

# Influence des régimes hydrologique et thermique de la rivière aux Pins (Québec) sur les migrations de fraie du Grand Brochet et sur l'avalaison des jeunes brochets de l'année

Gérard Massé <sup>(1)</sup>, Pierre Dumont <sup>(1)</sup>, Jocelyne Ferraris <sup>(2)</sup> et Réjean Fortin <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la Faune  
6255 13<sup>e</sup> avenue, Montréal, Québec H1X 3E6, Canada.

<sup>(2)</sup> Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, C.P.8888, Succ. A, Montréal H3C 3P8, Canada.

Reçu le 5 octobre 1990; accepté le 26 août 1991.

---

Influence of the hydrological and thermal regimes of the Aux Pins River (Québec) on the spawning migrations of northern pike and on the emigration of 0+ juveniles.

Massé G., P. Dumont, J. Ferraris, R. Fortin. *Aquat. Living Resour.*, 1991, 4, 275-287.

## Abstract

The influence of the hydrological and thermal regimes of the Aux Pins River, a small tributary of the Saint-Lawrence River, on the spawning migrations of the northern pike (*Esox lucius*) and on the emigration of 0+ juveniles was investigated under natural conditions in 1975, and under controlled water level conditions in 1976. Factorial analyses were used to study the covariations between five biological variables and 12 hydrological and climatic variables. Approximately 70% of the adults were already present on the spawning grounds when the fyke nets were installed. Peak spawning occurred on 25 April in 1975 and on 9 April in 1976 (mean water temperatures: 7-10°C). The emigration of adults occurred early in 1975. In 1976, downstream movements were very important immediately after spawning, regular but scarce when water levels were controlled, and important again at the end of the control period. Although they were modulated by high temperatures, the emigration of adults was stimulated by dropping water levels. Inversely, a rise in water levels, following precipitations, stimulated upstream migration, and slowed down the emigration movements, even late in the season. The first downstream migration of 0+ juvenile pike occurred approximately 30 days after peak spawning, at mean lengths of 19 mm. In late June 1975, 72% of the 0+ juveniles still remained in the Aux Pins River, as compared to 27% in 1976. The dropping of water levels at the end of the control period, in 1976, caused a massive emigration of 0+ juveniles. The authors' results can be used to predict the impact of water level manipulations, in a regulated spawning marsh, on the migrations of adult pike and of 0+ juveniles.

**Keywords :** *Esox lucius*, managed spawning marsh, spawning, migrations, temperature, water level, 0+ juvenile pike, production.

## Résumé

L'influence des régimes hydrologique et thermique de la rivière aux Pins, un petit tributaire du fleuve Saint-Laurent, sur les migrations de fraie du Grand Brochet (*Esox lucius*) et sur l'avalaison des jeunes brochets de l'année, a été étudiée en situation naturelle en 1975, puis en situation de niveau contrôlé en 1976. L'analyse factorielle des correspondances multiples a permis l'étude des covariations entre cinq variables biologiques et 12 variables hydrologiques et climatiques. Environ 70 % des adultes étaient déjà présents dans la frayère au moment de l'installation des verveux, pourtant effectuée tôt en saison. Le pic de fraie est survenu les 25 et 9 avril en 1975 et en 1976 (température moyenne de l'eau : 7-10°C). L'avalaison des adultes fut hâtive en 1975; en 1976, elle fut très importante immédiatement après la fraie, de faible intensité pendant le contrôle du niveau, et importante au moment de l'abandon du contrôle. Bien que modulée par l'influence des fortes températures, l'avalaison des

généiteurs semble être favorisée par la baisse du niveau. A l'inverse, une augmentation du niveau suite à une pluie entraîne une montaison et ralentit l'avalaison, même tard en saison. Les premières avalaisons de jeunes brochets de l'année survinrent environ 30 jours après le pic de la fraie, à une taille moyenne de 19 mm. A la fin juin 1975, 72 % des jeunes séjournaient encore dans la frayère, contre 27 % en 1976. L'abandon du contrôle du niveau, à compter de la fin mai, en 1976, provoqua l'avalaison massive des jeunes brochets. Ces résultats permettent de prédire l'impact des manipulations du niveau de l'eau, en situation de frayère aménagée, sur le comportement des généiteurs et des jeunes de l'année.

**Mots-clés :** *Esox lucius*, frayère aménagée, migrations, fraie, température, niveau de l'eau, production, jeunes brochets de l'année.

## INTRODUCTION

Il est reconnu que chez le Grand Brochet, une espèce qui se reproduit au printemps, en eau peu profonde, plusieurs facteurs environnementaux peuvent influencer les migrations de fraie, le processus même de la fraie, ainsi que l'émigration des jeunes vers le plan d'eau principal. Au nombre de ces facteurs, mentionnons la température (Clark, 1950; Fabricius et Gustafson, 1958; Franklin et Smith, 1963; June, 1971; Priegel et Krohn, 1975; Dubé et Gravel, 1978; Fortin *et al.*, 1982; Inskip, 1982; Alessio, 1986; Manelphe, 1989) et le niveau de l'eau (Fabricius, 1950; June, 1970, 1971, 1977), la disponibilité d'un substrat adéquat (Fabricius et Gustafson, 1958, McCarragher et Thomas, 1972; Fago, 1977), le vent et la pluie (Inskip, 1982), la couverture nuageuse (Hunt et Carbine, 1951; Franklin et Smith, 1963; Forney, 1968; Royer, 1971), la lumière (Dubé et Gravel, 1978) et la disponibilité de nourriture pour les jeunes sur les sites de fraie (Fago, 1977). Cependant, l'influence de ces facteurs environnementaux sur les migrations de fraie et sur l'émigration des jeunes a généralement été étudiée de façon qualitative, sans exploration approfondie des covariations des variables biologiques par rapport aux variables environnementales. Dans un contexte d'aménagement de frayères visant à accroître la production de frai sans en compromettre la survie par une rétention prolongée, il devient essentiel de quantifier plus à fond ces covariations, de façon à développer des critères de gestion des niveaux d'eau visant à optimiser l'efficacité globale du système.

En 1975 et en 1976, le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec a procédé à l'étude de la séquence temporelle d'utilisation de la frayère de la rivière aux Pins, un petit tributaire du fleuve Saint-Laurent, par différentes espèces de poissons, en situation naturelle (1975) et en situation de contrôle du niveau de l'eau (1976). L'objectif de la présente étude est de comparer le déroulement des migrations de fraie et de l'avalaison des jeunes brochets de l'année en situation naturelle et en situation contrôlée, de façon à évaluer l'impact du contrôle du niveau de

l'eau et à départager l'influence des facteurs hydrologiques et thermiques sur ces processus biologiques.

## MILIEU ÉTUDIÉ, MATÉRIEL ET MÉTHODES

La rivière aux Pins est un petit tributaire du fleuve Saint-Laurent, situé sur la rive sud, à 19 km à l'est de Montréal (fig. 1). Son bassin versant couvre une superficie d'environ 21 km<sup>2</sup>. Pour accéder à la frayère, les généiteurs doivent passer sous un petit pont, situé à 70 m de la confluence de la rivière avec le fleuve Saint-Laurent. Les engins de capture ainsi que la structure de contrôle du niveau de l'eau furent installés à cet endroit. Le lit de la rivière y est à la cote 5.74 m (GSC). Les superficies mises en eau aux cotes 7.2, 8 et 9 m sont respectivement de 11.6, 39.0 et 73.3 ha. Le niveau maximal de l'eau observé au cours de l'étude fut de 9.36 m, le 3 avril 1976; l'inondation couvrait alors 85.6 ha. La frayère de la rivière aux Pins est entourée de champs cultivés (foin, maïs, pâturage), mais la zone inondée annuellement est laissée en friche. Les cinq espèces végétales dominantes les plus importantes sont, dans l'ordre, la Verge d'or (*Solidago* sp.; 17.01 ha), le roseau (*Phalaris arundinacea*; 11.4 ha), les Asters (*Aster* sp.; 7.2 ha), la Quenouille (*Typha latifolia*; 3.32 ha) et la Spartine pectinée (*Spartina pectinata*; 3.14 ha) (Massé *et al.*, 1988). La température de l'eau a été suivie en calculant les moyennes journalières du maximum et du minimum lus sur trois thermomètres répartis dans la frayère. Les températures de l'air proviennent de la station de Verchères (Ministère de l'Environnement du Québec), alors que les données d'ensoleillement et de précipitation proviennent de la Ferme expérimentale de L'Assomption (Agriculture Canada). Les données nivométriques ont été mesurées au moyen d'un repère altimétrique fixé sur le pont situé près de l'embouchure de la rivière aux Pins.

Un contrôle du niveau de l'eau fut exercé en 1976. Des poutres de bois de 20 cm de côté ont été fixées à la partie amont du pont. L'abaissement du niveau a été obtenu par retrait partiel ou complet des poutres. En 1976, le barrage fut installé le 10 avril (cote



**Tableau 1.** — Limites de classes (inférieure, supérieure) des variables physiques et biologiques soumises à l'analyse factorielle des correspondances.*Limits of classes (upper; lower) of the physical and biological variables used in the factorial analysis of correspondence.*

Variable	Numéro de classe						
	1	2	3	4	5	6	7
T°C minimale de l'air (TAIRMIN)	-5.0/0	0.1/5.0	5.01/7.0	7.01/9.0	9.01/12.0	12.01/14.0	14.01/25.0
T°C maximale de l'air (TAIRMAX)	-5.0/12.0	12.01/16.0	16.01/18.0	18.01/20.0	20.01/22.0	22.01/25.0	25.01/32.0
T°C moyenne de l'air (TAIRMOY)	-5.0/8.0	8.0/11.0	11.01/14.0	14.01/16.0	16.01/18.0	18.01/20.0	20.01/26.0
T°C minimale de l'eau (TEAUMIN)	0.0/9.0	9.01/12.0	12.01/16.5	16.51/18.0	18.01/20.0	20.01/22.0	22.01/25.0
T°C maximale de l'eau (TEAUMAX)	0.0/13.0	13.01/19.0	19.01/20.0	20.01/22.0	22.01/23.0	23.01/25.0	25.01/31.0
T°C moyenne de l'eau (TEAUMOY)	0.0/10.0	10.01/15.0	15.01/18.0	18.01/19.0	19.01/21.0	21.01/23.0	23.01/30.0
Ensoleillement quotidien (h; SOLEIL)	0.0/1.0	1.01/2.0	2.01/7.0	7.01/11.0	11.01/13.0	13.01/14.0	14.01/15.0
Précipitation quotidienne (mm; PLUIE)	0.0/0.0	0.1/8.0	8.01/15.0	15.01/50.0	50.01/200.0		
Précipitation de la veille (mm; PLUIE-1)	0.0/0.0	0.1/8.0	8.01/15.0	15.01/50.0	50.01/200.0		
Niveau (m; NIV)	6.11/6.40	6.41/6.76	6.77/6.80	6.81/7.20	7.21/7.50	7.51/9.50	
Variation quotidienne du niveau (m; DNIV)	-2.5/1.0	0.00/0.01	0.02/0.04	0.05/0.06	0.07/0.30		
Variation quotidienne relative du niveau (DNIVR)	-30.0/-0.0001	0.0/0.0	0.0001/0.0300	0.0301/0.0600	0.0601/0.0900	0.0901/3.0	
Avalaison relative des jeunes brochets de l'année (quotidienne/totale) (AVARB)	0.0/0.0	0.0003/0.03	0.031/0.044	0.045/0.074	0.075/0.44		
Montaison relative (quotidienne/totale) (MONR)	0.0/0.0	0.01/0.5	0.51/1.0	1.01/1.8	1.81/5.0		
Avalaison relative des adultes (quotidienne/totale) (AVAR)	0.0/0.0	0.01/0.5	0.51/1.0	1.01/2.0	2.01/4.0	4.01/10.1	
Avalaison relative au nombre de géniteurs dans la frayère (AVRGEN)	0.0/0.0	0.01/2.5	2.51/5.0	5.01/7.5	7.51/10.0	10.01/30.0	
Écart montaison/avalaison (DMA)	-60.0/-20.0	-19.99/-10.0	-9.99/-1.0	0.0/0.0	0.01/5.0	5.01/25.0	

variables physiques potentiellement explicatives du phénomène biologique. La partition des variables en classes a été établie sur la base des données de 1975 selon un critère d'équirépartition des observations en 7 classes et de redéfinition des limites de classes permettant d'optimiser les résultats des premières analyses. Les distributions de fréquence des variables de 1976 ont ensuite été soumises au même schéma d'analyse, en fonction du référentiel de codification de 1975. Les logiciels utilisés pour le traitement des données appartiennent à la banque de programmes ADDAD, implantés sur l'ordinateur central de l'Université du Québec à Montréal.

## RÉSULTATS

### Montaison et avalaison des géniteurs, émigration des jeunes brochets de l'année

Respectivement 726 (322 mâles, 404 femelles) et 577 (267 mâles, 310 femelles) géniteurs brochets ont

utilisé la frayère en 1975 et en 1976. Lors des deux années, plus de 70 % de ces géniteurs étaient déjà présents dans la rivière au moment de l'installation des verveux (*fig. 2 et 3*), effectuée huit jours après le début de la crue en 1975 (T° eau : 6°C) et 12 jours après en 1976 (T° eau : 1.5°C). Le reste de la montaison a été très étalé.

Les premières observations visuelles d'actes de fraie ont eu lieu le 22 avril en 1975 et le 7 avril en 1976 (*fig. 2 et 3*). Le pic de fraie, établi aussi par des observations visuelles, est survenu le 25 avril en 1975 (T° eau : 7.5°C; *fig. 2*) et le 9 avril en 1976 (T° eau : 5°C; *fig. 3*). Bien que des géniteurs n'ayant pas frayé aient été capturés le 15 mai en 1975 et le 20 mai en 1976, la plupart des brochets fraient à l'intérieur des 10 premiers jours suivant les premières observations d'actes de fraie.

En 1975, alors qu'aucun contrôle du niveau de l'eau n'était exercé, les géniteurs se sont retirés rapidement de la frayère, suivant la courbe du retrait de

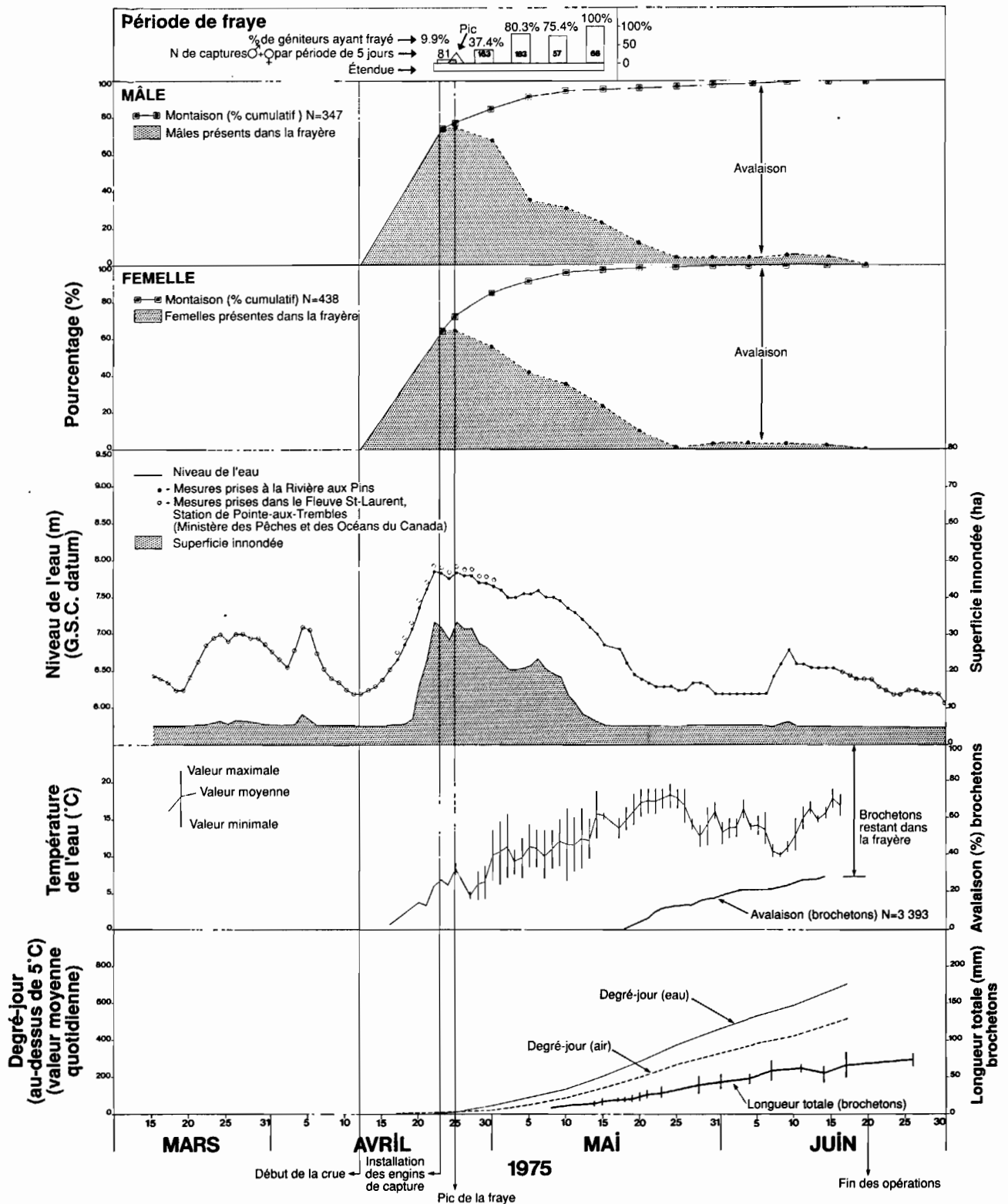


Figure 2. — Fraie, montaison et avalaison des géniteurs brochetons mâles et femelles, niveau de l'eau et superficie de la frayère, température de l'eau et avalaison des jeunes brochetons de l'année, degrés-jours cumulés au-dessus de 5°C et croissance en longueur des jeunes brochetons de l'année. Rivière aux Pins, printemps de 1975.

Spawning, upstream and downstream movements of adult male and female northern pike, water level and area of spawning grounds, water temperature and emigration of young of the year pike, cumulative degree-days above 5°C and growth in length of YOY pike. Aux Pins River, spring of 1975.

l'eau, jusqu'à la fin du mois de mai; très peu de géniteurs sont restés dans la frayère après cette date (*fig. 2*). En 1976, l'avalaison a été importante entre le 15 et le 25 avril; elle a été très faible entre le 25 avril et le 25 mai, pour redevenir importante par la suite, alors que le niveau diminuait rapidement suite à l'abandon progressif du contrôle (*fig. 3*).

En 1975, les jeunes brochets de l'année commencèrent leur avalaison le 17 mai, après le retrait de la crue (*fig. 2*), à une taille moyenne de 19 mm. L'avalaison atteignit un maximum le 26 mai, 32 jours après le pic de la fraie (434 migrants capturés, taille 30-40 mm). A la fin des opérations, le 22 juin, 955 (28 %) jeunes brochets de l'année avaient complété leur avalaison alors que 2 438 individus (72 %) étaient encore présents dans la frayère, pour une production totale de 3 393 individus. En 1976, les jeunes brochets de l'année commencèrent leur avalaison le 13 mai à une taille moyenne de 19 mm; quatre maxima d'avalaison, impliquant quotidiennement plusieurs milliers de jeunes brochets de l'année, ont été observés (*fig. 3*). A la fin des opérations, le 23 juin, 24 927 (73 %) jeunes brochets de l'année avaient émigré et 9 135 individus (27 %) séjournaient encore dans la frayère, pour une production totale de 34 062 individus.

## Analyse factorielle des correspondances multiples

### 1975

Les modalités des variables actives expliquant l'axe I (plan I/II, *fig. 4*) correspondent aux classes de fortes abondances des adultes et de faibles abondances des jeunes brochets de l'année. C'est donc un axe de montaison et d'avalaison des géniteurs et d'absence d'avalaison des jeunes brochets. L'axe II est expliqué par l'avalaison maximale des jeunes, associée à une absence d'avalaison des adultes et à un écart montaison-avalaison supérieur ou égal à zéro. Les maxima de montaison et d'avalaison des géniteurs sont très proches, malgré un très léger décalage illustré par la séparation de l'axe II. De plus, les profils d'avalaison des adultes et des jeunes de l'année sont opposés. Les autres plans factoriels n'ajoutent aucune information supplémentaire sur la description de la variabilité biologique.

Le niveau de l'eau (NIV), dont les modalités sont bien représentées sur le plan illustrant l'évolution de la fraie (*tabl. 2*), traduit l'évolution chronologique du phénomène. Les niveaux supérieurs à 6.8 m (NIV4 et plus) sont reliés aux maxima de montaison et d'avalaison des adultes. Quant aux jeunes brochets de l'année, c'est entre 6.1 et 6.4 m (NIV1) que leur maximum quotidien d'avalaison fut observé. Ce gradient correspond en fait à une relation temporelle, puisque l'avalaison des jeunes fut tardive en 1975. Les variables DNIV et DNIVR (diminution absolue et relative du niveau de l'eau), moins bien représentées que la précédente, démontrent une corrélation intéressante avec

l'axe II (*tabl. 2*). Les plus fortes diminutions de niveau sont attirées par la partie positive de l'axe I, avec la classe 5 plus caractéristique de l'avalaison (DNIV > 0.07 m, DNIVR = 0.06-0.09 %). La modalité la mieux représentée correspond à la classe 2, ou diminution nulle, qui est reliée au maximum d'avalaison des jeunes brochets (*fig. 4*).

La température de l'eau est mieux représentée dans le plan que la température de l'air (*tabl. 2*). Les variables air et eau étant très proches, seules les modalités de la température de l'eau sont illustrées sur la *figure 4*. Ce sont les températures minimales et moyennes qui sont les mieux représentées, surtout sur l'axe I qui traduit le gradient temporel. On constate qu'une avalaison importante des jeunes brochets de l'année est associée à des températures minimales > 12°C, moyennes > 21°C et surtout maximales > 23°C (TEAUMAX 7). L'avalaison des adultes attire, pour les classes d'abondance maximale (2 à 10 %), les modalités TEAUMIN6 (20-22°C) et TEAUMOY3 (15-18°C). Le maximum de montaison est relié aux faibles classes de toutes les températures, soit au début de la période. Les variables ensoleillement et pluie sont mal prises en compte par les axes (*tabl. 2*). Elles n'indiquent aucun gradient en relation avec les variables biologiques. Elles n'ont pas été représentées à la *figure 4*.

L'examen de la variabilité des dates d'observation en fonction des variables biologiques expliquant les deux premiers axes du plan factoriel de la *figure 5* met en évidence quatre situations types : 1. fortes montaison et avalaison de géniteurs (avalaison > montaison), sans avalaison des jeunes brochets de l'année (fin avril à la mi-mai et de nouveau du 17 au 19 juin); 2. avalaison toujours supérieure à la montaison, début de l'avalaison des jeunes brochets de l'année (mi-mai au 23 mai); 3. avalaison des adultes nulle, maximum d'avalaison des jeunes brochets de l'année (26 mai au 1<sup>er</sup> juin); 4. peu de mouvements des adultes, montaison > avalaison, peu d'avalaison des jeunes brochets de l'année (2 au 14 juin).

### 1976

La projection des variables dans le plan factoriel (*fig. 6*) est très différente de celle obtenue en 1975. Le premier axe permet de séparer la montaison de l'avalaison, processus qui furent plus décalés dans le temps en 1976. On retrouve donc la dimension temporelle dans l'axe I, déterminée par les classes extrêmes d'avalaison des jeunes brochets de l'année (classes 1 et 5) et des classes nulles d'avalaison des adultes (classe 1). On distingue aussi une montaison forte liée à une avalaison nulle sur la partie positive du plan (associées à montaison-avalaison > 0). L'axe II est défini par les classes fortes d'avalaison des adultes et des jeunes brochets. Comme en 1975, les axes suivants n'ont pas révélé de nouvelles sources de

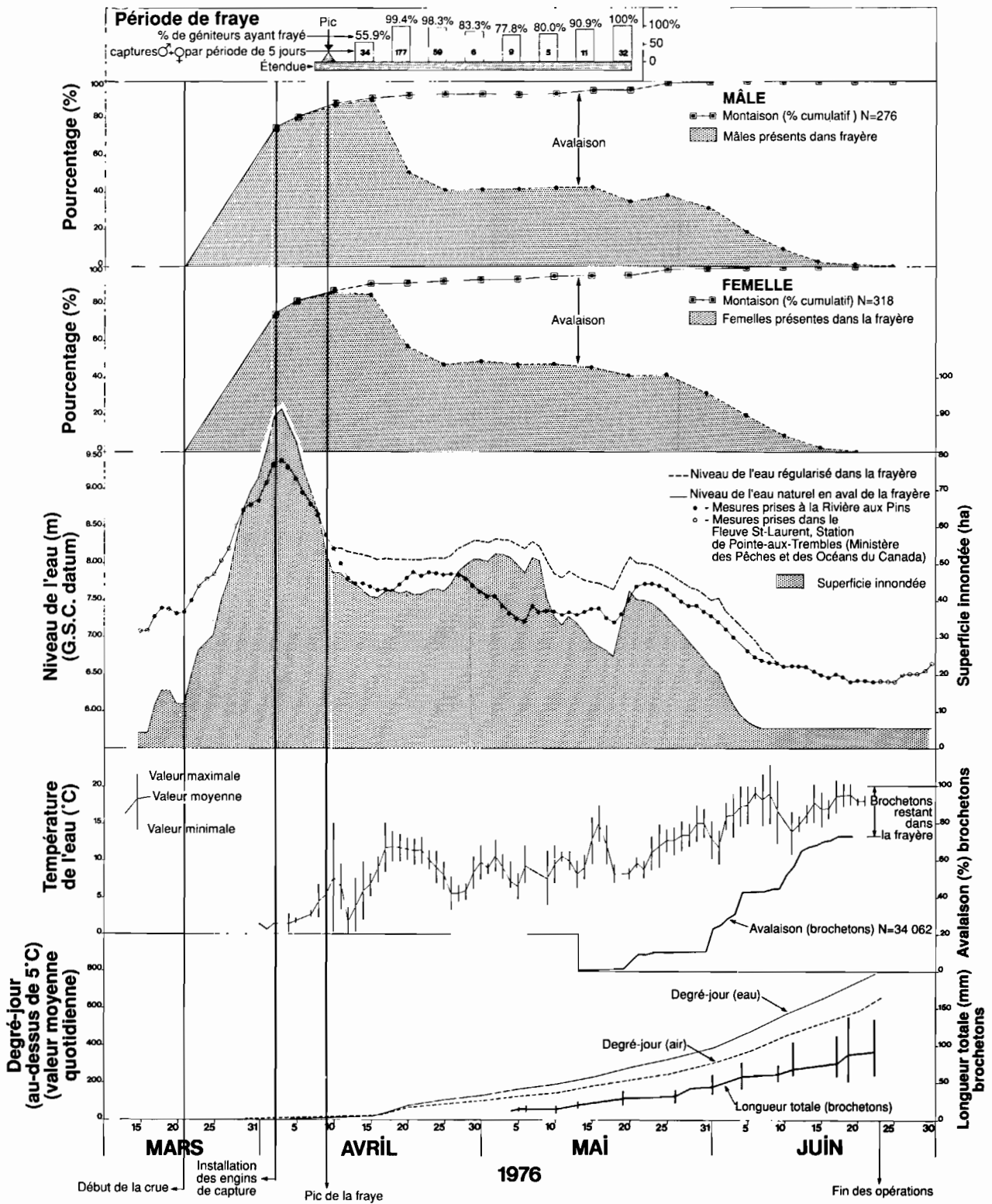


Figure 3. — Fraie, montaison et avalaison des géniteurs brochetons mâles et femelles, niveau de l'eau et superficie de la frayère, température de l'eau et avalaison de jeunes brochetons de l'année, degrés-jours cumulés au-dessus de 5°C et croissance en longueur des jeunes brochetons de l'année. Rivière aux Pins, printemps de 1976.

Spawning, upstream and downstream movements of adult male and female northern pike, water level and area of spawning grounds, water temperature and emigration of young of the year pike, cumulative degree-days above 5°C and growth in length of YOY pike. Aux Pins River, spring of 1976.

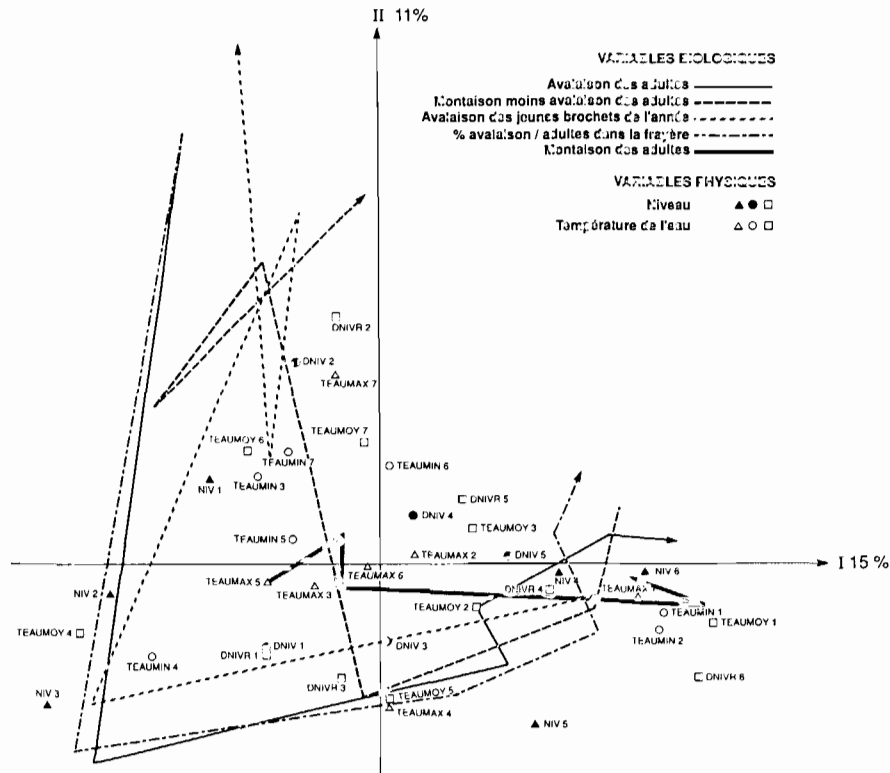


Figure 4. — Analyse factorielle des correspondances montrant la dispersion des variables biologiques et physiques dans le premier plan factoriel (axes I et II). Rivière aux Pins, printemps 1975. Voir le tableau 1 pour la définition des variables et des modalités.

*Factorial analysis of correspondence showing the dispersion of the biological and physical variables in the first factorial plan (axes I and II). Aux Pins River, spring of 1975. See table 1 for definition of variables and classes.*

**Tableau 2.** — Indice de qualité de la représentation des variables supplémentaires dans le plan factoriel. L'indice est équivalent à une corrélation calculée entre les axes factoriels et les classes des variables. L'indice global de la variable correspond à la somme des indices effectuée sur toutes les modalités de la variable.

*Quality index of the additional variable schedule in the factorial plan. The index is equivalent to a correlation calculated between the factorial axes and the classes of variables. The global index of the variable is the sum of the indexes calculated on the total variable classes.*

Variable	1975			1976		
	Axe I	Axe II	Plan I/II	Axe I	Axe II	Plan I/II
NIV	1 002	154	1 156	554	71	625
TAIRMIN	453	142	595	450	99	549
TAIRMOY	105	339	444	576	72	648
TAIRMAX	305	225	530	533	62	595
TEAUMIN	683	113	796	771	133	904
TEAUMAX	191	176	367	646	32	678
TEAUMOY	511	142	653	765	165	930
SOLEIL	272	111	389	168	112	280
PLUIE	312	93	405	46	31	77
PLUIE-1	332	131	463	23	51	74
DNIV	139	294	433	122	304	426
DNIVR	135	359	494	216	136	352

variabilité biologique reliées aux variables supplémentaires et n'ont pas été représentés.

Bien que le niveau de l'eau soit moins relié au plan factoriel biologique en 1976, les fortes avalaisons de

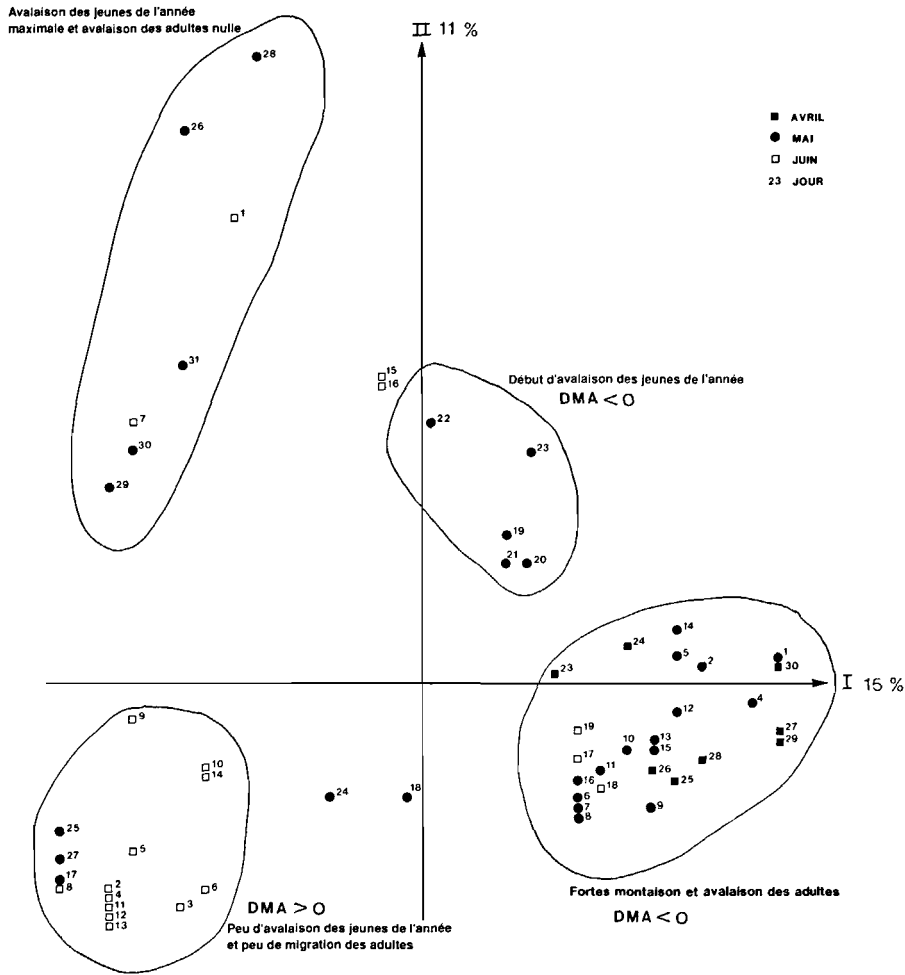


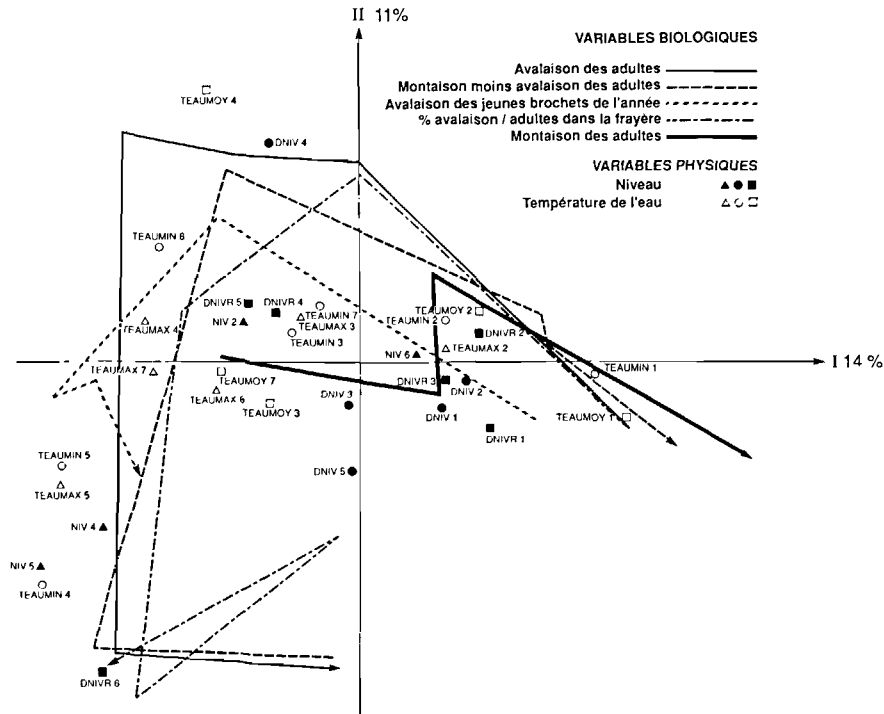
Figure 5. — Analyse factorielle des correspondances multiples montrant la dispersion des points-dates dans le premier plan factoriel (axes I et II). Rivière aux Pins, printemps 1975. DMA : écart montaison-avalaison.

Factorial analysis of correspondence showing the dispersion of the collection dates in the first factorial plan (axes I and II). Aux Pins River, spring of 1975. DMA: numerical difference between immigration and emigration of adults.

géniteurs sont de nouveau reliées aux niveaux 6.8 à 7.5 m (NIV4-NIV5). Les fortes avalaisons de jeunes brochets de l'année, reliées aux niveaux 6.1 à 6.4 m en 1975, sont ici reliées aux niveaux 6.8-7.5 m. Comme en 1975, la variable DNIV est plus reliée à l'axe II, l'axe d'avalaison (tabl. 2). Contrairement à 1975, la classe DNIV2 (diminution nulle) n'est pas associée à l'avalaison des jeunes brochets, qui a eu lieu à peu près aux mêmes périodes (après le 15 mai) les deux années, mais alors que, en 1976, le niveau était décroissant. Notons que la classe maximale DNIV5 (diminution de 0.07 à 0.30 m) est, sur le plan factoriel, intermédiaire au maximum de montaison et d'avalaison des géniteurs et que DNIV4 est reliée au début de l'avalaison : en 1976, de fortes diminutions de niveau semblent donc être associées au phénomène d'avalaison.

De nouveau, en 1976, les températures les plus attirées par les deux axes biologiques sont le minimum et la moyenne des températures de l'eau (tabl. 2). On a donc un processus redondant intéressant. Les fortes avalaisons sont reliées à des températures minimales supérieures à 16.5°C et à des températures maximales supérieures à 22°C (fig. 6). Les plus fortes températures sont évidemment associées à l'avalaison des jeunes brochets de l'année, phénomène plus tardif dans la saison. Les variables ensoleillement et pluie sont très peu reliées au plan, moins qu'en 1975 (tabl. 2) et ne présentent aucune typologie intéressante en regard des variables biologiques.

La variabilité des dates d'observation (fig. 7) permet de dégager six types de situations : 1. pas d'avalaison des jeunes brochets de l'année et des adultes, forte montaison tardive (début avril au début mai);



**Figure 6.** -- Analyse factorielle des correspondances multiples montrant la dispersion des variables biologiques et physiques dans le premier plan factoriel (axes I et II). Rivière aux Pins, printemps 1976. Voir le tableau 1 pour la définition des variables et des modalités.

*Factorial analysis of correspondence showing the dispersion of the biological and physical variables in the first factorial plan (axes I and II). Aux Pins River, spring of 1976. See table 1 for definition of variables and classes.*

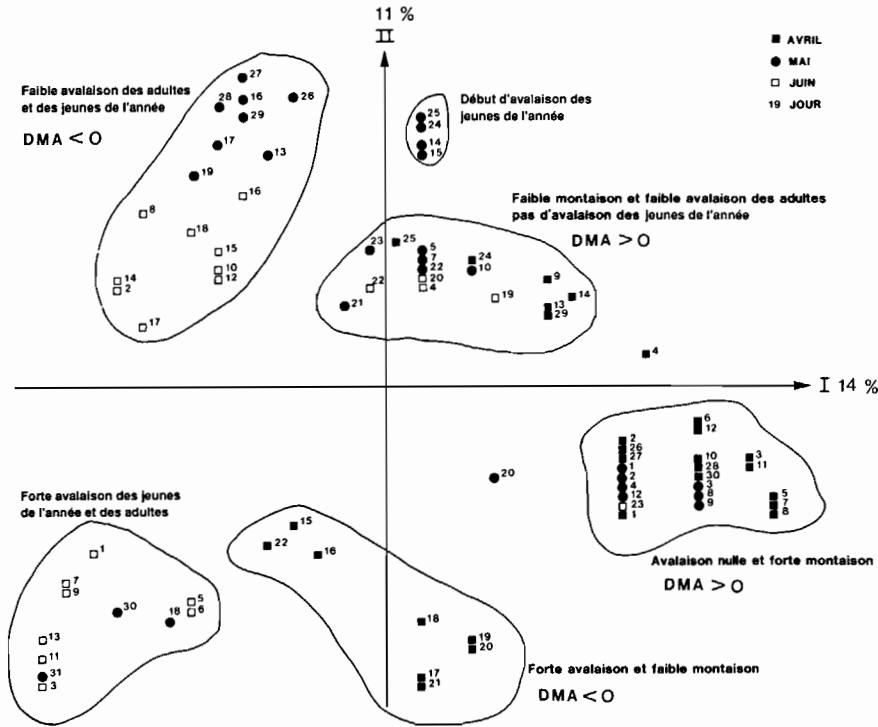
2. peu de montaison, peu d'avalaison, avec montaison > avalaison (mi-avril à la 3<sup>e</sup> semaine de mai); 3. forte avalaison/montaison (15 au 22 avril); 4. faible avalaison > montaison (mi-mai, fin mai); 5. maximum d'avalaison (début juin à la mi-juin); 6. faible avalaison (après la mi-juin).

Il y a donc une grande différence avec l'année 1975 dans la séparation des profils de montaison et d'avalaison, due à une avalaison tardive. De plus, en dehors du pic du 15 au 22 avril, l'avalaison des adultes suit celle des jeunes brochets de l'année. Le problème est donc de savoir si ceci est une conséquence de la mise en place de la structure de contrôle ou des caractéristiques de l'inondation de 1976. Il est intéressant de noter que la première avalaison importante des adultes, du 15 au 22 avril, a eu lieu après la stabilisation du niveau de l'eau (NIV7). Ce pic semble relié à la variable température, qui présente une augmentation très nette à cette époque (TAIRMIN : 5-7°C, TAIRMAX : 20-22°C). Par ailleurs, le jour suivant l'arrêt du contrôle du niveau de l'eau, les points-dates de la figure 7 passent du côté négatif de l'axe I, signifiant le début de l'avalaison. Cette coïncidence laisse supposer un effet de la rétention

sur le séjour des poissons dans la frayère. Il est intéressant aussi de noter le « retour » des points-dates du 20 au 23 mai dans la zone où la montaison est supérieure à l'avalaison. En effet, on observe, pour ces quelques jours, des montaisons tardives de géniteurs et un arrêt de l'avalaison. Parallèlement, on constate que ces dates coïncident avec une augmentation du niveau de l'eau suite à une pluie, après une chute de température.

## DISCUSSION

En 1975 et 1976, le Grand Brochet a frayé pratiquement aux mêmes dates à la rivière aux Pins, dans le Haut-Richelieu (Fortin *et al.*, 1982) et au lac Champlain (Anderson, 1987). Ce synchronisme témoigne d'une influence du climat à l'échelle régionale dans le déclenchement du processus de la fraie chez le Grand Brochet. La force des classes d'âge du brochet montre également un certain synchronisme dans ces trois milieux (Massé *et al.*, 1988) suggérant que les mêmes facteurs, possiblement reliés au climat, agissent sur le succès de la reproduction.



**Figure 7.** – Analyse factorielle des correspondances multiples montrant la dispersion des points-dates dans le premier plan factoriel (axes I et II). Rivière aux Pins, printemps 1976. DMA : écart montaison-avalaison.

*Factorial analysis of correspondence showing the dispersion of the collection dates in the first factorial plan (axes I and II). Aux Pins River, spring of 1976. DMA: numerical difference between immigration and emigration of adults.*

L'ensemble du processus de la montaison n'a pu être documenté, puisqu'en 1975 et en 1976, plus de 70 % des géniteurs étaient déjà présents dans la rivière aux Pins avant l'installation des engins de capture, pourtant effectuée très tôt après le début de la crue. La majeure partie de la montaison a donc eu lieu à des températures inférieures à 6°C en 1975 et à 1.5°C en 1976. L'analyse factorielle des correspondances multiples a confirmé que les plus fortes montaisons étaient associées aux basses températures. Selon Franklin et Smith (1963), au lac George (Minnesota), la montaison est à son maximum entre 2.2 et 3.3°C. Selon Priegel et Krohn (1975) et Franklin et Smith (1963), s'il ne survient pas de baisse soudaine de température, la majeure partie des poissons effectuent leur montaison en moins d'une semaine, ce qui est probablement le cas aussi à la rivière aux Pins.

Bien qu'il soit difficile de départager l'influence des variables hydrologiques de celle des variables climatiques sur la montaison, les données recueillies à la rivière aux Pins suggèrent que la crue constitue un déterminant majeur de ce processus. En effet, l'analyse factorielle des correspondances multiples montre qu'un écart positif entre la montaison et l'avalaison

semble être favorisé par une augmentation du niveau de l'eau, même lorsqu'elle survient tard en saison. Royer (1971) signale qu'un léger écoulement d'eau provoqué à la sortie d'un marécage aménagé, au lac Kenosee (Saskatchewan), suffisait pour y attirer les géniteurs brochets.

Il ressort aussi de l'analyse factorielle des correspondances multiples que certaines valeurs limites de température journalière (TEAUMIN 16.5°C), traduisant un réchauffement de l'eau, expliqueraient le déclenchement de l'avalaison des adultes à la rivière aux Pins. L'influence de ce facteur apparaît plus clairement en 1976, alors que le premier pic d'émigration a été observé après une forte hausse de la température, et ce, malgré le contrôle du niveau de l'eau.

Le contrôle du niveau de l'eau en 1976 a amené une baisse de l'intensité de la relation entre le plan factoriel et cette variable. Cependant, la variable DNIV est représentée avec la même qualité dans le plan de 1976 que dans celui de 1975. On peut donc émettre l'hypothèse que la diminution du niveau a une relation causale avec l'avalaison des géniteurs. Toutefois, comme nous l'avons montré plus haut, le réchauffement de l'eau peut aussi influencer

l'avalaison : l'importance relative de ces deux facteurs n'est donc pas facile à départager.

Aux lacs Gilbert et George, la majorité des géniteurs quittent la frayère durant les premiers jours suivant le maximum de la montaison (Priegel et Krohn, 1975; Franklin et Smith, 1963). Certains géniteurs peuvent cependant séjourner sur les lieux de fraie pendant une assez longue période de temps (deux à trois mois). Ces travaux ne discutent pas des facteurs environnementaux qui influencent le processus de l'avalaison.

En 1975 et 1976, les premières avalaisons de jeunes brochets de l'année sont survenues respectivement 22 et 34 jours après le pic de la fraie. Toutefois, la taille moyenne des premiers individus à quitter la frayère fut identique au cours des deux années, soit 19 mm. Forney (1968) a aussi démontré que l'émigration des jeunes de l'année d'un marais expérimental vers le lac Oneida (New York) commençait lorsque ces derniers mesuraient entre 15 et 19 mm. Ces observations tendraient à confirmer l'hypothèse de Franklin et Smith (1963) selon laquelle le moment du début de l'émigration correspond à l'atteinte de la taille de 20 mm; ces auteurs supposent qu'un ensemble de processus physiologiques reliés aux déplacements est probablement associé à l'atteinte de cette taille.

Massé *et al.* (1988) ont montré que le taux de croissance des jeunes brochets de l'année était étroitement corrélé au nombre de degrés-jours cumulés au-dessus de 5°C. En agissant sur la croissance, la température de l'eau a donc une influence déterminante sur le moment où les jeunes seraient prêts à entreprendre l'avalaison. Toutefois, l'influence du facteur température sur le déroulement même de l'avalaison, une fois atteinte la taille critique de 20 mm, est moins nette. L'analyse factorielle des correspondances multiples a montré que les fortes avalaisons des jeunes brochets de l'année étaient associées aux températures élevées. Il est difficile cependant de dégager l'influence de la température de celle de la variable temps.

Le fait qu'une proportion plus élevée de jeunes brochets de l'année séjournait encore dans la frayère à la fin des opérations en 1975, alors que le réchauffement des températures moyennes de l'eau avait été plus rapide qu'en 1976, suggère que ce facteur a une influence beaucoup moins marquée sur l'avalaison des jeunes que les fluctuations du niveau. Les baisses importantes de niveau associées à l'abandon progressif du contrôle ont provoqué des émigrations massives en 1976. Ces baisses doivent se produire une fois atteinte la taille minimale propice à l'émigration pour influencer le processus. En effet, une importante diminution de niveau survenue entre le 10 et le 20 mai en 1975, alors que la taille moyenne des jeunes brochets était inférieure à 20 mm, n'a pas provoqué d'exode

massif. Royer (1971) mentionne que l'abaissement du niveau provoqué par la vidange rapide, en quatre à cinq jours, de la frayère constituait le principal facteur affectant l'émigration des jeunes brochets du lac Kenosee. Toutefois, Forney (1968) a démontré que l'augmentation du débit à l'exutoire d'un marais aménagé ne semblait pas accélérer l'émigration des jeunes de l'année.

Selon Hunt et Carbine (1951), Franklin et Smith (1963), Veilleux et Séguin (1968), l'intensité lumineuse constituerait l'un des principaux facteurs influençant l'émigration, qui aurait lieu surtout pendant les heures de clarté. Selon Forney (1968), l'avalaison est particulièrement importante lors d'une journée ensoleillée survenant après plusieurs journées nuageuses. Royer (1971) mentionne cependant que les jeunes brochets de l'année du lac Kenosee émigraient surtout la nuit, mais que les jeunes semblaient réagir davantage à la baisse rapide du niveau, lors de la vidange de la frayère, qu'à l'intensité lumineuse. L'avalaison des jeunes brochets de l'année n'a pas été quantifiée en rapport avec la période de la journée à la rivière aux Pins. Toutefois, l'analyse factorielle des correspondances multiples a montré que les variables décrivant l'ensoleillement et les précipitations étaient très faiblement corrélées au plan factoriel pour les deux années d'étude.

## CONCLUSION

Les régimes hydrologique et thermique de la rivière aux Pins ont une influence très nette sur certaines composantes du cycle vital du Grand Brochet. Les covariations observées entre les variables physiques et les variables biologiques s'avèrent intéressantes pour l'aménagiste, puisqu'elles permettent de prédire l'impact des manipulations du niveau, en situation de frayère aménagée, sur le comportement des géniteurs et des jeunes brochets de l'année. Elles permettent en outre de formuler des critères de gestion des niveaux visant à optimiser la durée de séjour des jeunes brochets de l'année dans la frayère. Bien que l'avalaison des brochets soit un processus relativement malléable et principalement influencé par l'évolution chronologique, nos résultats suggèrent l'application de modalités de gestion du niveau des marais aménagés reposant sur les critères suivants : la baisse doit être réalisée progressivement, sur une période relativement brève, une fois que la taille moyenne des jeunes brochets de l'année dépasse 20 mm et que la température minimale de l'eau dépasse 16.5°C.

---

**Remerciement**

Nous remercions les administrateurs du MLCP qui ont autorisé et facilité la réalisation de cette étude. Nous remercions l'équipe de support technique qui a réalisé les travaux sur le terrain et procédé à l'analyse préliminaire des résultats, soit Pierre Levesque, Louis Saulnier, Paul Girard et Adrien Pilon. Nous remercions enfin les nombreux bénévoles qui ont participé aux travaux sur le terrain.

---

**RÉFÉRENCES**

- Alessio G., 1986. La riproduzione del luccio, *Esox lucius* L., in acque risorgive: migrazione e riconoscimento intraspecifico. *Riv. Idrobiol.*, **25**, 1-3, 3-18.
- Anderson J. K., 1987. Evaluation of northern pike spawning in Lake Champlain. Final Report, Vermont Fish and Wildlife, F-12-r, Job No. II-4, 64 p.
- Clark C. F., 1950. Observations on the spawning habits of northern pike, *Esox lucius*, in northwestern Ohio. *Copeia*, 258-288.
- Dubé J., Y. Gravel, 1978. Plan pilote d'aménagement intégré des ressources biologiques du territoire de la frayère du ruisseau Saint-Jean, comté de Châteauguay, Québec. Québec, Min. Tourisme, Chasse et Pêche, Dir. Rech. Faunique, 52 p.
- Fabricius E., 1950. Heterogeneous stimulus summation in the release of spawning activities in fish. *Rep. Inst. Fresh. Res. Drottningholm*, **29**, 57-99.
- Fabricius E., K. J. Gustafson, 1958. Some new observations on the spawning behavior of the pike, *Esox lucius* L. *Rep. Inst. Fresh. Res. Drottningholm*, **39**, 23-54.
- Fago D. M., 1977. Northern pike production in managed spawning and rearing marshes. *Wis. Dep. 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**, 143-154.
- Fortin R., P. Dumont, H. Fournier, C. Cadieux, D. Ville-neuve, 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. R., L. 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**, 91-110.
- Hunt B. P., W. F. Carbine, 1951. Food of young pike, *Esox lucius* L., and associated fishes in Peterson's Ditches, Houghton Lake, Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **80**, 67-83.
- Inskip P. D., 1982. Habitat suitability index models: northern pike. U.S. Dept. Int., Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.17, 40 p.
- June F. C., 1970. Atresia and year-class abundance of northern pike, *Esox lucius*, in two Missouri River impoundments. *J. Fish. Res. Board Can.*, **27**, 587-591.
- June F. C., 1971. The reproductive biology of northern pike, *Esox lucius*, in Lake Oahe, an upper Missouri River storage reservoir. *Am. Fish. Spec. Publ.*, **8**, 53-71.
- June F. C., 1977. Reproductive patterns in seventeen species of warmwater fishes in a Missouri River reservoir. *Environ. Biol. Fish.*, **2**, 285-296.
- Manelphe J., 1989. Reproduction naturelle aménagée du brochet (*Esox lucius*) en petits étangs : suivi biologique et aspects économiques de la production. Thèse dr. I.N.P. Toulouse (France), 129 p. + app. (45 p.).
- McCarragher D. B., Thomas R. E., 1972. Ecological significance of vegetation to northern pike, *Esox lucius* L., spawning. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **101**, 560-563.
- Massé G., R. Fortin, P. Dumont, J. Ferraris, 1988. Étude et aménagement de la frayère multispécifique de la rivière aux Pins et dynamique de la population de Grand Brochet, *Esox lucius* L., du fleuve Saint-Laurent, Boucherville, Québec. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rapp. Techn., 06-40, 224 p.
- Priegel G. R., D. C. Krohn, 1975. Characteristics of a northern pike spawning population. *Wis. Dep. Nat. Res. Techn. Bull.*, **86**, 18 p.
- Royer L. M., 1971. Comparative production of pike fingerlings from adult spawners and from fry planted in a controlled spawning marsh. *Prog. Fish-Cult.*, **33**, 153-155.
- Veilleux C., R. L. Séguin, 1968. Transformations à la frayère de brochet (*Esox lucius*) au ruisseau Pélissier, comté de Papineau, et observations sur les brochetons. Communication présentée à Ottawa, 36<sup>e</sup> congrès de l'AC-FAS, 16 p.