

Déploiement d'atlas interactifs sur Internet :
nouvelles avenues avec le *Scalable Vector Graphics*,
le C# et l'ASP.Net

Deployment of interactive atlases on Internet : new avenues with
Scalable Vector Graphics, C# and ASP.Net

[Philippe Apparicio](#) et [Valera Petkevitch](#),

Laboratoire d'analyse spatiale et d'économie régionale ([LASER](#))

INRS Urbanisation, Culture et Société

3465, rue Durocher

Montréal (Québec) H2X 2C6

CANADA

Résumé

Les avancées récentes en cartographie interactive et dynamique couplées au développement des technologies Internet ont largement contribué à la multiplication des atlas interactifs sur Internet qui répond ainsi à une demande croissante de l'information géographique sur ce média. Grâce aux technologies client-serveur et aux formats vectoriels pour Internet, il est aujourd'hui possible de déployer rapidement des atlas interactif sur Internet. Cet article, d'ordre méthodologique, propose une approche simple, rapide et efficace basée sur le standard *Scalable Vector Graphics*, le C# et l'ASP.Net pour monter des atlas interactifs sur Internet. Cette approche a deux avantages majeurs : une production cartographique souple et rapide et la possibilité de développer rapidement et efficacement des fonctionnalités de cartographie interactive.

Mots-clés : Atlas, cartographie interactive, géovisualisation, Internet, SVG.

Abstract

Recent developments in interactive and dynamic cartography and development of Internet technologies are largely contributed to increase the number of interactive atlases on Internet. With client/server technologies and vector formats for Internet, it's now possible to deploy rapidly interactive web-atlases. In this methodological article, we expose a simple and effective approach based on C#, ASP.Net and SVG to product interactive atlases on Internet. This approach is very useful for two reasons: the cartographic production is very simple and fast, and the development of interactive and dynamic mapping functions is facilitated and almost unlimited.

Key words: Atlas, interactive cartography, geovizalisation, SVG, web-maps, web cartography.

INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, on assiste à une multiplication des atlas électroniques sur Internet — atlas nationaux, régionaux, métropolitains et thématiques (Kraak, 2001c ; Richard, 1999) — c'est-à-dire à des sites comprenant une série de cartes avec plus ou moins d'interactivité.

Les avancées en cartographie interactive et dynamique couplées au développement des technologies Internet ont largement contribué à cette multiplication des atlas sur Internet qui répondent ainsi à une demande croissante de l'information géographique sur ce média (Taladoire, 2003 ; Van Elzakker, 2001 a et b). Les tout premiers atlas sur Internet, qui datent du début des années 1990, rassemblaient des cartes statiques au format matriciel, sans interactivité. La production et la gestion de ces atlas relevaient souvent du travail du bénédictin : il fallait toute une équipe de cartographes pour produire les cartes et plusieurs programmeurs Web pour rédiger chacune des pages HTML du site de l'atlas. Aujourd'hui, grâce aux technologies client-serveur, aux serveurs cartographiques tel qu'ArcIMS d'ESRI et aux formats vectoriels pour Internet, il est possible de déployer plus rapidement des atlas et d'accroître leur interactivité.

Le recours à ces technologies permet la mise en œuvre de trois types d'atlas interactifs sur Internet : les atlas matriciels dits classiques, les atlas matriciels basés sur un serveur cartographique et les atlas vectoriels basés sur le format Flash de Macromedia ou sur le standard *Scalable Vector Graphics* (SVG) (Bernier *et al.*, 1999). Pour ainsi dire, les solutions et les approches ne manquent pas pour monter des atlas sur Internet. Cependant, laquelle est la plus efficace, la plus rapide à mettre en place, la plus prometteuse en termes de développement de fonctionnalités de cartographie interactive ?

Récemment, Danzart *et al.* (2003) ont comparé trois solutions pour créer des cartes dynamiques et interactives : le SVG, le Flash et le MPEG-4. Ces auteurs concluent que le SVG est la solution la plus efficace pour le déploiement d'applications cartographiques et donc d'atlas sur Internet. Mais concrètement, comment opérationnalise-t-on un atlas interactif basé sur le SVG ? Quel type de développement faut-il réaliser ? Quelles ressources, quelles compétences informatiques et cartographiques sont nécessaires pour la production d'un tel atlas ?

C'est pour répondre à ces questions d'ordre méthodologique peu abordées dans le champ des études de cartographie interactive qu'il nous a paru opportun de proposer une approche simple basée sur le SVG, le C# et l'ASP.Net pour déployer rapidement et efficacement des atlas électroniques et interactifs sur Internet. Pour cela, nous ferons d'abord un bref retour sur les notions de cartographie interactive, de cartographie dynamique et d'atlas interactifs. Puis, nous rappellerons les différentes approches méthodologiques pour la production d'atlas interactifs sur Internet en comparant notamment les processus de production de deux types d'atlas : ceux reposant sur le format matriciel et ceux reposant sur le format vectoriel. Cette comparaison démontrera que le mode vectoriel permet de déployer plus rapidement des atlas sur Internet, mais aussi de développer aisément de nombreuses fonctionnalités de cartographie interactive qui facilitent la lecture et l'analyse des cartes qui composent l'atlas. Finalement, nous décrirons notre approche basée sur le SVG, le C# et l'ASP.Net, dont le modèle de déploiement d'atlas. Cette description sera d'ailleurs illustrée de deux exemples concrets : l'*Atlas de l'immigration de la RMR de Montréal en 2001*ⁱ et l'*Atlas de la zone métropolitaine de l'emploi en 2001*ⁱⁱ.

1. BREF RETOUR SUR LES NOTIONS DE CARTOGRAPHIE INTERACTIVE, DE CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE ET D'ATLAS INTERACTIFS

1.1 Cartographie interactive et cartographie dynamique

M. J. Kraak (2001a) fait une distinction importante entre les cartes statiques et les cartes dynamiques qui peuvent être toutes les deux interactives. Les cartes dites statiques sont des cartes classiques tandis que les cartes dynamiques reposent sur des éléments d'animation, ce qui explique qu'elles sont aussi souvent qualifiées de cartes animées. Ces dernières peuvent prendre la forme d'une séquence d'images ou d'une vidéo qui peuvent décrire l'évolution d'un phénomène dans le temps ou dans l'espace (Caquard, 2001 ; Danzart *et al.*, 2003 ; Monmonnier, 1996 ; Peterson, 1995) ; ce sont le plus souvent des *Gif* animés et des séquences vidéo AVI, Mpeg ou QuickTime. Les animations temporelles les plus connues sont sans aucun doute les cartes animées de météorologie, mais elles peuvent aussi se matérialiser par une séquence de cartes où est représenté un phénomène à différentes dates. Parmi les cartes animées non temporelles, les plus connues sont les parcours de vol à travers une image en trois dimensions (construite avec un modèle numérique de terrain, une image satellitaire et plusieurs couches d'information vectorielles) et les suivis de parcours de véhicules à travers un réseau routier (Kraak, 1999). Mais il existe bien d'autres formes de cartes animées dont certaines ont été récemment proposées dans un numéro spécial de la revue internationale de géomatique intitulé *Cartographie animée et interactive* (vol. 13, n°1) : l'animation d'anamorphoses (Antoni et Klein, 2003), l'animation pour des cartes en relief d'espace-temps (L'Hostis, 2003), l'animation temporelle dans un contexte d'analyse spatiale (Ségura, 2003), l'animation temporelle basée sur une modélisation conceptuelle dans un SIG orienté-objet (Frihida, 2003).

Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons tout particulièrement aux cartes statiques et interactives regroupées au sein d'atlas sur Internet. La première forme de cartes statiques et interactives sur Internet est l'*hypermap*, concept avancé par Laurini et Milleret-Raffort (1990) et développé par la suite par Laurini et Thompson (1995) ainsi que Kraak et Van Driel (1997). Le concept est très simple et basé sur des hyperliens activés par clic sur les entités spatiales. Ces cartes cliquables sont ainsi utilisées pour naviguer sur Internet : le clic sur une entité spatiale peut renvoyer à un autre site Internet ou à une page Internet comprenant un ensemble d'informations sémantiques rattachées à l'entité spatiale, ou encore à une photographie ou à une vidéo du lieu géographique. D'autres fonctionnalités de cartographie interactive ont été développées par la suite, leur principale finalité étant de faciliter l'analyse et l'interprétation du phénomène cartographié (Caquard, 2003). Ces fonctionnalités peuvent être regroupées en trois catégories : les **fonctions de navigation** (agrandissement et réduction de l'échelle d'affichage, déplacement du centre de la carte — zoom et *pan*, zooms dynamiquesⁱⁱⁱ), les **fonctions de personnalisation de la carte** (désactiver ou activer des couches d'information, modifier le nombre de classes, choisir une méthode de discrétisation, choisir une palette de couleurs, etc.) et les **fonctions d'exploration des données**. Ces dernières qui relèvent de la géovisualisation et de l'ESDA (*exploratory spatial data analysis* — Anselin, 1997 ; Banos, 2001 ; Fotheringham *et al.*, 2001 ; Fotheringham et Charlton, 1994 ; Wise *et al.*, 2001) peuvent prendre la forme de liens dynamiques entre un histogramme, une boîte à moustaches (*boxplot*) ou un nuage de points et les entités spatiales et, plus rarement, de liens dynamiques entre un semivariogramme et les entités spatiales (Kraak, 2001b ; Kraak et MacEachren, 1998 ; MacEachren, 2004 ; MacEachren et Kraak, 1997).

1.2 Les atlas interactifs sur Internet : un phénomène récent en croissance

Comparativement aux atlas papier et multimédia (sur support CD-Rom ou DVD), les atlas sur Internet présentent plusieurs avantages qui concourent à accroître leur multiplication sur ce média. Togorson et Blinnikov (2003) ont identifié quatre avantages majeurs des atlas sur Internet : 1) faibles coûts de production ; 2) possibilité d'intégrer de l'interactivité facilitant l'analyse des cartes ; 3) grande flexibilité pour la mise à jour et l'ajout de cartes ; 4) plus grande diffusion grâce à Internet.

Premier avantage. L'absence de coûts d'impression et de diffusion souvent très élevés pour les atlas papier réduit considérablement les coûts de production d'un atlas sur Internet (Cartwright, 2003).

Deuxième avantage. L'intégration de fonctionnalités de cartographie interactive facilitant l'analyse des cartes peut aussi être paramétrée en fonction des différents profils et/ou besoins des utilisateurs de l'atlas. Concrètement, il est alors possible d'adapter le contenu des cartes thématiques interactives de l'atlas en fonction du niveau de connaissances de l'utilisateur.

Troisième avantage. Le contenu des atlas électroniques est plus facilement modifiable et extensif que celui des atlas papier puisque la modification ou l'ajout d'une nouvelle carte n'entraînent pas des nouveaux coûts d'impression et de diffusion. Ceci représente un atout majeur puisque le déploiement d'un atlas sur Internet peut alors être réalisé en plusieurs phases.

Quatrième avantage. Bien entendu, un atlas sur un site Internet peut être consulté gratuitement par l'ensemble de la communauté scientifique, mais aussi par toute personne disposant d'un accès à Internet. Par conséquent, la diffusion d'un tel produit est bien plus large.

Aujourd'hui, il existe une telle multitude d'atlas électroniques sur Internet qu'il est impossible d'en faire une liste exhaustive. Une telle abondance nous fait oublier parfois que l'apparition des atlas électroniques sur Internet demeure un phénomène récent, les premiers atlas datant du début des années 1990.

Ces atlas sont habituellement regroupés en plusieurs catégories : les atlas nationaux, régionaux, métropolitains et thématiques (Kraak, 2001c ; Richard, 1999). Les atlas nationaux sont pour la plupart produits par des organismes gouvernementaux. Par exemple, l'Atlas national du Canada (<http://atlas.gc.ca>) est réalisé par le ministère des Ressources naturelles du Canada, l'Atlas national des États-Unis (<http://www.nationalatlas.gov>) est le fruit de la collaboration d'une vingtaine d'agences fédérales et l'Atlas de la Suisse est produit par l'Institut de cartographie du gouvernement fédéral de la Suisse (<http://www.atlasderschweiz.ch>).

Quant aux atlas régionaux et thématiques – atlas socioéconomiques, sociodémographiques, touristiques, physiques, etc. –, ils sont principalement les résultats d'initiatives de groupes de recherche universitaires : l'Atlas national du Québec et de ses régions (<http://www.atlasduquebec.qc.ca>) qui regroupe des équipes de plusieurs universités québécoises (Carrière et al., 1997 ; Carrière, 1999), l'Atlas du navettage dans la région de Montréal développé par une équipe de l'INRS Urbanisation, Culture et Société (<http://navettage-rmr.inrs-uqc.quebec.ca>), l'Atlas socioéconomique de Vienne développé par Andreas Neumann de l'Institut de Cartographie de la Suisse (*Vienna - Social Patterns and Structures* <http://www.carto.net/neumann/cartography/vienna/>), ou encore le *Neighborhood Knowledge California* (<http://nkca.ucla.edu>) de l'Université de Californie en sont des exemples probants.

Finalement, de plus en plus de villes, surtout nord-américaines, se dotent d'atlas interactifs reposant sur les technologies de serveurs cartographiques (ArcIMS le plus souvent) soit pour diffuser de l'information géographique à leurs citoyens (localisation des équipements et des services collectifs comme des écoles, des parcs, des bibliothèques, etc. ; informations relatives au cadastre ou à l'évaluation foncière), soit comme outil de promotion touristique (localisation des hôtels, des équipements culturels, des restaurants, etc.).

2. APPROCHES MÉTHODOLOGIQUES POUR LA PRODUCTION D'ATLAS INTERACTIFS SUR INTERNET

2.1 La production d'atlas sur Internet : quelles approches ?

L'augmentation fulgurante du nombre d'atlas sur Internet depuis une quinzaine d'années est surtout due au développement des technologies Internet qui ont permis de réduire considérablement le temps de production des atlas électroniques et d'accroître leur interactivité. Actuellement, trois approches sont possibles pour déployer des atlas électroniques : celle des atlas matriciels, celle des atlas basés sur les technologies des serveurs cartographiques Internet (*Internet Map Server*) et celle des atlas vectoriels.

Les atlas matriciels représentent la première forme d'atlas disponible sur Internet. Les premiers atlas de ce type comprenaient une collection de cartes au format matriciel avec très peu d'interactivité. En fait, ils étaient, pour la plupart, conçus comme des produits statiques largement inspirés des atlas papier. La production et la gestion de tels atlas sont des tâches très longues à réaliser puisqu'elles nécessitent, d'une part, l'expertise de toute une équipe de cartographes chargés de construire les cartes statiques au format matriciel et, d'autre part, l'expertise de programmeurs Web chargés de rédiger chacune des pages HTML du site de l'atlas. De plus, l'insertion d'un nouvel indicateur, d'une nouvelle carte, nécessite là encore la rédaction de lignes de code HTML. De ce fait, une fois réalisés, peu de ces atlas voient leur contenu complété.

Le développement récent des technologies Web client-serveur illustrées à la figure 1 (*Common Gateway Interface, Active Server Pages, Java Server Pages, PHP, ColdFusion*) a permis de réduire grandement le temps de production des atlas matriciels. Ces technologies permettent en fait de développer des applications Web dont le contenu est dynamique. Autrement dit, elles permettent la création dynamique de pages HTML à partir d'informations stockées dans une base de données (Access, Oracle, SQLServer, Postgress, etc.). Pour un atlas sur Internet, les titres des rubriques de l'atlas, les titres des cartes, les textes analytiques, les noms des fichiers *jpeg* ou *gif* pour les cartes et les graphiques sont autant d'informations qui peuvent être stockées dans la base de données. Une telle approche évite la rédaction fastidieuse de pages HTML pour chacune des rubriques de l'atlas. De plus, l'ajout d'une nouvelle rubrique à l'atlas est grandement facilité : il suffit d'ajouter un nouvel enregistrement dans la base de données et de saisir les informations pour cet enregistrement. Par contre, le recours aux technologies Web client-serveur pour la conception et la création d'atlas nécessite une collaboration étroite entre le cartographe et le programmeur Web. En effet, si la simplicité des langages HTML et JavaScript permet à des cartographes de s'improviser Webmestres lors de la création des atlas Internet, il en va tout autrement avec les technologies client-serveur qui nécessitent de sérieuses compétences en gestion de base de données et en programmation objet.

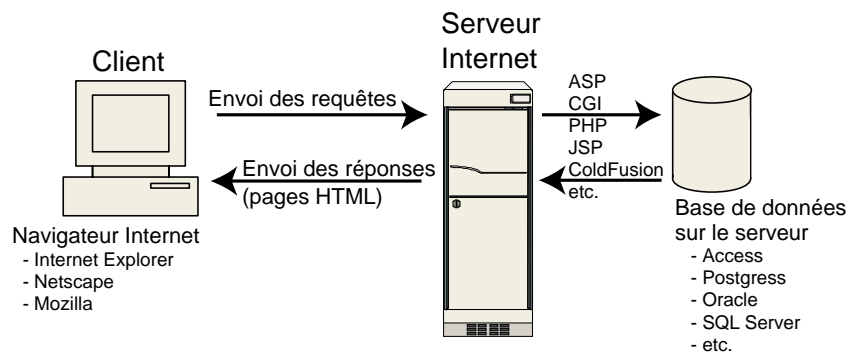


Figure 1 : Principe des technologies client-serveur

Si l'apparition des technologies client-serveur a permis de réduire considérablement le temps de production des atlas matriciels sur Internet en supprimant la rédaction de chacune des pages HTML, l'avènement du DHTML (*Dynamic HyperText Markup Language*) permet d'accroître l'interactivité des cartes de ces atlas. Brièvement, le DHTML n'est pas un langage de balises ou de programmation pour Internet, mais un mélange de trois technologies Internet : les feuilles de style^{iv} (CSS), le JavaScript pour définir des événements côté client et le modèle objet de document^v (DOM) qui propose une hiérarchie d'objets pour faciliter leur manipulation. Globalement, avec le DHTML, il est possible de créer de l'animation et de l'interactivité côté client (sur le poste de l'utilisateur du site) sans solliciter les ressources du serveur. Par exemple, le pseudo-code à la figure 2 permet de renvoyer la valeur de la variable cartographiée dans un tableau au passage de la souris sur une zone de la carte au format matriciel (les zones étant les régions françaises dans le pseudo-code).

Bien entendu, il est possible et très efficace d'utiliser les technologies client-serveur précédemment décrites pour générer des pages DHTML. De nombreux atlas matriciels interactifs reposent d'ailleurs sur ce principe. Parmi eux, l'*Atlas du navettage de la RMR de Montréal* (<http://navettage-rmr.inrs-ucs.quebec.ca>), l'*Atlas de la qualité de l'eau de la ville de Montréal* (<http://www.rsma.qc.ca>) et l'*Atlas du Québec et de ses régions* (<http://www.atlasduquebec.qc.ca/>) sont développés avec de l'ASP et du DHTML. Bien que très efficace, cette approche peut rapidement devenir complexe puisque, d'une part, plusieurs langages et technologies sont mélangés dans le même code (ASP, HTML, CSS, DOM, JavaScript) et, d'autre part, le DOM diffère selon le navigateur utilisé (celui de Netscape est basé sur le concept de couches, tandis que celui d'Internet Explorer repose sur le concept de feuilles de style). Finalement, même avec du DHTML, le mode matriciel rend le développement de fonctionnalités de cartographie interactive limité et les changements d'échelle entraînent inévitablement une dégradation de la qualité visuelle de la carte.

```

<script language='JavaScript'>
//Variables pour le nom des régions et les valeurs de la variable
Region = new Array('Alsace','Aquitaine','Auvergne','Basse-Normandie') ;
Valeurs=new Array(10.5,20.5,18.5,19.2) ;

//Fonction pour afficher la valeur de la variable dans un tableau
//au passage de la souris sur une région de la carte
function affiche(ID_Region)
{
  if (ID_Region == -1)
  {
    document.all['tableau'].style.visibility='hidden' //Tableau invisible
  }
  else //Affiche le nom de la région et la valeur dans un tableau
  {
    document.all['tableau'].style.visibility='visible' //Tableau visible
    document.all['NomRegion'].innerHTML= Region[ID_Region] ;
    document.all['Valeur'].innerHTML= Valeurs[ID_Region] ;
  }
}
</script>

<IMG SRC="images/cartel.gif" WIDTH=650 HEIGHT=450 USEMAP="#Zones">
<MAP NAME="Zones">
  <AREA SHAPE="poly"
    onMouseOut=" affiche(-1)" onMouseOver="Affiche(0)"
    COORDS="60,50,80,30,100,40,50,100">
  <AREA SHAPE="poly"
    onMouseOut=" affiche(-1)" onMouseOver="Affiche(1)"
    COORDS="160,150,180,130,200,140,150,200">
</MAP>

<DIV id='Tableau' Style='visibility:hidden'>
  <TABLE width=400 CELLSPACING=0 CELLPADDING=0 BORDER=0>
  <TR><TD><P ID='NomRegion'>&nbsp; ;</TD></TR>
  <TR><TD><P ID='Valeur'>&nbsp; ;</TD></TR>
  </TABLE>
</DIV>

```

Figure 2 : Exemple d'interactivité avec de la programmation DHTML

La deuxième forme d'atlas interactifs est celle qui repose sur les serveurs cartographiques Internet (*Internet Map Server*) développés notamment par les compagnies productrices de logiciels SIG (ArcIMS d'ESRI par exemple). L'apparition de ces technologies, durant les années 1990, va aussi permettre de réduire grandement le temps de production des atlas Web, et plus spécifiquement des cartes. Ces dernières sont générées à la volée par le serveur cartographique à partir d'une géobase SIG où sont stockées les informations géographiques et sémantiques et envoyées au client sous forme matricielle. Comparativement aux atlas matriciels classiques, l'interactivité est décuplée puisque l'utilisateur (le client) de ces applications peut modifier le contenu de la carte en activant ou en désactivant des couches d'informations, agrandir ou réduire l'échelle de visualisation de la carte, déplacer le centre de la carte, ou encore visualiser l'information sémantique en cliquant sur les entités géographiques, etc. Toutes ces avancées, certes intéressantes, faites par les serveurs cartographiques SIG s'accompagnent aussi de nombreux désavantages. D'une part, côté serveur, la création à la volée de la carte et son envoi au client en mode matriciel sont des traitements assez longs qui limitent la rapidité de ces applications et, par conséquent, le confort de navigation. D'autre part, l'intégration et le développement de fonctionnalités de cartographie interactive dans l'atlas se limite à celles implantées dans le *Map Server Service*. Autrement dit, on est tributaire du logiciel (ArcIMS par exemple) qui n'est d'ailleurs pas gratuit.

Les atlas vectoriels constituent la troisième et la plus aboutie des formes d'atlas sur Internet. Ils reposent le plus souvent sur les formats vectoriels Flash de Macromedia ou *Scalable Vector Graphics* qui viennent corriger les deux faiblesses des atlas matriciels classiques ou basés sur des serveurs cartographiques, à savoir une navigation lente et un manque d'interactivité. Tout d'abord, en mode vectoriel, les changements d'échelle ne s'accompagnent pas de dégradation de la qualité de la carte, contrairement au mode matriciel. De plus, la taille des fichiers vectoriels est plus réduite ; par conséquent, la navigation sur les atlas vectoriels est bien souvent plus rapide que sur les deux autres formes d'atlas. Finalement, les entités géographiques sont des objets avec des propriétés (couleur, texture, épaisseur du contour, dégradé, etc.) auxquels on peut rattacher des événements au passage de la souris, par clic ou double clic (animation, renvoi d'informations sémantiques, modification des propriétés de l'entité géographique, etc.). Par conséquent, le développement de fonctionnalités d'interactivité devient ainsi beaucoup plus facile.

2.2 Comparaison des processus de production d'atlas électronique en mode matriciel et en mode vectoriel

Pour démontrer que le mode vectoriel est beaucoup plus efficace que le mode matriciel pour le déploiement d'atlas interactifs sur Internet, nous comparons ici les processus de production de ces deux types d'atlas avec les technologies client-serveur. Ces processus sont d'ailleurs schématisés à la figure 3 avec une division des tâches entre les équipes de production cartographique et de développement Web.

La production des atlas en mode matriciel revêt deux inconvénients majeurs : une production cartographique fastidieuse et un manque d'interactivité. Le processus de production d'une carte de ce type d'atlas est effectivement complexe et lent : les cartographes doivent monter la carte dans un SIG ou un logiciel de dessin (Illustrator ou Freehand par exemple), exporter la carte vers un logiciel de retouche d'images pour finir son habillage (Photoshop par exemple) puis, finalement, l'exporter vers un format compressé pour Internet (*jpeg* ou *gif*). Quant à la conception et la mise en place des fonctionnalités de cartographie interactive, elles résultent d'une collaboration étroite entre les équipes de production cartographique et de développement Web. L'interactivité repose avant tout sur la création d'une *Image Map* par le cartographe, soit une balise HTML où sont délimitées des zones dans une image (Cammack, 1999) ; pour une carte au format matriciel, ces zones correspondent habituellement aux entités spatiales de la carte. Avec cette *Image Map*, le programmeur Web développe en DHTML des événements interactifs au passage de la souris ou suite au clic sur chacune des entités spatiales. Ces événements interactifs sont par exemple le renvoi dans un tableau de l'information sémantique rattachée à l'entité spatiale suite au passage de la souris (voir l'exemple à la figure 2) ou encore l'ouverture d'une nouvelle page HTML suite au clic sur l'unité spatiale, ce qui permet l'opérationnalisation du concept d'*hypermap* évoqué précédemment (Laurini et Milleret-Raffort, 1990).

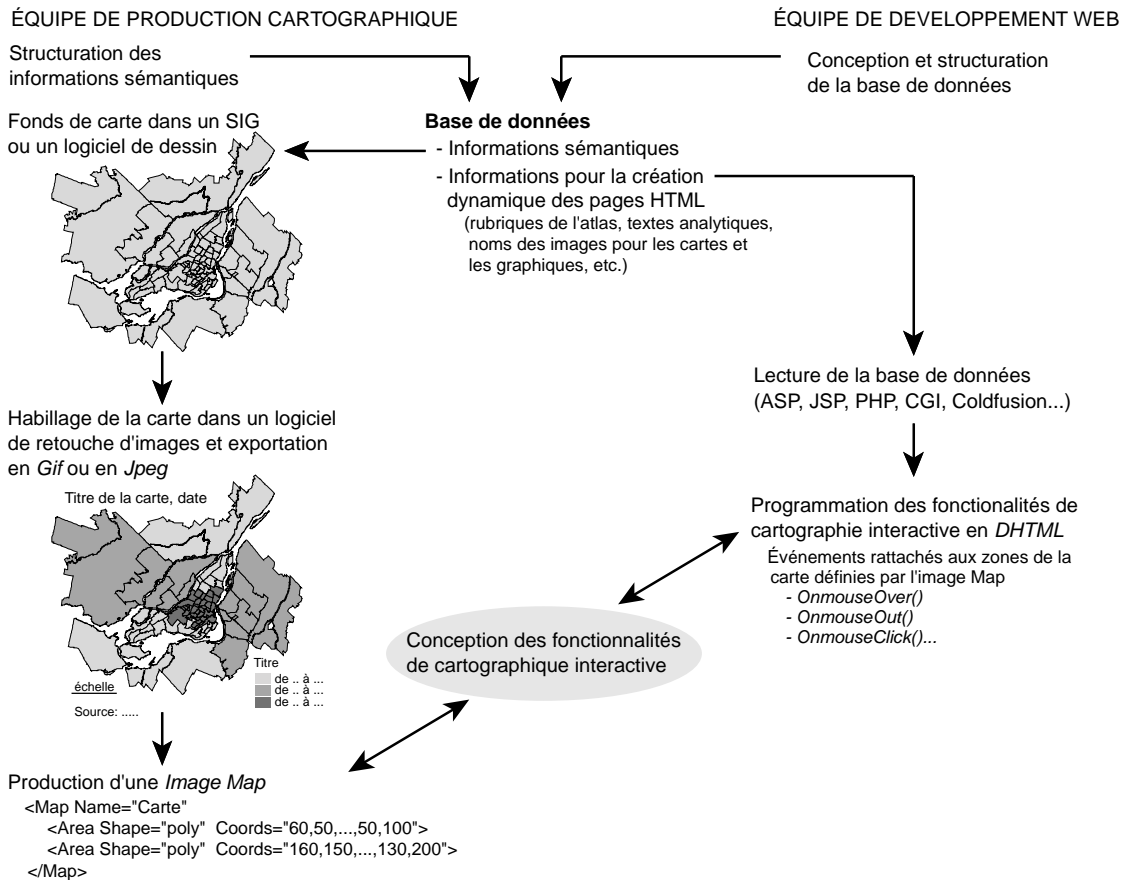
Par contre, pour les atlas vectoriels, le processus de production des cartes est très rapide : toutes les cartes sont créées à la volée à partir d'informations saisies par le cartographe dans une base de données (titre de la carte, titre de la légende, bornes et couleurs des classes, etc.). Ce processus assure également une grande flexibilité pour modifier une carte (modification des titres, changements des bornes et des couleurs des classes, etc.) : il suffit de mettre à jour quelques informations dans la base de données, alors qu'en mode matriciel, il faut repartir du fonds de carte dans le SIG ou le logiciel de dessin. Par conséquent, même pour les très gros atlas, la production cartographique demeure rapide en mode vectoriel. Pour le programmeur Web, la tâche devient aussi beaucoup plus facile. En lien avec le cartographe, il va mettre en œuvre les fonctionnalités de cartographie interactive en lisant la base de données et en développant des

événements rattachés aux entités spatiales de la carte avec du code JavaScript interne ou externe au fichier SVG. La supériorité des atlas vectoriels est donc évidente (tableau 1).

Critère de comparaison	Mode matriciel	Mode vectoriel
Production cartographique	Lente	Rapide, création des cartes à la volée
Navigation	Lente	Rapide
Développement de fonctionnalités de cartographie interactive	Limité	Rapide et quasi illimité
Dégradation de la qualité de la carte lors des changements d'échelle	Oui	Non

Tableau 1 : Les inconvénients du mode matriciel *versus* les avantages du mode vectoriel pour le déploiement d'atlas interactifs

PRODUCTION D'UN ATLAS EN MODE MATRICIEL AVEC DES TECHNOLOGIES CLIENT-SERVEUR



PRODUCTION D'UN ATLAS EN MODE VECTORIEL AVEC DU SVG ET DES TECHNOLOGIES CLIENT/SERVEUR

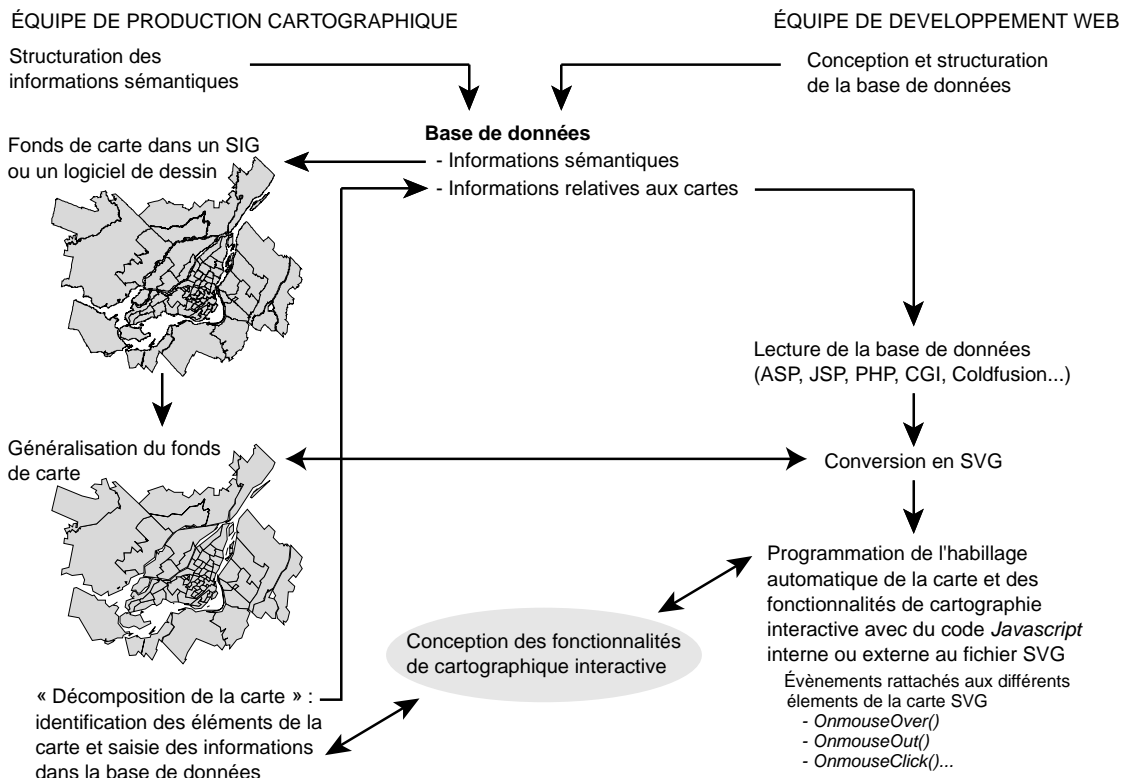


Figure 3 : Processus de production d'atlas électroniques sur Internet en mode matriciel et vectoriel

3. LE MODÈLE DE DÉPLOIEMENT D'UN ATLAS BASÉ SUR LE SVG, L'ASP.NET ET LE C#

3.1 Le recours au SVG, ASP.Net et ADO.Net avec le C#

Le modèle de déploiement des atlas interactifs qui est présenté ici repose sur le langage de programmation C# afin d'utiliser trois technologies : le SVG, l'ADO.Net et l'ASP.Net.

Le SVG est un format vectoriel 2D pour Internet basé sur l'XML et développé par le consortium W3C (<http://www.w3.org/TR/SVG>). Il comprend de nombreux avantages tant sur le plan de la conception que sur le plan graphique (Danzart *et al.*, 1999 ; Neumann et Winter, 2003). Sur le plan de la conception, le SVG est un langage libre de droit ; autrement dit, son utilisation est gratuite. C'est aussi un standard qui prend en compte les méthodes du W3C dont notamment le CSS (*Cascading Style Sheets*), le DOM (*Document Object Model*), le SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*), l'XSL et XLST (*Extensible Stylesheet Language Transformations*) et qui est supporté par les technologies d'Internet les plus communes (HTML, ASP, ASP.Net, JSP, PHP, etc.). Cette interopérabilité vient donc grandement faciliter le développement d'applications basées sur le SVG. Sur le plan graphique, le SVG intègre trois types d'objets : les formes vectorielles (ligne, polyligne, polygone, ellipse, cercle, rectangle, courbes de Bézier cubiques et quadratiques), des images et du texte. La manipulation de ces éléments graphiques est grandement facilitée puisque les balises SVG sont des objets qui peuvent ainsi recevoir des propriétés et des attributs de style (épaisseur de trait, couleur, visibilité, transparence, etc.). De plus, les éléments du SVG peuvent être groupés et transformés (rotation, mise à l'échelle, etc.). Le langage comprend aussi des balises d'animation basées sur le standard SMIL^{vi}. Finalement, grâce au DOM (*Document Object Model*), les fichiers SVG peuvent intégrer des scripts internes ou externes (JavaScript) qui permettent de développer rapidement et efficacement des fonctions d'interactivité rattachées aux éléments du SVG. Il est d'ailleurs possible de générer des éléments graphiques à partir de ces scripts.

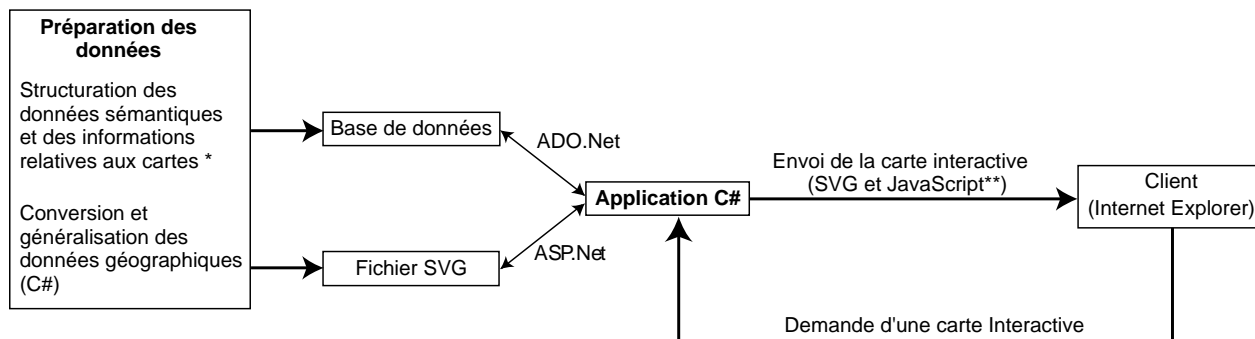
Le langage C# qui fonctionne avec la plateforme Microsoft .Net dispose de nombreuses similarités avec le C++ et permet de déployer rapidement des applications Windows et Web (Watson, 2001). Les applications Web sont basées sur de l'ASP.Net (technologie client-serveur) et de l'ADO.Net pour l'accès aux données sur un serveur. Le couplage du C#.Net et de l'ASP.Net facilite la mise en place de sites Internet client-serveur pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'ASP.Net comprend des formulaires Web très semblables aux formulaires Windows classiques, ce qui évite le recours parfois fastidieux à du HTML. L'avantage le plus évident de l'ASP.Net est qu'il représente un véritable langage de programmation objet générant des pages HTML ou DHTML ; on n'a donc plus de code mélangeant plusieurs technologies et langages interprétés – ASP, JavaScript, VBScript, CSS, DOM, HTML – parfois si complexe à lire et à maintenir. Finalement, il est possible de programmer de l'ASP.Net avec n'importe quel langage supporté par la plateforme .Net (C#, Visual Basic.Net, C++, J#).

3.2 Le modèle de déploiement

Le modèle de déploiement de l'atlas interactif sur Internet est représenté à la figure 4. Il comprend deux phases : la préparation des données et l'application C#, soit la programmation informatique du site comme telle.

Le premier travail de préparation des données consiste à structurer et intégrer l'ensemble des données nécessaires à la construction des cartes dans un logiciel de base de données (Access, SQL Server, Oracle, etc.). Ces informations sont de deux ordres : l'information sémantique

rattachée aux entités spatiales, autrement dit, les valeurs des variables ; les éléments composants chacune des cartes, soit les titres de la carte et de la légende, le nom de(s) variable(s) utilisée(s), les types de représentation cartographique (trame, cercles proportionnels, symboles, etc.), les bornes et couleurs des classes, le texte analytique rattaché à la carte. Pour faciliter le travail du cartographe qui doit saisir l'ensemble de ces informations, un formulaire de saisie a été créé à cet effet.



* Décomposition des éléments composant les cartes dans un formulaire de saisie (titres de la carte et de la légende, couleurs et bornes des classes, etc.).

** Le fichier JavaScript comprend les fonctions d'habillage automatique de la carte et les fonctions de cartographie interactive.

Figure 4 : Modèle de déploiement

Toujours dans la phase de préparation des données, il faut généraliser au besoin le fond de carte et le convertir au format SVG. Pour répondre à ces deux objectifs, nous avons développé une application C#.Net permettant la conversion de fichiers *shapefile* (ESRI) au format SVG en appliquant ou non un niveau de généralisation de l'information géographique (Petkevitch et Apparicio, 2006). La généralisation est d'ailleurs un processus souvent nécessaire afin que le fichier SVG de sortie soit d'une taille raisonnable qui ne limite pas le confort de navigation sur Internet. Notons au passage que les algorithmes de généralisation implantés dans cette application — celui de Douglas et Peuker (1973) et celui de la réduction de vertex (Hershberger et Snoeyink, 1992) — ont été modifiés afin qu'ils respectent la topologie des entités polygonales. Il est aussi possible de choisir un niveau de généralisation (voir le paramètre *tolérance en points* dans l'interface de l'application à la figure 5). Bien entendu, le cartographe intervient lors du processus de généralisation : il s'assure que le niveau de généralisation n'est ni trop exagéré ni insuffisant et qu'il permet une lecture confortable de la carte (figure 6).

La deuxième phase du modèle de déploiement — la programmation du site — est réalisée en C#.Net et repose sur la technologie ADO.Net pour l'accès et l'interrogation de la base de données, sur la technologie ASP.Net pour la création des pages Web, et sur du code JavaScript pour la programmation de l'habillage de la carte et des fonctionnalités de cartographie interactive. Plus concrètement, l'application C#.Net accède et lit les informations sémantiques et géographiques avec de l'ADO.Net, puis avec de l'ASP.Net écrit une série de variables globales dans le fichier JavaScript qui comprend les fonctions d'habillage automatique des cartes et de cartographie interactive, et finalement, envoie le fichier JavaScript et le fichier SVG au client.

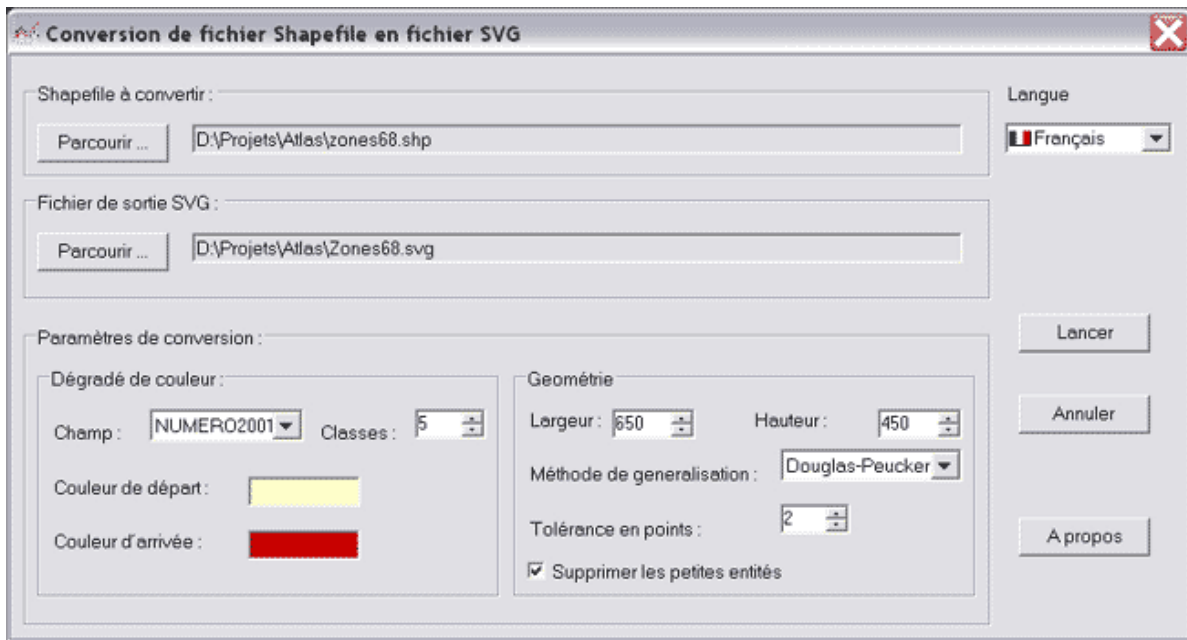
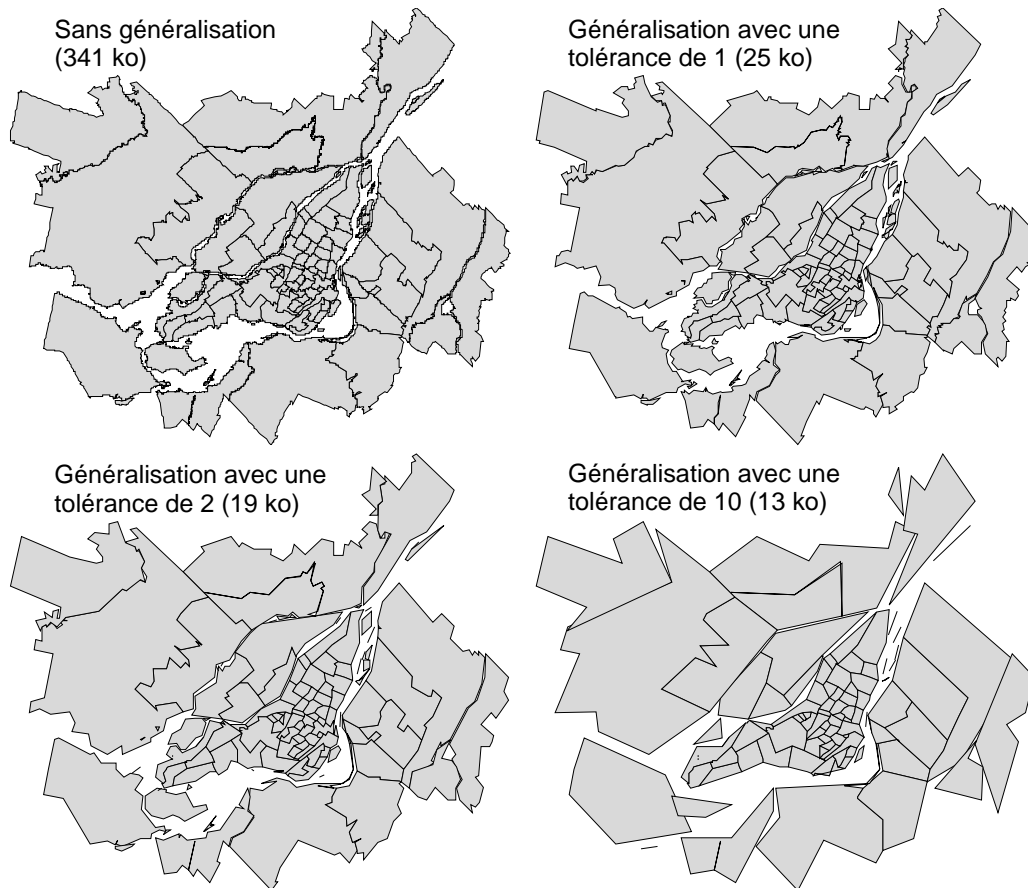


Figure 5 : L'interface de l'application de conversion de fichier *shapefile* en fichier SVG



Note : généralisation opérée avec l'algorithme de Douglas et Peucker (1973).

Figure 6 : Exemples de conversion et de généralisation au format SVG

3.3 Deux exemples applicatifs

Le modèle de déploiement décrit dans la section précédente a récemment été utilisé pour la mise en œuvre de quatre atlas thématiques et interactifs sur Internet : l'*Atlas de l'immigration de la RMR de Montréal en 2001*^{vii}, l'*Atlas de la zone métropolitaine de l'emploi en 2001*^{viii}, l'*Atlas socioéconomique de l'état de Puebla (Mexique)*^{ix} et l'*Atlas des communautés autochtones au Québec*^x. Nous proposons dans cette section une description succincte de deux de ces atlas afin de montrer les différents éléments qui composent ce type d'atlas interactif basé sur le standard SVG et déployé avec une application C# reposant sur de l'ADO.Net et de l'ASP.Net.

Trois types d'éléments composent ces deux atlas : les éléments de navigation à travers l'atlas, les éléments d'habillage automatique de la carte et les fonctionnalités de cartographie interactive.

Avec le premier élément de navigation (identifié par le symbole ① à la figure 7), l'utilisateur choisit et active les différentes rubriques de l'atlas, soit avec des listes déroulantes dans le cas de l'*Atlas de l'immigration*, soit avec des menus déroulants dans le cas de l'*Atlas de la zone métropolitaine de l'emploi*. Le contenu de ces listes et de ces menus est généré automatiquement avec de l'ASP.Net à partir des informations saisies dans la base de données. Une telle approche facilite la modification et l'extension du contenu de ces deux atlas. Par exemple, pour créer une nouvelle rubrique à l'atlas, il suffit juste d'ajouter un enregistrement dans la base de données, de saisir le titre de la rubrique, puis les informations pour la carte correspondante. L'*Atlas de l'immigration RMR de Montréal en 2001* est disponible en anglais et en français, le second élément de navigation est en fait un bouton pour passer d'une langue à l'autre (② à la figure 7). L'utilisateur de cet atlas peut aussi imprimer une carte ou l'exporter dans un format de son choix (*svg, jpg, gif, bmp, png* et *tif*; ② à la figure 7).

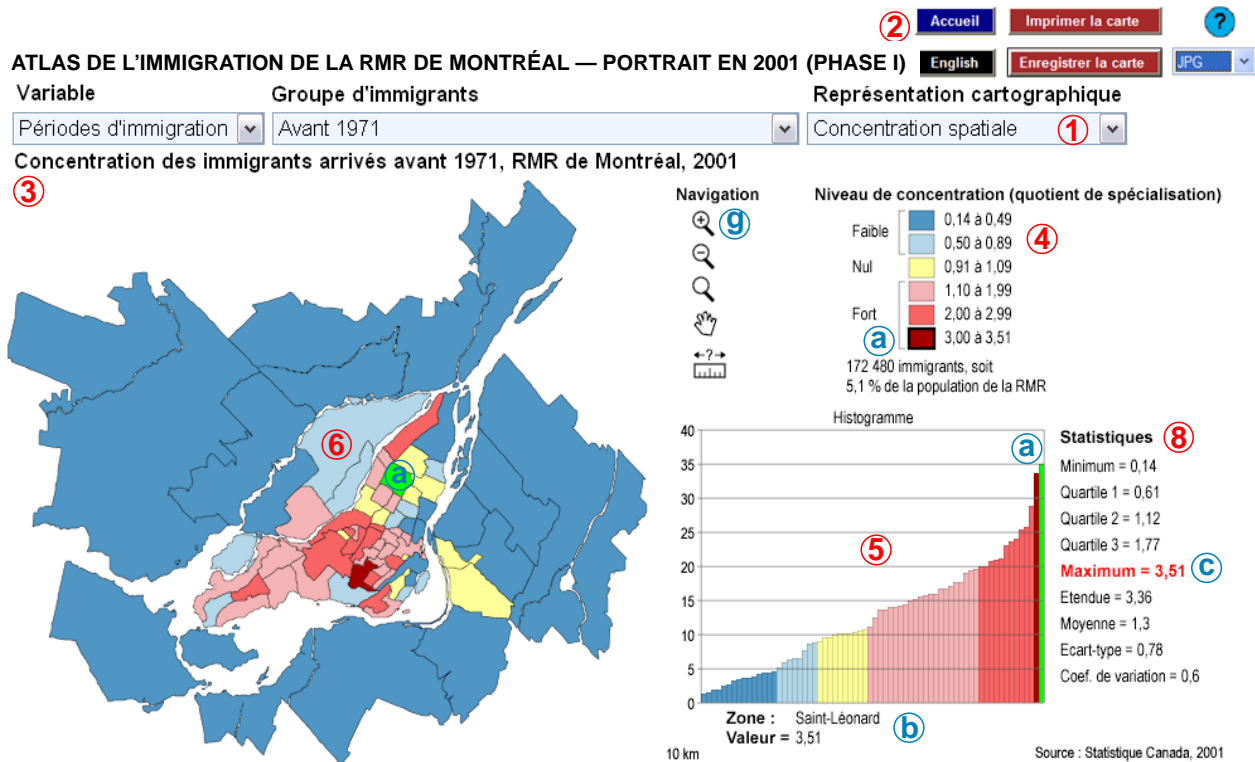
Toujours à la figure 7, les symboles 3 à 8 correspondent aux éléments d'habillage automatique de la carte : ③ le titre de la carte, ④ la construction de la légende, ⑤ la construction de l'histogramme, ⑥ l'affectation des couleurs ou le tracé des flux, ⑦ le texte analytique de la carte, ⑧ les statistiques descriptives pour la variable discrétisée. Cet habillage automatique est réalisé sur le poste du client avec le code JavaScript externe au fichier SVG et non à partir des ressources du serveur, ce qui accroît la rapidité de l'application. Comment cette opération fonctionne-t-elle ? Lorsque l'utilisateur active une rubrique, l'application C# envoie une requête au serveur qui récupère l'ensemble des informations nécessaires à la construction de la carte dans la base de données (titre de la légende, bornes et couleurs des classes, etc.), puis écrit une série de variables globales dans le fichier JavaScript relié au fichier SVG et les envoie au client. C'est à partir de ces variables globales que plusieurs fonctions JavaScript vont habiller la carte sur le poste du client.

Pour faciliter l'analyse des cartes, plusieurs fonctionnalités de cartographie interactive ont été implantées dans les deux atlas. La plupart d'entre elles sont des fonctions d'exploration des données qui relèvent de la géovisualisation : des liens dynamiques entre la carte et le graphique (identifié par le symbole ⑨ à la figure 7) ; l'affichage du nom de la zone et de la valeur de variable correspondante dans un tableau suite au passage de la souris sur une zone ⑩ ; des liens dynamiques entre la carte, l'histogramme et certaines statistiques descriptives (minimum, quartiles 1 à 3 et maximum) ⑪ ; l'affichage d'un tableau ou d'un graphique pour la variable cartographiée ⑫ ; le tri du graphique ou du tableau en fonction des valeurs de la variable ou des numéros des zones ⑬.

La dernière fonction interactive est dédiée à l'exploration des matrices de flux de déplacements domicile-travail entre les douze régions de la zone métropolitaine de l'emploi (⑭ à

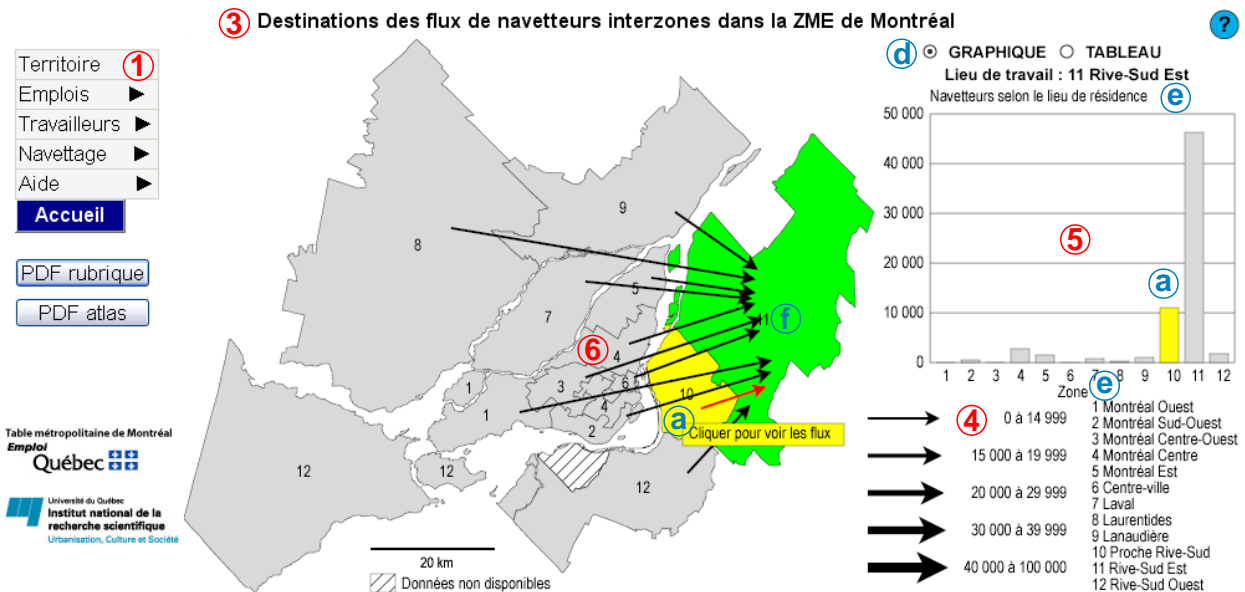
la figure 7). Bien entendu, une carte où seraient représentés les 132 flux interzones d'une telle matrice serait illisible. Nous avons donc construit deux cartes pour explorer les flux : l'une en fonction des lieux de destination et l'autre en fonction des lieux de départ. Elles permettent ainsi de répondre respectivement aux questions suivantes : d'où viennent les travailleurs qui occupent un emploi dans une zone donnée ? Où travaillent les navetteurs qui résident dans une zone donnée ? Une fois que l'utilisateur a activé une carte de flux, il lui suffit de cliquer sur une zone de départ ou une zone de destination pour visualiser les flux. La construction graphique de ces flux est réalisée avec du code JavaScript intégré au fichier SVG. Autrement dit, et comme pour toutes les fonctionnalités de cartographie interactive implantées dans les deux atlas, la création des flux s'effectue directement chez le client et non côté serveur, ce qui assure une grande rapidité de ces fonctionnalités.

Finalement, des fonctions de navigation sur la carte (agrandissement et réduction de l'échelle d'affichage, déplacement du centre de la carte, distance entre deux points) © sont aussi disponibles dans l'atlas de l'immigration.



Les zones de concentration des immigrants admis au Canada avant 1971 sont toutes situées sur l'île de Montréal, à l'exception de Chomedey à Laval. Sur l'île, deux zones seulement ont un quotient supérieur à 3 : Saint-Léonard et Côte-Saint-Luc – Hampstead – Montréal-Ouest. La plupart des zones qui appartiennent à la catégorie suivante (quotient variant de 2 à 2,99) forment un ensemble contigu dans la partie nord du centre de l'île. **7**

ATLAS DE LA ZONE MÉTROPOLITAINE DE L'EMPLOI DE MONTRÉAL



Parmi les principaux flux de navetteurs interzones, cinq s'élèvent à plus de 30 000 : de Montréal centre à destination du Centre-ville (92 990 travailleurs), de Montréal Centre vers Montréal Centre-Ouest (37 080), de Montréal Est vers Montréal Centre (35 710), de Laval vers Montréal Centre (31 195) et de la Proche Rive-Sud vers le Centre-ville (30 400). **7**

- 1** Éléments de navigation ou d'habillage automatique de la carte
- a** Fonctionnalités de cartographie interactive

Figure 7 : Deux exemples d'atlas interactifs reposant sur le SVG, le C# et l'ASP.Net

CONCLUSION

Les formats vectoriels comme le standard SVG représentent la plus récente et la plus aboutie des solutions pour déployer des atlas interactifs et/ou dynamiques. En effet, comparativement au mode matriciel, les avantages du vectoriel sont nombreux : une taille de fichier souvent plus réduite et par conséquent une navigation plus rapide ; une absence de dégradation de la qualité de la carte lors des changements d'échelle ; la possibilité quasi illimitée de développer des fonctionnalités de cartographie interactive et/ou dynamique ; aussi, la possibilité d'habiller automatiquement la carte à partir de fonctions JavaScript par exemple.

Notre modèle de déploiement des atlas interactifs sur Internet basé sur un format vectoriel pour le Web (le SVG) et sur des technologies client-serveur (l'ADO.Net et l'ASP.Net) est très efficace pour deux raisons majeures. D'une part, la production cartographique est grandement facilitée puisque les cartes sont habillées automatiquement par programmation et à partir des informations saisies dans une base de données (titres de la carte et de la légende, nombre, couleurs et bornes des classes, etc.). Un tel fonctionnement assure une grande flexibilité pour la modification des cartes existantes ou l'ajout de nouvelles cartes. D'une part, avec le SVG, il est possible d'opérationnaliser facilement certains concepts de cartographie interactive comme des fonctions d'exploration des données, de navigation ou de personnalisation de la carte.

Ainsi, dans les deux atlas présentés ici et montés à partir de cette approche méthodologique (l'*Atlas de zone métropolitaine de Montréal en 2001* et l'*Atlas de l'immigration de la RMR de Montréal en 2001*), plusieurs fonctionnalités de géovisualisation ont été déployées afin de faciliter la lecture et l'analyse des cartes comme, notamment, des liens dynamiques entre la carte et l'histogramme, des liens dynamiques entre des statistiques descriptives et un histogramme et le tri des cellules d'un tableau ou des barres d'un histogramme. Par contre, nous n'avons pas volontairement implanté des fonctions de personnalisation de la carte comme le choix d'un nombre de classe, d'une méthode de discrétisation ou d'une palette de couleurs, puisque les utilisateurs de ces deux atlas ne sont pas tous initiés aux règles de base de la sémiologie graphique. Il est cependant possible avec un tel modèle de déploiement d'atlas interactifs de définir plusieurs types d'utilisateurs en fonction de leur niveau de connaissances cartographiques et de fournir des fonctionnalités de personnalisation aux utilisateurs les plus avancés.

Bibliographie

- ANSELIN L., 1997, "Interactive techniques and exploratory spatial data analysis", in LONGLEY P., GOODCHILD M., MAGUIRE D., RHIND D. (eds.), *Geographical information systems: principles, techniques, management and applications*, Cambridge, Geoinformation International.
- ANTONI J. P., KLEIN O., 2003, "L'animation d'anamorphoses. Un atout pour la communication en cartographie", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.1, 81-92.
- BANOS A., 2001, "À propos de l'analyse exploratoire des données", *Revue européenne de géographie*, No.197, 18/10/2001, 15 p. (<http://www.cybergeog.presse.fr>).
- BERNIER E., BÉDARD Y., LAMBERT M., 2003, "Cartographie sur demande sur le web et bases de données multidimensionnelles. De la personnalisation par couches cartographiques à la personnalisation par occurrences", *Revue Internationale de géomatique*, Vol.13, No.3, 339-360.
- CAMMACK R. G., 1999, "New map design challenges: interactive map products for the World Wide Web", in CARTWRIGHT W., PETERSON M. P., GARTNER G. (eds.), *Multimedia cartography*, Berlin, Springer.
- CAQUARD S., 2001, "Cartographie dynamique et gestion concertée de l'eau. Vers une évolution fondamentale de la fonction de la carte", *Géomatique et espace rural – Actes des journées CASSINI 2001*, 13-29.

Cybergeog : Revue européenne de géographie, N° 340, 26 juin 2006

- CAQUARD S., 2003, "Internet, maps and public participation: contemporary limits and possibilities", in PETERSON M. P. (ed.), *Maps and the Internet*, Published on behalf of the International Cartographic Association, Amsterdam, London, Elsevier.
- CARRIÈRE J., 1999, "Atlas du Québec et de ses régions", in CARTWRIGHT W., PETERSON M. P., GARTNER G. (eds.), *Multimedia cartography*, Berlin, Springer.
- CARRIÈRE J., GRÉGOIRE G., KLEIN J.-L., 1997, "L'atlas du Québec et des ses régions", *Réseau*, Vol.28, No.7, 14-19.
- CARTWRIGHT W., 2003, "Maps on the Web", in PETERSON M. P. (ed.), *Maps and the Internet*, Published on behalf of the International Cartographic Association, Amsterdam, London, Elsevier.
- DANZART B. S., MOISSINAC J.-C., POITIER C., 2003, "Standards pour la cartographie animée sur Internet", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.1, 49-68.
- DOUGLAS D., PEUCKER T., 1973, "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", *Canadian Cartographer*, Vol.10, No.2, 112-122.
- FOTHERINGHAM S., BRUNSDON C., CHARLTON M., 2002, *Quantitative geography. Perspectives on spatial data analysis*, London, Sage Publications.
- FOTHERINGHAM S., CHARLTON M., 1994, "GIS and Exploratory Spatial Data Analysis: An Overview of Some Research Issues", *Geographical Systems*, Vol.1, 315-327.
- FRIHIDA A., MARCEAU D.J., THÉRIAULT M., 2003, "Dimension temporelle et modélisation d'une animation cartographique dans un SIG orienté-objet", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.3, 107-127.
- HERSHBERGER J., SNOEYINK J., 1992, "Speeding Up the Douglas-Peucker Line-Simplification Algorithm", *Proceedings of the 5th Symposium on Data Handling*, 134-143.
- KRAAK M. J., 1999, "Cartography and the use of animation", in CARTWRIGHT W., PETERSON M. P., GARTNER G. (eds.), *Multimedia cartography*, Berlin, Springer.
- KRAAK M. J., 2001a, "Settings and need for web cartography", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. Developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- KRAAK M. J., 2001b, "Trends in cartography", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. Developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- KRAAK M. J., 2001c, "Web maps and atlases", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. Developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- KRAAK M. J., DRIEL R. V., 1997, "Principles of Hypermaps", *Computers & Geoscience*, Vol.23, No.4, 447-464.
- KRAAK M. J., MACEACHREN A. M., 1999, "Visualisation for Exploration of Geospatial Data", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.13, No.4, 285-287.
- LAURINI R., MILLERET-RAFFORT F., 1990, "Principles of Geomatic Hypermaps", *In 4th International Symposium on Spatial Data Handling*, Zurich, 664-655.
- LAURINI R., THOMPSON D., 1995, *Fundamentals of spatial information systems*, Londres, Academic Press.
- L'HOSTIS A., 2003, "De l'espace contracté à l'espace chiffonné. Apports de l'animation à la cartographie en relief des distances-temps modifiées par les réseaux de transport rapides", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.1, 69-80.
- MACEACHREN A. M., 2004, *How maps work. Representation, visualization, and design*. New York, Guilford Press.
- MACEACHREN A. M., KRAAK M. J., 1997, "Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda", *Computers & Geoscience*, Vol.23, No.4, 335-334.
- MONMONNIER M., 1996, *How to lie with maps*, Chicago, University of Chicago Press.
- NEUMANN A., WINTER A. M., 2003, "Webmapping with Scalable Vector Graphics (SVG): delivering the promise of high quality and interactive web maps", in PETERSON M. P. (ed.), *Maps and the Internet*, Published on behalf of the International Cartographic Association, Amsterdam, London, Elsevier.
- PETERSON M. P., 1995, *Interactive and animated cartography*, London, Prentice Hall.
- PETKEVITCH V., APPARICIO P., 2006, "Converting and generalizing maps into compact Scalable Vector Graphics format", Les Inédits (Document de recherche / Working paper), Montréal, INRS-UCS, à paraître.
- RICHARD D., 1999, "Web atlases of Switzerland", in CARTWRIGHT W., PETERSON M. P., GARTNER G. (eds.), *Multimedia cartography*, Berlin, Springer.

Cybergeo : Revue européenne de géographie, N° 340, 26 juin 2006

- SÉGURA L., 2003, "Analyse spatiale et cartes animées : construction d'un prototype d'animation des dynamiques démographiques", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.3, 93-106.
- TALADOIRE L., 2003, "Editorial", *Revue internationale de géomatique*, Vol.13, No.3, 93-106.
- TORGUSON J. S., BLINNIKOV M. M., 2003, "From maps to student interaction: creating a web-base student Atlas of Russia", in PETERSON M. P. (ed.), *Maps and the Internet*, Published on behalf of the International Cartographic Association, Amsterdam, London, Elsevier.
- VAN DEN WORM J., 2001, "Web map design in practice", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- VAN ELZAKKER C. P. J. M., 2001a, "Use of maps on the Web", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- VAN ELZAKKER, C. P. J. M., 2001b, "Users of maps on the Web", in KRAAK M. J., BROON A. (eds.), *Web cartography. Developments and prospects*, New York, Taylor & Francis.
- WISE S., HAINING R., MA J., 2001, "Providing Spatial Statistical Data Analysis Functionality for the GIS User: the Project SAGE", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.15, No.3, 239-254.
- WATSON K., 2001, *Maîtrisez C#*, Paris, Worx Press et CampusPress.

© CYBERGEO 2006

APPARICIO Ph., *Cybergeo*, n°340, 26/06/2006 : <http://www.cybergeo.presse.fr>

ⁱ Cet atlas a été développé grâce au soutien financier de l'Observatoire statistique d'Immigration et Métropoles de Montréal.

ⁱⁱ Le développement de cet atlas a été financé par la Table Métropolitaine de Montréal (Emploi-Québec).

ⁱⁱⁱ Un zoom peut être qualifié de dynamique lorsqu'il existe un lien entre le zoom et le contenu de la carte (Van Den Worm, 2001). Plus concrètement, en fonction de l'échelle activée par le zoom, certaines couches d'informations seront activées ou désactivées, l'information géographique sera ou non généralisée ou la symbolisation cartographique sera modifiée. Par exemple, des bâtiments seront représentés par des polygones à une grande échelle et par des points à une plus petite échelle ; autrement dit, des symbolisations différentes sont attribuées à des intervalles d'échelle.

^{iv} Avec cette technologie, il est possible de séparer les paramètres de mise en page du contenu de pages HTML, ce qui facilite l'édition, la maintenance et la modification de pages HTML. On peut ainsi paramétrer la mise en forme du texte (couleur, taille, police), des paragraphes (alignement, police, couleur, etc.), des tableaux et des images, etc.

^v Le *Document Object Model* est aussi une norme du W3C qui permet d'accéder et de manipuler le contenu d'une page Web, soit le document. En effet, le DOM procure une représentation orientée objet des éléments d'une page HTML avec des méthodes permettant de modifier les propriétés de ces objets.

^{vi} Avec les balises `<animate>`, `<animateMotion>`, `<animateColor>`, `<animateTransform>`, il est possible de modifier les propriétés des éléments graphiques comme la couleur, la forme, la taille, la position en spécifiant la durée de l'animation. Toutes ces balises facilitent ainsi la conception et le montage de cartes dynamiques (Danzart *et al.*, 2003).

^{vii} Cet atlas est en ligne à l'adresse suivante : <http://atlasim2001.inrs-ucs.quebec.ca>. Il comprend 170 cartes qui décrivent la répartition spatiale et la concentration spatiale de plusieurs groupes d'immigrants à travers 68 zones de la région métropolitaine de Montréal. Les groupes d'immigrants retenus sont définis en fonction de la période d'immigration, la région de naissance, le pays de naissance, la langue maternelle, l'origine ethnique, la minorité visible et l'appartenance religieuse.

^{viii} Cet atlas qui comprend près de 80 cartes est en ligne à l'adresse suivante : <http://www.atlas-zme.qc.ca/>. Le but premier de l'atlas est de dresser un portrait du marché du travail dans la région de Montréal et, plus spécifiquement, l'organisation spatiale du marché du travail (cartographie des répartitions et des concentrations des travailleurs et des emplois) et l'organisation spatiale des domicile-travail (cartographie des taux d'attraction, des taux de départs et des flux de navetteurs).

^{ix} Cet atlas qui comprend une soixantaine de cartes est en ligne à l'adresse suivante : <http://atlaspuebla.inrs-ucs.quebec.ca>. Il a été réalisé dans le cadre du projet *Desarrollo Económico Local en el Estado de Puebla* (DEL) par une équipe composée de chercheurs du centre Urbanisation, Culture et Société de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-UCS) et de chercheurs de la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad

Autónoma de Puebla (FE-BUAP, Mexique). Le projet DEL est un projet conjoint entre l'INRS-UCS, la FE-BUAP et le Centro de Estudios para el Desarrollo Rural (CESDER), mis sur pied grâce à l'appui financier de l'Association des universités et collèges du Canada (AUCC) dans le cadre du programme de Partenariats universitaires en coopération et développement (PPUCD) de l'Agence canadienne de développement international (ACDI).

^x Cet atlas qui comprend 92 cartes est en ligne à l'adresse suivante : <http://www.reseaudialog.qc.ca/ATLAS/Accueil.html>. Il a été réalisé par une équipe du centre Urbanisation, Culture et Société de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-UCS) dans le cadre des activités de *[DIALOG. Le réseau québécois d'échange sur les questions autochtones](#)* à partir d'une compilation spéciale de données de Statistique Canada et de données du ministère des Affaires indiennes et du Nord Canada.