —	—	22 avril	5,03
12 (début de la fraie)	5,59	23 avril	5,10
13 (début des travaux)	5,54	24 avril	5,10
14 avril	5,34	25 avril	5,10
15 avril	5,20	26 avril	5,17
16 avril	5,18	27 avril	5,18
17 (fin des travaux)	5,00	28 avril	5,24
18 avril	—	29 avril	—
19 avril	4,95	30 avril	5,23
20 avril	4,91		

Nous retrouvons à la figure 2 l'emplacement des stations d'échantillonnage. La station 1 se situe sur le côté sud-ouest du canal principal à moins de 250 mètres de la route 132. La station 2 occupe une portion de l'île découpée par les deux canaux, face à la station 1. Les stations 3 et 4 sont localisées dans l'extrémité d'une baie de 200 mètres de longueur par moins de 50 mètres de largeur. Elles se trouvent au sud-ouest du canal principal à moins de 650 mètres de la route 132. La station 5 demeure près de la station 4 mais à côté du canal principal. On retrouve les stations 6 et 7 face à la station 5 mais de l'autre côté du canal, vers l'extrémité de l'île.

Sur le canal secondaire, nous retrouvons à partir du fleuve les stations 8, 10, 11 tandis que les stations 9 et 13 sont localisées sur l'île de l'autre côté du canal. Les stations 12, 14 et 15 sont comprises entre la route 132 et le canal secondaire. Finalement, la station 16 est située au début du canal secondaire près de la route 132.

Ainsi, les stations 1, 9, 13 et 16 prennent place dans la forêt d'Érables argentées. En fait, cette forêt se limite à une ligne d'arbres le long de ce cours d'eau. Sa largeur varie entre 25 et 50 mètres. L'Érable argenté (Acer saccharinum) domine les autres arbres dont l'Orme d'amérique (Ulmus americana) le Frêne rouge (Fraxinus pennsylvanica), le Frêne blanc (Fraxinus americana) et le Chêne rouge (Quercus rubra). Les stations 3, 8, 10, 11 sont situées dans les grands herbages dominés par des graminées telles le P. arundinacea et le C. canadensis. Les stations 2, 6, 12, 15 représentent des zones de pâturage d'animaux (2, 15) ou bien cultivées (6, 12). Finalement, les stations 4, 5, 7, 14 occupent des espaces dans la zone arbustive avec une strate herbacée. Les arbustes dominants sont les Cornus sp. et les Salix sp. tandis que la strate herbacée est représentée surtout par les graminées P. arundinacea et C. canadensis.

Afin de faciliter l'identification rapide de ces milieux dans les

chapitres ultérieurs, nous les désignerons à partir de maintenant par forêt (la forêt d'Érables argentés), prairie (les herbages dominés par les graminées), broussaille (les arbustes avec strates herbacées) et finalement champ (les champs de fauche ou de pâturage).

CHAPITRE 3

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La période d'échantillonnage s'étale du 13 avril 1986 au 17 avril 1986. Durant 5 jours consécutifs, nous avons estimé la ponte et prélevé les échantillons d'eau requis pour nos analyses physico-chimiques. L'étude de la végétation a été réalisée à la fin de l'été 1986 en raison de la meilleure période de l'année pour identifier toutes les espèces végétales présentes dans ce secteur. De plus, dans le but de s'assurer de la fidélité des plantes inventoriées, une seconde vérification a été faite à la fin de l'été 1987.

Quinze facteurs de l'habitat ont été considérés. Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau ont été établies par la mesure de la température, de la turbidité, de la conductivité, de l'oxygène dissous et du pH. Les caractéristiques de la végétation ont été déterminées par la mesure de la densité végétale, de la densité du P. arundinacea, celle du C. canadensis, de l'Onoclea sensibilis, du Carex sp., du L. salicaria, de l'Agrostis sp., du Convolvulus sepium, de la Spartina pectina et de la densité du Polygonum sp.

3.1 Facteurs de l'habitat

Au tableau 2, nous présentons les méthodes utilisées pour l'analyse des paramètres retenus.

3.1.1 Physico-chimie de l'eau

3.1.1.1 Température

La température du milieu détermine la période de fraie des

TABLEAU II

Méthodes utilisées pour la mesure des facteurs de l'habitat.

Facteurs de l'habitat	Méthodes
Température (°C)	Thermomètre de laboratoire Fisher gradué de -20°C à 110°C; Précision: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Turbidité (UTN)	Spectrophotomètre Hach modèle DR/3000 Précision: $\pm 0,5$
Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Conductivimètre YSI modèle 33 (205; APHA, 1980); Précision: $\pm 0,5\%$
Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Oxymètre YSI modèle 54A; Précisions: $\pm 0,05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; échelle 0-10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ $\pm 0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; échelle 10-20 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
pH (unité)	Méthode électrométrique: pHmètre Fisher Accumet modèle 230 A; Précision: $\pm 0,02$ unité.
Densité de la végétation Totale	Méthode de la baïonnette des herbages- hauts (Poissonet et Poissonet, 1969)
- <u>Phalaris</u>	
- <u>Calamagrostis</u>	
- <u>Onoclea</u>	
- <u>Carex</u>	
- <u>Lythrum</u>	
- <u>Agrostis</u>	
- <u>Convolvulus</u>	
- <u>Spartina</u>	
- <u>Polygonum</u>	

poissons selon les exigences physiologiques des espèces (Massé, 1974). Nous considérons ce facteur afin de savoir si la ponte du brochet pourrait être fonction de la température du milieu. La température est exprimée en °C.

3.1.1.2 Turbidité

La turbidité de l'eau dépend de la présence de fines particules de matière en suspension. Ces particules peuvent être de nature organique (eaux usées) ou inorganique (argile, limon, grain de silice, etc.) ou encore une combinaison des deux. Les vagues, le courant, la canalisation des cours d'eau à des fins agricoles, le déboisement et l'érosion des rives contribuent à amplifier la turbidité. Ce paramètre affecte les poissons dans leurs déplacements et il peut endommager leurs branchies suite à l'abrasion causée par les particules en suspension (Trencia, 1986). Soulignons également l'asphyxie des oeufs qui sont recouverts de fines particules limoneuses ou argileuses (Massé, 1974). La turbidité est exprimée en UTN.

3.1.1.3 Conductivité

Proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue une bonne indication de la minéralisation d'une eau (Nisbet et Verneaux, 1970). C'est une analyse simple et rapide qui nous permet de comparer les types de masse d'eau présents à nos stations d'échantillonnage. La conductivité est exprimée en $\mu\text{mhos} \cdot \text{cm}^{-1}$.

3.1.1.4 Oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous dans les milieux aquatiques est contrôlée par sa dissolution à partir de l'atmosphère et par sa production lors de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques (Ramade, 1984). Notons par ailleurs que la teneur des eaux en oxygène

dissous décroît lorsque la température augmente ou encore suite à la présence d'une charge polluante (matière oxydable). Une faible quantité d'oxygène fait que les branchies des poissons doivent venir en contact avec d'énormes volumes d'eau ce qui accroît d'autant les risques d'absorption de quantité mortelle de tel ou tel polluant chimique (Ramade, 1982). D'autre part, une diminution de l'oxygène sous le point de saturation ralentit le développement embryonnaire et la croissance, et réduit la capacité de nage des poissons (Bams et Lam, 1983). Sous des concentrations de $3,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (33% de saturation) ou moins, la survie des embryons et des larves du Grand Brochet n'est plus assurée (Siefert et al, 1973). L'oxygène dissous est exprimé en $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

3.1.1.5 pH

Les mesures du pH des eaux naturelles sont généralement comprises entre 6,6 et 7,8 (Nisbet et Verneaux, 1970). Soulignons qu'avec la présence des pluies acides qui affectent tant les continents américains qu'européens les variations du pH sont sujettes à des écarts plus importants aujourd'hui. Ces valeurs peuvent être modifiées par le taux de décomposition de la matière organique et même par l'activité de la photosynthèse (Pagé, 1971). Johansson et Kilhstrom (1975) ont observé une mortalité de 96,5% lorsque les larves du brochet sont maintenues à un pH de 4,2, tandis que Harvey (1980) mentionne qu'entre les valeurs de pH de 4,2 et 5,0, les populations de brochets sont décimées; les individus peuvent être malformés ou ne pas se reproduire. Les mesures du pH sont exprimées en unité.

3.1.2 Végétation

La vue de la végétation stimule la fraie du Grand brochet (Fabricius, 1950). En conséquence, l'étude des caractéristiques de la végétation est particulièrement détaillée dans ce travail. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode de la baïonnette des herbages

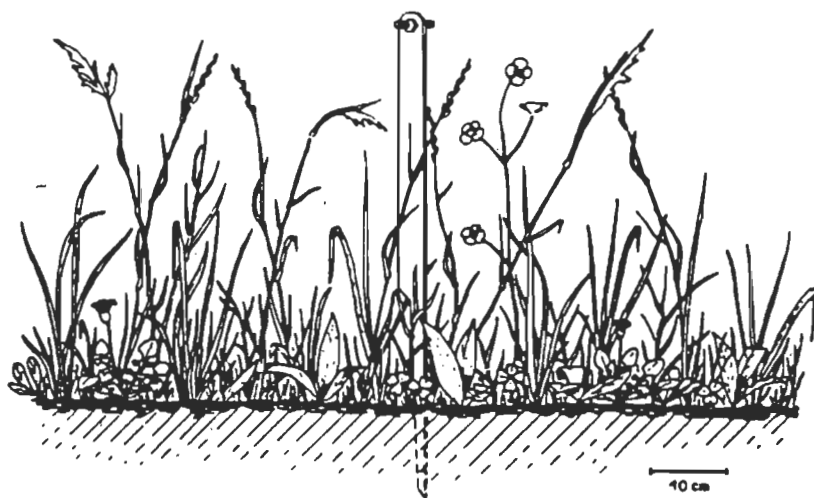


Figure 3: Méthode de la baïonnette pour les herbages hauts (Tiré de Poissonet et Poissonet, 1969).

hauts (Poissonet et Poissonet, 1969). Cette méthode consiste à enfoncer verticalement une aiguille baïonnette dans la végétation sans modifier la position des herbes. Puis, le long d'une arête, sont notés les contacts de chaque espèce végétale (figure 3). Cette méthode d'observation par "point" repose sur la relation linéaire de la forme $Y = X$ entre les contributions d'une espèce dues à ses contacts, soit la fréquence relative d'une espèce sur la somme des fréquences relatives de toutes les espèces exprimée en % et le poids de la matière végétale sèche représenté aussi en %. De plus, nous savons que la biomasse et la densité végétale des espèces présentent des informations similaires ($r_s = 0,713$; $p = 0,001$) (Tessier et al, 1984). Ces deux relations linéaires nous permettent de comparer la densité végétale totale et la densité individuelle des plantes à partir des contacts enregistrés sur la baïonnette à différents points d'observation (prélèvements).

Cette méthode a été appliquée à l'ensemble des prélèvements de chaque station sauf ceux dont la station était située dans le milieu champ. En effet, la végétation présente dans ce milieu résulte directement de l'activité de l'homme ou des animaux et ne peut être comparée avec les autres milieux.

L'ensemble des contacts constitue la densité végétale totale. Également, bien que plusieurs espèces de plantes ont touché la baïonnette, nous avons considéré aussi la densité de neuf plantes comme facteurs de l'habitat puisque nous estimons qu'elles devraient être représentatives des caractéristiques végétales rencontrées par le Grand Brochet. Le choix des neuf végétaux repose sur la méthodologie décrite ci-dessous.

Dans le but de mesurer l'importance d'une espèce donnée à une station donnée, nous avons additionné le nombre de contacts entre cette espèce et la baïonnette à partir des 30 observations (prélèvements) réalisées sur la station, soit le même nombre à toutes les stations. Par la suite, nous avons multiplié la somme des contacts par le nombre

de prélèvements dans lequel la plante a été répertoriée enfin, nous avons divisé ce résultat par le nombre total de prélèvements afin d'estimer la présence relative de l'espèce sur la station.

De plus, dans le but de mesurer l'importance d'une plante dans le secteur d'étude, nous avons additionné le nombre de stations où cette plante est apparue; le résultat du nombre d'observations de la présence d'une plante à certaines stations par rapport à l'ensemble des stations est un indicatif de l'importance relative de la plante dans le secteur. Finalement, nous avons obtenu le pointage de chaque plante en multipliant le résultat de son importance relative dans le secteur par celui de la somme des résultats de sa présence relative à toutes les stations.

Prenons à titre d'exemple le calcul du pointage du P. arundinacea si l'on considère uniquement les stations 1, 10 et 16 (annexe B).

	Somme contacts	X	présence ⁽¹⁾	=	total
Station 1	0		0/30		0
Station 10	130		24/30		104,0
Station 16	43		10/30		<u>14,3</u>
			sous-total		118,3

Puisque son importance relative dans cet exemple est égale à 2/3, son pointage sera de $118,3 \times 2/3 = 78,9$.

3.2 La ponte

La boîte de Forney (Forney, 1968) a été utilisée pour quantifier la ponte du Grand Brochet. Il s'agit d'un biocénomètre dont les

¹ Présence relative de l'espèce dans les 30 prélèvements.

dimensions sont de 0,41 mètre de largeur et de 0,91 mètre de longueur et de hauteur (figure 4). Cette boîte est déposée sur le substrat de chaque station; le dessus et le dessous étant ouverts, les oeufs sont ensuite échantillonnés à l'aide d'un filet troubleau. Selon Forney (1968), trois essais infructueux consécutifs du filet indiquent que 90% des oeufs présents sont recueillis.

Tous les prélèvements ont été effectués au hasard sur la station dans une profondeur d'eau inférieure à 60 cm et selon un système de coordonnées cartésiennes (X, Y) établi à partir de l'un des points de repère: X étant la distance sur la rive et Y la distance vers le centre du cours d'eau (figure 5). L'unité de mesure utilisée dans ce système de coordonnées est le mètre. Les coordonnées notées lors du prélèvement des oeufs sont celles utilisées pour réaliser l'étude des caractéristiques de la végétation à la fin de l'été 1986. Le nombre de prélèvements effectué dans chaque milieu est spécifié au chapitre 4 dans le tableau IV.

3.3 Traitements mathématiques

L'utilisation de modèles paramétriques d'analyse exige que toutes les données répondent à une distribution normale. Nous avons utilisé le test de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974) afin de vérifier l'hypothèse de normalité. Seule la densité du Polygonum sp. a été normalisée à l'aide de la transformation logarithmique $\log_{10} (X+1)$.

Le traitement des moyennes, calculées pour les facteurs de l'habitat, comporte les analyses suivantes: l'analyse de variance qui permet de vérifier si des différences existent pour un facteur d'un milieu à l'autre et le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls qui spécifie ces différences en regroupant les milieux selon le profil de chaque variable (Zar, 1974).

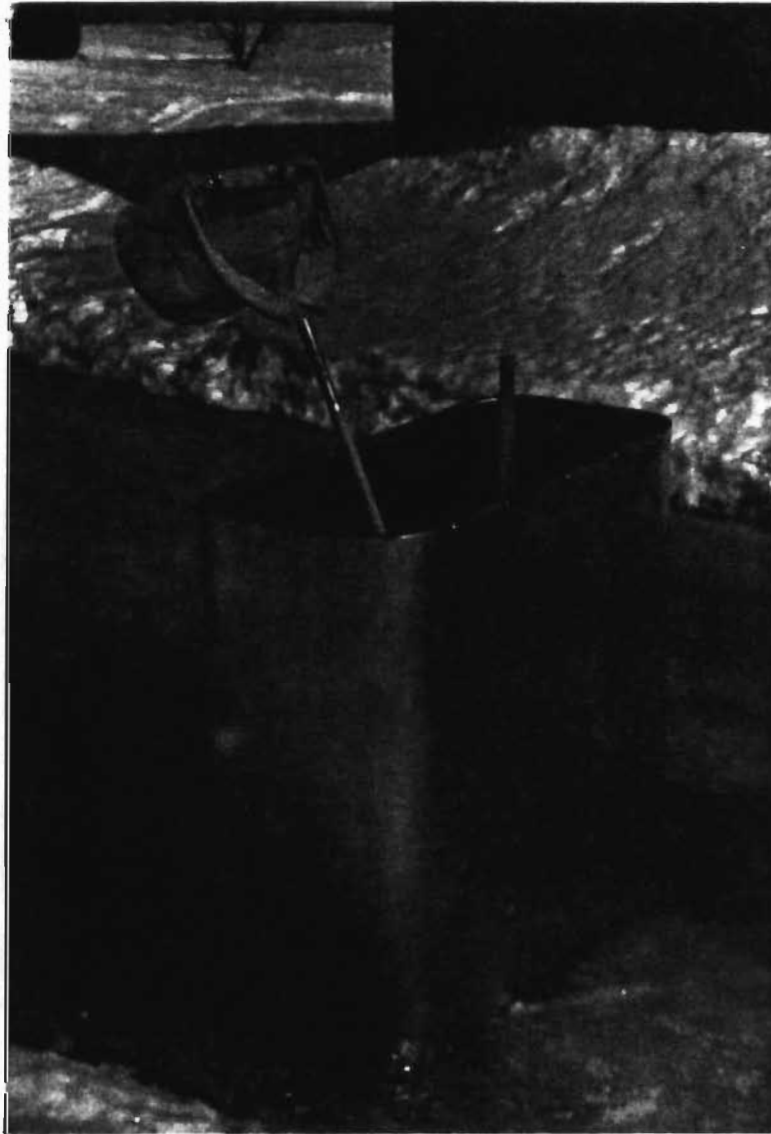


Figure 4: Boîte de Fomey et le filet troubleau.

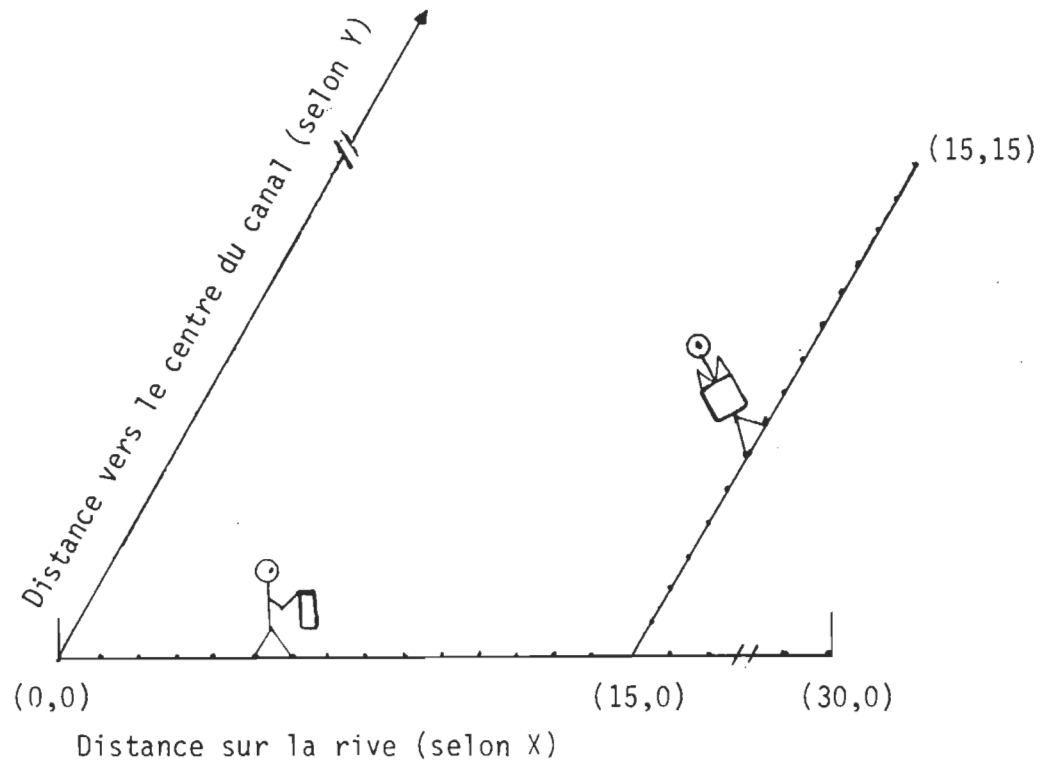


Figure 5: Système de coordonnées (X, Y) utilisé sur les stations pour mesurer le dépôt des oeufs et les caractéristiques de la végétation.

Des corrélations de Pearson, qui mesurent les liaisons existantes entre deux variables quantitatives aléatoires, ont été utilisées.

La régression multiple par étapes a servi à élaborer des modèles prédictifs sur le dépôt des oeufs. Pour cette raison, nous n'avons pas tenu compte de la multicolinéarité (lorsque les variables sont fortement interreliées $r = 0,8$ environ, et plus) des variables (Scherrer, 1984). Cette analyse produit une équation de forme: $Y = B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_j X_j + \dots + B_{p-1} X_{p-1} + b$ où p est le nombre de dimensions de l'espace et B_j la contribution relative de la variable j à l'explication de la variation de la variable dépendant Y (Scherrer, 1984). Cette analyse reste la meilleure afin de spécifier les effets combinés des facteurs du milieu prospecté sur l'abondance relative des oeufs.

L'ensemble des analyses statistiques a été fait à partir du logiciel SPSS X (Norusis, 1985). L'interprétation des différents tests s'appuie sur les travaux de Zar (1974), de Dixon et Massey (1969) et de Scherrer (1984).

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

4.1 Facteurs de l'habitat

Les valeurs moyennes des variables mesurées dans chaque milieu se retrouvent à l'annexe A (physico-chimie) et à l'annexe C (végétales). Ces valeurs ont été analysées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) suivi d'une comparaison a posteriori de Student-Newman-Keuls (Zar, 1974).

4.1.1 Physico-chimie de l'eau

Nous n'avons observé aucune différence significative dans les valeurs moyennes de la température, de la conductivité et du pH des quatre milieux étudiés (tableau III). La température était de $9,1 \pm 0,6$ °C, la conductivité, de $141,1 \pm 19,1$ $\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ et le pH, de $6,7 \pm 0,06$ unités dans les quatre milieux pendant la période d'échantillonnage. Cependant, l'examen du tableau III nous révèle que la turbidité respecte l'hypothèse de l'égalité des moyennes dans la forêt (38,45 UTN) et dans le champ (36,50 UTN) mais elle présente des valeurs différentes et plus faibles dans la broussaille (28,30 UTN) et dans la prairie (23,60 UTN). Les moyennes de l'oxygène dissous sont similaires dans la forêt ($7,74 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) et dans le champs ($8,06 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) ainsi que dans la prairie ($4,62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) et dans la broussaille ($5,25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) mais les moyennes des milieux forêt et champ diffèrent significativement des moyennes des milieux prairie et broussaille (SNK; $p = 0,05$).

TABLEAU III

Résultats de l'analyse de variance et du test de comparaison des moyennes de Student-Newman-Keuls. (Les moyennes [X] identifiées successivement par une même note (a, b, c,) ne sont pas significativement différentes [SNK; $p = 0,05$]).

Variables	Analyse de variance à 1 facteur (anova)			Tests de comparaisons de Student- Newman-Keuls (S.N.K.; $p = 0,05$)			
	F théorique	F calculé	p	Forêt X	Prairie X	Broussaille X	Champ X
Température (°C)	$F_{3,16}=3,24$	0,2714	0,8451	8,58 (2,58)	8,90 (1,68)	9,10 (2,25)	9,90 (2,98)
Turbidité (UTN)	$F_{3,16}=3,24$	22,3816	0,0001	38,45 ^C (4,11)	23,63 ^a (2,81)	28,30 ^b (3,53)	36,50 ^C (2,46)
Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	$F_{3,16}=3,24$	1,0619	0,3928	123,50 (25,91)	144,83 (28,29)	166,50 (62,24)	129,75 (39,31)
O ₂ dissous ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	$F_{3,8}=4,07$	20,1302	0,0004	7,74 ^a (0,44)	4,62 ^b (0,86)	5,25 ^b (0,35)	8,06 ^a (0,86)
pH (unité)	$F_{3,16}=3,24$	0,5079	0,6824	6,68 (0,17)	6,66 (0,22)	6,80 (0,18)	6,73 (0,23)
Densité végétale totale (nb. contacts)	$F_{2,12}=3,89$	82,4434	0,0001	2,01 ^a (0,90)	7,61 ^b (0,35)	7,41 ^b (0,95)	.... ....

TABLEAU III (suite)

Variables	Analyse de variance à 1 facteur (anova)			Tests de comparaisons de Student- Newman-Keuls (S.N.K.; p = 0,05)			
	F théorique	F calculé	p	Forêt X	Prairie X	Broussaille X	Champ X
Phalaris (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	10,0954	0,0027	0,47 ^a (0,48)	2,37 ^b (0,69)	1,03 ^a (0,84)	.... ....
Calamagrostis (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	12,8080	0,0011	0,02 ^a (0,04)	1,67 ^b (0,45)	1,53 ^b (0,88)	.... ....
Onoclea (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	3,5207	0,0626	0,89 (0,40)	0,65 (0,25)	0,32 (0,35)	.... ....
Carex (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	10,9490	0,0020	0,10 ^a (0,13)	0,42 ^a (0,43)	1,34 ^b (0,60)	.... ....
Lythrum (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	7,7185	0,0070	0,02 ^a (0,04)	0,35 ^b (0,20)	0,57 ^b (0,33)	.... ....
Agrostis (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	2,4293	0,1301	0,08 (0,11)	0,94 (0,99)	0,57 (0,42)	.... ....
Convolvulus (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	22,2937	0,0001	0,00 ^a (0,00)	0,39 ^b (0,16)	0,06 ^a (0,06)	.... ....

TABLEAU III (suite)

Variables	Analyse de variance à 1 facteur (anova)			Tests de comparaisons de Student- Newman-Keuls (S.N.K.; p = 0,05)			
	F théorique	F calculé	p	Forêt X	Prairie X	Broussaille X	Champ X
<u>Spartina</u> (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	2,3005	0,1427	0,04 (0,09)	0,14 (0,05)	0,47 (0,57)	.... ....
<u>Polygonum</u> (nb contacts)	$F_{2,12}=3,89$	1,0308	0,3863	0,02 (0,02)	0,07 (0,07)	0,24 (0,43)	.... ....

() Écart-type
 (*) (**) Variables liées et coefficients significatifs
 Valeurs manquantes

4.1.2 Végétation

Rappelons que la végétation n'a pas été relevée aux stations 2, 6, 12 et 15 situées dans le champ à cause de l'action de l'homme ou des animaux sur cette dernière. En conséquence, nous ne tiendrons pas compte des résultats de ce milieu dans les traitements mathématiques qui auront rapport avec les paramètres végétaux.

Nous n'avons décelé aucune différence significative dans la densité de l'Onoclea, de l'Agrostis, de la Spartina et du Polygonum des trois milieux étudiés (tableau III). La densité de l'Onoclea était en moyenne de $0,62 \pm 0,29$ contact/prélèvement, celle de l'Agrostis, de $0,53 \pm 0,43$, celle de la Spartina, de $0,22 \pm 0,23$, et celle du Polygonum, de $0,11 \pm 0,11$. Par ailleurs, il existe une différence significative entre la densité végétale totale, la densité du Calamagrostis et du Lythrum de la forêt et celles calculées dans la prairie. Toutefois, pour ces mêmes variables, les milieux prairie et broussaille ne présentent pas de différences significatives. Les variables Phalaris et Convolvulus, dont les valeurs moyennes sont moindres dans la forêt et dans la broussaille, diffèrent significativement de celles mesurées dans la prairie. Finalement, nous notons que la densité moyenne du Carex est significativement plus élevée dans la broussaille par rapport à celles de la forêt et de la prairie.

4.2 La ponte

Les 396 prélèvements effectués avec la boîte de Forney ont permis de récolter 843 oeufs dans ce secteur de la rivière Godefroy. Les nombres de prélèvements qui ont mené à la récolte de 0, 1-4, 5-8, 9-16 et 17 oeufs et plus ont été de 246, 93, 27, 20 et 10. Le plus grand nombre d'oeufs observé dans un prélèvement a été de 32. Ainsi, les nombres d'oeufs observés dans les prélèvements se présentent selon une

distribution contagieuse à cause du fait que les femelles déposent les oeufs en lots (de 5 à 60), à un point donné, se déplacent, déposent un autre lot, etc. (Scott et Crossman, 1974).

Au tableau IV sont colligés les résultats du nombre d'oeufs en moyenne par prélèvement selon chaque milieu durant la période d'échantillonnage. Ils ont variés entre 0 et 1,63 dans la forêt, entre 2,75 et 4,50 dans la prairie, entre 1,25 et 4,88 dans la broussaille et entre 0,50 et 2,56 dans le champ. La ponte a été en moyenne plus importante dans la prairie (3,37) et dans la broussaille (3,14) par rapport au champ (0,96) et à la forêt (0,86).

4.3 Analyse statistique

4.3.1 Relations entre les variables de l'habitat et la ponte

Des corrélations linéaires simples de Pearson ont été effectuées afin de mettre en relation la ponte avec les variables physico-chimiques (*) et les variables végétales (**) qui ont montré des différences significatives entre les milieux (tableau III). Ces relations sont calculées à partir des résultats obtenus dans chaque milieu les 13, 14, 15, 16 et 17 avril (annexe A, annexe C, tableau IV).

Parmi les variables physico-chimiques, seuls la turbidité et l'oxygène dissous sont corrélés négativement avec la ponte (figures 6 et 7). D'autre part, il existe une corrélation positive entre la ponte et la densité végétale totale, la densité du Phalaris, du Calamagrostis, du Lythrum et du Convolvulus (figures 8, 9, 10, 11, 12). Finalement, la densité du Carex n'est pas corrélée avec la ponte ($r = 0,4197$; $p > 0,05$).

TABLEAU IV

Nombre d'oeufs en moyenne par boîte de Forney suivant les milieux durant la période d'échantillonnage (13 avril au 17 avril 1986).

	Forêt			Prairie ⁽¹⁾			Broussaille ⁽²⁾			Champ ⁽³⁾		
Jour	(N)	X	S	(N)	X	S	(N)	X	S	(N)	X	S
13 avril	(16)	0,00	0,00	(12)	2,75	3,14	(8)	4,13	8,58	(16)	0,50	0,82
14 avril	(16)	0,13	0,50	(20)	3,30	6,72	(8)	2,13	3,76	(16)	0,75	1,88
15 avril	(40)	1,43	4,48	(40)	4,50	6,78	(20)	3,30	5,70	(40)	0,53	1,09
16 avril	(32)	1,13	2,88	(32)	3,16	4,92	(16)	4,88	7,51	(16)	2,56	3,92
17 avril	(16)	1,63	3,83	(16)	3,13	5,03	(8)	1,25	1,75	(8)	0,75	0,89
Moyenne		0,86			3,37			3,14			0,96	
Ecart-type		0,75			0,66			1,47			0,92	

(1) La station 3 a été choisie le 14 avril. Les prélèvements non réalisés le 13 avril ont été faits le 14 avril.

(2) Les stations 5 et 7 ont été abandonnées au début du 14 avril. Nous les avons exclues des résultats.

(3) Les stations 2 et 6 ont été abandonnées le 16 avril à cause du retrait de l'eau.

(N) Nombre de prélèvements.

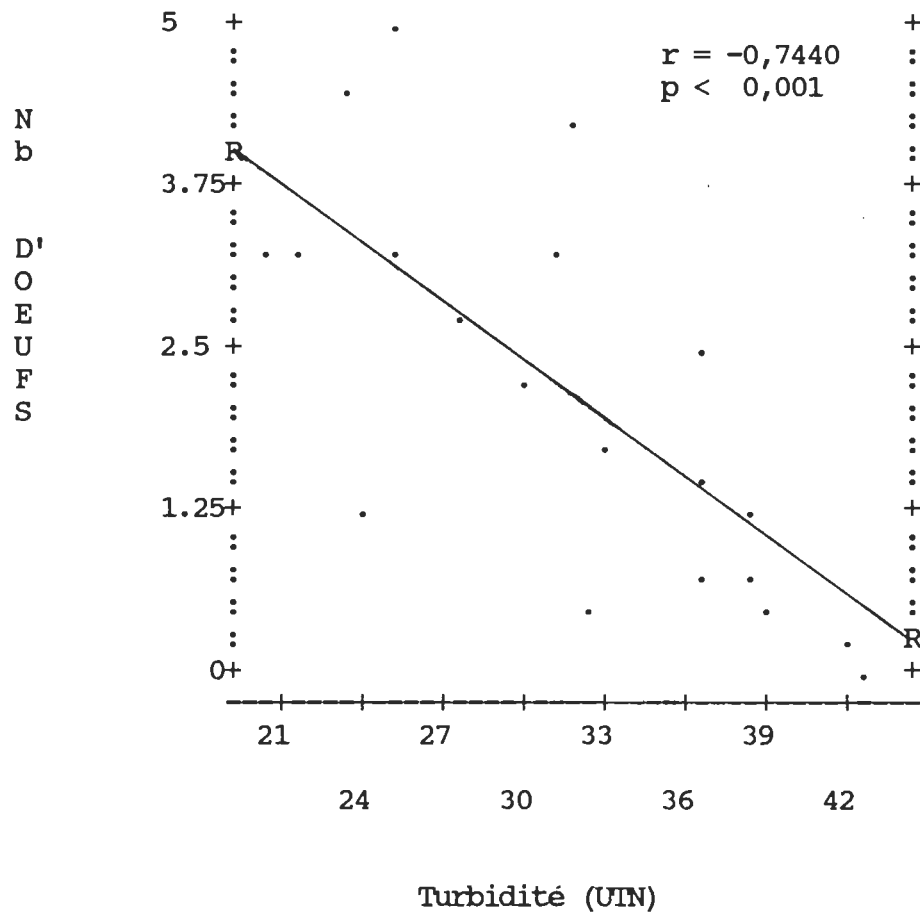


Figure 6: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la turbidité.

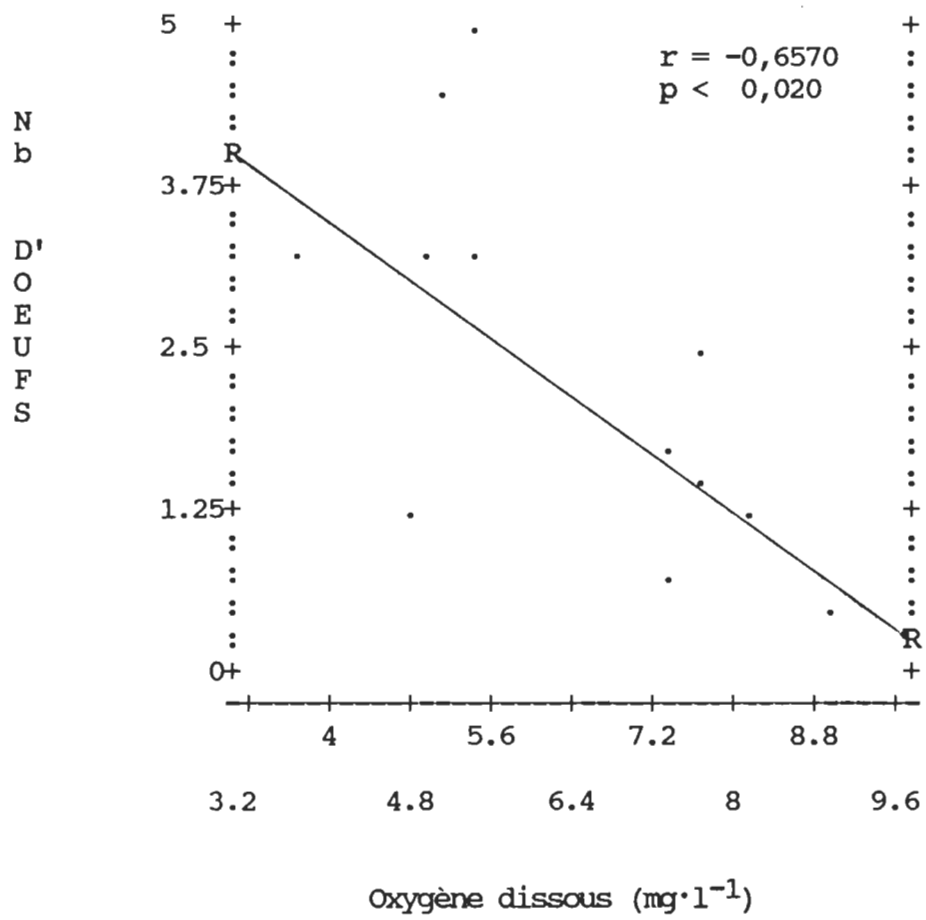


Figure 7: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et l'oxygène dissous.

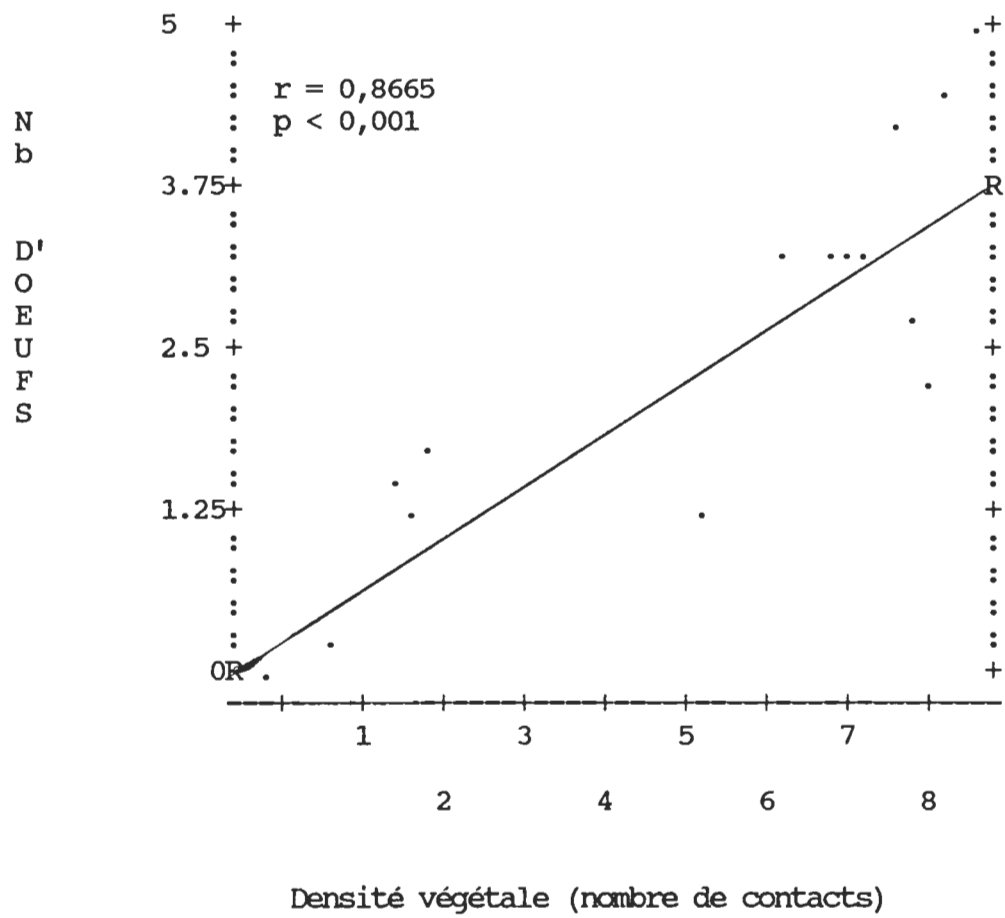


Figure 8: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité végétale totale.

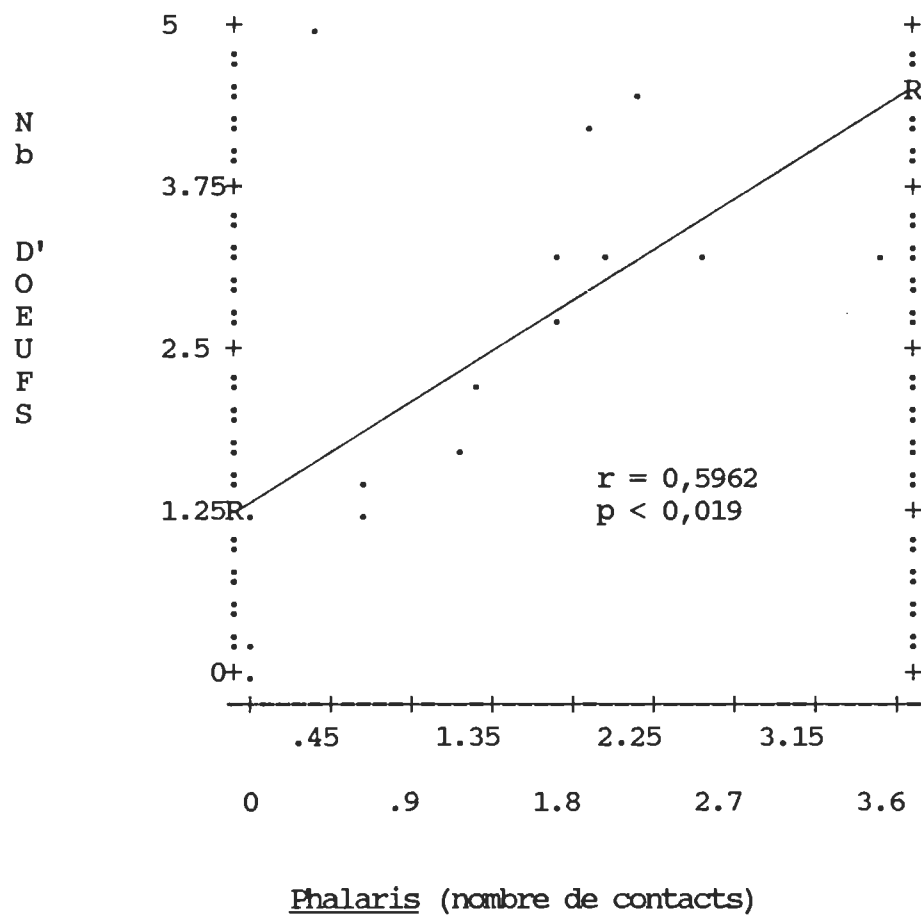


Figure 9: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du *Phalaris arundinacea*.

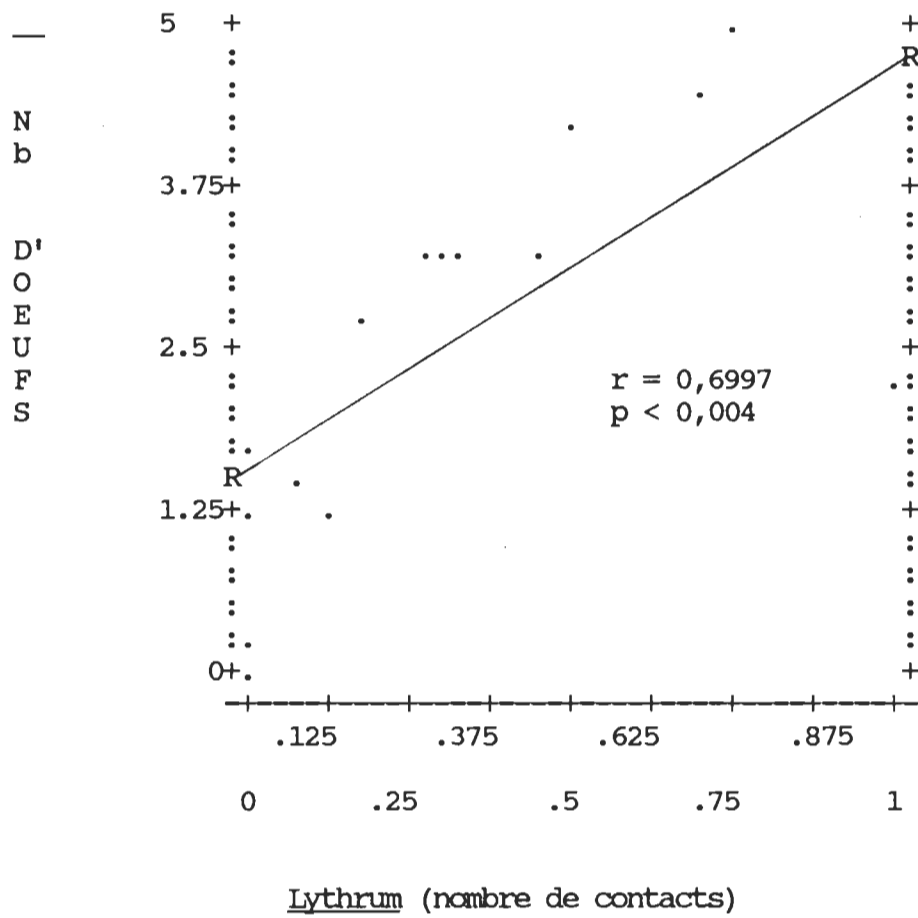


Figure 11: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du Lythrum salicaria.

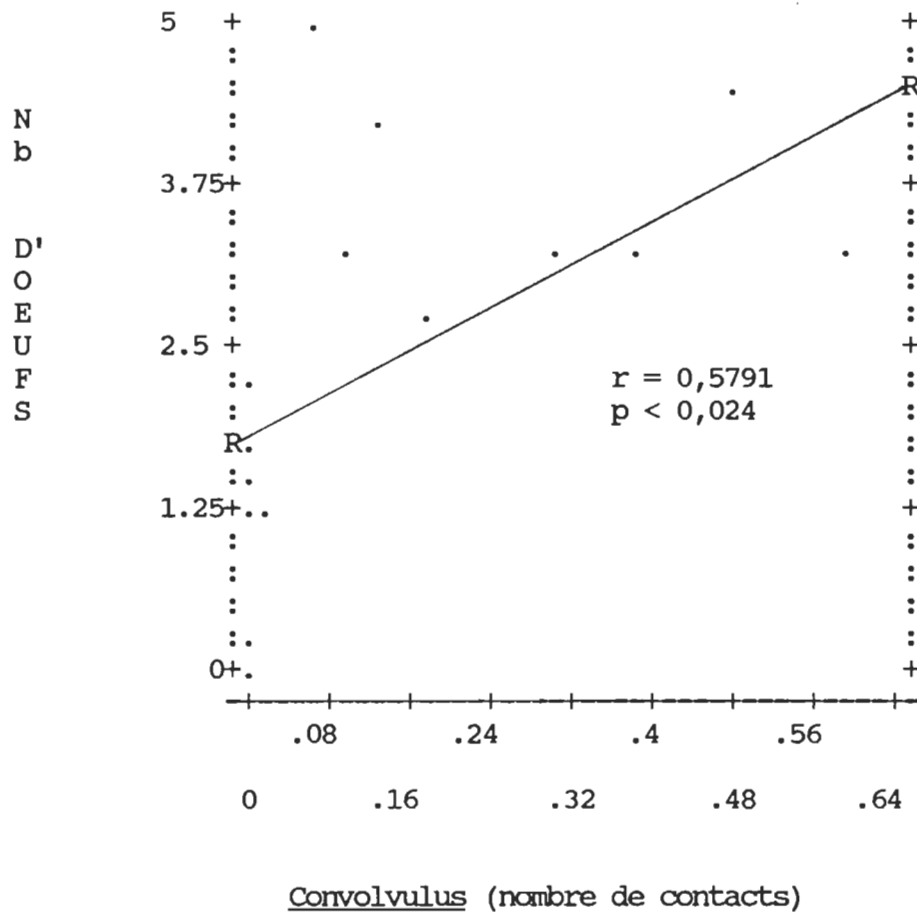


Figure 12: Régression simple entre les valeurs moyennes du nombre d'oeufs par boîte de Forney et la densité du Convolvulus sepium.

4.3.2 Régressions multiples

Dans le but d'étudier les relations qui existent entre les facteurs de l'habitat et la ponte du Grand Brochet, nous avons effectué des régressions multiples par étapes. Nous avons vérifié la contribution des variables dans le modèle obtenu à chacune des étapes en soumettant les coefficients de régressions des variables " B_j " à l'hypothèse nulle $H_0 : B_j = 0$ et $B_j \neq 0$. L'utilisation des analyses par régressions multiples permet de décrire l'habitat de fraie préférentiel du Grand Brochet à l'aide d'une combinaison de variables. Toutefois, l'interprétation de ces modèles doit être faite en tenant compte de la combinaison des variables qui les composent et non pas en les considérant une à une séparément (Scherrer, 1984).

La première analyse a été effectuée avec les valeurs des paramètres physico-chimiques (variables indépendantes) et les valeurs du nombre d'oeufs (variable dépendante). Les résultats des cinq étapes de l'analyse ainsi que les tests de signification des modèles (tests F) et des coefficients de régression (tests t) apparaissent au tableau V.

Le modèle de l'étape 3 explique 61,1% de la variabilité des 20 valeurs du nombre d'oeufs (tableau V). La pente négative de la première variable (pH) démontre que le brochet fraie au moment de la débâcle alors que l'acidité de l'eau provenant des neiges affecte possiblement le pH de l'eau de la rivière. La seconde variable (oxygène dissous), dont la pente est également négative, nous indique qu'il fréquente surtout des substrats qui demandent de l'oxygène dissous ou des substrats qui sont soumis à des conditions qui ne favorisent pas la dissolution de ce gaz à partir de l'atmosphère. Finalement, la pente positive de la troisième variable (température) nous montre que le Grand Brochet est attiré vers les zones les plus réchauffées pour frayer.

Lorsque nous retranchons dans les étapes ultérieures l'influence

de la température (étape 4) et du pH (étape 5), nous pouvons alors connaître les contributions de ces trois variables au pourcentage d'explication du modèle en observant les variations du R^2 ajusté. La température contribue pour 8,2%, le pH pour 1,5% et finalement, l'oxygène dissous pour 51,4%. Le modèle final (étape 5) explique une plus faible proportion de la variance du nombre d'oeufs (51%) mais il présente un R^2 plus élevé. Selon ce dernier modèle, le nombre d'oeufs par boîte de Forney est fonction de l'oxygène dissous. Le coefficient de régression estimé à cette étape de l'analyse détermine l'équation suivante: $Y = 6,5025 - 0,6865$ (oxygène dissous).

Afin de vérifier l'exactitude du modèle nous avons, à la figure 13, tracé la répartition des résidus par rapport aux valeurs prédites par le modèle. Le nuage de points, bien réparti de part et d'autre de l'axe 0 des résidus, montre que le modèle est bon et qu'il ne surestime ni ne sous-estime le nombre d'oeufs. Un calcul de régression simple fait à partir des valeurs prédites et des valeurs réelles nous donne une corrélation significative ($r = 0,734$; $p \leq 0,001$).

Dans un second temps, nous avons effectué une autre analyse par régressions multiples en utilisant les paramètres des plantes (variables indépendantes) et les valeurs du nombre d'oeufs (variable dépendante). Il faut rappeler ici que les données du milieu champ ne sont pas incluses dans cette analyse.

Nous avons vérifié la contribution des variables au cours des huit étapes de l'analyse selon les mêmes critères utilisés dans la première régression (tableau VI). A part le Calamagrostis, toutes les autres plantes ont montré une faible valeur de t et ont pu être retranchées du modèle. Le modèle final explique 84,4% de la variabilité des 15 valeurs du nombre d'oeufs et ce, de façon significative ($F = 76,9736$; $p = 0,0000$). Le nombre d'oeufs par boîte de Forney est fonction de la densité du Calamagrostis. Le coefficient

TABLEAU V

Coefficients de régression des étapes du modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres physico-chimiques.

Étape 1

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Température	0,1914	0,1643	1,165	0,263
Conductivité	-0,0012	0,0086	-0,141	0,890*
Oxygène dissous	-0,5749	0,3442	-1,670	0,117
pH	-2,8683	1,5472	-1,854	0,085
Turbidité	-0,0540	0,0837	-0,646	0,529
Constante	25,1900	9,5167	2,647	0,019
Modèle	R^2 ajusté = 0,568		F = 5,9968	p = 0,0036

* Variable retranchée dans l'étape 2.

TABLEAU V (suite)

Étape 2

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Température	0,1829	0,1476	1,239	0,234
Oxygène dissous	-0,5747	0,3328	-1,727	0,105
pH	-2,9368	1,4222	-2,064	0,057
Turbidité	-0,0511	0,0784	-0,652	0,524*
Constante	25,4556	9,0180	2,823	0,013
Modèle	R^2 ajusté = 0,596		F = 8,0148	p = 0,0012

* Variable retranchée dans l'étape 3.

TABLEAU V (suite)

Étape 3

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Température	0,2426	0,1136	2,136	0,049*
Oxygène dissous	-0,7714	0,1380	-5,591	0,000
pH	-3,1651	1,3530	-2,339	0,033
Constante	26,0924	8,8024	2,964	0,009
Modèle	R^2 ajusté = 0,611		F = 10,9377	p = 0,0004

* Variable retranchée dans l'étape 4.

TABLEAU V (suite)

Étape 4

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Oxygène dissous	-0,7176	0,1492	-4,810	0,000
pH	-1,5558	1,2360	-1,259	0,225*
Constante	17,1510	8,5153	2,014	0,060
Modèle	R^2 ajusté = 0,529		F = 11,6798	p = 0,0006

* Variable retranchée dans l'étape 5.

TABLEAU V (suite)

Étape 5

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Oxygène dissous	-0,6865	0,1495	-4,592	0,000
Constante	6,5025	0,9873	6,586	0,000
Modèle	R^2 ajusté = 0,514		F = 21,0904	p = 0,0002

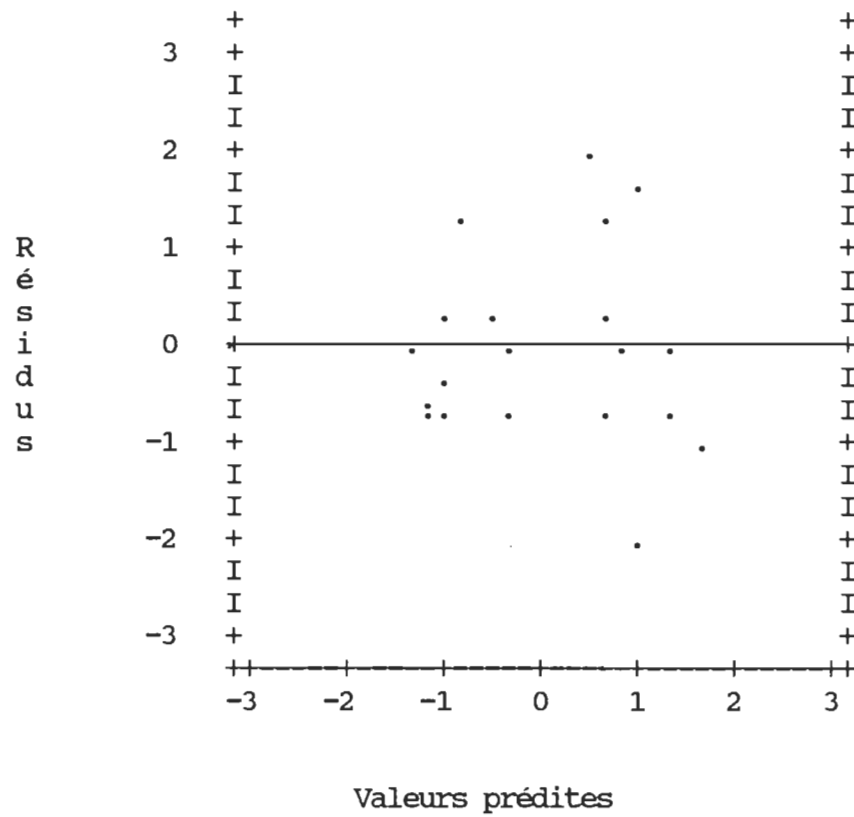


Figure 13: Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au premier modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.

de régression estimé par cette analyse détermine l'équation suivante:
 $Y = 0,888 + 1,475 (\text{Calamagrostis})$.

Nous retrouvons à la figure 14, la répartition des résidus en fonction des valeurs prédites du présent modèle. Le nuage de points, bien réparti de part et d'autre de l'axe 0 des résidus, indique que le modèle est valable. Une régression simple effectuée entre les valeurs prédites et les valeurs réelles donne une corrélation significative ($r = 0,925$; $p \leq 0,001$).

Dans une troisième analyse par régression multiple, nous ajoutons le paramètre "densité végétale totale" avec les variables indépendantes utilisées dans l'analyse précédente. Les résultats démontrent que le Calamagrostis a été remplacé par cette nouvelle variable. Pour en comprendre la raison, il faut comparer les valeurs du R^2 ajusté des étapes 1 de ces deux dernières analyses. La densité végétale est sélectionnée dans la troisième analyse parce que la valeur du R^2 ajusté est plus élevée (0,799) par rapport à celle de la deuxième analyse avec le Calamagrostis (0,736). Nous présentons les résultats des tests de signification des modèles (tests F) et des coefficients de régression (tests t) de la première et de la dernière étape de cette analyse au tableau VII. Le modèle est significatif ($F = 39,1816$; $p = 0,0000$) et explique 73,2% de la variabilité des 15 valeurs du nombre d'oeufs. Le coefficient de régression de l'étape finale détermine l'équation suivante: $Y = - 0,2091 + 0,4694 (\text{densité végétale totale})$.

Le nuage de points, bien réparti de part et d'autre de l'axe 0 des résidus (figure 15) démontre que le modèle est bon et qu'il ne surestime ni ne sous-estime le nombre d'oeufs. Un calcul de régression simple fait à partir des valeurs prédites et des valeurs réelles nous donne une corrélation significative ($r = 0,866$; $p < 0,001$).

TABLEAU VI

Coefficients de régression de l'étape 1 et de l'étape finale du deuxième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres des plantes.

Étape 1

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
<u>Calamagrostis</u>	1,3605	0,4208	3,233	0,023
<u>Polygonum</u>	0,9552	2,8527	0,335	0,751
<u>Onoclea</u>	0,5436	0,9155	0,594	0,579
<u>Agrostis</u>	0,3501	0,3869	0,905	0,407
<u>Convolvulus</u>	-1,1048	2,7850	-0,397	0,708
<u>Phalaris</u>	0,2167	0,4274	0,507	0,634
<u>Lythrum</u>	0,9384	1,4218	0,660	0,538
<u>Carex</u>	0,0129	0,7004	0,018	0,986
<u>Spartina</u>	-1,0119	2,1940	-0,461	0,664
Constante	0,1794	0,9398	0,191	0,856
Modèle	R^2 ajusté = 0,736		F = 5,3340	p = 0,04

TABLEAU VI (suite)

Étape finale

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
<u>Calamagrostis</u>	1,4745	0,1681	8,773	0,000
Constante	0,8884	0,2360	3,764	0,002
Modèle	R^2 ajusté = 0,844		F = 76,9736	p = 0,0000

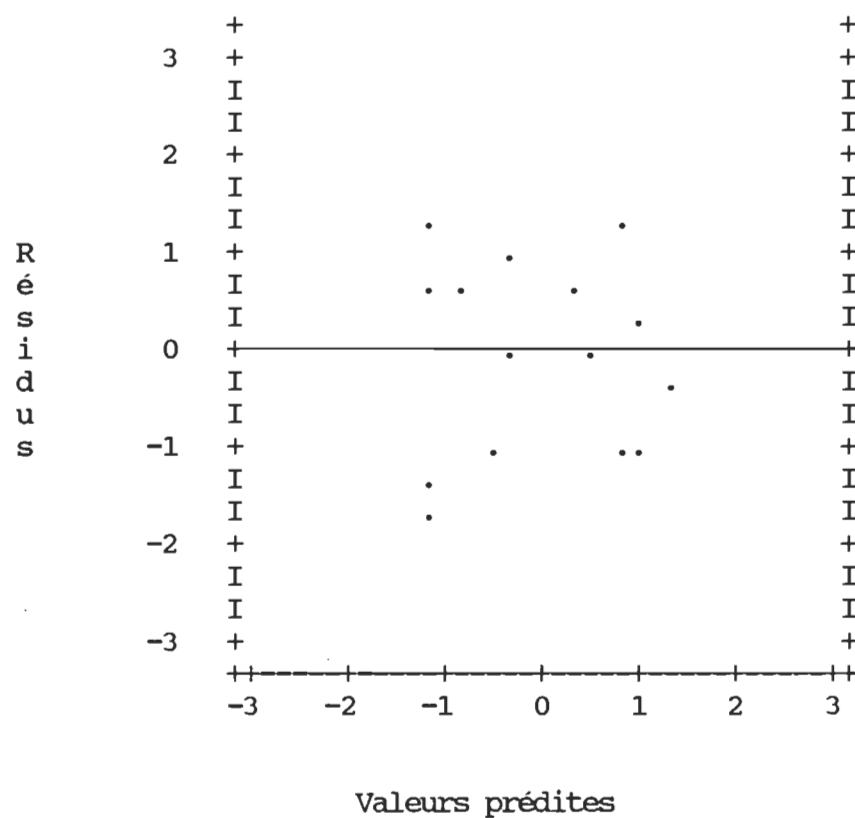


Figure 14: Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au deuxième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.

TABLEAU VII

Coefficients de régression de l'étape 1 et de l'étape finale du troisième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney à partir des paramètres végétaux (plantes + densité végétale totale).

Étape 1

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Densité végétale tot.	1,1961	0,3061	3,908	0,011
<u>Polygonum</u>	-1,5342	2,4425	-0,628	0,558
<u>Onoclea</u>	-0,6017	0,7577	-0,794	0,463
<u>Agrostis</u>	-0,7109	0,3964	-1,793	0,133
<u>Convolvulus</u>	-2,2982	2,5514	-0,901	0,409
<u>Phalaris</u>	-0,8094	0,4624	-1,751	0,140
<u>Lythrum</u>	-1,1461	1,4357	-0,798	0,461
<u>Carex</u>	-1,4657	0,7352	-1,994	0,103
<u>Spartina</u>	-1,8434	1,9741	-0,934	0,393
Constante	0,3736	0,8691	0,430	0,685
Modèle	R^2 ajusté = 0,799		F = 7,1715	p = 0,0215

N.B.: Le Calamagrostis a été exclus de l'analyse.

TABLEAU VII (suite)

Étape finale

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Densité végétale tot.	0,4694	0,0750	6,260	0,000
Constante	-0,2091	0,4712	-0,444	0,665
Modèle	R^2 ajusté = 0,732		F = 39,1816	p = 0,0000

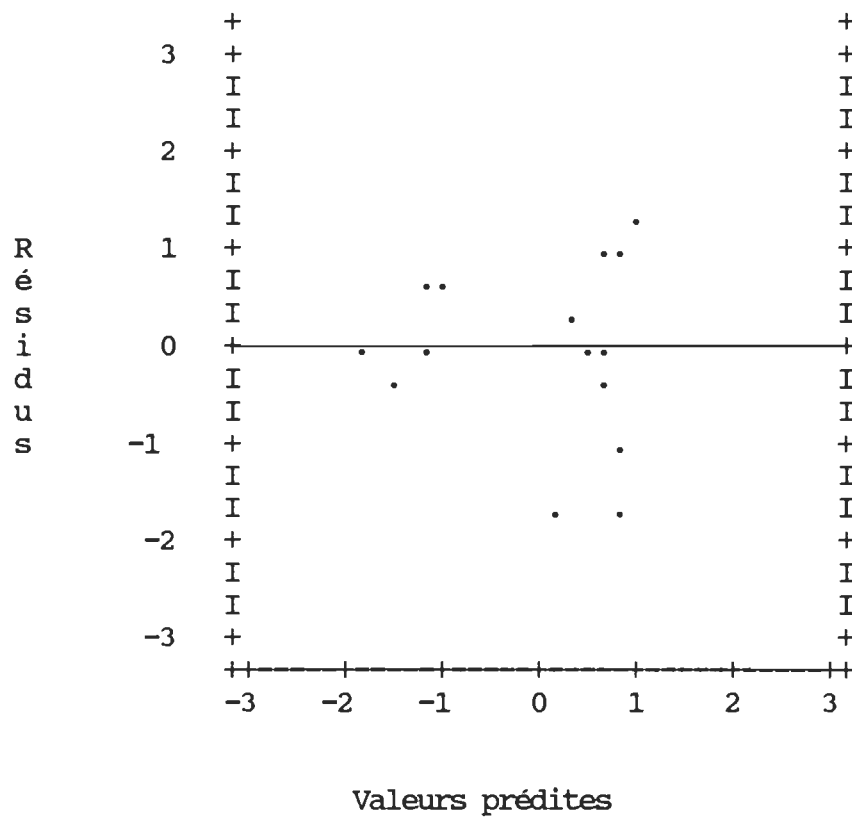


Figure 15: Distribution des résidus en fonction des valeurs prédites au troisième modèle prédictif du nombre d'oeufs par boîte de Forney.

Finalement lorsque nous faisons une régression multiple avec tous les paramètres (plantes + physico-chimie) mesurés avec les nombres d'oeufs, le modèle final est constitué uniquement avec la variable Calamagrostis. Ses caractéristiques sont en tous points identiques à celles du modèle obtenu à l'étape finale du tableau VI. D'autre part, si l'on remplace le Calamagrostis par la densité végétale totale, le modèle final est maintenant constitué uniquement avec la densité végétale et ses caractéristiques sont identiques à celles du modèle obtenu à l'étape finale du tableau VII.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

5.1 Facteurs de l'habitat

La période au cours de laquelle s'est déroulée la fraie du Grand Brochet dans la plaine de débordement de la rivière Godefroy en 1986 est comparable à celles rapportées par d'autres auteurs qui ont étudié l'importance de la température de l'eau dans le phénomène de la reproduction du Grand Brochet (tableau VIII).

L'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques montre que la température de l'eau est demeurée relativement la même dans les milieux. Quant aux valeurs moyennes de la turbidité, de l'oxygène dissous et de la conductivité, elles se situent dans la fourchette des variations naturelles déjà rencontrées au voisinage du réacteur nucléaire à Gentilly (Thibault et Vaillancourt, 1985; Cherradi, 1987) et dans la région du lac St-Pierre (Blanchet, 1985) mais nos valeurs de pH sont plus faibles, du moins au début de l'échantillonnage. Cette différence serait causée possiblement par l'acidité de l'eau provenant de la fonte des neiges à cette période.

L'analyse de variance a montré des différences entre les milieux au point de vue turbidité de l'eau et oxygène dissous. Plusieurs causes seraient responsables de cette situation. D'abord, nous sommes en présence d'une zone nouvellement inondée et la profondeur de l'eau est souvent inférieure à 60 cm. Comme la protection du sol est plutôt déficiente dans les milieux forêt et champ, en comparaison des milieux prairie et broussaille, le vent et la pluie notés au début des travaux ont sans doute contribué à accentuer les écarts de turbidité. De plus les différences observées sont probablement reliées à la densité végétale puisque la turbidité est fortement corrélée négativement

TABLEAU VIII

Période de la fraie du Grand Brochet suivant la température (°C) de l'eau enregistrée dans différentes régions.

Région	température de l'eau (°C)	période de la fraie	auteur
Ontario (Lac Simcoe)	4,4- 11	11 avril	Scott et Crossman (1974)
Québec (Haut-Richelieu)	10	17 - 27 avril (1974)	Cadieux et Villeneuve (1981)
Québec (Haut-Richelieu)	7,5	23 avril - 2 mai (1975)	Cadieux et Villeneuve (1981)
Québec (Haut-Richelieu)	12	3 - 11 avril (1976)	Cadieux et Villeneuve (1981)
Québec (Haut-Richelieu)	4- 10	1 - 15 avril (1977)	Cadieux et Villeneuve (1981)
Québec (Haut-Richelieu)	8- 18	12 - 28 avril (1978)	Cadieux et Villeneuve (1981)
Québec (région de Montréal)	8	avril - mai	Dubé et Gravel (1978)
Québec (1982) (Lac St-Pierre)	-	26 avril	Picard et Norman
Québec (Lac St-Pierre)	-	22 avril	Tessier <u>et al</u> , (1983)
Québec (Fleuve Saint- Laurent - rivière Godefroy)	5	12 avril	présente étude

($r = -0,8608$; $p < 0,001$) avec cette variable.

D'autre part, la présence de végétation dans la zone inondée pourrait avoir son impact sur certains facteurs qui influencent la teneur en oxygène dissous de l'eau tels le vent, la matière oxydable et les courants (Klein, 1957). La végétation représente un obstacle à l'action du vent sur l'eau et diminue en conséquence les échanges gazeux air/eau. De plus, la végétation accumule au fil des ans des débris de végétaux qui constituent de la matière décomposable au moment de l'inondation. Finalement, elle favorise la stagnation de l'eau puisqu'elle cause de la résistance au déplacement des masses d'eau.

Les plantes que nous avons identifiées dans ce secteur de la rivière Godefroy colonisent également les zones riveraines du lac St-Pierre (Tessier et al, 1984). Elles apparaissent sous la forme de groupements (Phalaris, Calamagrostis) où bien elles font partie de la flore compagne des différentes associations végétales présentes. Les différences végétales observées entre les milieux peuvent dépendre du fait que la position des groupements végétaux dans la zone riveraine est liée à la micro-topographie de la rive et à la mise en eau printanière (Tessier et al, 1981). Soulignons également que la disponibilité de la lumière va intervenir dans la présence d'une espèce végétale.

5.2 La ponte

Nous avons comparé nos résultats avec ceux de d'autres auteurs qui ont étudié la reproduction du Grand Brochet dans les mêmes milieux. Les pontes dans la forêt durant les années 1976, 1977, 1978 sont demeurées, tout comme nos résultats (0,86), inférieures à un oeuf par prélèvement (0,11; 0,03; 0,24) (tableau IX). Les pontes enregistrées dans la prairie (3,37) et dans la broussaille (3,14) demeurent comparables à celles de Dumont et al (1977) (prairie: 6,98; 1,18-

TABLEAU IX

Comparaison du nombre de prélèvements (N) (Boîte de Forney) et du nombre d'oeufs en moyenne par prélèvement dans les mêmes milieux suivant la région d'étude de différents auteurs.

Région	(N) Forêt	(N) Prairie	(N) Brous.	(N) Champ	année	auteur
Lac Oneida (USA)		(17) 0,67			1965	Forney (1968)
Lac Oneida (USA)		(14) 2,57			1966	Forney (1968)
Haut- Richelieu (Québec)	(27) 0,11	(86) 6,98	(25) 3,40	(18) 4,33	1976	Dumont et <u>al</u> (1977)
Baie- Missisquoi (Québec)	(62) 0,03	(34) 1,18	(11) 0,27	(42) 1,17	1977	Dumont et <u>al</u> (1977)
Haut- Richelieu (Québec)	(17) 0,24	(32) 2,12	(6) 4,67	(8) 12,25	1978	Cadieux et Ville- neuve (1981)
Fleuve St-Laurent Rivière Godefroy (Québec)	(120) 0,86	(120) 3,37	(60) 3,14	(96) 0,96	1986	Pré- sente étude

broussaille: 3,40; 0,27) et celles de Cadieux et Villeneuve (1981) (prairie: 2,12; broussaille: 4,67) malgré des variations annuelles et régionales. Dans le Haut-Richelieu, Fortin et al (op. cit.) expliquent les variations annuelles du dépôt des oeufs par la disponibilité de la végétation en fonction de l'amplitude de la crue, aux hasards des déplacements des géniteurs dans les sites propices et aux variations locales de la température. Mentionnons aussi que l'effort d'échantillonnage a joué aussi dans le calcul de ces moyennes. Enfin, la ponte mesurée dans le champ (0,96) a été plus faible que celles rapportées par Dumont et al (1977) et Cadieux et Villeneuve (1981) soit de 4,33 et 1,17 dans le premier cas et de 12,25 dans le second cas.

5.3 Relations entre les descripteurs et l'abondance des oeufs

Les corrélations linéaires simples démontrent que le nombre d'oeufs augmente dans une eau plus claire et moins oxygénée en fonction de la densité du Phalaris, du Calamagrostis, du Lythrum, du Convolvulus ou en fonction de la densité végétale totale. Cependant il faut souligner que plusieurs paramètres de l'habitat sont interreliés (figure 16).

Les régressions multiples réalisées avec tous les paramètres de l'habitat ont montré que le Grand Brochet dépose ses oeufs sur les substrats en fonction de la densité végétale totale sans égard aux plantes et aux paramètres physico-chimiques de l'eau qui recouvre les substrats. Le modèle obtenu explique 73,2% de la variance totale. D'autre part, de façon plus spécifique aux espèces végétales de la région d'étude, le dépôt des oeufs est lié à la densité du Calamagrostis. Ce second modèle explique 84,4% de la variance totale. Cependant, cette relation n'est pas due au fait du hasard puisque cette plante affiche la plus forte relation avec la densité végétale totale du substrat ($r = 0,858$; $p = 0,000$).

Turbidité	100															
Température	-26	100														
Conductivité	56*	63*	100													
O ₂ dissous	88*	54*	-55*	100												
pH	-23	54*	56*	-26	100											
<u>Phalaris</u>	-66*	- 1	- 6	-58*	2	100										
<u>Calamagrostis</u>	-75*	16	27	-73*	3	55*	100									
<u>Onoclea</u>	18	40	17	49	- 5	-29	-45	100								
<u>Carex</u>	-20	-18	- 4	-29	3	13	37	-68*	100							
<u>Lythrum</u>	-49*	13	12	-54	10	30	68*	-62*	70*	100						
<u>Agrostis</u>	-32	-11	- 1	-21	-37	19	27	-25	41	33	100					
<u>Convolvulus</u>	-68*	11	6	-56	-21	76*	59*	3	-20	24	21	100				
<u>Spartina</u>	-42	42	79*	-32	54	-33	11	10	16	15	6	-16	100			
<u>Polygonum</u>	-36	38	79*	-40	59*	-25	- 1	18	- 9	-10	-13	- 9	90*	100		
Dens.vég.tot.	-86*	18	34	-87*	10	61*	86*	-46*	60*	77*	53*	55*	29	13	100	
	T	T	C	O ₂	P	P	C	O	C	L	A	C	S	P	D	
	u	e	o	d	H	h	a	n	a	y	g	o	p	o	v	
	r	m	n	i		a	l	o	r	t	r	m	a	l	t	

Figure 16: Matrice des corrélations entre les paramètres de l'habitat. Les coefficients de corrélation ont été multipliés par 100 et le signe * indique une corrélation significative à $p \leq 0,05$.

Ainsi, le Grand Brochet peut déposer ses oeufs sur différents substrats au moment de la fraie à la condition toutefois que ces substrats soient facilement accessibles (Gravel et Dubé, 1980; Fortin et al, 1982). Forney (1968) mentionne aussi la possibilité de planter du blé d'hiver aux fins d'utilisation comme substrat de fraie.

La reproduction du Grand Brochet dans ce type d'habitat peut être considérée comme le résultat d'une adaptation positive face au milieu. En effet les herbages denses inondés par la crue printanière constitue une niche idéale pour le support de ses oeufs, la fixation de ses larves vésiculées, la production d'invertébrés en quantité suffisante pour nourrir sa progéniture, et une protection efficace pour les brochetons contre les prédateurs (Gravel et Dubé, 1980). Cependant, il est plausible de croire qu'une densité végétale trop forte constitue un facteur limitant dans les déplacements des géniteurs et réduit par le fait même l'utilisation des substrats inondés. Nos résultats, concernant la distribution de la ponte à différentes valeurs de la densité végétale du substrat (tableau X), démontre que la densité végétale recherchée par le brochet se situe entre 3 et 11 contacts sur la baïonnette. En effet, nous avons mesuré un dépôt moyen inférieur à un oeuf par prélèvement lorsque la densité végétale est moins de trois contacts tandis qu'une densité végétale supérieure à 11 contacts sur la baïonnette entraîne une chute évidente du dépôt des oeufs. Quant aux densités les plus fréquentes dans ce secteur de la rivière Godefroy, elles sont de six et de sept contacts.

Finalement, les substrats inondés les plus utilisés par le Grand Brochet au moment de la fraie peuvent modifier certains paramètres physico-chimiques de l'eau. Afin de connaître les paramètres qui pourraient servir d'indice pour mesurer la densité végétale totale des substrats, nous avons procédé à une régression multiple avec comme variables indépendantes les paramètres physico-chimiques de l'eau. Le tableau XI présente les résultats de cette analyse. Le modèle obtenu explique 84,1% de la variance totale et ce, de façon significative

($F = 74,9$; $p = 0,000$). La densité végétale est inversement liée à l'oxygène dissous. Elle peut être exprimée par l'équation suivante: $\text{densité végétale} = 15,29 - 1,6159 (\text{oxygène dissous})$.

TABLEAU X

Distribution de la ponte suivant les variations de la densité végétale du substrat.

Nombre d'oeufs total	Nombre de contacts	Nombre de prélèvements	\bar{X}	$S\bar{X}$
0	0	36	0,00	0,00
2	1	29	0,07	0,01
1	2	18	0,56	0,06
37	3	16	2,31	1,32
39	4	27	1,44	0,68
89	5	29	3,07	1,19
119	6	31	3,84	1,27
127	7	31	4,10	1,17
90	8	19	4,74	1,61
79	9	23	3,43	0,84
34	10	11	3,09	1,26
81	11	13	6,23	1,59
19	12	4	4,75	2,75
3	13	2	1,50	1,50
31	14	6	5,17	2,95
3	15	1	3,00	0,00
1	16	2	0,50	0,50
0	17	2	0,00	0,00
<hr/> 755		<hr/> 300		

TABLEAU XI

Coefficient de régression du modèle prédictif de la densité végétale du substrat à partir des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Variable	Coefficient (b)	Écart type S_b	t	p =
Oxygène dissous	-1,6159	0,1867	74,900	0,000
Constante	15,2900	1,1470	177,706	0,000
Modèle	R^2 ajusté = 0,841		F = 74,900	p = 0,000

CONCLUSION

A la suite de notre travail, il appert que la qualité de l'eau dans ce secteur de la rivière Godefroy au début du printemps de l'année 1986 se compare à celles de d'autres régions situées le long du fleuve St-Laurent. Les espèces végétales qui colonisent les rives de cette rivière sont présentes également sur les rives du lac Saint-Pierre, Québec.

Nos résultats ont mis en évidence la sélection des milieux inondés recouverts par une forte végétation herbacée comme habitat privilégié par le Grand Brochet au moment de sa reproduction. En outre, nous avons trouvé que l'abondance relative des oeufs est liée à la densité végétale totale du substrat; en effet, le modèle obtenu explique 73,2% de la variance totale. Aussi, nous avons constaté que les préférences du Grand Brochet envers une espèce végétale sont dues au fait que cette plante lui offre une densité végétale plus forte par rapport aux autres plantes de disponibles.

De plus, nous avons démontré que l'oxygène dissous peut être un indice pour évaluer la densité végétale totale du substrat.

Le canal secondaire de la rivière Godefroy constitue un site de choix pour réaliser d'autres études sur les frayères en eau calme. En effet, afin d'avoir accès aux terres agricoles situées sur l'île "Isle Marie" (Duhaime, 1970) et près du fleuve Saint-Laurent, les anciens propriétaires de ces terres ont construit un pont de terre au début du canal secondaire et un autre à la fin. L'élévation de ces constructions n'empêche pas les déplacements des poissons mais elles constituent indirectement des excellents moyens pour régulariser la durée du retrait progressif de l'eau. A partir de ces anciennes constructions, il serait très facile de contrôler les entrées et les

sorties des géniteurs ainsi que les sorties des jeunes poissons. Des études similaires pourraient établir un lien entre la surface des herbages disponibles pour la fraie, le dépôt des oeufs mesuré à l'aide de la boîte de Forney et le nombre de géniteurs qui fréquente le milieu. D'autre part, en Europe, on provoque la montée des géniteurs vers des étangs aménagés à l'aide de matières organiques (Arrignon, 1976). Il serait intéressant de vérifier la possibilité de concentrer artificiellement, à l'aide de substances organiques, les géniteurs vers les zones où la surface des herbages et la durée de l'inondation sont idéales à chaque année pour la survie des jeunes. De telles études seraient très utiles dans l'aménagement de frayères temporaires ou permanentes situées dans les régions où l'espace est courtisé autant par l'homme que par la faune ichthyenne.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- American Public Health association, 1980. Standard methods for the examination of water and waste-water.-15th ed. - Washington, D.C., 1134 p.
- Anonyme, 1983. Statistiques annuelles et mensuelles 1951-1980.- Service de la Météorologie, Ministère de l'Environnement, Québec, 15 p.
- Arrignon, J., 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. - Gauthier-Villars, Paris, 137 p.
- Bams, R.A. & C.N.H. Lam, 1983. Influence of deteriorating water quality on growth and development of chacun Salmon (Oncorhynchus keta) larvae in a japanese style keeper channel. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 2098-2104.
- Berg, L., A.S. Bogdanow, N.I. Kijin & J.S. Rass, 1950. Les poissons commerciaux de l'URSS. - Ministère des Pêcheries de l'URSS: 300-303.
- Blanchet, P., 1985. Étude de la sélection de l'habitat préférentiel du rat musqué (Ondatra zibethicus L.) dans des étangs aménagés au lac Saint-Pierre, Québec. Mémoire de maîtrise. Univ. du Québec à Trois-Rivières.
- Bouchard, D., 1976. Localisation des frayères des principales espèces de poissons d'intérêt sportif et commercial dans le fleuve Saint-Laurent (phase 1). - Rapport technique réalisé pour le comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent par le Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de la recherche biologique à Montréal, 175 p.
- Bry, C., Y. Souchon & G. Neveu, 1984. Production de brochetons en petits étangs par reproduction naturelle aménagée. - Bull. Fr. Piscic., 293-294: 59-64.

- Cadieux, C. & D. Villeneuve, 1981. Etude de l'influence de différents paramètres physiques sur la reproduction du Grand Brochet (Esox lucius L.) du Haut-Richelieu. - Mem. M. Sc. Université du Québec à Montréal, 104 p.
- Chapleau, D. & G. Thellen, 1979. Aménagement de frayères de Grand Brochet, Esox lucius L., au Québec - Pages 77-87 in J. Dubé & Y. Gravel (éds.). Compte rendu du 10e atelier sur les poissons d'eau chaude, 1977: Montebello, Québec. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique, Montréal, R.R.F. 52, 285 p.
- Cherradi, M., 1987. Étude de l'abondance et de la diversité des poissons adultes du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de la centrale nucléaire de Gentilly, Québec. Mémoire de maîtrise. Univ. du Québec à Trois-Rivières, 114 p..
- Dixon, W.J. & F.J. Massey, 1969. Introduction to statistical analysis. - McGraw-Hill, 638 p.
- Dubé, J. & Y. Gravel, 1978. Plan pilote d'aménagement intégré des ressources biologiques du territoire de la frayère du ruisseau Saint-Jean, comté de Chateauguay, Québec. - Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique, Montréal, 52 p.
- Duhaime, J., 1970. Les habitants de l'Isle, Sainte-Angèle-de-Laval. - Edition du Bien Public, Trois-Rivières, 187 p.
- Dumont, P., R. Fortin & H. Fournier, 1979. Certain aspects of the reproduction of Upper Richelieu and Missisquoi Bay Northern Pike, Esox lucius L. - Pages 231-248 in J. Dubé & Y. Gravel (éds.). Compte rendu du 10e atelier sur les poissons d'eau chaude, 1977: Montebello, Québec. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique, Montréal, R.R.F. 52, 285 p.
- Fabrizius, E., 1950. Heterogenous stimulus summation in the release of spawning activities in fish. - Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 31: 57-99.

- Fabricius, E. & K. J. Gustafson, 1958. Some new observations on the spawning behavior of the pike, Esox lucius L. - Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 39: 23-54.
- Fago, D.M., 1977. Northern pike production in managed spawning and rearing marshes. - Wis. Dept. Nat. Res., Tech. Bull. 96, 30 p.
- Forney, J.L., 1968. Production of young northern pike in a regulated marsh. - N.Y. Fish Game J., 15(2): 143-154.
- Fortin, R., P. Dumont, H. Fournier, C. Cadieux & D. Villeneuve, 1982. Reproduction et force des classes d'âge du Grand Brochet (Esox lucius L.) dans le Haut Richelieu et la baie Missisquoi. - Can. J. Zool., 60: 227-240.
- Franklin, D. & L. Smith, 1963. Early life history of the northern pike, Esox lucius L., with special reference to the factors influencing the numerical strength of year classes. - Trans. Am. Fish. Soc., 92(2): 91-110.
- Gadd, N.R., 1971. Pleistocene geology of the central St-Lawrence Iowland. - Geol. surv. can. dep. Energy, Mines, Ressour., Ottawa, Mem. 359, 153 p.
- Gravel, Y. & J. Dubé, 1979. Plan de conservation du Grand Brochet, Esox lucius L., au lac Saint-Louis, Québec. - Pages 27-59 in J. Dubé & Y. Gravel (éds.). Compte rendu du 10e atelier sur les poissons d'eau chaude, 1977: Montebello, Québec. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique, Montréal, R.R.F. 52, 285 p.
- Gravel, Y. et J. Dubé, 1980. Les conditions hydriques et le rôle de la végétation dans une frayère à Grand Brochets Esox lucius L. Eau du Québec 13: 229-230.
- Harvey, H. H., 1980. Widespread and diverse changes in the biota of North American lakes and rivers coincident with acidification, p. 93 - 98. In D. Drablos and A. Tollan, eds. Proceeding of an International Conference, Sandefjord, Norvège. 11-14 mars, 1980. SNSF proj.

- Hess, L. & C. Heartwell, 1979. Litterature review of large esoxids (muskellunge, northern pike, hybrid tiger muskellunge). - Pages 139-181 in J. Dubé & Y. Gravel (éds.). Compte rendu du 10e atelier sur les poissons d'eau chaude, 1977: Montebello, Québec. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Recherche faunique, Montréal, R.R.F. 52, 285 p.
- Johansson, N. and J. E. Kihlstrom, 1975. Pikes (Esox lucius L.) shown to be affected by low pH values during first weeks after hatching. Environ. Res. 9: 12-17.
- Klein, L., 1957. Aspects of river pollution. - Butterworths Scientifics Publications, London, 236 p.
- Lafrance, J.N., 1974. Etude de la reproduction du brochet, Esox lucius L., dans la frayère Pélissier, Lac McGregor, comté de Papineau, Québec. - Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement de la faune. Rapp. miméo., 4, 67 p.
- Lapointe, D., 1983. Zones inondables - Fleuve Saint-Laurent - calcul des niveaux de récurrence 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. Tronçon-Varennes - Grondines. - M-82-2. Ministère de l'Environnement, Service de la météorologie, 15 p.
- Legendre, V., 1980. Fraie, Fraye, Frai. - Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, 2 p.
- Massé, G., 1974. Frayères à poissons d'eau chaude, du couloir fluvial, entre Montréal et le lac Saint-Pierre. - Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement de la faune, 20 p.
- McCarraher, D.B. & R.E. Thomas, 1972. Ecological significance of vegetation to northern pike, Esox lucius L, spawning. - Trans. Amer. Fish. Soc., 101(3): 560-563.
- Ménard, M., 1983. Recherche bibliographique sur les frayères en eau calme: description des habitats préférentiels. - Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service Archipel, Montréal, 21 p.

- Mongeau, J.R., 1960. Croissance du brochet commun, Esox lucius, dans deux lacs du parc du Mont-Tremblant, Province de Québec.- Université de Montréal, Thèse de doctorat, 151 p.
- Mongeau, J.R. & G. Massé, 1976. Les poissons de la région de Montréal, la pêche sportive et commerciale, les ensemencements, les frayères, la contamination par le mercure et les PCB. - Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapp. tech. 06-29, 145 p.
- Mongeau, J.R., J. Leclerc & J. Brisebois, 1980. La répartition géographique des poissons, les ensemencements, la pêche sportive et commerciale, les frayères et la bathymétrie du fleuve Saint-Laurent dans le bassin de La Prairie et des rapides de Lachine.- Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapp. tech. 06-29, 145 p.
- Nisbet, M. & J. Vernaux, 1970. Les composantes chimiques des eaux courantes. - Annls. Limnol., 6(2): 161-190.
- Norman, M. & J. Picard, 1986. Exigences temporelles d'alevins de Grand Brochet (Esox lucius L.) et de Perchaude (Perca flavescens) dans la plaine d'inondation de la rive sud du Lac Saint-Pierre. Revue de littérature. - Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale des Trois-Rivières, 10 p. (non publiée).
- Norusis, M.J., 1983. Introductory statistics guide, SPSSX. - McGraw-Hill book compagny. Illinois, 276 p.
- Pagé, Y.L., 1971. Étude de la qualité des eaux du lac Memphrémagog. - Régie des Eaux du Québec, Québec, 168 p.
- Pageau, G. & R. Tanguay, 1977. Frayères, sites propices à la reproduction, et sites de concentration de jeunes poissons d'intérêt sportif et commercial dans le fleuve Saint-Laurent.- Rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent par le Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Montréal, 419 p.

- Poissonet, P. & J. Poissonet, 1969. Etude comparée de diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes. Conséquences pour les applications agronomiques. - Document N° 50, C.N.R.S. - C.E.P.E., Montpellier, 120 p.
- Ramade, F., 1982. Eléments d'écologie: écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. - Mc Graw-Hill, Paris, 452 p.
- Ramade, F., 1984. Elément d'écologie, écologie fondamentale - McGraw-Hill, Paris, 397 p.
- Sarrazin, R., M. Cantin, A. Gagnon, C. Gauthier & G. Lefebvre, 1983. La protection des habitats fauniques au Québec. - Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, direction générale de la faune, 256 p.
- Scott, W.B. & J.E. Crossman, 1974. Poissons d'eau douce du Canada.- Ministère de l'Environnement. Service des pêches et des sciences de la mer. Ottawa, Bull. 184, 1026 p.
- Scherrer, B., 1984. Biostatistique. - Gaétan Morin Ed., Chicoutimi, 850 p.
- Siefert, R. E., W. A. Spoor, and R. E. Syrett, 1973. Effets of reduced oxygen concentrations on northern pike (Esox lucius) embryos and larvae. J. Fish. Res. Board Can. 30: 849-852.
- Tessier, C., A. Maire & A. Aubin, 1981. Etude de la végétation des zones riveraines de l'archipel des Cent-Iles du fleuve Saint-Laurent, Québec. - Can. J. Bot., 59: 1526-1536.
- Tessier, C., J. Picard & M. Norman, 1983. Etudes des populations de poissons de la plaine de débordement du lac Saint-Pierre (Québec). - Université du Québec à Trois-Rivières et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 38 p.
- Tessier, C., A. Aubin & D. Chenevriér, 1984. Les facteurs élévation et distance dans la structure et la productivité d'une communauté riveraine de macrophytes. - Can. J. Bot., 62: 2260-2266.

- Tessier, C. & R. Couture, 1984. Etudes des populations de poissons de la plaine de débordement du lac Saint-Pierre (Québec) secteur rive sud. - Université du Québec à Trois-Rivières (Preliminaire), Gouvernement du Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 11 p.
- Thibault, Y. et G. Vaillancourt, 1985. Programme de surveillance écologique. Centrale nucléaire de Gentilly 2. Phase opérationnelle 1984-1985. Lab. de recherche sur les habitats fauniques. Univ. du Québec à Trois-Rivières, 133 p.
- Trencia, G., 1986. L'habitat du poisson et la canalisation des cours d'eau à des fins agricoles. - Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 39 p.
- Zar, J.H., 1974. Biostatistical analysis. -Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New-Jersey, 620 p.

ANNEXE A

Valeurs des variables hydro-chimiques mesurées à chaque station durant la période d'échantillonnage et valeurs moyennes et écart-types de ces variables selon chaque milieu.

Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
Forêt	13	1	3,5	62,0	100,0	(-)	6,7
Forêt	13	9	5,0	30,0	80,0	(-)	6,4
Forêt	13	13	4,0	38,0	95,0	(-)	6,4
Forêt	13	16	4,5	41,0	95,0	(-)	6,4
Moyenne Forêt (écart-type)	13		4,25 (0,65)	42,75 (13,65)	92,50 (8,66)	(7,74)*	6,48 (0,15)
Prairie	13	3	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Prairie	13	8	6,0	27,0	70,0	(-)	6,4
Prairie	13	10	6,0	21,0	220,0	(-)	6,4
Prairie	13	11	6,0	35,0	90,0	(-)	6,4
Moyenne Prairie (écart-type)	13		6,00 (0,00)	27,67 (7,02)	126,67 (81,45)	(4,62)*	6,40 (0,00)
Broussaille	13	4	5,0	27,0	110,0	(-)	6,8
Broussaille	13	5 (E)	6,0	23,0	110,0	(-)	6,6
Broussaille	13	7 (E)	6,0	27,0	75,0	(-)	6,5
Broussaille	13	14	6,0	36,0	120,0	(-)	6,5
Moyenne Broussaille (écart-type)	13		5,50 (0,71)	31,50 (6,36)	105,00 (7,07)	(5,25)*	6,65 (0,21)

	Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
	Champ	13	2	6,0	28,0	80,0	(-)	6,8
	Champ	13	6	5,0	52,0	90,0	(-)	6,5
	Champ	13	12	5,0	36,0	95,0	(-)	6,4
	Champ	13	15	5,0	39,0	100,0	(-)	6,5
Moyenne	Champ	13		5,25	38,75	91,25	(8,06)*	6,55
(écart-type)				(0,50)	(9,98)	(8,54)		(0,17)
	Forêt	14	1	4,5	55,0	110,0	(-)	6,8
	Forêt	14	9	10,0	31,0	(-)	(-)	6,7
	Forêt	14	13	10,0	42,0	100,0	(-)	6,6
	Forêt	14	16	8,0	40,0	(-)	(-)	6,5
Moyenne	Forêt	14		8,13	42,00	105,00	(7,74)*	6,65
(écart-type)				(2,59)	(9,90)	(7,07)		(0,13)
	Prairie	14	3	7,0	22,0	105,0	(-)	6,7
	Prairie	14	8	10,0	25,0	80,0	(-)	6,7
	Prairie	14	10	11,0	22,0	120,0	(-)	6,7
	Prairie	14	11	13,0	31,0	110,0	(-)	6,7
Moyenne	Prairie	14		10,25	25,00	103,75	(4,62)*	6,70
(écart-type)				(2,50)	(4,24)	(17,01)		(0,00)
	Broussaille	14	4	7,0	23,0	110,0	(-)	6,8
	Broussaille	14	5 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	14	7 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	14	14	11,0	37,0	120,0	(-)	6,8
Moyenne	Broussaille	14		9,00	30,00	115,00	(5,25)*	6,80
(écart-type)				(2,83)	(9,90)	(7,07)		(0,00)

	Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
	Champ	15	2	5,0	27,0	70,0	(-)	6,9
	Champ	15	6	7,0	46,0	110,0	(-)	6,6
	Champ	15	12	11,0	42,0	110,0	(-)	6,8
	Champ	15	15	12,0	38,0	80,0	(-)	6,8
Moyenne	Champ	15		8,75	38,25	92,50	(8,06)*	6,28
(écart-type)				(3,30)	(8,18)	(20,62)		(0,13)
	Forêt	15	1	6,0	46,0	110,0	8,4	7,2
	Forêt	15	9	11,0	30,0	120,0	8,7	6,6
	Forêt	15	13	13,0	36,0	125,0	8,3	6,6
	Forêt	15	16	10,0	34,0	130,0	5,5	6,6
Moyenne	Forêt	15		10,00	36,50	121,25	7,73	6,75
(écart-type)				(2,94)	(6,81)	(8,54)	(1,49)	(0,30)
	Prairie	15	3	8,0	16,0	225,0	3,0	6,8
	Prairie	15	8	10,0	21,0	95,0	8,1	6,8
	Prairie	15	10	10,0	17,0	230,0	6,2	6,6
	Prairie	15	11	10,0	39,0	100,0	3,5	6,6
Moyenne	Prairie	15		9,50	23,25	162,50	5,20	6,70
(écart-type)				(1,00)	(10,72)	(75,11)	(2,39)	(0,12)
	Broussaille	15	4	8,0	23,0	175,0	2,5	6,9
	Broussaille	15	5 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	15	7 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	15	14	12,0	39,0	130,0	8,3	6,5
Moyenne	Broussaille	15		9,00	31,00	152,50	5,40	6,70
(écart-type)				(1,43)	(11,31)	(31,52)	(4,10)	(0,28)

	Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
	Champ	15	2	10,0	25,0	110,0	11,0	6,7
	Champ	15	6	14,0	36,0	120,0	9,5	6,9
	Champ	15	12	9,0	35,0	125,0	7,9	6,6
	Champ	15	15	12,0	34,0	185,0	7,7	6,5
Moyenne (écart-type)	Champ	15		11,25 (2,22)	32,50 (5,07)	135,00 (33,91)	9,03 (1,54)	6,68 (0,17)
	Forêt	16	1	7,0	43,0	155,0	8,5	6,7
	Forêt	16	9	10,0	35,0	140,0	8,3	6,5
	Forêt	16	13	13,0	35,0	145,0	9,0	6,5
	Forêt	16	16	12,0	40,0	140,0	6,9	6,6
Moyenne (écart-type)	Forêt	16		10,50 (2,65)	38,25 (3,95)	145,00 (7,07)	8,18 (0,90)	6,58 (0,10)
	Prairie	16	3	9,0	15,0	255,0	2,0	6,8
	Prairie	16	8	8,0	18,0	100,0	5,9	6,5
	Prairie	16	10	10,0	20,0	160,0	4,2	6,2
	Prairie	16	11	12,0	34,0	140,0	8,0	6,5
Moyenne (écart-type)	Prairie	16		9,75 (1,71)	21,75 (8,42)	163,75 (65,75)	5,03 (2,55)	6,50 (0,24)
	Broussaille	16	4	9,0	15,0	275,0	1,8	6,8
	Broussaille	16	5 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	16	7 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	16	14	13,0	35,0	145,0	9,2	6,6
Moyenne (écart-type)	Broussaille	16		11,00 (2,83)	25,00 (14,14)	210,00 (91,92)	5,50 (5,23)	6,70 (0,07)

	Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
	Champ	16	2 (A)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Champ	16	6 (A)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Champ	16	12	9,0	37,0	140,0	7,0	6,5
	Champ	16	15	14,0	36,0	150,0	8,5	6,6
Moyenne	Champ	16		11,50	36,50	145,00	7,75	6,55
(écart-type)				(3,54)	(0,71)	(7,07)	(1,06)	(0,07)
	Forêt	17	1	7,0	36,0	150,0	7,7	6,6
	Forêt	17	9	11,0	30,0	150,0	7,9	7,1
	Forêt	17	13	12,0	34,0	150,0	7,3	7,1
	Forêt	17	16	10,0	31,0	165,0	6,3	6,9
Moyenne	Forêt	17		10,00	32,75	153,75	7,30	6,93
(écart-type)				(2,16)	(2,75)	(7,50)	(0,72)	(0,24)
	Prairie	17	3	11,0	13,0	170,0	2,1	7,2
	Prairie	17	8	8,0	16,0	150,0	3,2	7,0
	Prairie	17	10	8,0	19,0	200,0	4,4	6,7
	Prairie	17	11	9,0	34,0	150,0	4,8	7,0
Moyenne	Prairie	17		9,00	20,50	167,50	3,63	6,98
(écart-type)				(1,41)	(9,33)	(23,63)	(1,22)	(0,21)
	Broussaille	17	4	9,0	13,0	340,0	1,8	7,1
	Broussaille	17	5 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	17	7 (E)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Broussaille	17	14	13,0	35,0	160,0	7,9	7,1
Moyenne	Broussaille	17		11,00	24,00	250,00	4,85	7,10
(écart-type)				(2,83)	(15,56)	(127,28)	(4,31)	(0,00)

Milieu	Date (avril)	Station	Température (°C)	Turbidité (UTN)	Conductivité ($\mu\text{mhos}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxygène dissous ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH (unité)
Champ	17	2 (A)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Champ	17	6 (A)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Champ	17	12	11,0	41,0	150,0	7,0	7,1
Champ	17	15	14,5	32,0	220,0	7,8	7,1
Moyenne	17		12,75	36,50	185,00	7,40	7,10
(écart-type)			(2,47)	(6,36)	(49,50)	(0,57)	(0,00)

(E): Stations exclues de l'étude.

(A): Stations abandonnées à cause du retrait des eaux.

(-): Valeurs manquantes.

(*): Valeurs moyennes des trois dernières journées.

ANNEXE B

Résultats des pointages de chaque plante riveraine d'après les contacts enregistrés sur la baïonnette. Nous retrouvons le numéro de la station, le nom de la plante, la somme de ses contacts pour un effet d'échantillonnage de 30 prélèvements (présences/30). Le total est le résultat de la multiplication (contacts X présences/30) tandis que le sous-total est l'addition de tous ses totaux. Le pointage de chaque plante est obtenu en multipliant le sous-total par le nombre de stations où est apparue la plante (fréquence) divisé par 10.

Stations	1			3			4			8			9			10			11			13			14			16			Sous-total		x		Fréquences/10		=		Pointage
Noms des plantes riveraines	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total									
<u>Phalaris arundinacea</u>	0	0	0,0	16	8	4,3	41	13	17,8	104	25	86,7	11	3	1,1	130	24	104,0	34	9	10,2	1	1	0,0	23	5	3,8	43	10	14,3	242,2	9/10			218,0				
<u>Calamagrostis canadensis</u>	3	1	0,1	106	25	88,3	69	18	41,4	26	7	6,1	0	0	0,0	50	13	21,7	43	11	15,8	0	0	0,0	12	9	3,6	0	0	0,0	177,0	7/10			123,9				
<u>Lythrum salicaria</u>	1	1	0,0	16	11	5,9	23	15	11,5	11	6	2,2	1	1	0,0	14	10	4,7	9	5	1,5	0	0	0,0	11	9	3,3	1	1	0,0	29,1	7/10			20,4				
<u>Onoclea sensibilis</u>	2	2	0,1	14	9	4,2	14	5	2,3	20	13	8,7	48	19	30,4	5	5	0,8	41	17	23,2	31	16	16,5	2	2	0,1	24	17	13,6	99,9	10/10			99,9				
<u>Carex sp.</u>	0	0	0,0	5	4	0,7	5	2	0,0	2	2	0,1	0	0	0,0	12	5	2,0	15	5	2,5	2	2	0,1	73	22	53,5	10	6	2,0	60,9	8/10			48,7				
<u>Convolvulus sepium</u>	0	0	0,0	3	3	0,3	2	2	0,1	16	10	5,3	0	0	0,0	17	13	7,4	14	7	3,3	0	0	0,0	2	2	0,1	0	0	0,0	16,5	6/10			9,9				
<u>Agrostis sp.</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	15	6	3,0	0	0	0,0	22	6	4,4	61	12	24,4	0	0	0,0	40	12	16,0	13	5	2,2	50,0	5/10			25,0				
<u>Polygonum sp.</u>	0	0	0,0	3	3	0,3	7	4	0,9	3	3	3,0	0	0	0,0	5	4	0,7	2	1	0,1	0	0	0,0	4	3	0,4	3	3	0,3	3,0	7/10			2,1				
<u>Spartina pectina</u>	0	0	0,0	4	2	0,3	3	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	18	6	3,6	0	0	0,0	5	2	0,3	3	2	0,2	4,5	5/10			2,3				

Stations	1			3			4			8			9			10			11			13			14			16			Sous-total		Pointage
Noms des plantes riveraines	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	x	Fréquences/10				
<u>Impatiens capensis</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	1	0,1	0	0	0,0	3	2	0,2	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,3	3/10	0.1
<u>Scirpus sp.</u>	0	0	0,0	6	3	0,6	9	3	0,9	0	0	0,0	0	0	0,0	3	1	0,1	1	1	0,0	0	0	0,0	6	3	0,6	0	0	0,0	2,2	5/10	1.1
<u>Juncus sp.</u>	1	1	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	1	0,1	0	0	0,0	4	2	0,2	2	1	0,1	0,4	5/10	0.2
<u>Sagittaria latifolia</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	3	3	0,3	0,3	2/10	0.1
<u>Leersia oryzoides</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,1	1/10	0.0
<u>Potentilla palustris</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	2	0,1	5	2	0,3	0,4	2/10	0.1
<u>Typha latifolia</u>	0	0	0,0	2	2	0,1	2	2	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,2	2/10	0.0
<u>Equisetum fluviatile</u>	0	0	0,0	1	1	0,0	2	2	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,2	3/10	0.1
<u>Laportea canadensis</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	10	10	3,3	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	7	5	1,2	4,5	2/10	0.9
<u>Lycopus americanus</u>	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	1	1	0,0	11	9	3,3	2	2	0,1	3,4	5/10	1.7
<u>Aster simplex</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	3	2	0,2	0	0	0,0	0	0	0,0	2	2	0,1	3	1	0,1	2	2	0,1	2	2	0,1	1	1	0,0	0,6	6/10	0.4
<u>Lysimachia quadrifolia</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	2	2	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	3	2	0,2	0,3	3/10	0.1

Stations	1			3			4			8			9			10			11			13			14			16			Sous-total		Pointage
Noms des plantes riveraines	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	Some contacts	Présences/30	Total	x	=				
<u>Eupatorium maculatum</u>	0	0	0,0	2	2	0,1	1	1	0,0	2	2	0,1	0	0	0,0	3	2	0,2	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,4	4/10	0,2
<u>Galium trifidum</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	6	2	0,4	0	0	0,0	0	0	0,0	6	5	1,0	1	1	0,0	1,4	3/10	0,4
<u>Scutellaria lateriflora</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	4	2	0,3	0	0	0,0	4	2	0,3	0,6	2/10	0,1
<u>Iris versicolor</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	17	11	6,2	0	0	0,0	6,2	1/10	0,6
<u>Prunella vulgaris</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	3	1	0,1	0	0	0,0	0,1	1/10	0,0
<u>Lathyrus palustris</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0,0	2/10	0,0
<u>Stachys palustris</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	1/10	0,0
<u>Vicia cracca</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	2	0,1	0	0	0,0	3	3	3,0	3	3	0,3	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,7	3/10	0,2
<u>Anemone canadensis</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	1	1	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	1/10	0,0
<u>Stellaria graminea</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	5	1	0,2	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,2	1/10	0,0
<u>Smilax herbacea</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	2	0,1	0	0	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,1	1/10	0,0
<u>Phleum pratense</u>	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	2	1	0,1	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,1	1/10	0,0

ANNEXE C

Résultats des caractéristiques végétales mesurées dans la forêt, la prairie et la broussaille à chaque jour de la période d'échantillonnage. Nous retrouvons le nombre de prélèvements (N), la densité végétale moyenne (\bar{X}) exprimée par un nombre de contacts/prélèvement ainsi qu'un écart-type (S).

Milieu	date (avril)	Nombre de prélèvements	Densité végé- tale totale		Densité Phalaris		Densité Calamagrostis		Densité Onoclea		Densité Carex		Densité Lythrum		Densité Agrostis		Densité Convolvulus		Densité Spartina		Densité Polygonum		Densité autres sp	
			\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
Forêt	13	16	0,69	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	
Forêt	14	16	1,50	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	
Forêt	15	16	2,36	2,37	0,63	1,55	0,00	0,00	0,68	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	
Forêt	16	16	2,63	2,83	0,59	1,54	0,00	0,00	1,00	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	
Forêt	17	16	2,88	3,07	1,13	2,60	0,00	0,00	0,90	1,53	0,31	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,54	0,00	0,00	0,51	
Prairie	13	12	7,83	2,92	1,75	2,90	0,90	1,73	0,58	0,67	1,17	2,33	0,17	0,39	2,50	2,36	0,17	0,39	0,19	0,75	0,00	0,00	0,38	0,50
Prairie	14	20	7,43	2,87	2,00	2,39	2,06	3,09	0,58	0,96	0,38	1,26	0,31	0,60	0,88	2,19	0,38	0,50	0,13	0,50	0,00	0,00	0,66	1,27
Prairie	15	40	8,12	3,26	2,05	2,71	1,88	2,48	0,58	0,90	0,10	0,38	0,20	0,04	1,15	2,55	0,48	0,91	0,13	0,80	0,10	0,00	0,96	1,10
Prairie	16	32	7,25	3,68	2,53	2,61	1,59	2,36	1,00	1,50	0,16	0,57	0,28	0,66	0,19	1,06	0,59	1,01	0,16	1,06	0,13	0,42	0,53	1,01
Prairie	17	16	7,44	1,93	3,50	3,35	1,11	2,89	0,38	0,81	0,31	0,70	0,31	0,60	0,00	0,00	0,31	0,87	0,06	0,28	0,13	0,34	0,56	0,55
Broussaille	13	8	7,63	2,92	1,88	3,04	2,00	3,02	0,13	0,35	1,63	1,88	0,50	1,07	0,00	0,00	0,13	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	1,30
Broussaille	14	8	8,00	4,34	1,25	2,05	0,88	1,81	0,13	0,35	2,13	2,53	1,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36	1,30
Broussaille	15	20	6,80	2,89	1,70	2,00	1,35	2,08	0,00	0,00	1,30	2,13	0,45	0,61	0,00	0,00	0,10	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	1,25
Broussaille	16	16	8,50	2,61	0,31	0,67	0,81	2,54	0,44	1,03	1,13	1,71	0,75	1,07	0,25	0,73	0,06	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51	1,51
Broussaille	17	8	6,13	1,46	0,00	0,00	0,63	1,41	0,88	1,64	0,50	1,07	0,13	0,35	0,25	0,71	0,00	0,00	1,38	2,56	1,00	1,07	1,36	1,06