



**DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE**



**Rapport de stage**

**UTILISATION DES SIG ET DES RESEAUX  
MULTIMODAUX POUR  
LA PROMOTION DES MOBILITES DOUCES  
(EXEMPLE D'APPLICATION : VILLE DE SAINT-DENIS)**

**Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé  
Direction Générale de la Santé (DGS)**

**Silvia Juliana ROJAS RUEDA**

**Master 2 Professionnel  
Géomatique, Géomarketing et Multimédia (G2M)  
2010-2011**

## **REMERCIEMENTS**

J'adresse tous mes remerciements à Françoise TUCHMAN, sous-directrice de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation de la Direction Générale de la Santé (DGS) du Ministère du Travail de l'Emploi et de la Santé et à Pierre MOEGLIN et Roger TARANTOLA directeur et secrétaire général de la Maison de Sciences de l'Homme (MSH) pour m'avoir accueilli aussi chaleureusement pendant ces mois de stage.

A Vincent GODARD mon directeur de Master, et à toute l'équipe pédagogique du Master G2M pour leur disponibilité et support pendant l'année scolaire.

Je remercie Caroline PAUL, chef du bureau Environnement Extérieur et Produits Chimiques (EA1) et Marie FIORI, chargée du dossier "Air extérieur", mes tutrices à la DGS pour leur accompagnement et leur gentillesse.

A Dominique LOUIS, responsable SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune et à Michel HENIN de l'Institut d'Aménagement Urbain de l'Île de France (IAU) pour la mise à disposition des données qui ont permis les traitements cartographiques pendant mon travail.

A Arnaud Théret, informaticien de la Maison de sciences de l'homme (MSH) qui m'a permis d'utiliser dans de bonnes conditions le logiciel ArcGIS et son extension Network Analyst, et qui a toujours été présent pour m'aider à solutionner les problèmes techniques.

Je remercie également Patrick GENDRE du Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE Méditerranée), du Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et de la mer, pour les informations qu'il m'a données et les personnes ressources qu'il m'a conseillé de contacter.

Je remercie aussi Laurence POUILLAUDE du Service d'Études de Déplacements (Direction de la mobilité) de la communauté de Lille pour les documents et les renseignements transmis.

A Martine PASCHE du Service d'Urbanisme de la Ville de Genève (Suisse) et à Roland BEAUD, Adjoint Technique du Service des routes et de la mobilité de la Ville de Lausanne (Suisse) pour le temps consacré à répondre à mes demandes de renseignements.

Au réseau de collectivités de villes santé de l'OMS et au club de villes et territoires cyclables pour leur collaboration lors de mon stage.

Je remercie particulièrement et témoigne toute ma reconnaissance à mon ami Anés pour tout son soutien tout au long de mon stage.

Enfin je remercie tous mes camarades de promotion pour leur bonne humeur et à tous ceux qui ont manifesté de l'intérêt à mon égard pendant tout ce temps. J'espère être excusée auprès de ceux que j'aurais pu oublier. Qu'ils en soient alors doublement remerciés !

# INTRODUCTION

Ce rapport présente le travail que j'ai effectué au sein de la **Direction Générale de la Santé** (DGS) du Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, dans le bureau Environnement extérieur et produits chimiques (EA1) de la sous-direction de la prévention des risques liés à l'Environnement et à l'Alimentation (EA), dans le cadre de mon stage de fin d'études, du 14 février au 12 août 2011.

Mon travail s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du **deuxième Plan National Santé-Environnement** (PNSE2), plan constitué d'un ensemble d'actions concrètes pour la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement. Il est plus particulièrement associé à l'action 14 qui a pour objectif de **favoriser les transports actifs et les mobilités douces** (ou mobilités actives), c'est-à-dire les modes de déplacement sains et actifs tels que la marche à pied et le vélo. Cette **action 14, pilotée par la DGS et la DGITM** (Direction générale des infrastructures de transports et de la mer, du Ministère chargé du développement durable), se décline en 3 mesures dont la première vise à encourager les collectivités à promouvoir ces modes de déplacement. La promotion des mobilités actives dans le PNSE2 est en lien avec les actions de promotion de l'activité physique du programme national nutrition santé (PNNS), du plan cancer, du plan de lutte contre l'obésité et du plan particules.

Afin d'accroître la part des modes doux dans les déplacements quotidiens et dans la chaîne d'intermodalité, notamment en proposant des itinéraires piétons et cyclables qui sont une vraie alternative aux déplacements motorisés tout en étant agréables et calmes, la DGS a proposé ce sujet de stage ayant pour objectif final d'**aider les collectivités à réaliser des cartes de temps de parcours à pied/vélo au sein d'une commune**.

En tant que Géomaticienne, ma contribution dans ce projet a consisté en la **mise en place d'un Système d'Information Géographique (SIG)**. Ce dernier est basé sur un réseau multimodal permettant le calcul et la recherche d'itinéraires dans la ville de Saint-Denis, combinant les déplacements à pied, à vélo et par tramway, et favorisant ainsi la pratique de la marche et du vélo. Le SIG créé offre de plus la possibilité de

réaliser des calculs d'itinéraires tenant compte de critères spécifiques tel que le chemin le plus "verte" (passage par des espaces verts) ou la sélection du chemin le moins bruyant. A partir de l'outil conçu peuvent être élaborées des cartes de temps de parcours à pied/vélo entre différents points (points d'intérêt) de la commune de Saint-Denis (un exemple pratique de réalisation d'une telle carte a été effectué). Ces cartes pourraient être accompagnées d'un slogan du type: « Il y a des distances courtes qui peuvent être parcourues à pied ou à vélo! ». Le SIG crée pourrait être diffusé au sein des collectivités comme un exemple d'outils permettant d'encourager le recours à la marche à pied au vélo, plutôt que l'utilisation de véhicules motorisés, pour des trajets de courte distance.

Après une présentation de l'organisme d'accueil, sont exposées les différentes étapes ayant conduit à la création du SIG, pour finalement permettre l'élaboration d'une carte de temps de parcours à pied et à vélo.

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS</b> -----	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION</b> -----	<b>4</b>
<b>SOMMAIRE</b> -----	<b>6</b>

## **PRESENTATION DU SUJET ET DE LA PROBLEMATIQUE**

<b>1.1. Contexte du projet</b> -----	<b>8</b>
<b>1.1.1. Présentation de la structure d'accueil</b> -----	<b>8</b>
<b>1.1.1.1. Le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé</b> -----	<b>8</b>
<b>1.1.1.2. La direction générale de la Santé (DGS)</b> -----	<b>8</b>
<b>1.1.1.3. La sous-direction de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation (EA)</b> -----	<b>9</b>
<b>1.1.1.4. Le bureau de l'environnement extérieur et des produits chimiques (EA1)</b> ----	<b>10</b>
<b>1.1.2. Le deuxième Plan National Santé Environnement (PNSE2) et l'action 14</b> -----	<b>10</b>
<b>1.2. Problématique et objectifs du stage</b> -----	<b>11</b>

## **LE RESEAU MULTIMODAL ET SES OUTILS DE REALISATION**

<b>2.1. Le logiciel utilisé</b> -----	<b>14</b>
<b>2.1.1. Logiciel Arc Gis 9.3 et 10 d'ESRI</b> -----	<b>14</b>
<b>2.1.2. Extension Network Analyst d'Arc Gis</b> -----	<b>15</b>
<b>2.1.3. Types d'analyse de réseau</b> -----	<b>15</b>

# REALISATION DU RESEAU MULTIMODAL DE LA VILLE DE SAINT DENIS

<b>3.1.</b>	<b>Présentation de la ville d'application « Commune de Saint-Denis »</b>	<b>17</b>
<b>3.2.</b>	<b>Préparation et traitement des géodonnées</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1.</b>	Acquisition des données géographiques	18
<b>3.2.2.</b>	Enrichissement de la base de données	19
<b>3.2.2.1.</b>	Création de la couche « Piéton »	19
<b>3.2.2.2.</b>	Création de la couche « pistes cyclables »	21
<b>3.2.2.3.</b>	Création de la couche « Links »	21
<b>3.2.2.4.</b>	Création de la couche « points d'intérêt »	21
<b>3.3.</b>	<b>Création du réseau multimodal</b>	<b>22</b>
<b>3.3.1</b>	Correction topologique	
<b>3.3.2.</b>	Paramétrage du réseau	26
<b>3.3.2.1.</b>	Connectivités du réseau multimodal	
<b>3.3.2.2.</b>	Définition des attributs du réseau multimodal (impédance)	28
<b>3.4.</b>	<b>Utilisation du réseau multimodal</b>	<b>31</b>
3.4.1.	Calcul d'itinéraires en fonction de l'impédance choisie	31
3.4.2.	Création de cartes de temps de parcours dédiées à la promotion de la marche douce	36
	<b>CONCLUSION</b>	<b>38</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>40</b>
	<b>PAGES WEB CONSULTES</b>	<b>41</b>
	<b>ANNEXES:</b>	<b>42</b>
	ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME DE LA DGS	43
	ANNEXE 2 : BILAN DES CARTES DE TEMPS DE PARCOURS A PIED OU A VELO, ET DES OUTILS ASSOCIES EXISTANTS EN FRANCE ET A L'ETRANGER	44
	ANNEXE 3: CARTE DE TEMPS DE PARCOURS A PIED/A VELO DANS LE CENTRE VILLE DE SAINT-DENIS	57

# **PRESENTATION DU SUJET ET DE LA PROBLEMATIQUE**

## **1.1. Contexte du Project**

### **1.1.1. Présentation de la structure d'accueil**

#### **1.1.1.1. Le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé**

Il prépare et met en œuvre la politique du Gouvernement dans les domaines du travail, des relations sociales, de la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, de l'emploi, de la formation professionnelle, de la santé publique et de l'organisation du système de soins.

Son administration centrale est structurée en plusieurs directions dont 3 directions générales :

- la direction générale de la Santé (DGS),
- la direction générale de l'offre de soins (DGOS),
- la direction Générale du Travail (DGT).

#### **1.1.1.2. La direction générale de la Santé (DGS)**

Depuis le 11 mai 2011, le Directeur général de la santé est le Docteur Jean-Yves GRALL (voir annexe 1 : Organigramme de la DGS).

Créée par décret le 31 juillet 1956, la DGS est chargée de préparer la politique de santé publique et contribue à sa mise en œuvre, en liaison avec les autres directions et services du ministère chargé de la santé et les autres départements ministériels compétents ainsi qu'avec l'appui des établissements ou organismes qui en dépendent.

Ses missions, axées sur la santé publique et la sécurité sanitaire, sont au cœur des grands enjeux de la société et concernent la vie quotidienne des individus.

Aujourd'hui, la DGS se veut le pilote du renforcement de la prévention ainsi que de l'anticipation et de la gestion des grandes menaces sanitaires.

Ses principales missions sont :

- D'améliorer l'état de santé général de la population, de diminuer le taux de mortalité, à travers la promotion de la santé et d'actions de prévention.

- De protéger les Français des menaces pesant sur leur santé, d'une part en élaborant une politique de veille et de sécurité sanitaire, d'autre part en assurant la gestion des risques sanitaires (liés aux milieux naturels, aux milieux sociaux, aux maladies infectieuses et transmissibles, aux activités de soins...), des alertes, et des urgences sanitaires, et la préparation aux menaces.

- De contribuer à la qualité et à la sécurité du système de santé ainsi qu'à un égal accès à ce système (qualité des organisations, sécurité des patients, droits des malades, recherche biomédicale). La DSG agit pour certaines de ses missions par le biais de la promotion de la santé, de l'information et de l'éducation en santé.

Pour assurer ses missions, la DGS suit un fonctionnement identique à toute administration centrale : conception de politiques nationales, pilotage, évaluation et contrôle de leur mise en œuvre.

La DGS travaille en étroite collaboration les agences régionales de santé (ARS) mises en place depuis avril 2010, les autres directions du ministère, de nombreux autres ministères, les agences sanitaires, les experts du champ sanitaire et des organismes nationaux et internationaux du champ de la santé publique tels que l'organisation mondiale de la santé (OMS), les associations d'usagers, les professionnels de santé, la commission européenne...

### **1.1.1.3. La sous-direction de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation (EA)**

Au sein de la DGS, la sous direction EA conduit la politique de prévention des risques pour la santé liés aux milieux de vie et à l'alimentation et contribue à la gestion de ces risques. Cette sous direction est divisée en 4 bureaux :

- le bureau de l'environnement extérieur et des produits chimiques (EA1),
- le bureau de l'environnement intérieur, des milieux de travail et des accidents de la vie courante (EA2),
- le bureau de l'alimentation et de la nutrition (EA3),
- le bureau de la qualité des eaux (EA4).

La sous-direction EA a participé à l'élaboration du **Deuxième Plan National Santé Environnement (PNSE2)** et pilote ou participe à la mise en œuvre des actions de ce plan. Elle est également impliquée dans l'élaboration et la mise en œuvre d'autres plans d'actions nationaux (Programme national nutrition santé PNNS, Plan de lutte contre l'obésité PO,...).

La réalisation de mon stage s'est effectuée au sein du bureau de l'environnement extérieur et des produits chimiques (EA1) présenté ci-dessous.

#### **1.1.1.4. Le bureau de l'environnement extérieur et des produits chimiques (EA1)**

Les missions du bureau EA1 portent sur l'évaluation, la gestion et la communication de facteurs de risques pour la santé humaine liés à l'environnement extérieur et aux produits chimiques (qualité de l'air extérieur, sites et sols pollués...).

Il définit, en liaison avec les agences sanitaires, un programme de surveillance de l'état de santé de la population lié aux risques environnementaux, dans le cadre notamment du deuxième Plan National Santé-Environnement (présenté ci-après) et il fournit également un appui technique aux ARS en ce qui concerne la veille sanitaire et la gestion des risques.

Parmi les mesures menées par le bureau EA1 pour prévenir les risques pour la santé liés à la pollution de l'air extérieur, s'inscrivent les actions portant sur le développement de **modes de transports moins polluants**. C'est dans ce cadre, que sont encouragées les **mobilités douces** (dites aussi "mobilités actives", "transports actifs",...), telles que la marche à pied et le vélo, car elles constituent, en particulier pour les déplacements quotidiens de courte distance, une alternative aux modes de transports motorisés. Par ailleurs, en encourageant ce type de déplacements sains et actifs, on favorise la pratique d'une activité physique régulière qui a de nombreux effets bénéfiques sur la santé.

#### **1.1.2. Le deuxième Plan National Santé Environnement (PNSE2) et l'action 14**

Le deuxième **Plan National Santé Environnement**<sup>1</sup> (PNSE2) s'inscrit dans la continuité des actions portées par le premier PNSE et décline les engagements du Grenelle de l'Environnement qui est un ensemble de rencontres politiques organisées en France en septembre et octobre 2007, visant à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable. L'élaboration d'un PNSE2 a été inscrite dans la loi Grenelle + code santé publique. Ainsi, le PNSE2 comporte 58 actions regroupées en 16 fiches thématiques. Chacune de ces fiches a pour ambition de donner une vue globale des principaux enjeux et de caractériser la période 2009-2013, sur la

---

<sup>1</sup> Cf. <http://www.sante.gouv.fr/deuxieme-plan-national-sante-environnement-pnse-2-2009-2013.html>

base d'actions communes et concertées pour la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement, tant à niveau national que local.

Améliorer la santé en agissant sur les modes de transport constitue un des principaux objectifs du PNSE<sup>2</sup>. Ainsi la fiche 5 "Santé et Transports" s'articule autour de 4 actions spécifiques dont **l'action 14 vise à favoriser les transportes actifs et les mobilités douces**. Cette action est mise en œuvre de façon coordonnée avec d'autres plans d'actions internationaux (en particulier le programme paneuropéen sur les transports, la santé et l'environnement PPE TSE<sup>2</sup>) et nationaux, qui se sont également fixés comme objectif d'inciter au développement des modes actifs ; il s'agit en particulier au niveau français du Programme National Nutrition Santé<sup>3</sup> (PNNS), du Plan Obésité, du Plan Cancer et du Plan Particules.

Dans ce contexte, la DGS encourage les actions favorisant les modes de transport sains et actifs et notamment les programmes de sensibilisation sur ces modes de déplacements auprès des collectivités. Il s'agit de promouvoir l'activité physique pour non seulement améliorer la qualité de l'air et lutter contre le changement climatique, mais également pour prévenir certaines pathologies chroniques (cancer, maladies cardiovasculaires, maladies respiratoires, obésité, pathologies rhumatismales, diabète...) améliorer le bien-être et la condition physique des individus.

## **1.2. Problématique et objectif du stage**

Le défi de la promotion de la marche à pied dans les villes correspond à un ensemble d'enjeux majeurs pour le milieu urbain, notamment en lien avec les politiques d'aménagement et de transports (Plans de Déplacement Urbains PDU), visant à assurer un équilibre durable entre les besoins de mobilité des habitants, la sécurité des personnes, la protection de leur environnement et de leur santé [1].

Mais il est clair que l'idée de changer les comportements citoyens vis à vis des véhicules individuels motorisés, reste compliqué étant donné la performance de ces dernières et de ses nombreux atouts: confort, souplesse d'utilisation, etc. Toutefois, l'évolution récente témoigne d'une hégémonie fléchissant en raison des nombreux problèmes que leur utilisation engendre (la voiture est le moyen de transport individuel le plus polluant et la cause d'une grande partie des rejets de Co2 dans l'atmosphère, la voiture

---

<sup>2</sup> Cf. programme paneuropéen sur les transports, la santé et l'environnement PPE TSE mis en place par le bureau Europe de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et par la Commission économique pour l'Europe de l'Organisation des Nations-Unies (ONU) : [www.thepep.org/](http://www.thepep.org/)

<sup>3</sup> Cf. <http://www.sante.gouv.fr/nutrition-programme-national-nutrition-sante-pnns,6198.html>

en ville est dans certains cas moins rapide à cause des embouteillages, ces embouteillages sont la cause de frustration et de stress chez le conducteur, la voiture pousse à l'inactivité et est donc une cause de l'obésité grimpante dans la population, marcher, faire du vélo ou prendre le transport en commun font dépenser des calories, tandis que la voiture, non...) [2].

Ce travail est donc abordé en imaginant une nouvelle façon de représenter la réalité de la mobilité douce, il s'intéresse essentiellement à l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme alternative pour décrire, analyser et proposer des solutions adaptées à la promotion de modes doux dans l'hypothèse que le développement d'outils de ce type puissent influencer le comportement des citoyens.

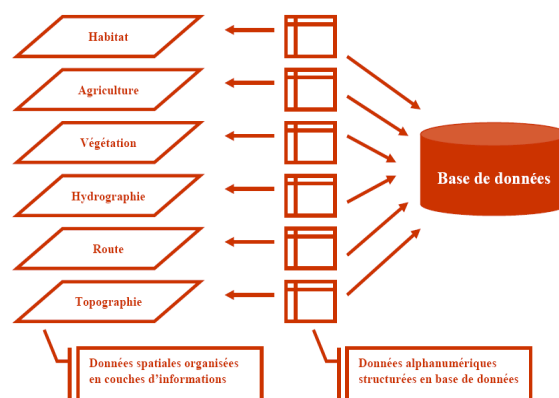
À l'heure actuelle, dans ce domaine, les outils (web) utilisés en France pour la recherche d'itinéraires piéton/vélo se montrent pas très précises, car ils s'appuient essentiellement sur des bases de données routières qui demanderaient à être complétées avec des données adaptées à un usage piéton (chemins traversant des parcs, raccourcis, sentiers, passerelles...) (Cf. Annexes 2 "Bilan des cartes de temps de parcours à pied ou à vélo, et des outils associés existants en France et à l'étranger"). D'autre part, ces outils couvrent de très grandes étendues souvent à l'échelle du pays. De ce fait, elles ne peuvent pas se prêter à la politique de mobilité piétonne car ne tenant pas compte de l'aspect multimodale des réseaux (par exemple la combinaison de la marche à pied et le vélo avec d'autres moyens de transport) [3]. D'où l'importance d'encourager les services des villes à développer d'outils adaptés aux besoins de sa population en termes de mobilité douce.

L'objectif de la DGS est donc à travers ce stage, de **fournir aux collectivités territoriales un outil (exemple d'application) d'appui relatif à l'utilisation des SIG dans la promotion de la mobilité douce** et aussi de renforcer l'idée de promouvoir cette dernière sous d'autres formes, notamment à travers l'édition de **cartes qui résument les temps de parcours à pied et/ou à vélo** entre un ensemble défini de points d'intérêt (établissements scolaires, équipement commercial, lieu culturel...) des villes.

## OUTILS DE REALISATION DU RESEAU MULTIMODAL

Un **système d'information géographique (SIG)** est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (notamment sur des critères géographiques), de les interroger, de les analyser et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision. Si l'informatique a d'abord permis des progrès dans l'automatisation de la production cartographique, les SIG vont bien au-delà d'une simple fonction de stockage et de restitution graphique. Par leurs possibilités de modélisation et de gestion, par leurs fonctions d'analyse et d'interrogation, par les possibilités de mises en relation des objets les uns par rapport aux autres, par leurs capacités à stocker et traiter de gros volumes d'information, les SIG ont entraîné une accélération de la diffusion et de l'utilisation de données géolocalisées et ont renouvelé la dynamique de la Géographie.

Un SIG stocke les informations concernant un projet sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par leurs coordonnées géographiques. Ces couches sont superposables. A ces couches sont associées des données alphanumériques structurées en base de données [4].



**Figure (1) :** Exemple de structuration de données géographique dans un SIG

## 2.1. Le logiciel utilisé

Dans cette partie du rapport, est présentée la plate-forme de travail utilisée ainsi que les outils informatiques qui ont servi à la réalisation du projet de stage.

### 2.1.1. Logiciel ArcGis versions 9.3 et 10 d'ESRI

ArcGIS est une famille de logiciels développés par la compagnie américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute). Le logiciel ArcGIS peut être acquis sous différents niveaux de licence soit ArcInfo, ArcEditor, ArcView et ArcReader. Ces différents produits utilisent les trois applications formant le cœur d'ArcGIS, soit :

- **ArcMap**, est l'application centrale d'Arc-Gis. Elle permet l'exécution des tâches cartographiques telles que la visualisation et l'analyse des données, l'édition et les croisements des couches, la création de cartes et faire des analyses spatiales.
- **ArcCatalog**, gère l'organisation de l'ensemble de l'information. C'est un catalogue des données existantes permettant la visualisation de ces dernières;
- **ArcToolbox** constitue l'interface pour l'intégration et le traitement des données. Ainsi, il est utile pour effectuer des transferts de format et de projection, pour l'importation et l'exportation des données, etc. [5].

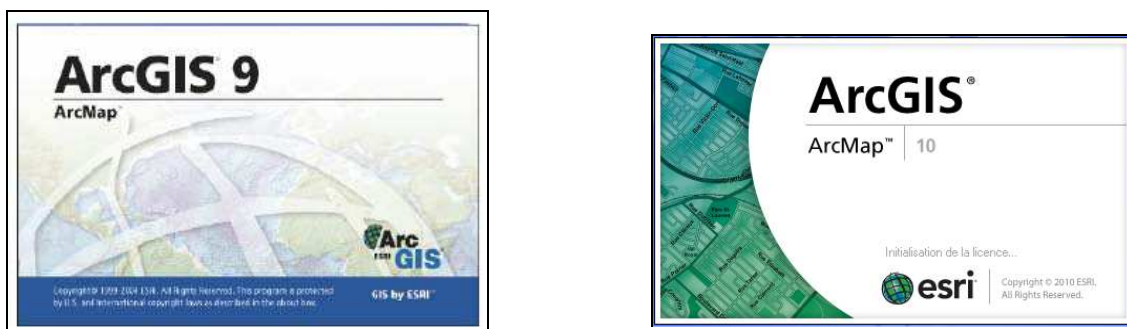


Figure (2) : Icônes ArcGis 9.3 et 10

Le tableau suivant résume les distinctions entre les différents niveaux de licences d’ArcGIS

Produit ArcGIS Desktop			
<b>ArcReader</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualisation de carte</li> <li>• Impression de carte</li> <li>• Identification d'objet</li> <li>• Recherche, mesure et hyperlien</li> </ul>	<b>ArcView</b> ArcReader + <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès aux données</li> <li>• Cartographie</li> <li>• Personnalisation</li> <li>• Analyse Spatiale</li> <li>• Édition simple de données</li> </ul>	<b>ArcEditor</b> ArcView + <ul style="list-style-type: none"> <li>• Édition de Geodatabase</li> <li>• Topologie</li> </ul>	<b>ArcInfo</b> ArcEditor + <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement avancé de données</li> <li>• Conversion de données pour Workstation</li> </ul>

**Tableau (1):** Distinctions entre les produits ArcGIS

De par ses 3 applications (ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox), ArcGIS constitue un instrument de visualisation, de stockage et d'analyse des données géoréférencées. Fonctionnant principalement en mode objet, ArcGIS permet de mettre en place un système d'information géographique. Le choix de ce logiciel comme plate-forme de travail est lié, d'une part, au fait que ce logiciel est le plus couramment utilisé et, d'autre part, au fait qu'il dispose d'une extension performante pour les traitements et les analyses de réseaux connue sous le nom de **Network Analyst**.

### 2.1.2. Extension Network Analyst d’ArcGis

Network Analyst effectue des analyses spatiales basées sur des réseaux. Un réseau est un système d'éléments interconnectés, comme des tronçons (lignes) et des jonctions (points), qui représentent des itinéraires possibles d'un emplacement à un autre.

### 2.1.3. Types d’analyse de réseau

En règle générale, Network Analyst réalise les quatre grands types d'analyse de réseau suivants :

- la recherche du meilleur itinéraire;
- la recherche des zones de desserte;
- la recherche de la ressource la plus proche;
- la construction d'une matrice de coût origine-destination (OD).

Dans le cadre du présent travail, seule l'analyse concernant la « **recherche du meilleur itinéraire** » a été utilisée. Il s'agit d'une requête assez fréquente.

Network Analyst permet de repérer le meilleur itinéraire un fonction des plusieurs critères définis (distance, temps...) pour aller d'un point départ A vers une destination finale B [6]. (Une explication plus détaillée sur ce type d'analyse sera présentée dans la partie 3.3.2.2. Définition des attributs du réseau multimodal du rapport).

# REALISATION DU RESEAU MULTIMODAL DE LA VILLE DE SAINT-DENIS

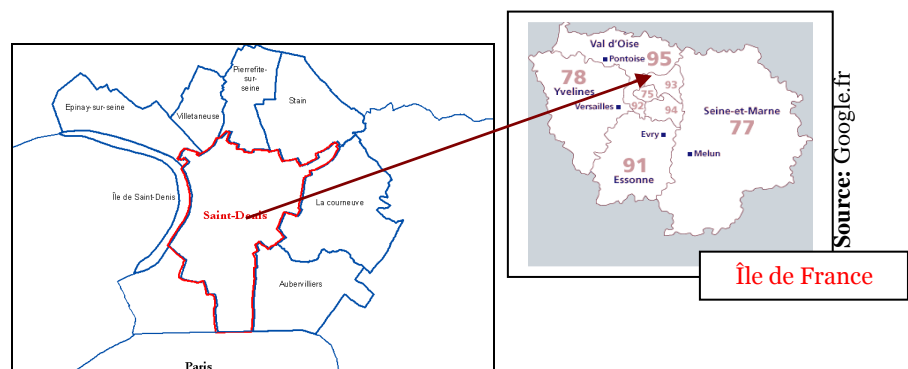
Le chapitre suivant décrit la méthodologie utilisée pour la réalisation de du réseau multimodal en commençant par une brève présentation de Saint-Denis, la ville utilisée comme exemple d'application.

## 3.1. Présentation de la ville d'application « Commune de Saint-Denis »

Saint-Denis est une ville de la proche banlieue nord de Paris, située dans le département de la Seine-Saint-Denis (93) en région d'Île-de-France.

Dans la foulée du réaménagement de la communauté d'agglomérations Plaine-Saint-Denis, la ville a connu une nette progression du nombre d'habitants qui est passé de 85 832 en 1999 à 103 742 en 2008 (d'après les recensements de l'Insee<sup>4</sup>), soit 2,03 % de taux de croissance moyen annuel au cours de la période, ce qui en fait la deuxième ville d'Île-de-France après Paris.

Le caractère attractif de la ville de Saint-Denis a été renforcé par la requalification du bâti et de l'espace public et de la piétonisation surtout dans le centre de la ville depuis 2004 [7]. La ville a été choisie comme lieu d'application de l'outil cartographique développé, pour plusieurs raisons (qualité de la base de données cartographiques sur la ville, ses équipements et services, ...) et notamment pour les actions qu'elle mène dans la promotion des modes de transports durables (tramway,...) et sains (marche à pied, vélo)."



**Figure (3):** Commune de Saint-Denis

<sup>4</sup> <http://www.insee.fr/fr/default.asp>

## 3.2. Préparation et traitement des géodonnées

### 3.2.1. Acquisition des données géographiques

Pour la mise en place du SIG en vue de la création d'un réseau multimodal, le service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune et l'Institut d'Aménagement Urbaine de l'Île de France (IAU) ont fourni plusieurs couches d'information géographique concernant la ville de Saint-Denis. Plusieurs de ces couches ont été retravaillées avec d'opérations de digitalisation, de traitement topologique...ce qui a permis d'enrichir la base de données, puis la création du réseau multimodal (une explication plus détaillée des traitements effectués sera expliquée ci-dessous).

Sont classées dans le tableau suivant, les couches d'informations retenues pour la construction du réseau.

Nature	Informations représentées	Source
Ponctuelle	Stations Tramway	Institut d'Aménagement urbaine de l'Île de France IAU
	Stations Vélo	Service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune
	Points d'intérêt*	Localisés et Importés de Google Earth
Linéaire	Réseau routier	Service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune
	Tramway	Institut d'Aménagement urbaine de l'Île de France IAU
	Pistes cyclables	Service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune
Polygonales	Zones Vertes	Service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune
	Isophones	Service SIG de la Communauté d'Agglomérations de Plaine Commune

\* Ce terme est défini par la suite.

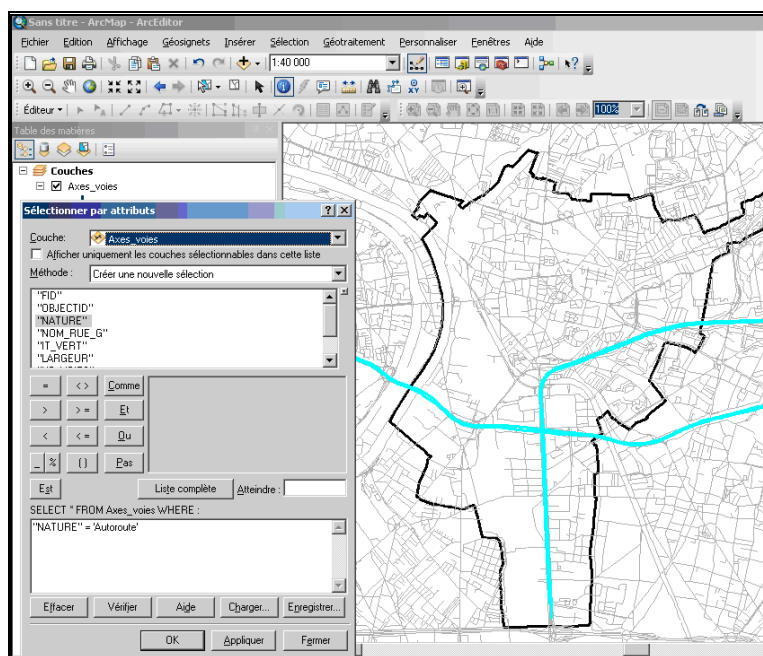
**Tableau (2):** Liste des couches d'information constituant le réseau multimodal

## 3.2.2. Enrichissement de la base de données

### 3.2.2.1. Création de La couche « piéton »

En partant du réseau routier, j'ai essayé de réaliser une couche d'information géographique pour représenter le réseau piéton en appliquant la méthode suivante :

- **Elimination des axes routiers interdits aux piétons :** une requête attributaire a été effectuée sur le réseau routier afin d'en supprimer les axes autoroutiers et autres voies rapides interdites aux piétons.



**Figure (4):** Requête attributaire pour la suppression des axes autoroutiers et des rapides interdites aux piétons

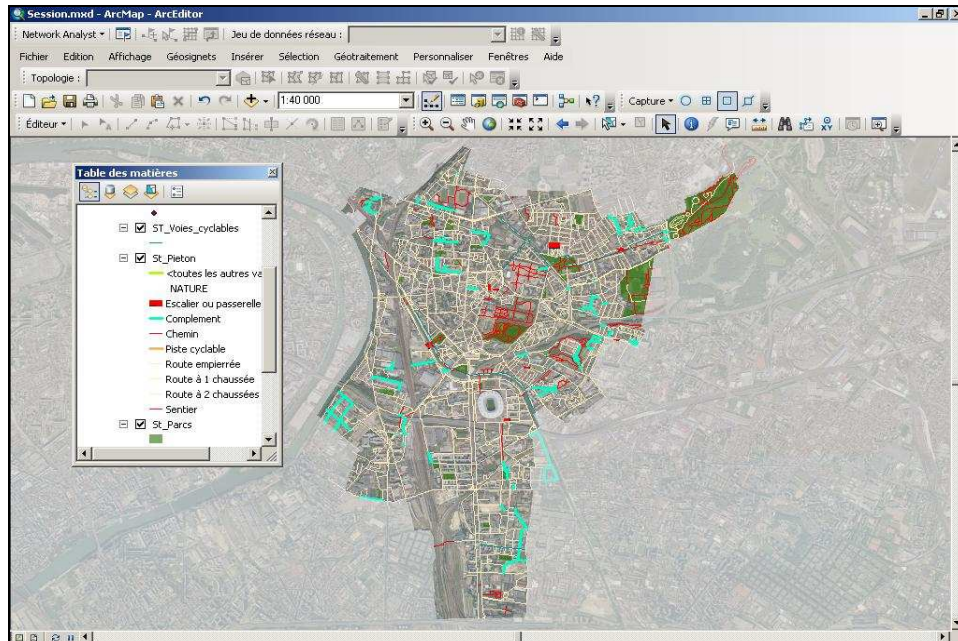
- **Digitalisation des axes de mobilité douce :** à l'aide des services en ligne de la société ESRI, j'ai pu au moyen d'un fond d'image satellite compléter et enrichir la couche d'information par la digitalisation des équipements utilisables par les piétons, et parfois par les cyclistes, tels que les passerelles, sentiers, promenades, passages... Ainsi, la figure ci-dessous montre un exemple de digitalisation d'une passerelle pour piétons; passerelle qui n'est pas répertoriée dans le réseau routier utilisé par les applications web dédiées au calcul d'itinéraires.



**Figure (5) :** Digitalisation des tronçons manquants pour la réalisation du réseau piéton

Cette étape devrait théoriquement être complétée par une enquête de terrain dont l'objectif serait de vérifier les informations digitalisées par le repérage des axes et parcours improvisés.

La figure suivante montre le résultat atteint par l'application de la méthode décrite ci-dessus :



**Figure (6):** Résultat du complément de la couche réseau routier.

### **3.2.2.2. La couche « pistes cyclables »**

La couche des pistes cyclables participant à la construction du réseau multimodal, résulte de la fusion de deux couches issues de deux sources différentes :

- Pistes cyclables existantes (source: Communauté d'agglomération de Plaine Commune)
- Pistes cyclables projetées (source: Département de Seine-Saint-Denis). A noter que l'aménagement des pistes cyclables dans la ville de Saint-Denis étant encore en phase d'étude, les tracés des lignes fournis ne sont que provisoires et sont susceptibles d'être modifiés à l'avenir.

### **3.2.2.3. Création de la couche « Links »**

L'emplacement réel des entités géométriques étant important, une couche Links ("liens" en français) a été créée afin d'assurer l'interaction (passage d'un réseau à un autre) des éléments du réseau et d'en conserver le géoréférencement.

### **3.2.2.4. Création de la couche « points d'intérêt »**

Les termes "points d'intérêt" désignent les sites jugés utiles et dont l'intérêt dépend des objectifs recherchés. Ils peuvent par exemple correspondre à des sites touristiques, aux restaurants, aux établissements scolaires, aux équipements commerciaux... La détermination de points d'intérêts peut nécessiter de mener des enquêtes spécifiques par exemple sur les lieux les plus fréquentés au quotidien. Dans le cadre de la présente étude dont l'un des objectifs est de présenter un exemple d'application de l'outil développé pour réaliser des cartes de temps de parcours, il a été décidé pour la désignation des points d'intérêt, de s'en tenir à une sélection intuitive de lieux publics relativement fréquentés dans le centre-ville de Saint-Denis tels que les établissements scolaires et les espaces verts.

A l'aide de l'application gratuite Google Earth, il a été possible d'identifier, de localiser puis d'importer dans la base de données, une couche d'information relative aux points jugés d'intérêt pour le centre-ville de Saint-Denis.

### **3.3. Création du réseau multimodal**

La création d'un réseau multimodal commence d'abord par la correction topologique des couches d'informations constituant le futur réseau multimodal, puis l'incorporation des différents paramètres dans la structure de table de chacune de ces couches d'informations.

#### **3.3.1. Correction topologique**

Les règles topologiques servent à préciser les relations spatiales autorisées entre les entités dans un jeu ou une classe d'entités. ArcGis met à disposition 25 règles utilisables par l'utilisateur. Il existe 3 types de règles topologiques :

- Polygonales (9 règles),
- Linéaires (12 règles),
- Ponctuelles (4 règles).

## Exemples de règles topologiques :

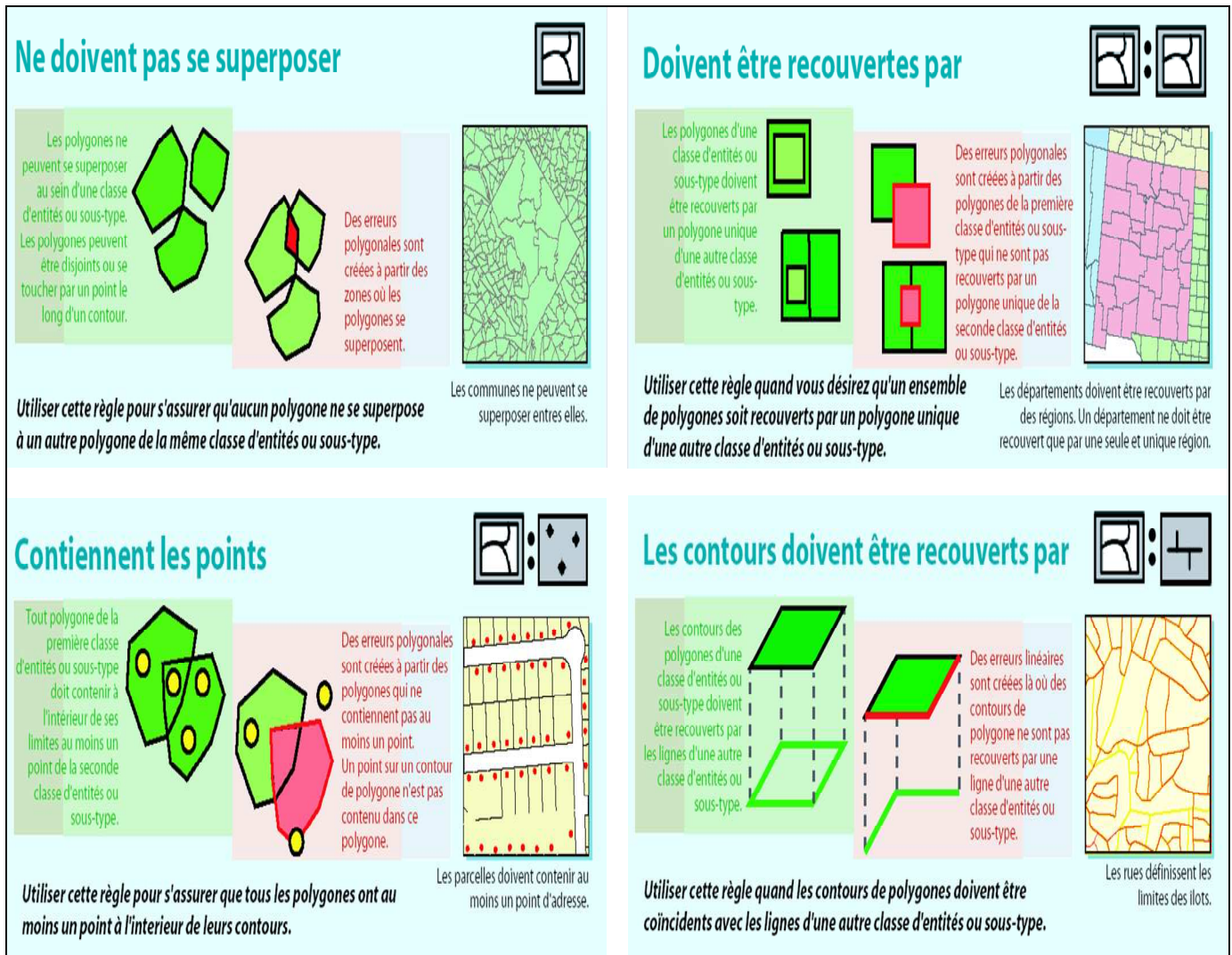


Figure (7) : Exemple de règles topologiques polygonales

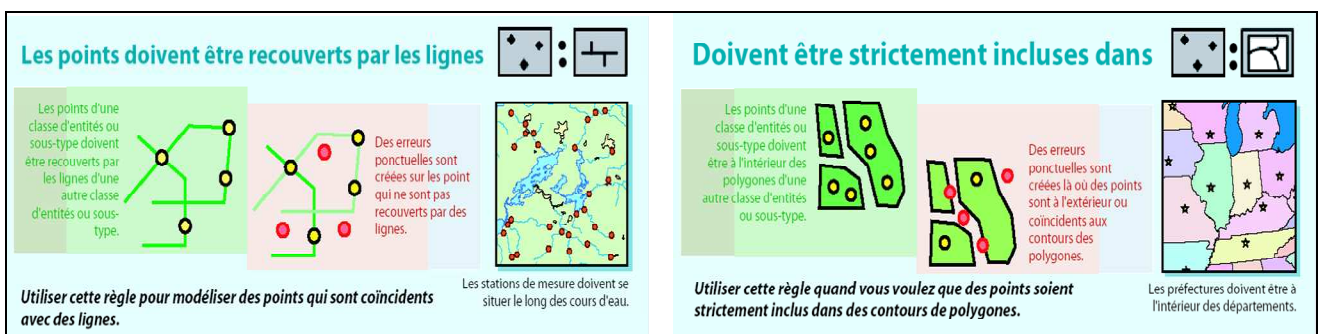
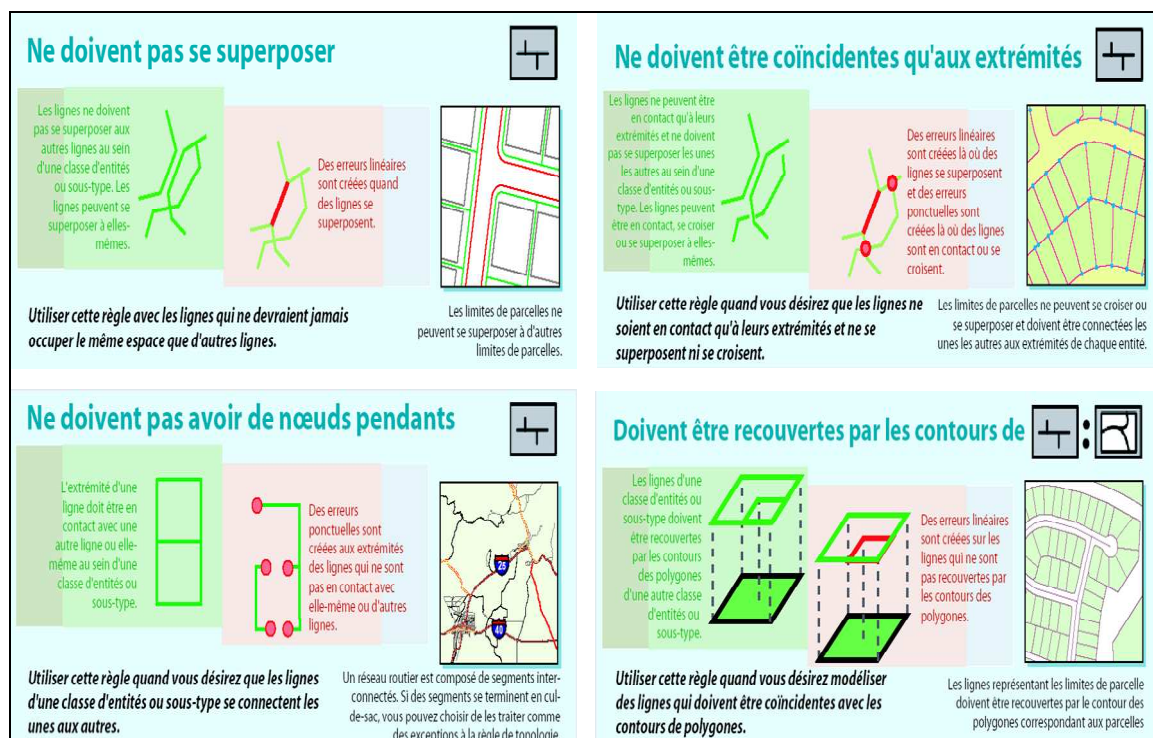


Figure (8) : Exemple de règles topologiques ponctuelles



Source: Esri France

**Figure (9) : Exemple de règles topologiques linéaires**

Le traitement topologique des couches utilisées a consisté en l'application des règles suivantes :

Types entités	Nom classe d'entités	Règles topologiques appliquées
Ponctuelles	Stations de tramway	Doivent être recouvertes par les extrémités des lignes de tramway
	Stations de vélo	Doivent être recouvertes par les extrémités des pistes cyclables
	Points remarquables	Doivent être recouverte par les extrémités des liens (Link)
	Piéton	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les entités doivent coïncider qu'aux extrémités</li> <li>Les entités ne doivent pas être auto-sécantes</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les entités ne doivent pas se superposer</li> <li>• Les entités ne doivent pas s'auto-superposer</li> </ul>
Linéaires	Pistes cyclables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les entités doivent coïncider qu'aux extrémités</li> <li>• Les entités ne doivent pas être auto-sécantes</li> <li>• Les entités ne doivent pas se superposer</li> <li>• Les entités ne doivent pas s'auto-superposer</li> <li>• Les entités ne doivent pas comporter de nœuds pendants</li> </ul>
	Lignes de tramway	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les entités doivent coïncider qu'aux extrémités</li> <li>• Les entités ne doivent pas être auto-sécantes</li> <li>• Les entités ne doivent pas se superposer</li> <li>• Les entités ne doivent pas s'auto-superposer</li> <li>• Les entités ne doivent pas comporter de nœuds pendants</li> </ul>

**Tableau (3) :** Récapitulatif des règles topologiques participantes  
à la construction du réseau

### 3.3.2. Paramétrage du réseau

Dans ArcGIS, la création d'un réseau multimodal (jeu de données réseau) se réalise dans ArcCatalogue à partir d'un jeu de classes d'entités (ensemble de couches qui feront partie du réseau), créé à l'intérieur d'une géodatabase de type fichier. La figure ci-dessous définit cet environnement:

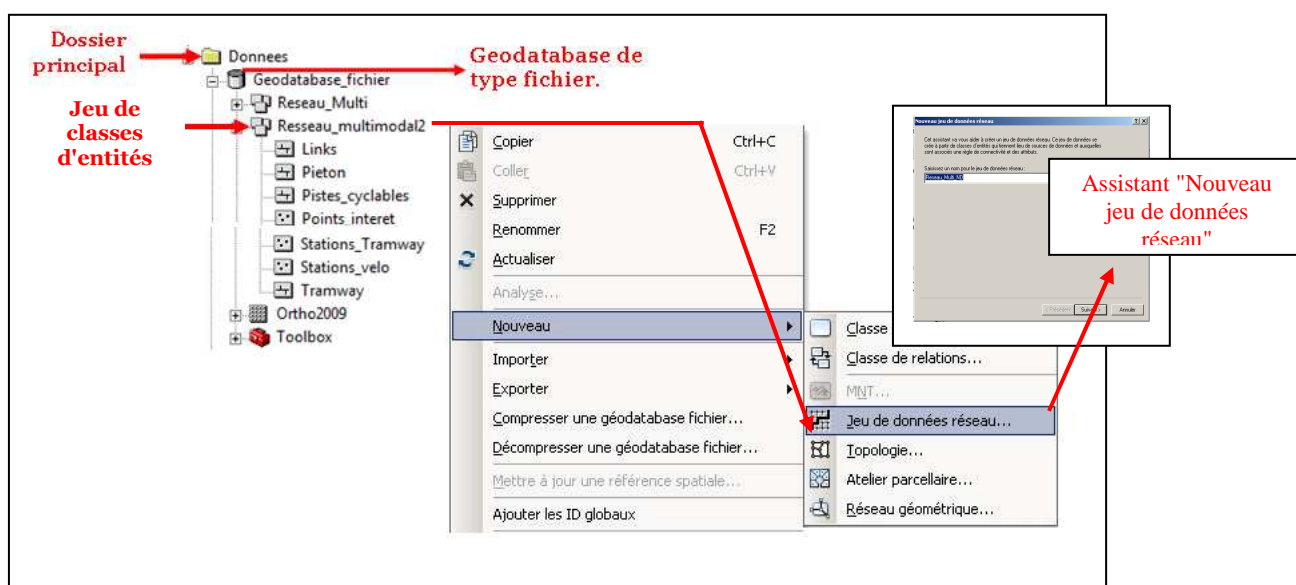


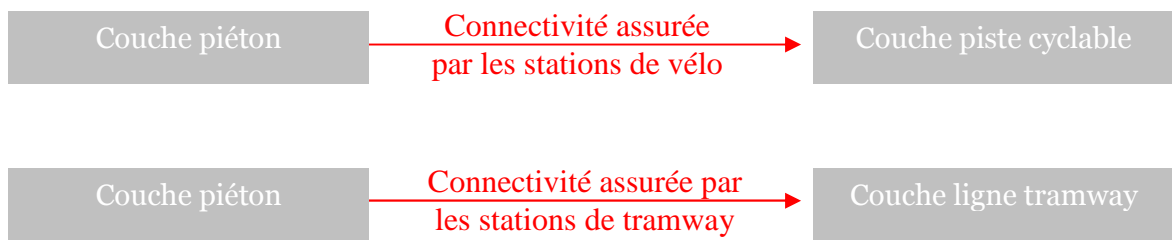
Figure (10) : Description de l'espace de travail

Une fois l'environnement de travail a été défini, il faut paramétrer soigneusement le réseau à construire. Pour cela l'assistant "**Nouveau jeu de données réseau**", permet pas à pas le processus de création d'un jeu de données réseau adapté aux besoins.

Etant donnée le temps qui implique l'explication de chacun des paramètres à configurer pendant la création, le présent travail se concentrera seulement dans l'explication des paramètres les plus significatives:

#### 3.3.2.1. Connectivités du réseau multimodal :

La connectivité dans ArcGIS Network Analyst commence par la définition des groupes de connectivité. Dans le réseau composé des couches: piéton, pistes cyclables et ligne de tramway, chaque tronçon en entrée est attribué à exactement un groupe de connectivité et chaque jonction en entrée peut être attribuée à un ou plusieurs groupes de connectivité. Les jonctions dans ce réseau multimodal sont assurées par les stations de vélo et de tramway de la manière suivante :



La façon dont les éléments du réseau se connectent dépend des groupes de connectivité dans lesquels se trouvent les éléments. En l'occurrence ici, les règles de connectivité entre la couche « piéton » et le reste des éléments du réseau sont les suivantes :

1. Couche piéton est reliée aux pistes cyclables par l'intermédiaire des stations de vélo.
2. Couche piéton est reliée à la ligne de tramway par l'intermédiaire des stations de tramway.
3. Couche piéton est reliée aux points d'intérêt.
4. Couche piéton est reliée à la couche « Links » par l'intermédiaire des stations de vélo et de tramway.

Propriétés du jeu de données réseau

Général | Sources | Connectivité | Altitude | Tournants | Attributs | Directions

Groupes de connectivité:

Source	Règle de connectivité	1	2	3	4
Links	Extrémité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pieton	Extrémité	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pistes_cyclables	Extrémité	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tramway	Extrémité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Points_interet	Respect	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stations_Tramway	Respect	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stations_velo	Respect	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Colonnes des groupes: 4

Sous-types...

OK Annuler Appliquer

**Figure (11) :** Groupes et règles de connectivités du réseau multimodal

### 3.3.2.2. Définition des attributs du réseau multimodal (impédance).

L'un des objectifs de ce réseau multimodal est d'offrir le calcul du meilleur itinéraire. Le choix du meilleur itinéraire dépend de l'impédance choisie. L'impédance peut être définie comme le critère sur lequel porte le calcul d'un itinéraire. Il est possible de varier l'impédance au moment de faire le calcul, soit de considérer le temps, la distance ou bien l'esthétique (dans le cas de ce travail le chemin le plus vert et le chemin le moins bruyant ont été ajoutés comme critères d'impédance). Par exemple, si l'impédance porte sur le critère distance, le meilleur itinéraire sera le chemin le plus court. Si l'impédance porte sur le temps, le meilleur itinéraire sera celui ayant le moindre temps de parcours. Toutefois, Network Analyst définit le meilleur itinéraire comme celui ayant l'impédance la moindre. Si l'on recherche l'itinéraire le plus confortable, la recherche se fera de façon à minimiser l'inconfort

Les attributs définis pendant la création du réseau, permettent de répondre aux questionnements du type

"Quel est l'itinéraire le plus rapide d'un point A vers un point B pour un piéton qui marche dans les rues, qui prend le vélo et/ou le tramway ou la combinaison des trois ?", "Quel est l'itinéraire le moins bruyant?", "Quel est l'itinéraire qui contient plus de verdure ?". Pour se faire, il faut configurer les attributs servant à mesurer et modéliser l'impédance sur laquelle se fera le calcul d'itinéraires. La description de ces attributs est donnée ci-dessous :

**Temps :** représente la durée du trajet pour les piétons, le vélo et le tramway (en minutes). Il est calculé sur la base de la formule **Distance \*(1/Vitesse)** avec pour la variable distance la longueur des tronçons calculé par ArcGis (par exemple en kilomètre), et pour la variable vitesse, les valeurs listées dans le tableau suivant :

	Vitesse Moyenne (unité: kilomètres par heure ou km/h)
Piéton	3km/h
Vélo	15km /h
Tramway	20km/h

**Tableau (4) :** Vitesse moyenne de circulation (piéton, vélo, tramway)

**Distance** : représente la longueur du trajet pour piétons, le vélo et le tramway calculé par défaut par ArcGIS (**champ shape length**).

**Végétation**: dans le souhait de proposer le calcul d'un itinéraire "vert", et étant donnée que ce dernière constitue un objectif important pour l'encouragement de la mobilité douce, l'attribut végétation a été inclut comme l'un des critères d'impédance pendant la construction du réseau multimodal. Ainsi la table attributaire de la « couche piéton» a été enrichie avec un nouveau champ dont un 0 représente les tronçons traversant les zones verts (c'est-à-dire que le chemin est agrémenté par de la verdure), et un 1 étant sont contraire (soit un chemin sans arbres ou verdure). Ce type d'information a été récolté après plusieurs traitements issus de la couche de type polygonale "Zones Vertes".

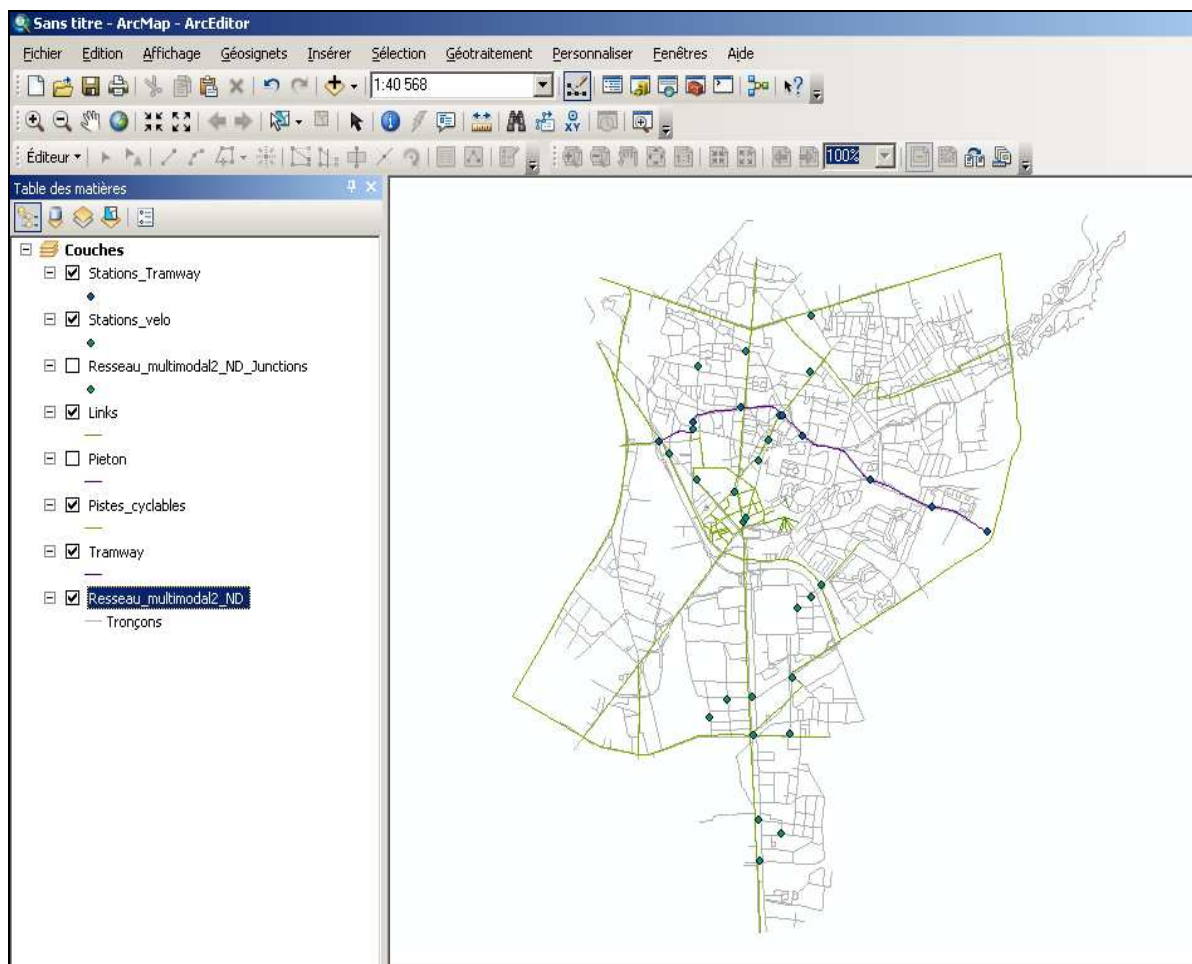
**Isophones**: Cet attribut représente la valeur moyenne attribuée de bruit par tronçon de rue. L'objectif ici a été de proposer le calcul d'itinéraires portant sur le chemin le moins bruyant. Pour assigner une valeur de bruit à chaque tronçon de rue de la« couche piéton», la couche de type polygonale Isophones (niveau de bruit pendant la journée), mise disposition par le service de la ville de Saint-Denis a été utilisée. La table attributaire de cette dernière contient les valeurs des intervalles de bruit perçu au sien de la ville (valeur minimum 40 dB, valeur maximum 80 dB). Ainsi après quelques traitements (jointure spatial, résumé statistique) issus de la « couche Isophones», il a été possible d'avoir la valeur moyenne du bruit correspondant à chaque tronçon conformant la « couche piéton». Ainsi, l'application calculera l'itinéraire le moins bruyant en fonction de la valeur attribuée à chaque tronçon.

Le tableau ci-dessous montre quelques exemples des types de bruit et leurs échelles de décibels d'après l'Organisation Mondial de la santé (OMS):

Type de bruit	Décibels	Dénomination
Avion au décollage	130	Douloureux
Marteau-piqueur	120	Douloureux
Concert et discothèque	110	Risque de surdité
Baladeur à puissance maximum	100	Pénible
Moto	90	Pénible
Automobile	80	Fatigant
Aspirateur	70	Fatigant
Grand magasin	60	Supportable
Machine à laver	50	Agréable
Bureau tranquille	40	Agréable
Chambre à coucher	30	Agréable
Conversation à voix basse	20	Calme
Vent dans les arbres	10	Calme

**Tableau (5):** Echelle des décibels

Après paramétrage et construction du réseau nous arrivons au résultat suivant. Il est désormais possible de calculer des itinéraires multimodaux (combinaison des modes de transport retenus), et des itinéraires en fonction de la verdure existante ou bien du bruit le moindre.




**Figure (12) :** finalisation du réseau multimodal pour la ville de Saint-Denis

### 3.4. Utilisation du réseau multimodal

#### 3.4.1. Calcul d'itinéraires en fonction de l'impédance choisie:

Le réseau crée offre plusieurs fonctionnalités pour la recherche d'itinéraires en fonction de l'impédance choisie (pour rappel l'impédance peut être définie comme le critère sur lequel porte le calcul d'un itinéraire. Dans le cas de cette étude: le temps, la distance, la végétation ou bien les Isophones)

L'outil « Rechercher un itinéraire »  du logiciel ArcGis permet de définir un point de départ et d'arrivée en effectuant une recherche par adresse. Cette recherche fait appel à un localisateur d'adresses mis en ligne par la société ESRI. La figure suivante montre la méthode d'utilisation pour une recherche d'itinéraire à l'aide de cet outil :

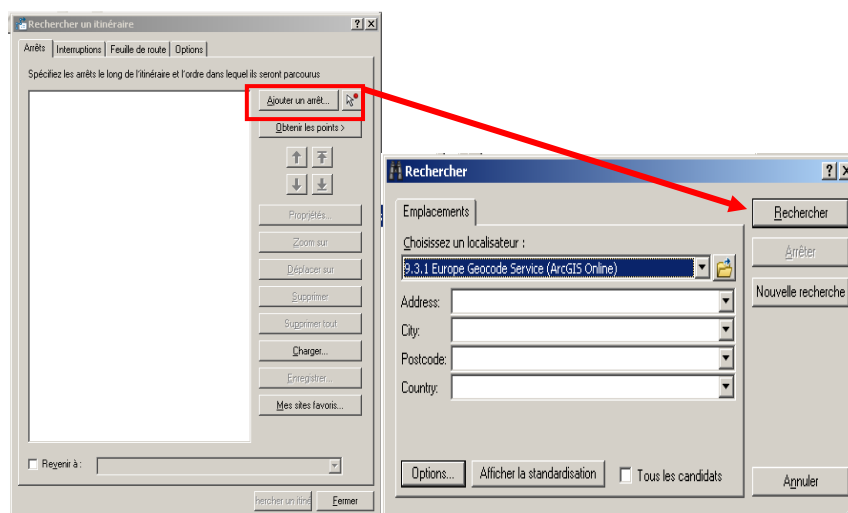


Figure (13) : Recherche des adresses

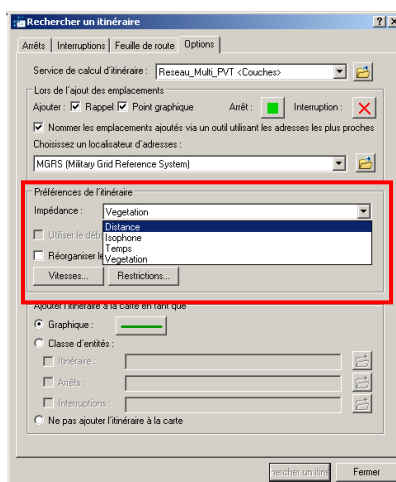
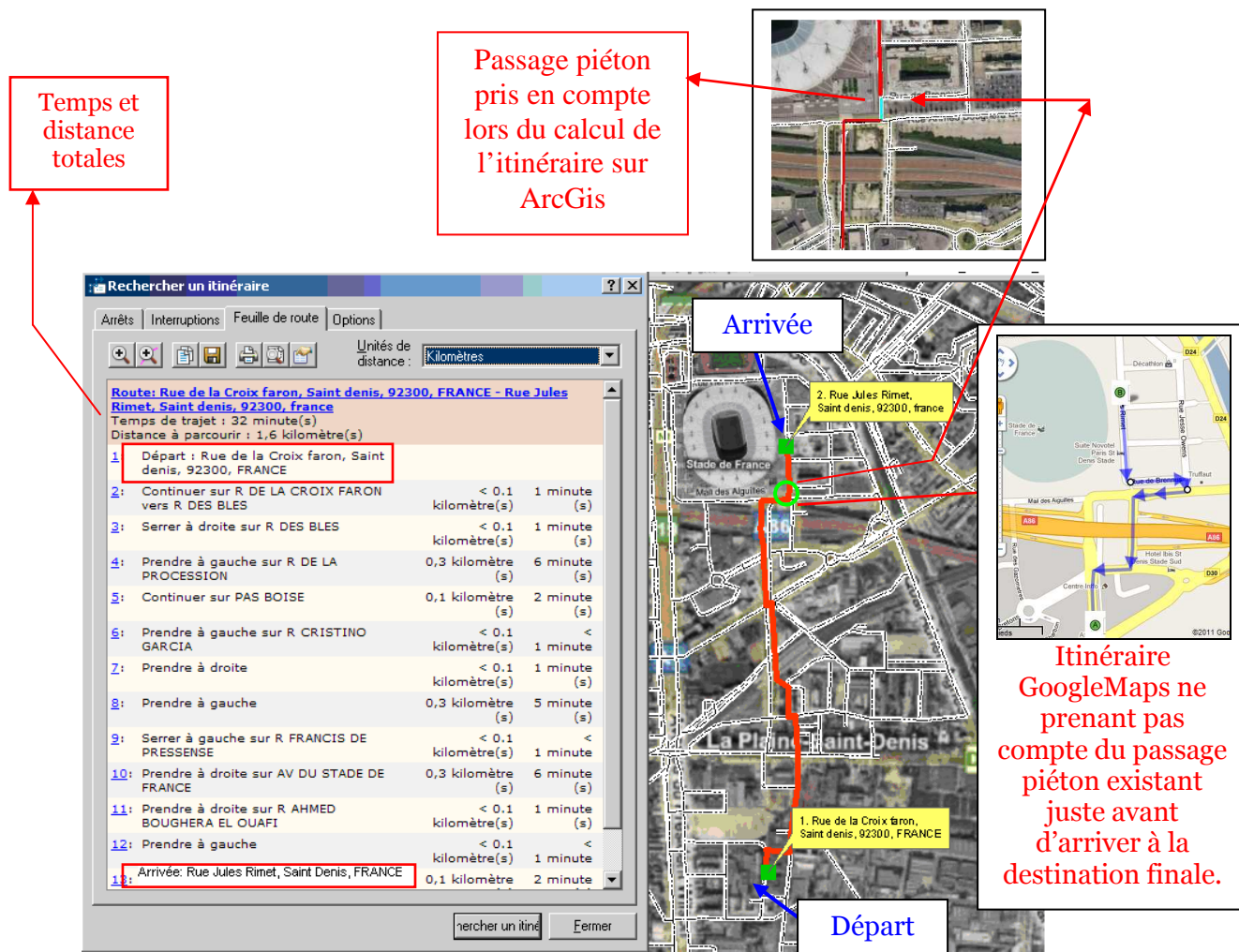


Figure (14) : Choix de l'impédance souhaitée

Une fois l'impédance définie, ArcGis calcule l'itinéraire indiqué et propose aussi une feuille de route détaillée. Les figures ci-dessous montrent des exemples des itinéraires calculés pour chaque type d'impédance choisie:

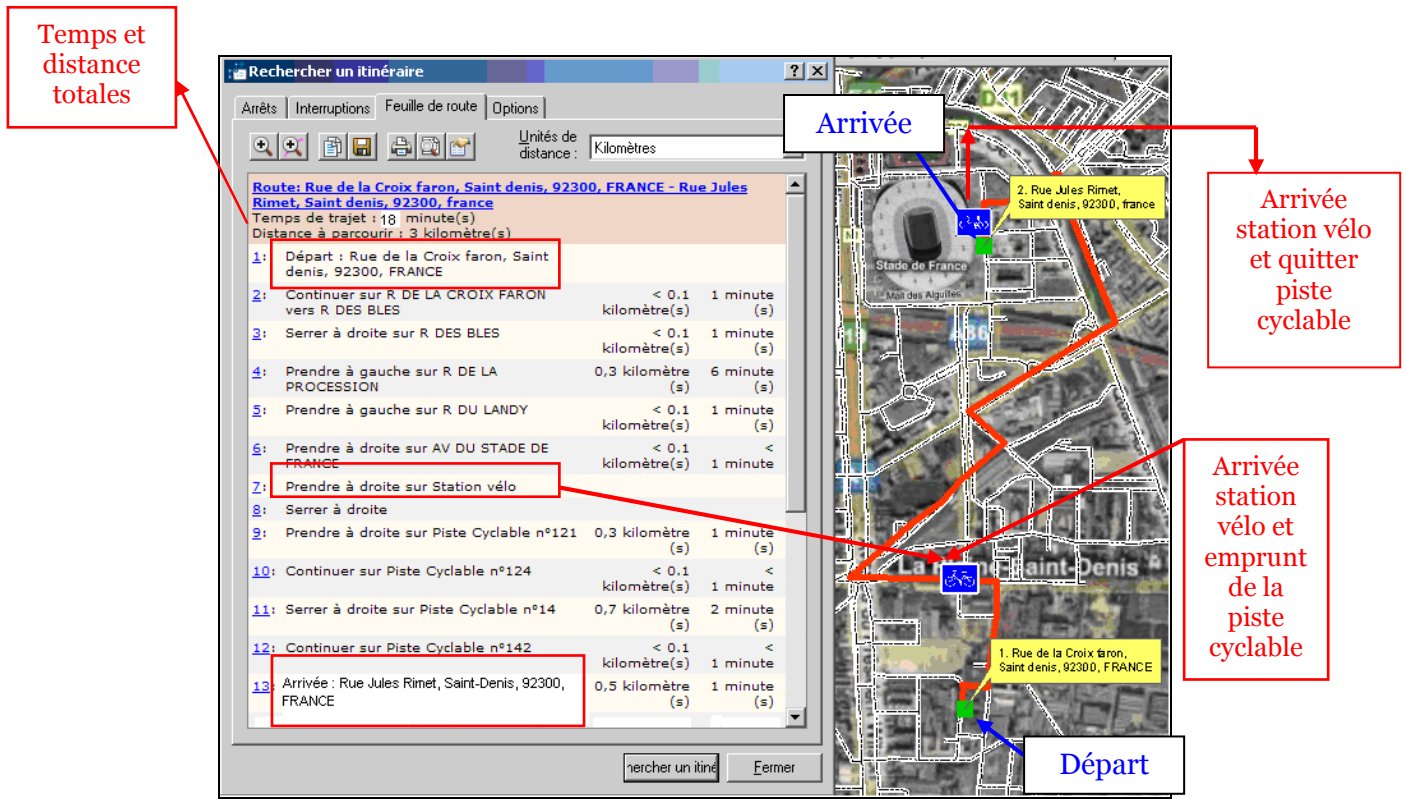
- **Impédance sur la distance:**



**Figure (15) :** Résultat du calcul d'itinéraire avec impédance sur la distance

Puisque l'impédance a été définie sur la distance la plus courte pour ce premier itinéraire, ArcGIS a fait le calcul en considérant comme meilleur itinéraire pour un piéton celui dont une distance de 1,6 kilomètres (km) est à parcourir en 32 minutes. Il est à noter que l'itinéraire calculé prend bien en compte le passage piéton (digitalisé lors de la mise à jour de la couche piéton) existant juste avant de joindre la destination finale. D'où l'importance de faire une mise à jour constante des données.

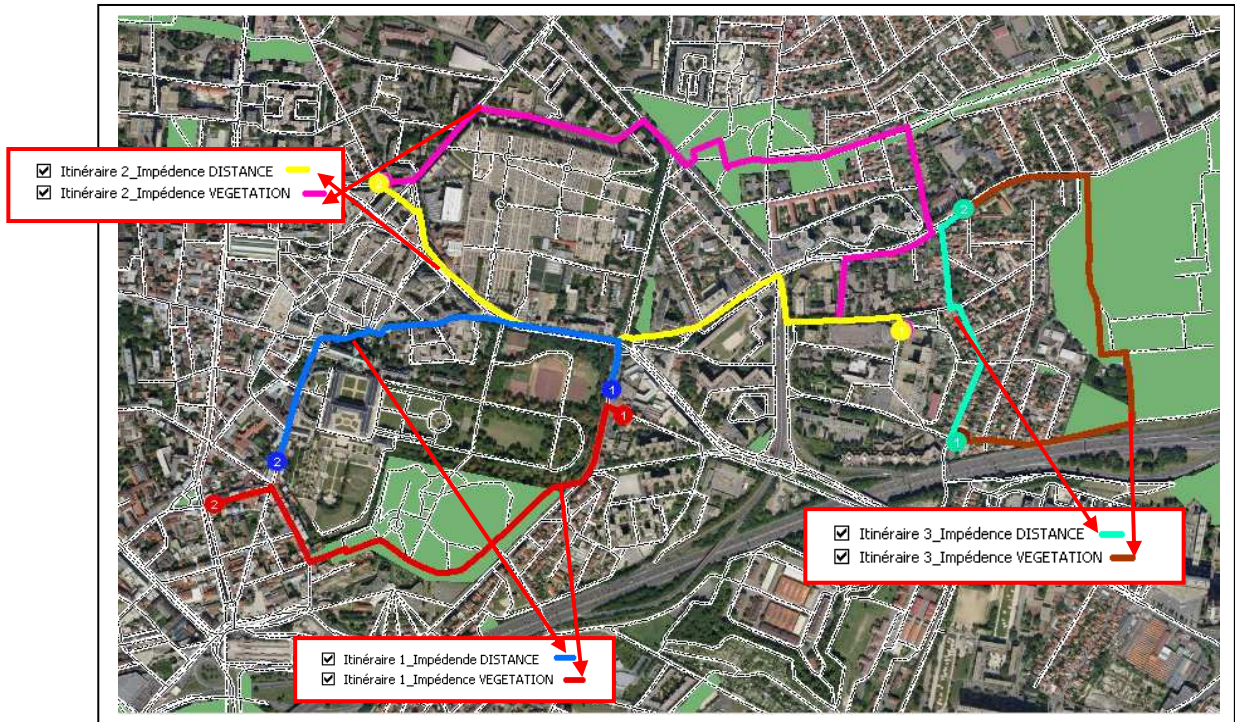
- **Impédance sur le temps:**



**Figure (16) :** Résultat du calcul d'itinéraire avec impédance sur le temps

En gardant le même point de départ et le même point d'arrivée, mais en prenant pour l'impédance le critère "temps", le logiciel a proposé comme itinéraire le plus intéressant, un deuxième trajet combinant la marche et le vélo (itinéraire multimodal) d'une distance de 3 km pour un temps de parcours de 18 minutes.

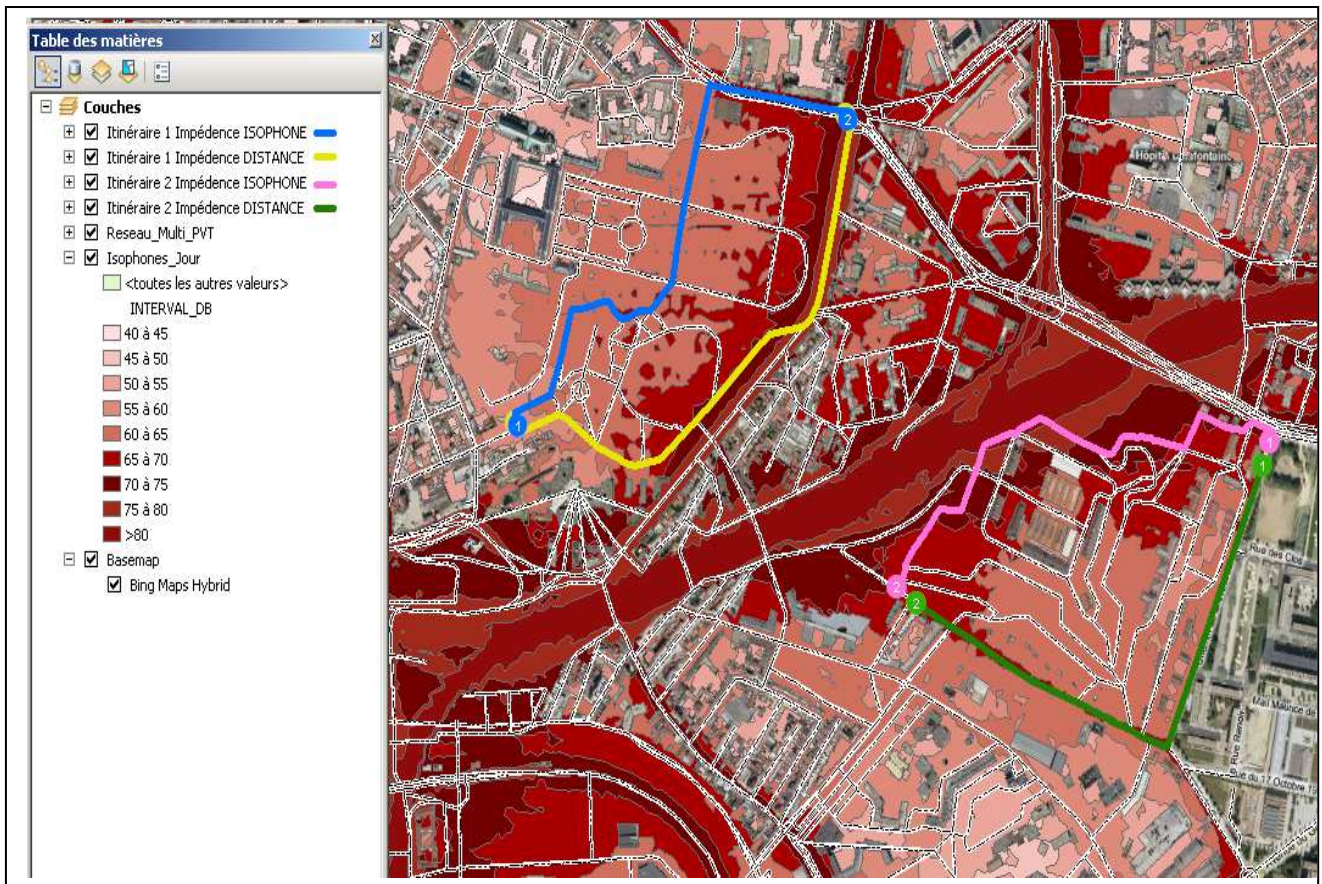
- **Impédance sur la végétation:**



**Figure (17) :** Résultat du calcul d'itinéraire avec impédance sur la végétation

La figure montre 3 exemples d'itinéraires calculés avec pour critère d'impédance la végétation, et à titre comparative, les mêmes itinéraires calculés avec l'impédance sur la distance. Le résultat démontre que Network Analyst a bien modélisé des cheminements traversant des parcs publics quand l'impédance a été définie sur la végétation, ce qui n'est pas le cas quand l'impédance a été définie sur la distance. Il est à noter que les itinéraires traversant les parcs peuvent impliquer un peu plus de temps à parcourir.

- **Impédance sur les isophones:**

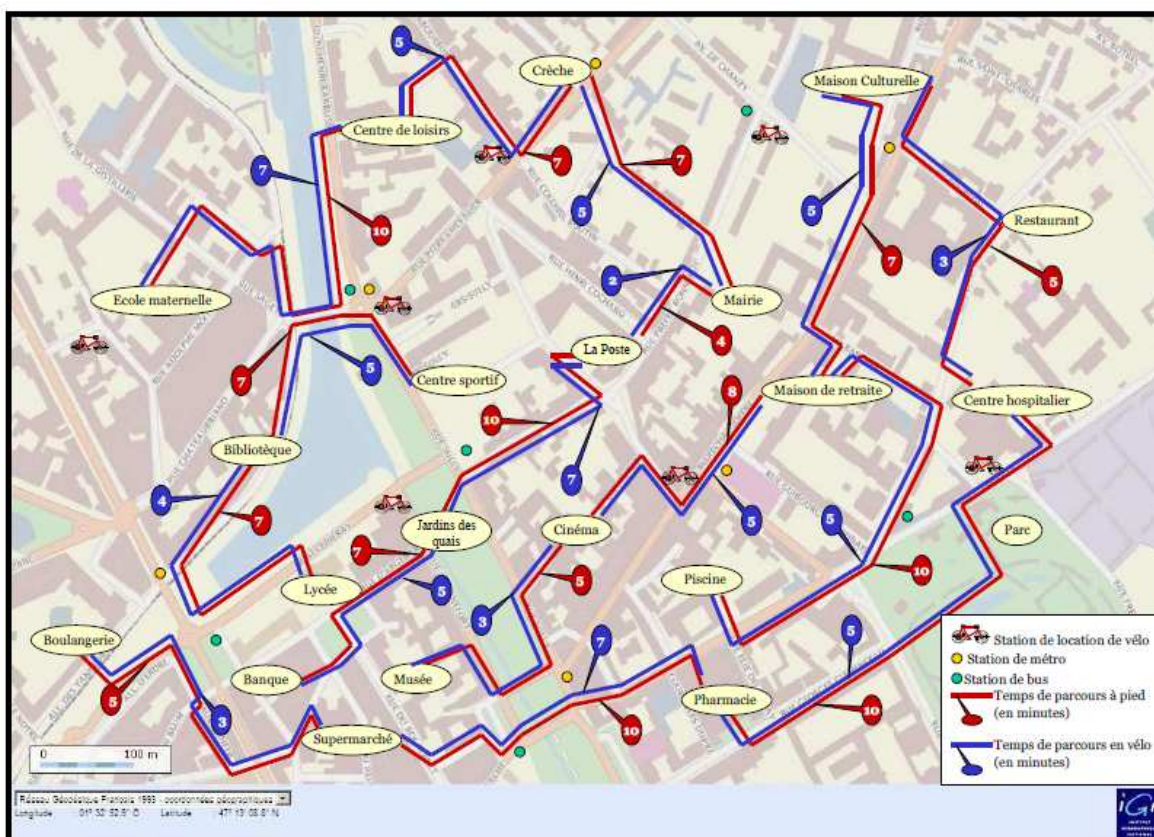


**Figure (18) :** Résultat du calcul d'itinéraire avec impédance sur isophones

La figure montre le résultat de 2 itinéraires calculés avec l'impédance sur le critère Isophone (chemin moins bruyant), et comme cas comparative, les mêmes itinéraires calculés à partir d'une impédance sur la distance. Le résultat paraît logique si l'on regarde les intervalles des décibels à gauche de la figure qui sont représentés dans la carte par de différentes plages de couleurs, c'est-à-dire plus la couleur est foncée plus il y aura de bruit, et moins la couleur est foncée moins il y aura de bruit. Cela voudrait dire que la méthode utilisée pour la création de ce critère d'impédance fonctionne vraiment, étant donné le résultat des itinéraires calculés par Network Analyst. La figure démontre comme il a créé un tracé traversant les plages de couleurs moins foncées quand l'impédance a été définie sur le critère Isophone et un tracé traversant les plages de couleur plus foncées quand le calcul a été fait avec pour critère la distance. Il est à noter que cela reste un exemple de démonstration du SIG créé. Quand il s'agit de ce type de calculs il est vraiment conseillé de vérifier le résultat du SIG avec du travail de terrain.

### 3.4.2. Création des cartes de temps de parcours dédiées à la promotion de la marche douce

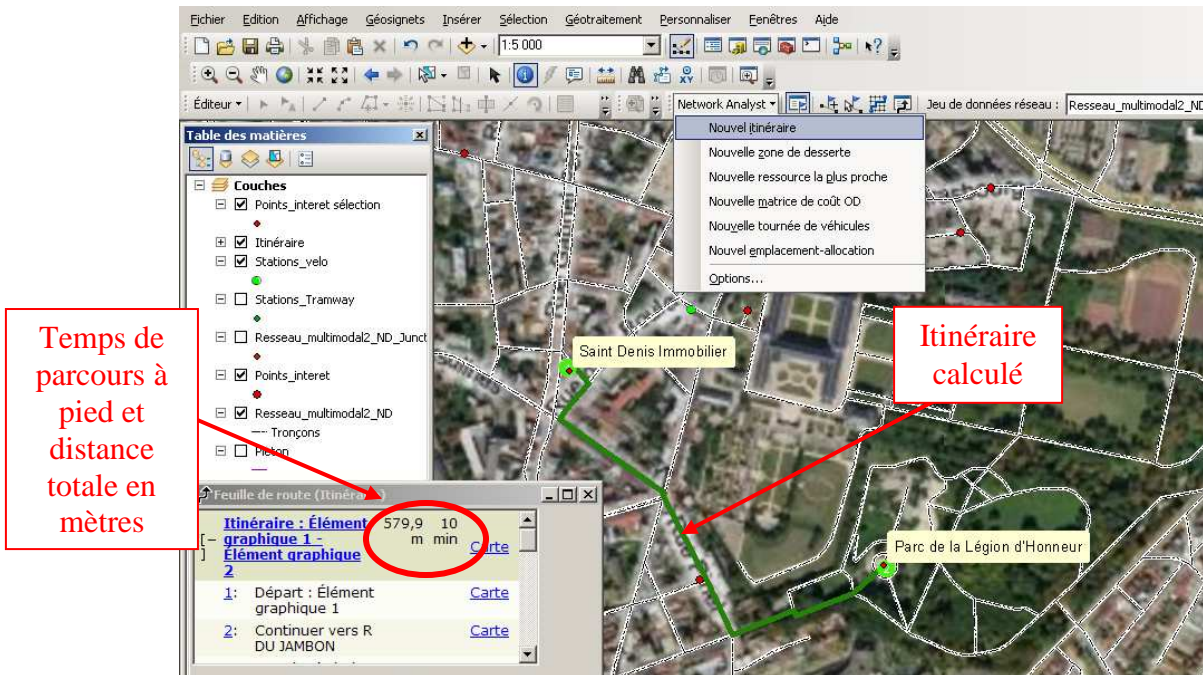
Comme explicité précédemment, la DGS a considéré intéressante l'idée de produire, pour la promotion des mobilités douces et à l'usage des collectivités, un exemple de carte montrant les temps de parcours à pied pour se rendre d'un point à un autre, au sein d'une commune. L'objectif final est donc d'élaborer, à partir du SIG conçu, une carte sur le modèle présenté ci-dessous :



**Figure (19) :** Exemple de carte de temps de parcours à pied/à vélo au sein d'une commune\*

La figure suivante montre l'opérabilité de l'outil en créant un tracé permettant d'aller du point d'intérêt 1 (Saint Denis Immobilier) vers le point d'intérêt 2 (Parc de la légion de l'honneur), d'une durée de 10 minutes à pied pour une distance de 579,9 mètres :

\* (cette carte est un simple dessin pour expliquer le concept de carte souhaitée par la DGS, elle n'est pas issue d'un SIG).



**Figure (20) :** Itinéraire proposé par le SIG conçu pour se rendre du point d'intérêt 1 (Saint Denis Immobilier) vers le point d'intérêt 2 (Parc de la Légion d'Honneur)

La carte créée, une fois tous les itinéraires calculés grâce à l'extension Network Analyst, est présentée dans la partie des annexes (Cf. ANNEXE 3: CARTE DE TEMPS DE PARCOURS A PIED/A VELO DANS LE CENTRE VILLE DE SAINT-DENIS).

## CONCLUSION

Ce travail a été élaboré en imaginant une méthode relativement novatrice de promotion des mobilités douces qui constituent encore aujourd'hui le parent pauvre des politiques de transport.

Malgré les campagnes de sensibilisation, menées par les acteurs concernés par la gestion de modes doux, ces dernières et en particulier la marche à pied souffrent d'un certain nombre de préjugés constituant un frein puissant à son développement (par exemple, le manque d'applications et/ou outils informatiques qui puissent encourager le public à privilégier ces modes de déplacement, le manque de bases de données géoréférencées indispensables pour la création de tels outils, le coût élevée qui implique la création de ces dernières...).

Malgré ces désagréments, les systèmes d'information géographique offrant des perspectives intéressantes constituent un instrument qui peut être appliqué pour développer l'offre des modes doux, grâce à la possibilité de localisation et de représentation des données géographiques qu'ils offrent.

A travers ce stage, j'ai pu mobiliser des connaissances acquises auparavant, notamment en matière de traitement et structuration de données spatiales, qui m'ont aidée à progresser pendant ma mission. De plus les aspects traités tout au long de mon travail (la mobilité douce et l'implémentation d'elle-même dans un SIG) ont fait de ce stage une expérience nouvelle et enrichissante pour mon parcours, en m'offrant à la fois la possibilité de me familiariser davantage avec un nouvel environnement technique (les réseaux multimodaux dans les SIG et l'extension Network Analyst d'ArcGis), mais aussi de connaître le fonctionnement et mieux comprendre les missions d'une administration centrale et ainsi élargir mes connaissances avec la découverte d'un nouvel espace de travail.

En ce qui concerne à l'outil développé, il faut signaler que son l'opérabilité dépend notamment de la qualité des données acquises. Ainsi, le graphe routier constitue "l'épine dorsale" du graphe de mobilité douce. Ce travail implique donc la recherche et/ou mise à jour de données relativement aux voies empruntées par les utilisateurs des modes doux qui feront de l'application un outil vraiment dédié aux transports sains et actifs. Il est indispensable de soustraire certains tronçons routiers tels que l'autoroute

ou les routes à grande fréquentation motorisée pour pouvoir créer un réseau géographique convenable. Les chemins pour piétons tels que les passerelles, sentiers, promenades, passages, chemins de randonnée pédestres ainsi que les voies en site propres pour vélos doivent être géolocalisés. L'acquisition de cette information peut se baser, dans un premier temps, sur l'exploitation des géodonnées existantes (photographies aériennes, orthophotos) qui fournissent déjà une quantité non négligeable d'information. Pour être la plus complète et la proche de la réalité, la récolte d'informations doit aussi faire objet d'une vérification sur le terrain.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] **Jean-Pierre VALLAR et Diederik WAGENAAR, Energie-Cités (2002-2003):** Politiques de déplacement favorisant la marche à pied en ville. Actions de villes européennes.

[2] **Yi –Hui TSENG (2006):** Mémoire de stage du certificat de spécialisation en Géomatique.

[3]. **Patrick GENDRE (2005):** Utilisation des Systèmes d'Information Géographique pour l'analyse des réseaux piétons et cyclables.

[4] **Anés MISSOUMI (2010) :** Rapport de stage La Modélisation Geoespaciale pour des applications urbaines en 3D, Villes d'Issy les Moulineaux et Bonneuil-sur-Marne.

[5] [6] **Esri France,** Généralités sur ArcGis.

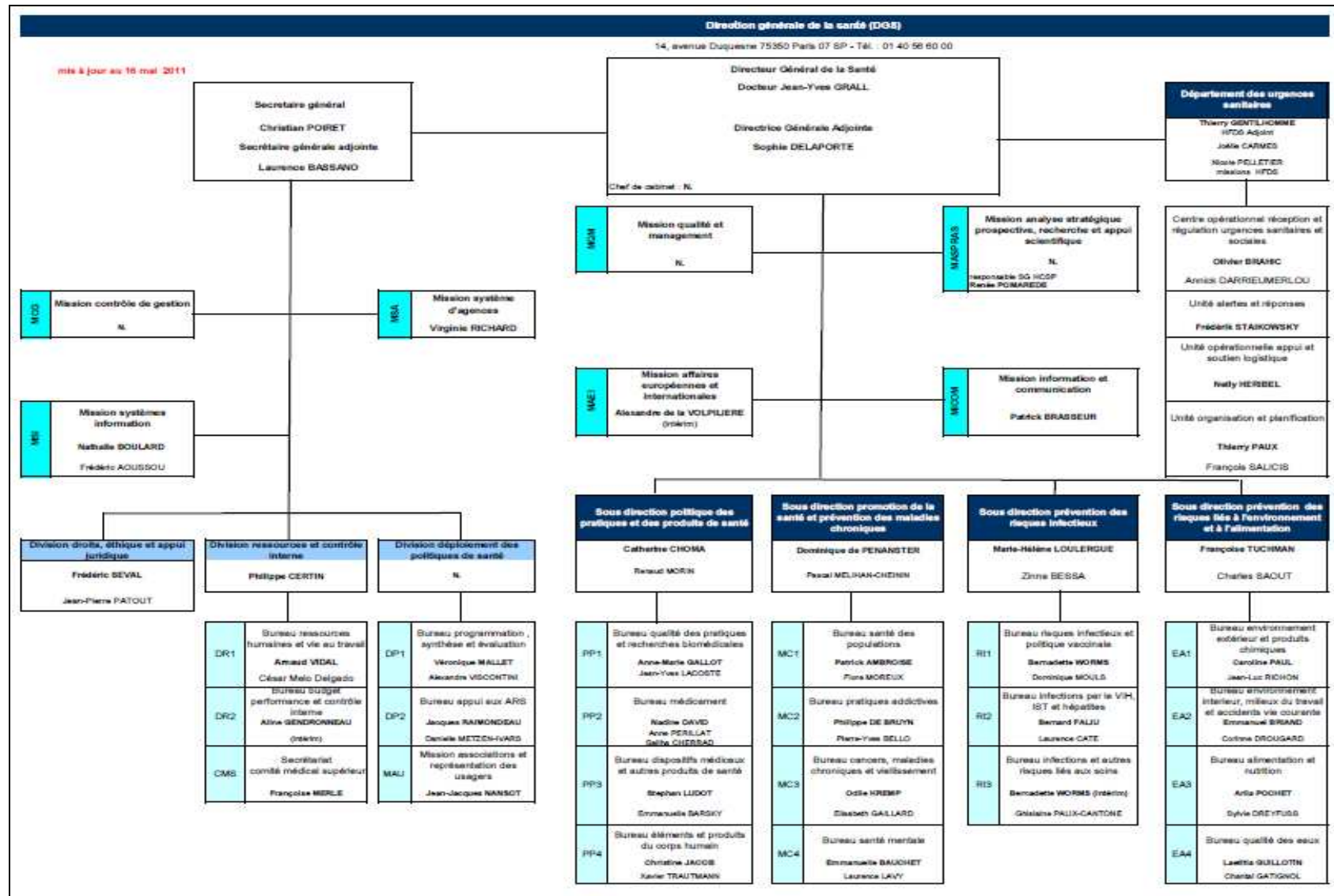
[7] Wikipedia.

## PAGES WEB CONSULTÉES

- <http://www.travail-emploi-sante.gouv.fr/le-ministere,149/presentation-et-organigrammes,294/>
- <http://www.sante.gouv.fr/deuxieme-plan-national-sante-environnement-pnse-2-2009-2013.html>
- <http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/004700000005v0000000/>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Saint-Denis\\_\(Seine-Saint-Denis\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Saint-Denis_(Seine-Saint-Denis))
- <http://www.zonums.com/online/kml2shp.php>
- <http://www.google.fr/intl/fr/earth/index.html>

## **ANNEXES**

# Annexe 1 : Organigramme de la DGS



## **Annexe 2 : Bilan des cartes de temps de parcours à pied ou à vélo, et des outils associés existants en France et à l'étranger**

Avant d'élaborer l'outil SIG intégrant les modes de déplacements marche à pied, vélo et tramway, et de réaliser à partir de ce dernier une carte de temps de parcours à pied pour le cas pratique du centre-ville de St-Denis, a été effectué un bilan des cartes et outils existants à l'heure actuelle en France et à l'étranger pour promouvoir les mobilités actives comme vraie alternative aux transports motorisés pour les déplacements quotidiens de courte distance.

En complément de cette recherche, un questionnaire a été envoyé à deux réseaux de collectivités (le réseau français de villes santé de l'OMS et le club des villes & territoires cyclables) pour notamment connaître la situation des villes de ces réseaux en termes de cartes dédiées aux piétons et/ou cyclistes.

### **1. Exemples de cartes de temps de parcours à pied ou à vélo, et outils associés, développés en France**

Les informations présentées ci-dessous résultent à la fois d'une recherche effectuée sur Internet à l'aide de mots-clés (« carte », « temps de parcours à pied »,...) et des données transmises par des personnes ressources contactées lors du stage.

En France, et aussi à l'étranger, on dénombre trois principaux sites Internet proposant le calcul d'un itinéraire pour piéton ou pour cycliste, en plus du calcul d'itinéraires pour véhicules motorisés qui constitue dans les trois cas l'objectif premier recherché et l'offre de calcul d'itinéraire la plus aboutie. Il s'agit de **GoogleMaps**<sup>5</sup> (qui couvre une grande partie du territoire mondial), **ViaMichelin**<sup>6</sup> (qui couvre environ 45 pays européens), et **Mappy**<sup>7</sup>. Il a été considéré importante d'évoquer ce sites parce que pendant la phase de réalisation de l'outil SIG du présent rapport, il a été trouvé que les itinéraires piéton calculés par ces trois applications ne sont pas très précises étant donné le manque d'information sur les bases de données (par rapport aux cheminements piétonniers) permettant le fonctionnement de chacune d'entre elles (Cf. Figure(6):Digitalisation des tronçons manquants pour la réalisation du réseau piéton).

---

<sup>5</sup> <http://maps.google.fr/>

<sup>6</sup> <http://www.viamichelin.fr/>

<sup>7</sup> [http://fr.mappy.com/#p=itinerary\\_homepage](http://fr.mappy.com/#p=itinerary_homepage)

Les autres outils recensés en France sont présentés ci-dessous.

### **1.1. Applications Internet relatifs aux mobilités actives**

- **« Paris à la carte » un site de la mairie de Paris<sup>8</sup>**

La mairie de Paris a créé un site Internet permettant le calcul d'itinéraires à pied, à vélo ou en voiture dans les 20 arrondissements de la ville. Cette offre s'étend petit à petit aux villes limitrophes de Paris. Outre de faire le calcul de l'itinéraire d'un point A vers un point B, le site Internet donne la possibilité de localiser une adresse et de chercher un équipement.

- **« GéOvélo<sup>9</sup> » pour Paris, Rennes, Tours et Nantes**

Les villes de Paris, de Rennes, de Tours et de Nantes ont mis à disposition sur leur site Internet un outil permettant le calcul d'itinéraires adaptés à la pratique du vélo. Plusieurs critères relatifs au type d'itinéraire recherché sont proposés : « parcours le plus sécurisé », « parcours le plus rapide »,... GéOvélo choisit en priorité les pistes, bandes cyclables et rues peu passantes pour assurer confort, sécurité et tranquillité.

A l'heure actuelle, le service GéOvélo est effectif uniquement sur les territoires de Paris, Rennes, Tours et Nantes.

- **« VéloUtile<sup>10</sup> » à Marseille**

VéloUtile est une association d'intérêt général ayant pour objectif la promotion du vélo à Marseille, en lien avec la Fédération française des usagers de la bicyclette (FUB). Sur le site Internet de l'association, est mis à disposition un « Plan interactif de Marseille pour cycliste malin »<sup>11</sup>, basée sur googlemaps, qui permet aux utilisateurs de trouver des informations concernant la circulation en vélo (pistes ou bandes cyclables utilisables/médiocres/inadaptées, voies piétonnes ouvertes aux vélos, voies semi-piétonnes, Stations de vélos, parkings à vélos, points de vente de vélos, points de location de vélos,...).

---

<sup>8</sup> <http://paris-a-la-carte-version-pl.paris.fr/carto/mapping>

<sup>9</sup> <http://www.geovelo.fr/>

<sup>10</sup> <http://marseilleveloutile.fubicy.org/presentation/index.html>

<sup>11</sup> <http://marseilleveloutile.fubicy.org/Plan/Principal/index.html>

- **« Vélos en Ville<sup>12</sup> » à Marseille**

Le Collectif Vélos en Ville est une association (loi 1901) dont l'objectif est de promouvoir l'usage du vélo à Marseille. Le site Internet de l'association propose une carte interactive basée sur googlemaps et localisant toutes les pistes, bandes, trottoirs et autres aménagements cyclables à Marseille.

- **«Nice à la carte»**

La ville de Nice développe actuellement son Plan vélo<sup>13</sup> avec pour objectif de créer un réseau cyclable dense, continu et sécurisé. Dans ce contexte, la ville a créé sur son site Internet une rubrique intitulée « réseau cyclable et carte interactive<sup>14</sup> » permettant aux usagers de visualiser l'ensemble du réseau cyclable de la ville, soit de façon interactive (Cf. Nice à la carte<sup>15</sup>), soit en téléchargeant le plan au format PDF. Il est possible sur le site d'afficher plusieurs couches thématiques telles que les itinéraires, la localisation des pistes cyclables, ainsi que des photos de portions du territoire.

- **« Plan des pistes et bandes cyclables » à Bordeaux**

La ville de Bordeaux a créé sur son site Internet<sup>16</sup> une rubrique dédiée aux utilisateurs du vélo. Les usagers peuvent télécharger un plan interactif contenant plusieurs couches d'informations thématiques. Ce plan fournit une information sur tous les transports en commun existants dans le centre de la ville ainsi que sur les pistes et bandes cyclables, et les voies piétonnes.

- **« Plan du réseau cyclable » à Angers**

Dans le cadre de ses actions de promotion de l'usage du vélo, la Ville d'Angers fait un lien sur son site Internet avec le plan de réseau cyclable<sup>17</sup>. Ce plan localise les pistes cyclables en site propre, les bandes cyclables existantes, les bandes cyclables sur couloir de bus, les voies mixtes vélo-piéton, les différents points de location, de vente et de réparation de vélos,... Par ailleurs, sont indiqués deux itinéraires à vélo, Loire à vélo et Boucle verte.

---

<sup>12</sup> <http://www.velo-marseille.com/accueil>

<sup>13</sup> <http://www.nice.fr/Transport/Le-velo/Plan-velo>

<sup>14</sup> <http://www.nice.fr/Transport/Le-velo/Plan-du-reseau>

<sup>15</sup> <http://carte.ville->

[nice.fr/sign/Deplacements/viewer.htm?Layers=00100000011111111101111&ActiveLayer=9&TITRE=V%C3%A9lo](http://nice.fr/sign/Deplacements/viewer.htm?Layers=00100000011111111101111&ActiveLayer=9&TITRE=V%C3%A9lo)

<sup>16</sup> [http://www.bordeaux.fr/ebx/portals/ebx.portal?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=pgPresStand8&classofcontent=presentationStandard&id=57231](http://www.bordeaux.fr/ebx/portals/ebx.portal?_nfpb=true&_pageLabel=pgPresStand8&classofcontent=presentationStandard&id=57231)

<sup>17</sup> <http://sig.angersloiremetropole.fr/cartes/>

- **« Cartes-Grand Dijon à vélo »**

Dans le cadre de la promotion de l'usage du vélo, partie intégrante de la politique des déplacements urbains menés par la communauté de l'agglomération dijonnaise, ont été mises à disposition sur son site Internet<sup>18</sup> des cartes de localisation des pistes cyclables, ainsi qu'une carte de 10 « itinéraires malins » dans la ville.

- **« Promenades 92 », site du conseil général des Hauts-de-Seine<sup>19</sup>**

Le conseil général des Hauts-de-Seine a créé un site Internet « Promenades 92 » proposant notamment une carte dynamique de balades dans le département. Pour chacune des balades, est fournie une description détaillée (présentation, carte et infos pratiques).

### **1.2. Cartes de temps de parcours à pied ou à vélo**

Sont présentés ci-dessous des exemples de cartes de temps de parcours à pied et/ou à vélo réalisés par des collectivités françaises. Pour partie, ce recensement est issu des résultats d'une enquête réalisée auprès des membres de deux réseaux de collectivités (Réseau français des villes santé de l'OMS et Club des villes et territoires cyclables) par envoi d'un questionnaire et dans certains cas relance téléphonique.

- **Plan de trajets piétonniers à Suresnes**

Sur le site Internet de la ville de Suresnes<sup>20</sup>, est téléchargeable un Plan de trajets piétonniers<sup>21</sup> réalisé il y a une dizaine d'années uniquement par des investigations de terrain à l'aide d'un chronomètre. Cette carte fournit aux usagers une estimation du temps de parcours à pied d'un point A à un point B dans l'ensemble de la ville.

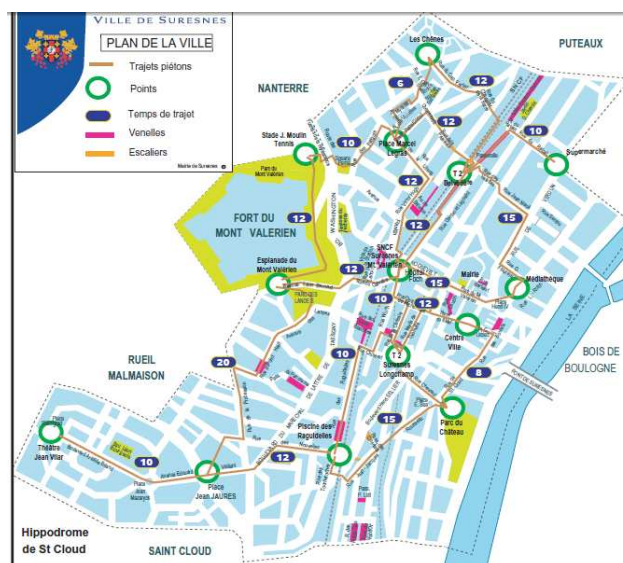
---

<sup>18</sup> <http://www.grand-dijon.fr/decouvrir/deplacements/le-velo/cartes-grand-dijon-a-velo-18316.jsp>

<sup>19</sup> <http://www.promenades92.fr/web/nature/carte-parc>

<sup>20</sup> [http://www.suresnes.fr/Accueil/Cadre-de-vie/Deplacements/Circulations-douces/\(language\)/fre-FR](http://www.suresnes.fr/Accueil/Cadre-de-vie/Deplacements/Circulations-douces/(language)/fre-FR)

<sup>21</sup> [www.suresnes.fr/content/download/21129/295118/.../circulation\\_douce.pdf](http://www.suresnes.fr/content/download/21129/295118/.../circulation_douce.pdf)

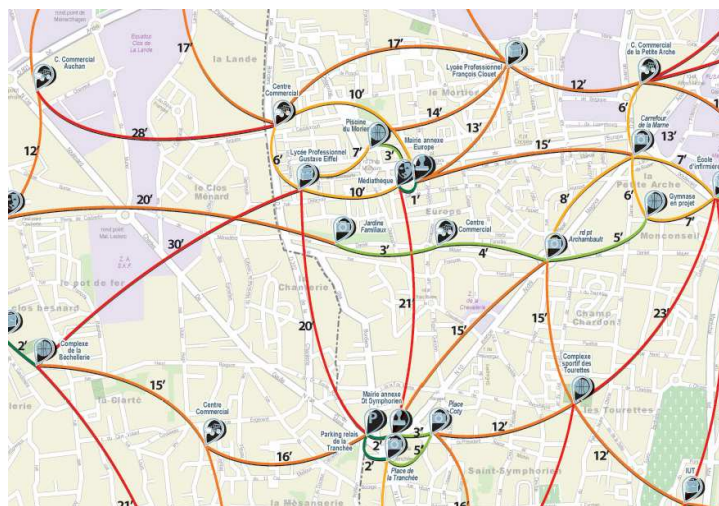


**Figure (21):** Plan des trajets piétonniers de la ville de Suresnes  
(Extrait du site)

- **Tours à pied et Tours à vélo 2010**

Afin de favoriser la pratique de la marche, la ville de Tours a créé une carte « Tours à pied<sup>22</sup> ». Cette carte indique les temps de trajet entre deux points, sans forcément déterminer un itinéraire précis. Ce plan a comme objectif de présenter les temps de parcours à pied entre les grands repères de l'agglomération (équipements publics, centres commerciaux, espaces verts, etc.) et aider chacun à prendre conscience que l'on peut aller plus loin qu'on ne le pense en marchant.

<sup>22</sup> <http://www.agglo-tours.fr/index.php?idtf=169>



**Figure (22): Plan Tours à pied**  
(Extrait du plan)

La ville de Tours a aussi réalisé une carte « Tours à vélo 2010<sup>23</sup> ». Cette carte permet de connaître toutes les pistes et bandes cyclables existantes actuellement, les pistes et bandes en projet, les voies mixtes, les zones où la vitesse moyenne autorisée est entre 15 et 30km/h, et d'autres informations utiles (localisation des établissements scolaires, des établissements hospitaliers,...).

Les cartes présentées précédemment ont été conçues à partir du logiciel Adobe Illustrator (logiciel de dessin professionnel) sur la base d'un fond de plan créé par l'agence d'urbanisme de la ville. L'ensemble du réseau cyclable est cartographié sur une couche spécifique à partir de données recensées et après vérification sur le terrain. Googlemaps a permis de déterminer les temps approximatifs des liaisons piétonnes sur la base d'une vitesse de marche de 4.2km/h. Les origines-destinations sont les sites fréquentés et facilement repérables de la ville.

- « lavillavélo » à Besançon

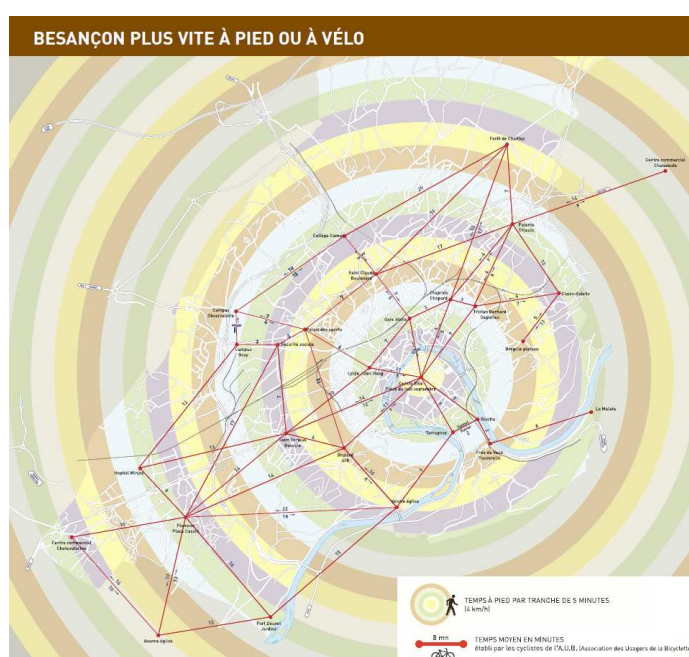
Dans le cadre de son Plan de Déplacements Urbains (PDU), la ville de Besançon compte aujourd'hui avec la carte « lavillavélo<sup>24</sup> ». Cette carte est un plan présentant les pistes et bandes cyclables, les stations de vélo, les temps de parcours à pied et les temps de parcours à vélo d'un point vers en autre point sur l'ensemble de la ville.

<sup>23</sup> [http://tours.fr//UserFiles/File/Telechargement/planvelo\\_2010.pdf](http://tours.fr//UserFiles/File/Telechargement/planvelo_2010.pdf)

<sup>24</sup> [http://www.besancon.fr/gallery\\_files/site\\_1/346/347/604/2008planvelo1.pdf](http://www.besancon.fr/gallery_files/site_1/346/347/604/2008planvelo1.pdf)

Ce travail a été réalisé par une association de cyclistes de Besançon qui s'est occupé de relever les temps de parcours à vélo dans le terrain à l'aide d'un chronomètre en prenant comme point de départ et comme point d'arrivée les lieux les plus fréquentés et facilement repérables sur l'ensemble de la ville (maison de quartier, écoles, commerces, monuments...).

Pour ce qui concerne les parcours à pied, ils ont été cartographiés sur un logiciel SIG (WINSTAR), en prenant une vitesse moyenne de 4km/h de marche à pied théorique, soit environ 330 mètres de distance à vol d'oiseau. Ces parcours ont été représentés en forme des anneaux dont chaque un représente une tranche de 5 minutes.



**Figure (23):** Plan LavilleaVélo  
(Extrait du plan)

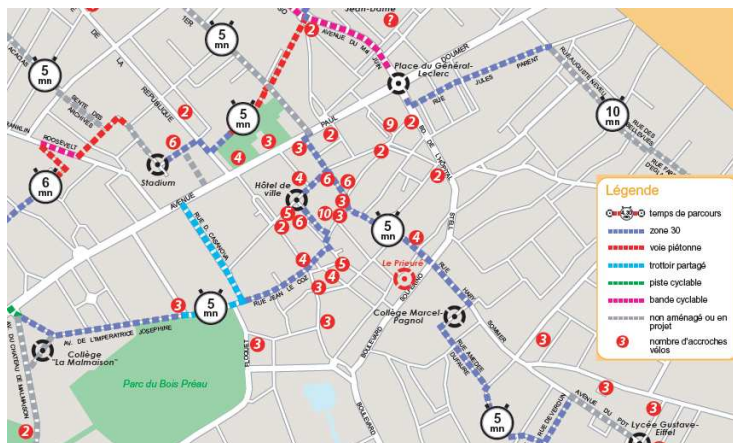
- « **Plan des itinéraires cyclables** » et « **Plan des itinéraires piétons** », à **Rueil-Malmaison**

Dans le cadre des actions de développement durable menées par la ville, ont été créés deux cartes : « Plan des itinéraires cyclables »<sup>25</sup> et « Plan des itinéraires piétons »<sup>26</sup>. Ces cartes sont issues d'estimations (un kilomètre parcouru en 4 minutes ) vélo et en 18 minutes à pied) vérifiées ensuite sur le terrain.

<sup>25</sup> <http://www.mairie-rueilmalmaison.fr/users/pdfs/velo2007.pdf>

<sup>26</sup> [http://www.mairie-rueilmalmaison.fr/users/plan%20pietons\\_FINAL.pdf](http://www.mairie-rueilmalmaison.fr/users/plan%20pietons_FINAL.pdf)

Le logiciel de dessin professionnel Adobe Illustrator c'est l'outil qui a permit la représentation des informations sur la carte.



**Figure (24):** Plan des itinéraires cyclables 2007 (Extrait du plan)



**Figure (25):** Plan des itinéraires piétons 2008 (Extrait du plan)

## **2. Exemples de cartes de temps de parcours à pied ou à vélo existants à l'étranger**

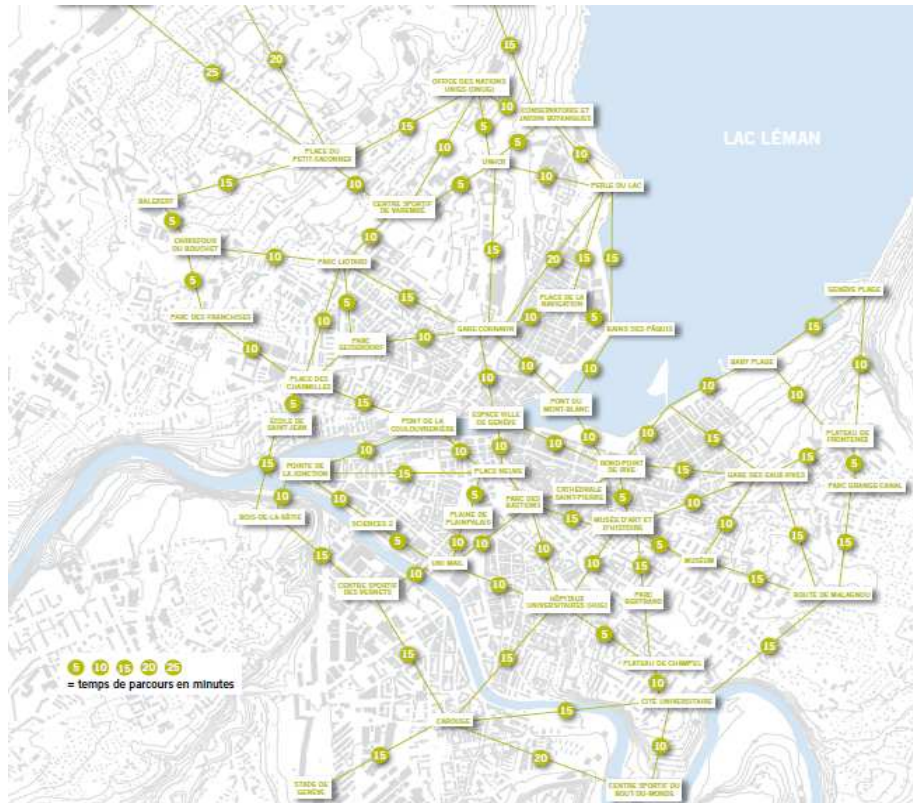
- **« Genève une ville en marche »**

A Genève (Suisse), la marche constitue un véritable moyen de déplacement. C'est depuis 1995 que la ville s'engage en faveur des piétons en améliorant les conditions de déplacement tout en portant une attention particulière aux citoyens les plus vulnérables (enfants, personnes à mobilité réduite...). Le service d'urbanisme de la ville compte avec un plan directeur des chemins pour les piétons « PLAN PIETONS », qui est la base de tous les aménagements réalisés en fonction de la revalorisation de la marche en milieu urbain.

Afin de promouvoir ce mode de déplacement doux et bon pour la santé, la Ville de Genève a créé des cartes dédiées aux piétons. Ce sont des outils indiquant en minutes les temps nécessaires pour aller d'un point à un autre à une vitesse moyenne de marche de 5 km/h. La carte «Genève une ville en marche<sup>27</sup>», a eu une première version en 1995 et a été renouvelée en 2011. Ce sont des estimations et une connaissance du terrain qui ont fait foi pour la produire. Etant donné qu'il est difficile de mesurer les parcours piétons et que des paramètres annexés sont à prendre en considération (déclivité, nature du cheminement, temps d'attente aux passages piétons), le service d'urbanisme de la ville a décidé de faire plus qu'une vérification exacte sur le temps de parcours dans la ville, la communication d'un concept: « Genève est une ville à taille humaine et les distances sont courtes ». Ainsi, la carte «Genève une ville en marche » est considérée aujourd'hui comme un outil servant à la promotion de la mobilité douce en milieu urbain.

---

<sup>27</sup> <http://www.ville-geneve.ch/themes/mobilite/pieton/calculz-duree-deplacements-pied/>

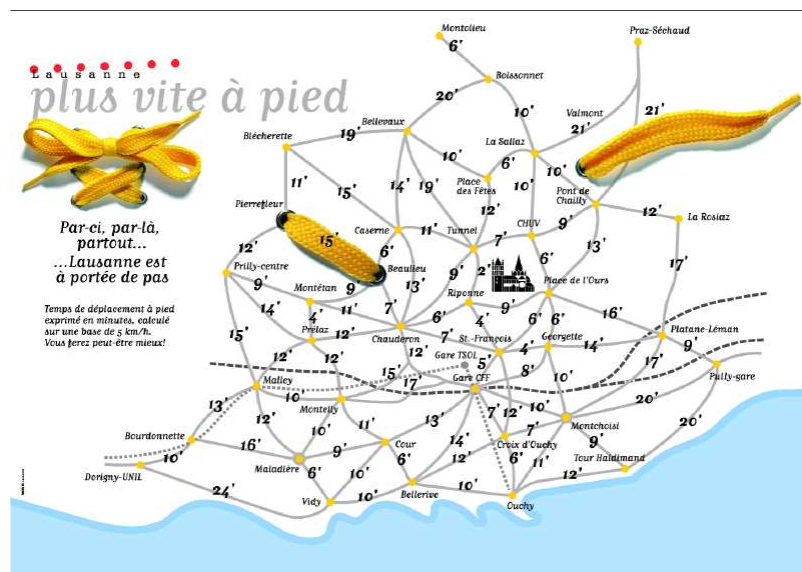


**Figure (26):** Genève une ville en marche  
(Extrait du plan)

- « Plus vite à pied » à Lausanne

A Lausanne (Suisse), le plan directeur communal, adopté en 1996 par le Conseil communal, considère la marche comme mode préférentiel dans l'organisation des déplacements sur le territoire communal. Le poste de délégué aux piétons a été créé par la Municipalité pour veiller au respect de ce principe, avec notamment pour mission de promouvoir la marche. Dans ce cadre, a été mise en place la campagne « plus vite à pied »<sup>28</sup> et a été créée une carte de temps de parcours à pied. Cette carte a été réalisée grâce aux services d'une agence de communication et de publicité.

<sup>28</sup> <http://www.lausanne.ch/view.asp?docId=21024&domId=62023&language=F>



**Figure (27):** La carte «plus vite à pied»  
(Extrait du plan)

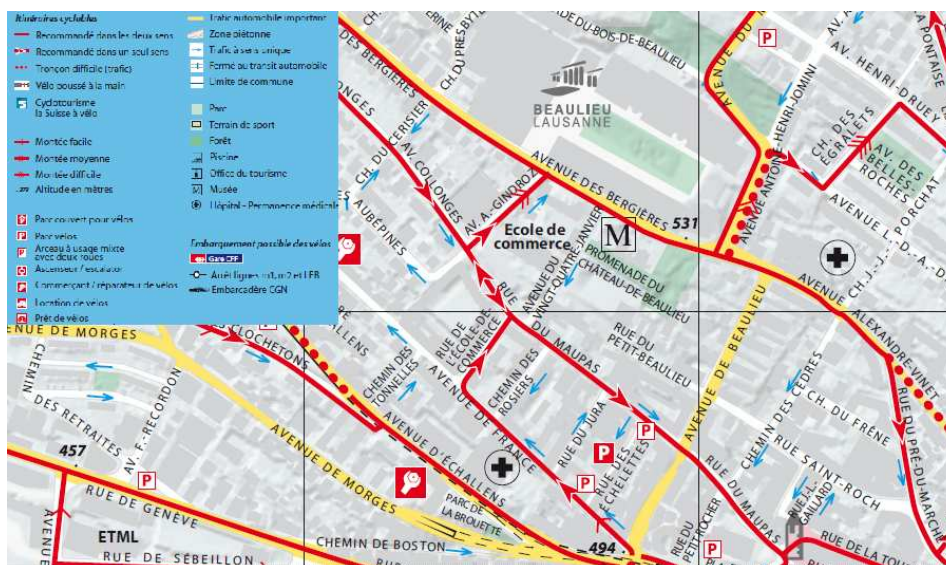
- « Faire du vélo », à Lausanne»

En adoptant son plan directeur communal, le 5 septembre 1995, le Conseil communal a choisi de donner au vélo une place privilégiée par rapport aux véhicules individuels motorisés. Malgré une topographie mouvementée, le vélo se prête bien pour des nombreux trajets de courte et moyenne distance en ville de Lausanne.

Pour la promotion du vélo, la ville a commencé par reprendre l'idée de « plus vite à pied ». Le délégué a parcouru les chemins existants pour l'utilisation du vélo et a fourni au service des routes et de la mobilité l'information avec les données sur le temps de parcours entre les différents points. La carte vélo a été réalisée entre 2006 et 2009. Elle a été élaborée sur la base du plan de ville touristique, qui a été dessiné à partir d'un plan cadastral.

La carte vélo<sup>29</sup> est plus une sorte d'infographie qu'un plan. Elle présente les itinéraires recommandés aux cyclistes, avec mention de l'importance des pentes et éventuellement dangerosité. Figurent également les ascenseurs publics à disposition, les ateliers mécaniques pour les vélos et divers points d'intérêt à l'intention des usagers de vélo.

<sup>29</sup> <http://www.lausanne.ch/view.asp?docId=24427&domId=62051&language=F>



**Figure (28):** La carte vélo  
(Extrait du plan)

Outre les cartes précédemment présentées, il existe de nombreux sites Internet consacrés aux modes doux, dont quelques exemples sont exposés ci-après.

- « **Walkit.com** »<sup>30</sup> à **Londres**

C'est une application Internet qui a été lancée avec la couverture du centre de Londres en 2006. Le service couvre désormais une grande partie du territoire anglais. Les itinéraires que le site permet de calculer sont spécifiquement adaptés aux piétons : ils privilégient les passages à travers les parcs, près des rivières et des canaux, le long des sentiers et ruelles,.. Il y a aussi la possibilité de sélectionner un itinéraire qui évite si possible les routes principales. Certaines villes ont également des fonctionnalités supplémentaires, telles que les itinéraires sans escaliers, les profils pentus, la qualité de l'air présente...

- « **BikeMapper** »<sup>31</sup> à **San Francisco**

C'est le portail vélo de la baie de San Francisco. Il est dédié aux usagers du vélo dans la ville, et permet le calcul d'itinéraires pour aller d'un point vers un autre point en

<sup>30</sup> <http://walkit.com/cities/birmingham/>

<sup>31</sup> <http://mtcgis.mtc.ca.gov/btp/sf-beta-app/>

considérant le profil d'élévation des voies et la sécurité par rapport au trafic. Il propose des itinéraires permettant de rester le plus possible sur les pistes cyclables

- **« Fietsersbond.nl »<sup>32</sup> aux Pays-Bas**

L'association néerlandaise des usagers du vélo a développé un site Internet qui propose le calcul d'itinéraires de porte à porte dans une grande partie du territoire. Le site permet de choisir 2 points différents dans la carte (un départ et une arrivée) pour effectuer le calcul d'un itinéraire agréable prenant en compte les meilleures voies de passage pour les vélos.

- **« Travelbristol »<sup>33</sup> à Bristol (Angleterre)**

C'est un site Internet qui offre des informations sur les déplacements avec prise en compte des modes doux, dans la ville de Bristol. Le site donne la possibilité aux usagers de télécharger 11 propositions de promenades (d'environ 1,5 et 4 heures de parcours) dans la ville afin d'explorer les allées, les petites rues cachées, les belles vues ou bien les petits points d'intérêt historique. Cela avec l'objectif d'encourager les habitants de la ville à laisser de temps en temps la voiture à la maison. Chacune des 11 propositions est composée d'un bulletin contenant la description détaillée du parcours ainsi que la carte qui guidera les usagers pour suivre le chemin.

- **« Cycling metro » Vancouver<sup>34</sup> (Canada)**

C'est un site Internet servant au calcul des itinéraires en vélo. Il offre la possibilité de calculer des itinéraires en fonction de plusieurs critères par rapport à la qualité de voies. (Chemin avec plus de végétation, chemin moins polluant, chemin sans pente...).

---

<sup>32</sup> <http://www.fietsersbond.nl/fietsrouteplanner/fietsroutes-recreatieveplanner/>

<sup>33</sup> <http://www.bristol.gov.uk/cem/navigation/transport-and-streets/walking/>

<sup>34</sup> <http://www.cyclevancouver.ubc.ca/cv.aspx>

### Annexe 3: Carte de temps de parcours à pied/à vélo dans le centre ville de Saint-Denis

