

DIAGNOSTIQUER LE RISQUE ROUTIER PAR UNE APPROCHE GÉOGRAPHIQUE PREMIÈRES CONSIDÉRATIONS

Florence HUGUENIN-RICHARD,

THEMA UPRESA 6049,

Université de Franche-Comté

et INRETS, Département d'Évaluation et

de Recherche en Accidentologie, Arcueil

Résumé

L'analyse géographique du risque routier est une approche mineure en accidentologie. Pourtant, la prise en compte de l'espace à travers les notions de proximité, distance, localisation, doit pouvoir mettre à jour des facteurs d'insécurité, notamment des facteurs liés à l'environnement de l'accident de la route.

Actuellement, le développement de bases de données spatiales et leur intégration dans des systèmes d'information géographique sont en augmentation. Or, leur exploitation nécessite l'utilisation de méthodes d'analyse adaptées d'une part, à la nature et à la richesse de l'information et d'autre part, aux problèmes de diagnostic et d'estimation du risque routier.

Notre réflexion, conduite sur le territoire de la communauté urbaine de Lille, porte sur les problèmes d'estimation du risque par des méthodes spatiales : problème d'échelles d'observation du risque et d'agrégation de données, choix des estimateurs du risque, intégration de caractéristiques spatiales comme facteur d'insécurité.

Abstract

Spatial analysis of road accidents is a minor research field in safety road. Nevertheless, spatial methods based on notions of proximity, distance and localisation may allow to identify environmental unsafety factors. More, the actual increase of spatial data are available within a geographical information system. Our aim is to discuss the feasibility of a spatial analysis of road accidents in a build up area, Lille.

Mots-Clés

Accident de la route, Analyse spatiale, Communauté urbaine de Lille, Risque routier, Système d'information géographique

Key words

Geographic information system, Lille (France), Road accident, Road risk, Spatial analysis

En France, la tendance actuelle en accidentologie est une généralisation de l'information spatiale notamment par la diffusion d'un applicatif du système d'information géographique MapInfo (Concerto) auprès des services en charge de sécurité routière. Il permet entre autres le géocodage des accidents sur un référentiel géographique. Cette tendance ouvre ainsi plus largement la problématique à une approche géographique.

Si cette information peut aisément être stockée et gérée dans un système d'information géographique, l'analyse pose problème le sens où très peu d'outils de statistique spatiale sont directement disponibles dans de tel système. De plus la complexité de la problématique demande une réflexion méthodologique : à quelle échelle faut-il travailler ? Quelles sont les unités spatiales les plus pertinentes ? Comment le risque routier est-il estimé ? Quels sont les données et les outils d'analyse disponibles ?

Cette recherche est conduite dans le cadre d'un doctorat de géographie mené en collaboration avec le laboratoire THEMA, le Département d'Études et de Recherches en Accidentologie de l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité et le Centre d'Étude des Réseaux et des Transports Urbains. La zone d'étude retenue est la communauté urbaine de Lille.

Nous débiterons cet article par un rapide aperçu des études qui sont menées en accidentologie, et plus spécialement par un tour d'horizon des études géographiques. Dans un second volet, nous présenterons la nature du risque routier, la notion complexe de l'accident de la route et les données disponibles. Enfin nous poserons les enjeux et les moyens d'une analyse géographique des accidents.

1. Aperçu des études menées en sécurité routière

Les approches menées en sécurité sont le fait d'un grand nombre d'acteurs : organismes publics, villes ou collectivités territoriales, constructeurs automobiles, aménageurs, urbanistes, psychologues, médecins, assureurs, moniteurs d'auto-école, agents de police, associations de victimes... Ainsi la sécurité routière relève de nombreux domaines de recherche, souvent complémentaires et qui ont développé chacun un savoir et un savoir-faire particuliers. De façon générale on distingue différents niveaux d'intervention [2]. La sécurité active ou primaire tend à éviter l'accident lui-même (actions portant sur la situation avant le choc). Elle concerne l'analyse et l'identification des facteurs qui contribuent à l'avènement d'un accident, appelés facteurs de risque. La sécurité passive ou secondaire, dont les actions interviennent pendant le choc, s'attache à éviter ou minimiser les conséquences de la collision (obligation du port de la ceinture, protection de l'usager à l'intérieur du véhicule...). Enfin, la sécurité tertiaire sont les mesures prises après le choc : secours aux victimes, prise en charge et réparation à l'hôpital.

Au niveau gouvernemental, le suivi et la gestion du risque routier sont à la charge du Ministère des Transports. Le cadre institutionnel est assuré par le Comité Interministériel de la Sécurité Routière, qui placé sous la présidence du Premier ministre définit les mesures nationales de sécurité routière. Les structures opérationnelles se répartissent entre :

- la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières, responsable de la mise en œuvre des décisions du CISR, de la normalisation des véhicules et de la formation à la conduite automobile ;
- la Direction des Routes, qui conçoit et gère les réseaux de routes nationales et d'autoroutes de déchargement ;
- les Directions Départementales de l'Équipement, relais local de la Direction des Routes.

1.1. Les organismes de recherche en sécurité routière

Les études et la recherche sont dévolues principalement à trois organismes :

- l'INRETS, qui consacre une part importante de ses activités à la sécurité routière. Les objectifs sont la connaissance des facteurs d'insécurité et des conséquences des accidents, l'aide à la prévention et à son évaluation, l'éducation et la formation à la sécurité routière, la recherche en biomécanique ;
- le Service d'Études sur les Transports, les Routes et les Autoroutes, qui étudie principalement la sécurité des techniques routières. Depuis la fin des années 1960, il assure d'autre part l'exploitation des données nationales sur les accidents, leur publication et le suivi de l'insécurité ;
- le CERTU, qui assure une fonction analogue concernant le milieu urbain. Il propose de nombreuses réflexions sur les aménagements routiers, l'urbanisme, l'évolution de la mobilité... [8].

Les deux derniers organismes assurent aussi des fonctions de synthèse et de diffusion des connaissances. D'autres structures peuvent être citées : les Laboratoires des Ponts et Chaussées, qui se préoccupent davantage de techniques routières (revêtement, signalisation, éclairage, gestion du trafic, météorologie routière) et les Centres d'Études Techniques de l'Équipement, parfois sollicités pour des contributions au niveau local [9].

Parmi les travaux réalisés à l'INRETS, nous pouvons citer :

- les études détaillées d'accidents, qui sont des analyses thématiques menées par des équipes pluridisciplinaires sur un recueil spécifique des accidents graves et mortels ;
- les méthodes d'analyse séquentielle et les typologies d'accidents. A partir d'un échantillon d'accidents découpés en séquences (situation avant, pendant, après le choc), des scénarios-types sont constitués. Ensuite pour chaque accident, on cherche à reconnaître *a priori* son appartenance à un scénario connu par des méthodes de classification [6] ;
- les analyses du risque par catégorie d'usagers [7] [16] ;
- les mesures du risque ou d'exposition au risque et la conception de modèles afin de prévoir l'évolution de la structure du risque routier [19].

Enfin, les Observatoires Régionaux de la Sécurité Routière implantés dans chaque région (organismes décentralisés de l'Etat), assurent le traitement des données statistiques et la circulation de l'information. Les collectivités territoriales jouent aussi un rôle de plus en plus important dans la dynamique locale de sécurité routière. Dresser un bilan des études faites à ce niveau est beaucoup plus difficile car la situation est très hétérogène, tant au niveau de la qualité des données que des méthodes utilisées. Certaines recherches conduites par des communautés urbaines peuvent être citées : [12], [15] et [18].

1.2. Un nombre restreint d'études géographiques

Pour illustrer ces propos, il suffit de parcourir les publications récentes des revues spécialisées (tous les articles n'ont pas été référencés) :

- dans *Recherche Transport Sécurité*, les rares approches géographiques sont présentées par des auteurs étrangers exclusivement [24] [29] [31] ;
- dans la revue anglaise *Accident Analysis and Prevention*, le nombre d'articles proposant des analyses géographiques n'est guère plus important [17] [21] [23] [28] ;
- dans d'autres revues comme *Journal of Transport Geography* [4] [13], et *Transportation Research Record* [3] [20] [25], les parutions de ces dernières années ont surtout été marquées par une augmentation du nombre de références sur l'intérêt des systèmes d'information géographique en sécurité routière et leur application.

Peu de géographes français se sont spécialisés dans ce champ de recherche : organisation d'un colloque sur la cartographie des accidents de la route à Besançon [5], quelques travaux à l'université de Rouen. Finalement, l'approche géographique du risque routier est largement dominée par les géographes belges [3] [4] [27] [28] [29] [30] et des géographes québécois. Deux laboratoires étaient très engagés dans les études de sécurité routière : le Coopératif de Recherche en Sécurité routière de l'Université de Sherbrooke et le Groupe de Recherche Interdisciplinaire Mobilité et Sécurité de l'université de Montréal. Leurs publications sont très importantes [11] [31] [32].

Pour terminer, notre revue de lecture a montré que la cartographie des accidents de la route est une pratique fréquente en accidentologie et en augmentation, notamment avec l'accroissement de l'utilisation des systèmes d'information géographique qui permettent une production massive et aisée de ce type de document [5]. Une carte est un outil d'analyse exploratoire ou confirmatoire et de communication informative intéressant. Ainsi, les techniques de représentation demandent réflexion : comment représenter au mieux une information ponctuelle nombreuse et riche sémantiquement en optimisant le rapport entre la qualité (lisibilité du document) et la quantité d'information générée (synthétiser sans perdre trop d'information) ?

2. Le risque routier

2.1. L'accident de la route et les facteurs d'insécurité

L'accident est un phénomène complexe. Il apparaît comme un dysfonctionnement du système de circulation, dans lequel plusieurs composants interagissent : la voie, les véhicules, le comportement des usagers, la mobilité des individus et des marchandises, l'environnement, les conditions météorologiques.

La notion de facteur d'insécurité regroupe l'ensemble des causes qui ont contribué à l'avènement d'un accident. La première formalisation conceptuelle des facteurs de risque a été développée dans les années 1940 par la communauté de santé publique en Grande-Bretagne (The Haddon Matrix). Barjonet [2] identifie une première famille de facteurs de risque liés à :

- l'exposition au risque (mobilité, trafic...);
- au véhicule (niveau de sécurité, état technique, ergonomie, confort...);
- au comportement des usagers (mauvaise perception du risque routier, capacités physiologiques relatives à l'âge, à la prise de médicament, d'alcool, de drogue...).

D'autre part, le terme de facteurs intrinsèques rassemble les risques attachés à un site donné :

- conception de l'infrastructure (mauvaise visibilité...);
- caractéristiques de la voie (éclairage, sinuosité, présence d'une piste cyclable, problème de stationnement...);
- relation incohérente entre l'infrastructure et l'environnement traversé induisant des erreurs d'interprétation (lisibilité de la route, rôle du paysage...).

Une troisième famille concerne les facteurs aggravants, qui n'interviennent pas directement au niveau de l'avènement de l'accident mais contribuent à aggraver les conséquences (non-port du casque ou de la ceinture de sécurité, état d'ivresse...). Certains facteurs sont difficiles à classer ou récurrents d'une famille à une autre (par exemple la vitesse).

D'un point de vue statistique, l'accident est traité comme un événement rare et aléatoire, issu de la réalisation d'un processus ponctuel de Poisson. Cet événement est soumis à une forte variabilité spatio-temporelle : en effet, le nombre d'accidents varie en un lieu donné d'une période à une autre et, sur une même période d'un lieu à un autre. Ainsi, Lassarre [19] souligne que « *le lieu et le moment d'un accident ne peuvent pas être déterminés à l'avance. On peut tout juste donner la probabilité qu'un accident se produise pendant une période de temps ou sur une portion de réseau données* ».

2.2. Les données sur l'insécurité routière

En France, les accidents corporels de la circulation font l'objet d'un procès-verbal dressé par la police en milieu urbain et par la gendarmerie en milieu rural. Les procès-verbaux ont pour première finalité de fournir les éléments permettant d'établir les responsabilités au niveau juridique. A partir de ces documents, des fichiers codés et rendus anonymes sont constitués et centralisés au ministère de l'Équipement sous la forme de bordereau d'analyse des accidents corporels. Ils fournissent des informations diverses et variées sur l'accident en vue d'un dépouillement statistique. Ces fichiers sont la source d'information principale et officielle de l'insécurité routière [14].

Les bordereaux d'analyse des accidents corporels sont la seule base statistique permettant d'analyser la mortalité et la morbidité, très importante en sécurité routière. Un bordereau se compose de quatre niveaux qui renseignent chacun une des composantes de l'accident :

- l'événement lui-même (numéro de commune, numéro de département, date, heure, luminosité, type de collision, conditions météorologiques, type d'environnement...);
- le lieu (catégorie de la voie, type de carrefour, régime de circulation, état de la route, aménagement de l'infrastructure, signalisation...);
- les véhicules impliqués (type, catégorie administrative, date de la première mise en circulation, date du dernier contrôle technique, chargement, manœuvre principale avant le choc...);
- les victimes qui ont nécessité un traitement médical (catégorie, gravité des blessures, place dans le véhicule, âge, sexe, catégorie socio-professionnelle, taux d'alcoolémie, motif du trajet, utilisation des équipements de sécurité, manœuvre du piéton...). En France depuis 1967, les décès enregistrés dans les statistiques officielles sont ceux qui sont survenus sur le coup de l'accident ou dans les six jours qui suivent l'événement. Au-delà ce délai, le décès n'est plus imputé à l'accident. De nombreux pays occidentaux comptabilisent les décès jusqu'à trente jours après l'accident, ce qui appliqué en France augmenterait sensiblement le nombre de tués (de 8 à 10 %). Les blessés graves correspondent aux victimes hospitalisées au moins six jours.

Le mode d'acquisition de cette information, issue d'observations, peut poser problème. En effet, les renseignements portés dans les procès-verbaux manquent parfois d'exactitude, certaines rubriques ne sont pas toujours bien remplies, ce qui répercute en chaîne une perte de fiabilité de l'information et des données manquantes. Par ailleurs, le codage de la localisation géographique exacte de l'évènement est un point délicat [14]. En milieu rural, la localisation précise de l'accident est exprimée par sa distance au point de repère le plus proche. En milieu urbain, la procédure retenue est l'utilisation de l'adresse postale. Or, cette alternative requiert en aval une importante opération de géocodage des données, ce qui explique, en partie, que toutes les villes ne possèdent pas encore une base de données spatiales sur les accidents. Enfin, il est à noter que cette information n'est pas établie dans la perspective d'une analyse spatiale. Ainsi, les caractéristiques du « lieu » d'un accident se restreignent à celles de l'infrastructure.

2.3. Définition et estimation du risque routier

Le risque est un danger auquel l'on est exposé individuellement ou collectivement dans certaines circonstances. C'est une combinaison d'événements incertains et de conséquences négatives. Le risque routier est le danger d'être victime d'un accident de la circulation lors d'un déplacement sur la voie publique. Les conséquences sont mesurées par la gravité de l'accident.

L'analyse du risque implique différentes étapes : l'identification des facteurs de risque, l'estimation du risque (probabilité d'occurrence, mesures, modélisation) et son évaluation (retombées sociales, coûts). Une quatrième étape cherche à améliorer ou à contrôler le risque : c'est la gestion du risque. Ainsi si les fichiers nationaux permettent de connaître les principales caractéristiques de l'insécurité routière, l'analyse du risque routier tend à se focaliser sur son estimation, qui de façon générale est le rapport d'un effectif d'accidents à une mesure d'exposition au danger de la circulation : Nombre d'évènement / Mesure d'exposition au risque.

Différents taux peuvent être calculés : taux d'accidents, taux de collisions, taux d'impliqués, taux de victimes... Lors du calcul d'un taux de risque routier, le choix du numérateur pose peu de problème. En effet, il dépend le plus souvent du sujet de l'étude. Par contre, le choix du dénominateur est beaucoup plus délicat. Le concept d'exposition au risque a été intégré à l'analyse de la sécurité routière après la seconde guerre mondiale. D'après Chapman [10], l'exposition au risque est « un concept par lequel le chercheur essaie de tenir compte des opportunités d'accidents en fonction de l'expérience du conducteur ou du système de circulation »¹. Cette mesure peut être définie de différentes manières. Ainsi, le même auteur synthétise dans le tableau ci-dessous (cf. Figure 1.) les différentes façons dont l'exposition au risque peut être mesurée. A travers la littérature, il apparaît que la distance et le temps parcourus sont les deux mesures les plus souvent utilisées. La principale difficulté de leur mise en œuvre est la disponibilité et la fiabilité de l'information.

Type d'exposition au risque	Mesure de l'exposition au risque
Spatiale	<ul style="list-style-type: none"> ● Conducteurs ou véhicules / kilomètres parcourus ● Passagers / kilomètres parcourus
Temporelle	<ul style="list-style-type: none"> ● Conducteurs ou véhicules / temps de parcours ● Passagers / temps de parcours ● Trafic journalier moyen
Population exposée	<ul style="list-style-type: none"> ● Nombre de permis de conduire ● Nombre de véhicules immatriculés ● Nombre de déplacements ● Population

Figure 1 - Classification de l'exposition au risque [10]

En fin de compte, l'analyse du risque routier diffère des approches développées pour les risques naturels, industriels ou environnementaux. En effet c'est une analyse *a posteriori* d'une insécurité déjà vécue et connue par le recueil systématique de données sur les accidents corporels. La perception de l'environnement comme facteur de risque est un des objectifs de cette étude.

3. Une approche géographique des accidents de la route : objectifs et moyens

3.1. Objectifs et hypothèse

Dans notre démarche géographique, il s'agit de comprendre les logiques de répartition des accidents sur un territoire, afin de rechercher quelles sont les causes responsables de cette répartition. Cette approche doit aussi permettre de répondre aux objectifs du diagnostic de sécurité routière, que sont l'identification des sites dangereux et la recherche de facteurs d'insécurité, notamment ceux qui sont liés à l'environnement de l'accident.

Pour cela, nous faisons l'hypothèse que la répartition des accidents sur un territoire n'est pas complètement aléatoire et homogène. Ainsi, l'espace géographique appréhendé en termes de densités de population et d'emploi, morphologie du réseau, structure du bâti, pratiques de mobilité, équipements et activités... déterminerait la répartition spatiale des accidents de la route. Dans ce sens, le concept de proximité jouerait un rôle important pour expliquer la localisation des accidents :

- rôle des distances (une distance-temps trop élevée entre les postes de secours et les lieux des accidents peut constituer un facteur aggravant) ;
- rôle de la proximité de points potentiellement source de risque tels que les écoles, les lieux de services ou de travail ;
- rôle du type d'occupation du sol : existe-t-il une relation entre la structure du risque et les formes de l'habitat, celles du réseau ou la densité de population ? [9] [14] [26]

3.2. Présentation de la base de données géographiques sur les accidents de la circulation

La première difficulté pour modéliser le risque routier est le grand nombre de bases de données nécessaire, conséquence de la nature multiforme de l'accident, des facteurs d'insécurité et des mesures d'exposition au risque. Un système d'information s'impose donc comme outil de gestion de cette importante masse de données et outil d'interrogation par requêtes attributaires et / ou spatiales [25].

Pour les besoins de notre étude, nous avons intégré dans le système d'information géographique ArcView (ESRI) des données provenant de la communauté urbaine de Lille. Au cours de ces quinze dernières années, une base de données riche de près de 30 000 accidents a été constituée. Son principal atout réside dans le fait que chaque accident corporel, localisé en tant qu'événement ponctuel, est renseigné par ses coordonnées géographiques. L'information a été acquise par un travail systématique et manuel de géoréférencement pour chaque accident. En effet, le lieu exact est repéré lors de la lecture du procès-verbal, suivi d'une vérification sur le terrain si nécessaire. L'information est ensuite reportée sur le référentiel géographique et informatisé du réseau de circulation de la communauté. Cette procédure jusque là assez rare contribue à l'intérêt de la base de données lilloise. En contrepartie, peu d'information attributaire est fournie notamment par rapport au contenu des bordereaux d'analyse des accidents corporels (une vingtaine de variables seulement). Ce choix répond à une volonté d'orienter les actions de sécurité vers l'aménagement correctif de l'infrastructure.

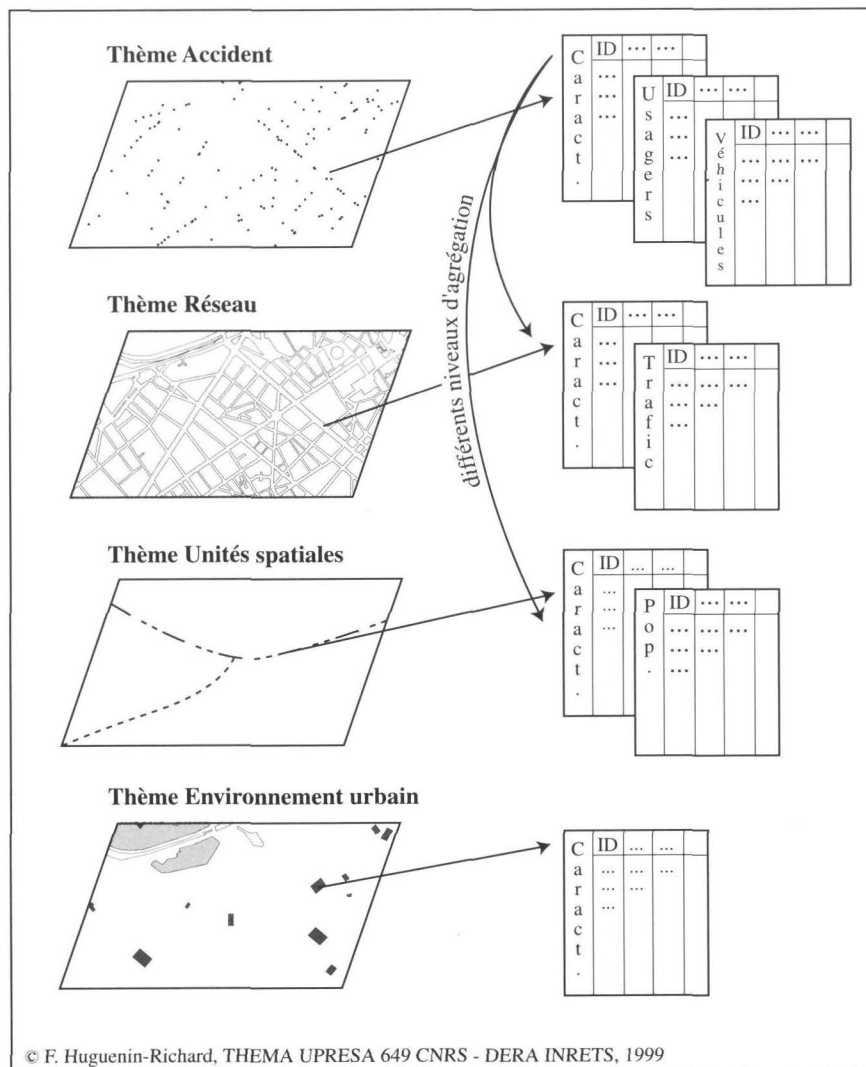


Figure 2 - Structure de l'information dans le système géographique

Ainsi la base de données constituée est de type relationnel. Elle se structure en différents thèmes (cf. Figure 2.):

- **les accidents**, dont la dimension spatiale est leur localisation ponctuelle. Chaque accident est associé au réseau par un champ identifiant le tronçon ou le carrefour sur lequel ou aux abords duquel il a eu lieu. Une table attributaire renseigne les caractéristiques de l'insécurité (date, heure, type d'impliqués, gravité, nombre de tués et blessés, conditions météorologiques...);
- **le réseau de circulation** est décrit par un ensemble de noeuds et d'arcs. Un noeud topologique correspond à un carrefour ou à un cul-de-sac, localisé par ses coordonnées géographiques. L'arc est connu par sa position spatiale et sa longueur. Il correspond à un tronçon, défini comme toute portion de voie entre deux carrefours. Chaque arc est identifié numériquement et renseigné par une série d'attributs relatifs aux caractéristiques de la voie, à ses fonctions, au volume de trafic, à son environnement;
- **les découpages administratifs**: communes et quartiers. Chaque entité administrative est identifiée par son numéro INSEE. Des données sur la population, les pratiques de mobilité peuvent être associées;
- **l'environnement urbain** dans lequel sont localisées des éléments surfaciques (tels que les espaces verts, les centres commerciaux, les monuments, la trame du bâti...), des éléments linéaires (tels que les voies d'eau, les voies ferrées...), des éléments ponctuels (par exemple les écoles primaires).

Pour illustrer la description de la base de données, nous proposons une vue des différents thèmes sur la commune de Lille. Le bâti n'a pas été représenté afin de ne pas réduire la lisibilité du document.



Figure 3 - Localisation des accidents corporels de la circulation à Lille (1993-1997)

3.3. Échelles d'observation du risque routier et individus statistiques associés

De manière générale, deux grandes approches peuvent être distinguées en sécurité routière : une approche individuelle et une approche écologique, où les événements sont agrégés et le risque considéré collectivement.

Les études sont menées à différents niveaux d'observation du risque routier : de l'échelle globale ou macroscopique, qui concerne l'analyse des accidents de la circulation au niveau d'un département, d'une ville, dans le cadre de la définition d'un plan de circulation par exemple, à une échelle locale à micro-locale ou microscopique lors de la définition d'aménagements de sécurité sur des lieux spécifiques (sur un carrefour, aux abords d'une école...). L'intérêt d'une étude multiscalaire est évident. A petite échelle, elle permet d'obtenir une vue d'ensemble, de cibler les grands problèmes sur le territoire, d'éliminer le particulier et de gagner en lisibilité. A grande échelle, l'analyse de l'insécurité dispose de plus de détails, ce qui permet de cibler localement les actions de sécurité à apporter.

L'intégration de données spatiales ponctuelles dans le système géographique augmente les capacités de management et de transformation de cette information. Ainsi, il est possible de travailler avec différents types de données à différents niveaux d'observation du risque, auxquels correspondent des individus statistiques ou unités spatiales élémentaires de formes et de tailles diverses (surface, ligne, point) :

- des données ponctuelles discrètes, qui permettent d'appliquer des méthodes relatives à l'analyse spatiale d'un semis de points et ceci à différentes échelles géographiques (recherche de clusters, méthode des points-source) [1] [22],
- des données agrégées, dont le choix de l'unité élémentaire dépend de l'échelle de l'étude [28]. Ainsi à petite échelle, l'individu statistique est une commune, une section de route sur les grands axes de communication ; à grande échelle : un tronçon de voie, un carrefour, un quartier, la maille d'une grille (cf. Figure 3.).

En sécurité routière, les unités les plus utilisées sont le carrefour et le tronçon de voie. Les unités spatiales issues d'un découpage administratif ne sont pas très bien adaptées à l'analyse du risque routier, car elles peuvent entraîner des effets de taille ou de surface masquant la véritable structure du phénomène. De ce fait, il semble intéressant de mener une recherche sur la mise au point de découpages spatiaux plus pertinents (construction d'un nouveau découpage de l'espace par carroyage ou en fonction de caractéristiques environnementales, comme la structure du milieu urbain). De plus, le choix des échelles et des individus statistiques est souvent conditionné par la disponibilité des mesures d'exposition au risque nécessaires à son estimation. Ainsi au niveau communal, un taux d'accidents ou de tués par 100000 habitants standardisé par la structure par âge et par sexe est privilégié. Au niveau d'un tronçon, le risque est estimé en densité d'accidents par kilomètre ou encore en fonction d'un volume de trafic automobile.

L'analyse spatiale du risque routier est confrontée à un ensemble de problèmes relatifs à la problématique (choix des estimateurs de risque, choix des méthodes d'analyse), mais aussi à la nature de l'information utilisée. Or, les systèmes d'information géographique de type bureautique sont encore assez pauvres en outils d'analyse spatiale directement intégrés, ce qui nécessite :

- soit l'utilisation d'un logiciel de traitement statistique interfacé avec le système d'information géographique. Nous pouvons à ce sujet citer le lien entre ArcView et un module d'analyse spatiale de S+ (S+ SpatialStat),
- soit le développement d'applications dans l'environnement du système d'information géographique : ainsi, nous pouvons citer le travail actuel d'écriture d'un algorithme de généralisation d'information et d'un algorithme de construction de matrices de proximité sous ArcView [33] dans le cadre d'un projet interdisciplinaire (Projet PSIG-Cassini).

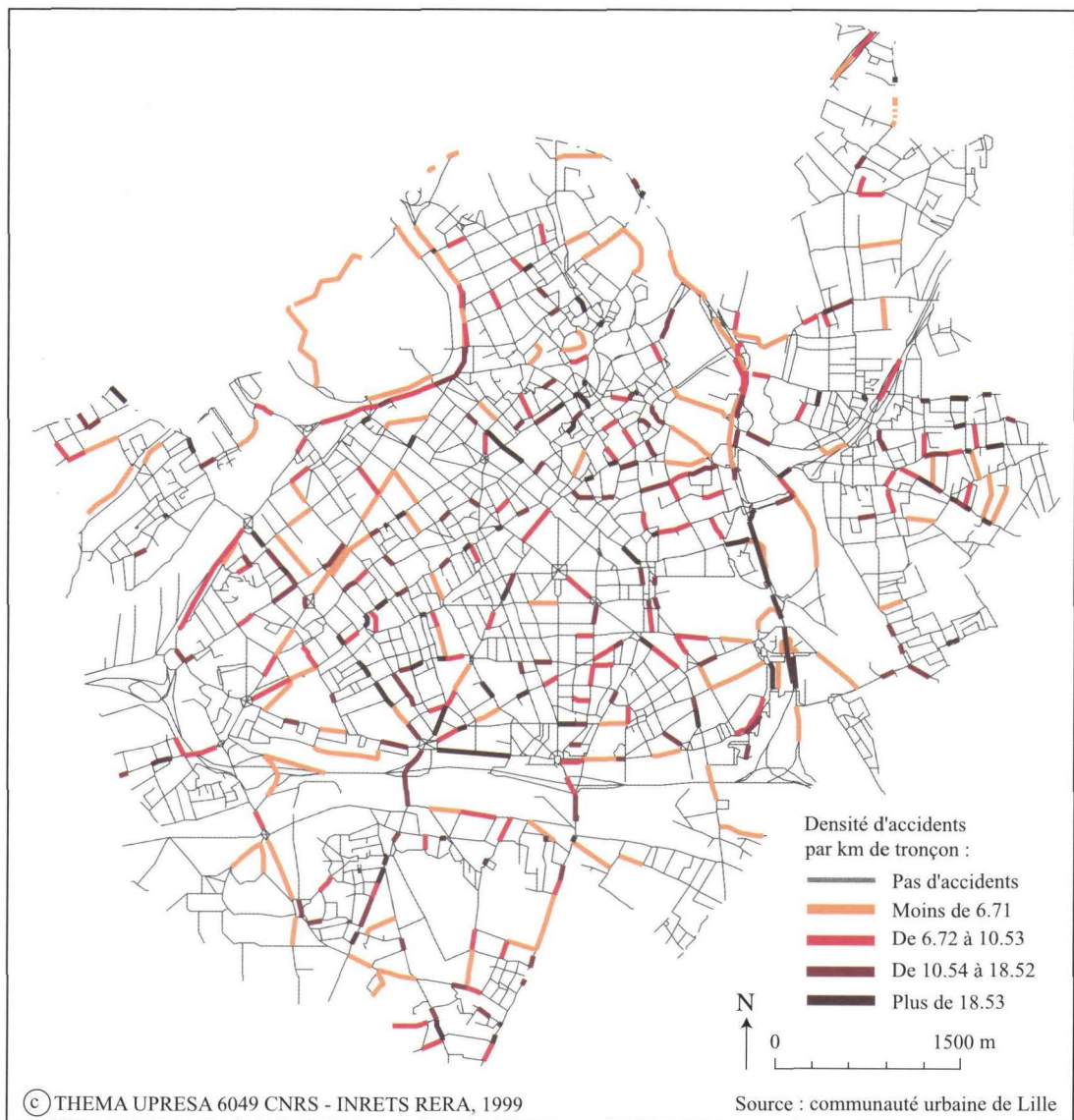


Figure 4 - Densité d'accidents de la route par tronçon de voie à Lille (1993-1997)

Références bibliographiques

- [1] BANOS A., HUGUENIN-RICHARD F., 2000 : Méthode d'identification de concentrations locales d'événements dans un semis de points. Application aux accidents de la route, *Actes des Quatrièmes Rencontres de Théo Quant*, Besançon, ci-dessous pp. 245-254
- [2] BARJONET P.-J., 1992 : *La sécurité routière*, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, Paris, 174 pages
- [3] BLACK W.R., 1992 : Highway accidents: a spatial and temporal analysis, *Transportation Research Record*, 1318, pp. 75-82

- [4] BLACK W.R., THOMAS I., 1998 : Accidents on Belgium's motorways: a network autocorrelation analysis, *Journal of Transport Geography*, Vol. 6, n° 1, pp. 23-31
- [5] BERTHOZ E., BROSSARD T., LASSARRE S., 1992 : *Cartographie des accidents de la route : mode d'analyse et de représentation*, Actes de colloque, Besançon, 119 pages
- [6] BRENAC T., 1997 : *L'analyse séquentielle de l'accident de la route. Comment la mettre en pratique dans les diagnostics de sécurité routière*, Rapport INRETS Outils et méthodes, n° 3, Arcueil, 79 p.
- [7] CAMBON DE LA VALETTE B., 1994 : *Densité urbaine et accidentabilité des jeunes piétons*, Rapport de convention INRETS/CNRS, Arcueil, 19 p.
- [8] CERTU, 1994 : *Ville plus sûre, quartiers sans accidents*, Ministère de l'équipement, Lyon, 253 p.
- [9] CERTU, CETE Nord-Picardie, 1998 : *Indicateurs de sécurité routière en milieu urbain en 1996*, Ministère de l'équipement, 369 p.
- [10] CHAPMAN, 1973 : The concept of exposure, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 5, pp. 95-110
- [11] CORSUS, 1994 : *Normes d'accidents et procédure de localisation dans les municipalités de taille moyenne au Québec*, Tome 1 et 2, Université de Sherbrooke, 187 p.
- [12] COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE, 1983 : *Les enfants piétons dans les accidents corporels de la circulation*, Rapport d'étude, Direction de la Voirie et des Transports Urbains, Lille, 7 p.
- [13] EDWARDS J.-B., 1996 : Weather-related road accidents in England and Wales: a spatial analysis, *Journal of Transport Geography*, Vol. 4, 3, pp. 201-212
- [14] FLEURY D., 1998 : *Sécurité et urbanisme. La prise en compte de la sécurité routière dans l'aménagement urbain*, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, Paris, 299 p.
- [15] FLEURY D., JOURDAIN Y., CAYEU J.-P., 1995 : *Conception d'un plan de sécurité pour la ville de Rennes*, Rapport INRETS n° 199, Arcueil, 70 p.
- [16] FONTAINE H., GOURLET Y., ZIANI A., 1995 : Accidents de piétons, *Recherche Transport Sécurité*, n° 49, pp. 5 à 18
- [17] KIM K., LEVINE N., 1996 : Development of a traffic safety GIS in Honolulu, Hawaiï, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 20, n° 415, pp. 289-302
- [18] HENNEBERT S., 1995 : *Etude de l'accidentologie par ville sur la Communauté urbaine de Lille*, Rapport de DESS Ingénierie Statistique et Numérique, Université des Sciences et Techniques de Lille, 139 p.
- [19] LASSARRE S., 1993 : Richesse et complexité de la modélisation de l'insécurité routière, *TEC*, n° 120, pp.13-20
- [20] LEVINE N., KIM K., NITZ L., 1995 (a): Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: 1. Spatial patterns, *Transportation Research Record*, Vol. 27, n° 5, pp. 663-674
- [21] LEVINE N., KIM K., NITZ L., 1995 (b): Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: 2. Zonal generators, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, n° 5, pp. 675-685
- [22] N. BOOTS B., GETIS A., 1988 : *Point pattern Analysis*, Sage Publications, Newbury Park, 93 p.
- [23] P. BAKER S. et al., 1991 : Motor vehicle deaths in children: geographic variations, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 23, n° 1, pp. 19-28
- [24] RANNOU A., THOUÉZ J.-P., JOLY M.F., BOURBEAU R., BUSSIÈRE Y., 1996 : Accidents de la route, flux, espace social et piétons âgés. Le cas de la communauté urbaine de Montréal, *Recherche Transport Sécurité*, n° 50, pp. 63-71
- [25] SACCOMANNO F. et al., 1997 : Geographic Information System Platform for Road Accident Risk Modeling, *Transportation Research Record*, pp. 18-26
- [26] STRANSKY V., 1997 : La forme urbaine comme régulateur de la vitesse automobile, *Géographie de l'automobile et aménagement des territoires*, Actes de séminaire, INRETS, Arcueil, pp. 85-100
- [27] THOMAS I., 1997 : Accidents de la route et distance au domicile. Approche quantitative pour Bruxelles, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 32, pp. 105-120
- [28] THOMAS I., 1996 : Spatial data agregation: exploratory analysis of road accidents, *Accidents Analysis and Prevention*, Vol. 28, n° 2, pp. 251-264
- [29] THOMAS I., 1988 : Variation spatio-temporelle des accidents de la circulation en Belgique, *Recherche Transport Sécurité*, n° 18-19, pp. 25 à 32
- [30] THOMAS I., 1987 : Les accidents de la circulation en Belgique. Approche géographique exploratoire, *Bulletin de la Société belge d'Etudes géographiques*, LVI-1, pp. 103-112
- [31] THOUÉZ J.-P., ANDRE P., RANNOU A., JOLY M.F., 1992 : L'analyse de régression pour détecter des anomalies en géographie des maladies. Application au cas des accidents de motocyclistes (Québec, 1983-1988), *Recherche Transport Sécurité*, n° 35, pp. 35 à 41

- [32] VANDERMISSEN M.H., POULIOT M., MORIN D., 1996 : Comment estimer l'insécurité d'un site d'accident : état de la question, *Recherche Transport Sécurité*, n° 51, pp. 49 à 60
- [33] ZEITOUNI K., 1998 : *Etude de l'application du Data Mining à l'analyse spatiale du risque d'accidents routiers par l'exploration des bases de données en accidentologie*, Rapport de contrat PRISM - INRETS, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines, Document interne, 32 pages

Notes

- 1 - « a concept by which the researcher tries to take account of the amount of opportunity for accidents which the driver or the traffic system experiences »