



L'analyse de bassin versant

Georges Gangbazo, ingénieur, Ph. D., Direction des politiques de l'eau
Yvon Richard, biologiste, M. Sc., Direction du suivi de l'état de l'environnement, et
Lyne Pelletier, biologiste, M. Sc., Direction du suivi de l'état de l'environnement

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est l'une des pierres d'assise de la Politique nationale de l'eau rendue publique le 26 novembre 2002. Cette politique prévoit que chaque organisme de bassin versant élabore un plan directeur de l'eau, consulte les citoyens résidant dans le bassin versant sur le contenu de ce plan et coordonne sa mise en œuvre. Chaque plan directeur de l'eau devra être soumis aux experts des ministères du gouvernement pour évaluation. Le plan directeur de l'eau est un document stratégique de grande importance pour la gestion intégrée de l'eau. Il présente entre autres les problèmes d'ordre hydrique et environnemental d'un bassin versant ainsi que les solutions envisagées, notamment en matière de protection, de restauration et de mise en valeur de l'eau et des écosystèmes associés, pour atteindre les objectifs fixés de manière concertée par les acteurs de l'eau.

L'élaboration d'un plan directeur de l'eau est une tâche très complexe pour deux raisons : 1° il est nécessaire d'utiliser une approche écosystémique dans l'étude des problèmes relatifs à l'eau et aux écosystèmes associés; 2° il est nécessaire d'utiliser une approche de développement durable dans la recherche des solutions, c'est-à-dire de tenir compte des aspects économiques, environnementaux et sociaux et de les intégrer.

Le document intitulé *Élaboration d'un plan directeur de l'eau : guide à l'intention des organismes de bassin versant*, ci-après appelé « le guide » (Gangbazo, 2004), donne des repères qui permettent aux organismes

de bassin versant d'élaborer un plan directeur de l'eau compréhensible, mais qui constitue avant tout un point de départ (voir Gangbazo, 2006). Ainsi, certaines étapes d'élaboration du plan directeur de l'eau n'ont pas encore été expliquées en profondeur. C'est le cas de l'analyse de bassin versant, qui comprend le portrait et le diagnostic. À ce sujet, le guide présente des notions générales sur la collecte et la gestion de données et les principes devant présider à l'élaboration du portrait et du diagnostic ainsi que sur la rédaction du rapport d'analyse de bassin versant.

Rappelons que le portrait est une description de toutes les caractéristiques du bassin versant qui peuvent présenter un intérêt pour la gestion intégrée de l'eau. Il vise à situer le bassin versant dans son environnement physique, économique et social. La plupart des problèmes qui touchent les ressources en eau étant causés par certaines modalités d'aménagement du territoire, le portrait en présente ainsi les causes. Par ailleurs, le diagnostic expose les problèmes et leurs effets, puis établit des relations entre les causes et les effets. Le but du diagnostic est d'acquiescer une compréhension suffisante de chacun des problèmes pour qu'il soit facile de déterminer les solutions les plus durables possible. Le diagnostic est un préalable pour déterminer les enjeux réels du bassin versant et pour élaborer un plan d'action crédible.

L'analyse de bassin versant est reconnue depuis longtemps comme un ensemble d'études, et même comme un cadre de travail qui permet d'intégrer une approche éco-

systemique à la planification de l'aménagement du territoire (Montgomery et autres, 1995). La gestion écosystémique est fondée sur le principe que les humains et leurs activités font partie intégrante des écosystèmes et que des écosystèmes équilibrés sont essentiels pour la santé et le développement des sociétés. Si le guide présente à juste titre l'analyse de bassin versant comme la partie la plus critique du plan directeur de l'eau, c'est surtout parce que l'élaboration d'un bon diagnostic exige des connaissances, des compétences et un jugement professionnel de haut niveau. La présente fiche a été adaptée de Shilling et autres (2004) et de la United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2005). Elle s'adresse aux organismes de bassin versant et a pour objet de renforcer leurs capacités à analyser un bassin versant, en particulier à élaborer le diagnostic des ressources en eau. On y retrouve des notions approfondies et des méthodes détaillées concernant l'analyse des données, l'interprétation des résultats, la rédaction du rapport et sa publication.

1 Analyse des données et interprétation des résultats

L'élaboration d'un diagnostic des ressources en eau comporte deux phases : l'analyse des données et l'interprétation des résultats. L'analyse et l'interprétation permettent de transformer les données brutes en information. L'information, c'est ce que « disent » les données.

L'analyse des données aide à bâtir une fondation solide pour la prise de décision. Grâce à l'analyse et à l'interprétation des données, vous pourrez décrire comment le bassin versant – l'eau et les écosystèmes associés – a évolué de son état historique par exemple pour arriver à son état actuel. Vous pourrez quantifier ou qualifier ces états, lorsque possible. Vous pourrez aussi établir les relations de cause à effet, c'est-à-dire déterminer les événements, les facteurs et les processus physiques, chimiques et biologiques qui sont à la source des différentes caractéristiques de l'état actuel du bassin versant. Vous pourrez aussi déterminer les sources de pollution de l'eau et la

réduction nécessaire des charges de certains polluants, s'il y a lieu.

1.1 Analyse des données

1.1.1 Considérations générales

L'analyse des données est un processus itératif qui évolue au fur et à mesure que les résultats sont interprétés et que de l'information additionnelle est générée. Posez-vous avant tout des questions sur les données que vous vous apprêtez à analyser. En voici quelques-unes :

1. Les données et les méthodes de collecte des données respectent-elles les critères de validité (voir Gangbazo, 2004, section 3.2, à la page 20)?
2. Les données correspondent-elles aux échelles de résolution nécessaires pour les questions auxquelles vous voulez répondre?
3. Avez-vous besoin de nouvelles données ou de données additionnelles?
4. À quel moment serez-vous satisfaits des données dont vous disposez ou quelle quantité de données serait suffisante?
5. Tous les acteurs clés et les détracteurs potentiels du diagnostic reconnaissent-ils la validité des données que vous avez choisi d'utiliser? Le rôle primordial d'un organisme de bassin versant étant d'assurer la concertation de tous les acteurs de l'eau, il faut veiller à ce que les données qui seront utilisées pour élaborer un diagnostic suscitent un large consensus parmi les acteurs clés.

Avant de choisir les types d'analyse que vous allez faire, pensez au type d'information que vous voulez en tirer. Pour cela, il peut être utile de dresser au préalable une liste des questions auxquelles vous aimeriez répondre. Relisez ces questions, si nécessaire, et déterminez le genre de réponses qui seraient utiles. Ensuite, réfléchissez aux méthodes d'analyse de données qui seraient appropriées et choisissez celles qui vous aideront à répondre aux

questions que vous vous posez. Notez que les méthodes que vous choisirez dépendent de la nature des données existantes et du but de l'analyse.

Il n'y a pas de « livre de recettes » sur l'analyse de données. Toutefois, retenez les principes suivants :

1. Ayez toutes les données, information, cartes, photos accessibles sous la main avant de commencer l'analyse. Cela stimulera votre créativité.
2. Laissez les conclusions préconçues « en arrière ». Les biais ne sont pas acceptables dans un diagnostic des ressources en eau. Laissez les données et l'information diriger les conclusions. Testez vos hypothèses avec les données que vous avez.

Pendant que vous analysez les données, restez centrés sur les questions auxquelles le diagnostic doit permettre de répondre. Une fois que les analyses sont terminées, évaluez les résultats que vous avez obtenus et posez-vous des questions pertinentes. En voici deux :

1. Les résultats ont-ils un sens?
2. Les lecteurs croiront-ils et accepteront-ils les résultats? Si une analyse ne permet pas de tirer des conclusions claires ou que les incertitudes sont trop grandes, réévaluez les méthodes d'analyse de données ainsi que les données que vous avez utilisées. Dans certains cas, les données accessibles ne vous permettent pas de répondre clairement et définitivement à certaines questions.

1.1.2 Types d'analyse de données

La USEPA (2005) donne une foule de suggestions concernant les types d'analyse que vous pouvez faire avec des exemples appropriés. Vous pourrez les adapter aux réalités du Québec. Cependant, notons qu'il existe trois grands types d'analyse de données. Ce sont : 1° la comparaison des données relatives au bassin versant à des indicateurs, des indices, des critères ou des

normes; 2° la comparaison des charges de certains polluants aux charges totales maximales admissibles et l'évaluation des relations concentration-débit; 3° les analyses spatiales et temporelles.

Certains types d'analyse de données cités précédemment nécessitent l'utilisation des statistiques. Les statistiques sont nécessaires pour quantifier l'état d'un bassin versant (en se basant par exemple sur des données relatives au débit ou à la concentration) ou décrire son évolution. Les lecteurs qui s'intéressent au traitement statistique des données peuvent consulter de nombreux ouvrages tels celui de Helsel et Griffith (2003) et le document intitulé *Guidelines for Interpreting Water Quality Data* (ministry of Environment, Lands and Parcs et autres, en ligne).

1.1.2.1 Comparaison des données à des indicateurs, indices, critères ou normes

a. But des comparaisons

Rappelons que le but de l'analyse de données est de transformer ces dernières en information qui vous aidera à répondre aux questions que vous vous posez au sujet de l'état du bassin versant. Une façon d'obtenir cette information est de rechercher les valeurs de référence reconnues, par exemple celles qui supportent les fonctions écologiques et hydrologiques « normales », qui maintiennent les habitats riverains et aquatiques « en bonne santé », ou assurent une qualité d'eau « adéquate » pour soutenir ses différents usages, puis de comparer ces valeurs à celles qui correspondent à l'état actuel du bassin versant. Cela vous aide à déterminer s'il y a des différences significatives entre les données relatives au bassin versant et ces valeurs de référence. On peut aussi se baser sur la concentration de certaines substances (ex. : azote, phosphore) qui peuvent avoir un effet négatif sur les usages de l'eau lorsque celle-ci dépasse une certaine valeur. Il est ainsi possible de déterminer si la qualité de l'eau lui permet de supporter ses différents usages.

Notons qu'il y a beaucoup de débats autour des termes *normal*, *en bonne santé* et *adéquat*. On peut dire qu'ils désignent l'état

original, c'est-à-dire l'état du bassin versant avant le développement résidentiel, commercial et industriel. Ils peuvent aussi désigner un état où les processus écologiques et hydrologiques ont conservé une certaine intégrité. Plusieurs études ont montré que l'urbanisation et les activités commerciales et industrielles affectent négativement le cycle hydrologique et les écosystèmes aquatiques (voir Schueler, 2000). Ces impacts sont résumés dans l'encadré 1 de la page 5. Cela dit, la gestion intégrée de l'eau par bassin versant ne vise pas nécessairement à ramener le bassin versant dans son état original. Ainsi, le diagnostic cherche surtout à expliquer pourquoi le bassin versant est dans son état actuel.

b. Indicateurs liés à l'occupation du territoire

Le pourcentage de la superficie d'un bassin versant qui est imperméable, encore appelé *pourcentage d'imperméabilité*, est un bon indicateur pour déterminer des relations de cause à effet entre les changements créés par l'occupation du territoire et les conditions hydrologiques, entre autres. Les superficies imperméables sont les rues, terrains de stationnement, habitations, toitures, et toute autre surface qui n'est pas perméable à l'eau. Le pourcentage d'imperméabilité peut être calculé aussi bien pour un bassin versant dans son ensemble que pour ses sous-bassins. Dans les bassins versants urbanisés, les valeurs obtenues peuvent être comparées aux valeurs repères suggérées ci-après et interprétées comme suit (Schueler, 2000) :

- Si le pourcentage d'imperméabilité est de < 10 %, les impacts sur les processus hydrologiques et écologiques sont minimes dans la plupart des cas.
- Si le pourcentage d'imperméabilité est de > 10 % et de < 25 %, les impacts sur les processus hydrologiques et écologiques sont modérés.
- Si le pourcentage d'imperméabilité est de > 25 %, les impacts sur les processus hydrologiques et écologiques sont sévères.

Notons que les valeurs précédentes sont utilisées dans plusieurs États américains, notamment en Indiana et en Illinois (Dorworth et McCormick, en ligne; Miller et McCormick, en ligne). Pour le moment, rien n'indique qu'elles ne peuvent pas être utilisées au Québec.

Par ailleurs, dans les bassins versants à vocation rurale, la densité de routes est quelquefois plus simple à calculer que le pourcentage d'imperméabilité. De plus, la densité de routes étant corrélée avec le pourcentage d'imperméabilité, on peut l'utiliser au lieu de ce dernier. Toutefois, il convient d'avoir à l'esprit les deux points suivants :

- À de très faibles pourcentages d'imperméabilité, la densité de routes n'est pas de zéro, car, même avec de très faibles taux d'urbanisation, il y a souvent un réseau routier relativement étendu, qui relie des fermes ou des petites zones résidentielles.
- La densité de routes n'est pas un bon indicateur de l'augmentation du pourcentage d'imperméabilité parce que, dans les zones modérément urbanisées, l'augmentation de la densité de la population n'entraîne généralement qu'une augmentation négligeable du réseau routier.

Compte tenu des remarques précédentes, on peut dire que, dans les bassins versants à vocation rurale, la densité de routes pourrait être considérée comme un indicateur préliminaire seulement, en attendant que des calculs plus poussés soient faits pour déterminer précisément le pourcentage d'imperméabilité. Le septième module du document intitulé *Sensitive Habitat Inventory and Mapping (SHIM) Methods* que vous trouverez sur le site du Réseau de cartographie de la Colombie-Britannique à l'adresse http://www.shim.bc.ca/methods/SHIM_Methods.html présente des méthodes appropriées pour calculer le pourcentage d'imperméabilité ou la densité de routes d'un bassin versant.

c. Critères, normes ou indices liés à la qualité de l'eau

Les données relatives à la qualité de l'eau peuvent être comparées aux critères définis pour certains usages de l'eau. Vous trouverez sur le site Internet du Ministère, à l'adresse

http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm, les critères de qualité de l'eau de surface pour les cinq usages suivants : les sources d'eau potable, la consommation d'organismes aquatiques, la vie aquatique, la faune terrestre piscivore et les activités récréatives. On explique à l'adresse <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/sys-image/global/index.htm> comment on peut se servir des critères pour évaluer la qualité des eaux de surface. On peut en effet porter un jugement sur la qualité de l'eau en se référant à un usage particulier et à la fréquence à laquelle le critère de qualité qui lui est lié est dépassé. Par exemple, dans le cas du phosphore et de la protection de la vie aquatique, on peut dire que la qualité de l'eau est bonne s'il n'y a aucun dépassement du critère (0,030 mg/l), satisfaisante, si la fréquence de dépassement est inférieure à 25 %, douteuse, si elle est comprise entre

25 et 50 % et mauvaise, si elle dépasse 50 % (Hébert, 1997). Vous pouvez aussi vous inspirer du rapport de Robitaille (2000) pour évaluer la qualité générale de l'eau d'une rivière en utilisant l'indice de qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau (Hébert, 1996).

Notons que, pour ce qui est de la qualité des sources d'eau destinées à l'alimentation en eau potable, c'est le Règlement sur la qualité de l'eau potable ou, pour les paramètres non visés par le Règlement, les *Recommandations sur la qualité de l'eau potable au Canada* qui établissent les critères de qualité ou les normes qui permettent de déterminer si l'eau distribuée est potable ou non. Vous trouverez des renseignements sur le Règlement sur la qualité de l'eau potable sur le site Internet du Ministère à l'adresse

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brchure/index.htm>. Quant aux *Recommandations sur la qualité de l'eau potable au Canada*, vous trouverez les renseignements pertinents à cet égard sur le site Internet de Santé Canada, à l'adresse http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/guide-recomm_f.html.

Encadré 1 Impacts du développement résidentiel, commercial et industriel sur l'hydrologie et les écosystèmes aquatiques

La plus grande partie de la pluie et de la neige qui tombent dans un bassin versant « vierge » s'infilte dans le sol ou est retenue par la végétation. La plus grande partie de l'eau qui s'infilte dans le sol finit par atteindre les cours d'eau ou les lacs. L'eau qui est retenue par la végétation retourne dans l'atmosphère par évapotranspiration. À cause de ces processus, le ruissellement qui provient des secteurs naturels ou « vierges » est négligeable, sauf après les orages violents. De plus, un bassin versant « vierge » fournit de nombreux services à la communauté. On peut citer, à titre d'exemples, la recharge des nappes d'eau souterraines, la filtration des polluants, la diminution de la température de l'eau, le contrôle de l'érosion, le contrôle des inondations et la prévention de la sécheresse.

À mesure que le développement résidentiel, commercial ou industriel s'accroît, la proportion de la superficie du bassin versant qui est imperméabilisée augmente. L'eau de ruissellement passe directement des surfaces imperméabilisées aux cours d'eau et aux lacs, ce qui peut causer plusieurs problèmes. Par exemple, les cours d'eau sont en crue juste après les fortes pluies ou les fontes de neige, mais tarissent pendant les périodes sèches. Les crues peuvent endommager les habitats aquatiques et éroder les berges, alors que les étiages peuvent priver les organismes aquatiques d'eau et d'oxygène. Les cours d'eau transportent du sol et d'autres substances polluantes comme les fertilisants, les pesticides et les huiles. Le bassin versant perd progressivement sa capacité à fournir les services décrits précédemment.

Sources : Dorworth et McCormick (en ligne); Miller et McCormick (en ligne); Huron River Watershed Council (en ligne).

d. Indices liés à la qualité des habitats

L'altération des habitats aquatiques et riverains est considérée comme un des stress majeurs que subissent les écosystèmes aquatiques. Ainsi, l'évaluation et le suivi de

la qualité de ces habitats sont de plus en plus considérés dans les programmes de surveillance de la qualité de l'eau. Puisque la qualité des habitats aquatiques et riverains a, tout comme la qualité chimique des eaux, une influence déterminante sur la

composition et l'état des communautés biologiques, une évaluation de ces habitats est souvent faite en même temps que celle des communautés biologiques. Vous trouverez des méthodes d'inventaire des habitats aquatiques et riverains sur le site Internet du Réseau de cartographie de la Colombie-Britannique à l'adresse <http://www.shim.bc.ca/methods/method.html>. Le cinquième chapitre du document intitulé *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*, que vous trouverez sur le site Internet de la USEPA à l'adresse <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/index.html>, présente des indicateurs liés aux habitats aquatiques et riverains. Vous pouvez également consulter deux documents passant en revue les nombreux protocoles d'évaluation des habitats utilisés aux États-Unis et en Australie. Il s'agit du document intitulé *Physical Stream Assessment: A Review of Selected Protocols for Use in Clear Act Section 404 Program*, qu'on trouve sur le site Internet de la USEPA à l'adresse <http://www.mitigationactionplan.gov/Physical%20Stream%20Assessment%20Sept%2004%20>, et du document intitulé *Australian River Assessment System: Review of Physical River Assessment Methods – A Biological Perspective*, qu'on trouve sur le site Internet du gouvernement australien à l'adresse <http://www.deh.gov.au/water/rivers/nrhp/protocol-2/index.html>. Pour évaluer la qualité écosystémique des bandes riveraines, vous pouvez utiliser l'indice élaboré par Saint-Jacques et Richard (1996). Si vous êtes intéressés par l'implantation ou le maintien d'une espèce particulière dans votre bassin versant, vous pouvez consulter les indices de qualité des habitats qu'on trouve sur le site Internet du US Fish and Wildlife Service à l'adresse http://el.erdc.usace.army.mil/emrrp/emris-help3/list_of_habitat_suitability_index_hsi_models_pac.htm.

e. Indices liés à l'intégrité biologique des écosystèmes aquatiques

L'état des communautés biologiques ainsi que la qualité de l'eau et la qualité de

l'habitat sont des éléments clés pour statuer sur l'intégrité des écosystèmes aquatiques. Vous pouvez consulter à ce sujet une fiche sur le site Internet de la USEPA à l'adresse <http://www.epa.gov/waterscience/biocriteria/technical/brochure.pdf>. Les communautés biologiques les plus couramment utilisées pour la surveillance de la qualité des écosystèmes aquatiques sont les macroinvertébrés benthiques et les poissons. Cette évaluation de l'état des communautés biologiques peut être effectuée avec l'aide de variables relatives aux communautés ou selon des approches multimétriques ou multivariées qui peuvent servir par la suite à définir des biocritères. Vous trouverez de nombreuses variantes de ces indices biologiques dans le document intitulé *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish* qu'on trouve sur le site Internet de la USEPA à l'adresse <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/index.html#Table%20of%20Contents>. Toutefois, dans plusieurs cas, ces indices doivent être modifiés pour tenir compte des particularités régionales (écorégions) de la faune aquatique. Une autre publication de la USEPA fait un survol et une comparaison de différentes méthodes d'évaluation de l'état des cours d'eau (biologique, habitat, qualité de l'eau) utilisées aux États-Unis. Vous trouverez cette dernière à l'adresse suivante :

http://www.epa.gov/nerleerd/MCD_noco-ver.pdf#search=%22comparisons%20boatins%20and%20wading%20methods%20asses%22. Notons que, depuis les années 1990, la Direction du suivi de l'état de l'environnement du Ministère a étudié l'intégrité écosystémique de plusieurs cours d'eau en se basant sur les communautés de poissons et de macroinvertébrés benthiques. Les rapports sur la rivière Saint-Maurice (Pelletier, 2002; Saint-Jacques et Richard, 2002) et sur le ruisseau Saint-Georges (Richard et Giroux, 2004) sont accessibles sur le site Internet du Ministère.

1.1.2.2 Comparaison des charges de certains polluants aux charges totales maximales admissibles et évaluation des relations concentration-débit

Lorsque les concentrations de certaines substances dans l'eau dépassent les critères qui permettent à l'écosystème de supporter un usage donné, il faut calculer les charges totales maximales que l'écosystème aquatique peut supporter. Vous pouvez ainsi déterminer la réduction nécessaire des charges des substances en question. Cela vous permet de fixer un objectif à atteindre dans un programme d'assainissement que vous pourrez prévoir dans votre plan directeur de l'eau. De plus, il est utile d'évaluer la part due aux différentes sources de pollution dans les charges actuelles pour connaître les sources majeures de pollution de l'eau (voir Gangbazo et Babin, 2000). Il est important de noter que, sans connaître la provenance des polluants et la quantité dont il faut les réduire, il est presque impossible de les contrôler efficacement. La USEPA (2005) présente plusieurs méthodes de calcul des charges d'un polluant. Certaines méthodes sont plus simples que d'autres. Le logiciel FLUX (Walker, 1996), que vous pouvez télécharger à l'adresse <http://el.ercd.usace.army.mil/products.cfm?Topic=model&Type=watqual>, ainsi que son manuel d'utilisation sont un des meilleurs outils existants. Ce logiciel est couramment utilisé au Ministère et dans plusieurs institutions d'enseignement ou de recherche scientifique du Québec.

Par ailleurs, les relations concentration-débit peuvent donner une indication sur les types de sources de pollution (ponctuelle ou diffuse) qui dégradent la qualité de l'eau d'une rivière. Elles peuvent aider à déterminer la plage de débit « critique » à l'intérieur de laquelle la dégradation de la qualité de l'eau se produit. Il existe plusieurs approches pour déterminer ces relations. La méthode des courbes de débits classés en est une. Une variante de la méthode des courbes de débits classés est la méthode des courbes de charges classées (voir Cleland, 2002 et 2003; Nevada Division of Environmental Protection, 2003). Son utilisation est de plus en plus recommandée aux États-Unis pour déterminer la plage de débit dans laquelle

les charges totales maximales admissibles sont dépassées et les types de pollution qui sont en cause.

1.1.2.3 Analyses spatiales et temporelles

Les analyses spatiales permettent de comparer les données obtenues à plusieurs stations à des critères, indicateurs ou à toute autre valeur de référence. Elles ont plusieurs utilités : 1^o déterminer la distribution spatiale de la qualité de l'eau ou des habitats; 2^o déterminer l'emplacement potentiel des sources de pollution les plus importantes; 3^o déterminer l'impact d'une source de pollution particulière; 4^o déterminer l'effet d'une mesure de contrôle de la pollution. Pour leur part, les analyses temporelles permettent d'évaluer le comportement de la qualité de l'eau dans le temps. Cela permet de connaître les variations saisonnières de la qualité de l'eau ou son évolution à long terme (amélioration ou dégradation), par exemple. Le logiciel WQSTAT conçu à l'Université du Colorado (Phillips et autres, 1989) permet de faire des analyses temporelles. On trouve plusieurs rapports exploitant les méthodes décrites dans le présent paragraphe sur le site Internet du Ministère (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/index.htm>). Vous pouvez vous inspirer du rapport de Robitaille (2000), par exemple, pour présenter vos résultats d'analyse.

1.2 Interprétation des résultats

Une fois que les données ont été analysées, il faut interpréter les résultats obtenus. L'interprétation consiste d'une part à déterminer l'information qualitative ou quantitative qu'on peut tirer de l'analyse de données et d'autre part à intégrer les unes aux autres le plus d'information possible afin de déterminer les liens de causalité et de fournir des explications qui faciliteront la prise de décision. L'intégration de l'information est l'équivalent de la *discussion* dans les publications et rapports scientifiques.

L'intégration de l'information doit aider à expliquer pourquoi le bassin versant (l'eau et les écosystèmes associés) est dans son état actuel. Pour fournir ces explications, il

faut souvent utiliser de l'information provenant du portrait ainsi que les connaissances relatives aux processus physiques, chimiques et biologiques qui se déroulent dans le bassin versant. Le déplacement des sédiments dans un cours d'eau de l'amont jusqu'à ce qu'ils se déposent en aval et affectent négativement les frayères est un exemple de ces processus.

Voici deux exemples d'explications qui illustrent bien le résultat de l'intégration de l'information : 1^o la qualité de l'eau de la rivière une telle est bonne à cause des mesures d'assainissement urbain et agricole mises en œuvre dans les années 1990; 2^o entre 1980 et 2005, le nombre d'espèces de poissons inventoriées dans la rivière une telle est passé de 35 à 20 probablement à cause des modifications de l'habitat provoquées par le dépôt de sédiments provenant de l'érosion des berges et des terres agricoles. Ces exemples montrent qu'à défaut d'intégrer l'information l'une à l'autre, le diagnostic pourrait ne pas permettre de déterminer les causes réelles de l'état des ressources en eau. Soulignons que l'intégration de l'information peut aussi aider à déterminer les plus importants problèmes qui touchent le bassin versant ainsi que les endroits où l'état général est plus dégradé que d'autres, ce qui facilite l'établissement d'une liste des priorités d'intervention.

2 Rédaction du rapport d'analyse de bassin versant

La présentation des questions auxquelles l'analyse de bassin versant devait permettre de répondre, les méthodes d'analyse de données utilisées, les résultats obtenus et leur signification ainsi que les conclusions constituent le cœur du rapport d'analyse de bassin versant. Bien que le rapport d'analyse de bassin versant ne soit qu'une partie du plan directeur de l'eau, seul ledit rapport sera décrit dans la présente fiche. Vous trouverez à la page 53 du guide un exemple de table des matières détaillées d'un plan directeur de l'eau. Notez cependant que les suggestions qui suivent s'appliquent également à ce plan.

2.1 Présentation du texte

La façon dont vous présentez le rapport aura une incidence sur l'acceptabilité de celui-ci aux yeux des partenaires et sur son utilité pour les personnes qui ont à prendre des décisions. En général, vous devez déterminer le format de présentation qui sera accessible à un large auditoire. Ce dernier est composé aussi bien de personnes à qui la gestion intégrée de l'eau par bassin versant n'est pas familière que de personnes qui sont des experts dans le domaine. Certains décideurs s'intéressent au projet, mais ne peuvent pas consacrer beaucoup de temps à la lecture d'un long rapport. Les analystes des différents ministères du gouvernement, pour leur part, doivent comprendre comment vous êtes arrivés aux conclusions pour bien évaluer votre plan directeur. Ils pourront alors vous indiquer, s'il y a lieu, les données auxquelles vous n'avez peut-être pas eu accès. Ils pourront aussi vous renseigner sur des méthodes d'analyse de données qui seraient plus pertinentes que celles que vous avez utilisées ou vous suggérer des indicateurs que vous ne connaissez peut-être pas. Avec un auditoire dont la formation et les champs d'intérêt sont aussi variés, il peut être utile d'envisager la préparation de plusieurs types de rapports. Le tableau 1, à la page 9, présente à titre indicatif la table des matières d'un rapport scientifique d'analyse de bassin versant. Celui-ci serait apprécié par les analystes des différents ministères du gouvernement et par toute personne qui s'intéresse aux aspects scientifiques du projet.

Ainsi, avant de commencer la rédaction de votre rapport, déterminez l'auditoire auquel celui-ci s'adresse. Prenez le temps de déterminer les chapitres que vous aimeriez y inclure ainsi que le contenu de chacun d'eux. Réfléchissez à la façon dont vous utiliserez les tableaux, les cartes, les graphiques, et planifiez votre texte en conséquence. Autant que possible, ne commencez pas à rédiger votre rapport avant d'avoir toute l'information dont vous aurez besoin. En cours de rédaction, tâchez d'équilibrer concision et besoin de présenter beaucoup d'information technique. Faites l'effort de toucher rapidement votre auditoire en utilisant un langage simple et des mots précis. À ce propos, l'École de bibliothéconomie et

des sciences de l'information de l'Université de Montréal a publié, à l'adresse <http://www.ebsi.umontreal.ca/jetrouve/ecrit/index.htm>, des conseils utiles pour la rédaction d'un rapport. Vous y trouverez notamment des conseils pour rédiger un texte

(communication de l'information), l'améliorer (utilisation des règles grammaticales, utilisation de verbes précis, comment éviter les erreurs courantes de style, etc.), citer les sources d'information (bibliographie) et mettre en forme le rapport.

Tableau 1 Exemple de table des matières d'un rapport d'analyse de bassin versant adressé à des personnes qui ont une formation scientifique

Parties et contenu
<p>Résumé†</p> <p>Information générale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auditoire • Principales questions auxquelles le diagnostic devait répondre • Type d'organisation utilisé pour l'analyse de bassin versant (comité technique interne, consultant, etc.) <p>Méthodologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Collecte de données et d'information <ul style="list-style-type: none"> ○ Sources de données existantes ○ Collecte de données nouvelles • Méthodes de suivi utilisées pour la collecte de données • Méthodes d'analyse de données utilisées <ul style="list-style-type: none"> ○ Statistiques ○ Systèmes d'information géographique ○ Modélisation • Données manquantes <p>Portrait du bassin versant</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description du bassin (nom, superficie, emplacement géographique, etc.) • Caractéristiques physiques (géologie, topographie, sols, utilisation du territoire, climat, etc.) • Description des usages actuels, passés et possibles de l'eau et des ressources associées • Infrastructures municipales et industrielles (villes, routes, chemins de fer, industries, barrages, etc.) • Agriculture • Structure sociale (économie, politique, culture, démographie) <p>Diagnostic des ressources en eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Résultats <ul style="list-style-type: none"> ○ Eaux de surface ○ Eaux souterraines ○ Milieux humides ○ Faune ○ Flore ○ Pêches ○ Forêts ○ Autres • Sources d'incertitudes • Discussion <p>Conclusion</p> <p>Limites du diagnostic‡</p> <p>Bibliographie</p> <p>Annexes</p>

† Contexte de l'étude et principaux résultats obtenus.

‡ Tout diagnostic présente certaines limites liées par exemple au degré de détail des analyses effectuées, aux échelles auxquelles les analyses ont été faites, au manque de ressources humaines et financières, au manque de temps, etc.

Commencez un rapport scientifique par un résumé. Cela permet au lecteur d'avoir rapidement une idée générale du contexte de l'étude et des principaux résultats obtenus. Dans la section « Résultats », présentez les résultats de vos analyses des données de façon séparée pour les différents sujets que vous avez traités. N'oubliez pas de prévoir une section « Sources d'incertitudes » où vous donnez votre propre appréciation des

incertitudes qui entourent vos analyses de données. Dans la section « Discussion », intégrez l'une à l'autre l'information issue des résultats des analyses. La discussion aide à dégager une vue d'ensemble de l'état général de l'eau et des écosystèmes associés et à présenter les causes ou les processus sous-jacents. Dans la section « Limites du diagnostic », présentez les limites de votre étude et dites s'il y a des possibilités

que vous remédiez à certaines difficultés dans le prochain cycle de gestion (dans six à huit ans). Présentez en annexe l'information technique et les données qui sont trop détaillées pour être commentées dans le document. Elles pourraient être utiles au lecteur averti, mais elles ne sont pas nécessaires pour comprendre les résultats.

2.2 Présentation des tableaux, des graphiques et des cartes

Les tableaux permettent de résumer rapidement des données quantitatives et qualitatives dans un ordre logique, ce qui évite d'écrire un long texte. Les tableaux longs (ceux ayant plus d'une page) devraient être présentés en annexe.

La présentation graphique de données peut être un outil de communication très efficace. Des graphiques simples avec un texte explicatif succinct sont généralement très efficaces. Le tableau 2 ci-après présente quelques types de graphiques et leur meilleur usage. Vous trouverez sur le site Internet de l'École de bibliothéconomie et des sciences de l'information de l'Université de Montréal (<http://www.ebsi.umontreal.ca/jetrouve/illustration/index.htm>) des renseignements utiles sur l'utilisation des graphiques, des tableaux et des images.

Plusieurs caractéristiques d'un bassin versant (les sous-bassins, les types de végétation, le réseau hydrographique, etc.) peuvent être présentées avantageusement sous forme de cartes. Assurez-vous que les cartes parlent d'elles-mêmes, c'est-à-dire que le lecteur n'a pas besoin de vous pour les

interpréter. Pour cela, chaque carte doit être accompagnée d'une légende appropriée.

3 Publication du rapport d'analyse de bassin versant

Il est primordial que votre rapport d'analyse de bassin versant soit accessible au plus grand nombre d'acteurs possible. Vous disposez de plusieurs moyens pour le publier. Citons les CD-ROM, la publication en ligne et la publication papier. Vous pouvez utiliser toutes ces formes ou choisir l'une ou l'autre selon vos besoins et le budget dont vous disposez.

Les CD-ROM sont un excellent moyen pour distribuer un texte, incluant les figures, les cartes et les annexes. Vous pouvez insérer des hyperliens dans le rapport pour diriger le lecteur vers des documents de référence qui lui permettront de mieux connaître votre bassin versant et vos activités. Un des désavantages de l'utilisation des CD-ROM, c'est que certains de vos lecteurs devront lire votre rapport à l'écran plutôt que sur papier.

La publication en ligne est un moyen de rejoindre un vaste public. Par contre, comme pour les CD-ROM, certains de vos lecteurs devront lire votre rapport à l'écran plutôt que sur papier.

La publication papier est le moyen de publication auquel on est le plus habitué. Le coût d'impression des rapports peut cependant être élevé, surtout lorsque le rapport comporte des cartes et des graphiques en couleurs. De plus, si vous n'utilisez que cette forme, vous risquez que votre rapport ne soit lu que par un public restreint.

Tableau 2 Quelques types de graphiques et leur meilleur usage

Type de graphique	Meilleur usage
Graphique en courbes	Pour afficher des relations entre des points ou une tendance dans le temps au moyen de points placés à des intervalles réguliers et joints le plus souvent par une ligne (courbe).
Graphique en bâtons	Pour mettre l'accent sur des points individuels. Utile pour comparer des quantités à un site donné en fonction du temps, ou à plusieurs sites en un temps donné pour exprimer des données résumées.
Graphique en bâtons empilés	Pour présenter des données comme des proportions d'un ensemble; utile pour présenter des comparaisons entre plusieurs bâtons empilés similaires.
Graphique en secteurs	Pour présenter des données qui peuvent être exprimées en proportions ou en pourcentages d'un ensemble (ex. : utilisation du territoire, population par espèce à un site donné, etc.).

Source : <http://www.ebsi.umontreal.ca/jetrouve/illustration/voca.htm#type>.

Conclusion

Le renforcement des capacités des organismes de bassin versant figure parmi les priorités du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Cela répond d'ailleurs au troisième engagement de la Politique nationale de l'eau, qui spécifie que le gouvernement mettra à profit les outils à sa disposition, y compris l'expertise et l'information pertinente et publique dont il dispose, afin d'appuyer le travail des organismes de bassin versant. De-

puis la parution du guide, certains organismes de bassin versant ont exprimé le besoin que nous les renseignions sur des méthodes précises d'analyse de bassin versant qui reflètent l'état actuel des connaissances. Souhaitons que les notions approfondies, les méthodes détaillées et les outils suggérés dans la présente fiche aident tous les organismes de bassin versant à renforcer leurs capacités afin qu'ils puissent améliorer progressivement la qualité scientifique et technique de leur plan directeur de l'eau.

Bibliographie

- Cleland, B. (2003). *TMDL Development from the "Bottom UP" – Part III: Using Duration Curves and Wet-Weather Assessments*, [En ligne].
<http://www.tmdls.net/tipstools/docs/TMDLsCleland.pdf> (6 juillet 2006).
- Cleland, B. (2002). *TMDL Development from the "Bottom UP" – Part II: Using Duration Curves to Connect the Pieces*, [En ligne].
<http://www.in.gov/idem/programs/water/tmdl/bottomup.pdf> (6 juillet 2006).
- Dorworth, L., et R. McCormick. *Impacts of Development on Waterways*, Perdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN, [En ligne].
http://www.planningwithpower.org/pubs/id_257.pdf (12 juin 2006).
- Gangbazo, G. (2006). *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : sommaire*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, [En ligne]. ISBN-13 : 978-2-550-47821-8, ISBN-10 : 2-550-47821-5.
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/fiches/sommaire.pdf> (16 septembre 2006).
- Gangbazo, G. (2004). *Élaboration d'un plan directeur de l'eau : guide à l'intention des organismes de bassin versant*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction des politiques de l'eau, Envirodoq n° ENV/2004/0258, [En ligne].
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/plan-dir.pdf> (13 juin 2006).
- Gangbazo, G., et F. Babin (2000). « Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles », *Vecteur Environnement*, vol. 33, n° 4, p. 47-57.
- Hébert, S. (1997). *Qualité des eaux du bassin de la rivière Jacques-Cartier, 1979 à 1996*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN970239.
- Hébert, S. (1996). *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN/970102, [En ligne].
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf (15 juin 2006).
- Helsel, D. R., et L. M. Griffith (2003). « Assess and Interpret Data », *Water Resources Impact*, vol. 5, n° 5, p. 25-29.
- Huron River Watershed Council. *Impacts of Land Use*, [En ligne].
<http://www.hrwc.org/text/wqlanduse.htm#dev> (12 juin 2006).
- Miller, B., et R. McCormick. *The Relationship Between Land Use Decisions and the Impacts on Our Water and Natural Resources*, Perdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN, [En ligne].
http://www.planningwithpower.org/pubs/id_260.pdf (12 juin 2006).
- Ministry of Environment, Lands and Parcs, LandData BC et Geographic Data BC. *Guidelines for Interpreting water Quality Data, version 1*, [En ligne].
<http://ilmbwww.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/index.htm> (28 juin 2006).

- Montgomery, D. R., G. E. Grant et K. Sullivan (1995). « Watershed Analysis as a Framework for Implementing Ecosystem Management », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 31, n° 3, p. 369-386.
- Nevada Division of Environmental Protection (2003). *Load Duration Curve Methodology for Assessment and TMDL Development*, [En ligne].
<http://www.ndep.nv.gov/bwqp/loadcurv.pdf> (6 juillet 2006).
- Pelletier, L. (2002). *Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2002/0291, [En ligne].
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/st-maurice/benthos/st-maurice-benthos.pdf (1^{er} septembre 2006).
- Phillips, R. D., P. H. Otto et J. C. Loftis (1989). *WQSTAT II : A Water Quality Statistics Program, User's Manual*, Colorado State University, Fort Collins, États-Unis, 42 p.
- Richard, Y., et I. Giroux (2004). *Impact de l'agriculture sur les communautés benthiques et piscicoles du ruisseau Saint-Georges (Québec, Canada)*, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2004/0226, [En ligne].
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/assomption/St_Georges.pdf (1^{er} septembre 2006).
- Robitaille, P. (2000). *Qualité des eaux du bassin de la rivière Etchemin, 1979-1999*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV2001-051, [En ligne].
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/etchemin/etchemin-rapport-final-20011213.pdf (3 juillet 2006).
- Saint-Jacques, N., et Y. Richard (2002). *Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu – 1996*, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2002/0293, [En ligne].
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/st-maurice/ichtyologiques/st-maurice-ichtyologique.pdf (1^{er} septembre 2006).
- Saint-Jacques, N., et Y. Richard (1996). « Développement d'un indice de qualité des bandes riveraines : application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique des milieux aquatiques », p. 6.1-6.41, dans ministère de l'Environnement et de la Faune (éd.). *Le bassin de la rivière Chaudière : l'état de l'écosystème aquatique – 1996*, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN980022.
- Schueler, T. R. (2000). « The Importance of Imperviousness », p. 7-18, dans T. R. Schueler et H. K. Holland (ed.). *The Practice of Watershed Protection*, Center for Watershed Protection, Ellicott City (MD), [En ligne].
<http://www.uppervalleyleague.org/storm2B.pdf> (12 juin 2006).
- Shilling, F., S. Sommarstrom, R. Kattelman, J. Florsheim, R. Henly et B. Washburn (2004). *California Watershed Assessment Manual*, California Resources Agency, [En ligne].
http://www.cwam.ucdavis.edu/Manual_chapters.htm (7 juin 2006).
- United States Environmental Protection Agency (2005). *Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters – Draft*, EPA 841-B-05-005, [En ligne].
http://www.epa.gov/nps/watershed_handbook/#contents (5 juillet 2006).
- Walker, W. W. (1996). « FLUX », p. 2.1-2.61, dans US Army Corps of Engineers, (ed.), *Simplified Procedures for Eutrophication Assessment and Prediction, User Manual*, Water Operations Technical Support Program, Instruction Report W-96-2.

Référence bibliographique à utiliser pour citer le présent document : Gangbazo, G., Y. Richard et L. Pelletier (2006). L'analyse de bassin versant, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-48424-0, ISBN-10 : 2-550-48424-X, 13 pages.

Pour plus de renseignements, vous pouvez communiquer sans frais avec le Centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs :

Région de Québec : 418 521-3830
Ailleurs : 1 800 561-1616
Courriel : info@mddep.gouv.qc.ca
Site Internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca>

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006

ISBN-13 : 978-2-550-48424-0

ISBN-10 : 2-550-48424-X

© Gouvernement du Québec, 2006

Photos en-tête : Denis Chabot, Paul Grant, Hélène S. Dubois, © *Le Québec en images*, CCDMD et Roch Thérioux