

**AVIS SCIENTIFIQUE CONCERNANT
LA MORTALITÉ MASSIVE DES CARPES
DANS LE SAINT-LAURENT
DURANT L'ÉTÉ 2001**



Septembre 2001

Direction de la recherche sur la faune

**AVIS SCIENTIFIQUE CONCERNANT LA MORTALITÉ MASSIVE DES
CARPES DANS LE SAINT-LAURENT DURANT L'ÉTÉ 2001**

rédigé par
Marc Mingelbier¹,

avec la collaboration de

Guy Trecia¹, Réjean Dumas¹, Bertrand Dumas¹, Yves Mailhot¹, Claude Bouchard²,
Daniel C. Manolesco³, Philippe Brodeur¹, Christiane Hudon⁴ et Gilles Ouellette¹

¹ Société de la faune et des parcs du Québec, 675, boulevard René-Lévesque, Est Québec
(Québec) G1R 5V7

² Ministère de l'Environnement et de la Faune, 675, boulevard René-Lévesque, Est Québec
(Québec) G1R 5V7

³ Biodôme de Montréal, 4777 avenue Pierre-de-Coubertin, Montréal (Québec) H1V 1B3

⁴ Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, 105 rue McGill, Montréal (Québec) H2Y 2E7

Référence à citer :

MINGELBIER, M., G. TRENCIA, R. DUMAS, B. DUMAS, Y. MAILHOT,
C. BOUCHARD, D. C. MANOLESCO, P. BRODEUR, C. HUDON et
G. OUELLETTE. 2001. Avis scientifique concernant la mortalité massive des
carpes dans le Saint-Laurent durant l'été 2001. Société de la faune et des parcs du
Québec, Ministère de l'environnement, Biodôme de Montréal, Environnement
Canada. 25 p.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001-10-25
ISBN : 1-550-38479-2

Table des matières

AVANT-PROPOS	1
CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES	1
OBSERVATIONS ET CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS AU COURS DE L'ÉTÉ 2001	2
HYPOTHÈSES EXPLORÉES ET DISCUSSION.....	4
CONCLUSION	10
REMERCIEMENTS	11
RÉFÉRENCES CITÉES ET AUTRES RÉFÉRENCES PERTINENTES	17
ANNEXE 1: INFORMATION SUR L'HYDROPISIE INFECTIEUSE.....	19
ANNEXE 2: VTF&W NEWS RELEASE - FISH KILL ON CHAMPLAIN, JULY 2, 2001	20
ANNEXE 3: INFORMATION PERTINENTE PROVENANT DU 1 ^{ER} AVIS SCIENTIFIQUE.....	21

Liste des figures

Figure 1. Carpes frayant au lac Saint-Pierre, le 8 juin 2001 (photo J. Morin).	12
Figure 2. Carpes mortes échouées sur les rives du Saint-Laurent fluvial, entre le 28 juin et le 31 juillet 2001. En haut, Port-Saint-François; en bas à gauche dans la région de Montréal; en bas à droite près de l'Île Dupas (1540 individus sur 8 km de rive). Photos MENV et Société de la faune et des parcs du Québec.....	13
Figure 3. Mentions de carpes mortes récoltées par la Société de la faune et des parcs du Québec et le MENV dans les zones habitées entre le 28 juin et le 31 juillet 2001. Les observations sont présentées pour trois périodes ainsi que le total et sont classées par nombre. La taille des points indique l'abondance des recensements.	14
Figure 4. (A) Températures journalières maximales (pointillé en haut), moyennes (trait plein) et minimales (pointillé en bas) comparées à leur normale respective calculée sur 30 ans. (B-C). Maxima (minima) classés par ordre de rang (%): les valeurs >95% (<95%) sont exceptionnellement élevées (basses). Au cours de cette période, les températures journalières atteignent à plusieurs reprises des valeurs extrêmes rarement observées depuis 30 ans.....	15
Figure 5. Niveaux d'eau mesurés à Sorel en 2001 (trait plein gras) comparés aux maxima (pointillé en haut), minima (pointillé en bas) et moyennes historiques (trait plein) enregistrés entre 1960 et 2001. Le trait pointillé gras indique le rang (%) des valeurs mesurées en 2001 par rapport à la normale: les valeurs <95%, entourées par un cercle, sont exceptionnellement basses.	16

Avant-propos

Suite à la mortalité des carpes survenue dans le fleuve Saint-Laurent durant l'été 2001 et suite à la recommandation de l'avis scientifique préliminaire du 26 juillet 2001, un avis scientifique est émis, synthétisant les événements et incluant des cartes et une analyse de la température et du niveau d'eau durant la période critique. Ce travail a été réalisé dans le cadre du Plan d'Action Saint-Laurent Vision 2000.

Caractéristiques biologiques

La carpe dont le nom scientifique est *Cyprinus Carpio* Linné appartient à la famille des cyprinidés. Originaires d'Asie, elle fut introduite en Europe par les Romains, il y a 2000 ans. On l'a introduite en Amérique du Nord au XIX^e siècle. Aujourd'hui, la carpe est présente en eau douce et parfois saumâtre sur l'ensemble du globe, des lacs glaciaires de Scandinavie jusqu'aux fleuves de Nouvelle-Guinée ainsi que dans les mers d'Aral et Caspienne.

C'est un poisson à l'allure massive et puissante, pesant souvent plus de 10 livres et dont la durée de vie dépasse rarement 20 ans. Le corps est partiellement ou entièrement recouvert d'écaillés. Les nageoires caudales, pectorales et pelviennes sont très développées lorsque la carpe vit en eau rapide.

La carpe présente une alimentation benthique variée : grâce à sa bouche protractile et ses dents pharyngiennes, elle consomme une grande variété de tissus végétaux et animaux, dont des mollusques. La carpe tolère des eaux que l'eutrophisation a rendu inhabitables pour la perchaude et l'achigan à petite bouche.

Dès que la température de l'eau atteint 17 °C, les carpes se rassemblent graduellement pour frayer bruyamment, soit entre mai et août dans le Saint-Laurent, avec un maximum en juin. La reproduction a lieu dans des zones peu profondes où la végétation aquatique est abondante. L'espèce est très prolifique puisque l'on compte au moins 100 000 œufs par kilo de femelle.

En Amérique du Nord, les carpes adultes sont considérées comme nuisibles aux populations de poissons indigènes, parce qu'elles augmentent la turbidité de l'eau et qu'elles détruisent la végétation submergée. En contrepartie aux dégâts occasionnés sur

les autres espèces, les jeunes carpes servent probablement de nourriture aux grands brochets, maskinongés et achigans à grande bouche (Scott et Crossman 1974).

En Europe, la carpe est vénérée pour sa ruse par les amateurs de pêche sportive et fait aussi l'objet d'aquaculture intensive. En 2000, les débarquements des pêches commerciales au Québec équivalaient à environ 47 tonnes, dont la majorité pêchées au lac Saint-Pierre (comm. pers. Marcel Bernard, FAPAQ).

Observations et chronologie des événements au cours de l'été 2001

Avril-mai. Au printemps, un petit nombre de carcasses de carpes (30-35) est observé, entre autres, par plusieurs citoyens de Longueuil et par plusieurs collègues de la Société dans le secteur des Îles de Boucherville.

8 juin. Au cours d'une sortie sur le terrain, une équipe formée par des collègues de la Société, d'Environnement Canada, de l'UQTR et de l'UQAC observe un grand nombre de carpes en train de frayer dans les herbiers peu profonds du Lac Saint-Pierre. Les carpes sont énergiques et très actives (figure 1).

26 juin. Les premières carpes mortes (environ 300) sont observées en dérive entre Grondines et Saint-Augustin par la Société de la faune et des parcs (Alain Vallières).

27 juin. La même équipe que le 8 juin est à nouveau sur le terrain au lac Saint-Pierre. Un train de carcasses de carpes flotte sur une large surface du lac Saint-Pierre. Plus de 50 individus sont observés au cours des trois transects réalisés sur le plan d'eau. Les carcasses semblent être plus concentrées dans le couloir central du lac. Peut-être provenaient-elles d'un secteur situé en amont du lac Saint-Pierre car elles étaient transportées rapidement par le courant?

28 juin. D'autres carcasses recensées par la Société à Sainte-Anne-de-Bellevue et à l'embouchure de la rivière des Mille-Îles (plusieurs dizaines) et par le MENV (une cinquantaine) sont ramassées en aval du lac Saint-Pierre à Saint-Pierre-les-Becquets. À partir du 29 juin, le MENV et la FAPAQ, grâce à la collaboration des municipalités et de leurs citoyens, ont répertorié quotidiennement plusieurs centaines de carpes dans les régions habitées situées le long des rives du Saint-Laurent. Le nombre maximum de

carcasses récupérées en une journée s'élevait à 1 540 et a été répertorié dans le secteur des îles Dupas et aux-Castors le 7 juillet (figure 2).

Cartographie des recensements. Pour faciliter l'analyse et la lecture, les recensements de la Société et du MENV ont été cartographiés (figure 3) et l'événement a été divisé en trois périodes : 28 juin au 5 juillet, 6 au 13 juillet et 14 au 31 juillet.

Période 1 : 28 juin au 5 juillet. Au total 8 127 carcasses sont recensées entre Sainte-Anne-de-Bellevue et Lévis. Les carcasses sont signalées tantôt en amont, tantôt en aval, tantôt au centre de ce tronçon du fleuve, de sorte que les mentions ne semblent pas obéir à un patron de répartition qui serait lié au transport dans le fleuve.

Période 2 : 6 au 13 juillet. Au total 11 397 carcasses sont trouvées dans les mêmes localités qu'au cours de la période 1 mais dans un territoire un peu élargi vers l'amont dans les secteurs du lac des Deux-Montagnes et dans l'archipel de Sorel et vers l'aval dans le secteur de Québec. Les mentions sont plus nombreuses qu'au cours de la période 1, particulièrement entre Sorel et Québec, mais sont réparties de façon erratique dans le temps et dans l'espace.

Période 3 : 14 au 31 juillet. Au total 6 440 carcasses sont collectées dans les mêmes secteurs qu'au cours de la période 2. Les mentions les plus nombreuses sont concentrées entre Donnacona et Québec.

31 juillet. Dernière journée recensée par la Société et le MENV. Au total, plus de 25 000 carcasses ont été retrouvées dans les zones habitées situées le long des rives du Saint-Laurent. Les observations présentées ici ne sont pas exhaustives et le nombre total de carpes mortes est vraisemblablement beaucoup plus élevé car, compte tenu de l'ampleur de la mortalité, une large portion du territoire non habité n'a pas été inventoriée. Il est cependant difficile de chiffrer le nombre exact d'individus touchés.

Autres observations de la FAPAQ. Plusieurs carcasses flottantes sont recensées le 16 juillet dans la rivière Saint-François et dans le chenal séparant l'Île Saint-Ignace et l'Île Dupas, le 17 juillet au lac Saint-Pierre, le 8 août dans la rivière Maskinongé et le 9 août dans la rivière du Loup (affluent du lac Saint-Pierre). Même si les carpes ont clairement fait l'objet des mortalités les plus nombreuses, d'autres organismes ont été retrouvés morts en faible nombre au cours de la même période le long du Saint-Laurent,

parmi lesquels plusieurs catostomidae, anguillidae, acipenseridae, ictaluridae, esocidae, percidae et centrachidae.

Hypothèses explorées et discussion

Mortalité hivernale. Il arrive régulièrement que des carpes soient piégées par le gel durant l'hiver dans des milieux peu profonds le long du Saint-Laurent, autant en milieu naturel que dans des marais aménagés. Les carcasses observées en faible quantité dès le mois d'avril dans le secteur de Longueuil sont vraisemblablement liées à une mortalité hivernale et non à la mortalité massive qui a été observée plus tard dans la saison.

Transport. Il est important de faire la distinction entre le(s) lieu(x) où les carpes sont mortes et les secteurs où on les a retrouvées. Les courants dans le Saint-Laurent peuvent atteindre des vitesses $>1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans le chenal maritime. Le train de carpes observé le 27 juin au lac Saint-Pierre et le lendemain en aval du lac Saint-Pierre corrobore le fait que les carcasses ont été transportées par le courant. Par contre, il demeure complexe de mesurer la distance qu'elles ont parcourue avant d'être récupérées sur les rives, ce qui rend difficile l'identification des secteurs où elles sont mortes. De plus, aucune distinction n'a été faite entre les carpes moribondes qui pouvaient être proches des sites d'infection et les carpes mortes qui ont pu être transportées sur une longue distance.

La séquence chronologique des mentions ou le classement par abondance des carcasses retrouvées est quelque peu erratique dans le temps et dans l'espace et permet, tout au plus, d'affirmer que les carpes sont mortes dans plusieurs secteurs différents du fleuve, autant dans les eaux vertes des Grands-Lacs – Saint-Laurent que dans les eaux brunes de l'Outaouais, et dans plusieurs de ses affluents (c.-à-d. rivières Richelieu, Yamaska, Maskinongé, du Loup). Même si les déplacements des carpes dans le fleuve compliquent l'interprétation de la répartition des carcasses le long des rives, les résultats suggèrent que la mortalité est survenue dans un territoire assez vaste et que s'il existe différentes populations de carpes, plusieurs d'entre elles ont pu être touchées.

Déversement toxique. L'hypothèse d'un déversement toxique est rejetée parce que, d'une part, aucun déversement n'a été signalé, et d'autre part, parce qu'un tel déversement aurait affecté un grand nombre d'espèces de poissons et d'autres groupes d'animaux. Même si quelques autres espèces de poissons ont été retrouvées dans le

fleuve durant la même période (i.e. catostomidae, anguillidae, acipenseridae, ictaluridae, esocidae, percidae et centrachidae), la mortalité massive observée dans le Saint-Laurent ne concerne que les carpes. Un argument supplémentaire : lors d'un déversement toxique, les poissons meurent très rapidement et n'ont pas le temps de développer des maladies (voir plus loin *Aeromonas sp.* ou *Flexibacter sp.*).

Par exemple, un déversement de cyanure survenu en 2000 dans la Tisza et le Danube a occasionné la mort de nombreux oiseaux et poissons sur 300 km de rives Roumaines et Hongroises (http://www.its.uidaho.edu/etox_fall01/lectures/lectures.htm ; lecture #20). D'une autre façon, en 1995 le rejet d'une volumineuse quantité d'eaux usées dans les lacs de la région de Bangalore en Inde (<http://egj.lib.uidaho.edu/egj06/ramachandra.html>), a été accompagné rapidement par des mortalités massives de nombreuses espèces de poissons à cause du manque d'oxygène.

Contamination. Les analyses faites par le MAPAQ (Michel Bilodeau, Sainte-Foy 266-4440 poste 205) ne suggèrent rien d'anormal dans les dosages de métaux lourds et de pesticides présents dans les carcasses des carpes.

Température. Depuis plus de 30 mois, le sud du Québec connaît une variabilité climatique atypique par rapport aux dernières décennies (voir par exemple les indices d'anormalité des températures développés par le Service météorologique du Canada sur le site www.criacc.qc.ca/climat/indicateur/suivi/iatsq/index.html). Le climat agit sur un vaste territoire, mais ne permet pas d'expliquer à lui seul la mortalité massive des carpes survenue dans le Saint-Laurent, (1) parce que les carpes sont connues pour tolérer des températures élevées, des faibles concentrations en oxygène et des eaux de piètre qualité, (2) parce que d'autres espèces de cyprins, ainsi que les achigan, barbotte brune, crapet vivent aussi dans les eaux peu profondes et ne semblent pas avoir été affectés et (3) parce que les carpes ont eu le temps d'être infectées plus tard par une maladie (voir plus bas). Cependant, la variabilité climatique peut expliquer en grande partie l'affaiblissement subi par les carpes au moins depuis le printemps 2001.

Dès le mois de mai 2001, des températures de l'ordre de 30 °C, largement supérieures à la normale climatique (moyenne sur 30 ans), ont été mesurées au Québec (figure 4). À l'aéroport de Québec, la température de l'air a atteint son maximum le 15 juin avec 33 °C

(la série complète de températures mesurées à l'aéroport de Dorval est comparable, si bien qu'une seule série de données est présentée). Au printemps et en été, le transfert de chaleur entre l'air et l'eau est particulièrement rapide dans les milieux peu profonds (quelques heures). À la mi-juin, des températures de l'eau atteignant 34 °C ont été mesurées à l'Île Saint-Bernard (lac Saint-Louis; comm. pers. Philippe Brodeur, FAPAQ) et dans des herbiers peu profonds du lac Saint-Pierre (comm. pers. Christiane Hudon, Centre Saint-Laurent), ce qui est extrêmement élevé ! Les températures de l'air, qui montraient un fort parallélisme avec les courtes séries temporelles disponibles de température de l'eau, ont été utilisées dans l'analyse car ces séries étaient plus complètes et mesurées depuis plus de 30 ans.

Outre les maxima très élevés, des températures très basses pour la saison ont aussi été mesurées parfois à peine quelques jours avant et après ces valeurs maximales (figure 4). On sait que la température est un facteur déterminant pour la plupart des animaux à sang froid telle la carpe, dont le comportement de reproduction est déclenché graduellement lorsque la température de l'eau atteint 17 °C (Scott et Crossmann 1974). Les carpes, qui étaient rassemblées dans les eaux peu profondes du fleuve pour se reproduire, ont donc subi entre mai et juin des oscillations de température rapides et amples à l'extrême, sans délai pour s'acclimater. Ces variations de température représentent des stress importants à surmonter du point de vue métabolique, qui peuvent affaiblir les carpes au point de les rendre vulnérables, par exemple à des bactéries opportunistes présentes dans le milieu.

En plus du stress thermique, les températures élevées sont accompagnées automatiquement par une baisse considérable de l'oxygène dissous disponible. Par exemple, dans une eau douce de surface on mesure au plus des concentrations d'oxygène de l'ordre de 12, 10, 8 et 7 $\text{m}\cdot\text{gl}^{-1}$ à une atmosphère à respectivement 5, 15, 25 et 35 °C. Quand on sait que la carpe se reproduit au cours du mois de juin dans des herbiers peu profonds et que l'acte de reproduction demande un investissement énergétique considérable, il ne serait pas surprenant que les carpes aient accumulé une dette d'oxygène, qui aura contribué à les épuiser.

Faible débit et bas niveau d'eau dans le Saint-Laurent. Depuis les dernières années, les précipitations sont peu abondantes dans le bassin hydrographique du système Grands-

Lacs – Saint-Laurent, avec comme principale conséquence un faible débit dans le Saint-Laurent. Les niveaux d'eau qui résultent de ce faible débit ont été particulièrement bas en 2001 et proches des records historiques enregistrés depuis les années 1960 (figure 5).

Les principaux stress potentiels que les bas niveaux d'eau observés au cours de l'été 2001 ont pu occasionner sur les carpes sont les suivants : (1) marais du fleuve peu ou pas accessibles aux carpes durant la majorité du frai, forçant les carpes à frayer dans les herbiers - situations analogues observées en 1998, mais sans mortalité massive -, (2) diminution de l'étendue et du volume des refuges thermiques, (3) piégeage de poissons dans des dépressions de la plaine inondable en fonction de la topographie locale et des variations du niveau d'eau, (4) augmentation de la température dans certains cas et (5) augmentation de la concentration de divers polluants dans les affluents (ex. Yamaska).

Si on était capable d'identifier précisément les secteurs où sont mortes les carpes, il deviendrait possible de vérifier localement quel a pu être l'impact des niveaux d'eau et de mettre les mesures de niveaux d'eau en parallèle avec la température. Par exemple, étant donné que les niveaux d'eau varient aussi dans le temps, des poissons ont pu être piégés dans une dépression de la plaine inondable, y subir les effets d'une température élevée et ensuite être refoulés dans le fleuve après une hausse de niveau subséquente. Ce type de topographie n'étant pas généralisé à la plaine inondable du Saint-Laurent, cette dernière hypothèse n'explique pas pourquoi les carpes ont été touchées aussi spécifiquement, ni pourquoi la mortalité est survenue sur une aussi grande échelle spatiale, incluant plusieurs affluents du Saint-Laurent.

Infection bactérienne et potentiellement virale. Les analyses du Laboratoire de santé animale du Québec et les autopsies réalisées par le Département de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe rapportent que les carpes étaient infectées par *Aeromonas hydrophila*, une bactérie de la famille des Vibrionaceae, retrouvée en abondance dans les organes internes des carpes autopsiées. Les branchies et les organes internes étaient infectés par cette bactérie. Des lésions ont été observées dans le système digestif et sur les branchies, qui étaient recouvertes de mucus.

Aeromonas hydrophila est une bactérie opportuniste, présente dans tous les milieux d'eau douce de la planète, y compris le Saint-Laurent. Elle possède un pouvoir pathogène chez les poissons présentant des plaies internes et externes et peut provoquer la mort par septicémie (infection généralisée) chez les individus immunodéficients (voir les sites Internet suivants : www.biomath.jussieu.fr/bacterio/betalact/index.html et <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/chap17.html>). Les contacts fréquents au cours de la reproduction ont probablement contribué à propager la bactérie entre les individus.

Les analyses virales effectuées par l'institut Armand-Frappier et le collège vétérinaire de l'Île du Prince-Édouard n'ont pas décelé la présence de virus dans les tissus des carpes moribondes, ce qui n'exclut cependant pas la possibilité qu'un virus pathogène pour les carpes soit présent dans le Saint-Laurent .

En fait, il est possible qu'*Aeromonas hydrophila* ait agité en couple avec un virus du type *Rhabdovirus carpio* (virémie printanière; http://www.bvet.admin.ch/tiergesundheitsf/ausbildung/beratung/tierseuchen/fruehlingsviraemie_karpfen/merkblatt.html), comme c'est souvent le cas lorsqu'un poisson est atteint par l'hydropisie infectieuse (voir en annexe le contenu des sites suivants : <http://aquariophilie.ctw.net/Maladie3.htm> et <http://www.aqualien.com/tech/maladies/hydropisie.html>). Les sources d'infection sont multiples et concernent autant les poissons atteints que les porteurs latents du virus. L'infection est facilitée par les fortes densités de poissons et les variations de température importantes. La transmission s'effectue par l'eau infectée, les œufs, les parasites suceurs de sang, les oiseaux piscivores, les ustensiles et les moyens de transport.

L'action combinée entre un virus, affaiblissant les carpes et créant des lésions dans le système digestif (confirmé par l'autopsie), et une bactérie du genre *Aeromonas*, a déjà été observée en Europe au cours de mortalités massives sur des carpes présentant des symptômes comparables (Daniel C. Manolesco, comm. pers.). Il faut noter cependant que l'hydropisie infectieuse peut se déclarer aussi sans l'intervention d'un virus, suite à un affaiblissement important occasionnant une déficience immunitaire (i.e. stress thermique). Notons qu'il existe d'autres virus du type *Herpesvirus* pour lesquels on ne dispose pas d'information dans le Saint-Laurent.

Il semble qu'une mortalité de carpes ait été observée au lac Ontario en 2000. On rapporte que cette mortalité pourrait provenir de l'introduction de *Rhabdovirus carpio* dans le système Grands-Lacs – Saint-Laurent et qu'une telle introduction pourrait conduire à une épizootie massive sur les carpes qui ne sont pas immunisées. Ces informations doivent être vérifiées avec nos voisins de l'Ontario.

Par ailleurs, selon l'organisation internationale des épizooties (OIE), la virémie printanière de la carpe frappe chaque année en Allemagne, en Autriche, en France, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en ex-Tchécoslovaquie, en ex-Yougoslavie, en Hongrie, en Moldavie (http://www.oie.int/fr/maladies/fr_classification.htm). L'OIE recense aussi d'autres maladies telles que l'herpès virose du saumon *masou*, la nécrose hématopoïétique épizootique, la nécrose hématopoïétique infectieuse et la septicémie hémorragique virale. La littérature mentionne aussi le syndrome d'immunosuppression acquise des carpes koï (par ex. <http://www.people.freenet.de/dr-mario-blom/kissfr.html>).

Autres cas de mortalités massives. Voici quelques exemples de mortalité de poissons, en plus des références et des exemples mentionnés en annexe.

Durant l'été 2001, près de 2000 à 3000 mariganes blanches ont été retrouvées au lac Champlain ainsi que plusieurs perchaudes, achigans à grande bouche et crapets arlequins. Les poissons autopsiés par les biologistes du Vermont Fish and Wildlife Department étaient infectés par la bactérie *Flexibacter columnaris*, une bactérie opportuniste présente dans les eaux du lac Champlain. Selon les biologistes du Vermont, cette bactérie se développe habituellement suite à des stress du type : changements rapides dans les patrons climatiques, fluctuations de niveau d'eau, faible concentration en oxygène, stress de reproduction, structure anormale de la population de poissons, faible nutrition, qui tous affaiblissent le système immunitaire des poissons.

Au cours de l'été 1999, de nombreuses espèces de poissons sont mortes dans les Caraïbes (http://www.paho.org/English/SHA/be_v21n2-fish.htm). L'événement était attribué aux débits élevés de l'Amazone et de l'Orénoque, qui auraient libéré de fortes concentrations de sels nutritifs favorisant le développement d'algues toxiques et de *Streptococcus iniae*.

Conclusion

Chaque facteur, pris isolément, ne suffit pas à expliquer la mortalité massive des carpes, observée au cours de l'été 2001 dans le Saint-Laurent. Le scénario le plus plausible met en scène plusieurs facteurs, dont l'action combinée peut conduire à une mortalité massive.

Les principaux facteurs affaiblissant sont (1) la température anormale précédant et coïncidant avec la période de reproduction des carpes, (2) les faibles concentrations d'oxygène disponibles dans le milieu associées aux périodes de température élevée, (3) l'acte de reproduction, très énergivore, (4) l'infection externe des branchies par *Aeromonas hydrophila* a généré une accumulation de mucus contribuant au faible apport en oxygène, (5) l'infection au niveau des organes internes par *Aeromonas hydrophila* a fortement affaibli les carpes et (6) la présence potentielle d'un virus, dont l'action peut créer des lésions et faciliter une infection bactérienne interne.

Les contacts très fréquents entre les poissons, survenus au cours de la période de reproduction, ont fortement contribué à propager la bactérie (et aussi le virus potentiel). Une fois les carpes affaiblies et donc immunodéficientes, les bactéries *Aeromonas hydrophila* seraient devenues pathogènes et auraient donné le coup de grâce.

Même si les carpes ne sont pas particulièrement prisées au Québec, l'épisode de mortalité massive survenu au cours de l'été 2001 dans le Saint-Laurent soulève des inquiétudes légitimes, car les carpes font partie intégrante de l'écologie du fleuve depuis plus d'un siècle. D'une part, la mortalité massive peut annoncer des impacts inattendus liés aux changements climatiques à moyenne ou à grande échelle spatiale. D'autre part, les carpes peuvent être les premières victimes de maladies récemment introduites dans le système Grands-Lacs – Saint-Laurent, dont les répercussions sont encore inconnues et pourraient toucher d'autres poissons ou d'autres organismes vivants.

Un suivi de l'état de santé des populations de poissons du Saint-Laurent, en lien avec l'Ontario et les États du Vermont et de New York, est vivement recommandé.

Remerciements

L'auteur tient à remercier spécialement un grand nombre d'intervenants qui ont offert un avis éclairé sur cet événement extraordinaire qui a frappé le fleuve Saint-Laurent au cours de l'été 2001 et qui se reconnaîtront dans le texte. Que les Directions régionales du MENV et de la FAPAQ qui ont géré la crise sur le terrain et auprès des médias et qui ont compilé avec l'aide des municipalités une partie des données nécessaires à l'analyse de la mortalité massive des carpes soient remerciées. L'école vétérinaire de Saint-Hyacinthe, l'Institut vétérinaire de l'Île du Prince-Édouard, le Laboratoire de santé animale du Québec et l'Institut Armand-Frappier ont réalisé les autopsies et les analyses bactériennes et virales. Grâce à son expérience européenne des épizooties, Daniel C. Manolesco, chercheur en sciences aquatiques intégrées et rédacteur scientifique au Biodôme de Montréal, a contribué à orienter les recherches. Le service Météorologique du Canada a fourni rapidement les données de températures et de niveaux d'eau nécessaires, ainsi que des conseils pour l'analyse des données climatiques. Le Centre Saint-Laurent a participé à l'étude en corroborant des mesures de température et de niveau d'eau dans plusieurs sites du Saint-Laurent. Shawn P. Good, biologiste au Vermont Fish & Wildlife Department a communiqué rapidement l'information disponible. Merci aussi à Aïssa Sebbane qui a participé au traitement géomatique.



Figure 1. Carpes frayant au lac Saint-Pierre, le 8 juin 2001 (photo J. Morin).



Figure 2. Carpes mortes échouées sur les rives du Saint-Laurent fluvial, entre le 28 juin et le 31 juillet 2001. En haut, Port-Saint-François; en bas à gauche dans la région de Montréal; en bas à droite près de l'Île Dupas (1540 individus sur 8 km de rive). Photos MENV et Société de la faune et des parcs du Québec.

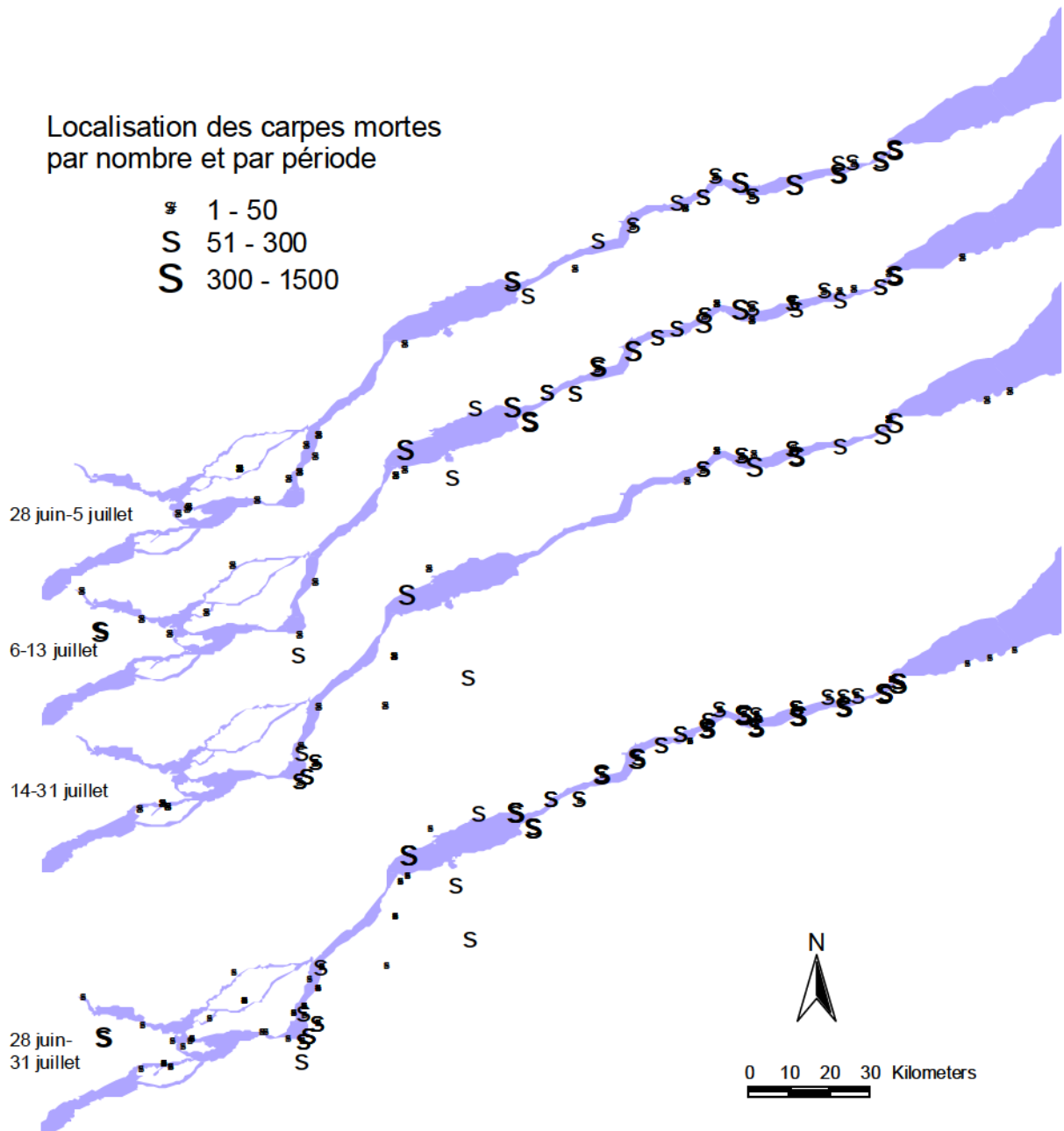
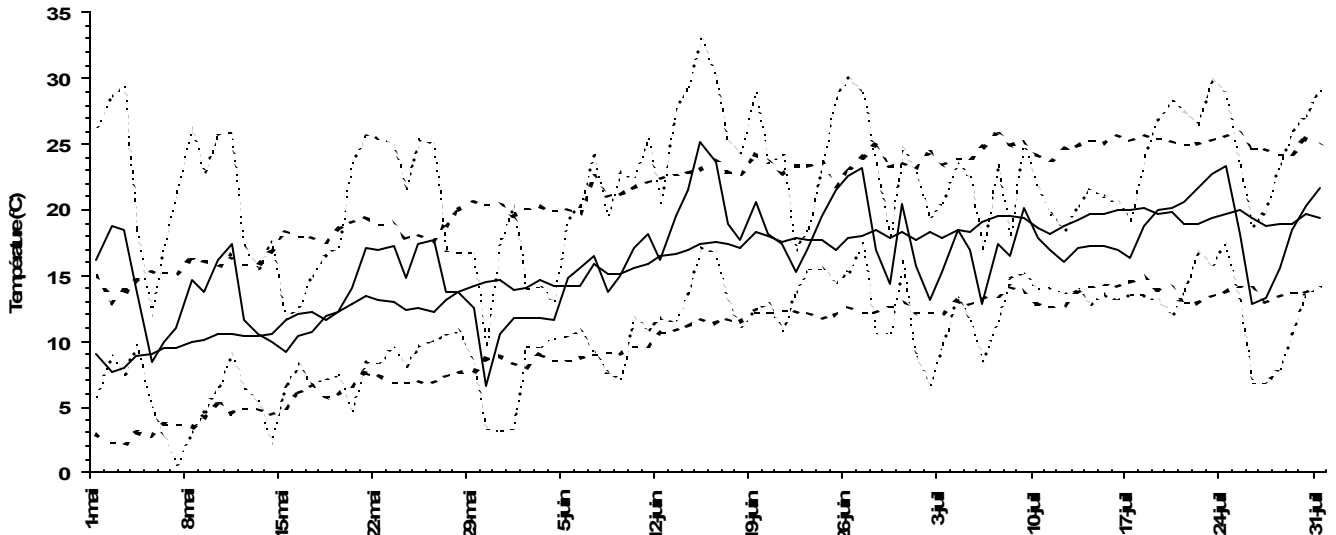
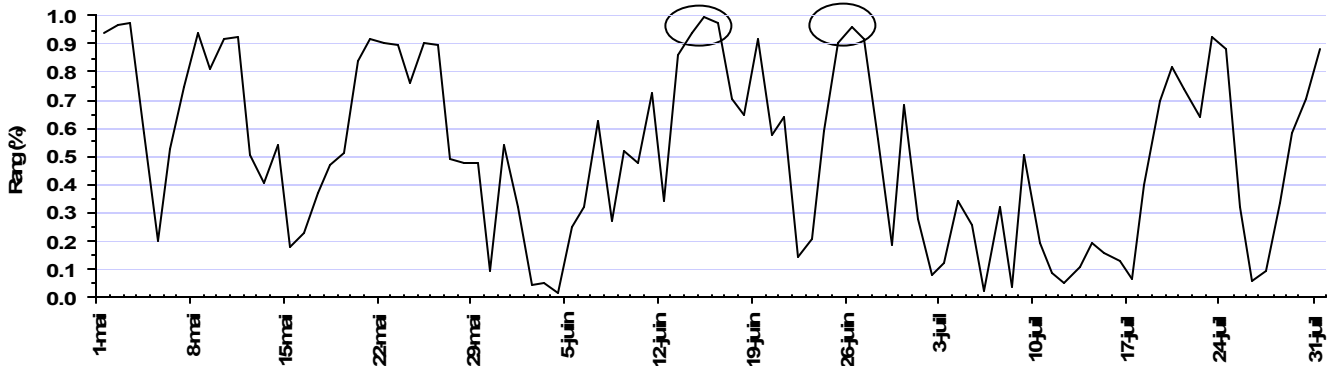


Figure 3. Mentions de carpes mortes récoltées par la Société de la faune et des parcs du Québec et le MENV dans les zones habitées entre le 28 juin et le 31 juillet 2001. Les observations sont présentées pour trois périodes ainsi que le total et sont classées par nombre. La taille des points indique l'abondance des recensements.

A. Température de l'air à Québec



B. Température maximale de l'air à Québec



C. Température minimale de l'air à Québec

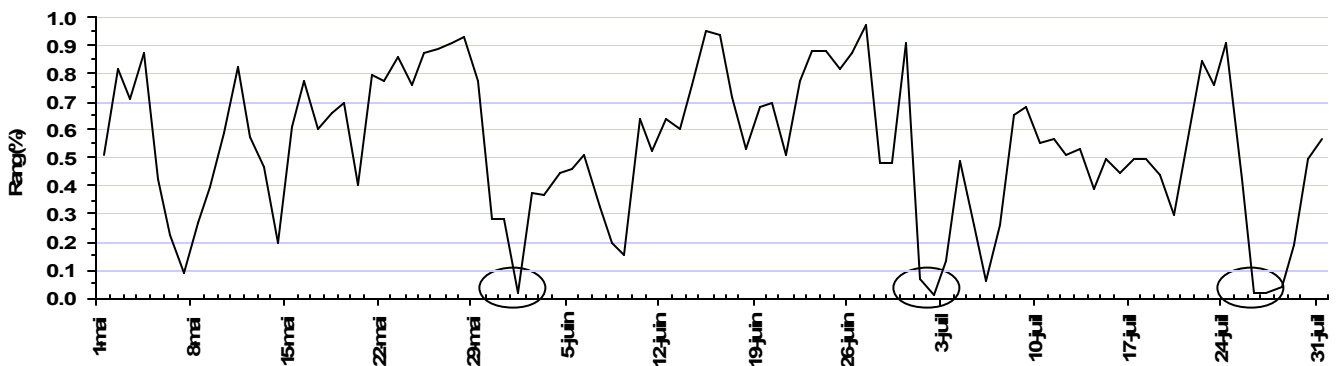


Figure 4. (A) Températures journalières maximales (pointillé en haut), moyennes (trait plein) et minimales (pointillé en bas) comparées à leur normale respective calculée sur 30 ans. (B-C). Maxima (minima) classés par ordre de rang (%) : les valeurs $>95\%$ ($<95\%$) sont exceptionnellement élevées (basses). Au cours de cette période, les températures journalières atteignent à plusieurs reprises des valeurs extrêmes rarement observées depuis 30 ans.

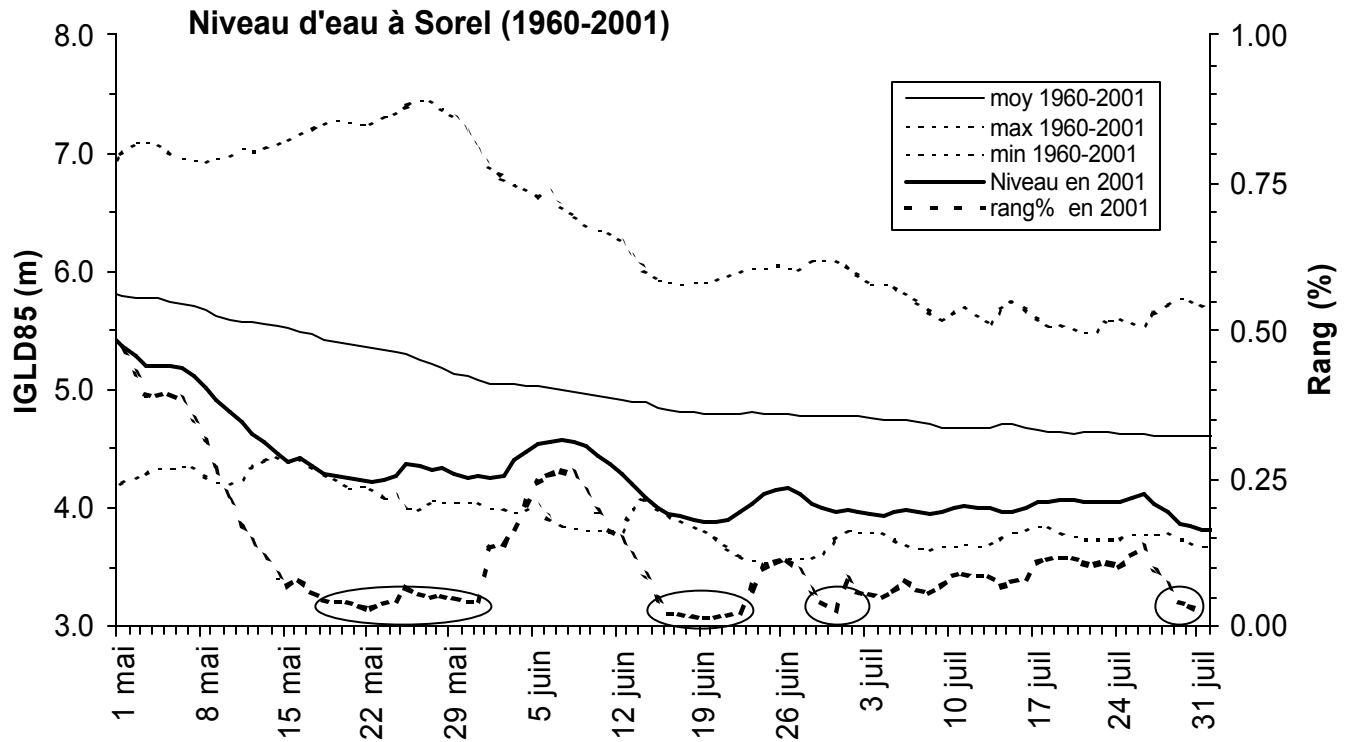


Figure 5. Niveaux d'eau mesurés à Sorel en 2001 (trait plein gras) comparés aux maxima (pointillé en haut), minima (pointillé en bas) et moyennes historiques (trait plein) enregistrés entre 1960 et 2001. Le trait pointillé gras indique le rang (%) des valeurs mesurées en 2001 par rapport à la normale: les valeurs <95%, entourées par un cercle, sont exceptionnellement basses.

Références citées et autres références pertinentes

- BROWN, E.H. (1968). Population characteristics and physical condition of alewives, *Alosa pseudoharengus*, in a massive dieoff in Lake Michigan,. Great Lakes Fishery Commission Technical Report (Ann Arbor); Vol.December(13) pp 1-20.
- BRUTON, M.N. (1979). Cichlid fish mortality in a freshwater lake in Natal. Lammergeyer (Pietermaritzburg) No.27 pp 1-4.
- CALLE PP, MCNAMARA T, KRESS Y. 1999. Herpesvirus-associated papillomas in Koi Carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine 30(1):165-9.
- DAS, S. M. AND J. PANDE (1982). Fish mortality and environmental parameters in Lake Nainital. J. Bombay Nat. Hist. Soc.; 79(1):100-109.
- DAVIS, J.T. (1960). Fish populations and aquatic conditions in polluted waters in Louisiana. Louisiana Wild Life and Fisheries Commission Bulletin No.1 pp 1-121.
- DELISLE CE (1972). Variations mensuelles de *Glugea hertwigi* (*Sporozoa: Microsporida*) chez différents tissus et organes de l'éperlan adulte dulcicole et conséquences de cette infection sur une mortalité massive annuelle de ce poisson. Can J Zool; 50(12):1589-600.
- DESROCHERS, D. et M. LETENDRE 1994. Évaluation de la mortalité d'anguilles dans le Haut Saint-Laurent en 1993. Ministère de l'environnement et de la faune, Direction régionale de Montréal, secteur Faune, ISBN 2-550-29391-6, 37 p - 2 annexes.
- GIUSSANI, G.; DE BERNARDI, R.; MOSELLO, R.; GHITTINO, P. (1980). Situazione limnologica del lago di Candia [Piemonte] in concomitanza con una grave mortalità ittica da Branchiomicosi. Riv. Ital. Piscicol. Ittiopatol. 15(2):46-52.
- HAMORY, G.; POCSI, L. (1982). Preliminary studies on the course and etiology of gill necrosis of carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquacult. Hungarica (Szarvas) 3:99-104.
- KANE AS; OLDACH D; REIMSCHUESSEL R. (1998). Fish lesions in the Chesapeake Bay : Pfiesteria-like dinoflagellates and other etiologies. Md Med J; 47(3):106-112.
- KUPERMAN, B.I.; MATEY, V.E. (1999). Massive infestation by *Amyloodinium ocellatum* (Dinoflagellida) of fish in a highly saline lake, Salton Sea, California, USA. Diseases of Aquatic Organisms (Amelinghausen); Vol.39(1), pp. 65-73.
- McALLISTER, P. E. 1993. Goldfish, koi, and carp viruses. Pages 478-486 in M. K. Stoskopf, Fish medicine, W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania.
- McCRIMMON, H. R. 1972. La carpe au Canada. Office des Recherches sur les Pêcheries du Canada, Ottawa, bull. 165, 101 p.
- MIKAELIAN, I. et D. MARTINEAU 1997. Inventaire des conditions pathologiques chez les poissons du Saint-Laurent au site de Saint-Nicolas en 1995. Rapport scientifique et technique ST-141, Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, 57 p.

- PAPERNA, I. AND J. G. VAN AS. H. STEINITZ (1983). The pathology of *Chilodonella hexasticha* (Kiernik). Infections in cichlids fishes. J. Fish Biol.; 23(4):441-450. SFA 29(1).
- PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT – SOUS-VOLET NIVEAU D'EAU, site Internet http://www.slv2000.qc.ec.gc.ca/plan_action/phase3/biodiversite/niveaux_eau/accueil_f.htm.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Office des Recherches sur les Pêcheries du Canada, Ottawa, bull. 184, 1026 p.
- SNIESZKO, S. F; G. L. BULLOCK (1964). A massive kill of white perch (*Roccus americanus*) involving a *Pasteurella*-like bacterium. Bacteriol. Proc. 1964:42.
- SPANENBERG, J.V.; HEDRICK, R.P.; KEBUS, M.J. (1999). Herpes virus associated with mortality in adult koi carp (*Cyprinus carpio*). International Association for Aquatic Animal Medicine (IAAAM) Conference Proceedings; Vol.30(1-4) p 95.
- VAN SICKLE, J.; BAKER, J.P.; SIMONIN, H.A.; BALDIGO, B.P.; KRETSEK, W.A.; SHARPE, W.E. (1996). Episodic acidification of small streams in the Northeastern United States: fish mortality in field bioassays. Ecological Applications; Vol.6(2) pp 408-421.
- VENKATARAMAN, G.; SAM BENNET, P.; KRISHNA MURTY, V.S.; CHENNUBHOTLA, X.; RAMAKRISHNAN, K.N. 1966A note on the occurrence of large scale fish mortality along the Chaliyar River near Beypore. Journal of the Marine Biological Association of India; Vol.VIII(1/2), pp. 224-225.
- WORTHINGTON, E.B. (1947). The death of fish in Lake Albert. E.A.N.H.S. (East Africa Natural History Society) Bulletin No.3 pp 12-13.
- YASUNAGA, N.; YASUMOTO, S.; HIRAKAWA, E.; TSUKAHARA, J. (1984). On a massive mortality of oval filefish (*Navodan modestus*) caused by *Pasteurella piscicida*. Fish Pathol. 19(1):51-55.

Annexe 1

Information sur l'hydropisie infectieuse

Extraits de sites <http://aquariophilie.ctw.net/Maladie3.htm> L'hydropisie n'est pas une maladie à proprement parler, mais plutôt un symptôme dû à plusieurs facteurs pathogènes.

En cause : infections virales ou bactériennes, ainsi que des problèmes métaboliques et alimentaires.

Symptôme : ventre visiblement très gonflé, écailles saillantes, rougeurs aux orifices operculaires ou à la base des nageoires, ulcères sur le corps. Les matières fécales sont longues et pâles. En général les poissons finissent par arrêter de s'alimenter. Le corps présente une couleur sombre, les branchies sont pâles et les yeux exorbités. Du liquide remplit la cavité ventrale et les organes intérieurs se décolorent.

Origine : ces symptômes peuvent survenir chez les poissons en mauvaise condition à cause de divers facteurs. Dans la pratique, le symptôme doit être considéré comme un signe très dangereux et grave pour la vie du poisson. Il est très souvent signe de la présence d'une maladie infectieuse, moins souvent infestante, à l'intérieur de l'aquarium ou de la présence d'une pollution. Le mieux, pour être sûr de l'origine du mal, est de faire faire une autopsie par un vétérinaire afin d'isoler et de traiter la cause de façon plus précise.

Traitement: Étant donné que les causes sont incertaines, un traitement précis est difficile à pratiquer. La meilleure stratégie consiste à retirer les individus atteints et de les mettre dans l'aquarium hôpital. Si la situation ne s'améliore pas on peut tenter le traitement à l'aide d'un antibiotique à large spectre. Consulter l'avis d'un vétérinaire pour la bonne utilisation de ces produits qui ne sont vendus en général que sur ordonnance. À noter l'existence du « nifurpirinol ou furanace » généralement utilisé à une concentration de 0,1 à 0,2 mg/litre, pendant trois à cinq jours.

Extraits de <http://www.aqualien.com/tech/maladies/hydropisie.html> L'hydropisie infectieuse attaque la cavité abdominale qui, sous l'accumulation de liquide purulent, se dilate fortement. Quand le poisson est gravement atteint, les écailles se soulèvent, ce qui donne à l'individu une apparence typique de "pomme de pin", distinguant l'hydropisie d'une occlusion intestinale.

L'hydropisie infectieuse, à ne pas confondre avec la forme ulcéreuse, est provoquée par une infection bactérienne. Les agents mis en cause ne sont pas encore déterminés avec certitude. L'agent infectieux est soit présent dans l'aquarium, soit introduit par l'intermédiaire d'un nouveau venu ou encore d'une plante. Cependant, la maladie n'attaque que des poissons affaiblis ou en mauvaise santé. Une nourriture impropre, c'est-à-dire non adaptée au régime alimentaire des poissons, ou manquant de variété peut également être responsable. On peut remarquer, dans la plupart des cas, que les conditions générales sont mauvaises, avec un fort taux de matières azotées ou phosphatées. Cette pathologie se déclenche également lorsqu'on trouve dans l'eau des particules en suspension. Ces particules pourraient blesser les tissus conjonctifs et/ou intestinaux des poissons et ainsi faciliter la prolifération des germes. On peut également penser à un mauvais état de santé du poisson, dont le système immunitaire est déficient, engendrant alors une sensibilité accrue aux attaques extérieures.

L'hydropisie est difficile à soigner, il est recommandé d'utiliser des antibiotiques à large spectre, efficaces en cas de cause bactérienne. Les guérisons les plus rapides ont lieu lorsque le poisson est replacé dans une eau dont la qualité et la propreté sont maximales. Pour les soins, un changement d'eau de 75% du volume par jour suffit parfois à guérir le poisson. Une nourriture saine et variée est obligatoire, car le transit est particulièrement perturbé.

Annexe 2

VTF&W News Release - Fish Kill on Champlain, July 2, 2001

Media Contacts: Thomas Jones, Thomas Wiggins -- 802-241-3700

ANOTHER LAKE CHAMPLAIN FISH KILL FOUND TO BE NATURAL

A fish kill in northern Lake Champlain during late June is found to be a natural die-off, according to the Vermont Fish & Wildlife Department. A number of fish with a heavy infection of «Columnaris» bacteria were found when department biologists investigated during the last week of June. It is the same bacteria that infected fish at the southern end of the lake three weeks earlier.

Dead fish began to appear along the shore in several locations in northern Lake Champlain during the third week in June, causing many people to call the Vermont Fish & Wildlife Department. Unlike the die-off of white crappie at the southern end of the lake earlier, this fish kill involved primarily yellow perch and additional species such as pumpkinseed, brown bullhead, and rock bass, according to the department's Fish Health Biologist Thomas Jones.

«We diagnosed the same bacterial infection, Columnaris, that was associated with the white crappie kill that occurred in the southern portion of the lake,» said Jones. «The bacteria was observed in large numbers on the gills of these fish, a common location for this infection.» «Columnaris is not a human pathogen,» he added. «However, it is well-documented in technical reports to be associated with fish kills in natural fish populations. We have seen this same type of die-off from time to time in Lake Champlain and other Vermont waters.»

Columnaris disease exists worldwide in fresh water habitats. The bacteria are believed to occur naturally in aquatic environments, and all fresh water fish are considered susceptible. Columnaris disease most commonly develops after natural stresses such as rapidly changing weather patterns, water temperature fluctuation, low oxygen levels, spawning stress, abnormal fish population structure, and poor nutrition have weakened fishes' immune systems.

«I strongly feel that this fish kill was insignificant to the total fish population of Lake Champlain and that we will continue to enjoy quality fish and fine fishing in the lake,» said Jones. «I am glad to see the concern that many people have shown about Vermont's fisheries and environment by calling us to report these fish die-offs,» he added. «In this case, however, we feel confident it is a natural event and that there is no need for alarm.»

Annexe 3

Information pertinente provenant du 1^{er} avis scientifique

Cas antérieurs retracés.

D'autres mortalités de carpes ont été signalées par le passé, ailleurs en Amérique (Internet, sources repérées sur); surveiller la mention possible de la Virémie de la Carpe (Rhabdovirus), maladie répertoriée en Europe, à investiguer pour l'Amérique du nord et les mentions de l'Herpesvirus de la carpe Koi.

Une mortalité de carpes est rapportée dans les années 1950 à l'Île aux Sternes, selon un retraité de la Conservation de la faune, M. Roger Alarie (rapport à trouver). On avait alors soupçonné la chaleur.

Des mortalités d'anguilles ont été notées lors des années 1970, 1980 et 1993; la cause est demeurée non identifiée pour les années 1970 et 1980 selon Jean-Denis Dutil de l'IML à Mont-Joli, quoique probablement virale (les publications à ce sujet sont attendues); l'osmorégulation était affectée chez les anguilles de taille adulte en eaux douces. La cause pour l'épisode de 1993 à Montréal serait d'origine virale selon les lésions observées au péricarde, au myocarde et à l'endocarde des anguilles. L'agent viral n'a pas pu être identifié cependant. Cet agent aurait affaibli les poissons, les rendant plus vulnérables à l'action de pathogènes bactériens ou fongiques. *Aéromonas hydrophila* a aussi été retrouvée sans être identifiée comme la cause de mortalité.

Les harengs auraient subi une mortalité d'origine fongique dans le Saint-Laurent vers 1960 (source MPO, IML).

L'éperlan arc-en-ciel des Grands Lacs a subi une des pires épizooties aux lacs Huron et Michigan, en 1942 (rapportée dans Scott & Crossman 1974 p. 340). La cause aurait probablement été virale.

Sites Internet pertinents :

Mortalité de poissons au lac Champlain en 2001 : http://www.anr.state.vt.us/database/PressRel/dept.cfm?Agency__Department=FW.

Agence canadienne d'inspection des aliments : <http://www.inspection.gc.ca/francais/anima/fispoi/export/cert10/taitaif.shtml>

Problèmes de mortalités de carpes et autres espèces liées à un mycosporidien (sur le menhaden), *Flexibacter columnaris* (branchies de carpes); blooms d'algues mahogany et baisse d'oxygène: www.dnr.state.md.us/pfiesteria/biweekly-2000-6-20.html

Mortalité sur la rivière Susquehanna, apparemment causée par une bactérie: http://sites.state.pa.us/PA_Exec/Fish_Boat/qdcarp.htm

Extrait de l'article "Less carpings at Bowman-Haley Reservoir" trouvé sur le site <http://www.und.nodak.edu/org/ndwild/carp.html>, où il est question du Old Carp Syndrome qui se répète sur une dizaine d'années environ. "Eventually the reservoir is full of large, old carp whose reproductive success is poor, because the reservoir's carrying capacity for carp is reached. Growth and survival rates of young-of-the-year are low. Although few young carp are added to the population, the damage was done when the strong year classes were produced. The Old Carp Syndrome may persist for years until a die off reduces the dominant year classes. If the die off is sudden, the entire process can start over. This cycle explains why biologists have often removed large numbers of carp from waters, only to see survivors reproduce successfully and recreate the Old Carp Syndrome 10 years later. With fewer old carp, food for younger carp may be abundant.

They can grow rapidly, and quickly reach a size too large for predation. This rapid growth permits a carp to live most of its 15 or more years without risk of predation. The carp's high fecundity (reproductive capacity) up to 2 million eggs in a 20-pound female and its adaptability to spawn in different situations gives it an edge over many native or preferred species.”

Nouvelle de Pittsburg sur un cas de Carp Die-Off en juin 2001. Cause virale écartée (Koi Carp). http://www.post-gazette.com/sports/outdoors/20010628fishingoutdoor_2p2.asp.

Citation traitant du virus de la carpe Koi http://www.internode.net/HoneyBee/Misc/sad_and_bad.htm. {For a hobby I feed colored hybrid carp called, KOI, and find them interesting and somewhat comparable to bees in that they have pests, predators and diseases; like my bees. They also suffer greatly from stress and viral diseases. Its worth quoting from the "TETRA ENCYCLOPEDIA OF KOI" a passage on Viral Diseases.}:QUOTE "Viruses are probably among the most successful organisms ever to have evolved and, apart from other viruses, can infect all other living organisms, including bacteria. Their structure is one of elegant simplicity,.....The life cycle might also be described as simple compared with other organisms.....The infecting virus literally 'injects' its own genetic material into a single cell of the host. Once inside the cell, the viral genetic material takes command of the cell's genetic material and causes it to produce more viruses. Very simply, it may proceed in one or two way. The virus may cause the host cell to mass produce other virus particles that are released when the host cell ruptures, allowing the virus particles to infect other cells and organisms. Alternatively, the virus can incorporate itself into the host cell's genetic material and may have an initial infective stage causing more virus particles to be produced. The virus then enter a non-infectious state during which the particle remains in the host cell's genetic material but is inactive. STRESS OR OTHER DISEASES CAN THEN CAUSE THIS TYPE OF VIRUS TO BECOME INFECTIVE AGAIN. A classic example of this type of viral infection is the herpes virus which causes cold sores in man. {and women} One of the sinister aspects of any virus is that its genetic material is not very stable; it mutates very easily, giving rise to new' viral strains. The perfect example of this are the viruses that cause influenza, with different types appearing apparently each winter to plague us. There is no treatment or cure for any viral disease. Prevention of viral disease using vaccination is the only method currently available....." END QUOTE.