

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	1
I. POINT DE LA SITUATION	3
II. MANDAT D'ÉTUDE	5
III. HISTORIQUE DES PISCINES	6
IV. PROBLÉMATIQUE	7
V. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES PISCINES	10
VI. RÉGLEMENTATION DES PISCINES PUBLIQUES	11
A. RÉGLEMENTATION QUÉBÉCOISE.....	11
B. RÉGLEMENTATION CANADIENNE.....	12
C. RÉGLEMENTATION AMÉRICAINE.....	12
VII. ÉCHANTILLONAGE ET PRISE DE PHOTOS	13
A. ÉCHANTILLONAGE ET LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES.....	13
B. PRISE DE PHOTOS.....	14
VIII. ÉVALUATION DES CONDITIONS PHYSIQUES	15
A. DESCRIPTION DES PISCINES ÉVALUÉES.....	15
B. LES PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES DE L'EAU.....	18
IX. MÉTHODES D'ANALYSES	19
A. ANALYSES CHIMIQUES.....	19
B. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.....	22
C. ANALYSES TOXICOLOGIQUES.....	26
X. RÉSULTATS	27
A. RÉSULTATS DES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL.....	27
B. RÉSULTATS DES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL.....	28
C. RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL.....	29

D. RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL	30
E. RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL	32
F. RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL	36
G. RÉSULTATS DES ANALYSES TOXICOLOGIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL	39
H. RÉSULTATS DES ANALYSES TOXICOLOGIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL	39
I. POINTAGE ARBITRAIRE DES RÉSULTATS.....	39
J. PALMARÈS DES PISCINES SELON LA QUALITÉ D'EAU.....	39
XI. DISCUSSION.....	40
XII. CONCLUSION.....	42
XIII. RECOMMANDATIONS.....	43
XIV. RÉFÉRENCES.....	44
XV. LISTE DES ANNEXES	46

I. POINT DE LA SITUATION

Le Journal de Montréal (client) a voulu connaître l'état de la qualité de l'eau de toutes les piscines ouvertes publiques dans la grande région de Montréal, pour le bénéfice de leurs lecteurs. Il a donc mandaté le Laboratoire d'Analyse d'Eau de BioMedco Services Inc. (BMS) de Montréal à effectuer l'échantillonnage et les analyses de 73 piscines de la ville de Montréal et de 22 de la ville de Laval pour la période estivale du mois de juillet et du début du mois d'août.

Les analyses requises ont été les suivantes :

- **Évaluation physique de la piscine et de l'échantillon sur place :**
 - Nombre de baigneurs,
 - Limpidité,
 - Odeur de chlore et autre odeur.

- **Les études chimiques de l'eau au laboratoire comprennent :**
 - Mesure du pH,
 - Détermination de l'alcalinité,
 - L'analyse de la quantité de chlore total,
 - Mesure de la quantité de chlore libre,
 - Évaluation de la couleur et la turbidité de l'eau.

- **Les analyses microbiologiques incluent :**
 - Dénombrement des bactéries aérobies et anaérobies facultatives totales (TAC),
 - Dénombrement des coliformes totaux (CT),
 - Dénombrement des Staphylocoques fécaux,
 - Dénombrement des Streptocoques fécaux (D de Lancefield),
 - Dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa*,
 - Dénombrement d'*Escherichia coli*,
 - Dénombrement de *Clostridium difficile*, et
 - La recherche des *Legionella*.

- **L'étude de la toxicité**

Les échantillonnages et les analyses de ces échantillons ont été effectués par l'équipe technique et scientifique du Laboratoire d'Analyses d'Eau à trois reprises pour chaque piscine visée. Les échantillonnages pour la ville de Montréal ont eu lieu du 8 au 10 juillet, du 15 au 17 juillet ainsi que du 4 au 6 août. Ceux pour la ville de Laval se sont déroulés le 18 juillet, 25 juillet et le 1^{er} août. Ensuite, toutes les analyses requises ont été effectuées immédiatement après l'échantillonnage dans les délais des protocoles analytiques respectifs par le Laboratoire Biomedco de Montréal.

L'équipe scientifique ayant travaillé sur ce projet est composé de :

- Microbiologiste senior (Ph.D.) – 1;
- Microbiologiste (B.Sc.) – 2;
- Chimiste (M.Sc.) – 1;
- Techniciens – 3;
- Secrétaire – 1.

Les résultats obtenus montrent une situation précaire de la qualité de l'eau dans la plupart des piscines étudiées. Dans la ville de Montréal, 52 piscines sur 73 (72.2%) ne répondent pas à un ou plusieurs critères importants de la qualité de l'eau tel que l'absence de chlore, pH trop bas, présence de mauvaise odeur ainsi que la présence d'une ou plusieurs espèces de microorganismes d'importance médicale, connus comme étant des pathogènes aquatiques.

La situation à Laval est encore plus grave où l'on retrouve 19 piscines sur 22 (86.4%) non-conformes à au moins un séance d'échantillonnage.

La non-conformité de la qualité de l'eau des piscines étudiées représente un danger réel pour la santé publique nécessitant la mise en place de mesures correctives appropriées dans l'immédiat. Afin de protéger la santé publique, la fermeture des plupart des piscines non conformes s'impose le plus rapidement.

II. MANDAT D'ÉTUDE

Le Laboratoire d'Analyses d'Eau a reçu le mandat du client d'effectuer l'étude de la qualité de l'eau des 73 piscines publiques de la ville de Montréal ainsi que des 22 piscines de la ville de Laval.

L'étude comprend les objectifs suivants :

1. Évaluer les conditions physiques de l'eau sur place (nombre de baigneurs, limpidité, odeur et la couleur de l'eau), ainsi que la prise de photo représentatif pour chaque piscine.
2. Effectuer des analyses chimiques au laboratoire (pH, chlore libre et total, couleur et turbidité).
3. Faire des analyses microbiologiques (TAC, coliformes totaux, Staphylocoques fécaux, Streptocoques fécaux (groupe D de Lancefield), *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Clostridium difficile* et *Legionella*).
4. Réaliser l'étude de toxicité.
5. Élaborer une fiche pour chaque piscine comprenant une photo et les résultats obtenus.
6. Attribuer un pointage arbitraire sur la qualité de l'eau de chaque piscine et l'inscrire sur les fiches respectives.
7. Classifier les piscines en 3 catégories : **Recommandable**, à **Vérifier** et **Non recommandable**.
8. Production du rapport écrit sur l'ensemble des travaux effectués, comprenant les résultats, les conclusions et les recommandations, le cas échéant.
9. La présentation verbale du rapport au client

Le présent document constitue le rapport final sur les analyses effectuées.

Il est à noter que les études virologiques et parasitaires n'ont pas fait l'objet du présent mandat.

III. HISTORIQUE DES PISCINES

La baignade est une activité pratiquée par l'homme depuis plus de 4000 ans Avant-Jésus-Christ d'après des peintures retrouvées sur de l'argile dans le sud-ouest de l'Égypte. Le palais indien Mohenjo Daro contenait une immense piscine de 30m par 60m en 2800 av. JC et constituerait probablement la première piscine construite. Les Grecs considéraient même la nage comme une partie intégrante de l'éducation. La première compétition de natation se serait déroulée au Japon en l'an 36 av. JC, qui a été organisée par leur empereur (Wikipedia, 2006a).

D'autres sources indiquent que la natation a débuté dans l'ancienne Égypte en 2500 av. JC. puis elle s'est propagée jusqu'à l'ancienne Grèce, la Rome et l'Assyrie. Ce n'est que plus tard que les Romains construisent les premières piscines, indépendamment du bain. Un romain, Gaius Maecenas, fit construire la première piscine chauffée durant le premier siècle av. JC. (Bellis, 2004). Selon la même source, en 1837, six piscines intérieures avec plongeon existaient déjà à Londres, en Angleterre.

Cependant, la natation reçut un contre sens venant de l'Église vers la fin du Moyen-Âge car elle devait être pratiquée dans une tenue légère. Le sport devenait ainsi de moins en moins populaire dû à la mentalité plus conservatrice de l'époque.

Ce n'est qu'au courant du 19^e siècle que la natation a repris de la popularité avec l'arrivée des compétitions internationales et des Jeux Olympiques. Les différents styles de nages furent aussi développés et améliorés durant cette période. La nage synchronisée a fait son entrée vers la fin du 19^e siècle et la première compétition s'est tenue en 1891 à Berlin dans un événement uniquement masculin. Depuis ce temps, les records sont battus d'année en année dans les compétitions de toutes sortes et les exploits deviennent innombrables; la traversée de la manche réussit en 1875 et celle de l'Atlantique en 1995. Plus près de chez nous, la traversée de Lac St-Jean se déroule à chaque année depuis 1955 (Wikipedia, 2006a).

IV. PROBLÉMATIQUE

Parmi tous les liquides naturels, l'eau semble favoriser le plus la croissance microbienne. Pour la santé publique, en général, les microorganismes dites pathogènes aquatiques ainsi que les parasites prennent toute une importance médicale car ils peuvent causer une variété de maladies chez les individus exposés.

Les piscines de ville, habituellement très fréquentées par les baigneurs durant la saison estivale, peuvent devenir facilement contaminées par une variété de pathogènes aquatiques et de parasites et, par la suite, devenir le foyer de transmission de ces agents infectieux.

De plus, les produits chimiques, qui sont maintenant ajoutés à l'eau de piscine comme désinfectant, peuvent également causer des problèmes de santé si les concentrations ne sont pas bien contrôlées. L'un des plus utilisés est, bien sûr, le chlore. Ce dernier peut causer des irritations de la peau et des réactions allergiques lorsqu'en forte concentration dans l'eau, et peut même former un gaz toxique, le dichlore, qui peut engendrer de la toux, des maux de tête et du vomissement lorsque inhalé (Schnebelen, 2000).

D'autre part, un manque de désinfectant se traduit par une augmentation du risque de présence d'agents infectieux dans l'eau. Cela montre l'importance de bien entretenir les piscines et de bien former le personnel désigné à l'entretien de celles-ci.

De plus, le manque de produits chimiques rend les piscines sujettes à diverses transmissions d'infections. Par exemples, les infections cutanées et les otites peuvent être causées par *Pseudomonas aeruginosa*, les infections respiratoires par les adénovirus, les infections gastro-intestinales par les virus de l'hépatite A ou des pathogènes aquatiques intestinaux. Les infections par les parasites *Giardia* et *Cryptosporidium* sont d'importance pour la santé publique d'autant plus qu'ils montrent une résistance importante au chlore. Plus rarement, des infections du tractus urinaire et du système nerveux central ont aussi été rapportées (Dadswell, 1996).

À cela, il faut ajouter les polluants biologiques dans l'eau de piscines du type dissous, tels que la sueur, des sécrétions corporelles, l'urine et les matières fécales, etc. Ces substances, habituellement riches en microbes, peuvent également combiner avec le chlore et irriter la peau, les muqueuses et le système respiratoire. De plus, les piscines peuvent être contaminées par les polluants de type non-dissous, tels que les cheveux et les cellules épithéliales de la peau et des muqueuses, ainsi que d'autres matériels environnementales (Lenntech, 2006a).

Les études épidémiologiques des maladies engendrées par des piscines non-conformes au Québec sont peu nombreuses. Entre 1989 et 1995, 8% des éclosions de maladies reliées à l'eau dans la province de Québec sont dus aux piscines, sans compter les cas non déclarés (Christin, 2000).

Les données disponibles aux États-unis sont, par contre, beaucoup plus abondantes. Par exemple, dans une étude réalisée durant l'été 2002 à travers le pays, 5% des violations des normes pour les piscines municipales sont reliés à un taux de chlore libre inadéquat et 14%, à un pH inapproprié, puis 8% concernent les autres critères de qualité (taux bactérien, alcalinité, niveau de cyanure, etc.). La majorité des violations (plus de 75%) est due au système de filtration et de recirculation (CDC, 2003). Les chercheurs impliqués dans cette étude ont découvert qu'environ 50% des piscines étudiées représentaient au moins un problème grave de la qualité de l'eau. La situation était si dramatique que près de 10% de ces piscines ont été fermées sur-le-champ.

Bien que plusieurs cas de transmissions d'infections aient été rapportés au Québec dus aux piscines non-conformes, la réglementation existante comporte des lacunes importantes.

En effet, il n'y a aucune exigence de formation pertinente auprès des employés qui s'occupent de la piscine de même que la fréquence des analyses microbiologiques. De plus, le seul désinfectant mentionné et autorisé dans le règlement est le chlore. Or, il est connu que le chlore n'est pas efficace contre certains parasites. À une concentration de 1 mg/L, le chlore prendrait environ 45 minutes pour éliminer le parasite *Giardia* et plus de 6 jours

pour *Cryptosporidium* (Lenntech, 2006b). Il est aussi connu que la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* démontre une résistance modérée au chlore (Lenntech, 2004).

Ce règlement, le Règlement sur les pataugeoires et les piscines publiques qui date de 1981, nécessite plusieurs modifications. Cependant, il existe maintenant sur le marché des produits comme le brome, l'ozone, les filtres en tissus ou les rayons UV qui peuvent servir d'alternative. Ils peuvent être utilisés seul ou en combinaison.

Vu la situation et l'achalandage élevée des piscines publiques durant la période estivale qui s'avère de plus en plus chaude et humide, des analyses chimiques et microbiologiques rigoureuses sont nécessaires pour déterminer la qualité de l'eau, et ainsi, assurer la santé des baigneurs.

V. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES PISCINES

L'eau des piscines publiques peut devenir rapidement contaminée durant la période estivale par la décharge des polluants microbiologiques, physico-chimiques et chimiques générés principalement par les nombreux baigneurs. Cette situation nécessite une surveillance quotidienne appropriée et rigoureuse.

À l'heure actuelle, le maintien de la qualité de l'eau est assuré par les mesures suivantes :

- Filtration,
- Renouvellement de l'eau, et
- Chloration.

Le chlore a été découvert en 1774 par le chimiste suédois Carl Wilhelm Scheele. Il est souvent retrouvé dans la nature sous forme de sel. Le chlore seul forme le dichlore, un gaz jaune-vert toxique qui est 2,5 fois plus lourd que l'air.

Ce gaz irrite les membranes des muqueuses et peut devenir mortel à haute concentration. En effet, une bouffée d'environ 1 minute à une concentration de 1000 ppm et peut causé la mort.

Le dichlore était utilisé comme gaz de combat lors de la Première Guerre Mondiale dû à cette caractéristique toxique.

Le chlore est maintenant produit industriellement à partir du chlorure de sodium avec la méthode de l'électrolyse chlore-soude (Wikipédia,2006b).

Le chlore, dû à sa capacité à former des liaisons chimiques facilement, agit sur les microorganismes en désactivant ou en modifiant la structure de leurs enzymes en créant des nouveaux liens entres eux.

VI. RÉGLEMENTATION DES PISCINES PUBLIQUES

A. RÉGLEMENTATION QUÉBÉCOISE

Au Québec, les piscines publiques sont légiférées par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs selon la Loi sur la Qualité de l'Environnement par le Règlement sur les pataugeoires et les piscines publiques, qui date de 1981.

Ce règlement ne permet que l'utilisation du chlore comme agent désinfectant (tout autre produit doit faire l'objet d'une demande auprès du Ministère).

De plus, le Ministère ne gère pas les analyses nécessaires à la maintenance de contrôle qualité de l'eau. Celles-ci sont plutôt laissées à la discrétion de la ville. À Montréal, par exemple, chaque arrondissement décide de la fréquence de leurs analyses de pH et de chlore, tandis que les analyses microbiologiques n'ont pas de fréquence déterminée (une fois par semaine ou deux, généralement).

Dans le Tableau 1 ci-dessous, les paramètres chimiques et microbiologiques et leurs valeurs respectives acceptées sont indiquées.

Tableau 1. Normes de qualité de l'eau de pataugeoires et de piscines publiques du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs

	Paramètre	Norme
Qualité physico-chimique	Couleur (unités)	0-15
	Turbidité (unités)	0-5
	pH	7,4-7,8
	Alcalinité (mg/L CaCO ₃)	minimum 50
	Désinfectant résiduel (mg/L Cl ₂)	0,6-1,2
Qualité bactériologique	Bactéries coliformes	absence/100mL
	Staphylocoques fécaux	absence/100mL
	Streptocoques fécaux (groupe D de Lancefield)	absence/100mL
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	absence/100mL

B. RÉGLEMENTATION CANADIENNE

Au niveau national, Santé Canada ne gère pas les piscines publiques, leurs réglementations indiquent seulement de se conformer au règlement provincial ou municipal en vigueur. Pour les piscines résidentielles, seule la norme de chlore ou de brome libre minimal est indiquée; c'est-à-dire de 1 à 3 ppm.

À titre d'exemple, le Ministère de la Santé et des Soins de Longue Durée de la province de l'Ontario exige dans la Loi sur la Protection et la Promotion de la Santé que les piscines publiques remplissent certaines normes. Par exemple, l'alcalinité doit être d'au moins 80 mg/L, le pH devrait se situer entre 7,2 et 7,8 et un taux de chlore d'un minimum de 0,5 mg/L. Le brome est permis comme agent désinfectant mais aucune norme concernant la qualité microbiologique de l'eau n'existe. Ces conditions diffèrent légèrement des normes établis au Québec.

C. RÉGLEMENTATION AMÉRICAINE

La réglementation des piscines publiques aux États-Unis ressemble beaucoup à celle du Canada. En effet, chaque État possède leur propre réglementation. Cependant, le CDC (Center for Disease Control) suggère un pH entre 7,2 et 7,8 et un taux de chlore libre entre 1 et 3 ppm. Il existe aussi aux États-Unis, l'Institut National des Spas et Piscines, qui suggère des standards à suivre. Ainsi, le pH devrait se situer entre 7,2 et 7,8 où l'idéal serait entre 7,4 et 7,6, le taux de chlore libre entre 2,0 et 4,0 ppm, un taux de chlore combiné nul et une alcalinité entre 80 et 120 ppm.

D. RÉGLEMENTATION DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a émis aussi quelques recommandations au sujet des piscines publiques. Il est suggéré que le décompte des bactéries hétérotrophes soit réalisé à chaque semaine et que le compte soit inférieur à 200 UFC/ml. Les coliformes et *E. coli* devraient également être analysés à raison d'une fois par semaine et doivent avoir un compte inférieur à 1 UFC par 100ml d'eau. Le dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* devrait être effectué lorsque la situation l'exige et la recherche de *Legionella* à chaque trimestre. Les résultats pour ces organismes devraient également être inférieur à 1 UFC par 100ml d'eau.

VII. ÉCHANTILLONNAGE ET PRISE DE PHOTOS

A. ÉCHANTILLONNAGE ET LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

L'échantillonnage à trois reprises des piscines étudiées a été effectué par l'équipe technique du Laboratoire d'Analyse d'Eau. Les dates des échantillonnages effectués dans la ville de Montréal et de la ville de Laval sont indiquées dans le Tableau 2, de même que les conditions météorologiques selon Environnement Canada.

Tableau 2. Date d'échantillonnage et conditions météorologiques

Date	Temps	Température (°C)	Humidité (%)	Vitesse du vent (km/h)
Ville de Montréal				
8 juillet	Généralement dégagé	23,6-28,2	41-66	9-22
9 juillet	Généralement nuageux	23,5-27,8	45-61	15-28
10 juillet	Nuageux	22,6-28,5	50-76	0-15
15 juillet	Généralement nuageux	21,6-26,9	63-85	0-13
16 juillet	Généralement nuageux	26,1-30,7	52-64	13-26
17 juillet	Généralement nuageux	28,3-32,0	55-65	15-24
4 août	Généralement dégagé	21,8-29,1	46-66	9-33
5 août	Généralement dégagé	19,7-23,5	42-56	7-20
6 août	Généralement dégagé	23,2-26,3	42-57	11-20
Ville de Laval				
18 juillet	Généralement dégagé	23,9-27,4	44-72	6-17
25 juillet	Nuageux	19,7-24,0	68-86	7-22
1 ^{er} août	Généralement nuageux	27,1-33,6	61-75	4-37

L'échantillonnage des piscines de la ville de Montréal nécessite 3 jours par séance, tandis que celui de la ville de Laval, une seule journée. Chacun des 3 échantillonnages par piscine a été effectué à des périodes journalières différentes. Au total, 1000 ml d'eau a été prélevés par échantillon (2 bouteilles de 500 ml), afin de pouvoir effectuer toutes les analyses requises selon les protocoles standards (Clesceri *et al.*, 1989).

Seize analyses au laboratoire ont été effectuées sur chaque échantillon prélevé totalisent un volume de 4560 tests effectués au cours de l'étude présente.

L'échantillonnage ne s'est pas déroulé sans difficulté rencontrée. Certaines piscines, par exemple, ont refusé l'accès à notre équipe technique d'échantillonnage sous prétexte que nous ne représentons pas la ville. À deux reprises, les employés de la piscine ont même retiré l'eau déjà prélevée de notre équipe technique et l'a déversé par terre.

La piscine George-Étienne Cartier de la ville de Montréal nous a avertit que nous pourrions se faire poursuivre par la ville de Montréal et la piscine des Pins de la ville de Laval ont noté notre plaque d'immatriculation.

Les piscines qui ont empêché le prélèvement des échantillons sont identifiées dans les fiches figurant en Annexe I et en Annexe II.

B. PRISE DE PHOTOS

Une photo représentative de chaque piscine évaluée a été prise lors de l'échantillonnage. Elles sont présentées dans les fiches individuelles des piscines figurant en Annexe I pour la ville de Montréal, et en Annexe II pour la ville de Laval.

VIII. ÉVALUATION DES CONDITIONS PHYSIQUES

A. DESCRIPTION DES PISCINES ÉVALUÉES

Les 95 piscines étudiées sont indiquées dans le Tableau 3 du présent rapport. Le nom ainsi que l'adresse y figurent.

À chaque poste d'étude, on a procédé au prélèvement de l'eau de piscine pour les analyses chimiques, microbiologiques et toxicologique qui ont été effectuées au laboratoire.

Tableau 3. Liste des piscines publiques évaluées de la ville de Montréal et de la ville de Laval

#	Nom de la piscine	Adresse
Montréal		
1	Gabriel-Lalement	3250, rue Sauvé Est
2	Centre aquatique Marcelin-Wilson	1655, rue Dudemaine
3	Chénier	5555, avenue de l'Aréna
4	Des Roseraies	7070, avenue de la Nantaise
5	Lucie-Bruneau	7051, avenue de l'Alsace
6	Roger-Rousseau	7501, avenue Rondeau
7	Verdelles	8441, place Verdelles
8	Benny	6445, avenue Monkland
9	Confédération	6265, avenue Biermans
10	Kent	6262, chemin Hudson
11	Carignan	4 ^e avenue et rue Provost
12	Duff Court	1830, rue Roy Crescent
13	Kirkland	150, rue des Érables
14	Lasalle	475, 10 ^e avenue
15	Centre récréatif Lachine Ouest	4070, rue Victoria
16	Dixie	695, 54 ^e avenue
17	Hayward	170, avenue Orchard
18	Lacharité	55, chemin Latour
19	Lefebvre	8600, rue Hardy
20	Leroux	7540, rue Centrale
21	Ménard	300, rue Clément
22	Ouellette	1407, rue Serre
23	Raymond	555, boulevard Bishop-Power
24	Eugène-Dostie	488, montée de l'Église Île Blizzard
25	Robert-Sauvé	15 736 A, rue de la caserne Sainte-Geneviève
26	L. O.-Taillon	9200, rue Notre-Dame Est
27	Maisonneuve	4350, rue de Rouen

28	Charleroi	10 975, avenue Alfred
29	Curé-Primeau	4209, rue de Castille
30	Ottawa	10 341, avenue Lausanne
31	Saint-Laurent	11 614, avenue Salk
32	John-F. Kennedy	860, avenue Outremont
33	Briardwood	12 421, rue Pavillon
34	De Versailles	13 207, rue Desjardins
35	Pierrefonds Park	355, chemin de la Rive-Boisée
36	Roxboro	51, avenue Georges-Vanier Roxboro
37	Thorndale	14 921, rue Oakwood
38	Valleycrest	4600, rue des Cageux
39	Baldwin	2330, rue Rachel Est
40	Sir Wilfrid-Laurier	5200, rue de Brébeuf
41	Alexis-Carrel	12 550, avenue Alexis-Carrel
42	Des Pins	3975, 42 ^e avenue Pointe-aux-Trembles
43	Richelieu	285, rue Richelieu
44	Saint-Georges	13 000, rue Prince-Albert Pointe-aux-Trembles
45	Sainte-Maria-Goretti	490, 85 ^e avenue Pointe-aux-Trembles
46	Joseph-Paré	6525, 41 ^e avenue
47	Du Pélican	2560, rue Masson
48	Bourbonnière	2800, rue Cazeneuve
49	Chamberland	800, rue Dorais
50	Decelles	845, rue Roy
51	Hartenstein	1505, rue Cardinal
52	Marlborough	2105, rue Beauzèle
53	Noël-Nord	290, rue Baker
54	Painter	260, rue Marcotte
55	Saint-Laurent	845, rue Poirier
56	Ferland	6020, boulevard Lavoisier
57	Giuseppe-Garibaldi	7125, rue Liénart
58	Hébert	7655, rue Colbert
59	Ladauversière	7560, boulevard Lacordaire
60	Pie-XII	5200, boulevard Lavoisier
61	Wilfrid-Bastien	8255, boulevard Lacordaire
62	George-Étienne Cartier	4550, rue Sainte-Émilie
63	Ignace Bourget	5925, avenue de Montmagny
64	De la Fontaine	150, Place de la Fontaine L'Île-des-Soeurs
65	Elgar	260, rue Elgar L'Île-des-Soeurs
66	Natatorium	6500, boulevard Lasalle
67	Arthur-Therrien	10, rue Hickson
68	Complexe aquatique de l'Île Sainte-Hélène	Parc Jean-Drapeau 1, circuit Gilles-Villeneuve

69	Complexe aquatique de l'Île Sainte-Hélène	Parc Jean-Drapeau 1, circuit Gilles-Villeneuve
70	Complexe aquatique de l'Île Sainte-Hélène	Parc Jean-Drapeau 1, circuit Gilles-Villeneuve
71	François-Perrault	7525, rue François-Perrault
72	Jarry	205, rue Faillon Ouest
73	Sainte-Lucie	9093, 16 ^e avenue
Laval		
74	du Moulin	1125, montée du Moulin Saint-François
75	Jacques-Bourdon	55, croissant de Callières Duvernay
76	Saint-Vincent-de-Paul	3999, boul. de la Concorde Est Saint-Vincent-de-Paul
77	Chénier	580, des Alouettes Pont-Viau
78	Émile	55, boul. Cartier Ouest Laval-des-Rapides
79	Saint-Claude	99, 7 ^e rue Laval-des-Rapides
80	Wilfrid-Pelletier	1865, boul. Tessier Chomedey
81	Bon-Pasteur	70, rue du Bon-Pasteur Laval-des-Rapides
82	Parcs Aquatiques Coursol	320, rue Richard Chomedey
83	Rosaire-Gauthier	125, boul. Lévesque Est Pont-Viau
84	Pie-X	1170, rue Pie-X Chomedey
85	Berthiaume	4250, boul. Lévesque Chomedey
86	Montcalm	755, rue Parkway Chomedey
87	Couvrette	665, rue des Jardins Sainte-Dorothée
88	Raymond	6460, 29 ^e avenue Laval-Ouest
89	Jolibourg	1350, rue du Relais Sainte-Dorothée
90	des Chênes	355, rue les Érables Laval-sur-le-Lac
91	Sacré-Coeur	3155, rue Esther Fabreville
92	Roi-du-Nord	222, boul. Roi-du-Nord Sainte-Rose
93	des Saules	100, rue Saint-Saens Auteuil
94	Paradis	2220, rue Marc Vimont
95	Prévost	110, rue Toulouse Vimont

B. LES PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES DE L'EAU

Le nombre approximatif de baigneurs est d'abord noté à l'arrivée sur les lieux. Puis, l'évaluation des paramètres organoleptiques se fait par une observation visuelle de la limpidité de l'eau ainsi que par une appréciation olfactive de la présence d'odeur de chlore ou d'autre odeur étrangère.

La limpidité de l'eau est évaluée en plaçant un disque noir d'une dimension de 15 cm au fond du bassin. Un observateur placé sur la promenade à au moins 10 m du disque doit pouvoir le voir clairement.

Une odeur d'intensité moyenne de chlore, pour sa part, peut être ressentie autour de la piscine mais il doit avoir absence de toute autre odeur étrangère.

Par la suite, le prélèvement des échantillons a été fait dans deux bouteilles stériles de 500 ml en plastiques qui ont été transportées immédiatement au laboratoire dans des conditions thermostables pour les fins d'analyses.

IX. MÉTHODES D'ANALYSES

A. ANALYSES CHIMIQUES

Les protocoles des analyses chimiques proviennent principalement du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (www.ceaeq.gouv.qc.ca) ou du manuel Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Clesceri, 1989).

1. pH

La mesure du pH est importante car elle est directement reliée à l'efficacité du chlore. En effet, un pH trop bas causera une perte du taux de chlore libre et un pH trop élevé, une diminution de son efficacité. Selon le Règlement sur les pataugeoires et les piscines publiques du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, le pH devrait se situer entre 7,4 et 7,8.

Le pH a été mesuré selon la méthode MA. 100 – pH 1.1 au moyen d'un pH-mètre de la compagnie Hanna instruments, qui permet l'ajustement de la température. La calibration a été effectuée avant la lecture des échantillons avec des tampons de pH 7,0 et 10,0. La Figure 1 montre le processus de mesure du pH des échantillons recueillis.

Figure 1. Mesure de pH à l'aide d'un pH-mètre



2. L'alcalinité

L'alcalinité représente la capacité de la solution à neutraliser l'acide. Dans le cas de l'eau, la quantité de carbonate de calcium (CaCO_3) a été titrée à l'aide de l'acide sulfurique (H_2SO_4) 0.02N et d'un pH-mètre jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,5. Le règlement exige une alcalinité d'au moins 50 mg/L. Le résultat a été obtenu à partir de la formule suivante :

$$C = \frac{A \cdot N \cdot 50000}{B}$$

où C : alcalinité totale (mg/L CaCO_3)

A : volume de la solution H_2SO_4 utilisé (ml)

B : volume de l'échantillon titré (ml)

N : normalité de la solution H_2SO_4 utilisé (N)

50 000 : masse d'un équivalent exprimée en mg

Le titrateur Karl Fisher est utilisé au laboratoire pour effectuer ces analyses selon la méthode MA. 315 – Alc. 1.0.

3. Chlore libre et chlore total

Selon la même réglementation québécoise, la concentration de chlore résiduel (chlore libre) doit se situer entre 0,6 et 1,2 mg/L. Le chlore, un produit chimique oxydant, agit comme désinfectant et est efficace contre les bactéries. Cependant, son activité contre les parasites aquatiques est considérée comme étant peu efficace et celui envers les virus reste encore inconnue.

Au Québec, seul le chlore est permis comme agent désinfectant dans les piscines bien que plusieurs autres produits soient disponibles; tels que le brome, l'ozone et les rayons UV.

Le chlore total se définit comme étant la somme du chlore libre et du chlore combiné. Le chlore combiné résulte de l'association de l'acide hypochlorique, l'agent actif, avec différents polluants. Ce dernier est également responsable de l'irritation causée par le chlore. Ainsi, on suggère que le taux de chlore libre doit être au moins deux fois plus élevé que le taux de chlore combiné.

Les mesures de chlore libre et total ont été réalisées selon la méthode DPD (diethyl-p-phenylene-diamine) (SM-4500) en employant le kit de la compagnie HACH. Un réactif a été ajouté à l'échantillon et un produit coloré a été formé à la suite de la réaction avec le chlore libre ou total, selon le réactif. L'intensité de la coloration permet une quantification colorimétrique du taux de chlore. Il est à noter que lorsque le taux de chlore libre est supérieur à 1,50 mg/L, il n'est pas nécessaire de quantifier le taux de chlore total puisqu'il est déjà supérieur à la norme.

4. Couleur de l'eau

La couleur de l'eau a été mesurée par la méthode dite de comparaison visuelle (MA. 103 – Col 1.0). Un standard stock de 500 unités de couleur vraie (UCV) été préparé avec 1.246g de chloroplatinate de potassium (K_2PtCl_6) et 1.00g de chlorure de cobalt ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) dans 100ml d'acide chlorhydrique et 900ml d'eau distillée.

Les valeurs standards 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 50, 60 et 70 UCV ont été préparées à partir de cette solution standards stock puis comparées avec les échantillons. La réglementation québécoise exige que la couleur de l'eau de piscine publique se situe entre 0 et 15 UCV.

5. Turbidité

La mesure de la turbidité exige l'usage d'un appareil appelé turbidimètre (parfois nommé Néphelomètre) qui mesure la dispersion de la lumière à un angle de 90° par rapport à la lumière incidente selon la méthode MA. 103 – Tur. 1.0.

La réflexion est causée par les diverses particules en suspension dans l'échantillon, telle que les microorganismes. Quatre standards qui servent à calibrer l'appareil ont été utilisés avant les mesures des échantillons. Les résultats ont été affichés directement par l'appareil en unité de turbidité néphelométrique (NTU). Les normes québécoises concernant la turbidité de l'eau exigent une turbidité entre 0 et 5 NTU.

B. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

La détermination de l'efficacité de l'isolement microbien par les milieux de culture employés ainsi que les rigueurs techniques et scientifiques utilisées dans la méthodologie des analyses microbiologiques sont décrites dans le Registre de Contrôle de Qualité, inclus en Annexe III. Les analyses ont été effectuées par les microbiologistes du Laboratoire d'Analyse d'Eau de BioMedco telle qu'illustrée sur la figure suivante :

Figure 2. Les aspects techniques du Laboratoire de Microbiologie de BioMedco

a) Hotte laminaire de classe II utilisée pour la manipulation des échantillons



b) Système d'analyses microscopiques (Carl Zeiss) utilisé pour la caractérisation morphotypique des bactéries



Le Registre de contrôle qualité est essentiel à la validation scientifique des analyses des résultats microbiologiques obtenus.

1. Bactéries totales (TAC)

La culture des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives microorganismes de l'eau a été effectuée selon la méthode SM-9215B (Clesceri, 1989).

Dès leur arrivée au laboratoire BioMedco services Inc. à Montréal, les milieux de culture ont été inoculés avec les échantillons recueillis dans des conditions spécifiques. L'incubation permet la prolifération des microorganismes qui sont présents dans l'échantillon afin d'obtenir à la surface du milieu de culture des colonies visibles à l'œil nu. Ainsi, il est possible de dénombrer les microorganismes présents dans un échantillon d'eau prélevé. Chaque échantillon a été inoculé sur une gélose Tryptonée au Soja (TSA ; Quélab) (voir Figure 3) pour la culture des bactéries totales et incubé pendant 48 heures à 35°C.

Figure 3. Milieu TSA utilisé pour le dénombrement des bactéries totales



La stérilité et l'efficacité d'isolement microbienne par ces milieux de culture ont été performés. Des boîtes de Pétri (Quélab) ayant un diamètre de 100 mm ont servi de contenants pour ces milieux.

Après la période d'incubation, le dénombrement des colonies des micro-organismes a été effectué au moyen d'un compteur de colonies Accu-Lite (Fisher), tel que démontré dans la Figure 4 suivante.

La réglementation québécoise n'exige pas le décompte de bactéries totales. Cependant, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, www.who.int) exige un décompte inférieur à 200 UFC/mL (Unité Formatrice de Colonie).

Figure 4. Compteur de colonies Accu-Lite (Fisher)



2. Coliformes totaux

Le décompte des coliformes totaux a été effectué à l'aide du milieu m-Endo selon la méthode SM-9222B. Ce milieu permet une identification rapide des coliformes totaux qui forment des colonies avec des reflets vert métallique. La méthode de la membrane filtrante a été utilisée pour effectuer cette analyse. Une quantité de 100 mL de l'échantillon a d'abord été filtré sur une membrane stérile d'une porosité de 0.45 μm qui retient les bactéries avant d'être déposée sur le milieu.

Après la période d'incubation de 24 heures dans des conditions optimales, le dénombrement des colonies des microorganismes a été effectué au moyen d'un compteur de colonies Accu-Lite (Fisher), tel que démontré dans la Figure 4 précédente.

Le règlement sur les patageoires et les piscines publiques mentionne qu'il devrait avoir absence/100 mL de coliformes totaux.

3. Staphylocoques fécaux

Les Staphylocoques fécaux ont été analysés selon la méthode SM-9213B. L'échantillon a d'abord été filtré selon la technique de la membrane filtrante (voir Coliformes totaux, ci-haut) puis déposé sur le milieu Baird-Paker (m-BP) et incubée à 35°C pendant 48 heures. Les Staphylocoques fécaux forment des colonies convexes noires très caractéristiques sur ce milieu. La norme provinciale est aussi une absence/100 mL d'échantillon.

4. Streptocoques fécaux (D de Lancefield)

L'analyse des Streptocoques fécaux selon la méthode SM-9230C nécessite également la méthode de membrane filtrante (voir Coliformes totaux, ci-haut). Le milieu utilisé est le m-Enterococcus qui permet la formation de colonies rouge pâle ou rose foncé par les Streptocoques fécaux suite à une incubation de 48 heures à 35°C. Il doit également avoir une absence/100 mL selon la réglementation québécoise.

5. *Pseudomonas aeruginosa*

Le dénombrement de *P. aeruginosa* a été effectué selon la méthode SM-9213E par la technique de la membrane filtrante (voir Coliformes totaux, ci-haut). L'incubation a été de 72 heures à 41.5°C sur le milieu m-PAC. Ce milieu contient des inhibiteurs et des antibiotiques qui sélectionnent positivement *P. aeruginosa*. Ce dernier forme des colonies beige orangée, beige-brun ou noires avec ou sans centre vert-brun. Une absence de *P. aeruginosa* par 100 mL d'échantillon devrait aussi être détectée.

6. *E. coli*

La méthode de la membrane filtrante a aussi été utilisée pour l'analyse de *E. coli* (voir Coliformes totaux, ci-haut) selon la méthode SM-9222D. Le milieu mFc permet de sélectionner les colonies de *E. coli* à la suite d'une incubation de 24 heures à 44.5°C. En effet, les colonies apparaîtront bleues. Cette analyse n'est pas demandée par le règlement provincial. Cependant, elle est employée dans l'étude présente comme indicateur de présence de matière fécale. Ainsi, une absence de *E. coli* par 100 ml est de mise.

7. *Clostridium difficile*

Il est possible de sélectionner *C. difficile* sur le milieu CCFA (Cefoxitin Cycloserin Fructose Agar) après une incubation de 48 heures à 37°C dans des conditions anaérobiques. Les colonies sont d'une couleur jaune, non lustrées et irrégulières (Fedorko *et al.*, 1997). Cette espèce est également un indicateur de présence de matière fécale.

8. *Legionella*

Pour la recherche des *Legionella*, les échantillons ont été également filtrés selon la méthode de la membrane filtrante (voir Coliformes totaux, ci-haut) (SM-9260). Le milieu BCYE (Buffered Charcoal Yeast Extract) a été utilisé. L'incubation a été de 3 à 10 jours à 37°C. Les colonies apparaissent grise bleu avec des bords nets et rosés.

Les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé exigent l'absence de *Legionella* par 100 mL d'eau. Dans l'étude présente, les *Legionella* ont été utilisés comme indicateur de l'absence prolongée de chlore.

C. ANALYSES TOXICOLOGIQUES

La toxicité a été testée à l'aide du « Toxi-Chromo test » (Reinhartz, 1987). Ce test consiste à mettre en contact la bactérie *Escherichia coli* avec l'échantillon pendant 90 minutes. Une substance chromogène a ensuite été ajoutée. Si l'échantillon est toxique, aucune couleur ne se développe et s'il est non-toxique, une couleur bleue se développe rapidement. La couleur peut-être ensuite quantifiée à l'aide du spectrophotomètre. L'intensité est inversement proportionnelle à la génotoxicité de l'échantillon.

Cette toxicité peut être due à plusieurs facteurs. Les dérivés de chlore peuvent constituer une première source, de même que les métabolites humains. Il ne faut pas oublier les bactéries qui peuvent sécréter diverses toxines dans l'eau.

X. RÉSULTATS

Tous les résultats obtenus sont spécifiés sur les fiches individuelles pour chaque piscine qui sont inclus en Annexe I pour la ville de Montréal et en Annexe II pour la ville de Laval.

Les résultats des analyses organoleptiques, chimiques, microbiologiques et toxicologique y sont indiqués selon les trois séances d'échantillonnages, ainsi que le pointage arbitraire pour la qualité de l'eau pour chaque paramètre analysé, et le palmarès mérité selon le nombre de points obtenus.

A. RÉSULTATS DES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL

1) Nombre de baigneurs

Lors des 3 échantillonnages, le nombre approximatif des baigneurs se situe entre 0 et 170 baigneurs dans les 73 piscines de la ville de Montréal.

2) Odeur de chlore

Lors des trois échantillonnages subséquentes, 24 piscines ne dégageaient aucune odeur de chlore et seulement 4 piscines dégageaient une odeur d'intensité moyenne. Trente-huit piscines ont obtenu un résultat d'odeur de chlore moyenne à au moins une reprise. De plus, 10 d'entre elles libéraient au moins à une occasion une forte odeur.

3) Autres odeurs

Un total de 51 piscines a obtenu à 3 reprises un résultat négatif concernant la présence d'odeur étrangère. Les autres piscines ont soit obtenu les résultat d'une présence d'odeur étrangère à une ou deux occasions ou soit qu'il manque un échantillon sur les trois.

Par contre aucune piscine n'a obtenu 3 résultats consécutifs positifs pour une forte odeur autre que le chlore.

4) Turbidité de l'eau

Lors des échantillonnages, la plupart des échantillons d'eau ont été trouvés transparentes. Cependant, un échantillon, celui de la piscine Chénier de l'arrondissement Anjou, a été identifié comme étant trouble au laboratoire dans la première séance d'échantillonnage. À noter que 2 échantillons de la première séance formaient de la mousse au brassage, soit celui de la piscine Chénier de l'arrondissement Anjou et celui de la piscine Saint-Georges de l'arrondissement Rivière-des-Prairies – Pointe-aux-Trembles. Les données plus approfondies seront présentées dans la partie Résultats des analyses chimiques.

B. RÉSULTATS DES ANALYSES ORGANOLEPTIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL

1) Nombre de baigneurs

Pour la ville de Laval, le nombre de baigneurs a varié entre 0 et 150 pendant la période des trois échantillonnages.

2) Odeur de chlore

Cinq piscines ont obtenu à 3 reprises une absence d'odeur de chlore.

Un total de 15 piscines a obtenu au moins à 1 occasion un résultat conforme. Une seule piscine a dégagé une forte odeur à seule occasion. Aucune piscine n'a obtenu 3 fois le résultat d'odeur de chlore moyenne.

3) Autres odeurs

Environ la moitié des piscines de Laval est conforme à 3 reprises ayant obtenu une absence d'odeur étrangère et l'autre moitié est à vérifier ayant obtenu une fois ou deux une présence d'intensité moyenne d'autre odeur. Aucune piscine n'a présenté de forte odeur indésirable.

4) Turbidité de l'eau

L'eau des piscines de la ville de Laval a été trouvée transparente lors des 3 séances d'échantillonnage dans toutes les piscines évaluées. Ainsi, 19 piscines ont obtenu un résultat conforme à 3 reprises et 3 piscines l'ont obtenu à deux reprises.

C. RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL

1) pH

Les valeurs de pH variaient considérablement se situant entre 6,40 et 7,95 dans les 3 échantillonnages de la ville de Montréal. Seulement 12 piscines ont obtenu un résultat de pH dans les normes à 3 reprises. Au contraire, 7 piscines ont obtenu un résultat de non conformité dans toutes les analyses effectuées. Les autres ont obtenu des résultats se situant à l'intérieur de ces extrêmes. La plupart des piscines demande un léger ajustement pour devenir conforme.

2) Alcalinité

Les résultats de l'alcalinité ont varié entre 50 et 86 mg/L de carbonate de calcium dans l'eau. Ainsi, toutes les piscines sont conformes en cette matière durant les 3 séances d'échantillonnages à l'exception de 11 piscines où il manque un échantillon.

3) Chlore libre

Les analyses de chlore libre montrent un manque de suivi adéquat et un besoin d'ajustement important. En effet, les valeurs de chlore libre ont varié entre 0.00 et plus de 3.50 mg/L. Pas moins de 25 piscines ont obtenu à 3 reprises un résultat de non conformité pour le chlore libre. Seulement 2 piscines, la piscine Alexi-Carrel de l'arrondissement Rivière-des-Prairies et la piscine Pie-XII de l'arrondissement Saint-Léonard, ont obtenu 3 fois un taux de chlore libre dans les normes.

4) Chlore total

Le taux de chlore total dans l'eau des piscines de Montréal a varié entre 0,00 et plus que 3,50 mg/L lors des 3 échantillonnages. L'excès de chlore libre (>1.50mg/L) amenant l'excès de chlore total a été retrouvé dans 4 piscines dans les 3 analyses réalisées. Au total, 38 sur les 208 échantillons recueillis ont montré un taux de chlore libre ainsi que de chlore total en excès.

5) Couleur

La couleur de l'eau respecte les normes dans toutes les piscines publiques évaluées et durant les 3 séances d'échantillonnage. Les valeurs obtenues ont varié entre 2 et 15 UCV. Ainsi, 62 piscines ont obtenu 3 résultats de conformité et 11 piscines, 2 fois en raison d'un manque d'échantillon.

6) Turbidité

La turbidité de l'eau demeure très stable d'un échantillon à l'autre ainsi que d'une séance à l'autre. En effet, les résultats se situent généralement entre 1.0 et 1.7 NTU. Ainsi, 61 piscines sont conformes à 3 reprises en matière de turbidité. Sur les 12 piscines restantes, un échantillon est manquant dans le cas de 11 piscines. Un seul échantillon d'une seule piscine, la piscine Chénier de l'arrondissement Anjou, a obtenu une valeur de turbidité non conforme de 8.5 NTU, le classant non recommandable pour cet échantillonnage.

D. RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL

1) pH

Pour Laval, le pH variait également énormément, c'est-à-dire entre 6,38 et 7,62. Plus de 9 piscines ont obtenu un pH inférieur à 7,00 à 3 reprises les classant non conformes. Aucune piscine n'a respecté les normes de pH dans les trois analyses effectuées.

2) Alcalinité

Dans les piscines étudiées de la ville de Laval, 19 piscines ont été conformes à la réglementation à 3 reprises et les 3 autres piscines le sont à 2 reprises en raison du manque d'un échantillon. Les résultats de l'alcalinité ont varié entre 59 et 90 mg/L.

3) Chlore libre

Le taux de chlore libre a été conforme à 3 reprises dans 3 piscines et non conforme également dans 3 piscines. Les 16 autres piscines ont obtenu des résultats à la limite de conformité et doivent être vérifiés à l'avenir. Les valeurs obtenues ont varié entre 0.00 et plus de 3.50 mg/L tout comme la ville de Montréal.

4) Chlore total

Les résultats de chlore total pour la ville de Laval varient entre 0,12 et plus de 3,50 mg/L. L'excès de chlore libre et total a été observé dans 5 échantillons sur les 63 échantillons analysés.

5) Couleur

Un total de 19 piscines a obtenu le résultat satisfaisant à 3 reprises en matière de la couleur de l'eau. Les 3 autres piscines, dû à un manque d'échantillon, le sont à 2 reprises. Les valeurs obtenues variaient entre 11 et 15 UCV.

6) Turbidité

Contrairement à la ville de Montréal, aucun échantillon a été testé trouble au laboratoire. Ainsi, 19 piscines ont obtenu 3 fois des résultats conformes tandis que les 3 autres l'ont obtenu 2 fois, toujours dû à un manque d'échantillon. Les valeurs ont varié entre 1.0 et 1.6 NTU.

E. RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL

Les résultats des analyses microbiologiques de 73 piscines publiques situées à Montréal ont démontré un pourcentage approximatif de 48 % de conformité aux normes réglementaires pour l'ensemble de trois périodes d'échantillonnage, tandis que 52%, soit 38 sur 73 piscines, ne répondaient pas aux exigences microbiologiques pour un ou plusieurs paramètres étudiés.

1. Décompte total des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives (TAC)

À Montréal, le dénombrement total des bactéries aérobies et anaérobies facultatives dans les différents échantillons de 73 piscines étudiées a donné des résultats variant entre 0 et TNC (colonies trop nombreuses pour être comptées) de colonies par ml.

Un total de 36 piscines (49.3%) a obtenu les résultats impeccables de 0 colonies, par contre 37 (soit 50.7%) ont obtenu les résultats non conformes aux recommandations microbiologiques pour l'eau des piscines publiques de moins de 200 colonies par ml.

La répartition des résultats non conformes s'est démontrée peu équilibrée, car 15 piscines sur 72 (20.8%) se sont avérées non recommandables lors du premier échantillonnage, 31 sur 73 (43.5%) lors du deuxième et 27 sur 63 (42.9 %) lors du troisième échantillonnage, démontrant surtout une contamination importante.

2. Coliformes totaux

La contamination maximale acceptable de Coliformes totaux dans l'eau des piscines publiques n'est d'aucun coliforme détectable par 100 ml.

47.9%, soit 35 piscines sur 73, ont démontré les résultats de non-conformité à au moins une reprise au cours des trois échantillonnages.

Lors de la première séance, seulement 11.1% des piscines étaient non recommandables, ce nombre s'élève à 43.8% durant la deuxième séance et à 30.2% durant la dernière.

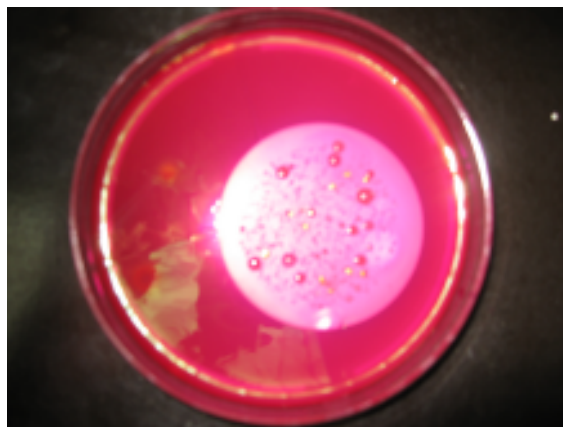
La Figure 5 montre les exemples de milieux ayant obtenu des comptes bactériens élevés.

Figure 5. Exemples de milieux positifs pour le décompte des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives et coliformes

a) Milieu TSA pour le décompte des bactéries aérobies totales



b) Milieu m-Endo pour la culture des coliformes totaux



3. Staphylocoques fécaux

Peu d'échantillons analysés ont démontré une contamination élevée en Staphylocoques fécaux. Un taux de contamination de 6.9% (soit 5 sur 72 piscines) a été évalué au début d'échantillonnage.

Les plus faibles taux de conformité sont observés au cours du deuxième prélèvement (13.7%), toutefois un taux très faible des piscines non recommandables était déterminé à la fin de la troisième séance (1.6%).

4. Streptocoques fécaux (D de Lancefield)

Au total, 89% des piscines ont atteint l'objectif d'absence des colonies de *Streptocoques fécaux* par volume de 100 ml d'eau.

Seulement 11% de l'ensemble de premier échantillonnage ont présenté une contamination microbiologique due aux Streptocoques fécaux, tandis que ce taux a diminué à 9.6% après la deuxième période des prélèvements.

63 échantillons prélevés à la troisième reprise se sont révélés exempts de toute contamination de ce genre.

5. *Pseudomonas aeruginosa*

On note que le nombre de colonies présentes varie entre 4 à TNC colonies par 100 ml de volume analysé.

La majorité des échantillons (86.3%) révèlent une qualité de l'eau conforme aux normes réglementaires pour cette espèce microbienne.

Au cours de la première et la deuxième période des analyses, le pourcentage de contamination s'évalue à 11% et à 5.5% respectivement sur un total de 73 piscines.

Par ailleurs, on observe une absence de cet indicateur dans les échantillons prélevés à la fin de l'étude.

6. *Escherichia coli*

La présence de *E. coli* dans l'eau indique une contamination par les matières fécales. La concentration maximale acceptable dans l'eau des piscines publiques a été établie à «aucun micro-organisme détectable par volume de 100 ml ».

Le taux global de conformité à cette norme réglementaire était évalué à 92% des piscines analysées.

La présence plus élevée d' *E.coli* a été déterminé lors des premiers prélèvements dont 6 piscines sur 72 (8.3%) étaient non recommandables pour ce paramètre.

Toutefois, les plus faibles taux de non-conformité sont observés lors du deuxième prélèvement (4%), ainsi que pour l'eau de la troisième séance, aucun des résultats ne s'est avéré positif.

7. *Clostridium difficile*

Le taux de non-conformité pour *Clostridium difficile* sur l'ensemble des échantillons analysés est de 13 piscines sur 73 (17.8%).

Le nombre de colonies varie entre 2 à TNC colonies dans la population des échantillons étudiés.

Cette contamination est répartie surtout sur les deux premiers groupes d'échantillons, tandis que le dernier groupe des piscines est tout à fait recommandable pour l'usage et ainsi conforme aux normes en vigueur.

8. *Legionella pneumophila*

Les résultats des analyses effectuées ont révélé la présence de *Legionella pneumophila* dans 27.3% des échantillons, soit 6 piscines sur 22, pour le premier prélèvement, tandis que l'eau prélevée dans les deux autres reprises a été conforme aux recommandations microbiologiques pour les piscines publiques dont la valeur acceptable a été établie à l'absence par 100 ml.

F. RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL

La qualité microbiologique de l'eau de 22 piscines de Laval a été évaluée comme non recommandable pour près de 64 % des piscines étudiées lors des trois périodes d'échantillonnage. Par ailleurs, 36 % des piscines étaient exemptes de ce genre de contamination et alors jugées conformes aux normes en vigueur pour tous les huit indicateurs analysés.

1. Décompte total des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives (TAC)

Le dénombrement total des bactéries aérobies et anaérobies dans les échantillons d'eau des piscines de Laval a donné des résultats variant entre 0 et TNC (colonies trop nombreuses à compter) colonies par ml.

Lors du premier échantillonnage, les résultats des analyses de 7 piscines sur 22 étudiées (31.8%) ont largement dépassé les normes présentement en vigueur.

Le deuxième échantillonnage montre des résultats semblables à la première séance des analyses. Un total de 16 piscines s'est avéré dans les normes, tandis que 4 piscines (20%) a été jugées comme non recommandables.

La situation semble s'être améliorée pour la troisième séance car seulement une piscine sur 21 échantillonnées (4.76%) ne répondait pas aux normes réglementaires.

En effet, à peu près 50% des piscines ont obtenus des résultats non satisfaisants à trois différentes reprises.

2. Coliformes totaux

Les résultats des analyses de détection de la présence de coliformes totaux démontrent un taux relativement faible des piscines non conformes lors de premier échantillonnage (13.6%) , ainsi que lors du deuxième échantillonnage (15%).

La qualité microbiologique de l'eau en ce qui concerne des Coliformes totaux pour 21 piscines contrôlées dans la troisième phase des prélèvements répond aux normes établies, soit aucun micro-organisme par volume de 100 ml.

Au total, 6 piscines se sont avérées non conformes une ou deux fois au cours de l'ensemble de trois prélèvements.

3. Staphylocoques fécaux

Parmi les 22 piscines étudiées lors de premier prélèvement, une contamination microbiologique par les Staphylocoques fécaux a été observée dans 8 points d'échantillonnage, soit 36.45% de l'ensemble des piscines analysées.

On note une absence complète de ces microorganismes pathogènes dans les échantillons de l'eau prélevée lors du deuxième et du troisième échantillonnage

4. Streptocoques fécaux (D de Lancefield)

La présence des Streptocoques fécaux a été observée dans 18,2% des piscines échantillonnées. Quatre parmi 22, lors de premier prélèvement, a été évalués comme non recommandables. Par contre, les résultats des analyses des deux derniers prélèvements se sont démontrés conformes.

5. *Pseudomonas aeruginosa*

Peu des échantillons analysés (10%) provenant des 22 piscines présentent des contaminations en *Pseudomonas aeruginosa*. La répartition de non-conformité pour ce paramètre est assez inégale et caractérise uniquement le premier groupe des échantillons étudiés.

6. *Escherichia coli*

Au cours de la première période d'échantillonnage, 7 piscines (31.8%) se sont avérés non conformes aux normes en vigueur pour cette espèce microbienne.

Par ailleurs, une absence totale de contamination par *E. coli* était observée dans les échantillons prélevés durant des deux derniers prélèvements.

7. *Clostridium difficile*

Le taux de non-conformité pour *Clostridium difficile* sur l'ensemble des échantillonnages est de 7 piscines sur 22 (31.8%). Ce taux se situe uniquement dans le premier groupe des échantillons analysés.

8. *Legionella pneumophila*

Les résultats des analyses effectuées ont révélé la présence de *Legionella pneumophila* dans 27.3% des échantillons, soit 6 piscines sur 22, pour le premier prélèvement, tandis que l'eau prélevée à deux autres reprises a été conforme aux recommandations microbiologiques pour les piscines publiques dont la valeur acceptable a été établie à l'absence par 100 ml.

G. RÉSULTATS DES ANALYSES TOXICOLOGIQUES POUR LA VILLE DE MONTRÉAL

La conformité à 3 reprises a été observée dans 31 piscines sur les 73 étudiées (42.5%). Pour le balance de 42 piscines (57.5%) non-conformes, 2 entre eux ont été non conformes durant toutes les analyses effectuées. Les valeurs des autres piscines ont varié entre 1.00% et 3.10%.

La toxicité de l'eau des piscines est due, en grande partie, à l'excès de chlore, ainsi que des liquides corporels.

H. RÉSULTATS DES ANALYSES TOXICOLOGIQUES POUR LA VILLE DE LAVAL

Bien qu'une seule piscine ait été trouvée non conforme à 3 reprises dans la ville de Laval pour les analyses toxicologique, seulement 4 piscines sont conformes lors des 3 échantillonnages. Ainsi, 17 piscines sont à vérifier avec des résultats intermédiaires. Les valeurs ont varié entre <1 % et 2.86 %.

I. POINTAGE ARBITRAIRE DES RÉSULTATS

L'évaluation globale de la qualité d'eau de chaque piscine a été effectuée par le pointage arbitraire selon la clef d'évaluation incluse en Annexe III. Les résultats obtenus sont également spécifiés dans les fiches de chaque piscine incluse dans l'Annexe I pour la ville de Montréal et dans l'Annexe II pour la ville de Laval.

J. PALMARÈS DES PISCINES SELON LA QUALITÉ D'EAU

L'évaluation de la qualité d'eau de chaque piscine nous a permis d'obtenir un palmarès inclus en Annexe V. À Montréal, la piscine avec la meilleure qualité d'eau est la piscine Pie-XII (Saint-Léonard), et celle-ci qui a obtenu le plus faible pointage est la piscine Ménard (LaSalle).

À Laval, la piscine avec la meilleure qualité d'eau est la piscine Chénier (Secteur 2), et celle-ci qui a obtenu le plus faible pointage est la piscine Wilfrid-Pelletier (Secteur 2).

XI. DISCUSSION

La présente étude avait pour objectif de déterminer la qualité de l'eau des piscines publiques de la ville de Montréal et de Laval par les analyses des propriétés organoleptiques, chimiques, microbiologiques et toxicologique.

Les analyses virologiques ainsi que la recherche des parasites aquatiques n'ont pas fait l'objet du mandat de la présente étude.

Afin de rendre les résultats plus représentatifs, l'échantillonnage et les analyses ont été effectués à 3 reprises, soit deux fois au mois de juillet et une fois au début du mois d'août et à des périodes journalières différentes pour chaque piscine étudiée, en présence d'un nombre variable de baigneurs. Par contre, les conditions météorologiques ont été similaires, c'est-à-dire généralement dégagé, chaud et humide.

Les analyses chimiques ont été conduites dans le but de déterminer si les conditions furent optimales pour la désinfection de l'eau. En effet, l'activité du chlore varie en fonction du pH et de l'alcalinité. Puis, les analyses microbiologiques ont été réalisées dans le but de déterminer l'efficacité de désinfection du chlore, s'il y a présence de microorganismes pathogène ou non pour la santé des baigneurs. Enfin, les analyses toxicologiques ont été nécessaires pour s'assurer que les déchets et polluants dans l'eau n'ont pas de potentiel toxique et n'aura pas d'effet à long terme.

Les résultats d'analyses des piscines de Montréal donnent un « pattern » de conformités de résultats à 3 reprises d'échantillonnage. C'est le cas des arrondissements Villeray- Saint Michel – Parc Extension; Rivière-des-Prairies – Pointe-aux-Trembles; Anjou et Rosemont-Petite Patrie qui démontrent que la plupart des piscines ont obtenu des résultats répondant aux normes en vigueur.

D'autre part, les piscines d'autres arrondissements montrent plutôt la non-conformité constante des résultats, tels que Lasalle, Lachine et Pierrefonds - Roxboro.

Toutes les trois piscines situées sur l'île Sainte-Hélène démontrent un excès de chlore.

La nature des résultats d'analyses des piscines de Laval a été différente sans le regroupement particulier des piscines par la qualité d'eau semblable à celui de Montréal.

Cette situation peut être expliquée, du moins en partie, par le fait que les responsables des piscines ont été alertés des campagnes d'échantillonnages en cours.

Les résultats obtenus pour certaines piscines mérite une évaluation attentive car l'échantillonnage a été effectué en absence ou en faible présence de baigneurs.

XII. CONCLUSION

Les résultats obtenus durant cette étude des piscines municipales de la ville de Montréal et de la ville de Laval permettent de tirer les conclusions suivantes :

A) Piscines de Montréal

1. Plus de 72 % des piscines ont été non conformes pour un ou plusieurs paramètres étudiés aux normes en vigueur suite à au moins une séance d'échantillonnage.
2. La plupart des cas, la non conformité était basée sur le manque de chlore libre et par conséquent, la contamination microbiologique, potentiellement dangereuse pour la santé humaine.
3. Certaines piscines ont eu un excès de chlore et un degré de toxicité élevé.
4. Par contre, un nombre des piscines, d'environ 18.7 %, ont eu des résultats conformes suite aux trois séances d'échantillonnage.

B) Piscines de Laval

1. Plus de 86 % des piscines ont été non conformes pour un ou plusieurs paramètres étudiées aux normes en vigueur suite à au moins une séance d'échantillonnage.
2. La plupart des cas, la non conformité était basée sur le manque de chlore libre et par conséquent, la contamination microbiologique, potentiellement dangereuse pour la santé humaine.
3. Certaines piscines ont eu un excès de chlore et un degré de toxicité élevé.

La qualité de l'eau de la plupart des piscines publiques étudiées situées dans la grande région de Montréal est précaire et représente un danger réel pour la santé publique.

XIII. RECOMMANDATIONS

Afin de protéger la santé publique et sur la base des résultats obtenus, les recommandations suivantes sont pleinement justifiables :

1) Effectuer la fermeture immédiate des piscines de la ville de Montréal et des piscines de la ville de Laval ayant une qualité d'eau non-conforme pour plusieurs paramètres majeurs étudiés.

2) Effectuer dans l'immédiat des analyses plus approfondies des piscines non-conformes en incluant les études virologiques, ainsi que la recherche parasitaire.

3) Apporter les mesures correctives appropriées afin d'assurer la qualité de l'eau des piscines inoffensives pour la santé des baigneurs.

4) À la suite de l'obtention des résultats conformes à 3 reprises, procéder à l'ouverture des piscines fermées.

5) Effectuer, dans la mesure du possible, une étude épidémiologique de l'impacte qu'ont pu avoir les piscines non-conformes sur la santé des baigneurs.

6) Étendre des études sur la qualité d'eau des piscines publiques situées sur la Rive Sud.

7) Rendre disponible à tous les baigneurs les résultats de contrôle qualité de l'eau des piscines, mise à jour sous forme d'une fiche bien visiblement installée à l'entrée principale.

8) Rendre disponible de façon appropriée à la population en générale les informations sur la conformité des piscines publiques.

XIV. RÉFÉRENCES

1. **Environnement Canada** <http://www.pnr-rpn.ec.gc.ca>
2. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec**. 2005. *Détermination de la couleur vraie dans l'eau : méthode colorimétrique automatisée avec le platino-cobalt*. MA. 103 – Col. 1.0, Rév. 2, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 9p.
3. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec**. 2003. *Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique*. MA. 103 – Tub. 1.0, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 12p.
4. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec**. 2004. *Détermination de l'alcalinité dans les effluents : méthode titrimétrique automatisée*. MA. 315 – Alc. 1.0, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 12p.
5. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec**. 2005. *Détermination du pH : méthode électrométrique*. MA. 100 – pH. 1.1, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 12p.
6. **Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Trussell, R. R.** 1989. *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, pp. 9-54 – 9-153.
7. **Lenntech Traitement de l'eau et de l'air**. 2006a. *Applications de l'ozone Eau de piscine*. - Belgique - Suisse - Canada - Pays Bas, <http://www.lenntech.com/fran%E7ais/ozone/ozone-applications-eau-piscine.htm>
8. **Lenntech Traitement de l'eau et de l'air**. 2006b. *Désinfectants : le chlore*. France - Belgique - Suisse - Canada - Pays Bas, <http://www.lenntech.com/fran%E7ais/desinfection/desinfectants-chlore.htm#legislation>
9. **Lenntech Traitement de l'eau et de l'air**. 2004. *Résistance microbienne aux produits désinfectants*. France - Belgique - Suisse - Canada - Pays Bas, <http://www.lenntech.com/fran%E7ais/resistance-antimicrobienne.htm>
10. **Bellis, M.** 2004. *Swimming Pools – The History of Swimming Pools*. <http://inventors.about.com/library/inventors/blswimmingpools.htm>

11. **Wikipedia.** 2006a. *History of Swimming.* http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_swimming
12. **Wikipedia.** 2006b. *Chlore.* <http://fr.wikipedia.org/wiki/chlore>
13. **Dadswell, J. V.** 1996. *Managing swimming, spa, and other pools to prevent infection.* Communicable Disease Report, vol. 6. Review No. 2. R37-40.
14. **Centers for Disease Control and Prevention.** 2003. *Surveillance Data from Swimming Pool Inspections --- Selected States and Counties, United States, May--September 2002.* Morbidity and Mortality Weekly Report. 52(22), p. 513-516.
15. **Christin, C.** 2000. *Les infections reliées aux piscines: un problème important de santé publique?* Bulletin d'information en santé environnementale, vol. 11, No. 4. 6p.
16. **Schnebelen, M.** 2000. *Les intoxications au chlore dans les piscines publiques du Québec.* Bulletin d'information en santé environnementale, vol. 11, No. 4. 5p.
17. **Reinhartz A., et al.** 1987. *Toxicology Assess*, 2, p.193.
18. **World Health organisation,** www.who.int.
19. **Fedorko, D.P. et Williams, E.C.** 1997. *Use of cycloserine-cefoxitin-fructose agar and L-proline-aminopeptidase (PRO Discs) in the rapid identification of Clostridium difficile.* J. Clin. Microbiol., vol. 35, p. 1258-1259.

XV. LISTE DES ANNEXES

- Annexe -I** **Fiche individuelle des piscines publiques de la ville de Montréal**
- Annexe -II** **Fiche individuelle des piscines publiques de la ville de Laval**
- Annexe –III** **Clef d'évaluation ayant servie pour attribuer le pointage**
- Annexe - IV** **Registre du Contrôle de la Qualité des analyses microbiologiques**
- Annexe -V** **Palmarès des piscines selon la qualité de l'eau**