

Des femmes, des hommes, des régions, **nos ressources...**



**Établissement de points de référence biologiques pour
diagnostiquer l'état des populations de touladi
(*Salvelinus namaycush*) au Québec**

Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats

Établissement de points de référence biologiques pour diagnostiquer l'état des populations de touladi (*Salvelinus namaycush*) au Québec

Martin Arvisais
Michel Legault
Henri Fournier
Daniel Nadeau

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Faune Québec
Direction de la faune aquatique

Juin 2012

**Gestionnaire responsable : Jessy Dynes
Directeur de la faune aquatique, Faune Québec**

Rédaction : Michel Legault¹
 Henri Fournier²
 Daniel Nadeau³
 Martin Arvisais¹

Révision : Isabel Thibault¹

¹ Direction de la faune aquatique, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 880, chemin Sainte-Foy, 2^e étage, Québec (Québec) G1S 4X4. Téléphone : 418 627-8694, poste 7407; courriels : martin.arvisais@mrfn.gouv.qc.ca, michel.legeault@mrfn.gouv.qc.ca

² Direction de l'expertise Faune-Forêts de l'Outaouais. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 16, impasse de la Gare-Talon, Gatineau, Québec (Québec) J8T 0B1. Téléphone : 819 246-4827, poste 292; courriel : henri.fournier@mrfn.gouv.qc.ca; julie.deschenes@mrfn.gouv.qc.ca

³ Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêts-Mines-Territoire de Rouyn-Noranda. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 70, avenue Québec, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6R1. Téléphone : 819 763-3388, poste 434; courriel : daniel.nadeau@mrfn.gouv.qc.ca

Référence à citer :

ARVISAIS, M., M. LEGAULT, H. FOURNIER et D. NADEAU (2012). *Établissement de points de référence biologiques pour diagnostiquer l'état de populations de touladis au Québec*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec (Québec), 17 p.

© Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012
ISBN : 978-2-550-65620-3 (version imprimée)
978-2-550-65621-0 (PDF)

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures	vi
Liste des tableaux	vii
1. Introduction	1
2. Objectifs de gestion du touladi au Québec.....	2
3. État des populations de touladi	3
3.1 Détermination de points de référence biologiques	3
3.1.1 Détermination de la mortalité	3
3.1.1.1 Mortalité au RMS	4
3.1.1.2 Mortalité observée.....	4
3.2 Abondance du touladi	5
3.2.1 Abondance observée.....	5
3.2.2 Abondance au RMS.....	7
3.3 Biomasse par unité d'effort au RMS (kg/nuit-filet).....	10
3.4 Validation des points de référence biologiques.....	11
4. Diagnostiquer l'état d'une population de touladi.....	13
4.1 Diagnostic à partir des données de mortalité et d'abondance	13
4.2 Diagnostic à partir des données d'abondance seulement.....	15
5. Conclusion	16
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Relation d'équilibre résultante entre le rendement et la mortalité par la pêche.....	2
Figure 2. Relation entre les CPUE totales et la densité totale des populations de touladi du Québec.	7
Figure 3. Relation entre la LT^∞ et les CPUE pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà	10
Figure 4. Biomasse par unité d'effort en fonction de la LT^∞ pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà.	11
Figure 5. Relation entre la densité de poissons matures (Janoscik et Lester, 2003) et les CPUE de poissons matures pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà	12
Figure 6. Relation entre les CPUE de poissons matures et les CPUE totales pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà	12
Figure 7. Comparaison de la relation entre les CPUE et la LT^∞ obtenue par le modèle basé sur l'inventaire des 27 inventaires assumés au RMS ou en deçà et par le modèle simulé de Janoscik et Lester (2003).	13
Figure 8. Diagramme à quadrants permettant de porter un diagnostic sur l'état de santé et l'évolution d'une population de touladi au Québec	14
Figure 9. Diagramme d'abondance permettant de porter un diagnostic sur l'état d'une population de touladi	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Principaux paramètres calculés ou prélevés lors des inventaires ichtyologiques normalisés.....	3
Tableau 2. Estimation de la densité de population de touladi à partir de travaux de marquage-recapture pour différents lacs du Québec	6
Tableau 3. Estimation de la densité de population de touladi à partir de données de récolte de pêche sportive et de l'estimation de la mortalité	6
Tableau 4. Matrice de proximité (coefficient de corrélation de Pearson) entre différentes méthodes de calcul du LT^∞ et les CPUE et BPUE de différents segments de populations.....	8
Tableau 5. Inventaires utilisés pour établir la relation entre les $CPUE_{RMS}$ et la LT^∞	9

1. INTRODUCTION

Le touladi est un des principaux poissons destinés à la pêche sportive du Québec. Une enquête effectuée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune en 2009 a révélé que 23 % des pêcheurs avaient pêché le touladi en 2009, ce qui représente 167 000 pêcheurs (Léger et Marketing, 2010). Cette même enquête révèle que les pêcheurs de touladi consacrent en moyenne neuf jours par année à la pratique de cette activité. La pêche au touladi représente donc un effort de pêche total provincial estimé à 1,5 million de jours de pêche annuellement. L'enquête fédérale-provinciale sur la pêche récréative au Canada, réalisée en 2010, révèle que la récolte de touladi est d'environ 380 000 spécimens, ce qui en fait la huitième espèce en importance au Québec (MPO, 2012). Le succès de pêche moyen est estimé à 0,35 touladi par jour de pêche.

On estime les retombées économiques annuelles de la pêche sportive au touladi à environ 150 millions de dollars (Bouchard, 2007). Par conséquent, il apparaît essentiel de maintenir cet important moteur économique régional. Pour s'en assurer, le Québec s'est doté d'un réseau provincial d'inventaires ichtyologiques afin de suivre l'évolution de l'état des populations de touladis de la province et de mesurer l'efficacité des modalités de gestion (Thibault et coll., 2011). Ce réseau a été établi de façon à détecter une variation d'abondance de population d'au moins 20 %. Un bon réseau d'inventaires, combiné à des outils de diagnostic performants, permettra au Québec de développer une gestion prédictive des stocks.

Les premiers diagnostics sur l'état des populations de touladis étaient empiriques, puisqu'il n'y avait aucun critère précis permettant de juger de l'état d'une population. Cependant, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario a développé, au cours des dernières années, une approche de suivi de l'état des ressources halieutiques à l'échelle de la province (Lester et coll., 2003). Cette approche est basée sur l'établissement d'indicateurs et de critères permettant d'établir l'état de santé des populations de poissons en regard de leur réaction à la pression de pêche. Le Québec s'est inspiré fortement de cette approche afin de développer une procédure adaptée à ses méthodes d'inventaire et à ses populations de touladis. Ce nouvel outil de diagnostic permettra non seulement de suivre l'état des populations de touladis, mais également de documenter l'état de l'habitat et d'en suivre l'évolution.

2. OBJECTIFS DE GESTION DU TOULADI AU QUÉBEC

Au xx^e siècle, la gestion des pêcheries se basait principalement sur le principe du rendement maximum soutenu (RMS). Le RMS correspond au « rendement moyen le plus élevé pouvant être maintenu à même un stock dans les conditions environnementales existantes » (Ricker, 1980). L'affaissement de plusieurs pêcheries à l'échelle mondiale nous fait maintenant pencher vers une gestion des stocks plus sécuritaire où le RMS est désormais considéré comme une valeur à ne pas dépasser au lieu d'être un objectif à atteindre annuellement (Lester et coll., 2003).

Le rendement de pêche, dont la courbe prend la forme d'un dôme, est fonction du taux d'exploitation par la pêche (figure 1), qui se définit par la biomasse de la population (B) et la mortalité qu'elle subit par la pêche (F). La valeur maximum de la courbe de rendement (RMS) nous donne un point de référence qui détermine les valeurs critiques de biomasse (B_{RMS}) et de mortalité par la pêche (F_{RMS}) pour une population donnée. La biomasse à l'équilibre d'une population décroît lorsque la mortalité par la pêche augmente (figure 1). Une fois un seuil critique dépassé (F_{RMS} , B_{RMS}), l'augmentation de l'exploitation mène à l'extinction de la population (F_{EXT}).

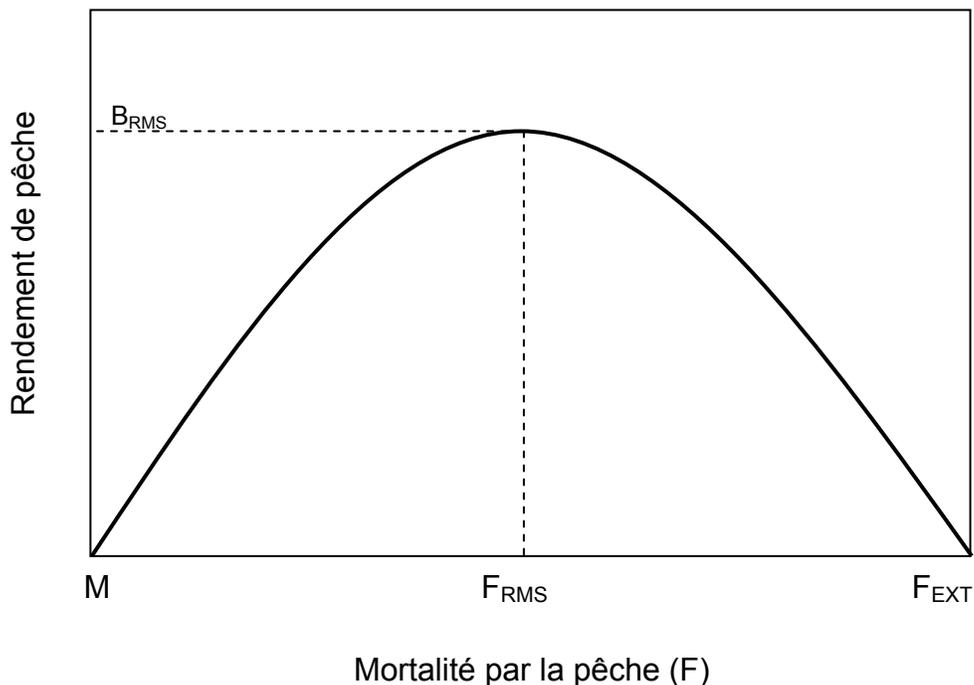


Figure 1. Relation d'équilibre résultante entre le rendement et la mortalité par la pêche. Lorsque la mortalité par la pêche est nulle ($F = 0$), la mortalité totale équivaut à la mortalité naturelle (M)

L'objectif de la gestion du touladi au Québec est d'équilibrer le niveau d'exploitation près du RMS sans jamais l'atteindre et encore moins le dépasser. Cette forme de gestion permettrait d'assurer l'autoperpétuation des populations, le maintien de la pêche et des bénéfices socioéconomiques qui en découlent. Cependant, pour atteindre cet objectif de gestion, il faut être en mesure de statuer sur le niveau d'exploitation que subissent les populations de touladi et de qualifier leur état. Pour y arriver, il est nécessaire de définir des points de référence biologiques.

3. ÉTAT DES POPULATIONS DE TOULADI

3.1 Détermination de points de référence biologiques

Les méthodes d'inventaires des populations de touladi ont été normalisées en 1988 (MRNF, 2011). Un effort de pêche minimal dans l'habitat du touladi ($< 12^{\circ}\text{C}$, $> 5\text{ mg/l d'O}_2$) est prescrit en fonction de la superficie des plans d'eau. Les inventaires se déroulent en période de stratification thermique lorsque les touladis se concentrent dans l'hypolimnion (de la mi-août à la mi-septembre). Les inventaires visent, minimalement, à récolter les données qui se trouvent dans le tableau 1.

Tableau 1. Principaux paramètres calculés ou prélevés lors des inventaires ichtyologiques normalisés

Individus	Population	Habitat
Taille (mm)	Abondance relative (CPUE, BPUE)	Stratification thermique
Poids (g)	Mortalité totale (Z)	Stratification d'O ₂ dissous
Sexe	Taille et âge à maturité sexuelle	pH
Âge	Croissance	Conductivité
Maturité sexuelle		Transparence

Les outils de diagnostic doivent considérer la taille d'une population de même que son évolution temporelle, ainsi que la natalité et la mortalité (Hubert et Quist, 2010). Ainsi, bien que toutes les données prélevées soient compilées, analysées et interprétées, les principaux indicateurs retenus pour caractériser l'état d'une population de touladi au Québec sont essentiellement la **mortalité et l'abondance**.

3.1.1 Détermination de la mortalité

L'estimation de la mortalité s'avère essentielle pour diagnostiquer l'état d'une population. La mortalité se sépare en deux composantes, soit la mortalité naturelle et la mortalité par la pêche. La mortalité représente le taux d'individus perdus par rapport à une population. La mortalité naturelle inclut la mort par la maladie, l'inanition, la prédation, la pollution, les conditions environnementales inadéquates ou la vieillesse.

3.1.1.1 Mortalité au RMS

Lester et Dunlop (2003) ont évalué pour le touladi, à l'aide du modèle d'exploitation développé par Shuter et coll. (1998), les valeurs critiques de la mortalité par la pêche (F_{RMS}) et de la mortalité naturelle (M_{RMS}), qui dépendent de la superficie du plan d'eau (ha) et de la concentration des solides totaux dissous (STD).

$$F_{RMS} = 0,054 + \log_{10} Superficie - 0,063 \log_{10} STD + 0,038 \log_{10} Superficie \times \log_{10} STD$$

$$M_{RMS} = 0,22 \frac{STD^{0,1061}}{Superficie^{0,06658}}$$

Le taux instantané de mortalité totale (Z), au rendement maximum soutenu (Z_{RMS}), correspond à la somme de la mortalité par la pêche (F_{RMS}) et de la mortalité naturelle (M_{RMS}).

$$Z_{RMS} = F_{RMS} + M_{RMS}$$

3.1.1.2 Mortalité observée

Étant donné qu'il est relativement difficile d'estimer correctement la mortalité naturelle (M) et la mortalité par la pêche (F), la mortalité totale (Z) est souvent préconisée comme étant le point de référence biologique à utiliser (Guy et Brown, 2007).

Pour les populations de touladi du Québec, la mortalité totale instantanée observée (Z) est généralement calculée en utilisant la méthode des âges codés de Chapman et Robson (1961) qui se révèle souvent plus précise que la courbe de capture linéarisée (Dunn et coll., 2002).

D'autre part, il est possible d'estimer la mortalité naturelle (M) d'une population par modélisation. Le modèle le plus répandu est sans doute celui de Pauly (1980) qui estime la mortalité naturelle à partir de la longueur asymptotique (L_T^∞), de la croissance (K) et de la température moyenne annuelle de l'eau (T°).

$$M = e^{-0.0152 + 0.654 \ln K - 0.279 \ln L_\infty + 0.4634 \ln T^\circ}$$

Il est par la suite aisé de calculer la mortalité induite par la pêche (F).

$$F = Z - M$$

3.2 Abondance du touladi

3.2.1 Abondance observée

L'abondance d'une population est une composante essentielle à l'analyse de son état de santé. Dans bien des cas, les données d'abondance d'une population sont inconnues, puisque les méthodes permettant d'obtenir ce genre de données sont exigeantes et onéreuses (marquage-recapture). Par conséquent, les gestionnaires de la faune ont recours à des indicateurs qui reflètent l'abondance relative d'une population. L'indice le plus commun d'abondance relative est le nombre de captures par unité d'effort (CPUE) (captures/effort).

La relation entre la densité de certaines populations de touladi du Québec et les CPUE obtenues au moyen d'inventaires normalisés a été établie. La densité a été estimée par des travaux de marquage-recapture (tableau 2) ou à l'aide de données de récolte et de mortalité (tableau 3). Les estimations de la taille des populations par le marquage-recapture ont été effectuées en utilisant la méthode de Chapman.

$$Population = \frac{(nombre\ marqué + 1)(nombre\ recapturé + 1)}{(nombre\ de\ recapture\ marqué + 1)} - 1$$

À l'exception du lac Squeers, le nombre de recaptures de toutes les estimations de la taille des populations est inférieur à 50 (tableau 2). Par conséquent, le calcul des intervalles de confiance (IC 95 %) se base sur une distribution de Poisson, conformément aux recommandations formulées dans Guy et Brown (2007, p. 374).

$$IC\ 95\ \% = Nombre\ marqué\ (N_1) \times nombre\ capturé\ (N_2) \times facteur\ de\ correction$$

L'estimation de la taille d'une population à partir des données de récolte de pêche sportive et de mortalité a été effectuée en reconstituant une population à partir des données de mortalité totale (Z) et de mortalité par la pêche au moyen de la formule suivante (Ricker, 1980) (tableau 3) :

$$Population = \frac{(récolte \times Z)}{F}$$

Tableau 2. Estimation de la densité de population de touladi à partir de travaux de marquage-recapture pour différents lacs du Québec

Année	Lac	Marquage	Recapture	Capture	Population			
					N	IC 95 % min.	IC 95 % max.	Densité (n/ha)
2005	Caughawana	427	16	793	19 990	11 851	34 538	26,80
2007	Maganasipi	1 057	29	831	29 342	20 018	43 479	31,93
2008	Seneca	219	8	149	3 667	1 716	8 354	83,33
2010	Seneca	246	17	354	4 871	2 927	8 229	110,71
2005	Mitis	221	35	282	2 195	1 226	2 468	2,16
2006	Squeers (Ont.)	772	145	1 303	6 904	6 153	7 655	17,98

Tableau 3. Estimation de la densité de population de touladi à partir de données de récolte de pêche sportive et de l'estimation de la mortalité

Année	Lac	Superficie (ha)	LT ∞ (mm)	CPUE	Récolte sportive	Population		Mortalité		
						N	Densité touladi/ha)	Z _{obs}	M _{Pauly}	F
1993	31-milles	4 973	724,4	3,0	1 597	2 518	0,51	0,51	0,19	0,32
1998	31-milles	4 973	724,4	3,6	2 080	5 829	1,17	0,29	0,19	0,10
2003	31-milles	4 973	724,4	2,9	1 538	6 056	1,22	0,25	0,19	0,06
2008	31-milles	4 973	724,4	4,1	1 654	4 635	0,93	0,29	0,19	0,10
2006	Kipawa	30 044	711,4	1,8	1 018	2 760	0,09	0,17	0,11	0,06
1999	Kipawa	30 044	711,4	1,5	2 781	3 800	0,13	0,40	0,11	0,29
1994	Kipawa	30 044	711,4	1,1	5 149	7 103	0,24	0,39	0,11	0,28
2001	Matapédia	3 807	639	3,6	251	359	0,09	0,45	0,14	0,31
1996	Matapédia	3 807	639	3,5	499	737	0,19	0,42	0,14	0,28
2010	Jacques- Cartier	1 210	643,2	8,2	457	5 167	4,27	0,15	0,14	0,01
1994	Mitis	1 015	723,5	5,1	524	1 613	1,59	0,47	0,32	0,15

On constate qu'il y a une forte relation entre les CPUE totales obtenues par des inventaires normalisés et la densité totale des populations (poissons/ha) estimée à partir de la récolte sportive et de la mortalité (figure 2) ($R^2 = 0,97$). La relation entre ces deux paramètres d'abondance prend la forme suivante :

$$\text{Densité} = 0,215 \times \text{CPUE}^{1,902}$$

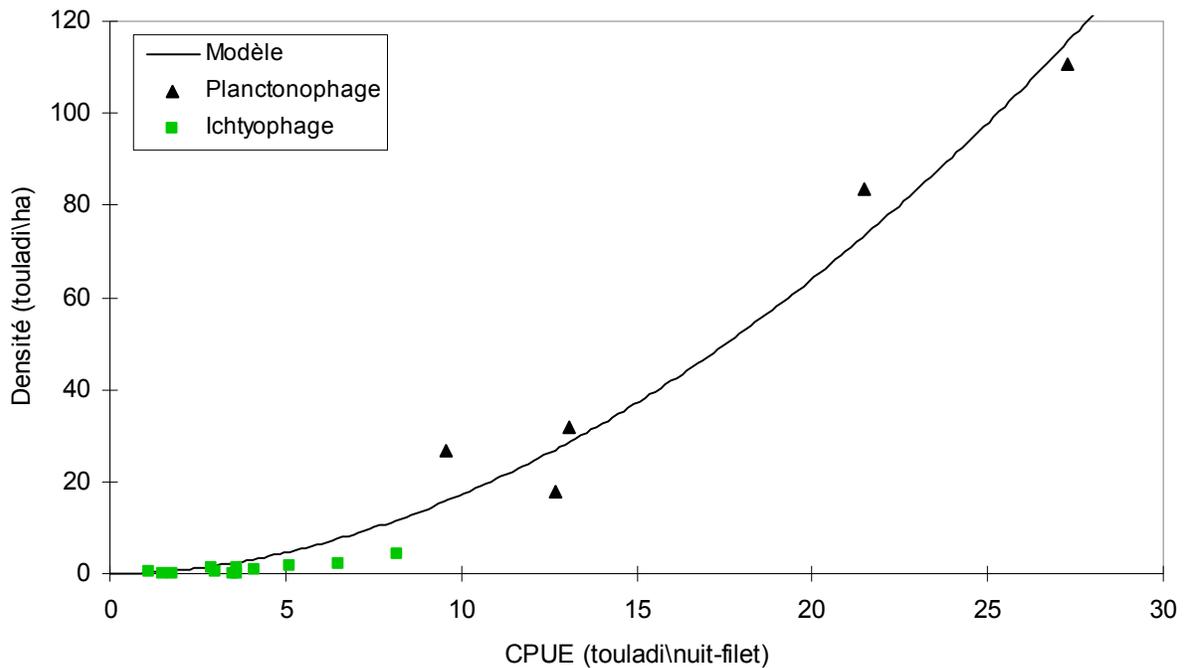


Figure 2. Relation entre les CPUE totales et la densité totale des populations de touladi du Québec

On peut par conséquent considérer le CPUE total comme étant un indicateur fiable de la densité réelle d'une population de touladi.

3.2.2 Abondance au RMS

Pour être en mesure de porter un diagnostic sur l'état d'une population, il faut pouvoir situer son CPUE par rapport à ce qu'il devrait être si cette même population était exploitée au RMS. Des simulations basées sur un modèle d'exploitation du touladi développé par Shuter et coll. (1998) ont permis d'estimer l'abondance de touladis matures lorsqu'une population est exploitée au RMS (Janoscik et Lester, 2003). La

résultante met en relation la densité de touladis matures (poissons/ha) et la longueur asymptotique (LT^∞). Cette relation prend la forme suivante :

$$\text{Densité mature} = 1112e^{-0,105LT^\infty}$$

La longueur asymptotique est un paramètre qui intègre les variables biotiques et abiotiques de l'habitat de vie du touladi, de même que les caractéristiques biologiques intrinsèques à chaque population. L'intégration de l'ensemble de ces paramètres se traduit par un potentiel de croissance plus ou moins rapide résultant en une LT^∞ plus ou moins élevée selon les populations. Il existe plusieurs méthodes d'estimation de la LT^∞ pour une population donnée (Pauly, Von Bertalanffy, Ford-Walford, Janoscik). Nous avons toutefois retenu la LT^∞ calculée selon la méthode de Janoscik et Lester (2003), puisque les CPUE sont plus fortement corrélées à cette méthode de calcul et parce que cela nous permet de comparer nos résultats avec ceux du MRNO (tableau 4).

$$LT^\infty = \frac{LT_{MAX}}{0,95}$$

Le LT_{max} étant la longueur moyenne des cinq plus grands poissons dans l'échantillon restant après l'élimination des spécimens les plus grands, soit 5 % des échantillons (Janoscik et Lester, 2003).

Tableau 4. Matrice de proximité (coefficient de corrélation de Pearson) entre différentes méthodes de calcul du LT^∞ et les CPUE et BPUE de différents segments de populations

LT^∞	CPUE (poisson\nuit-filet)				BPUE (kg\nuit-filet)	
	Total	Matures	♀ matures	> 30cm	Total	♀ matures
Janoscik et Lester	- 0,752	- 0,747	- 0,695	- 0,699	- 0,184	- 0,277
Von Bertalanffy	- 0,351	- 0,341	- 0,327	- 0,291	- 0,040	- 0,030
Pauly	- 0,218	- 0,128	- 0,094	- 0,123	0,281	0,343

Au Québec, nous disposons de très peu d'estimations de densité de population de touladi. Par conséquent, nous ne pouvons pas établir directement la relation entre la densité et la LT^∞ . Cependant, comme la CPUE est représentative de la densité, nous pouvons établir la relation entre la CPUE et la LT^∞ . Cette relation a été établie à partir de 27 inventaires de lacs exploités au RMS ou en deçà de ce dernier (tableau 5). Les critères suivants ont été appliqués dans la sélection des lacs inventoriés :

1. Lacs situés en territoire faunique structuré faisant l'objet d'une exploitation durable et équilibrée et ayant fait l'objet d'au moins un inventaire normalisé;

2. Inventaire en territoire libre dont la mortalité observée (Chapman et Robson, 1960) correspond ou est inférieure à la mortalité au RMS (calculée selon les modèles de Lester et Dunlop, 2003);
3. Lacs du territoire libre dont le niveau d'exploitation est présumé au RMS ou en deçà;
4. Lac dont l'état de la population n'a pu être influencé par un ensemencement précédant l'inventaire.

Tableau 5. Inventaires utilisés pour établir la relation entre les CPUE_{RMS} et la LT[∞]

Lac	Région	Superficie (ha)	Solides totaux dissous	Secchi (m)	Année	CPUE	LT [∞]	Alimentation	Territoire
Archambault	14	1380	9,99	3,3	1993	3,6	723,0	Ichtyophage	Libre
Argile, Lac de l'	7	451	59,94	5	1997	10,1	657,1	Ichtyophage	Libre
Baude	4	325	11,99	7,2	1993	14,7	509,9	Planctonophage	Réserve
Bondy	15	531	34,63	7,4	1990	14,1	498,3	Planctonophage	ZEC
Caugnawana	8	746	9,99	7,5	2005	9,6	481,0	Planctonophage	ZEC
Chasseurs	1	243	86,58	6	1990	3,0	597,3	Planctonophage	ZEC
Chasseurs	1	243	86,58	6	2000	4,6	597,3	Planctonophage	ZEC
Clair	4	521	9,39	8,3	1993	14,9	493,9	Planctonophage	Libre
Clair	4	521	9,39	8,5	1998	14,1	493,9	Planctonophage	Libre
Clair	4	521	9,39	7,35	2003	16,7	493,9	Planctonophage	Libre
George (Grand)	8	238	17,72	7,5	2001	8,8	503,2	Planctonophage	Libre
Joinville	7	259	23,31	16	1993	9,0	519,6	Planctonophage	Réserve
Lynch	7	1642	15,32	5,5	2006	3,8	710,7	Ichtyophage	Libre
Marie-Lefranc	7	668	58,61	6,5	1988	5,3	585,7	Planctonophage	Réserve
Memewin	8	899	14,65	5	2000	6,6	628,4	Ichtyophage	Libre
Mitis	1	1015	33,30	6	1994	5,1	723,5	Ichtyophage	Libre
Mitis	1	1015	33,30	4	1999		723,5	Ichtyophage	Libre
Mitis	1	1015	33,30	6	2005	6,5	723,5	Ichtyophage	Libre
Paul	7	285	53,28	6,5	1988	10,5	528,2	Planctonophage	Réserve
Saint-Denis	7	334	27,97	3,7	1993	4,6	548,6	Planctonophage	Réserve
Saint-Patrice	7	2849	17,32	3	1999	3,6	684,0	Ichtyophage	ZEC
Sept-Frères, Des	7	311	17,98	3,75	1994	11,2	556,2	Planctonophage	Réserve
Simon	7	2849	49,95	8	2002	4,6	676,0	Ichtyophage	Libre
Simon	7	2849	49,95	8	2007	4,4	676,0	Ichtyophage	Libre
Trente et un Milles, Des	7	4973	73,26	7	2003	2,9	724,4	Ichtyophage	Libre
Trente et un Milles, Des	7	4973	73,26	7,1	2008	4,1	724,4	Ichtyophage	Libre
Waconichi	10	8184	39,96		2000	4,8	755,0	Ichtyophage	Réserve

On constate que la LT^∞ se révèle un bon paramètre pour prédire la CPUE des lacs exploités au RMS ($R^2 = 0,68$) (figure 3). L'équation découlant de la relation entre la LT^∞ et les CPUE au RMS prend la forme suivante :

$$CPUE_{RMS} = 178,878^{-0,005435 LT^\infty}$$

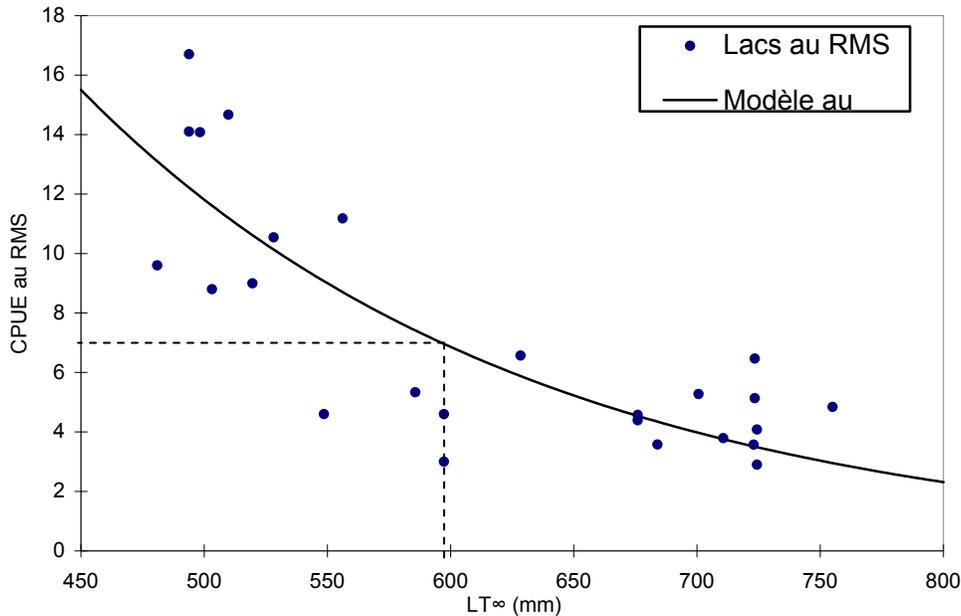


Figure 3. Relation entre la LT^∞ et les CPUE pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà

Les valeurs de $CPUE_{RMS}$ selon la LT^∞ constituent un point de référence biologique. Ainsi, pour un lac exploité au RMS et ayant une LT^∞ de 600 mm, il faut capturer sept touladis par nuit-filet pour que l'abondance soit considérée à l'équilibre avec le niveau d'exploitation (figure 3).

3.3 Biomasse par unité d'effort au RMS (kg/nuit-filet)

Dans la majorité des populations animales, le segment de la population qui limite la productivité est celui des femelles matures. Ces dernières doivent être représentées en quantité et en qualité suffisantes pour assurer le renouvellement des populations.

Nous avons déterminé, à partir de lacs exploités au RMS (tableau 7), la biomasse de femelles matures à maintenir pour qu'un lac soit considéré comme étant à l'équilibre. Pour ce faire, nous avons mis en relation la biomasse de femelles matures par unité d'effort (BPUE) avec la LT^∞ (figure 4). On constate que, peu importe la valeur de la

LT^∞ , la $BPUE_{RMS}$ de femelles matures est en moyenne de 1,6 kg par nuit-filet. La biomasse moyenne totale que l'on trouve dans les lacs exploités au RMS se situe, quant à elle, à 5,1 kg/nuit-filet.

Ces valeurs constituent des points de référence biologiques supplémentaires à considérer pour porter un diagnostic sur l'état de santé d'une population de touladi.

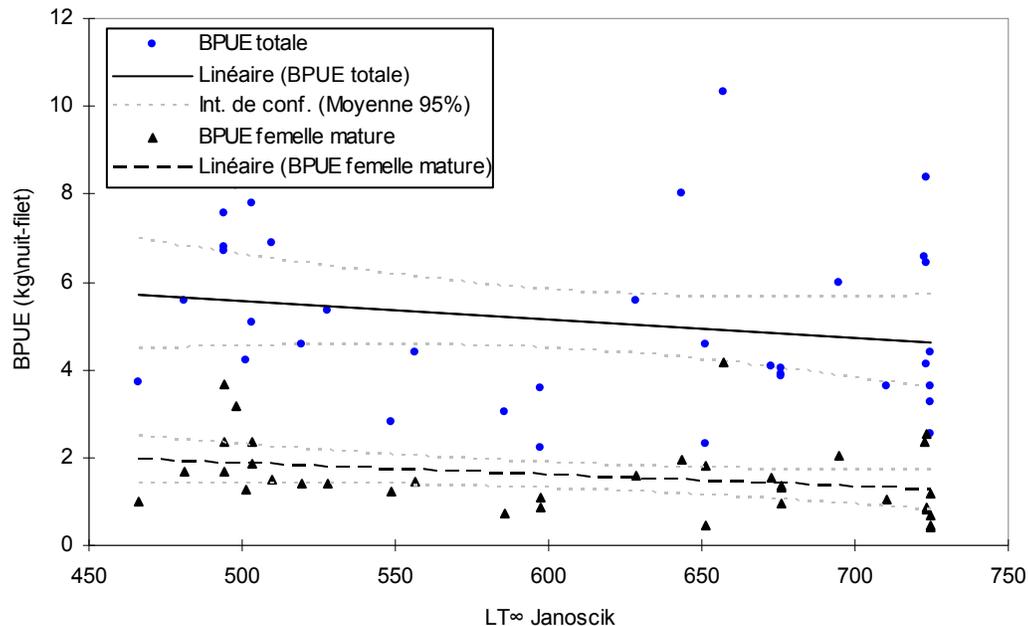


Figure 4 Biomasse par unité d'effort en fonction de la LT^∞ pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà

3.4 Validation des points de référence biologiques

Afin de valider l'efficacité de ce modèle, nous avons transformé les données de densité de poissons matures, obtenues par l'équation de Janoscik (2001) en CPUE totales, afin de déterminer si nos modèles de prédiction de l'abondance au RMS à partir de la LT^∞ sont similaires. Les lacs utilisés sont les mêmes que ceux du tableau 3.

Les valeurs de densité de poissons matures de Janoscik et Lester (2003) ont été converties en CPUE de poissons matures ($R^2 = 0,66$) grâce à la relation suivante (figure 5) :

$$CPUE_{mature} = 0,52378 + 1,1284 \times DENSITÉ_{mature}$$

Il est par la suite possible de convertir les CPUE de poissons matures en CPUE totale ($R^2 = 0,86$) grâce à l'équation suivante (figure 6) :

$$CPUE_{total} = 2,9701 + 1,9951 \times CPUE_{mature}$$

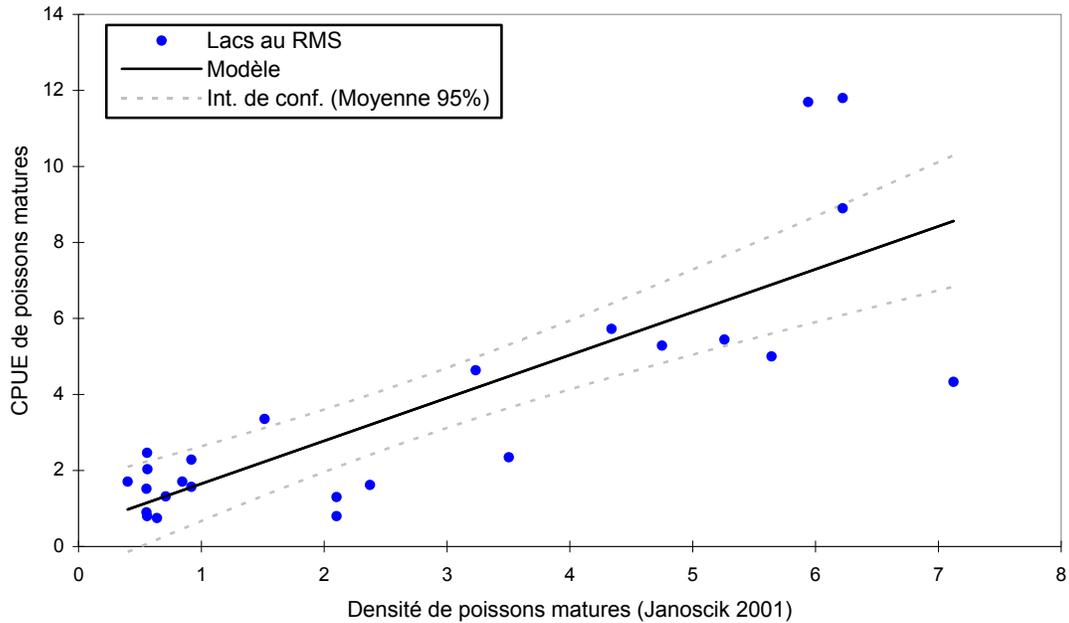


Figure 5. Relation entre la densité de poissons matures (Janoscik et Lester, 2003) et les CPUE de poissons matures pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà

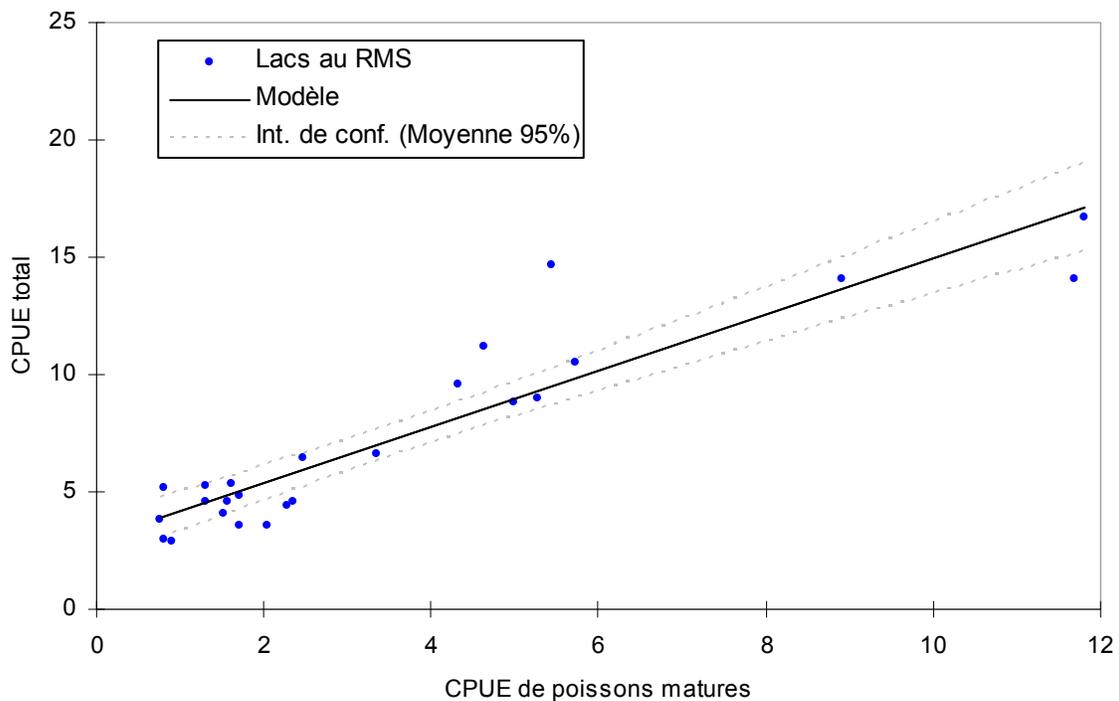


Figure 6. Relation entre les CPUE de poissons matures et les CPUE totales pour 27 inventaires exploités au RMS ou en deçà

On constate que le modèle de prédiction de l'abondance au RMS développé par simulations par Janoscik et Lester (2003) s'apparente fortement au modèle que nous avons développé à partir de données d'inventaires de lacs exploités au RMS ou en deçà (figure 7).

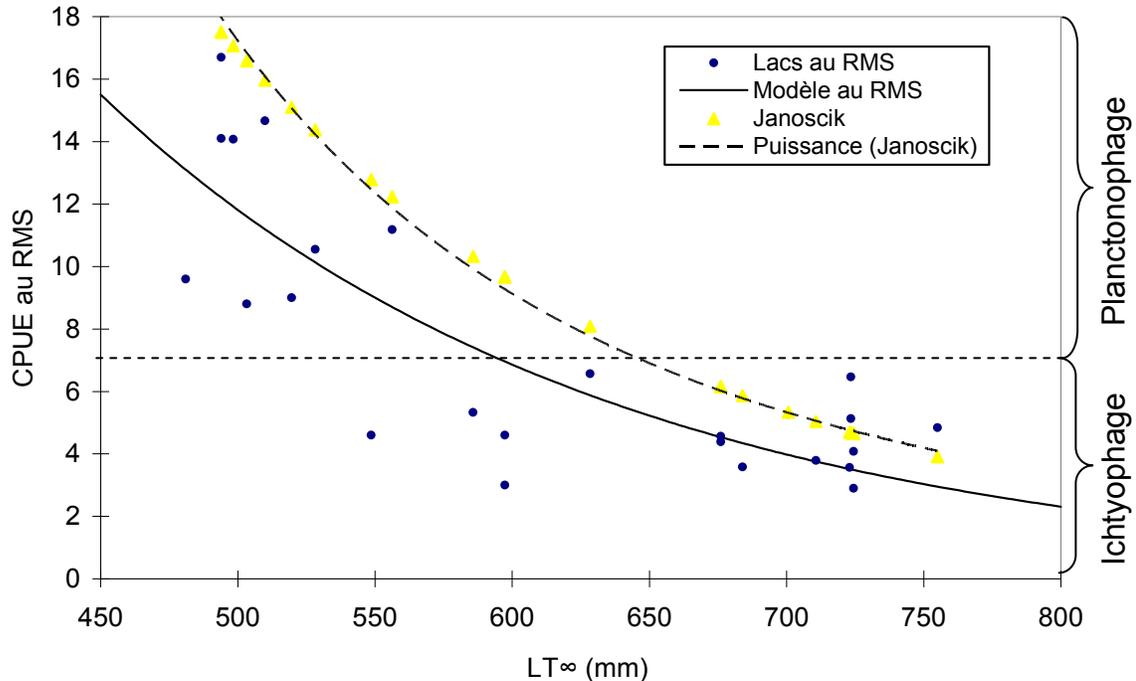


Figure 7. Comparaison de la relation entre les CPUE et la LT_{∞} obtenue par le modèle basé sur l'inventaire des 27 inventaires assumés au RMS ou en deçà et par le modèle simulé de Janoscik et Lester (2003)

4. DIAGNOSTIQUER L'ÉTAT D'UNE POPULATION DE TOULADI

4.1 Diagnostic à partir des données de mortalité et d'abondance

Les points de référence biologiques retenus pour juger de l'état d'une population de touladi regroupent des paramètres de mortalité, soit la mortalité observée (Z_{OBS}) et la mortalité attendue au RMS (Z_{RMS}), et des indices d'abondance, soit les captures par unité d'effort (CPUE) observées et attendues au RMS, ainsi que la biomasse des femelles matures par unité d'effort (BPUE) observée et attendue au RMS. Lorsque l'ensemble de ces paramètres est disponible pour un lac donné, il est possible de porter un diagnostic sur l'état de la population en positionnant les lacs dans un diagramme à quadrants mettant en parallèle le logarithme de Z_{OBS}/Z_{RMS} en abscisse et le logarithme de $CPUE_{OBS}/CPUE_{RMS}$ en ordonnée (figure 8). Chaque quadrant vient caractériser un stade d'exploitation qui se reflète sur l'état de la population.

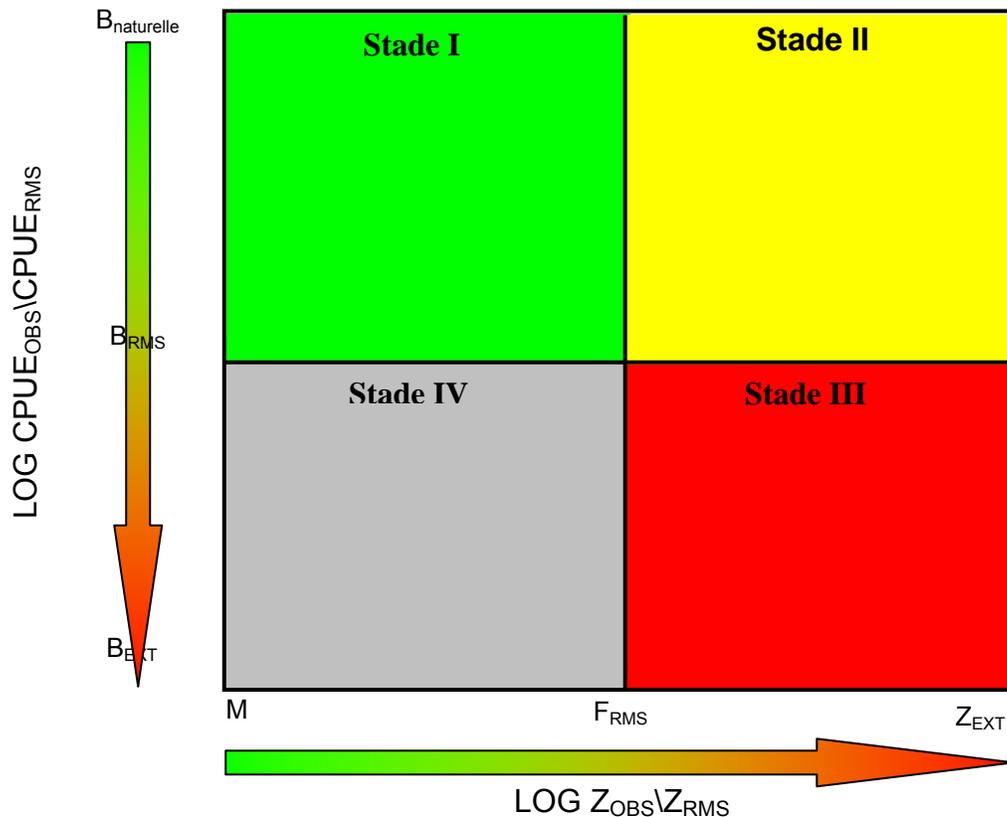


Figure 8. Diagramme à quadrants permettant de porter un diagnostic sur l'état de santé et l'évolution d'une population de touladi au Québec

M : mortalité naturelle, F_{RMS} : mortalité par la pêche au rendement maximum soutenu, Z_{EXT} : mortalité à l'extinction, B : biomasse naturelle, B_{RMS} : biomasse au rendement maximum soutenu, B_{EXT} : biomasse à l'extinction

Stade 1 (en santé) : se caractérise par un taux de mortalité faible et une abondance élevée. Il s'agit d'une pêcherie qui est bien gérée ou qui est dans les premiers stades de développement. De plus, pour qu'un lac soit considéré à l'équilibre, la BPUE de femelles matures doit être d'au moins 1,7 kg/nuit-filet, autrement, le lac doit être considéré comme étant en surexploitation.

Stade 2 (nouvellement surexploitée) : se caractérise par un taux de mortalité élevé et une abondance élevée. Ce stade ne peut être présent que durant les premières années d'exploitation intensive. La combinaison de mortalité et d'abondance élevées est instable dans ce quadrant.

Stade 3 (surexploitation avancée) : se caractérise par une mortalité élevée et une abondance faible. La population est en surexploitation ou un déclin d'abondance est apparu.

Stade 4 (dégradée, en récupération) : se caractérise par un taux de mortalité et une abondance faibles. Cet état est indicateur d'une population qui a été surexploitée dans

le passé. Les pêcheurs ont délaissé le plan d'eau par manque d'intérêt ou des modifications réglementaires ont permis de diminuer la mortalité. Des combinaisons de mortalité et d'abondance stables ne sont pas attendues dans ce quadrant, si la mortalité demeure faible, une transition graduelle vers le stade 1 devrait se produire.

Le stade 1 est à préconiser parce qu'il signifie que la population n'a pas été exploitée au-dessus du RMS et est donc en accord avec le principe du développement durable. Le maintien d'une pêcherie dans cet état représente un objectif de gestion minimale. Des critères plus stricts visant à maintenir une abondance plus élevée peuvent être préférés pour des raisons sociales ou économiques. Un objectif de gestion visant une pêcherie de haute qualité, ou de trophées, ne correspond pas aux valeurs obtenues pour un RMS. Il faudra alors viser des taux de mortalité plus faibles, nous permettant de conserver des biomasses plus élevées.

4.2 Diagnostic à partir des données d'abondance seulement

Lorsqu'il n'est pas possible de calculer une mortalité totale observée (Z_{OBS}) en raison d'un nombre peu élevé de spécimens, il est tout de même possible de porter graphiquement un diagnostic sur l'état d'une population en n'utilisant que les données d'abondance. Il suffit de mettre en relation les $CPUE_{OBS}$ avec la LT^{∞} . Lorsque les CPUE observées sont égales ou supérieures aux CPUE attendues au RMS (figure 9, ligne pointillée), la population est considérée comme étant à l'équilibre, alors que, lorsqu'elles sont inférieures, la population est surexploitée. De plus, pour deux lacs à l'équilibre, la situation sera considérée comme étant plus stable si la BPUE de femelles matures est supérieure ou égale à 1,6 kg/nuit-filet.

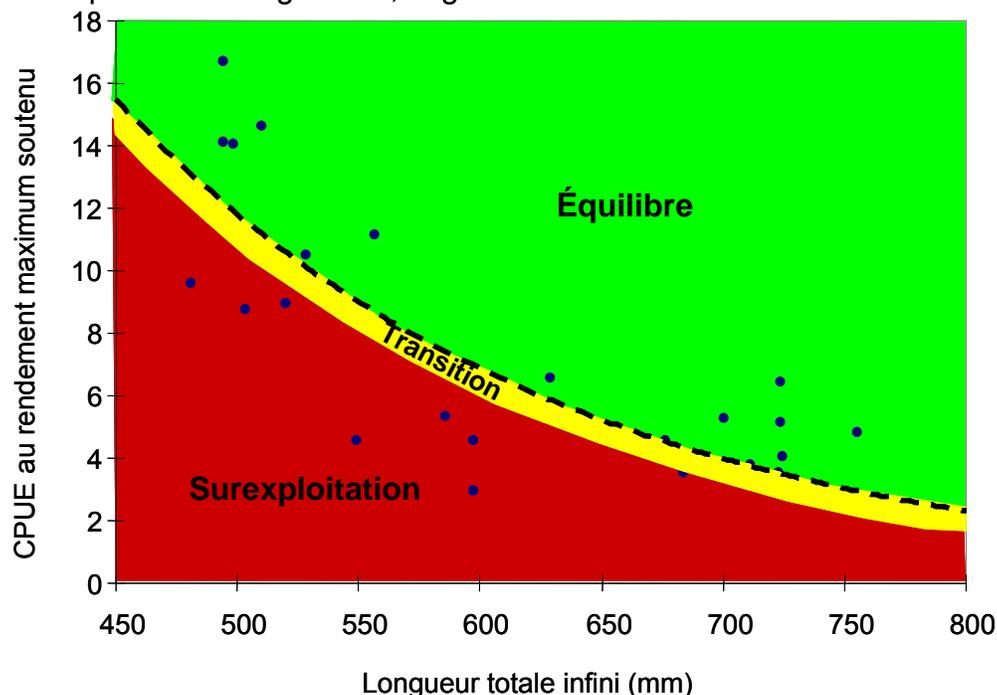


Figure 9. Diagramme d'abondance permettant de porter un diagnostic sur l'état d'une population de touladi

5. CONCLUSION

Jusqu'à tout récemment, la gestion du touladi au Québec se basait sur des critères empiriques qui permettaient aux gestionnaires d'évaluer l'état de santé relatif des populations de touladi. Aujourd'hui, avec l'aide de modèles développés par le MRNO, il a été possible de se doter d'outils de diagnostic précis, quantitatifs et adaptés au type de données recueillies lors de nos inventaires.

Ces outils permettent désormais de statuer avec confiance sur l'état de nos populations. Conjugués à l'inventaire ichtyologique provincial de touladi mis en place en 2010 grâce aux budgets générés par le programme de réinvestissement dans le domaine de la faune, ces nouveaux outils de diagnostic permettront de dresser un profil précis de la situation du touladi au Québec et surtout d'en suivre l'évolution dans le temps et d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place. Ce faisant, l'établissement de points de références biologiques pour diagnostiquer l'état des populations du touladi va dans le sens de la gestion prédictive et durable des stocks.

En terminant, il est important de noter que des travaux sont en cours afin de développer d'autres points de références qui permettront cette fois d'évaluer l'état de l'habitat du touladi. Ces nouveaux outils en main, il sera non seulement possible d'évaluer les effets de la qualité de l'habitat sur l'état des populations, mais également de déterminer comment l'habitat influence nos efforts de rétablissement des stocks de touladi.

Tous les efforts déployés au cours des dernières années pour développer des outils de diagnostic performants, de normaliser les protocoles d'échantillonnage et de mettre en place les meilleures réglementations possible ne visent qu'un seul et même objectif, soit celui de permettre aux générations actuelles et futures de profiter d'une ressource de qualité, en santé, dans un souci constant de conservation et de développement durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CARL, L., M.-F. BERNIER, W. CHRISTIE, L. DEACON, P. HULSMAN, D. LOFTUS, D. MARALDO, T. MARSHALL et P. RYAN (1990). *Fish community and environmental effects on lake trout*, Lake Trout Synthesis, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, 47 p.
- CHAPMAN, D. G. et D. S. ROBSON (1960). "The analysis of a catch curve", *Biometrics*, 16(3): 354-368.
- DUNN, A., R. I. C. C. FRANCIS et I. J. DOONAN (2002). "Comparison of the Chapman-Robson and regression estimators of Z from catch-curve data when non-sampling stochastic error is present", *Fisheries Research*, vol. 59, p. 149-159.
- EVANS, D. O., J. M. CASSELMAN et C. C. WILLOX (1991). *Effects of exploitation, loss of nursery habitat, and stocking on the dynamics and productivity of lake trout populations in Ontario lakes*, Lake Trout Synthesis, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, 193 p.
- GUY, C. S. et M. L. BROWN (éditeurs) (2007). *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- JANOSCIK, T. et N. LESTER (2003). *Use of spring littoral index (SLIN) to assess lake trout abundance*, FAU network report, Ministry of Natural Resources, Ontario, 10 p. + appendices.
- LEGAULT, M., H. FOURNIER, D. NADEAU et J. BENOÎT (2001). *Bilan de la gamme de taille protégée pour le touladi, 1993-1997. État de situation pour le Québec*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, Direction de l'aménagement de la faune, 76 p.
- LÉGER MARKETING (2010). *Enquête auprès des pêcheurs de touladi et de doré*, rapport d'étude, sondage téléphonique auprès des pêcheurs québécois, 110 p.
- LESTER, N. P. et W. I. DUNLOP (2003). "Monitoring the state of the lake trout resource: a landscape approach", p. 293-321, *In* Gunn, J. M., R. J. Steedman et R. A. Ryder, *Boreal Shield Watersheds: Lake Trout Ecosystems in a Changing Environment*, CRC Press, 501 p.
- LESTER, N. P., T. R. MARSHALL, K. ARMSTRONG, W. I. DUNLOP ET B. RITCHIE (2003). "A broad-scale approach to management of Ontario's recreational fisheries", *North American Journal of Fisheries Management*, 23: 1312-1328.
- MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE (1989). *Le touladi, une espèce en difficulté*, plan tactique, 40 p.

- PAYNE, N. R., R. M. KORVER, D. S. MACLENNAN, S. J. NEPSZY, B. J. SHUTER, T. J. STEWART et E. R. THOMAS (1990). *The harvest potential and dynamics of lake trout populations in Ontario*, Lake Trout Synthesis, Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, 72 p.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA (2012). *Enquête sur la pêche récréative au Canada 2010*, Analyses économiques et statistiques, Politiques stratégiques, Pêches et Océans Canada, 28 p.
- RICKER, W. E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*, Department of the environment fisheries and marine service, Ottawa, 382 p.
- SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE (2011). *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, Tome I, acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
- SHUTER, B. J., M. L. JONES, R. M. KORVER et N. P. LESTER (1998). "A general, life history based model for regional management of fish stocks: the inland lake trout (*Salvelinus namaycush*) fisheries of Ontario", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 2161-2177.

