

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب

Universite Ain Témouchent-Belhadj Bouchaib



Faculté :Sciences et de la Technologie
Departement : Génie civil et travaux publics
Laboratoire des Structures Intelligentes



THESE

Présentée pour l'obtention du diplôme de DOCTORAT

Domaine : Sciences et technologie

Filière : Travaux Publics

Spécialité : voies et ouvrages d'arts

Par : DERRAS ABDELHAK

Intitulé

La Sécurité Routière dans les Projets Routiers en Algérie

Soutenue publiquement, le / / , devant le jury composé de :

| Nom & Prénom(s) | Grade | Qualité | Etablissement de rattachement |
|-------------------------------|-------|---------------|-------------------------------|
| M. AISSA MAMOUNE SIDI MOHAMED | Pr | Président | Université d'Ain Témouchent |
| M. AMARA KHALED | Pr | Rapporteur | Université d'Ain Témouchent |
| M. OULHA RAMDANE | MCB | Co-rapporteur | Université de Mascara |
| M. BOUMEDIENE AHMED | Pr | Examineur | Université d'Oran |
| M. ELMEICHE NOUREDDINE | Pr | Examineur | Université de Sidi Bel Abbés |
| Mme. MAROUF HAFIDA | MCA | Examineur | Université d'Ain Témouchent |

Année Universitaire : 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

L'achèvement de ce travail mené sur plusieurs années procure une grande satisfaction. Je voudrais profiter de cette opportunité pour remercier tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de cette thèse.

Remercions en premier lieu, Dieu tout puissant de m'avoir permis de mener à bien et d'achever ce modeste travail.

*Je remercie Monsieur **AMARA KHALED**, Professeur à l'université Belhadj Bouchaib, pour m'avoir encadré. Je la remercie pour toute la patience et la disponibilité dont il a fait preuve à mon égard. Ses conseils et remarques constructives m'ont permis d'améliorer grandement la qualité de mes travaux.*

*Je remercie Monsieur **OULHA RAMDANE**, Docteur à l'Université Mustapha Stambouli de Mascara pour avoir dirigé mes recherches. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de ces années et pour tous ses conseils et remarques constructives. Son contact a d'ailleurs été très enrichissant tant au niveau humain qu'au niveau de mon travail. Il peut être assuré de mon sincère respect et de ma profonde gratitude.*

*Je tiens également à remercier Monsieur **AISSA MAMOUN SIDI MOHAMMED**, Professeur à l'Université Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent et Responsable du Laboratoire des Structures Intelligentes (SSL), de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Je tiens également à remercier Monsieur **BOUMEDIENE AHMED**, Professeur à l'Université d'Oran, pour avoir accepté d'être Examineur de mon travail. Je tiens à lui exprimer mes remerciements pour l'honneur qu'il me fait en participant à ce jury*

*Je remercie également Madame **MAROUF HAFIDA**, Professeur à l'Université Belhadj Bouchaib d'Ain Témouchent, pour toute l'attention dont elle a fait preuve en examinant cette thèse et pour l'honneur qu'elle me fait en participant à ce jury.*

*Je tiens également à remercier Monsieur **ELMEICHE NOUREDDINE**, Professeur à l'Université Djilali Liabes de Sidi Abbas, d'avoir accepté d'être examinateur pour mon travail. Je tiens à lui exprimer mes remerciements pour l'honneur qu'il me fait en participant à ce jury.*

Je tiens également à remercier tous mes amis et collègues de l'université Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent. Ainsi Je voudrais également remercier les responsables de l'entreprise chargé des deux projets autoroutiers pris comme étude de cas, Algérienne des autoroutes

Remerciement

*(ADA) pour m'avoir ouvert les portes de l'entreprise sans aucune limite, Je tiens tout particulièrement à saluer Monsieur **SEKKAK MUSTAPHA**, que j'ai rencontré régulièrement durant le stage, et qui a pris le temps de répondre à mes questions et de m'expliquer la gestion des projets routiers. Sans lui, je n'aurais pas pu terminer mon stage. Il était disponible tout du long.*

Je voudrais également remercier toutes les personnes extérieures du domaine universitaire qui m'ont, à leur façon, apporté leur aide.

*En premier lieu, je remercie mes parents qui ont su croire en moi et qui m'ont apporté toute leur aide quand j'en ai eu besoin. Cette thèse leur est dédié à 200%. Je remercie également toute ma famille (qui ne cesse de s'agrandir) qui a contribué de près ou de loin à ce que je suis devenu. Je souhaite également exprimer ma sincère gratitude à mes frères et sœurs (**ABDELKADER, MOHAMMED, KARIMA, HIDAYET, LEILA, AMINA**) qui ont eu le droit et le privilège de me supporter pendant plus de vingt ans.*

*Je souhaite également remercier tous mes amis de grande date qui ont su m'apporter confiance et écoute à tous les moments. Je remercie particulièrement **KHELIFA LAKHDAR** pour avoir partagé un grand nombre d'années à mes côtés*

Résumé

Le réseau routier algérien ne cesse d'enregistrer quotidiennement des pertes humaines et matérielles dues aux accidents de la route. L'insécurité routière représente une grande menace pour la société et un lourd fardeau pour la trésorerie de l'état. A l'heure actuelle et face la multiplication des accidents de la circulation sur les différentes routes, la sécurité routière est devenue l'un des axes importants dans différents domaines. Et pourtant, il demeure parmi les axes les moins traités dans les recherches académiques en Algérie ce qui représente aujourd'hui un défi remarquable pour les chercheurs et praticiens qui évoluent notamment dans le domaine des travaux publics.

Les causes des accidents de la route en Algérie sont imputées en grande partie aux humains (comportement humain) dans 90% des cas. L'interprétation donnée à cette désignation (comportement humain) est généralement se réduit à la sanction de l'utilisateur de la route en premier lieu le conducteur de véhicule. Il est par ailleurs un problème qui peut survenir de très loin depuis la naissance de l'idée du projet routier en passant par son étude, sa réalisation et jusqu'à sa mise en ouverture à la circulation des véhicules. Il est communément connu également que la réalisation d'un projet routier ou autoroutier est un processus fort complexe et est confrontée sur le terrain aux différentes contraintes (contraintes d'ordre financières, technique, administratives, organisationnelles, etc.). Ce travail tentera de développer un nouveau modèle prédictif des accidents de la route ; calibré et dans le contexte de l'environnement routier algérien et de manière proactive. Ce travail tentera également d'étudier quantitativement l'étendue de l'impact combiné des différentes caractéristiques géométriques, de la chaussée et du trafic sur la sécurité routière en vue d'une meilleure prise en charge de ce problème et d'atténuer l'insécurité sur les routes algériennes. La combinaison de plusieurs outils d'analyse (analytiques, numériques, systèmes d'information) aidera à mieux analyser le problème étudié.

Mots clés :

Sécurité routière, projet routier en Algérie, causes des accidents de la route, audit d'un nouveau projet routier,

Abstract

The Algerian road network does not cease to record daily human and material losses due to road accidents. Road insecurity represents a great threat to society and a heavy burden on the state treasury. At present and in the face of the multiplication of traffic accidents on the different roads, road safety has become one of the important axes in different fields. And yet, it remains among the least treated axes in the academic research in Algeria which represents today a remarkable challenge for the researchers and practitioners who evolve in particular in the field of the public works.

The causes of road accidents in Algeria are largely attributed to the famous (human behavior) in 90% of cases. The interpretation given to this designation (human behavior) is generally reduced to the punishment of the road user, primarily the vehicle driver. It is also a problem that can occur from the very beginning of the idea of the road project, through its study, its realization and until its opening to the traffic. It is also commonly known that the realization of a road or highway project is a very complex process and is confronted on the ground with various constraints (financial, technical, administrative, organizational constraints, etc.). This work will also attempt to quantitatively study the extent of the combined impact of different geometric, pavement and traffic characteristics on road safety with a view to better addressing this problem and mitigating insecurity on Algerian roads. The combination of several analysis tools (analytical, numerical, information systems) will help to better analyze the studied problem.

Keywords:

Road safety, road project in Algeria, causes of road accidents, audit of a new road project,

تواصل شبكة الطرق الجزائرية تسجيل خسائر بشرية ومادية يومية بسبب حوادث الطرق. يمثل انعدام الأمن على الطرق تهديدًا كبيرًا للمجتمع وعبئًا ثقيلًا على خزينة الدولة في الوقت الحالي، وفي مواجهة تضاعف الحوادث المرورية على الطرق المختلفة، أصبحت السلامة على الطرق أحد المحاور المهمة في مختلف المجالات. ومع ذلك، لا يزال من بين المجالات الأقل تعاملًا في البحث الأكاديمي في الجزائر، والذي يمثل اليوم تحديًا ملحوظًا للباحثين والممارسين الذين يتطورون بشكل خاص في مجال الأشغال العامة. تُعزى أسباب حوادث الطرق في الجزائر إلى حد كبير إلى (السلوك البشري) الشهير في 90% من الحالات. التفسير المعطى لهذا التعيين (السلوك البشري) يشير بشكل عام إلى استخدام الطريق في المقام الأول سائق السيارة. كما أنها مشكلة يمكن أن تنشأ من مسافة بعيدة جدًا منذ ولادة فكرة مشروع الطريق مرورًا بدراساتها، إدراكها وحتى انفتاح الطريق لحركة المركبات. من المعروف أيضًا أن تحقيق مشروع طريق أو طريق سريع هو عملية معقدة للغاية ويواجه على أرض الواقع قيودًا مختلفة (قيود مالية، وتقنية، وإدارية، وتنظيمية، وما إلى ذلك). سيجادل هذا العمل تطوير نموذج تنبؤي جديد لحوادث الطرق؛ معياره وفي سياق بيئة الطرق الجزائرية وبشكل استباقي. سيجادل هذا العمل أيضًا إجراء دراسة كمية لمدى التأثير المشترك لمختلف الخصائص الهندسية والأرصدة والمرور على سلامة الطرق بهدف معالجة هذه المشكلة بشكل أفضل والتخفيف من انعدام الأمن. على الطرق الجزائرية. سيساعد الجمع بين العديد من أدوات التحليل (التحليلية والرقمية ونظم المعلومات) على تحليل المشكلة المدروسة بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية:

السلامة على الطرق، مشروع الطرق في الجزائر، أسباب حوادث الطرق، تدقيق مشروع طريق جديد،

Table des Matières

Introduction Générale

| | |
|---|----|
| 1 Introduction | 1 |
| 1.1 La situation de la sécurité routière dans le monde..... | 2 |
| 1.2 La situation de la sécurité routière en Algérie | 4 |
| 2 Problématique..... | 8 |
| 3 Objectifs | 9 |
| 3.1 Objectifs Généraux | 9 |
| 3.1 Objectifs spécifiques..... | 9 |
| 4 Structure de la thèse | 10 |

Partie I

Recherche Bibliographique

Chapitre I Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

| | |
|--|----|
| I.1 Introduction..... | 13 |
| I.2 Concepts fondamentaux de la sécurité routière | 14 |
| I.2.1 Sécurité routière | 14 |
| I.2.2 Insécurité routière..... | 14 |
| I.2.3 Indicateurs de sécurité routière | 15 |
| I.3 Accidents de circulation..... | 16 |
| I.3.1 Classification des accidents..... | 16 |
| I.3.2 Facteurs de risque contribuant aux accidents de la route | 17 |
| I.3.2.1 Comportement humain | 18 |
| I.3.2.2 Facteurs liés au véhicule..... | 23 |
| I.3.2.3 facteurs liées à l'infrastructure routière | 24 |
| I.4 Axes de recherche dans le domaine de sécurité routière | 25 |
| I.4.1 Axes de recherche liés au comportement humain | 26 |
| I.4.2 Axes de recherche liés aux véhicule | 27 |
| I.4.3 Axes de recherche liés à l'infrastructure routière..... | 28 |
| I.5 Gestion de la sécurité routière..... | 29 |
| I.5.1 Gestion réactive de la sécurité routière | 31 |
| I.5.2 Obstacle associé à la gestion réactive de la sécurité routière | 32 |
| I.5.3 Gestion Proactive de la sécurité routière..... | 33 |
| I.5.4 Obstacle associé à la Gestion Proactive de la sécurité routière..... | 34 |
| I.5.5 Données de sécurité routière | 35 |

Table des Matières

| | | |
|---------|---|----|
| I.5.6 | Obstacle associé aux collectes des données statiques des accidents de circulation | 36 |
| I.5.6.1 | Le sous-enregistrement : | 36 |
| I.5.6.2 | Les erreurs de déclarations : | 36 |
| I.6 | Approches de la sécurité routière | 36 |
| I.6.1 | L'approche traditionnelle | 36 |
| I.6.2 | L'approche systémique | 37 |
| I.6.3 | la vision zéro | 40 |
| I.7 | Amélioration de la sécurité routière | 41 |
| I.8 | Les structures organisationnelles en sécurité routière | 42 |
| I.8.1 | Les premiers pas d'une stratégie en sécurité routière | 43 |
| I.8.2 | Les structures de gestions en sécurité routière | 43 |
| I.8.2.1 | La coordination aux plus hauts échelons | 44 |
| I.8.2.2 | La coordination aux plus hauts échelons | 45 |
| I.8.2.3 | La coordination du ministère responsable | 46 |
| I.9 | Conclusion | 47 |

Chapitre II L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

| | | |
|--------|---|----|
| II.2 | Introduction | 48 |
| II.2 | Vitesse | 50 |
| II.2.1 | Vitesse de conception | 50 |
| II.2.2 | Vitesse de circulation | 50 |
| II.3 | Volume de Trafic (Flux extérieur) | 52 |
| II.4 | Largeur de voie et nombre de voies | 53 |
| II.5 | La largeur et le type d'accotement | 55 |
| II.6 | Alignement horizontal (Rayon de courbure) | 58 |
| II.7 | Alignement vertical (Pente) | 61 |
| II.8 | État de la chaussée | 63 |
| II.9 | Distance de visibilité | 67 |
| II.9.1 | Distance d'arrêt : | 68 |
| II.9.2 | Distance de visibilité de dépassement | 68 |
| II.10 | Conclusion | 69 |

Chapitre III Développement récents en matière de sécurité routière

| | | |
|---------|--|----|
| III.1 | Introduction | 72 |
| III.2 | Approche en matière de sécurité routière | 73 |
| III.2.1 | Approche de Système de sécurité : | 73 |

Table des Matières

| | | |
|-----------|---|-----|
| III.2.1.1 | Approches pour un système sûr | 74 |
| III.2.1.2 | Les approches pour un système sûr : différences conceptuelles | 76 |
| III.2.2 | La vision zéro de la Suède (Administration suédoise des Routes) | 77 |
| III.2.3 | Conception centrée sur l'utilisateur | 79 |
| III.2.3.1 | Adapter l'environnements routier aux besoins des utilisateurs : limitation et capacité | 79 |
| III.2.3.2 | Accueillir les conducteurs plus âgés | 80 |
| III.2.4 | Les Décennies d'actions pour la sécurité routière 2011-2020 / 2021-2030 | 80 |
| III.2.4.1 | Pourquoi une décennie d'action pour la sécurité routière ? | 80 |
| III.2.4.2 | Cadre pour la Décennie d'action | 81 |
| III.2.4.3 | Buts et objectifs | 81 |
| III.2.4.4 | Activités | 82 |
| III.3 | Audit de sécurité routière | 87 |
| III. 3.1 | Pourquoi les audits de sécurité routière sont-ils nécessaires ? | 88 |
| III.3.2 | Coût et bénéfices des audits de sécurité routière : | 88 |
| III.3.3 | Les stades d'audit de sécurité routière : | 89 |
| III.3.4 | Approches d'audits de sécurité routière | 91 |
| III.3.4.1 | Approche Proactive | 91 |
| III.3.4.2 | Approche Réactive | 91 |
| III.3.5 | L'intégration d'audit de sécurité routière dans les projet routiers/autoroutiers en Algérie | 92 |
| III.3.5.1 | Approche Proactive | 92 |
| III.3.5.2 | Approche réactive | 93 |
| III.4 | Programmes d'évaluation routière | 94 |
| III.4.1 | Programme international d'évaluation des route iRAP : | 94 |
| III.7.1.1 | Aperçu : | 94 |
| III.4.1.2 | La notation par étoiles | 96 |
| III.4.1.3 | Le plan d'investissement pour des routes plus sûres | 97 |
| III.4.1.4 | Méthodologie | 97 |
| III.4.2 | Le programme européen d'évaluation des routes (EuroRAP) | 101 |
| III.4.2.1 | Les objectifs | 101 |
| III.4.2.2 | Les valeurs | 101 |
| III.4.2.3 | EuroRAP et l'approche du système sûr | 102 |
| III.4.3 | Le programme néo-zélandais d'évaluation des routes (KiwiRAP) | 102 |
| III.4.3.1 | Les objectifs | 102 |
| III.4.4 | Le programme d'évaluation des routes australiennes (AusRAP) | 103 |

Table des Matières

| | |
|--|-----|
| III.4.5 Le programme d'évaluation des routes des États-Unis (usRAP)..... | 104 |
| III.5 Conclusion..... | 105 |

Partie II

Analyse et Diagnostique de la sécurité routière : cas de l'Algérie

Chapitre IV Présentation des zones cas d'études

| | |
|---|-----|
| IV.1 Introduction..... | 107 |
| IV.2 Présentation des zones d'études :..... | 108 |
| IV.2.1 Pénétrante autoroutière de GHZAOUET | 108 |
| IV.2.1.1 Contexte du projet..... | 108 |
| IV.2.1.2 Localisation géographique du projet..... | 109 |
| IV.2.1.3 Zone d'influence du Projet | 109 |
| IV.2.1.4 Localisation géologique et hydrogéologique..... | 110 |
| IV.2.1.5 Climat | 112 |
| IV.2.1.6 Impact sur l'environnement..... | 114 |
| IV.2.1.7 Principales sensibilités et contraintes des milieux traversés..... | 115 |
| IV.2.1.8 Les différents intervenants du projet | 115 |
| IV.2.2 Pénétrante autoroutière Mascara-SIG | 116 |
| IV.2.2.1 Contexte du projet..... | 117 |
| IV.2.2.2 Localisation géographique du projet..... | 118 |
| V.2.2.3 Les différents intervenants du projet..... | 120 |
| IV.3 Conclusion | 126 |

Chapitre V Méthodologies

| | |
|--|-----|
| V.1 Introduction | 127 |
| V.2 Collecte de données..... | 128 |
| V.2.1 Description de la campagne de recensement du trafic..... | 128 |
| VI.2.2 Caractéristiques de conception des routes, conditions de chaussée et de circulation | 132 |
| V.3 Outils de recherche | 136 |
| V.3.1 Mise en œuvre de l'IRAP (International road programme d'évaluation | 136 |
| V.3.1.1 Le facteur de modification de collision (CMF)..... | 136 |
| V.3.1.2 Types d'utilisateur : | 141 |
| V.3.1.3 Types d'accidents : | 142 |

Table des Matières

| | |
|---|-----|
| V.3.1.4 Equation du score de notation par étoiles | 142 |
| V.3.1.5 Catégorisation des scores de risque..... | 143 |
| V.3.2 L'utilisation des Système d'information géographique pour la localisation des lieux à haut risque d'accidents de la route | 144 |
| V.3.3 Inspection de terrain | 147 |
| V.4 Conclusion..... | 149 |

Chapitre VI Résultats et discussions

| | |
|------------------------|-----|
| VI.1 Introduction..... | 150 |
|------------------------|-----|

Diagnostic et analyse proactive de la sécurité routière

| | |
|---|-----|
| VI.1.1 Application du Programme International d'évaluation des Routes : | 151 |
| VI.1.1.1 Codage des Attributs de la route : | 151 |
| VI.1.1.2 Cartouches de calculs..... | 156 |
| VI.1.1.3 Notation par étoiles | 158 |
| VI.1.2 Utilisation des systèmes d'informations géographiques | 162 |
| VI.1.2.1 Données et sources d'informations..... | 162 |
| VII.1.2.2 Analyse spatiale du risque routier | 163 |
| VI.1.3 Inspection terrain | 165 |

Diagnostic et analyse réactive de la sécurité routière

| | |
|---|-----|
| VI.2.1 Application du Programme International d'évaluation des Routes : | 169 |
| VI.2.1.1 Codage des Attributs de la route : | 169 |
| VI.2.1.2 Notation par étoiles | 173 |
| VI.2.2 Utilisation des systèmes d'informations géographiques | 176 |
| VI.2.2.1 Données et sources d'informations..... | 176 |
| VI.2.2.2 Analyse spatiale du risque routier..... | 176 |
| VI.2.3 Inspection de terrain..... | 178 |
| VI.3 Conclusion | 182 |

Conclusion Générale

Liste des Figures

Introduction Générale

| | |
|--|----|
| Figure 1 les principales causes de mortalité dans les pays à revenu intermédiaire | 3 |
| Figure 2 Taux de mortalité routière dans les différentes régions de l'OMS en 2015 | 4 |
| Figure 3 Evolution du nombre d'accidents de circulation en Algérie 1970 – 2020 | 7 |
| Figure 4 Evolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués 1970 – 2020..... | 7 |
| Figure 5 Structuration de la Thèse..... | 11 |

Chapitre I Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

| | |
|--|----|
| Figure I.1 Le typique usager, véhicule, route dans le système sûr | 14 |
| Figure I.2 Approche systématique de la sécurité routière durable | 18 |
| Figure I.3 Risque relatif d'implication du conducteur dans un accident de la route en fonction du taux d'alcoolémie..... | 20 |
| Figure I.4 Véhicules lourds impliqués dans des accidents de la route liée à la fatigue selon l'heure de la journée | 23 |
| Figure I.5 Le système structuré de gestion de la sécurité routière | 30 |
| Figure I.6 Le processus séquentiel du programme d'amélioration de la sécurité routière (HSIP) du MoTH..... | 32 |
| Figure I.7 Les premiers pas d'une stratégie adéquate en sécurité routière, Source..... | 43 |
| Figure I.8 Cas de coordination des actions de sécurité routière au plus haut niveau de l'organisation institutionnelle..... | 45 |
| Figure I.9 Cas d'une coordination des actions de sécurité routière par le biais d'une agence gouvernementale | 45 |
| Figure I.10 Cas d'une coordination des actions de sécurité routière par un ministère responsable | 46 |

Chapitre II L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

| | |
|--|----|
| Figure II.1 Facteurs influençant la survenue d'accidents de la route | 48 |
| Figure II.2 Relation entre la variation en pourcentage de la vitesse et la variation en pourcentage des accidents de la route dans le modèle de puissance | 51 |
| Figure II.3 Relation entre AADT et accidents de la route | 53 |
| Figure II.4 Relation entre la largeur des voies, la vitesse de circulation et la sécurité sur les routes rurales à deux voies | 54 |
| Figure II.5 Effet des accotements sur les accidents de la route..... | 56 |
| Figure II.6 Exemples illustrant la relation entre le taux d'accidents [nombre d'accidents pour 106 véhicules-kilomètres (Acc. /MVkm)] et le rayon de courbe | 58 |
| Figure II.7 Risque de collision relatif sur divers rayons de courbe horizontale..... | 59 |
| Figure II.8 fréquence d'accident et rayon de courbure | 60 |
| Figure II.9 Taux d'accidents et taux de coût des accidents par rapport au grade | 62 |
| Figure II.10 La relation entre la rugosité de la chaussée et le taux d'accidents de la route..... | 66 |
| Figure II.11 Sévérités moyennes pour plusieurs groupes d'indicateurs de chaussée | 67 |

Chapitre III Développement récents en matière de sécurité routière

| | |
|---|----|
| Figure III. 1 L'évolution des pratiques de gestion de la sécurité routière selon l'Organisation mondiale de la santé et la Banque mondiale | 74 |
| Figure III. 2 Mesures recommandées pour encourager le transport multimodal et l'aménagement du territoire..... | 84 |

Liste des Figures

| | |
|---|-----|
| Figure III. 3 Mesures recommandées pour améliorer la sécurité de l'infrastructure routière 2021-2030 | 84 |
| Figure III. 4 Mesures recommandées pour assurer la sûreté des véhicules 2021-2030 | 85 |
| Figure III. 5 Mesures recommandées pour garantir un usage sûr de la route 2021-2030 | 86 |
| Figure III. 6 Mesures recommandées pour améliorer les interventions après un accident 2021-2030 | 87 |
| Figure III.7 Stades de l'Audit de la Sécurité Routière | 89 |
| Figure III. 8 Intégration des proactive d'Audit de sécurité routière | 92 |
| Figure III. 9 Intégration des approches réactives d'Audit de sécurité routière | 93 |
| Figure III. 10 La procédure de notation par étoiles et de plan d'investissement pour des routes plus sûres de l'iRAP | 96 |
| Figure III. 11 Tués sur les routes par catégorie d'usagers | 98 |
| Figure III.12 Résultats du classement par étoile 2013 sur le réseau routier australien | 103 |

Partie II

Analyse et Diagnostique de la sécurité routière : cas de l'Algérie

Chapitre IV Présentation des zones d'études

| | |
|---|-----|
| Figure IV.1 Liaison Autoroutière Reliant le port de GHAZAOUET a l'AEO | 108 |
| Figure IV.2 Pénétrante autoroutière de GHAZAOUET | 109 |
| Figure IV.3 Zone d'influence de la pénétrante autoroutière GHAZAOUET 110 | 110 |
| Figure IV.4 Projection du tracé sur la carte géologique | 111 |
| Figure IV.5 Carte hydrologique des bassins versant autour d'un tronçon du projet | 112 |
| Figure IV.6 Histogramme représentant les températures moyennes mensuelles en (°c) de la station de GHAZAOUET (..... | 113 |
| Figure IV.7 Histogramme représentant les précipitations moyennes en (mm) dans la station de GHAZAOUET | 114 |
| Figure IV.8 Groupement d'entreprises Algéro-Chinois chargé du lot 01 | 116 |
| Figure IV.9 Les pénétrants outils de liaison rapides entre l'Autoroute Est-Ouest et la Rocade des Hauts Plateaux | 117 |
| Figure IV.10 Lot 1 de la pénétrante autoroutière MASCARA-SIG | 118 |
| Figure IV.11 Variantes proposées de la pénétrante autoroutière « MASCARA-SIG » | 118 |
| Figure IV.12 Lot 2 de la pénétrante autoroutière MASCARA-SIG | 120 |
| Figure IV. 13 La division des travaux ADA | 120 |
| Figure IV. 14 Groupement d'entreprise Algéro-chinois | 121 |
| Figure IV. 15 Groupement d'entreprise Algéro-Espagnol | 121 |
| Figure IV.16 La division de bureau de contrôle et suivi | 122 |
| Figure IV. 17 Le contrôle au niveau de l'entreprise ADA | 123 |
| Figure IV. 18 Les procès-verbaux au niveau de l'entreprise ADA | 123 |
| Figure IV.19 Cycle administratif d'une réponse technique | 124 |
| Figure IV.20 La décision finale appartient au Maître d'ouvrage | 125 |
| Figure IV.21 Cas où l'entreprise fait l'étude | 125 |

Chapitre V Méthodologies

| | |
|---|-----|
| Figure V.1 L'évolution du trafic dans la zone d'influence du projet (la ZIP) entre 2008 et 2015 | 131 |
| Figure V.2 Décès dus à des accidents de la circulation par type d'utilisateur et par régions de l'OMS ; 2010 | 141 |

Liste des Figures

| | |
|--|-----|
| Figure V.3 Equation du SRS pour les occupants de véhicules et motocyclistes | 143 |
| Figure V.4 Identification des objets en mode raster et en mode vecteur..... | 145 |
| Figure V.5 Les étapes de l'élaboration du SIG | 147 |

Chapitre VI Résultats et discussions

| | |
|---|-----|
| Figure VI. 1 Exemple du processus de codage pour une section de l'itinéraire dans la zone du projet (PK3+700)..... | 152 |
| Figure VI. 2 Relation entre le niveau de sécurité (classement par étoiles), la vitesse de circulation et le rayon de courbure..... | 160 |
| Figure VII.3 Numérisation de la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET | 163 |
| Figure VI.4 La variation du degré de courbure sur la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET | 164 |
| Figure VI.5 Notation par étoiles du risque routier sur les autoroutes algériennes : étude de cas du tronçon GHAZAOUET | 165 |
| Figure VI.6 Exemple du processus de codage pour une section de l'itinéraire dans la zone du projet (Pénétrante autoroutière Mascara-Sig) | 169 |
| Figure VII.7 Carrefour giratoire plan (PK7+700)..... | 174 |
| Figure VI.8 Accès à la propriété par un branchement direct..... | 175 |
| Figure VI.9 localisation des zones à haut risque déterminer par l'application du programme international d'évaluation des routes..... | 177 |
| Figure VI. 10 Les endroits où les chauffeurs de taxis se sentent en danger d'accident de la circulation | 178 |

Conclusion générale

Liste des Tableaux

Introduction Générale

| | |
|--|---|
| Tableau 1 Nombre d'accidents, de décès, de Blessés et moyenne d'accidents par jour en Algérie (2010-2021) | 5 |
|--|---|

Chapitre I Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

| | |
|---|----|
| Tableau I.1 Exemples d'indicateurs de problèmes d'accident de la circulation | 15 |
| Tableau I.2 Exemple de facteurs influençant le choix de la vitesse du conducteur | 19 |
| Tableau I.3 Facteurs qui prédisposent un conducteur à la fatigue | 22 |
| Tableau I.4 Analyse thématique des approches de la sécurité routière selon la revue de cadrage | 40 |

Chapitre II L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

| | |
|---|----|
| Tableau II. 1 Effet de la vitesse de conception sur le taux d'accidents et le coût des accidents | 50 |
| Tableau II. 2 Largeurs des voies de circulation | 55 |
| Tableau II.3 Effets de l'élargissement de l'accotement pour les types d'accidents connexes sur les routes rurales à deux voies | 57 |
| Tableau II.4 Largeur d'accotement recommandée pour les routes rurales non divisées Erreur ! Signet non défini. | |
| Tableau II.5 Rayons en plan et devers associés | 60 |
| Tableau II.6 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan..... | 61 |
| Tableau II.7 Valeurs limites des paramètres du profil en long | 63 |
| Tableau II. 8 Seuils pour l'état de la chaussée utilisant l'IRI | 63 |
| Tableau II.9 Catégories de score de condition..... | 64 |
| Tableau II 10 Echelle d'état de la chaussée Ride Score | 65 |
| Tableau II.11 Les paramètres cinématique et les distances d'arrêt en palier pour les différents niveaux de service..... | 68 |
| Tableau II. 12 Distance de visibilité de dépassement et manœuvre de dépassement | 69 |
| Tableau II.13 Littérature antérieure sur les associations entre les éléments des routes de rase campagne et la sécurité routière | 71 |

Chapitre III Développement récents en matière de sécurité routière

| | |
|--|-----|
| Tableau III.1 Échelons de la notation par étoiles | 100 |
| Tableau III.2 Répartition des notations par étoiles par État/Territoire – Routes nationales | 104 |

Chapitre IV Présentation des zone d'études

| | |
|--|-----|
| Tableau IV.1 les données climatiques de la wilaya de Tlemcen 2016 | 113 |
|--|-----|

Chapitre V Méthodologies

| | |
|---|-----|
| Tableau V. 1 Comptage automatique dans la zone d'influence du projet | 128 |
| Tableau V. 2 Volume de trafic sur la RN 98 (Entrée de GHAZAOUET)..... | 129 |
| Tableau V.3 Volume de trafic sur la RN 98 (au PK 29)..... | 129 |
| Tableau V. 4 Trafic émis et reçu par les dairas de la wilaya | 130 |
| Tableau V. 5 Les proportions des véhicules lourd et véhicules légers et trafic commercial et trafic transport personnel..... | 130 |

Liste des Tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau V.6 Tableau de synthèse de trafics (ADA, 2018) | 131 |
| Tableau V. 7 Liste des codes et formats des variables..... | 135 |
| Tableau V. 8 Coefficient de modification de collision des courbures | 137 |
| Tableau V. 9 Coefficient de modification de collision de la qualité de courbures | 137 |
| Tableau V. 10 Coefficient de modification de collision de la largeur de la voie..... | 137 |
| Tableau V. 11 Coefficient de modification de collision du nombre de voies..... | 137 |
| Tableau V. 12 Coefficient de modification de collision de l'accotement (Distance) | 138 |
| Tableau V. 13 Coefficient de modification de collision de l'accotement (Objet) | 138 |
| Tableau V. 14 Coefficient de modification de collision de la pente | 138 |
| Tableau V. 15 Coefficient de modification de collision des bandes rugueuses sur le bas-côté de la route | 138 |
| Tableau V.16 Coefficient de modification de l'adhérence | 139 |
| Tableau V. 17 Coefficient de modification de collision de l'état de la route | 139 |
| Tableau V. 18 Coefficient de modification de collision de la route de service | 139 |
| Tableau V. 19 Coefficient de modification de collision de la bande de grondement de ligne centrale | 139 |
| Tableau V. 20 Coefficient de modification de collision du type d'intersection | 139 |
| Tableau V. 21 Coefficient de modification de collision de la qualité d'intersection..... | 140 |
| Tableau V. 22 Coefficient de modification de collision de l'éclairage public..... | 140 |
| Tableau V. 23 Coefficient de modification de collision de canalisation de la circulation dans les intersections | 140 |
| Tableau V. 24 Coefficient de modification de collision des points d'accès aux propriétés . | 141 |
| Tableau V.25 Types d'accidents pris en compte dans les modèles de notation par étoiles... | 142 |
| Tableau V.26 Échelons et couleurs de la notation par étoiles..... | 144 |

Chapitre VI Résultats et discussions

| | |
|--|-----|
| Tableau VI.1 Les caractéristiques des segments de la pénétrante autoroutière de Ghazaoeut..... | 152 |
| Tableau VI.2 Les caractéristiques des intersections de la pénétrante autoroutière de GHAZAOEUT | 156 |
| Tableau VI.3 Classement par étoiles des occupants des véhicules pour le type d'accident avec perte de contrôle : PK01-Segment 2 | 157 |
| Tableau VI. 4 Résultats de calcul pour les segments à deux type d'accidents (PK01 / PK02)..... | 157 |
| Tableau VI. 5 Score par étoiles pour l'intersection de type Carrefour giratoire..... | 158 |
| Tableau VI. 6 Résultats de notations par étoiles – Pénétrante autoroutière GHAZAOUET | 158 |
| Tableau VI.7 Evaluation proactive du Risque routier..... | 161 |
| Tableau VI. 8 Résultats de notations par étoiles pour les intersections | 162 |
| Tableau VI.9 Localisation des anomalies en terme de sécurité routière 'Pénétrante autoroutière GHAZAOUET' | 166 |
| Tableau VI.10 Les caractéristiques des segments de la pénétrante autoroutière de Mascara-Sig | 170 |
| Tableau VI. 11 Les caractéristiques des intersections de la pénétrante autoroutière de Mascara-Sig | 173 |
| Tableau VI. 12 Résultats de notations par étoiles – Pénétrante autoroutière de MASCARA..... | 173 |
| Tableau VI. 13 Résultats de notations par étoiles pour les intersections | 176 |
| Tableau VI.14 Anomalies en terme de sécurité routière « Pénétrante autoroutière Mascara-Sig »... | 179 |

Liste des acronymes

| | |
|-----------------------|---|
| OMS | Organisation mondiale de la Santé |
| ONS | Office National des Statistiques |
| CNPSR | Centre national de prévention et sécurité routière |
| ONU | Organisation des Nations unies |
| AASHTO | American Association of State Highway and Traffic Officials |
| SANRAL | South African National Road Agency Limited |
| NCHRP | National Cooperative Highway Research Program |
| ROR | Run-Off-Road Collisions |
| ETSC | Conseil européen de la sécurité des transports |
| ATC | Guide de conception géométrique des routes canadiennes |
| MoTH | Ministère des Transports et des Autoroutes de la Colombie-Britannique |
| TA | Taux d'alcoolémie |
| ABS | Système de freinage |
| ZIP | Zone d'influence du projet |
| GPS | Navigation |
| RTC | Road traffic collision 'accidents de circulation' |
| Vd | la vitesse de conception |
| V85 | la vitesse du 85e centile |
| TJMAA | trafic journalier moyen annuel |
| ADT | trafic journalier moyen |
| iRAP | Programme international d'évaluation des route |
| EuroRAP | Le programme européen d'évaluation des routes |
| KiwiRAP | Le programme néo-zélandais d'évaluation des routes |
| AusRAP | Le programme d'évaluation des routes australiennes |
| CMF | Coefficient de modification de collision |
| SRS | Score de notation par étoiles |
| ASR | Audit de sécurité routière |
| IRI | indice international de rugosité |
| PSI | Indice de service de la chaussée |
| d₁ | distance de visibilité d'arrêt |
| d₀ | la distance élémentaire de freinage |
| d_m | Distance de visibilité de dépassement minimale |
| D_n | Distance de visibilité de dépassement normale |
| D_{Ma} | Distance de visibilité de manœuvre de dépassement |

An orange scroll graphic with a light orange background and a darker orange border. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Introduction Générale

Introduction Générale

1 Introduction

Les accidents de route constituent un important problème économique, social et de santé publique, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Selon la même référence, chaque année, plus d'un million de personnes meurent dans le monde à cause des accidents de la route, soit plus de 2 500 décès par jour. 90 % des décès liés aux accidents de circulation surviennent dans les pays à revenu faible ou intermédiaire (OMS, 2004). Actuellement classés au neuvième rang, les accidents de la route devraient être la cinquième cause de décès en 2030 (OMS, 2011).

La sécurité routière est devenue une préoccupation prioritaire dans de nombreux pays. De nombreux efforts de recherche sur les méthodes d'analyse de la sécurité routière dans le but d'étudier le lien entre la fréquence et la gravité des accidents de la route, et les caractéristiques de la route et du trafic, y compris la modélisation statistique de la sécurité routière (modèles de prévision des accidents), l'analyse géo-spatiale des accidents ont été menés dans le monde entier ces dernières années.

Réduire la fréquence et la gravité des accidents de la route a toujours été l'une des tâches les plus importantes des ingénieurs des transports et de la circulation. La sécurité routière peut être influencée par l'amélioration des aspects géométriques du système routier et son impact sur le comportement des conducteurs, en conjonction avec la formulation et l'application des règles de circulation et en sensibilisant davantage les conducteurs à l'importance de la sécurité routière. L'étude de l'étendue du lien entre les accidents de la route et les caractéristiques de la chaussée peut aider à améliorer la situation précaire de la sécurité routière sur la route.

La capacité de prédire les taux d'accidents de la route est également importante pour les ingénieurs des transports, car elle permet d'identifier les caractéristiques potentielles des routes et du trafic à haut risque qui influencent la fréquence et la gravité des accidents de la route, ainsi que les tronçons de route potentiellement dangereux qui justifient d'autres examens de sécurité routière. De plus, une enquête sur les profils d'accidents de la route et les facteurs de causalité des accidents signalés dans les données historiques sur les accidents est essentielle pour fournir un aperçu des aspects comportementaux des conducteurs sur les routes. Les informations sur les facteurs influençant la survenue d'accidents de la route sont essentielles pour que les autorités chargées de la sécurité routière élaborent, identifient et mettent en œuvre des mesures et des traitements proactifs et correctifs fondés sur des données probantes afin de fournir un environnement de conduite plus sûr.

Introduction Générale

L'objectif de l'étude était de développer un nouveau modèle prédictif des accidents de la route ; calibré et dans le contexte de l'environnement routier algérien et de manière proactive. Ce travail tentera également d'étudier quantitativement l'étendue de l'impact combiné des différentes caractéristiques géométriques, de la chaussée et du trafic sur la sécurité routière en vue d'une meilleure prise en charge de ce problème et d'atténuer l'insécurité sur les routes algériennes. La méthode développée fournit un outil d'aide à la décision simple et fiable de prédire le niveau de risque d'accident de la route et d'identifier les facteurs de risque d'accident combinés qui précèdent potentiellement les accidents de la route et affectent la sécurité des conducteurs sur les routes.

1.1 La situation de la sécurité routière dans le monde

À l'échelle mondiale, les décès et les blessures dus aux accidents de la route ont connu une tendance à la hausse. La sécurité routière est l'un des problèmes les plus importants de la société moderne, plus de 1,3 million d'usagers de la route meurent chaque année sur les routes du monde et que 20 à 50 millions d'autres usagers de la route subissent des blessures non mortelles, de sévérité variable selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2017). La sécurité routière est une préoccupation majeure pour les pays en développement, en raison du plus grand nombre d'accidents avec blessures graves que dans d'autres parties du monde. Les pays en développement seraient responsables de 90 % des accidents de la route dans le monde, bien qu'ils ne possèdent que 48 % du parc automobile mondial (Peden et al., 2017). Les accidents de la route sont en augmentation notamment dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire, Cela est dû en partie à la rapidité de la motorisation dans de nombreux pays en voie de développement qui s'est produite sans investissement correspondant dans les stratégies de sécurité routière (Driss, 2016).

Selon le rapport mondial sur les causes majeures de décès dans le monde, les accidents de la route se placent à la dixième place dans les pays en voie de développement comme le montre la figure 1 (OMS, 2017)

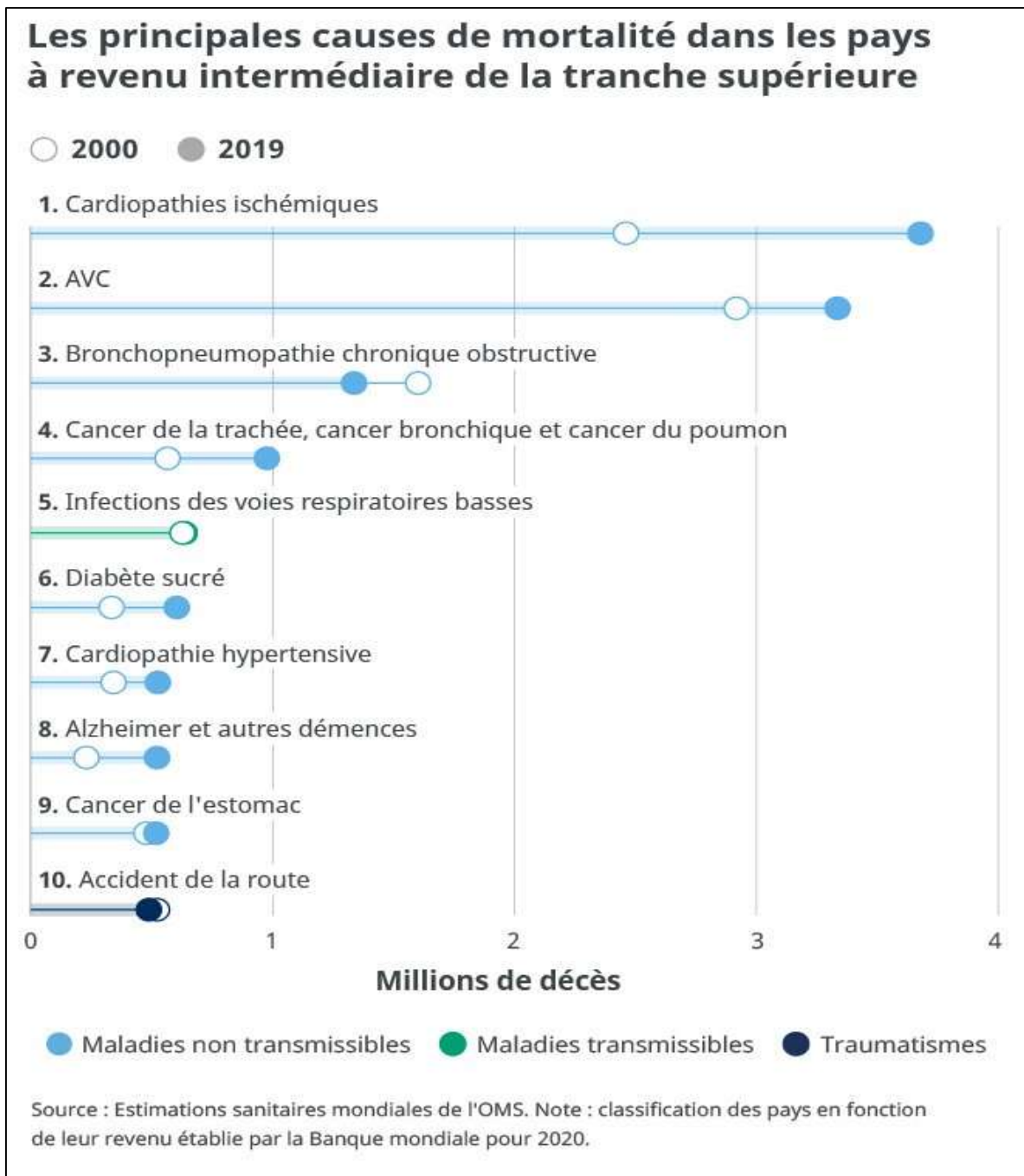


Figure 1 les principales causes de mortalité dans les pays à revenu intermédiaire (Source : OMS, 2018)

La figure 2 illustre les fortes différences de taux de mortalité routière entre les différentes régions du monde. À l'échelle mondiale, le nombre moyen de décès pour 100 000 habitants est inférieur à 9 dans les pays à revenu élevé (HIC), tandis que les pays à revenu intermédiaire (LMIC) ont un taux moyen de mortalité routière de 20, la région africaine affichant le taux de mortalité routière le plus élevé de 26,6 décès pour 100 000 habitants (Organisation mondiale de la santé (OMS), 2018).



Figure 2 Taux de mortalité routière dans les différentes régions de l'OMS en 2015 (Source : OMS, 2015)

L'avenir de la sécurité routière est incertain et certainement pas le même pour toutes les régions du monde (Singh, 2017). Il est donc important que les pays à revenu faible et intermédiaire s'efforcent de concevoir des stratégies de sécurité routière et de mettre en œuvre des plans d'action qui s'alignent sur les conditions locales, au lieu d'adopter les approches de sécurité routière adoptées par les pays à revenu élevé qui ont un environnement routier et des conditions de circulation différents (Wegman, 2017).

1.2 La situation de la sécurité routière en Algérie

La croissance économique en Afrique du Nord, en particulier en Algérie, et le sous-investissement persistant dans la sécurité routière face à la croissance démographique rapide, ainsi qu'à l'urbanisation, ont entraîné une détérioration de l'état des routes. L'Algérie est considérée comme l'un des pays avec le plus grand nombre de décès liés à la circulation routière sur le continent africain (Azzedine and Ghiat, 2015).

La situation de la sécurité routière a été une préoccupation majeure en Algérie ces dernières années, les décès sur les routes étant signalés comme l'une des principales causes de décès en Algérie (ONS, 2015). Une tendance générale à la hausse est observée de 1970 à 2020 comme le montre le tableau 1 qui exprime l'état de l'insécurité routière (CNPSR, 2020).

Les statistiques du Centre national de prévention et de sécurité routière indiquent que l'Algérie a enregistré 39 010 accidents en 2007, avec 4 177 morts et 61 139 blessés, contre 42 477 en 2013, avec 4 540 morts et 69 582 blessés (Azzedine and Ghiat, 2015). Depuis 2014, on

Introduction Générale

observe une diminution relative du nombre d'accidents de la circulation. 35 500 accidents de la circulation ont été recensés en 2014 contre 18 949 accidents en 2020 (CNPSR., 2020).

Tableau 1 Nombre d'accidents, de décès, de Blessés et moyenne d'accidents par jour en Algérie (2010-2021)

| Année | Nombre d'accidents | Décès | Blessés |
|-------|--------------------|-------|---------|
| 1970 | 24 437 | 1 374 | 27 430 |
| 1971 | 24 163 | 1 484 | 20 072 |
| 1972 | 23 621 | 1 601 | 21 883 |
| 1973 | 25 714 | 2 106 | 23 423 |
| 1974 | 26 560 | 2 313 | 24 618 |
| 1975 | 29 484 | 2 579 | 27 954 |
| 1976 | 31 424 | 2 862 | 27 530 |
| 1977 | 31 111 | 3 061 | 27 860 |
| 1978 | 32 616 | 3 046 | 30 143 |
| 1979 | 32 335 | 3 114 | 30 118 |
| 1980 | 33 275 | 2 967 | 31 928 |
| 1981 | 36 428 | 3 216 | 35 616 |
| 1982 | 27 742 | 3 134 | 35 347 |
| 1983 | 29 154 | 3 315 | 35 596 |
| 1984 | 29 497 | 3 628 | 36 612 |
| 1985 | 35 308 | 4 134 | 37 936 |
| 1986 | 34 899 | 3 948 | 38 548 |
| 1987 | 34 292 | 3 699 | 38 012 |
| 1988 | 33 186 | 3 473 | 37 937 |
| 1989 | 31 372 | 3 241 | 36 565 |
| 1990 | 29 493 | 3 410 | 36 955 |
| 1991 | 27 585 | 3 208 | 35 484 |
| 1992 | 27 550 | 3 654 | 35 726 |
| 1993 | 27 842 | 3 673 | 21 689 |
| 1994 | 20 141 | 4 022 | 26 198 |
| 1995 | 20 127 | 3 621 | 26 768 |
| 1996 | 23 949 | 3 381 | 31 952 |
| 1997 | 25 930 | 3 519 | 34 534 |
| 1998 | 28 693 | 3 565 | 38 092 |
| 1999 | 31 639 | 3 885 | 43 765 |
| 2000 | 35 771 | 4 025 | 51 506 |
| 2001 | 38 393 | 3 768 | 54 633 |
| 2002 | 41 754 | 4 314 | 57 013 |
| 2003 | 43 227 | 4 343 | 63 699 |
| 2004 | 43 777 | 4 356 | 64 714 |
| 2005 | 39 233 | 3 711 | 58 082 |
| 2006 | 40 885 | 4 120 | 60 120 |
| 2007 | 39 010 | 4 177 | 61 139 |
| 2008 | 40 481 | 4 422 | 64 708 |

Introduction Générale

| Année | Nombre d'accidents | Décès | Blessés |
|-------|--------------------|-------|---------|
| 2009 | 41 224 | 4 607 | 64 979 |
| 2010 | 32 873 | 3 660 | 52 435 |
| 2011 | 41 467 | 4 598 | 66 300 |
| 2012 | 42 477 | 4 427 | 69 141 |
| 2013 | 42 846 | 3 748 | 69 582 |
| 2014 | 40 101 | 3 984 | 44 546 |
| 2015 | 35 199 | 4 610 | 45 012 |
| 2016 | 28 856 | 3 992 | 44 007 |
| 2017 | 25 038 | 3 639 | 36 287 |
| 2018 | 23 024 | 3 310 | 32 571 |
| 2019 | 22 507 | 3 275 | 31 010 |
| 2020 | 18 949 | 2 800 | 25 836 |

Source : (CNPSR, Etude statistique sur les accidents et les victimes de la circulation, 2020)

La figure 3 montre l'évolution du nombre d'accidents de la circulation en Algérie au cours de la période 1971 à 2020. On peut noter ce qui suit :

- La période 1970-1981 : Les accidents de la circulation ont augmenté de 3,79% en moyenne pour atteindre 36 428 accidents
- La période 1981 - 1982 : Les accidents de la circulation sont diminués à 27 742, avec une moyenne de -23,84%.
- La période 1982 - 1985 : Reprise de la croissance des accidents de la circulation avec une moyenne de 8,66%, s'arrêtant à 35 308 accidents
- La période 1985 - 1995 : La récurrence de ces drames se réduit à un chiffre de 20 127 accidents, avec une moyenne de 5,08%
- La période 1995 – 2004 : Hausse récurrente des accidents de la circulation jusqu'à atteindre ses plus hauts niveaux avec 43 777 accidents, avec un taux moyen de 9,13%
- La période 2004 – 2013 : Il a été témoin de fluctuations dans les résultats du trafic, le nombre d'accidents de la circulation ayant atteint 42 846, avec un taux moyen de 0,45%.
- La période 2013-2020 : le phénomène des accidents de circulation s'est effondré à un taux moyen de -10,85%, avec les niveaux les plus bas enregistrés : 18 949 accidents.

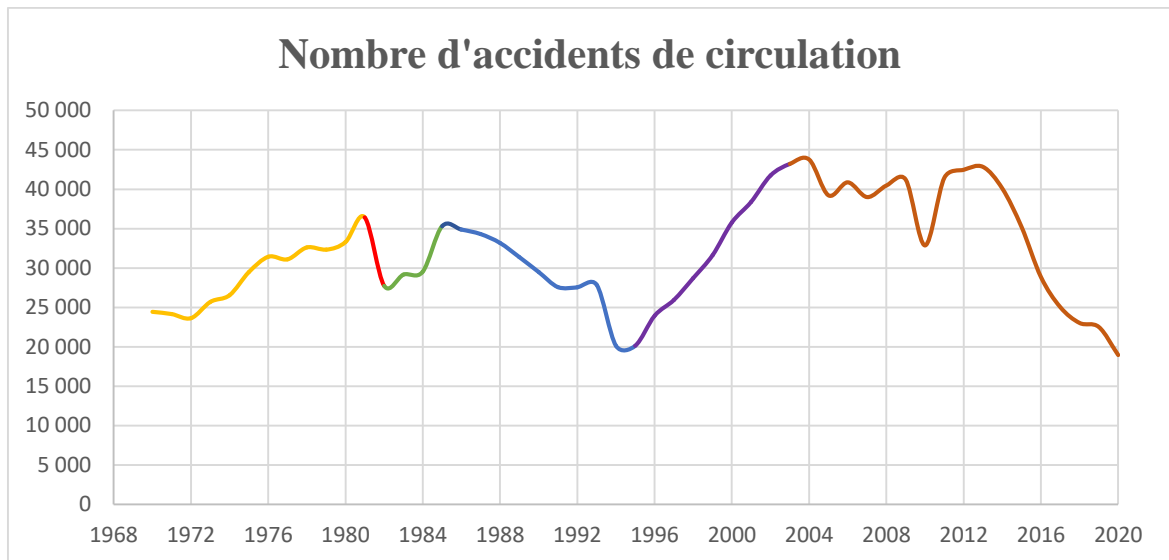


Figure 3 Evolution du nombre d'accidents de circulation en Algérie 1970 – 2020 (Source : CNPSR 2020)

La figure 4 pour montre l'évolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués. Nous constatons une tendance générale à l'augmentation de 2000 à 2013. Les baisses constatées en 2005 et en 2010 sont due principalement aux effets de l'approche répressive. Cependant les effets apparaissent temporaires et les courbes remontent à nouveau. A partir de 2013, une baisse continue est observée sur les courbes qui peut s'expliquer par les efforts importants déployés par les forces de l'ordre pour l'application des règles du code de la route.

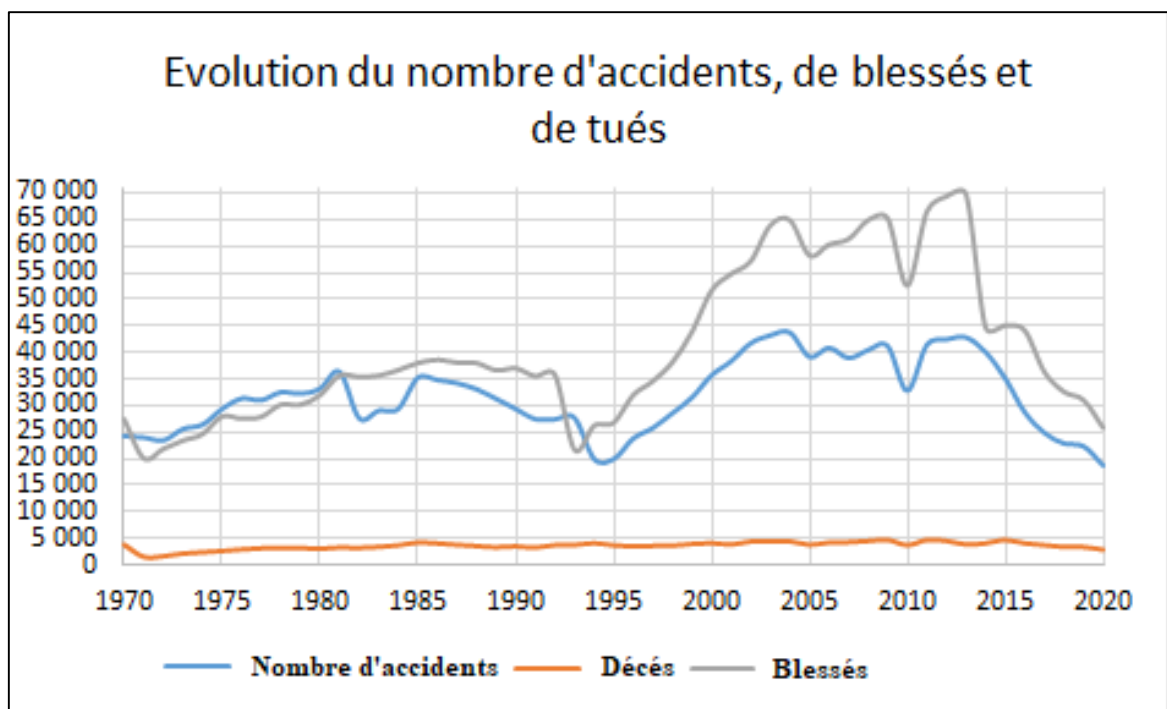


Figure 4 Evolution du nombre d'accidents, de blessés et de tués 1970 – 2020 (Source : CNPSR 2020)

Introduction Générale

Ce drame routier, qui est aussi un obstacle majeur au développement du pays, nous incite à en rechercher les principales causes ainsi qu'à proposer des alternatives pour prévenir les accidents de la route afin d'améliorer la situation de la sécurité routière actuelle.

2 Problématique

L'Algérie est confrontée à la réalité d'une augmentation de la fréquence des accidents mortels, graves et légers. Malgré des infrastructures routières jugées en bon état. De plus, avec l'augmentation du nombre d'accidents en Algérie, la sécurité routière est devenue un axe important dans différents domaines, notamment la recherche scientifique.

Les accidents de la circulation résultent de la combinaison et de l'interaction de plusieurs facteurs interdépendants, notamment le comportement du conducteur, l'environnement routier et les facteurs liés au véhicule (Turner et al., 2015). Bien qu'il soit généralement reconnu que le comportement humain est la principale cause des accidents de la route, l'environnement routier et ses propriétés géométriques jouent un rôle important sur le niveau de risque d'accident, en raison de son impact sur les perceptions des usagers de la route et la sécurité générale (Deller, 2013 ; Taylor et al., 2000).

Les pays en développement, dont l'Algérie, manquent d'outils pour prévenir et étudier la probabilité d'accidents. Par conséquent, les autorités chargées de la sécurité routière ont tendance à être réactives plutôt que proactives dans le traitement des problèmes de sécurité routière. De plus, il existe peu de littérature examinant l'étendue de la relation entre les éléments de conception des routes et le trafic en termes de risque d'accident en Algérie.

En raison du manque d'étude locale sur la relation entre la sécurité routière et les combinaisons d'éléments routiers, les responsables des projets routiers, notamment ceux chargés de l'étude se sont largement appuyés sur les normes importées d'autres pays en l'absence de ressources locales appropriées ; ICTAAL, ICTAVRU ... etc. Les normes de conception routière adoptées par le réseau routier Algérien peuvent ne pas répondre aux exigences, ce qui augmente le risque et contribue au problème de détérioration de la situation de la sécurité routière.

D'où la problématique de notre travail se résumant dans les questions suivantes :

La question centrale à poser est la suivante :

**Quel est l'impact des infrastructures routières sur les accidents de la route ?
Comment exploiter les paramètres des infrastructures routières pour prévenir les accidents de la circulation ?**

Introduction Générale

De ce qui précède, les questions suivantes font l'objet d'un intérêt particulier. Elles constituent l'ossature de notre thèse :

- Le respect des normes de conception est-il suffisant pour assurer la sécurité routière sur les nouveaux projets routiers ?
- Quels impacts pourraient avoir les infrastructures routières (caractéristiques géométriques et techniques de la route) sur les accidents de la route ?
- Comment exploiter les paramètres des infrastructures routières pour prévenir les accidents de la circulation ?
- Comment traiter les problèmes d'accidents de la circulation en Algérie de manière proactive, en fonction des caractéristiques de la route avant même que l'accident ne se produise ?

3 Objectifs

3.1 Objectifs Généraux

Afin d'avoir une route sûre, l'aspect de la sécurité routière doit être intégré dans toutes les phases du projet routier, depuis la naissance de l'idée du projet en passant par son étude et sa réalisation jusqu'à sa mise en circulation. Par conséquent cette étude vise principalement à étudier l'intégration de la sécurité routière dans les projets routiers en Algérie, en évaluant ces derniers dans le cadre du volet sécurité routière.

En outre, l'étude vise à proposer des alternatives pour améliorer la gestion du problème de la sécurité routière. L'étude développe une approche prédictive d'accidents de la route en se basant sur la relation entre les accidents de la route et l'environnement des routes (caractéristiques géométriques et techniques de la route). Il est nécessaire d'informer et d'améliorer la compréhension de l'influence et du rôle des caractéristiques techniques et géométriques de la route sur la fréquence et la gravité des accidents de la route.

3.1 Objectifs spécifiques

L'étude a les objectifs spécifiques suivants :

- Déterminer les principales causes et facteurs contributifs des accidents de la route.
- Déterminer l'impact des caractéristiques techniques et géométriques sur la sécurité routière.

Introduction Générale

- Identifier les variables de conception des routes rurales et les caractéristiques du trafic qui influencent l'incidence des accidents de la route sur les sections d'étude identifiées.
- Proposer des alternatives possibles et des contre-mesures qui contribueront à réduire les problèmes d'accidents de la route.
- Développer un outil de prévision des accidents de la route pour étudier la relation entre la conception géométrique, les conditions de la chaussée et de la circulation et les accidents de la route

4 Structure de la thèse

Pour répondre à notre problématique, nous avons structuré la thèse en deux parties, chaque partie est constituée de trois chapitres selon le schéma ci-dessous (Figure 5)

Après la partie introductive, qui met en lumière la situation de la sécurité routière dans le monde, notamment en Algérie, et identifie la problématique et les objectifs abordés par la thèse. Nous avons divisé le travail en deux parties chaque partie contient 3 chapitres.

Première partie :

Dans le premier chapitre, nous avons commencé par définir les principaux concepts de base de la sécurité routière et mettre en évidence les accidents de la route et les facteurs qui contribuent à la détérioration de la sécurité routière sous différents angles. Une attention particulière est accordée dans la deuxième partie de ce chapitre à la gestion de la sécurité routière et aux obstacles qu'elle peut rencontrer.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté un aperçu bibliographique des études sur l'impact de des caractéristiques techniques et géométriques de la route sur les accidents de la circulation.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des développements récentes dans le domaine de la sécurité routière. Dans ce chapitre, nous avons présenté des outils et des approches de sécurité routière qui visent à améliorer l'état de la sécurité routière dans le monde, y compris les efforts des pays développés et en développement dans la lutte contre ce fléau des accidents de la route.

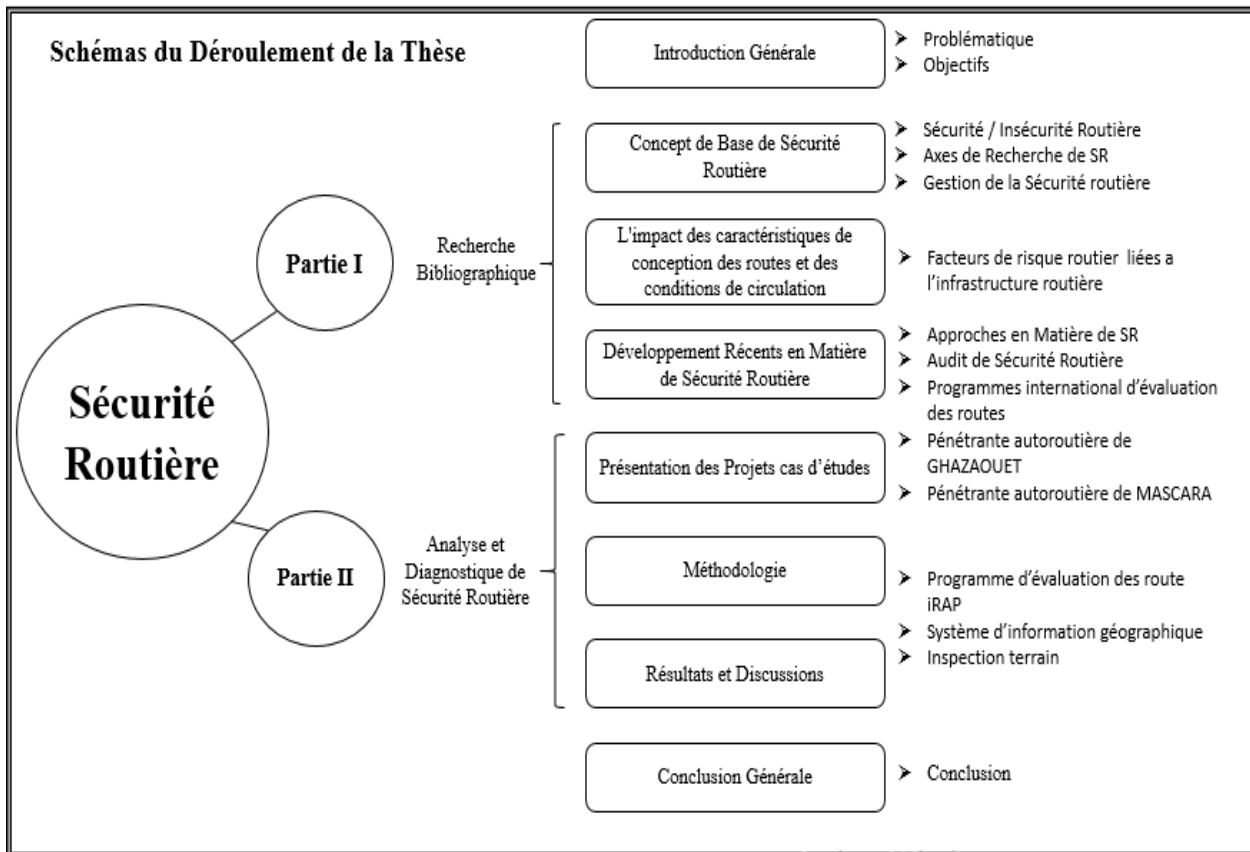


Figure 5 Structuration de la Thèse

Deuxième partie :

Le quatrième chapitre montre, pour sa part, la méthodologie que nous avons appliquée dans notre recherche. D'où l'alternative proposée comme outil d'aide à la décision comporte plusieurs étapes dont l'objectif principal est de prédire les degrés d'exposition aux accidents de la route. La première étape est l'évaluation des routes (étude de cas) à travers l'application du Programme international d'évaluation des routes (iRAP), basée principalement sur les caractéristiques techniques et d'ingénierie de la route. La deuxième étape consiste à combiner iRAP et SIG pour la localisation des zones à haut risque d'accident. La troisième étape consiste en des inspections et des audits de sécurité routière conformément à l'étape du projet routier.

Le cinquième chapitre, quant à lui, dresse le portrait global des projets routiers pris comme étude de cas. Ainsi, une caractérisation de l'état de la circulation et des caractères physiques des deux axes routier est effectuée.

Le chapitre cinq est consacré aux résultats et discussions de nos travaux, notamment les résultats de l'application de l'alternative proposée et comment cette dernière vise à réduire le nombre d'accidents de la circulation sur les routes algériennes. Ainsi que les résultats des contrôles routiers. L'alternative proposée a été mise en œuvre en deux parties :

Introduction Générale

- La première partie est une application proactive de l'alternative proposée à un projet routier en phase de construction, avant la mise en service ; Pénétrante autoroutière de Ghazaouet.
- La deuxième partie est une application interactive de l'alternative proposée dans un projet routier mis en circulation ; Pénétrante autoroutière de Mascara. Cette partie vise à vérifier la validité de l'alternative proposée en examinant l'axe routier sous l'angle de la sécurité routière sur le terrain et en comparant les résultats obtenus en appliquant l'alternative.

Enfin, nous synthétisons les principaux résultats obtenus dans ce travail dans nos conclusions générales, tout en détaillant les contre-mesures et les recommandations pour améliorer la sécurité routière en Algérie.

PARTIE I

***Revue Bibliographique sur l'impact des
caractéristiques de conception des routes sur les
accidents de circulation***

Chapitre I

*Les Facteurs de risque contribuant aux accidents
de la route*

I.1 Introduction

La sécurité routière reste l'un des problèmes les plus importants à l'échelle mondiale, et les tendances actuelles supposées qu'il reste dans un avenir prévisible. Le développement économique a largement bénéficié à l'augmentation de la mobilité et de la motorisation. Avec l'augmentation rapide du nombre de propriétaires de véhicules, les décès prématurés et les invalidités se produisent à des niveaux catastrophiques. Les décès sur les routes dans le monde ont augmenté de 46 % entre 1990 et 2012 (Mathers et al. 2012).

L'accident peut être défini comme un événement rare, aléatoire, événement multifactoriel, procède toujours par une situation dans laquelle une ou plusieurs personnes n'ont pas réussi à s'adapter à leur environnement. En général, un événement imprévu et inattendu qui se produit soudainement et cause des blessures ou des pertes, une diminution de la valeur des ressources est appelé un accident. Un accident de la circulation est défini comme "tout accident de véhicule survenant sur la voie publique, et dans lequel au moins une personne est blessée ou tuée" (Bitew M., 2002 ; Fanueal S., 2006). Par conséquent, les accidents de la route sont des collisions entre véhicules, entre véhicules et piétons, entre véhicules et animaux ou entre véhicules et obstacles fixes. De nombreux facteurs contribuent au risque de collision, notamment la conception du véhicule, la vitesse de conduite, la conception de la route, l'environnement routier, les compétences du conducteur et les facultés affaiblies par l'alcool ou la drogue.

Ce chapitre donne un aperçu sur la sécurité routière, y compris les accidents de la route ; facteurs contributifs aux accidents de la route et la gestion et l'amélioration de la sécurité routière. Ce chapitre sera suivi par deux autres successifs qui expliquent l'importance de l'infrastructure routière (les caractéristiques techniques et géométriques de la route) dans le survenue et la gravité des accidents de la circulation, en plus de présenter les derniers développements dans le domaine de la sécurité routière.

I.2 Concepts fondamentaux de la sécurité routière

I.2.1 Sécurité routière

La sécurité (du latin *securitas*) fait référence à quelque chose au-delà du danger, de la blessure ou du risque (Carnis, 2014). Ainsi, le concept de sécurité routière consiste à prévenir les accidents de la route pour protéger la vie des personnes (Carnis et Mignot., 2010). Le Petit Larousse définit également le concept de sécurité routière comme un ensemble de règles et de services destinés à protéger les usagers de la route (Oulha, 2016). La sécurité routière représente l'ensemble des normes, mécanismes et mesures adoptés par les différents chargés du développement des infrastructures routières et de la gestion du trafic routier pour assurer la protection des acteurs usagers de la route et de leurs biens (OMS, 2009).

I.2.2 Insécurité routière

L'insécurité routière est l'un des problèmes les plus importants de la société moderne qui entravent le développement social et économique. L'insécurité routière représente toutes les défaillances résultant du trafic routier, qui peuvent être des accidents de la circulation, pouvant entraîner des dommages matériels ou corporels. L'insécurité routière est un événement multidimensionnel qui dépend des caractéristiques de l'utilisateur, de celles de son véhicule et de son environnement de déplacement (Figure I.1).

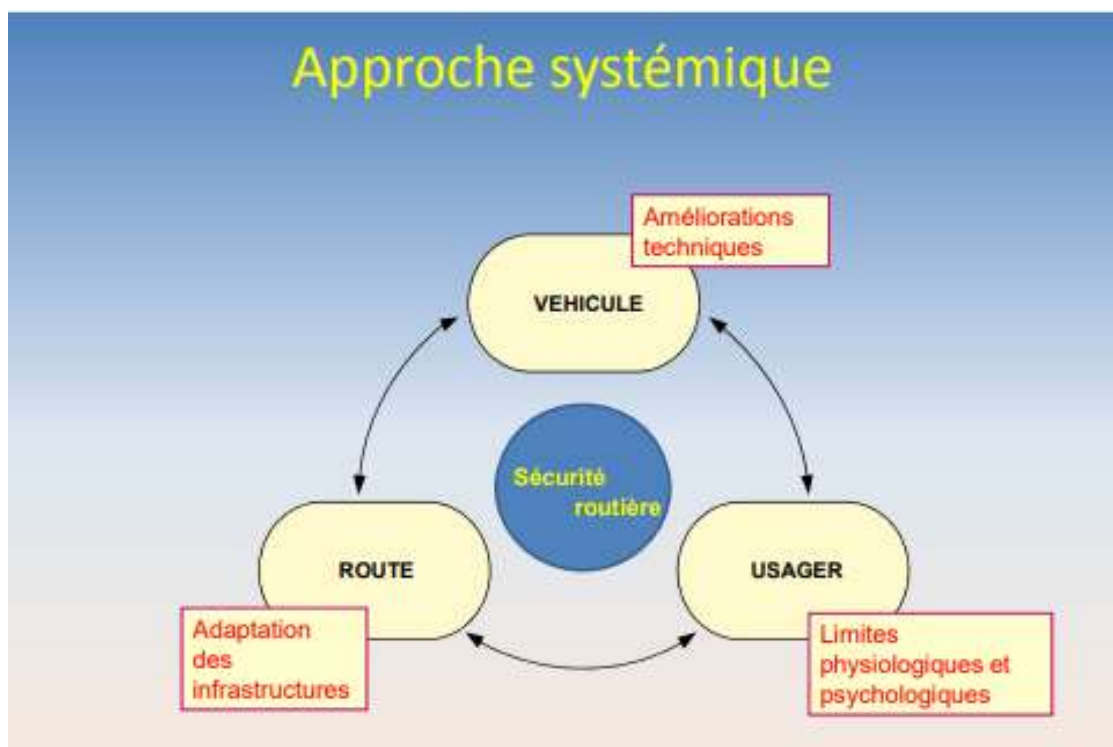


Figure I.1 Le typique usager, véhicule, route dans le système sûr (Source : Demont, 2009 ; Oulha, 2016)

Chapitre I. Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

Selon Millot, (2003), l'insécurité routière est perçue par les acteurs de l'urbain (urbanistes, aménageurs, géographes, paysagistes, etc.) comme un problème d'aménagement lié à la présence de la voiture en ville.

I.2.3 Indicateurs de sécurité routière

Le terme risque peut-être défini comme le nombre d'événements indésirables liés au nombre d'événements potentiels et à l'exposition aux dangers, tels que les accidents de la route.

Le nombre d'accidents, de morts et de blessés n'est pas à lui seul un indicateur suffisant de la sécurité routière. Par exemple, un nombre inférieur de collisions dans une condition particulière ne signifie pas nécessairement qu'elle est plus sûre qu'un nombre plus élevé. Pour décider lequel est le plus sûr, le nombre d'accidents ou de victimes doit être corrélé à l'exposition au risque. Sur les autoroutes, par exemple, il est normal de s'attendre à plus d'accidents par kilomètre. Cela ne signifie pas que les autoroutes ne sont pas sûres, mais à mesure que le débit de circulation augmente, davantage d'accidents se produisent même lorsque les autoroutes sont équipées des dispositifs de sécurité nécessaires (Elvik 2009).

Les principaux indicateurs de la sécurité routière sont le nombre de blessés, le nombre de décès, le nombre de décès pour 100.000 habitants et par 10.000 véhicules et le nombre d'accidents mortels par kilomètre parcourus comme illustré par le tableau suivant (Ben Cherif, 2015) :

Tableau I.1 Exemples d'indicateurs de problèmes d'accident de la circulation

| Indice | Description | Utilisation et limites |
|-------------------|---|--|
| Nombre de blessés | Chiffre absolu indiquant le nombre de personnes blessées dans des accidents de la circulation (graves ou légères) | Utile pour planifier au niveau local les services médicaux d'urgence |
| | | Utile pour calculer le coût des soins médicaux |
| | | Pas très utile pour faire des comparaisons |
| | | Une large proportion de blessures légères ne sont plus signalées |
| Nombre de décès | Chiffres absolu impliquant le nombre de personnes qui meurent des suites d'un accident de la circulation | Donne une estimation partielle de l'ampleur du problème de la circulation routière en ce qui concerne les décès qu'elle entraîne |
| | | Utile pour planifier au niveau local les services médicaux d'urgence |
| | | Pas très utile pour faire des comparaisons |

| | | |
|---|--|--|
| Décès pour 10 000 Véhicules (1.000.000 de véhicules) | Chiffre relatif montrant la proportion de décès par rapport au nombre de véhicules automobiles | Montre la relation entre les décès et les véhicules automobiles |
| | | Mesure limitée des risques qui comportent les déplacements parce qu'elle omet les transports non motorisés |
| Décès pour 100 000 habitants | Chiffre relatif montrant la proportion de décès par rapport à la population | Montre l'incidence des accidents de la circulation sur la population humaine |
| | | Utile pour estimer la gravité des accidents |
| Nombre d'accidents mortels/km parcourus | Nombre de morts sur les routes par milliard de kilomètre parcourus | Utile pour des comparaisons internationales |
| | | Ne tient pas compte des déplacements non motorisés |

(Source : Ben cherif, 2015)

I.3 Accidents de circulation

Un accident de la route se définit comme un événement malheureux qui a un effet plus ou moins dévastateur sur une personne ou une chose. Selon la Convention de Vienne, première référence dans le domaine de la sécurité routière, un accident corporel de la circulation est « un accident qui survient sur une route (ou rue) ouverte aux usagers de la route, entraînant une ou plusieurs victimes (mortelles ou blessées) et dans lequel au moins un véhicule en mouvement est impliqué » (Convention de Vienne, 1968). Un accident de la route est défini comme une collision ou un incident pouvant entraîner ou non des blessures, survenant sur la route et entraînant au moins un véhicule en mouvement (Peden et al., 2017).

Pour l'Organisation mondiale de la santé (OMS), un accident de la route est une collision entre un engin roulant (voiture, moto, autocar, etc.) sur le réseau routier et toute autre chose ou personne, entraînant des blessures corporelles et /ou des dommages matériels (Organisation mondiale de la santé, 2004). En résumé, on constate que les accidents de la circulation sont des événements soudains et inattendus impliquant trois facteurs : les usagers, les véhicules et les infrastructures routières.

I.3.1 Classification des accidents

1. Classement primaire :

- **Accident de la route :**
 - ❖ **Accident fatal :** lorsqu'un ou plusieurs décès personnels
 - ❖ **Blessure grave :** Fait référence à une personne qui doit être admise à l'hôpital

❖ **Blessure simple** : Désigne une personne qui est victime mais qui n'a pas à admettre à l'hôpital

- **Accident de la route non corporel** : dommages matériels uniquement

2. Classement secondaire :

- **Emplacement** : Rural ou urbain
- **Événement avec ou sans collision**
- **Accidents impliquant un seul ou plusieurs véhicules**

I.3.2 Facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

Les accidents de la route sont souvent causés par une combinaison de facteurs ; les facteurs humains ; les facteurs routiers ; et les facteurs liés aux véhicules (Munteanu et al., 2014). Comprendre les facteurs qui influencent la survenue d'accidents est essentiel pour développer une attitude proactive visant à éviter les situations susceptibles de créer un environnement dangereux pour la sécurité routière (Wegman, 2017 ; ministère néerlandais des Transports, 2005).

Un concept de sécurité routière durable avec une vision orientée vers des systèmes de circulation routière plus sûrs a été développé aux Pays-Bas (Wegman et Elsenaar, 1997). Le concept de sécurité durable vise à éviter de faire peser sur la génération future les conséquences d'accidents de la route pouvant résulter des demandes de mobilité actuelles et futures. La sécurité durable repose sur une approche systématique où tous les facteurs de sécurité routière et le système de transport sont liés et affectent la performance de l'ensemble du système de sécurité (Wegman, 2017). Au plus haut niveau du système de sécurité se trouve l'interaction entre le conducteur, l'environnement routier et les facteurs liés au véhicule. Au niveau suivant se trouve la relation entre la fonction, la forme et l'usage de la chaussée (Dutch Ministry of Transport, 2005). L'approche systématique de la sécurité routière durable est illustrée à la figure I.2.

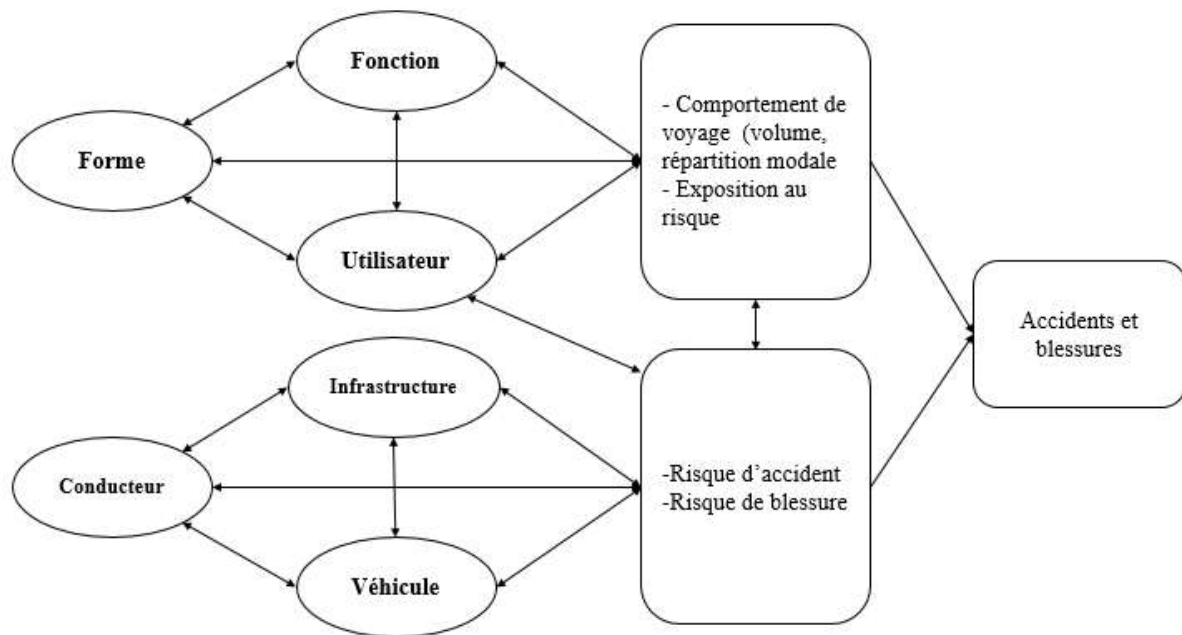


Figure I.2 Approche systématique de la sécurité routière durable (Source : Ministère néerlandais des transports, 2005)

Il est généralement admis que les facteurs de risque pour la sécurité routière doivent être étudiés et compris afin de proposer des approches sûres et durables aux problèmes de sécurité routière visant à fournir des mesures préventives proactives traitant de la fonctionnalité, de la cohérence et de la prévisibilité de la sécurité routière.

Cette section examinera la relation interactive entre les facteurs de risque qui influencent l'implication dans un accident ; à savoir les aspects comportementaux de l'utilisateur de la route, l'environnement de la chaussée ; et les facteurs liés au véhicule.

I.3.2.1 Comportement humain

Dans les pays développés comme dans les pays en développement, le comportement du conducteur est considéré comme un facteur de risque important associé aux accidents de la route (Peden et al., 2017), environ 90 % des accidents de la route impliquant une erreur humaine d'une manière ou d'une autre (Čičković, 2017). Peden et al. (2017) cités par Demissie (2017) ont déclaré que les facteurs de risque considérés comme ayant un impact significatif sur la fréquence et la gravité des accidents de la route comprenaient l'âge du conducteur, le sexe, l'éducation à la sécurité publique, la fatigue du conducteur, le statut socio-économique et la propension à la vitesse. Afin de tenter d'aborder et d'améliorer efficacement les conditions de sécurité routière, il est essentiel de comprendre les facteurs humains associés à la sécurité au volant (Bax et al., 2014).

A. Âge du conducteur : Selon un rapport de l'Organisation mondiale de la santé (2018), les accidents de la route sont la principale cause de décès chez les jeunes conducteurs adultes âgés de 15 à 44 ans, représentant 59 % des décès sur les routes dans le monde. Dans le monde entier, les jeunes conducteurs ont un risque d'accident plus élevé que les conducteurs plus âgés. Le risque élevé d'accident pour les jeunes conducteurs serait lié aux facteurs suivants :

- Mode de déplacement et caractéristiques du véhicule (par exemple, utilisation d'un véhicule emprunté)
- Traits psychologiques (excès de confiance ou recherche de sensations fortes)
- Trop rapide ou inapproprié (Vitesses excessives)

B. Genre du conducteur : Le Rapport mondial sur la sécurité routière de l'Organisation mondiale de la santé (2018) montre qu'environ 77 % des tués sur les routes sont des hommes. Dans toutes les régions du monde de l'OMS, quel que soit le groupe d'âge et le niveau de revenu, les hommes ont signalé des taux de mortalité routière plus élevés que les femmes. La littérature des pays développés suggère que les jeunes hommes ont des taux de participation plus élevés que les femmes, même après ajustement pour les facteurs d'exposition (Parizel & Phillips, 2004 ; Butchart & Mikton, 2014). De grandes différences de mortalité étaient significativement associées à des niveaux d'exposition élevés et à un comportement de recherche de sensations fortes chez les hommes (Peden et al., 2017).

C. Vitesse de circulation (choix du conducteur) : La vitesse est considérée comme étant au cœur de la sécurité routière, les vitesses excessives et inappropriées entraînant des conditions routières inappropriées (Organisation mondiale de la santé, 2018). Il a été démontré que la vitesse excessive du conducteur a un effet préjudiciable exponentiel sur la sécurité (Ahmed, 2013 ; Singh et al., 2004 ; Deublein et al., 2013). Un rapport de Peden et al. (2017) ont souligné que la probabilité et la gravité des collisions routières augmentent avec la vitesse de circulation moyenne et la variance de la vitesse. Foss & Goodwin (2003) ont identifié un certain nombre de facteurs qui influencent significativement le choix de la vitesse du conducteur, comme le montre le tableau I.2.

Tableau I.2 Exemple de facteurs influençant le choix de la vitesse du conducteur

| Facteurs liés à la route et véhicule | Facteurs liés au trafic et à l'environnement | Facteurs liés au conducteur |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| Route | Trafic | Age |
| Largeur | Densité | Sexe |
| Pente | Composition du Trafic | Temps de réaction |
| Alignement | Vitesse dominante | Attitudes |

| Alentours | Environnement | Recherche de sensations fortes |
|---|---|-----------------------------------|
| Facteurs liés à la route et véhicule | Facteurs liés au trafic et à l'environnement | Facteurs lié au conducteur |
| Disposition | Météo | Acceptation des risques |
| Marquages | Etat de la surface | Perception des dangers |
| Qualité de surface | Eclairage naturel | Degré d'alcool |
| Véhicule | Eclairage routier | Propriété du véhicule |
| Type | Panneaux | Circonstances du voyage |
| Rapport puissance/poids | Limitation de vitesse | Occupation du véhicule |
| Vitesse maximum | Contrôle de la circulation | - |
| confort | - | - |

(Source : Foss et Goodwin, 2003)

D. Consommation d'alcool : Plusieurs rapports et études suggèrent que l'alcool au volant augmente le risque et la probabilité de blessures mortelles et graves dans les accidents de la route (Peden et al., 2017 ; Brookhuis, 2014 ; Schulze et Koßmann, 2010). De même, Shinar (2007) a signalé que les dommages causés par l'alcool sont directement à la quantité d'alcool consommée. L'Organisation mondiale de la santé (2018) rapporte que le risque d'être impliqué dans un accident augmente considérablement lorsque le taux d'alcoolémie (TA) est supérieur à 0,04 g/dl (OMS, 2018). Une étude de Compton et al (2002) montre le risque relatif d'accidents mortels pour le taux d'alcoolémie, comme le montre la figure I.3, cité dans le Rapport sur la situation mondiale de la sécurité routière (OMS, 2018).

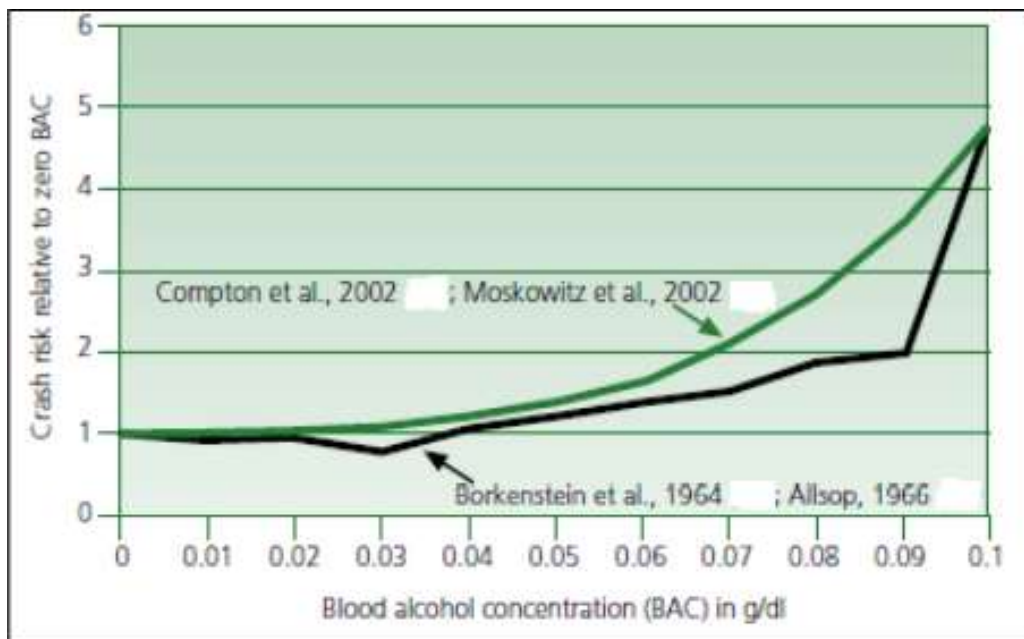


Figure I.3 Risque relatif d'implication du conducteur dans un accident de la route en fonction du taux d'alcoolémie (Source : Compton et al., 2002)

E. Conduite sous l'influence de drogue : Conduire sous l'influence de drogues est devenu de plus en plus un problème de sécurité dans de nombreux pays du monde (Li et al., 2013 ; Verstraete et al., 2014 ; Peden et al., 2017). Li et al. (2013) ont noté que les performances de conduite peuvent être affectées par une variété de drogues illicites et sur ordonnance. Plusieurs études ont montré que le cannabis (la marijuana) est la substance médicamenteuse la plus fréquemment détectée dans la population générale des conducteurs et chez les conducteurs impliqués dans des accidents de la route (Ul et al., 2014 ; Lee et al., 2013 ; Compton et Burning, 2015 ; Jones et al., 2003). Il a été démontré que le cannabis (marijuana) double le risque d'accidents de la circulation (Asbridge et al., 2012 ; Li et Baker, 2012).

Aussi, plusieurs études ont montré que les stimulants non médicaux constituent une menace pour la sécurité au volant lorsqu'ils sont combinés avec de l'alcool à fortes doses ou avec un manque de sommeil (Kelly et coll., 2004 ; Ramaekers et coll., 2012).

F. Conduite distraite : De nombreux facteurs ont été identifiés comme influençant la conduite avec facultés affaiblies, l'augmentation récente et marquée de l'utilisation des téléphones portables devenant une préoccupation croissante des acteurs de la sécurité routière. Un rapport mondial sur la sécurité routière de l'OMS (2018) a conclu que l'utilisation de téléphones portables au volant entraîne une distraction cognitive, réduisant par conséquent la vigilance et les capacités de perception des conducteurs. Les conducteurs qui utilisent leur téléphone portable au volant sont environ quatre fois plus susceptibles d'avoir un accident de la route (Karlaftis et Golias, 2009). Une autre étude a décrit que les téléphones portables altèrent les capacités cognitives des conducteurs, qu'ils soient utilisés de manière manuelle ou mains libres (Thomas et al., 2013).

G. La Fatigue : La fatigue est définie comme un processus graduel et cumulatif associé à une perte d'efficacité et à une répugnance à tout type d'effort (Grandjean, 1979 cité dans Dagli, 2004). Dagli (2004) définit la fatigue du conducteur comme la perte d'efficacité des conducteurs pour conduire un véhicule en raison de la conduite prolongée, de la privation de sommeil et de l'épuisement. Il a été constaté que le manque de sommeil et les activités physiques et mentales prolongées ont un impact significatif sur les fonctions cognitives des conducteurs, notamment la vigilance, les capacités de perception, la propension au risque et la prise de décision (Swart & Sinclair, 2015 ; Hartley, 1998). Plusieurs facteurs humains, temporels, environnementaux et liés au sommeil présentés dans le tableau I.3 prédisposent un conducteur à la fatigue. (Hartley & Arnold, 1996 cité dans Dagli, 2004 ; Peden et al., 2017).

Tableau I.3 Facteurs qui prédisposent un conducteur à la fatigue

| Conducteur à risque de fatigue | Facteurs temporels | Facteur environnementaux | Facteurs liés au sommeil |
|---|--|---|---|
| Jeunes conducteurs (jusqu'à 25 ans) | Conduire entre 2 am du matin et 5 am | Conduire dans des régions éloignées avec un terrain sans relief | Conduire avec une dette de sommeil |
| Conducteurs de plus de 50 ans | Plus de 16 heures d'éveil avant le voyage | Routes monotones | Conduire avec des conditions liées au sommeil |
| homme | Longue période de travail avant voyage | Conduire longue distance | Conduire après un sommeil de mauvaise qualité |
| Travailleurs postés et ceux qui travaillent de longues heures | Longtemps depuis le début du voyage | Principales artères | Conducteurs disposés à s'endormir |
| Ceux qui ont des conditions médicales | Travail posté irrégulier avant le voyage | Conditions climatiques extrêmes | / |
| Conduire après avoir consommé de l'alcool | Conduire après des nuits successives de travail posté | Conduire sur des routes inconnues | / |
| Conduire après un repos et un sommeil insuffisants | Conduire sous la pression du temps | / | / |
| / | Conduire entre 14h et 18h (surtout après avoir mangé ou pris une seule boisson alcoolisée) | / | / |

(Source : Peden et al., 2017)

Une étude cas-témoins basée sur la population en Nouvelle-Zélande faite par Connor (2002) a révélé que les facteurs qui augmentaient considérablement le risque d'accident de la route mortel/blessure grave étaient liés à :

- Conduite en état de sommeil ;
- Conduite après moins de cinq heures de sommeil au cours des 24 heures précédentes ; et
- Conduite entre 2h et 5h

Le Conseil européen de la sécurité des transports (ETSC) a identifié la fatigue du conducteur comme un facteur important dans 20 % des accidents de la route commerciale dans les pays européens (ETSC, 2001). Une analyse temporelle des accidents de la route faite

par Noce et al. (2008) ont indiqué que les niveaux maximaux d'accidents de la route liés à la fatigue pendant la nuit sont souvent 10 fois plus élevés que les niveaux d'accidents de la route pendant la journée, comme le montre la figure I.4.

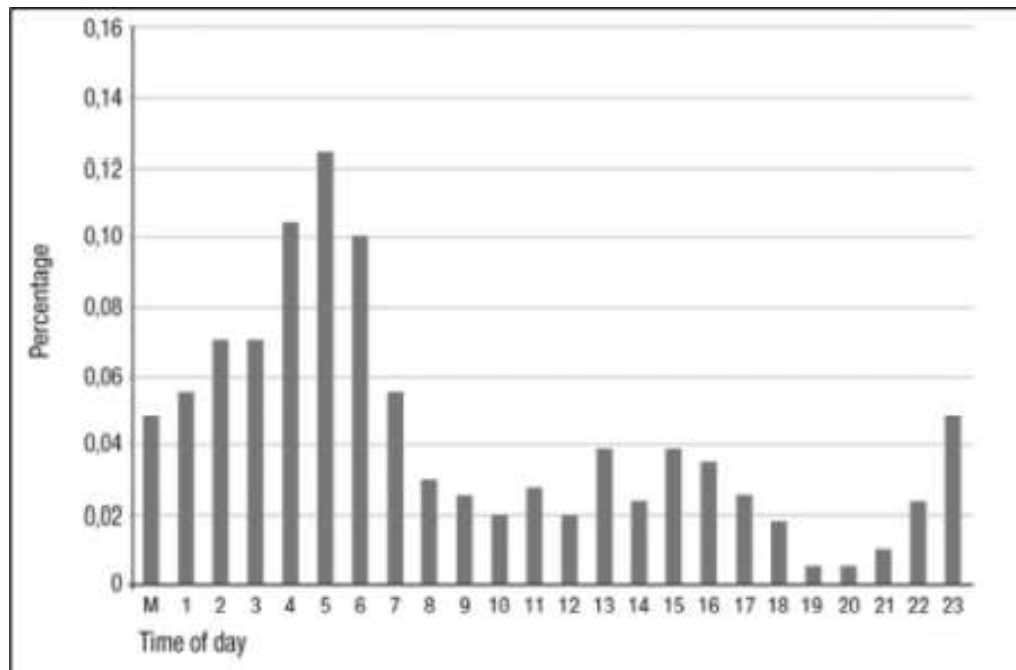


Figure I.4 Véhicules lourds impliqués dans des accidents de la route liée à la fatigue selon l'heure de la journée (Source : Noce et al. 2008)

De ce qui précède, nous pouvons retenir que le comportement humain est d'une grande importance dans la prévention des accidents de la route, Connor (2002) a conclu que les accidents de la route mortels/graves peuvent être réduits jusqu'à 19 %, tout en réduisant trois facteurs comportementaux pour les conducteurs.

I.3.2.2 Facteurs liés au véhicule

Les défauts des véhicules sont considérés comme un facteur clé influençant les accidents de la circulation dans le monde (Demissie, 2017). Des pièces de véhicule défectueuses telles que les pneus, les freins et les phares de route affectent la capacité du conducteur à garder le contrôle d'un véhicule et peuvent entraîner des accidents de la route (Al-Matawah, 2009 ; Hakkert et al., 2007). Des outils de sécurité défectueux, notamment les feux d'avertissement et les feux de véhicule, peuvent également empêcher les conducteurs de communiquer leurs intentions aux autres usagers de la route, ce qui entraîne des interactions dangereuses entre les véhicules et les autres usagers de la route (Demissie, 2017). L'entretien et l'inspection des systèmes de sécurité des véhicules sont cruciaux pour assurer la sécurité des conducteurs et de tous les usagers de la route (G Botha, 2005).

La plupart des pays en développement ne disposent pas de réglementations efficaces et, dans certains cas, d'une mauvaise mise en œuvre des réglementations pour garantir que les véhicules sont inspectés et entretenus dans le but d'empêcher les véhicules défectueux de circuler. Une étude menée en Afrique du Sud a révélé que les autorités de transport sont des parties prenantes essentielles dans la réduction des accidents de la route en identifiant correctement les véhicules présentant des défauts et en s'assurant que les véhicules sont en état de rouler (van Scoor et al., 2001).

I.3.2.3 facteurs liés à l'infrastructure routière

Les accidents de la route ont tendance à être répartis sur un réseau routier, se produisant en grappes sur un seul site ou le long d'un tronçon de route (Songpatanasilp et al., 2015). Alors qu'une bonne conception des routes et des routes régulièrement entretenues peut grandement contribuer à réduire la fréquence et la gravité des accidents de la circulation, des conceptions routières négatives peuvent contribuer de manière significative à un environnement routier précaire (Batrakova et Gredasova, 2016). L'environnement routier peut déclencher des défaillances du facteur humain, car il influence les informations et les instructions communiquées aux usagers de la route (Peden et al., 2017 ; Krug & Sharma, 2009).

Les facteurs d'ingénierie routière négatifs comprennent ceux où un défaut de la route provoque directement un accident de la circulation, où un élément de conception de la route communique des informations ambiguës aux conducteurs, provoquant ainsi une erreur du conducteur, ou lorsqu'une modification possible de la route aurait réduit la probabilité d'un accident de la route n'a pas été faite (Organisation mondiale de la santé, 2018). Krug & Sharma (2009) notent que les environnements routiers qui encouragent et autorisent les comportements à risque des conducteurs (par exemple en encourageant une vitesse de circulation élevée) ou qui n'ont pas pris en compte la sécurité dans toutes les conditions (par exemple la nuit ou par mauvais temps) augmentent indirectement la probabilité d'un accident. Accident de la route survenu. Dans la planification, la conception et l'entretien du réseau routier, les quatre éléments clés suivants affectant la sécurité routière ont été identifiés par Barrel et al. (2014).

- A. Sensibilisation à la sécurité dans la planification de nouvelles routes ;
- B. L'inclusion de dispositifs de sécurité dans la conception des routes ;
- C. Améliorations proactives de la sécurité des routes existantes ; et
- D. Mesures correctives sur les lieux d'accidents à haut risque.

La contribution des facteurs routiers à la survenue d'accidents de la route varie considérablement entre les pays en développement et les pays développés. En Europe, un examen des facteurs de risque routier a montré que les facteurs liés à l'environnement routier étaient très influents dans 28 % des accidents de la route (Hyder et al., 2017). Une analyse de la sécurité routière menée aux Philippines a révélé que le mauvais état des routes ne contribuait qu'à 5 % des accidents de la route (Tamayo, 2009). De même, une étude réalisée par Demissie (2017) sur l'impact de l'environnement routier sur les accidents de la route a révélé une faible contribution de 2,9 % aux accidents de la circulation au Kenya. Cette variance importante peut probablement être attribuée aux variations inter-observateurs (Demissie, 2017). Malgré les différences dans l'ampleur de la contribution de l'environnement routier aux accidents de la route, il est à noter qu'une route conçue selon les exigences opérationnelles et fonctionnelles, et qui est entretenue régulièrement, est essentielle pour influencer la perception des conducteurs, conduisant à une conduite plus sûre (Munteanu et al., 2014 ; Wedajo et al., 2017).

Il a été rapporté que le facteur environnement routier est pire dans les pays en développement en raison de la mauvaise conception et de l'entretien des routes (Wegman, 2017). En outre, une variété de mélanges de trafic nécessitant des besoins d'infrastructure différents, souvent non fournis, sont couramment observés sur les routes, tels que les véhicules à grande vitesse, le trafic commercial lourd, les piétons, les cyclistes et les utilisateurs de motos (Mitra et al., 2017). L'augmentation rapide des taux de motorisation dans les pays en développement dépasse la capacité actuelle des infrastructures de transport, ce qui entraîne une augmentation des taux d'accidents et des niveaux de gravité (Wang et al., 2013).

Le chapitre II décrit en détail plusieurs relations hypothétiques et démontrées entre les collisions routières, la conception des routes. Il démontre l'importance de l'infrastructure routière (les caractéristiques techniques et géométriques de la route) dans la survenue et la gravité des accidents de la circulation.

I.4 Axes de recherche dans le domaine de sécurité routière

La recherche sur la sécurité routière est l'étude scientifique et objective des routes et des systèmes de circulation dans le but de réduire les souffrances et les pertes dues aux accidents de la circulation. La recherche est également importante pour mesurer l'impact des interventions sur les tendances en matière d'accidents de la route, de décès et de blessures. La recherche en sécurité routière nécessite :

- Faire de la sécurité routière une priorité de santé publique.

- Estimer les facteurs de risque, les caractéristiques et l'impact des décès et des blessures dus aux accidents de la route.
- Délimiter les zones à haut risque.
- Comprendre les perceptions de la sécurité routière des différentes parties prenantes, y compris les décideurs politiques, les gestionnaires, les gestionnaires de projets routiers.
- Renforcer les processus pour améliorer la sécurité routière Évaluer les interventions, activités et programmes de sécurité routière et guider la planification, le développement et la mise en œuvre des activités/programmes de sécurité routière, y compris le suivi et l'évaluation.

La recherche en sécurité routière implique de multiples axes de réflexion Celle liée aux véhicules, à la qualité des infrastructures routières et aux comportements des usagers de la route.

Le domaine de recherche en sécurité routière est vaste et nécessite des idées différentes. Mais le comportement humain, l'aspect véhicule et l'infrastructure routière permettent de synthétiser les axes de recherche dans le domaine de sécurité routière dans trois axes principaux.

I.4.1 Axes de recherche liés au comportement humain

Les usagers de la route où usagers vulnérables de la route comprennent les conducteurs ainsi que les piétons et les cyclistes. Leur comportement est de loin le domaine qui présente le plus grand potentiel d'amélioration de la sécurité routière. En fait, 90 % des accidents de la route aujourd'hui sont liés à une erreur humaine (Ben chérif, 2015).

L'axe de recherche lié au comportement humain se consacre à l'étude du comportement et des habitudes des individus, en tenant compte de la diversité des utilisateurs aux capacités différentes. La recherche sur cet axe mobilise des chercheurs en sciences humaines, en sciences sociales, en physiologie, en économie, etc.

La recherche sur la sécurité routière dans le contexte du comportement humain est à multiples volets (socio-économiques, économique, psychologique ... etc.). Les volets socio-économiques où la recherche dans cet aspect est basée principalement sur l'analyse et l'évolution de l'insécurité routière. Et aussi d'analyser l'impact de l'insécurité routière sur les économies des pays. Diverses études ont été menées dans ce cadre dans différents pays (Wim, W. and Henk, S. 2016 ; Wim, W. 2021 ; Théophile, B et al. 2022) où il a été conclu que les accidents de la route représentent un énorme et fardeau social et économique important et ont un impact grave sur les économies.

Le volet sciences humaines se base dans la recherche sur l'aspect psychologique des usagers de la route, La psychologie est l'étude du comportement humain qui a été faite systématiquement et scientifiquement. C'est une discipline qui étudie scientifiquement le comportement humain ou animal, en particulier les pensées, les attitudes, les sentiments, les instincts, le potentiel, l'intelligence, les besoins et les réponses humaines aux stimuli et à l'environnement social (Yahaya, A. 2005).

Ainsi, l'orientation de la recherche en sécurité routière liée au comportement humain débouche sur le développement de thèmes visant à déterminer le comportement des usagers de la route et à prévenir la conduite à risque en étudiant les facteurs de risque significatifs qui ont un impact sur la fréquence et la gravité des accidents de la route et comprennent l'âge du conducteur, le sexe, l'éducation générale à la sécurité, la fatigue du conducteur, la distance de visualisation, etc.

Cet axe de recherche est essentiel car le développement d'innovations en matière de sécurité routière nécessite des ajustements parallèles de la part des usagers pour mieux s'adapter aux nouveaux mécanismes. Par ailleurs, les recherches sur les individus doivent déboucher sur de nouvelles recherches technologiques pour adapter les outils de conduite aux comportements, mais aussi aux évolutions de la réglementation.

I.4.2 Axes de recherche liés aux véhicule

Les défauts des véhicules sont considérés comme un facteur clé affectant les accidents de la circulation dans le monde (Demissie, 2017). Les méthodes de recherche menées dans ce domaine visent à améliorer la fiabilité des véhicules en améliorant la sécurité de toutes les fonctions du véhicule qui aideront les conducteurs à éviter les accidents, telles que le freinage, la conduite, la signalisation, la visibilité et l'aide à la conduite.

Cette direction de recherche vise à assurer la sécurité de toutes les fonctions du véhicule, minimisant ainsi la gravité des blessures des occupants du véhicule et des utilisateurs à l'extérieur du véhicule, telles que les ceintures de sécurité, les systèmes de freinage ABS, etc. Les outils de base utilisés par les législateurs, les constructeurs automobiles et les responsables de la sécurité routière sont l'accidentologie et la simulation pour mieux comprendre la chaîne des causes d'accidents. L'accidentologie est définie comme « l'étude scientifique des accidents, notamment des accidents mettant en jeu des véhicules automobiles, et de leurs conséquences corporelles (Bourdaoui, M et al 2008) ». Elle nécessite donc une étude approfondie de l'infrastructure, du véhicule.

Les nouveautés sont également prometteuses en matière de prévention des risques. Le domaine de la sécurité automobile a connu des avancées dans les technologies informatiques et de communication. Les aides actuelles permettent au conducteur de mieux naviguer (navigation GPS) et de mieux maîtriser sa vitesse.

Par ailleurs, il est important de noter à ce niveau que toutes les améliorations liées à la sécurité automobile ont un coût non négligeable, il est donc nécessaire de faire consensus entre les différents acteurs concernés par la question : l'industrie automobile, les décideurs politiques et les automobilistes.

I.4.3 Axes de recherche liés à l'infrastructure routière

L'axe de recherche lié à l'infrastructure routière se base principalement sur les caractéristiques géométriques et techniques de la route, il s'agit particulièrement de la mauvaise conception de la route, virages et manque d'adhérence sur la route, etc. Elle couvre également les facteurs liés à l'interaction entre l'infrastructure et les moteurs, tels que la lisibilité des routes, des panneaux, perception du tracé, etc.

Une bonne conception des routes et des routes régulièrement entretenues peut grandement contribuer à réduire la fréquence et la gravité des accidents de la circulation, des conceptions routières négatives peuvent contribuer de manière significative à un environnement routier précaire (Batrakova and Gredasova, 2016). L'amélioration des infrastructures routières vise à réduire le nombre d'accidents de la circulation, en particulier le nombre de morts et de blessés.

L'identification et la localisation des points noirs en milieu urbain et rural constituent le premier volet de la recherche dans ce domaine, diverses recherches ont été menées dans ce contexte (Anderson, 2007; Austin et al., 1997; Oulha et al., 2013; Oulha et al., 2016; Sayed and Mhaske, 2013). Des tests ont ensuite été menés en situation réelle pour améliorer les aménagements, les tracés et la signalisation routière par des chercheurs en appliquant différentes approches et alternatives visant à améliorer la situation en matière de sécurité routière.

Notons que les ressources financières importantes sont le principal obstacle à l'application des méthodes développées pour assurer la sécurité des infrastructures routières pour les pays en développements, ainsi que la sécurité des infrastructures routières. Elle nécessite également une coopération entre différents acteurs de différents contextes (urbain et rural) et à différents niveaux (central, régional et local) qui n'ont pas toujours tendance à travailler ensemble.

I.5 Gestion de la sécurité routière

Les initiatives visant à aborder ou à gérer la sécurité routière relèvent généralement de trois domaines principaux : les problèmes liés aux conducteurs, ceux liés aux véhicules et ceux encore liés à la route. Les améliorations liées au conducteur impliquent généralement des actions susceptibles d'affecter la capacité d'un conducteur à conduire ou son comportement, telles que des programmes d'éducation et d'application de la loi. Les améliorations apportées aux véhicules comprennent des innovations dans la conception des véhicules qui peuvent augmenter le niveau de sécurité des occupants du véhicule, comme l'introduction de ceintures de sécurité ou d'airbags. Les améliorations liées à la route impliquent de modifier la conception et les caractéristiques de la surface de la route, ce qui se traduit par un environnement routier plus sûr ou plus indulgent.

Traditionnellement, les améliorations de la sécurité routière ont été réalisées grâce à trois activités distinctes : la formation des conducteurs, les activités d'application de la loi et les initiatives d'ingénierie. Les programmes éducatifs ciblent les conducteurs pour améliorer leurs compétences ou leurs comportements, car les conducteurs représentent 92 % de la « responsabilité » des accidents (Rumar, 1985). Les activités d'application s'adressent aux conducteurs et impliquent la gestion ou la réglementation des déplacements motorisés, y compris les sanctions en cas de non-conformité. Les plans d'ingénierie traitent généralement des problèmes liés aux routes ou aux véhicules où des éléments de conception améliorés peuvent améliorer les performances en matière de sécurité routière.

La plupart des autorités routières et des agences de sécurité routière utilisent une sorte de plan de gestion de la sécurité routière conçu pour cibler un ou plusieurs composants du système (conducteur, véhicule ou route). Un plan de gestion de la sécurité peut inclure de nombreuses initiatives. Les exemples incluent un programme « point noir » (qui cible les zones où les collisions se produisent fréquemment), des tests d'entretien des véhicules, des campagnes d'arrêt de l'alcool au volant, des programmes de contrôle de la vitesse, l'élaboration de normes de sécurité routière et/ou des véhicules, un programme de recherche sur la sécurité routière, ou d'autres divers programmes de sécurité.

La gestion de la sécurité routière consiste à trouver la règle des accidents de la circulation, à légiférer sur la circulation, à réglementer la gestion de la sécurité routière et à mettre en œuvre les contrôles de la circulation en étudiant les accidents de la circulation sur route, afin de prévenir les accidents et de réduire le nombre du décès et la perte de biens. L'objectif de gestion

Chapitre I. Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

est de réduire les accidents et leur gravité. La gestion de la sécurité routière comprend la gestion administrative de la sécurité routière, la gestion technique de la sécurité routière et la gestion des installations de sécurité.

La gestion de la sécurité routière implique la gestion de l'administration de la sécurité routière (mécanismes, politiques de sécurité routière, obligations de sécurité routière, gestion de la sécurité routière), les pratiques de sécurité routière (physiologie des conducteurs, psychologie, etc., pratiques de sécurité des véhicules, analyse des accidents de la circulation et contre-mesures) et les installations de la sécurité routière (installations de sécurité routière, installations de sauvetage et d'aide à la sécurité des véhicules, installations de sécurité des participants à la circulation, éducation à la sécurité routière, etc.) (Wang, W. et al. 2003). Le système Structurel de la gestion de la sécurité routière : est comme le montre la figure I.5.

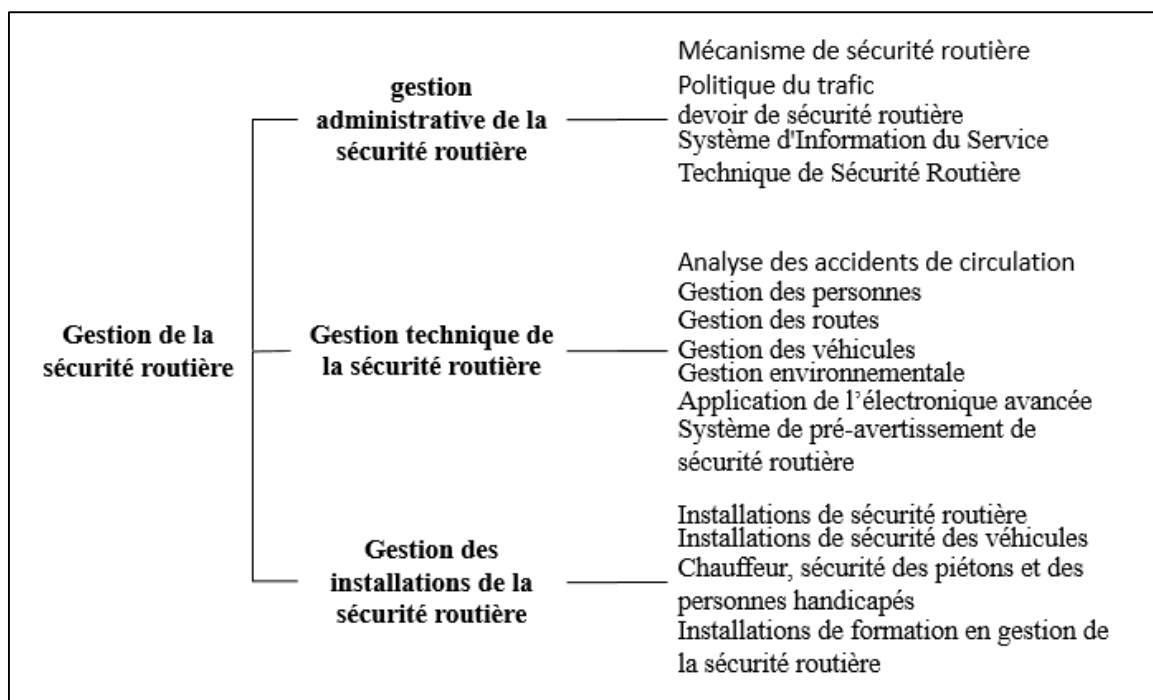


Figure I.5 Le système structuré de gestion de la sécurité routière (Source : Wang, W. et al. 2003)

La Land Transport Safety Authority de Nouvelle-Zélande a mis au point un bon exemple de programme complet de gestion de la sécurité routière. Dans ce programme, la première étape de l'autorité routière consiste à cibler les conducteurs en se concentrant sur les mauvais comportements, le contrôle de la vitesse, la consommation d'alcool, les dispositifs de retenue des occupants, la fatigue, les jeunes conducteurs, les conducteurs âgés et les besoins des usagers particuliers de la route. Deuxièmement, le programme cible des routes plus sûres en se concentrant sur les normes de conception des routes, les politiques de construction et d'entretien, le contrôle et la gestion du trafic, et un programme systématique et complet sur les

points noirs. Le troisième volet du programme consiste à cibler les véhicules en se concentrant sur les normes des véhicules, les nouvelles technologies des véhicules et les programmes d'inspection des véhicules. Enfin, l'autorité routière a un programme global de gestion de la sécurité, y compris la planification stratégique, la recherche et l'évaluation et les audits de sécurité (Land Transport, 1994)

I.5.1 Gestion réactive de la sécurité routière

La pierre angulaire de la plupart des programmes de gestion de la sécurité consiste en un « programme de points noirs », souvent organisé dans le cadre du programme de réhabilitation d'une autorité routière puisque les améliorations sont apportées aux emplacements dangereux existants, où "points noirs" Dans ces programmes, un historique significatif de collisions doit exister et être identifié avant que des améliorations routières ne soient recommandées.

A titre d'exemple de la gestion réactive de la sécurité routière, Le ministère des Transports et des Autoroutes de la Colombie-Britannique (MoTH) a un programme appelé le programme d'amélioration de la sécurité routière (HSIP), conçu pour améliorer la sécurité des endroits problématiques. Ce programme comporte un processus en sept phases, regroupées en deux étapes : l'étape de l'inventaire de la sécurité et l'étape du cycle du programme annuel de sécurité (Ministère, 1999).

La première étape du programme de sécurité du MoTH consiste à identifier les emplacements sujets aux collisions (ou points noirs) en interrogeant une base de données de collisions. La deuxième étape consiste à diagnostiquer chaque site problématique afin de déterminer les facteurs de causalité de la mauvaise performance. La troisième étape consiste à élaborer des stratégies d'amélioration conçues pour combler les lacunes de chaque site. L'étape 4 implique la sélection de l'option la plus efficace en fonction des avantages de la prévention des collisions. L'étape 5 répartit chaque projet dans une catégorie de programme et détermine si des partenariats de financement sont disponibles pour soutenir le projet. La sixième étape implique l'élaboration du programme annuel compte tenu des budgets disponibles et du mérite des possibilités de partage des coûts. La dernière étape est la mise en œuvre, l'évaluation et le suivi du programme.

La figure II.6 illustre le processus séquentiel du programme d'amélioration de la sécurité routière (HSIP) du MoTH

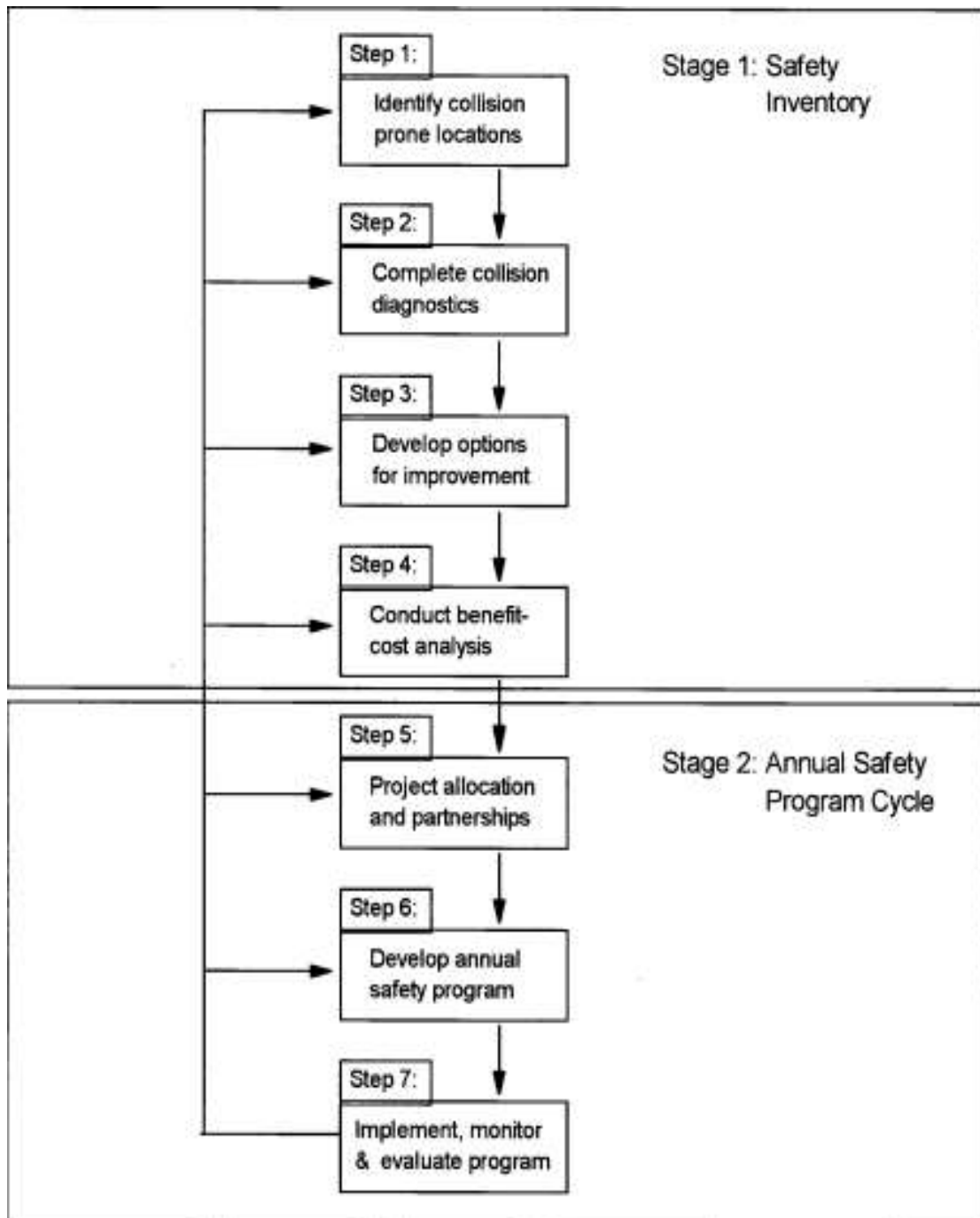


Figure I.6 Le processus séquentiel du programme d'amélioration de la sécurité routière (HSIP) du MoTH (Source : Highway Safety Program Manual, 1999)

I.5.2 Obstacle associé à la gestion réactive de la sécurité routière

L'approche réactive bien qu'efficace pour résoudre les problèmes de sécurité routière, il existe des obstacles inhérents à la présentation réactive de la sécurité routière, on note les obstacles suivants :

L'approche réactive est basée sur l'historique des accidents de la route dans un lieu à haut risque spécifique. Pour qu'une gestion réactive de sécurité routière soit efficace, des problèmes de sécurité routière importants, mis en évidence par une fréquence élevée de collisions, doivent

exister avant que les emplacements dangereux puissent être identifiés et que des mesures correctives soient prises pour améliorer les performances en matière de sécurité. Permettre à un problème de collision de se développer et y répondre est coûteux par rapport à une approche qui tente de prévenir les collisions avant la construction de l'installation.

Un autre problème lié à la gestion de la sécurité routière de manière réactive est que la zone d'influence ou de couverture est minimale. Les programmes de points noirs ne ciblent qu'un petit pourcentage d'un réseau routier le plus problématique (tel que défini par des seuils de performance de sécurité tels que la fréquence ou le taux de collisions). Des dépenses importantes sont nécessaires pour améliorer les emplacements les plus problématiques, éliminant ainsi la possibilité d'investir dans des emplacements moins problématiques. En conséquence, la majeure partie du réseau routier, dont certains présentent de faibles performances en matière de sécurité, sera ignoré.

I.5.3 Gestion Proactive de la sécurité routière

Ces dernières années, l'attention portée à la gestion de la sécurité routière a pris de l'importance dans le domaine de la planification routière. Les initiatives de planification fonctionnent dans le cadre du programme d'immobilisations d'une administration routière, contrairement au programme réactif des points noirs, qui fonctionne normalement dans le cadre d'un programme de réhabilitation. L'intention d'introduire un accent sur la sécurité routière au début du processus de planification est d'empêcher les collisions de se produire une fois qu'une nouvelle installation est ouverte ou reconstruite. Il s'agit d'une approche proactive de la sécurité routière.

Cependant, la prise en compte explicite des problèmes de sécurité routière dès les premières étapes de la planification est quelque peu limitée. À l'heure actuelle, plusieurs règles empiriques générales peuvent être prises en compte dans le processus de planification pour aborder la performance en matière de sécurité routière. Par exemple, deux intersections de type T décalées sont plus sûres qu'une intersection à quatre branches. Malheureusement, il manque un processus et une méthodologie systématiques pour répondre aux besoins de sécurité routière dans la planification et souvent une évaluation précise des besoins de sécurité n'est pas réalisée.

La prise en compte explicite des problèmes de sécurité s'est également produite récemment dans les étapes de conception des routes dans le passé, les problèmes de sécurité routière étaient souvent pris en compte de manière implicite, de sorte que si les normes de conception étaient respectées, il était supposé que toutes les préoccupations de sécurité seraient satisfaites à

l'exception. Des projets à grande échelle, un ingénieur en sécurité aurait rarement l'occasion d'examiner et d'approuver les conceptions. Malheureusement, sans une attention explicite et ciblée aux problèmes de sécurité routière, la sélection de normes de conception routière (minimales ou non) peut souvent entraîner un niveau de sécurité moins que satisfaisant pour une nouvelle installation. Ce problème vient du fait que de nombreuses normes de conception routière n'ont pas été élaborées sur la base d'une compréhension entre la fonction de conception de lecture géométrique et la fréquence et la gravité des indicateurs d'appel.

Un exemple de la façon dont la sécurité est de plus en plus prise en compte explicitement dans les étapes de conception des routes, Le nouveau manuel de conception de l'Association des transports du Canada, intitulé Guide de conception géométrique des routes canadiennes (ATC, 1999), dans ce guide de conception nationale, plusieurs fonctions de sécurité routière sont fournies au concepteur, de sorte que les implications sur la sécurité d'une décision de conception spécifique peuvent être évaluées en termes d'effet sur la sécurité mesuré par la fréquence prévue des collisions. Un avantage de cette approche est qu'elle permet aux concepteurs de routes d'avoir la possibilité de prendre des décisions de conception raisonnables et rentables plus éclairées. Cela contraste fortement avec les guides de conception précédents qui fournissaient simplement un tableau de valeurs pour des caractéristiques de conception spécifiques souvent basées sur la classification des routes ou la vitesse de conception et les concepteurs étaient souvent réduits à des cueilleurs de table ne concevant pas vraiment ni ne comprenant nécessairement l'impact des caractéristiques de conception sur les performances de sécurité.

I.5.4 Obstacle associé à la Gestion Proactive de la sécurité routière

Il est suggéré qu'une approche proactive de la sécurité routière puisse aborder et éventuellement résoudre bon nombre des obstacles considérables associés à une approche réactive de la sécurité routière. Tandis qu'une approche proactive de la sécurité routière souffre également de certains obstacles techniques et logistiques.

L'un des obstacles associés à la prestation d'une sécurité routière proactive est le manque de processus et de possibilité d'examiner explicitement les questions de sécurité routière. Les besoins en matière de sécurité routière sont souvent compromis en raison, en partie, de l'absence d'un processus permettant de prendre explicitement en compte les besoins en matière de sécurité. Les planificateurs supposent que les problèmes de sécurité spécifiques seront abordés dans les étapes de conception. Au stade de la conception, les concepteurs de routes tiennent

rarement compte explicitement des besoins en matière de sécurité, supposant plutôt que les besoins en matière de sécurité routière sont implicitement pris en compte par les normes de conception des routes.

Un autre obstacle à la gestion proactive de la sécurité routière est le manque d'outils pour évaluer de manière proactive la sécurité routière. Cet obstacle peut être caractérisé par l'absence d'une méthode crédible et cohérente pour estimer l'impact sur les performances de sécurité routière résultant d'une amélioration routière planifiée. Lié au manque d'outils d'évaluation de la sécurité routière, il y a eu un problème de manque de compréhension des relations entre les caractéristiques de la route (élément de conception géométrique ou caractéristique de la route) et la fréquence et/ou la gravité des collisions.

Un dernier obstacle à la mise en œuvre efficace d'initiatives proactives de sécurité routière est le manque de données facilement disponibles sur les caractéristiques des routes. Ces données regroupent toutes les informations routières pouvant être utilisées pour évaluer les performances de sécurité, telles que les courbes horizontales ou verticales, la rugosité de la chaussée, les dangers potentiels sur les bords de la route, les problèmes liés à la circulation, l'accès à la route, etc.

I.5.5 Données de sécurité routière

Les données sur les collisions de véhicules à moteur constituent le fondement de la mesure dans la plupart des initiatives de sécurité routière. Les données sur les collisions peuvent provenir d'une grande variété de sources, notamment des responsables de l'application de la loi ou du personnel d'intervention d'urgence qui assistent souvent à des collisions de véhicules à moteur. Les informations sur les collisions peuvent également être obtenues à partir des données sur les réclamations d'assurance automobile, des données sur le site et les causes collectées par les autorités routières, des auto-rapports proposés par les personnes impliquées dans l'incident, des rapports hospitaliers des victimes de la collision et d'autres flux de données. Les éléments de données peuvent varier considérablement entre les agences d'évaluation, mais peuvent généralement être classés en données sur les conducteurs, données sur les véhicules, données routières et données environnementales. La quantité et la qualité des données sur les collisions de véhicules à moteur dépendent du programme et des besoins des divers organismes ou sources d'information.

I.5.6 Obstacle associé aux collectes des données statiques des accidents de circulation

Pour lutter contre l'insécurité routière, une bonne connaissance des accidents corporels de la circulation routière est indispensable. Les insuffisances les plus citées dans la littérature que présente le système de collecte des informations sur les accidents de la route sont le sous-enregistrement et les erreurs de déclaration (Benabdallah 1987, Oulha 2004, Himouri 2005, Haddak 2005, Prédit 2011). Le sous-enregistrement et les erreurs de déclaration peuvent mener à des hétérogénéités dans l'interprétation des résultats et à une mauvaise compréhension des enjeux de l'insécurité routière.

I.5.6.1 Le sous-enregistrement :

Le nombre des accidents de la route traitée dans des hôpitaux et les chiffres des statistiques de la police peuvent susciter un fait d'existence d'un sous enregistrement, surtout pour les catégories des usagers de types : piétons, cyclistes et cyclomotoristes.

De nombreux accidents restent non signalés, ce qui indique que le nombre réel des accidents ou de victimes est plus élevé par rapport aux chiffres officiels donné par les statistiques finales ; à l'exemple du cas des ramassages volontaires des victimes par les citoyens, où donc, plusieurs informations se perdent.

I.5.6.2 Les erreurs de déclarations :

Des contradictions de déclaration peuvent être notées entre de différents services ; à l'exemple des blessés déclarés comme graves par des services et qui sont enregistrés comme légers par d'autres.

I.6 Approches de la sécurité routière

Face au fardeau croissant et désastreux des accidents de la route, la recherche sur la sécurité routière a pris son envol dans la plupart des pays développés. Diverses approches ont été développées pour améliorer la sécurité routière. Selon l'examen de cadrage et d'une analyse thématique menée par (Safarpour, h., et al, 2020), la sécurité routière et les stratégies peuvent être classées en trois thèmes : approche traditionnelle, approche systémique et vision zéro.

I.6.1 L'approche traditionnelle

L'approche traditionnelle tend à se concentrer sur la modification des comportements des usagers de la route et la réduction des erreurs humaines, les usagers étant principalement responsables de l'apparition des accidents de circulation (RTC), principalement par l'éducation, la publicité et diverses campagnes (Kristianssen, A., et al. 2018). Les blessures causées par les accidents de circulation sont souvent considérées comme des accidents distincts dus à des

erreurs humaines plutôt que comme un problème de santé publique. L'accent mis sur les erreurs humaines a amené les professionnels de la sécurité routière à se concentrer davantage sur les usagers de la route. L'approche traditionnelle suppose qu'il existe une limite à la sécurité et qu'il existe aussi un niveau optimal de décès et de blessures graves, déterminé par le point auquel les coûts d'intervention dépassent les avantages (Kristianssen, A., et al. 2018). L'approche traditionnelle comprend le sous-thème de l'approche des usagers de la route et l'approche causale.

A. Approche des usagers de la route : L'approche de l'utilisateur de la route en matière de sécurité routière se concentre sur les erreurs humaines en tant que cause majeure des RTC et, par conséquent, les usagers de la route sont responsables en cas d'accident.

Dans cette approche, des mesures sont principalement prises pour modifier le comportement des usagers de la route afin de s'adapter au système, telles que la réglementation, la surveillance du comportement, l'information et la formation afin que les usagers se comportent correctement et par conséquent, les RTC ne se produisent pas (MCILROY, R, C., et al., 2018).

B. Approche causale : Les théories causales des accidents soutiennent que seule une connaissance précise des facteurs qui conduisent réellement aux accidents peut contribuer à la prévention. Les deux principales tendances de la théorie causale sont les événements déterministes (séquences d'événements) et les probabilités (ensembles de facteurs) (Jamroz, K. 2008). Selon cette approche, les accidents peuvent être causés par un ou plusieurs événements ou facteurs. Dans ce modèle, un accident est décrit comme une séquence de conditions et d'événements qui entraînent une blessure. Cette approche stipule que les accidents peuvent être réduits en réduisant les actions ou les conditions dangereuses (Kjellen, UA. And Albrechtsen E. 2017).

I.6.2 L'approche systémique

La première personne qui a eu une approche systémique de la prévention des RTC a été le Dr William Haddon qui a introduit la matrice de Haddon. Cette matrice est en fait une combinaison de facteurs qui comprend le facteur humain, l'environnement et l'agent causal interagissant avec les trois dimensions de l'événement, y compris le pré-accident, l'accident et le post-accident.

L'approche systémique se concentre sur les faiblesses et les caractéristiques inhérentes à l'être humain et considère que les concepteurs de systèmes de transport sont responsables de la promotion de la sécurité et de la prévention des ITR et déclare que la responsabilité doit être partagée entre les administrateurs du système et les usagers de la route.

L'approche systémique comprend les sous-thèmes de la sécurité durable, du système de sécurité et du plan des Nations Unies (ONU) pour une décennie d'action.

A. Démarche sécurité durable : Cette approche confirme que les humains sont vulnérables aux RTC et sont sensibles aux erreurs. L'objectif d'une sécurité durable est de prévenir autant que possible de telles erreurs ou de réduire leurs conséquences dues aux limitations humaines dans la conception du système de circulation. Cette stratégie repose sur cinq principes essentiels pour un système de circulation durable :

- (1) Fonctionnalité des routes : mono fonctionnalité des routes en tant que routes de transit, routes de distribution ou routes d'accès dans un réseau routier hiérarchisé.
- (2) Homogénéité de la masse et/ou de la vitesse et de la direction : égalité de la vitesse, de la direction et de la masse à des vitesses modérées et élevées. Dans les endroits où la circulation utilise des vitesses élevées, les différents types d'usagers et de conducteurs circulant dans des directions différentes doivent être physiquement séparés les uns des autres afin d'éviter les collisions pouvant entraîner la mort ou des blessures graves.
- (3) Prévisibilité du tracé de la route et du comportement des usagers de la route grâce à une conception de route reconnaissable : environnement routier et comportement des usagers de la route qui soutiennent les attentes des usagers de la route grâce à la cohérence et à la continuité de la conception de la route.
- (4) Tolérance envers l'environnement et les usagers de la route : limiter les blessures grâce à un environnement routier indulgent et prévoir le comportement des usagers de la route. Les routes doivent aider les usagers de la route en cas d'erreur.
- (5) Connaissance de l'état de l'utilisateur de la route : les usagers de la route devraient être en mesure d'évaluer leur capacité à accéder aux tâches de conduite et à les contrôler.

B. Approche systématique sûre : Un principe clé de l'approche du système sûr consiste à transférer la responsabilité des usagers de la route aux concepteurs de systèmes routiers pour prévenir les RTC, Il existe généralement quatre principes clés pour un système sûr :

- (1) Les gens peuvent faire une erreur qui peut entraîner des blessures sur la route.
- (2) Le corps humain a une capacité physique limitée à tolérer les forces du RTC.
- (3) Bien que les individus aient la responsabilité de se conformer au code de la route, il existe également une responsabilité partagée avec les responsables de la conception, de la construction, de la gestion et de l'utilisation des routes et des véhicules pour prévenir les RTC.
- (4) Toutes les parties du système doivent être fusionnées pour multiplier leurs effets, et si une partie tombe en panne, elle sera toujours protégée par les autres parties du système.

L'approche du système de sécurité prend généralement en compte des piliers interactifs clés, notamment des routes sûres, des véhicules sûrs, des vitesses sûres et des usagers de la route sûre.

Route sûre : la route est conçue et entretenue pour réduire le risque de RTC et réduire la gravité des blessures dans l'événement de crash.

Une route sûre empêche une utilisation involontaire en concevant et en encourageant des comportements sûrs chez les usagers de la route.

Vitesse de sécurité : les limites de vitesse sont complétées par des environnements routiers pour gérer les forces d'impact du RTC sur la tolérance humaine ; et tous les usagers de la route respectent les limitations de vitesse.

Véhicules sûrs : non seulement les véhicules réduisent le taux d'incidence d'un RTC et protègent les personnes, mais ils facilitent également la conduite et protègent les usagers vulnérables. De plus en plus, il s'agit de véhicules qui communiquent avec d'autres routes et véhicules, tandis que des systèmes de protection automatisés sont utilisés lorsque le risque d'un RTC augmente.

Des personnes sûres : encourager les gens à avoir des comportements sûrs, durables et cohérents grâce à des usagers de la route informés et formés.

C. Le plan de l'ONU pour une décennie d'action : En 2010, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté une déclaration de la décennie (2020-2030) l'appelant : « le plan pour la décennie d'action » et a demandé à tous les États membres de mettre en œuvre des programmes de prévention pour réduire les décès et les blessures sur les routes. Le programme est basé sur l'approche du système sûr et comprend cinq piliers d'objectifs du plan d'action décennal pour la sécurité routière, notamment la gestion de la sécurité routière, la circulation routière et sûre, la sécurité des véhicules, la sécurité des usagers de

Chapitre I. Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

la route et les soins après un accident. La décennie d'action est bien définie dans le chapitre 3.

I.6.3 la vision zéro

La vision zéro a été lancée pour la première fois en Suède par le professeur Claes Tingvall et approuvée par le parlement en octobre 1997. La Vision zéro est un programme public qui vise à mettre en place un système dans lequel les décès ou les blessures graves résultant des RTC atteignent zéro.

La vision zéro est basée sur le principe que les décès et les blessures causés par les accidents de circulation peuvent être évités. Un autre principe de la vision zéro est que les erreurs humaines sont inévitables et imprévisibles. Par conséquent, le système doit être conçu de manière à ce que les erreurs humaines soient prédites et qu'aucun décès ou blessure grave ne se produise.

Le Tableau I.4 résume une analyse thématique des approches de la sécurité routière selon la revue de cadrage (Safarpour et al., 2020)

Tableau I.4 Analyse thématique des approches de la sécurité routière selon la revue de cadrage

| Thèmes | La description |
|--------------------------------|---|
| Approche traditionnelle | |
| Approche usager de la route | <ul style="list-style-type: none">-Les erreurs humaines sont considérées comme la principale cause des accidents de la route (RTC).-L'utilisateur de la route a la responsabilité légale presque totale de la sécurité.-Attention majeure à la prévention RTC.-Les contre-mesures visent essentiellement à modifier le comportement pour adapter l'utilisateur de la route au système.-3E : ingénierie, application et éducation. |
| Approche causale | <ul style="list-style-type: none">-Les accidents de la route ne peuvent être évités que par une connaissance précise des facteurs réels d'accident.-Deux tendances principales : déterministe (séquence d'événements) et probabiliste (ensemble de facteurs).-Améliorer le comportement humain (vitesse, alcool, ceintures de sécurité et casques) par la législation, l'application de la loi et des campagnes.-Planification et conception pour rendre les infrastructures plus sûres.-Des véhicules plus sûrs grâce à une meilleure résistance aux chocs, une sécurité active des véhicules et des inspections de véhicules. |
| Approche systémique | |
| Sécurité durable | <ul style="list-style-type: none">-Fonctionnalité des routes.-Homogénéité de la masse et/ou de la vitesse et de la direction. |

Chapitre I. Les facteurs de risque contribuant aux accidents de la route

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none">-Prévisibilité du tracé de la route et du comportement des usagers de la route grâce à une conception de route reconnaissable.-Tolérance de l'environnement et des usagers de la route.-Conscience de l'état par l'usager de la route. |
| Système sécurisé | <ul style="list-style-type: none">-Les gens font des fautes.-Fragilité physique humaine.-Un système de transport routier "indulgent".-Construire une culture nationale de la sécurité routière.-Cibles basées sur les données.-La responsabilité des entreprises.-Coopération internationale.-7E : ingénierie, application de la loi, éducation, économie, intervention d'urgence, habilitation et ergonomie. |
| Le plan de l'ONU pour une décennie d'action | <ul style="list-style-type: none">-Gestion de la sécurité routière.-Infrastructure.-Véhicules sûrs.-Comportement des usagers de la route.-Réponse post-crash. |
| Vision zéro | |
| | <p>Trois dimensions : éthique, responsabilité, solutions.</p> <ul style="list-style-type: none">-Les décès et les blessures graves sur les routes sont reconnus comme évitables.-La vie et la santé humaines sont prioritaires dans tous les aspects des systèmes de transport.-Reconnaître que les erreurs humaines sont inévitables et que les systèmes de transport doivent pardonner.-Le travail de sécurité devrait se concentrer sur les changements au niveau des systèmes au-dessus de l'influence sur le comportement individuel.-La vitesse est reconnue et priorisée comme le facteur fondamental de la gravité des accidents de la route. |

(Source : (Safarpour et al., 2020)

I.7 Amélioration de la sécurité routière

La description des objectifs de l'équipe TRL (The Future of Transport) et d'autres fournit un modèle pour dériver les étapes nécessaires au transfert de connaissances dans ce domaine vers un pays ou une région différente (Elvik & Vaa, 2004 ; Jacobs & Baguley, 1995). Premièrement, la situation actuelle doit être mesurée et analysée pour établir un point à partir duquel les progrès peuvent être mesurés (la ligne de base). Cela doit bien sûr être fait en tenant compte des nuances de la situation locale telles que la disponibilité et l'étendue de l'enregistrement et de la fiabilité

des données. Cela permettra également une compréhension rudimentaire de la situation de la sécurité routière dans un lieu particulier. Cela doit également inclure (si possible) l'analyse des taux et des tendances d'accidents et leur variation dans le temps et l'identification de la présence de pics ou d'anomalies inhabituels.

La deuxième étape est l'adoption de mesures de sécurité ou du moins l'évaluation de la pertinence de mesures susceptibles d'améliorer la situation si elles étaient adoptées. Dans cette étape, le transfert de connaissances entre en jeu, car ce serait une tâche ardue s'il devait être prouvé que chaque mesure fonctionne sans aucun doute dans chaque nouvel endroit avant son adoption. Cette partie de la tâche est facilitée par la motorisation accrue du monde, car de plus en plus de régions sont confrontées à des problèmes de sécurité routière et peuvent développer de nouvelles mesures efficaces pour y faire face.

La troisième et dernière étape du processus consisterait à mesurer l'effet des mesures de sécurité routière pour voir si leur application a été un succès et si non, essayer de savoir pourquoi. Lorsque cela n'est pas possible en raison de contraintes pratiques, une tentative peut toujours être faite pour mesurer les effets des contre-mesures sur la base d'une expérience antérieure avec les mêmes mesures ou sur la base de la connaissance du fonctionnement des contre-mesures (Jacobs and Baguley, 1995). Par exemple, si les ceintures de sécurité ne sont pas actuellement utilisées par la majorité de la population automobile et que de nombreux conducteurs sont éjectés du véhicule lors d'accidents et que l'on sait que les ceintures de sécurité peuvent empêcher l'éjection, il est raisonnable de supposer que les éjections diminueront dans au moins quelques collisions une fois que le port de la ceinture de sécurité augmente. Si le nombre d'accidents impliquant une éjection est connu et qu'une série chronologique de données est disponible pour les années précédentes, l'amélioration à cet égard peut être quantifiée en projetant les nombres attendus avec et sans l'intervention en place.

I.8 Les structures organisationnelles en sécurité routière

L'examen de la L'examen de la problématique de la sécurité routière ne se limite pas au traitement des statistiques relatives aux accidents de la route, mais doit aussi faire appel à l'organisation de son environnement institutionnel, organisationnel et réglementaire. Le manque de coordination entre les différents organismes chargés de la sécurité routière et le chevauchement des responsabilités affectent négativement la gestion de la sécurité routière.

Dans cette partie nous présentons une brève revue de la littérature adaptée à partir de la thèse de doctorat "L'insécurité Routière en Algérie" de (Oulha. R., 2016), sur quelques possibilités d'organisations institutionnelles existantes en la matière dans certains pays à l'étranger

I.8.1 Les premiers pas d'une stratégie en sécurité routière

Les organisations internationales comme l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2013), la Banque mondiale (2011), (OCDE 2009), reconnaissent que les clés de bases pour obtenir de meilleures performances en matière de sécurité routière est de se procurer :

- De l'efficacité dans la gestion de la sécurité routière,
- D'une affectation suffisante des ressources,
- Des compétences multidisciplinaires dans ce domaine, issues de la recherche scientifique, afin de développer des approches et des solutions pour arriver à un système sûr.

Ceci ne peut se construire que par un engagement politique à une échelle plus élevée (voir figure II.7)

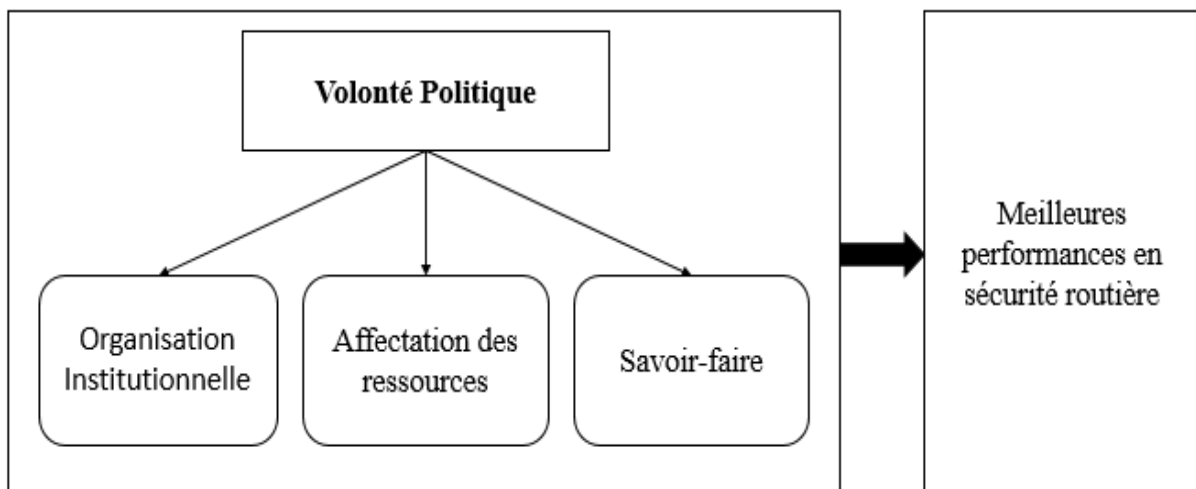


Figure I.7 Les premiers pas d'une stratégie adéquate en sécurité routière, Source : (Oulha, R., 2016)

La figure I.7 montre la place importante qu'occupent la volonté politique et l'organisation institutionnelle pour aboutir à de meilleures performances en sécurité routière pour un pays donné. Autrement dit, le processus de sécurité peut se retrouver ralenti à cause de l'inertie institutionnelle

I.8.2 Les structures de gestions en sécurité routière

Le travail sur la sécurité routière est un processus complexe impliquant plusieurs partenaires et parties prenantes. La diversité des entités impliquées qui expriment parfois des objectifs

contradictoires amène souvent au manque de coordination sur les actions spécifiques à entreprendre, ce qui fragilise le travail global sur la sécurité. Ceci est encore plus ressenti dans les pays en développement où les modes d'organisation et prise de décision sur des questions multidisciplinaires sont souvent traditionnelles.

Il a été démontré dans plusieurs recherches (Carlsson et Hedman, 1990 ; Mazouni, 2004 ; Lassarre et al., 2012 ; OMS 2013) qu'il est nécessaire d'attribuer une autorité claire et responsable, aux différentes entités concernées, capable de mobiliser les acteurs. Ci-dessous la description de certains modes d'organisation adoptés dans certains pays avancés en matière de prévention contre l'insécurité routière.

I.8.2.1 La coordination aux plus hauts échelons

La coordination des actions de sécurité routière est effectuée par une unité pluridisciplinaire de coordination comme le montre la « figure II.8 » Pour qu'elle soit dotée d'une autorité, cette unité relève du bureau du premier ministre. Selon « Carlsson et Hedman, 1990 », cette structure présente plusieurs avantages, dont :

- Une priorité automatiquement accordée à la sécurité ; Le risque de partialité se verra minimisé envers tel secteur ou tel autre ;
- La responsabilité est de mise et nette pour l'exécution de l'ensemble du programme, même si les unités subordonnées sont aussi responsables de la mise en œuvre de leurs parties respectives.

Un inconvénient demeure possible, celui de la longue durée entre la planification et la mise en œuvre. Pour améliorer la compréhension en matière de sécurité routière et de mieux coordonner ses activités, une unité de coordination pourrait être assistée par un comité consultatif de sécurité ou d'un conseil.

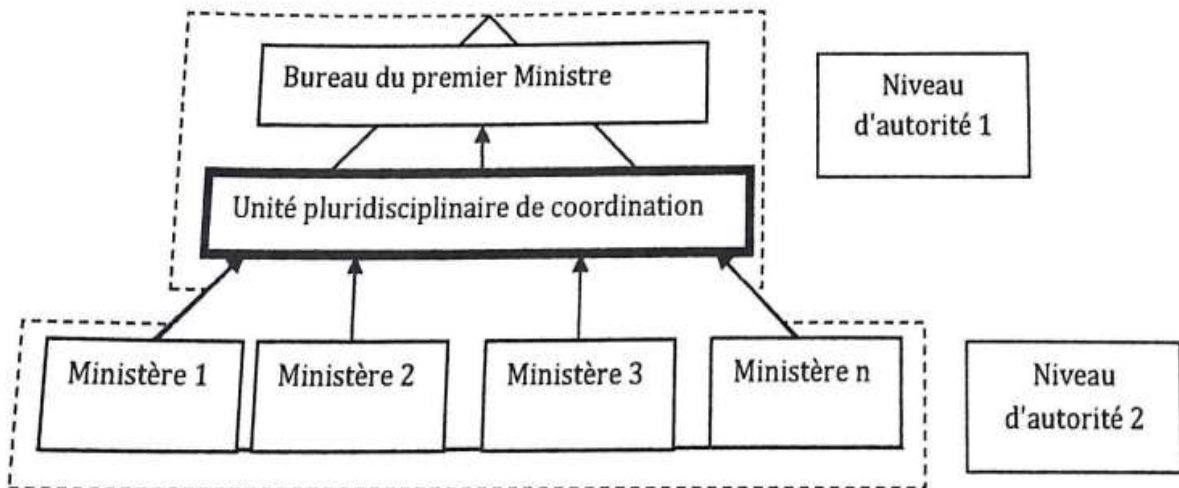


Figure I.8 Cas de coordination des actions de sécurité routière au plus haut niveau de l'organisation institutionnelle (source : OULHA, 2016)

I.8.2.2 La coordination aux plus hauts échelons

C'est une coordination assurée par un organisme spécial chargé de la responsabilité générale des programmes de sécurité routière. Cette agence est généralement subordonnée au ministère des Transports, mais représente un lien direct avec le bureau du premier ministre. L'agence pourrait être plus puissante et plus efficace si elle est gérée par un conseil composé de représentants de différentes parties impliquées dans le travail en sécurité routière. L'agence pourrait avoir la responsabilité exécutive de certaines parties du programme de sécurité, par exemple, celles des informations de sécurité et des campagnes.

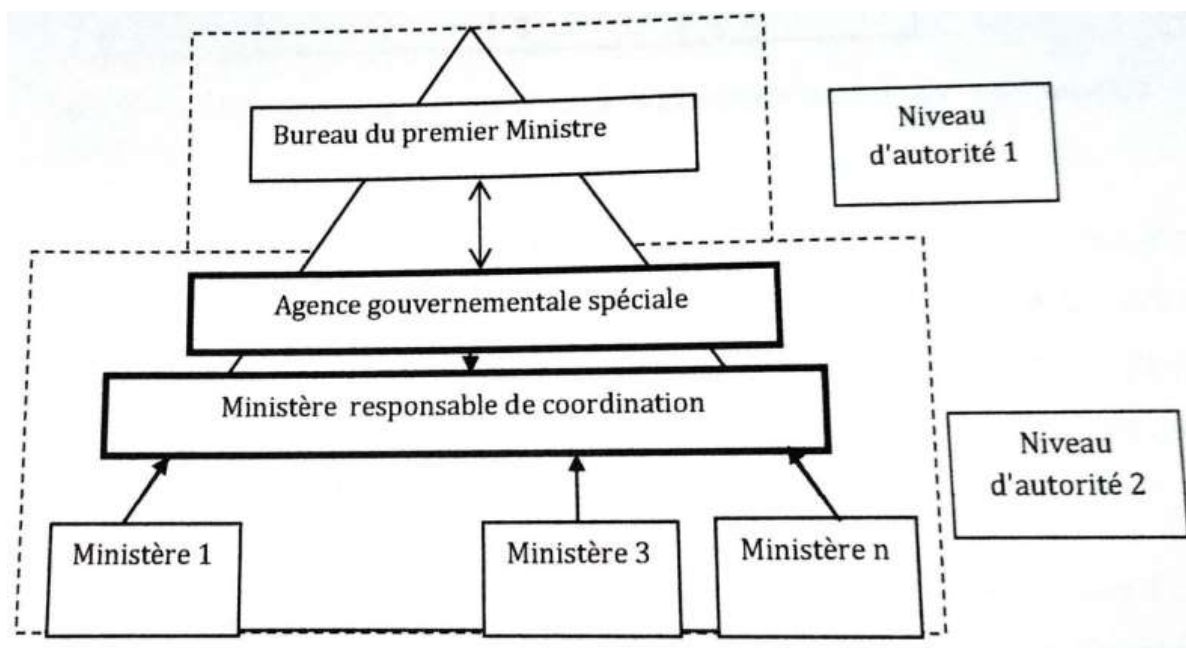


Figure I.9 Cas d'une coordination des actions de sécurité routière par le biais d'une agence gouvernementale (Source : OULHA, 2016)

I.8.2.3 La coordination du ministère responsable

Il impliquera un seul ministère responsable de la coordination globale des programmes de sécurité routière. En Algérie, l'organisation et la gestion de la sécurité routière est assurée par le ministère des transports. Ce mode d'organisation peu avoir l'avantage de réduire la durée entre la planification et la mise en œuvre (Carlsson et Hedman, 1990). Mais plusieurs inconvénients peuvent apparaître comme par exemple :

- Le risque de partialité envers un secteur donné ;
- L'absence possible de la pleine coopération des autres ministères ;
- Le manque de responsabilité complète envers l'ensemble du programme de sécurité : un département d'un volet ne pouvant responsabiliser un autre pour telle ou telle autre défaillance. Car de fait, ils sont tous au même niveau d'autorité (niveau 2 comme indiqué par la fig. I.10).

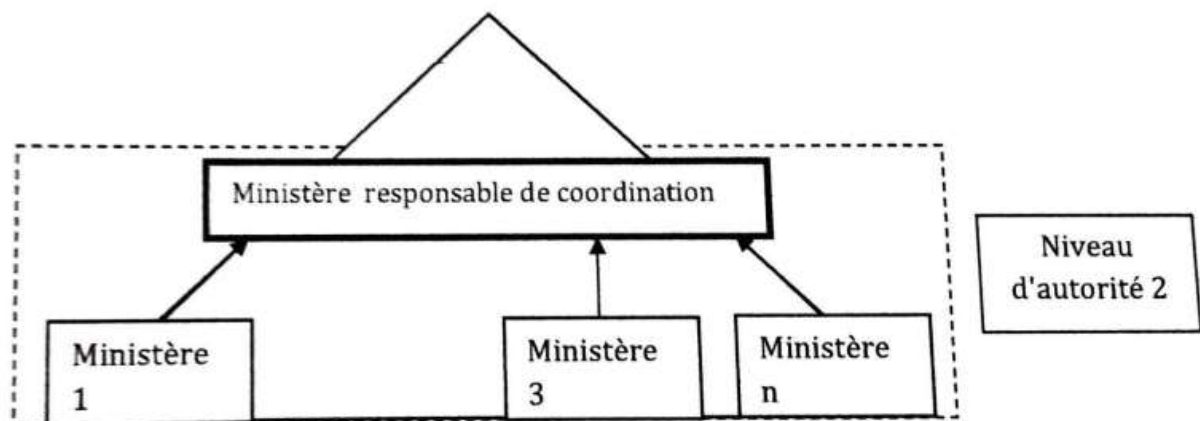


Figure I.10 Cas d'une coordination des actions de sécurité routière par un ministère responsable (source : OULHA, 2016)

En plus d'une structure organisationnelle et de gestion appropriée, il est essentiel d'avoir un personnel multidisciplinaire compétent, responsable des actions de la sécurité, en particulier pour la planification et la coordination. Il est également important que celui-ci soit suffisamment compétent pour assurer des tâches spécialisées, telles que les méthodes et les techniques d'analyse des accidents.

Selon Fleury (2002), l'expérience dans plusieurs pays avancés a montré que l'existence d'un lieu unique de compétence rend plus facile la prise en compte de préoccupations multiples qui caractérise la sécurité routière.

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les principes de base utilisés dans le domaine de la sécurité routière, la définition de la sécurité routière, et la définition des accidents de circulation et de leurs causes. Nous avons introduit également différents axes de recherche sur la sécurité routière dans ce chapitre, et ce pour objectif d'identifier les domaines d'intérêt pour notre thèse. Enfin, ce chapitre montre également une description détaillée des problèmes de gestion de la sécurité routière. Il s'agit notamment des questions liées aux initiatives de sécurité routière réactives, aux initiatives de sécurité routière proactives et à la qualité des données sur les accidents de circulation.

Chapitre II

L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

II.2 Introduction

De nombreuses recherches étudient la relation entre les facteurs contributifs des accidents de la circulation routière, les éléments de conception des routes, les conditions de circulation et les accidents de la circulation routière à partir d'un large éventail d'aspects et de méthodologies (Mohammed, 2013 ; Gaudry and Vernier, 2002 ; Dwikat, 2014). Ce chapitre décrit plusieurs relations hypothétiques et démontrées entre les collisions routières, la conception des routes et les caractéristiques liées à la circulation, ainsi que la mesure dans laquelle elles affectent la sécurité routière.

Les accidents de la route sont des événements complexes et sont influencés par de multiples facteurs tels que le comportement du conducteur, la fiabilité des véhicules, le volume et la composition du trafic et la conception géométrique de la route (Vayalamkuzhi and Amirthalingam., 2016).

Les accidents de la route se caractérisent par de multiples causes (Dwikat, 2014). (Runji., 2003) a souligné qu'une variété de facteurs affectent la fréquence et la gravité des collisions routières, La figure II.1 montre une représentation graphique de la combinaison des principaux facteurs de risque dans un accident.

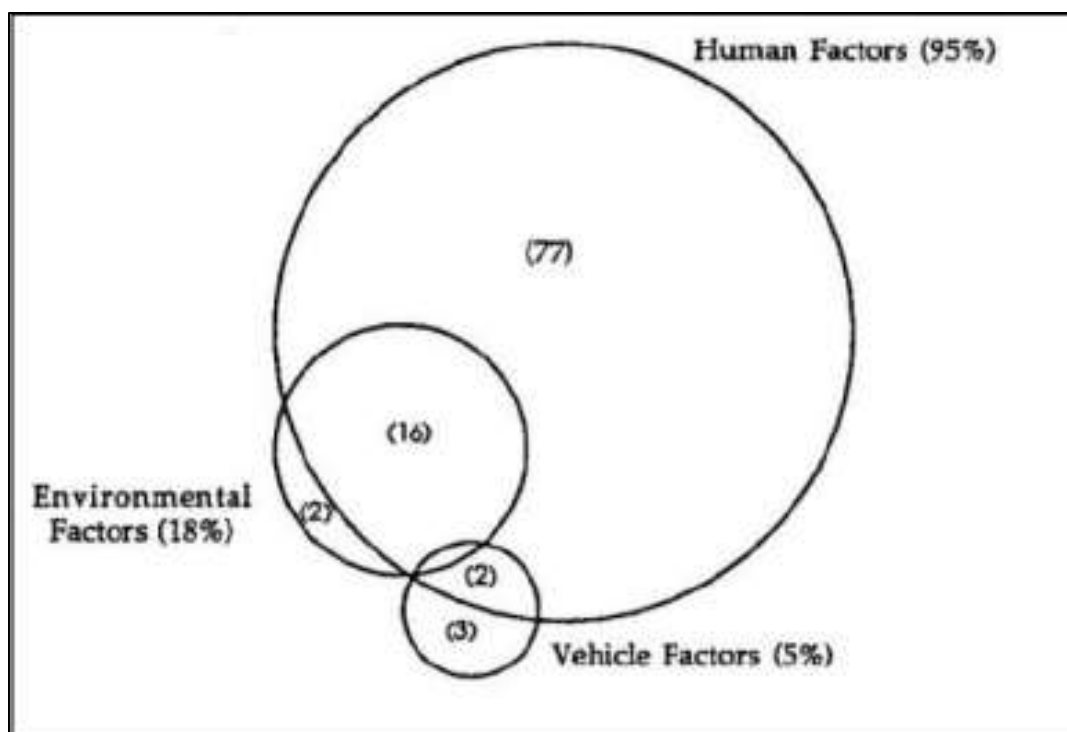


Figure II.1 Factors influencing the occurrence of road crashes (Runji, 2003)

Le rôle isolé du conducteur dans la survenu des accidents de la route est à a 77%, celui du véhicule à 3% et celui de l'infrastructure à 2%. Pourtant, le rôle combiné de l'infrastructure et

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

du conducteur s'élève à 16%. Ceci signifie que l'infrastructure peut être inadaptée par rapport aux comportements des conducteurs. Ainsi que le comportement du conducteur, influencé par la personnalité, les compétences et l'expérience, joue un rôle considérable dans la cause des accidents de la route (Mohammed, 2013).

Le tracé de la route affecté par l'environnement routier environnant est un facteur important de la sécurité routière. Deller, (2013) a souligné que les éléments de conception technique et géométrique jouent un rôle important dans la détermination de l'efficacité opérationnelle du trafic de toute route. Les principaux éléments de conception technique et géométrique qui affectent les opérations de circulation et la sécurité des chaussées comprennent : la vitesse de conception, le flux extérieur, le nombre et la largeur des voies de circulation, la présence et la largeur des accotements et l'alignement horizontal et vertical (courbures) des autoroutes, les pentes (Mohammed, 2013).

Ahmed (2013) mentionne que le réseau routier a un impact sur le risque d'accident car il détermine la façon dont les usagers de la route perçoivent leur environnement. Les facteurs routiers, y compris les éléments de conception de la chaussée et des bords de route, jouent un rôle important dans la détermination du risque de collision routière (Stephan and Newstead, 2017). Les facteurs d'ingénierie routière négatifs comprennent ceux dans lesquels les défauts de la route contribuent directement aux accidents ou les facteurs environnementaux routiers induisent les usagers de la route en erreur et provoquent ainsi des erreurs humaines (Parizel and Phillips, 2004).

La géométrie de la chaussée joue un rôle important dans la fréquence et la gravité des accidents de la route (Dwikat, 2014). Différents éléments de la conception des routes sont importants. Cependant, certains paramètres sont considérés comme ayant un impact plus important sur la sécurité routière que d'autres. Cette section présente une revue approfondie de la littérature sur les caractéristiques techniques et géométriques des routes et les caractéristiques du trafic sur la sécurité routière.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

II.2 Vitesse

II.2.1 Vitesse de conception

La vitesse de conception est un paramètre technique, désigne l'essentiel utilisée dans la détermination des caractéristiques de conception géométrique des routes. La vitesse de conception doit être constante le long des sections de route plus longues. De plus, la vitesse de conception (V_d) et la vitesse du 85e centile (V_{85}) doivent être bien équilibrées pour assurer un réglage fin entre les caractéristiques de la route, le comportement de conduite et la dynamique de conduite (Hiershe, E et al., 1984).

Hiershe et al., (1984) ont étudié l'effet de la vitesse de conception sur le taux d'accidents et le taux de coût des accidents. Le tableau II.1 donne un aperçu de leurs résultats pour les nouveaux alignements conçus selon les directives de conception allemandes. Un examen révèle que le taux d'accidents diminue à mesure que la vitesse de conception augmente de 60 à 80 km/h (35 à 50 mph). Pour des vitesses de conception supérieures à 80 km/h (50 mph), le taux d'accidents n'a pas connu d'amélioration. Le taux de coût des accidents, en revanche, augmentait à mesure que la vitesse de conception augmentait (Elias et al., 1994). Ainsi qu'une réduction de 1,6 Km/h (1 mi/h) de la vitesse moyenne réduisait l'incidence des blessures d'environ 5% a été conclu par une étude de (Finch et al 1984).

Tableau II. 1 *Effet de la vitesse de conception sur le taux d'accidents et le coût des accidents*

| Vitesse de conception (km/h) | Kilométrage du véhicule (absolu) (10⁶ véhicules km) | Kilométrage du véhicule | Taux d'accidents (nombre d'accidents/10⁶ km de véhicules) | Taux de coût des accidents (DM/102 véhicule-km) |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|
| 60 | 52,3 | 14,6 | 2,12 | 3,62 |
| 70 | 18 | 5,2 | 1,78 | 3,85 |
| 80 | 234,5 | 65,7 | 1,15 | 4,21 |
| 100 | 52 | 14,5 | 1,11 | 5,21 |

Source : (Hiershe et al., 1984)

II.2.2 Vitesse de circulation

La vitesse de circulation est probablement le facteur le plus important influençant la fréquence et la gravité des accidents de la route (Elvik et al., 2004). Les données empiriques fournies par plusieurs études ont conduit à l'hypothèse que si les autres facteurs (facteurs environnementaux et véhicules) étaient maintenus constants, l'augmentation de la vitesse conduirait à des accidents de la route plus graves (Kockelman, 2006 ; Thomas et al., 2013). L'étendue de la relation entre la vitesse et la probabilité d'accidents de la route peut varier en fonction de la circulation et des conditions routières, car l'association entre la vitesse et la

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

fréquence des accidents de la route peut être influencée par de nombreux autres facteurs routiers (Edquist et al., 2009 ; Vadeby et al., 2018).

La vitesse peut affecter la probabilité d'une collision de plusieurs façons. La littérature fait la différenciation entre excès de vitesse (conduite au-delà de la limitation de vitesse) et vitesse inappropriée (même si la vitesse peut être inférieure à la limitation de vitesse limitée) (Edquist et al., 2009 ; OCDE, 2006). Conduire trop vite rend le contrôle latéral plus difficile et réduit le temps et la distance nécessaires pour identifier et réagir aux dangers de la route (Edquist et coll., 2009 ; Sjogren et coll., 2012 ; Turner et al., 2015).

Plusieurs études ont étudié l'étendue de la relation entre la vitesse et les accidents de la route, la plupart des résultats concluant que les sélections de vitesses plus élevées sont directement liées à des taux plus élevés d'accidents de la route (Godavarthy and Russell, 2016 ; Feuillet et al., 2015).

Une étude avant-après de Nilsson (2004) a étudié de manière approfondie l'impact du changement de vitesse sur la sécurité routière à l'aide d'un modèle de puissance. L'étude a révélé une corrélation positive entre les changements de vitesse et la gravité des accidents de la route, et l'ampleur de cette relation est affectée par la gravité des accidents selon une fonction de puissance, comme le montre la figure II.2. De même, Elvik et al. (2004), dans une évaluation approfondie de l'impact du changement de vitesse sur les accidents de la route, ont trouvé une relation causale linéaire entre le changement de vitesse et les changements dans les accidents de la route.

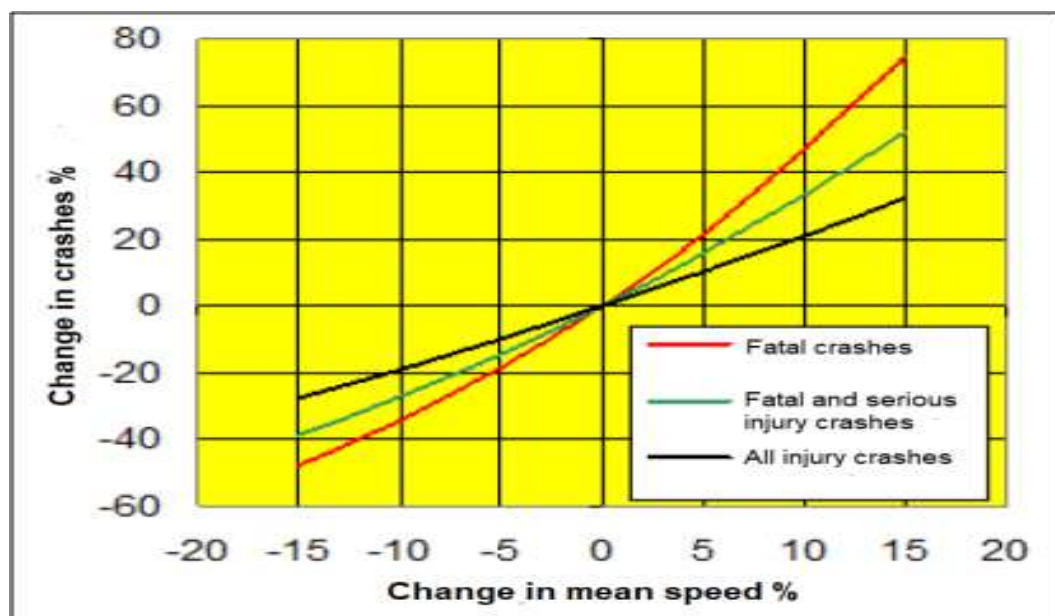


Figure II.2 Relation entre la variation en pourcentage de la vitesse et la variation en pourcentage des accidents de la route dans le modèle de puissance (**Source** : Nilsson, 2004)

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Une enquête à l'échelle d'une région faite sur la vitesse et les accidents de la route menée par Nilsson (2005) a conclu que les augmentations de la vitesse moyenne de fonctionnement étaient positivement associées à l'augmentation du nombre de tués et de blessés sur la route.

Plusieurs études ont exploré et trouvé de larges relations entre les accidents de la route et les limitations de vitesse (Deller, 2013 ; Woolley et al., 2002 ; Richter et al., 2016). La limitation des vitesses sur les routes détermine les caractéristiques de vitesse et la variance de la vitesse (Wang et al., 2013). Deller (2013) a constaté que si la limite de vitesse sur les autoroutes australiennes était abaissée, la fréquence des collisions diminuerait. Richter et al. (2016) ont étudié l'effet de la limite de vitesse sur les dépassements dans les zones rurales à deux voies et ont constaté que la réduction de la limite de vitesse peut réduire les accidents de la route.

La vitesse de circulation a des effets significatifs sur la sécurité routière dans la littérature. Plusieurs études ont conclu que l'augmentation de la vitesse et les plus grandes variations de vitesse créent un environnement routier dangereux.

II.3 Volume de Trafic (Flux extérieur)

Le volume de trafic est défini comme le nombre de véhicules passant à un point spécifique sur le segment de route à l'étude par heure, généralement exprimé en trafic journalier moyen (ADT) et mesuré par le nombre de véhicules par jour (May, 1990). Les volumes de trafic jouent un rôle clé dans la détermination du volume de trafic journalier moyen annuel (TJMAA), qui est crucial pour développer des modèles de prévision des accidents de la route (El-basyouny and Sayed, 2009 ; Eenink et al., 2005 ; Glavic et al., 2016).

Plusieurs études ont étudié la relation entre le volume de trafic et les accidents de la route. Une étude de Golob et al. (2004) ont démontré une forte relation statistique entre le flux de trafic et les accidents de la route. Les résultats de l'étude montrent que l'augmentation des flux de trafic entraîne une augmentation des accidents de la circulation sur la route.

Les faibles volumes de trafic sur les routes rurales, par rapport aux routes urbaines, entraînent des accidents de la route à grande vitesse, avec un risque élevé de collisions frontales ou de ruissellement et des niveaux de gravité des blessures plus élevés (Alsubeai, 2017 ; Karlaftis and Golias, 2002 ; Nambahu, 2018).

Eenink et al. (2005) ont rapporté qu'en étudiant l'impact des volumes de trafic sur la sécurité routière, des modèles de prévision des accidents ont été développés dans le but de fournir un aperçu des niveaux de sécurité sur les routes. Dans une étude d'Eenink et al. (2005) ont illustré la relation entre les volumes de trafic et les accidents de la route dans la figure II.3.

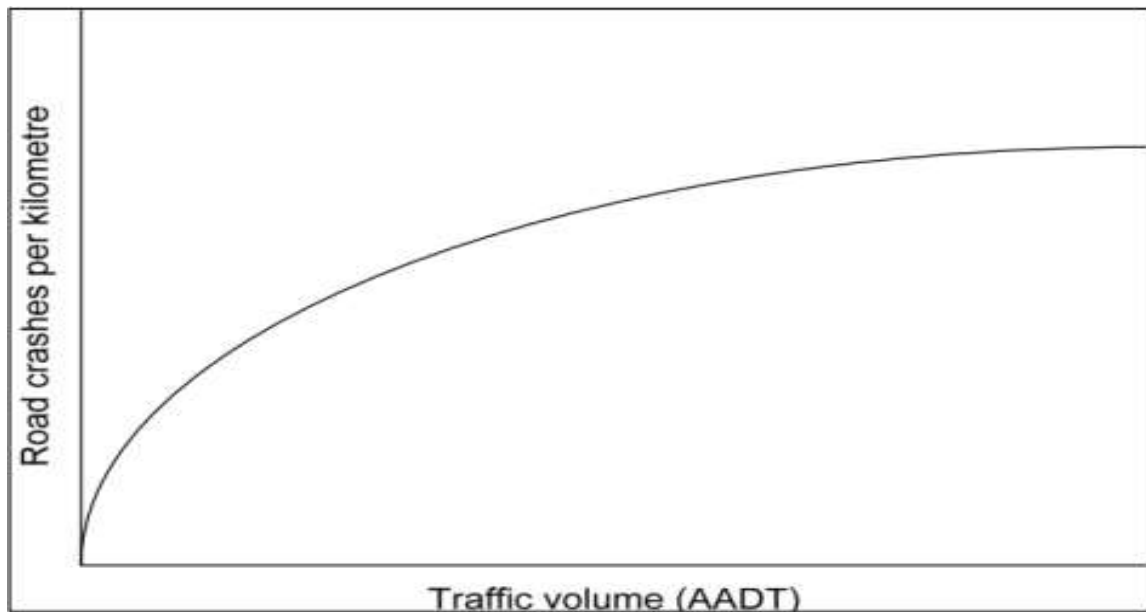


Figure II.3 Relation entre AADT et accidents de la route (Source : Eenink et al., 2005)

Dans l'ensemble, la littérature examinée a indiqué que le nombre d'accidents de la route augmentait à mesure que les volumes de trafic augmentaient.

II.4 Largeur de voie et nombre de voies

Housley (2015) définit une voie de circulation comme la portion de route utilisée pour une seule file de véhicules. Le choix de la largeur des voies est basé sur le volume de trafic, le type de véhicule et la vitesse. La largeur de voie la plus large de 3,7 m est recommandée pour les routes avec des volumes et des vitesses plus élevés, tandis que les routes avec les volumes attendus les plus faibles sont recommandées pour avoir la largeur de voie la plus étroite de 3,1 m (Ambunda, 2019).

La largeur des voies est un paramètre essentiel influençant les taux d'accidents de la route (Meng et al., 2006 ; Papadimitriou et al., 2018). Le confort de conduite et les caractéristiques opérationnelles d'une chaussée s'améliorent significativement avec l'augmentation de la largeur des voies de circulation (Mohammed, 2013). Les conducteurs perçoivent une largeur de route plus large comme plus sûre (espace perçu pour corriger les erreurs du conducteur), ce qui entraîne des choix de vitesse plus élevés (Edquist et al., 2009 ; Park et al., 2010 ; Ben-Bassat et Shinar, 2011).

Il existe une relation linéaire entre la largeur des voies de circulation et les taux d'accidents de la route (Wedajo et al., 2017 ; Park et al., 2010). Plusieurs enquêtes ont été menées pour étudier l'impact de la largeur des voies sur la sécurité routière :

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

McCarthy et al., (1981) dans une enquête sur l'élargissement des voies à 17 sites, dans lesquels les voies ont été élargies de 1,4m et 3,0m à 2,7m et 3,7m, ont montré que cette augmentation de la largeur a réduit considérablement le taux d'accidents mortels (22%) et a entraîné une diminution du taux total d'accidents.

Hedman, (1990) a noté que certains résultats indiquaient une diminution assez forte des accidents avec une largeur accrue de 4m à 7m.

Ambenda et Sinclair, 2019 ; Wang et al., 2013 ; Othman et al., 2009) ont constaté que, pour toute classification de chaussée fonctionnelle, une réduction de la largeur de la voie entraînait une augmentation spectaculaire de la probabilité d'une collision.

Une enquête menée par Ahmed (2013) a révélé que l'augmentation de la largeur de la voie de 2,75 m à 3,65 m réduisait d'environ 50 % la probabilité de collisions frontales et d'autres collisions connexes.

La figure II.4 illustre la relation entre la largeur des voies et la sécurité routière sur une route de campagne à deux voies selon l'American Association of State Highway and Traffic Officials (AASHTO, 2010).

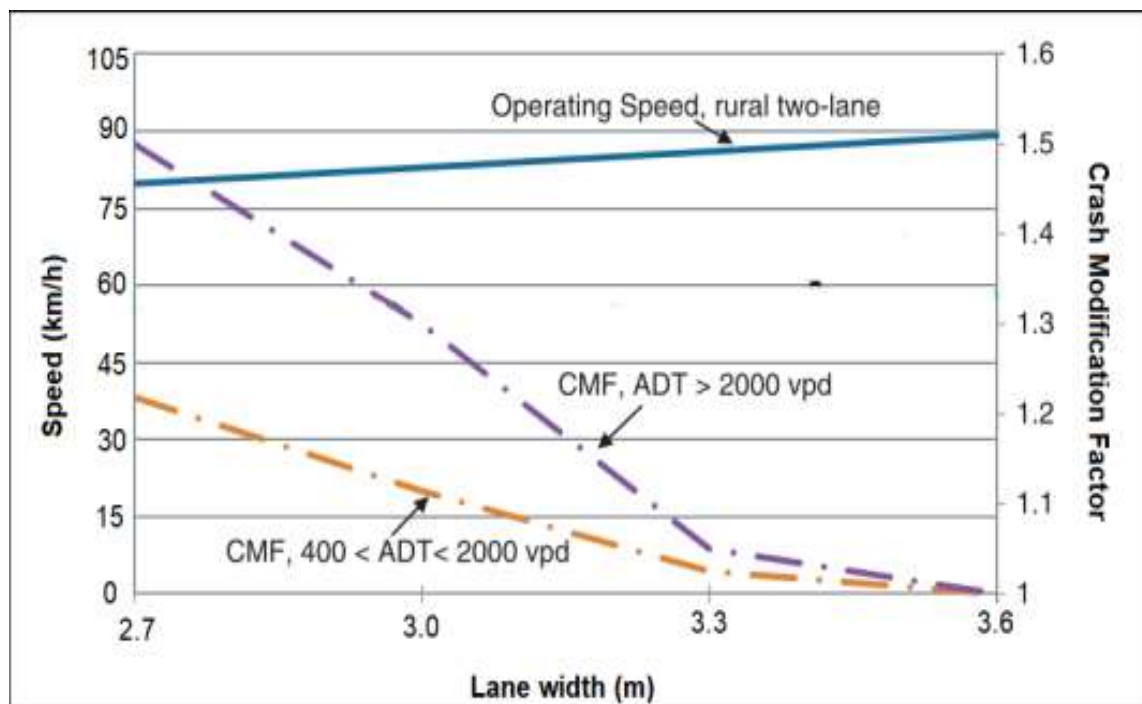


Figure II.4 Relation entre la largeur des voies, la vitesse de circulation et la sécurité sur les routes rurales à deux voies (Source : AASHTO, 2010)

Le nombre de voies est une autre variable qui a été discutée en détail par divers chercheurs. Presque toutes les études ont conclu que plus le nombre de voies est élevé, plus le taux de collision est élevé (Deo, 2004). (Noland et Oh, 2004 et Haynes et al., 2008) ont étudié l'impact du nombre de voies sur la sécurité routière au niveau d'une zone agrégée. Les résultats de la

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

recherche ont révélé qu'une augmentation du nombre de voies était associée à une augmentation des accidents de la route.

Les normes de conception technique appliquées et suivies par les ingénieurs en Algérie (B40 et ICTAAL) recommandent les règles suivantes pour la largeur et le nombre de voies :

A. Norme technique d'aménagement des routes (B40) :

La détermination du nombre de voies est en fonction de :

- Débit horaire admissible (d) qui est en fonction du type d'infrastructure retenue et du niveau de service à garantir.
- Débit horaire de pointe normale (Q) prévu à l'horizon dans les deux sens de circulation

Dans le cas d'une chaussée bidirectionnelle : Le profil en travers à retenir est celui auquel correspond la valeur de (d) la plus proche de (Q).

Dans le cas d'une chaussée unidirectionnelle : Le nombre de voies à retenir pour chacune des chaussées est le nombre entier le plus voisin du rapport $S*Q$, tel que S est le coefficient de dissymétrie.

Ainsi, la largeur varie selon la position de la voie dans le profil en travers et la nature des véhicules susceptibles de l'emprunter. Le tableau II.2 indique les largeurs des voies de circulation recommandées par la B40 en fonction de la catégorie de la route.

Tableau II. 2 Largeurs des voies de circulation

| Catégorie de la route | | Largeur de la voie |
|-----------------------|---|---------------------------------|
| Catégorie 1 | Liaison entre les grands centres économiques et les centres d'industrie | 7m – 10,5m – 14m 2 x 2 voies |
| Catégorie 2 | Liaison des pôles d'industrie de transformation entre eux | 7m – 10,5m |
| Catégorie 3 | Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya | 6m – 7mm |
| Catégorie 4 | Liaison de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégories 1, 2 et 3 avec le chef lieux de daïra | 4m – 6m |
| Catégorie 5 | Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes | 4m – 6m |

(Source : B40, 1977)

B. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison :

ICTAAL recommande que le nombre de voies soit de 2 à 4 voies de circulation et la largeur de 3,50 m.

II.5 La largeur et le type d'accotement

Comme indiqué dans la Politique de conception géométrique des autoroutes et des rues (AASHTO, 2001), les accotements pavés des routes remplissent de multiples fonctions, y compris les zones de récupération en cas d'erreur du conducteur et les fonctions de

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

stationnement et d'arrêt d'urgence. Plusieurs études ont étudié la corrélation entre la largeur des accotements et la probabilité de collision routière, citant des résultats qui varient considérablement (Liu et al., 2016 ; Zegeer et al., 1981 ; Ben-Bassat and Shinar, 2011).

Ben-Bassat and Shinar (2011) ont souligné qu'en plus de la largeur des accotements, le type d'accotement a également un impact sur la fréquence des accidents de la circulation. Contrairement aux accotements en gravier, les accotements revêtus sont le meilleur type d'accotement pour la sécurité routière (Karlaftis and Golias, 2009). Osman et al. (2009) expliquent que si l'accotement doit être suffisamment large pour permettre au véhicule de sortir complètement de la voie de circulation, un accotement étroit vaut mieux que pas d'accotement du tout.

Une étude antérieure de Zegeer et al. (1981) ont constaté que l'augmentation de la largeur des accotements entraînait une augmentation des accidents de la circulation dans l'Oregon, sauf sur les routes avec des TJMA de 3 600 à 5 500 véhicules. Une enquête au niveau régional en Namibie par Ambunda et Sinclair (2019) a révélé un manque de corrélation entre la largeur des accotements et les collisions routières sur les routes rurales à deux voies avec moins de 2 000 AADT. Les résultats d'une étude menée au Kansas par Huanghui (2012), illustrés à la figure II.5, ont révélé que les accotements composés et larges avaient un impact plus positif sur la sécurité routière que les accotements étroits.

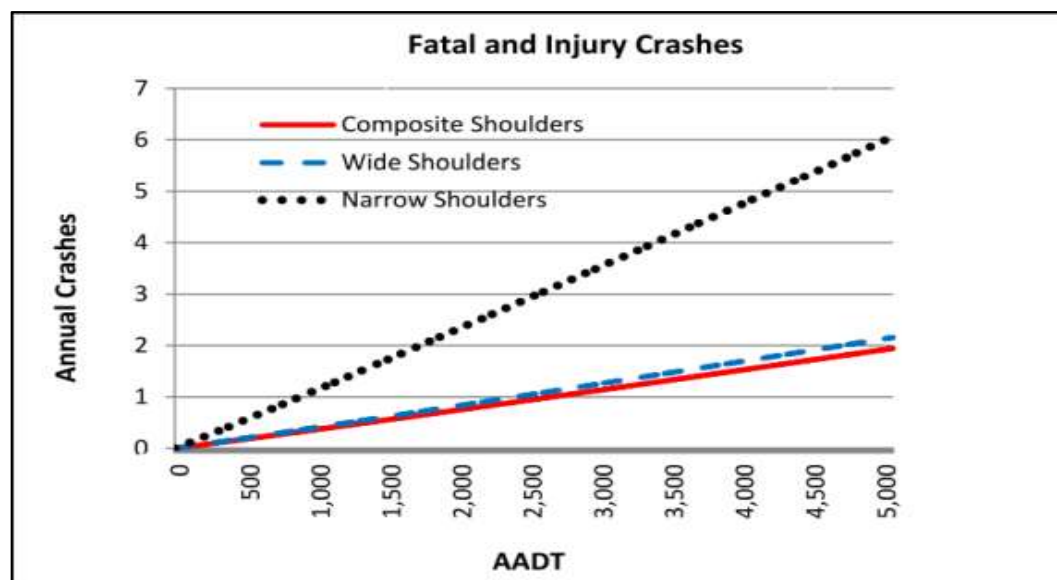


Figure II.5 Effet des accotements sur les accidents de la route (Source : Huanghui, 2012)

Une enquête menée en Grèce par Karlaftis et Golias (2002) a révélé que les taux d'accidents de la route diminuaient de manière significative à mesure que la largeur d'accotement des routes de campagne à deux voies augmentait à 7,5 m. En revanche, une étude de Bamdad Mehrabani et Mirbaha (2018) a révélé que les accotements pavés d'une largeur de 1,2 à 2,1 m avaient un

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

effet positif significatif sur les taux d'accidents de la route. Parc et al. (2010) ont déterminé qu'une largeur d'accotement pavée de 3,1 à 3,7 m a un impact positif sur la sécurité routière sur l'autoroute AADT de 3 000 à 5 000 véhicules au Texas. Le facteur de modification de collision (CMF) estimé par le Highway Safety Handbook (AASHTO, 2010) conclut que la largeur des accotements a un impact positif plus important sur la sécurité routière lorsque la voie est étroite, mais à mesure que la largeur de la voie augmente, l'impact de la largeur des accotements diminue. Dans une étude avant-après de Zegeer et al., 1981 l'impact de l'élargissement de l'accotement sur les collisions routières a été déterminé, comme le montre le tableau II.3.

Tableau II.3 Effets de l'élargissement de l'accotement pour les types d'accidents connexes sur les routes rurales à deux voies (Zegeer et al., 1981 ; CSRA, 1988)

| Shoulder widening (m) per side | Percent (%) reduction in related crash types | |
|---------------------------------------|---|----------------|
| | Paved | Unpaved |
| 0.6 | 16 | 13 |
| 1.2 | 29 | 25 |
| 1.8 | 40 | 35 |
| 2.4 | 49 | 43 |

(CSRA, 1988)

Plusieurs études ont montré que la largeur des épaules a également des effets contradictoires sur le comportement du conducteur, entraînant des conditions de sécurité routière dangereuses sur la route (Abele et Møller, 2011 ; Čičković, 2016 ; Ben-Bassat et Shinar, 2011). Les conducteurs ont tendance à choisir des vitesses plus faibles sur des routes étroites avec des accotements étroits en raison d'une sécurité moindre pour les usagers de la route. Cela se traduit par un comportement de conduite plus sûr que la sélection d'un rapport supérieur sur des routes plus larges (Godley et al., 2004). Huanghui (2012) a expliqué que sur les routes avec des accotements plus larges, les sélections de vitesse sont plus élevées car elles donnent au conducteur un sentiment de sécurité et la marge perçue pour corriger les erreurs. En revanche, les routes et les accotements plus étroits sont considérés comme moins indulgents et donc plus dangereux, ce qui amène les conducteurs à être plus prudents pour éviter les situations dangereuses (Liu et al., 2016). En revanche, une étude de Ben-Bassat et Shinar (2011) a révélé que des accotements étroits encouragent les conducteurs à s'écarter de l'accotement gauche et à s'approcher du centre de la route, ce qui augmente la probabilité d'une collision avec la route devant eux.

Une étude réalisée par Abele et Møller (2011) a rapporté que, sur les routes avec des accotements en gravier, les conducteurs avaient une sélection de vitesse inférieure en raison de

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

repères visuels (la chaussée pavée et les surfaces des accotements avaient des couleurs différentes). Le gravier donne l'impression d'une chaussée plus étroite que si elle était pavée d'un accotement de pavée dur.

II.6 Alignement horizontal (Rayon de courbure)

Hanno, (2004) définit l'alignement d'une route comme une combinaison d'éléments géométriques verticaux et horizontaux qui fournissent l'emplacement de la route à travers le terrain. Le tracé d'une route peut être décrit en termes très spécifiques tels que des courbes et des pentes individuelles ou en termes généraux tels que des types de terrain topographiques (Knoflacher, 1968). La facilité, le confort et la sécurité des opérations d'un véhicule sur les routes rurales sont déterminés par la cohérence de la conception, entre autres facteurs. Cette cohérence est obtenue en partie en rapportant l'importance des éléments successifs d'alignement horizontal et vertical à la vitesse.

Hassan and Easa, (2003) rapportent que les d'accidents de la route en tendance à se regrouper sur les courbes horizontales, en particulier sur les courbes très prononcées, que sur les tangentes à la route. Une enquête menée par le National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Guide for Addressing Run-Off-Road Collisions (ROR) Collisions (Transportation Research Board, 2003) indique que 42 % des accidents mortels sont signalés sur des courbes horizontales. La figure II.6 montre la relation entre le taux d'accidents et les rayons de courbures dérivée des résultats de plusieurs études de recherche.

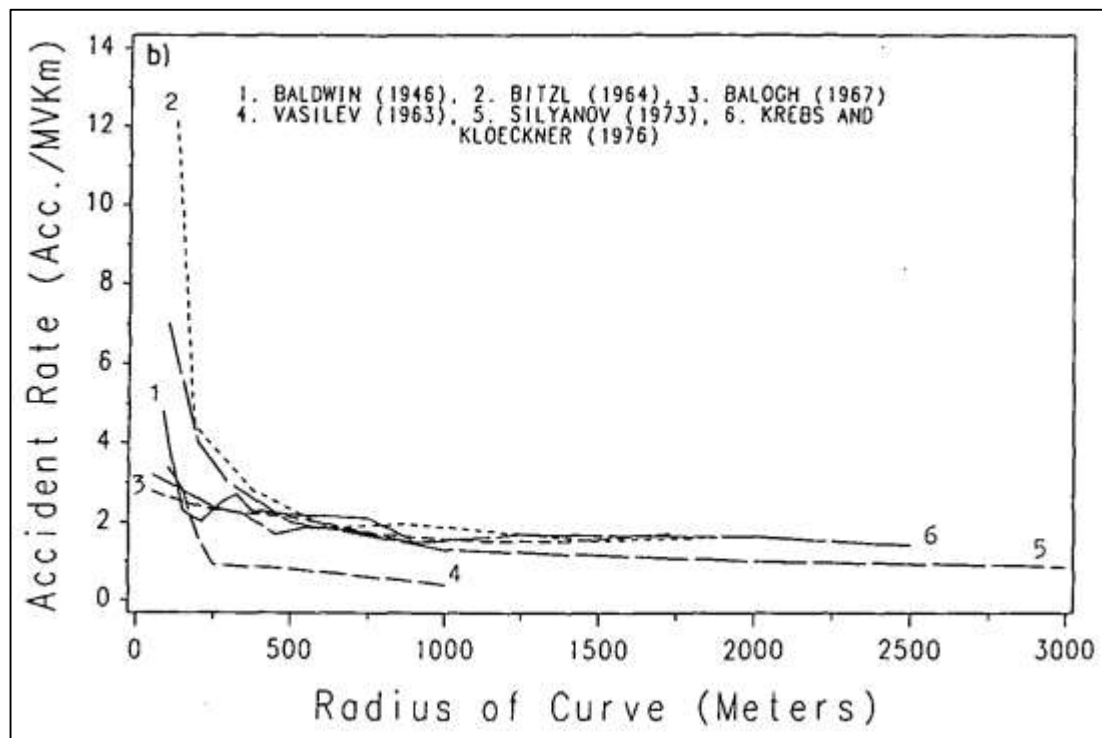


Figure II.6 Exemples illustrant la relation entre le taux d'accidents [nombre d'accidents pour 106 véhicules-kilomètres (Acc./MVkm)] et le rayon de courbe

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Un outil de prédiction de la sécurité développé dans le Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) étudie la relation entre la vitesse de conception, le rayon de la courbe horizontale et la vitesse de fonctionnement sur les routes rurales à deux voies. La figure II.7 illustre l'effet du rayon de courbe horizontale sur la vitesse de circulation des véhicules dans des conditions temporelles sur la route. Le rayon de courbure horizontale a peu d'effet sur la vitesse de circulation jusqu'à ce que le rayon tombe en dessous d'environ 350 m (AASHTO, 2010 ; Bauer & Harwood, 2014). De même, l'effet du rayon de courbe sur la fréquence prévue des accidents de la route varie nominalement jusqu'à ce que le rayon de courbe tombe en dessous de 350 m, comme l'indiquent les modifications du facteur de correction d'accident (CMF) (AASHTO, 2010 ; Glavić et al., 2016).

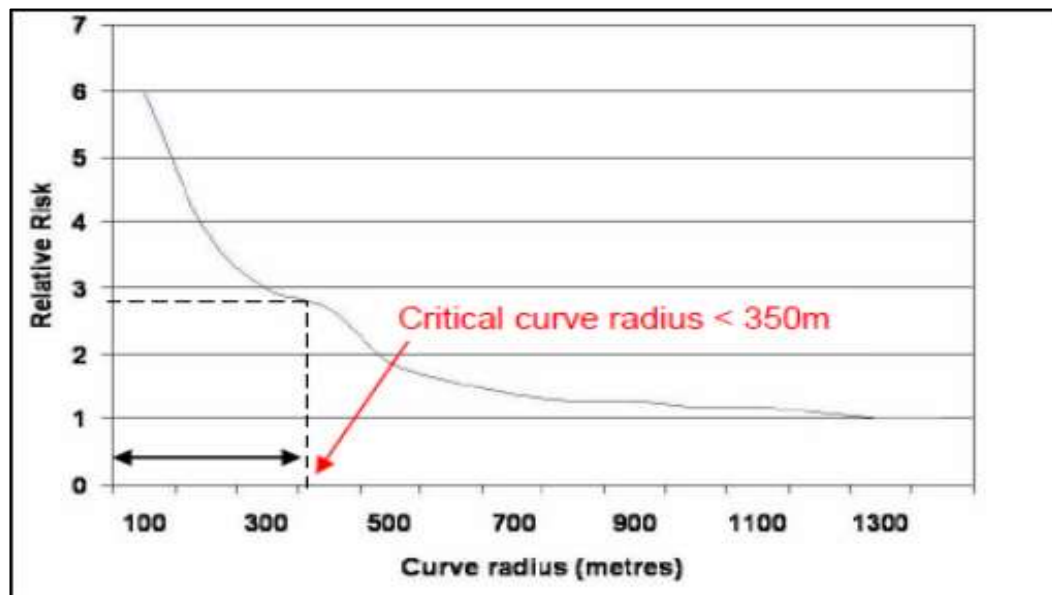


Figure II.7 Risque de collision relatif sur divers rayons de courbe horizontale (Source : Ambunda, 2018)

La plupart des enquêtes montrent qu'avec l'augmentation des rayons, la fréquence des accidents diminue (Baldwin, 1946 ; Raff, 1946 ; Coburn, 1952 ; Bitzl, 1964 ; Wilson, 1968 ; Babkov, 1975 ; Rumar, 1985). Une étude de (Garcia and Abreu, 2016) a révélé qu'une réduction des taux d'accidents se produisait avec une augmentation du rayon de courbure horizontale. Conformément aux conclusions du Highway Safety Manual (AASHTO, 2010). Turner (2005) a constaté que le risque d'accident de la route dans les courbes horizontales augmente avec une réduction des rayons des courbes, les rayons des courbes horizontales étant considérés comme critiques à des rayons inférieurs à 350 m comme illustré par la Figure II.8.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

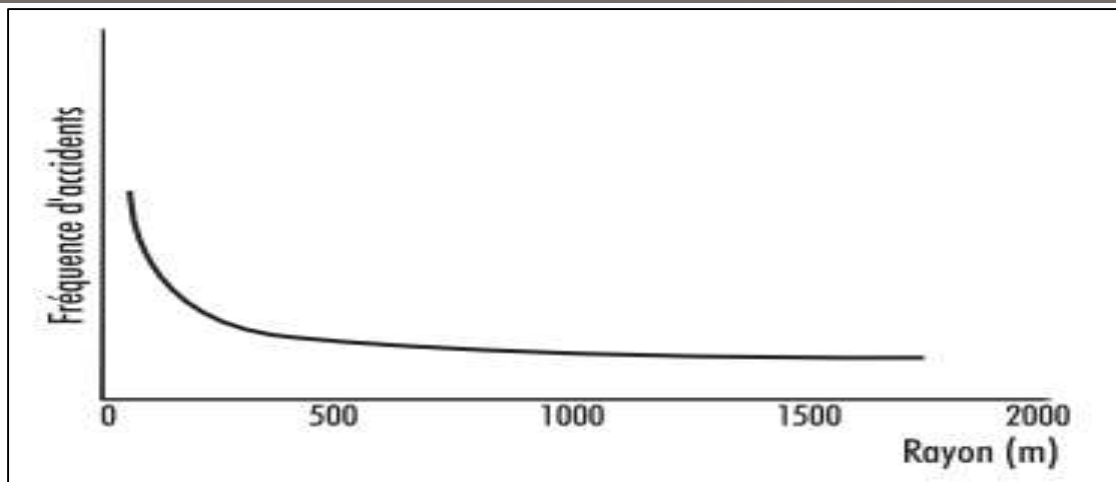


Figure II.8 fréquence d'accident et rayon de courbure (Source : Piarc, 2003)

Les manuels de conception géométrique Algériens (B40, ICTAAL) fournit les tableaux suivants indiquant les rayons en plan recommandés pour une utilisation sur les routes, ainsi que les devers associés pour chaque rayon.

Tableau II.4 Rayons en plan et devers associés

| Rayon | Symbole (%) | Env . 1 . | | | Env . 2 . | | | Env . 3 . | | |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| Catégorie 1 - 2 | Vr | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| - mini absolu | RHm (7%) | 650 | 450 | 250 | 450 | 250 | 125 | 250 | 125 | 50 |
| - mini normal | RHN (5%) | 1000 | 650 | 450 | 650 | 450 | 250 | 450 | 250 | 125 |
| - au d.min | RHd (2,5%) | 2200 | 1600 | 1000 | 1600 | 1000 | 550 | 1000 | 550 | 250 |
| - non déversé | RHnd (-2,5%) | 3200 | 2200 | 1400 | 2200 | 1400 | 800 | 1400 | 800 | 350 |
| Catégorie 3 | Vr | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| - mini absolu | RHm | 600 (8%) | 375 (8%) | 220 (8%) | 375 (8%) | 220 (8%) | 115 (8%) | 230 (7%) | 115 (7%) | 40 (7%) |
| - mini normal | RHN | 850 (6%) | 600 (6%) | 375 (6%) | 600 (6%) | 375 (6%) | 220 (6%) | 400 (5%) | 230 (5%) | 115 (5%) |
| - au d.min | RHd (3 %) | 1900 (3%) | 1300 (3%) | 800 (3%) | 1300 (3%) | 800 (3%) | 450 (3%) | 800 (3%) | 450 (3%) | 200 (3%) |
| - non déversé | RHnd (-3%) | 2800 (-3%) | 2000 (-3%) | 1200 (-3%) | 2000 (-3%) | 1200 (-3%) | 700 (-3%) | 1200 (-3%) | 700 (-3%) | 300 (-3%) |
| Catégorie 4 | Vr | 100 | 80 | 60 | 80 | 60 | 40 | 60 | 40 | |
| - mini absolu | RHm | 375 (8%) | 220 (8%) | 115 (8%) | 220 (8%) | 115 (8%) | 40 (7%) | 115 (8%) | 40 (7%) | |
| - mini normal | RHN | 600 (6%) | 375 (6%) | 220 (6%) | 375 (6%) | 220 (6%) | 115 (5%) | 230 (6%) | 115 (5%) | |
| - au d.min | RHd | 1300 (3%) | 800 (3%) | 450 (3%) | 800 (3%) | 450 (3%) | 200 (3%) | 450 (3%) | 200 (3%) | |
| - non déversé | RHnd | 1250 (-3%) | 1100 (-3%) | 650 (-3%) | 1100 (-3%) | 650 (-3%) | 280 (-3%) | 650 (-3%) | 280 (-3%) | |
| Catégorie 5 | Vr | 80 | 60 | 40 | 60 | 40 | - | 40 | | |
| - mini absolu | RHm | 210 | 105 | 40 | 105 | 40 | | 40 | | |
| - mini normal | RHN | 350 | 210 | 105 | 210 | 105 | | 105 | | |
| - au d.min | RHd | 800 | 450 | 200 | 450 | 200 | | 200 | | |
| - non déversé | RHnd | 1100 | 650 | 280 | 650 | 280 | | 280 | | |

(Source : B40, 1977)

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Tableau II.5 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

| Catégorie | | L_1 | L_2 |
|---------------------------|------------|---------|-------|
| Rayon minimal | (R_m) | 600 m | 400 m |
| Rayon minimal non déversé | (R_{nd}) | 1 000 m | 650 m |

(Source : ICTAAL, 2000)

II.7 Alignement vertical (Pente)

Gichaga (2017) indique que les courbes verticales ont des propriétés de longueur et de pente, représentant l'augmentation ou la diminution de la hauteur (en mètres) divisée par la distance horizontale de 100 m, exprimée en pourcentage. Les courbes verticales permettent des changements graduels d'une pente tangentielle à la suivante pour permettre aux conducteurs de traverser en toute sécurité et en douceur les tronçons des routes verticaux (Garber and Hoel, 2009).

Les pentes raides sont généralement associées à des taux d'accidents plus élevés. Un certain nombre d'études concernant la relation entre l'alignement vertical et le risque d'accidents ont été réalisées.

Bitzl, (1964) dans une enquête sur les routes rurales allemandes à deux voies a identifié une corrélation positive entre la pente et le taux d'accidents. En d'autres termes, le taux d'accidents augmente à mesure que la pente augmente. Bitzl, (1964) a indiqué que des pentes abruptes de 6% et 8% produisent quatre fois plus d'accidents que des pentes de moins de 2%. Les études citées par (Pignataro, 1973) ont montré que des pentes plus raides augmentent les taux d'accidents et de dérapage sur les sections courbes rurales à deux voies.

Vasilev, (1975) a déterminé dans l'EX-URSS que les taux d'accidents étaient particulièrement élevés sur les pentes raides. Des résultats similaires ont été rapportés par (Babkov, 1975) dans l'EX-URSS. (Chaoueiri, 1987 ; Lam and Chaoueiri, 1987) indiquent que les pentes allant jusqu'à 5% n'ont pas d'effet particulier sur le taux d'accidents.

La figure II.9 illustre la relation entre le taux d'accidents et le taux de coût des accidents et la pente pour les nouvelles conceptions et les remaniements réalisés conformément aux directives de conception allemandes (Hiershe et al., 1984)

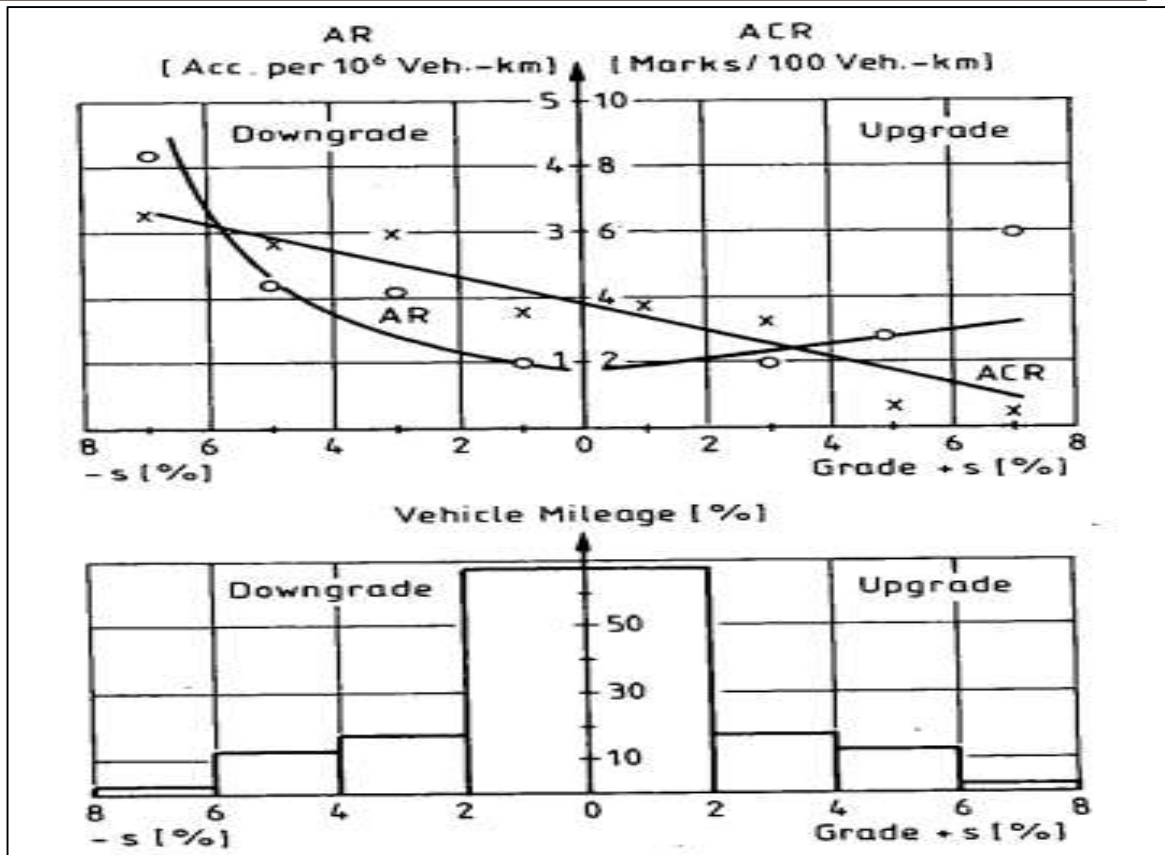


Figure II.9 Taux d'accidents et taux de coût des accidents par rapport au grade. (Source : Hiershe et al., 1984)

Depuis la figure II.9, nous concluons que les pentes longitudinales comprises entre 0 et 2% donnent les résultats les plus favorables. Avec l'augmentation des valeurs des pentes, le taux d'accidents augmente progressivement, tandis qu'avec l'augmentation des valeurs des pentes descendantes, le risque d'être impliqué dans un accident augmente de manière exponentielle.

(Easa, 2003) a constaté qu'une pente verticale égale ou inférieure à 5 % n'avait pas d'impact significatif sur la survenue d'accidents de la route, tandis qu'une forte augmentation de la vitesse de fonctionnement et une pente verticale supérieure à 6 % avaient un impact significatif sur l'incidence des accidents de la route.

Ainsi que les pentes influencent d'une manière directe les camions et les bus, en particulier sur les pentes où une réduction de vitesse peut devenir importante. Les vitesses des voitures particulières ne sont relativement pas affectées par le gradient vertical de la courbe, car l'alignement horizontal a tendance à influencer les sélections de vitesse du conducteur. En revanche, la vitesse des camions est fortement influencée par la déclivité. Par conséquent, la conception des courbes verticales cible des pentes qui ne réduiront pas suffisamment la vitesse des véhicules lourds pour provoquer des conditions dangereuses pour les conducteurs. Plusieurs études à l'échelle mondiale ont indiqué que lorsque la vitesse des camions est réduite de plus

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

de 15 km/h dans les courbes verticales, la fréquence des accidents de la route augmente fortement (Dong et al., 2015 ; Pais et al., 2013 ; Choudhary et al., 2018)

Les études de la littérature ont montré que l'augmentation de la pente de la courbe verticale de la route entraînait une situation de sécurité routière précaire sur les routes.

Le tableau II.7 présente les valeurs limite des pentes recommandées par la norme technique ICTAAL (*Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison*)

Tableau II.6 Valeurs limites des paramètres du profil en long

| Catégorie | L ₁ | L ₂ |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Déclivité maximale | 5 % | 6 % |
| Rayon minimal en angle saillant | 12 500 m | 6 000 m |
| Rayon minimal en angle rentrant | 4 200 m | 3 000 m |

(Source : ICTAAL, 2000)

II.8 État de la chaussée

Un volume de trafic élevé, des intempéries (conditions météorologiques épouvantables) et de mauvaises conditions de sol exposent la surface de la route à l'usure (orniérage, fissures, irrégularités de la route) et créent des conditions routières dangereuses qui réduisent le confort de conduite et peuvent ainsi entraîner des accidents de la route (Mohammed et al., 2017). Plusieurs indicateurs clés de l'état de la surface de la chaussée décrivent les surfaces de la chaussée telles que ; indice international de rugosité (IRI) ; indice de service des chaussées (PSI) ; Classification du statut et degré de leadership (Ghanbari, 2017).

L'indice international de rugosité (IRI) développé par la banque mondiale dans les années 1980, est le plus utilisé aujourd'hui (Mohammed et al., 2017). L'IRI relie la rugosité de la route à l'état général de la surface de la route (Titi et al., 2018). Plusieurs seuils pour l'état général de la chaussée en termes d'IRI ont été recommandés, le tableau II.8 indiquant les seuils recommandés par la Federal Highway Association.

Tableau II. 7 Seuils pour l'état de la chaussée utilisant l'IRI

| Road classification | IRI unit | Category | | | |
|---------------------|-------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|-----------|
| | | Poor | Fair | Good | Excellent |
| All roads | m/km | IRI > 2.68 | 1.50 < IRI ≤ 2.68 | IRI ≤ 1.50 | |

(Source : Federal Highway Administration, 2014)

L'indice de service de la chaussée (PSI) est défini comme un indice numérique calculé à partir de mesures objectives de certains types de propriétés de surface de la chaussée et indique la capacité d'une chaussée à desservir en toute sécurité le trafic à un moment donné du cycle de

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

vie de la chaussée (AASHTO, 2010). Le présent indice de service (PSI) est une idée de mise en relation des estimations des utilisateurs avec les dimensions des caractéristiques physiques des surfaces de chaussée telles que la fissuration, le rapiéçage et l'orniérage. Le PSI a été développé en raison des limites et de l'incertitude évidente dans le PSR en raison de sa nature subjective (Muhammad et Hossam, 2020). L'échelle PSI a une note allant de 0 à 5, avec 0 à 1 noté comme très mauvais et 4 à 5 comme très bon. Chan et al (2009) note que le niveau minimum acceptable de PSI varie de 2,5 à 3.

Li and Huang (2015) indiquent que les scores d'état décrivent la perception qu'a une personne moyenne des conditions routières en combinant plusieurs facteurs en une seule valeur ; des mesures de la qualité de conduite ; le trafic quotidien moyen ; des évaluations pénibles ; et des limites de vitesse. Les attributs de notation des différentes conditions routières sont présentés dans le tableau II.9.

Tableau II.8 Catégories de score de condition

| Pavement condition | Condition score scale |
|---------------------------|------------------------------|
| Very poor | 1-49 |
| Poor | 50-69 |
| Fair or good | 70-89 |
| Very good | 90-100 |

(Source : Li & Huang, 2015)

La méthode d'évaluation de l'état de la chaussée décrit la qualité de roulement globale de la section de route (Li & Huang, 2015). Les cotes de conduite vont de 0,1 (rugueux) à 5,0 (lisse) et sont calculées comme une moyenne pondérée en fonction de la longueur des valeurs de l'indice de service total mesurées à partir des données routières. Le tableau II.10 énumère les catégories d'état de la chaussée.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Tableau II 9 Echelle d'état de la chaussée Ride Score

| Pavement condition | Ride score scale |
|---------------------------|-------------------------|
| Rough | 0.1-2.5 |
| Fair | 2.6-3.5 |
| Smooth | 3.6-5 |

(Source : Li et Huang, 2015)

Plusieurs études ont utilisé des indicateurs d'état de la chaussée pour étudier quantitativement l'impact de l'état de la chaussée sur les accidents de la route (Ghanbari, 2017 ; Cenek et al., 2012 ; Tehrani and Falls, 2015). Une étude de Ghanbari (2017) a révélé que la rugosité de la route affecte l'expérience de conduite du conducteur. Cela peut également conduire à des situations dangereuses : il a été constaté que la rugosité de la surface de la route affecte la capacité du conducteur à diriger en modifiant les forces normales agissant sur l'interface pneu-chaussée, affectant ainsi négativement les forces latérales nécessaires pour contrôler le véhicule (Chan et al., 2008).

Une étude de Cenek et al. (2012) ont constaté que la force de freinage ou la résistance au dérapage du véhicule (glissement) est affectée par l'état de la route, de sorte que la rugosité de la route peut également entraîner une perte importante de ces forces. Étant donné que la rugosité de la route peut affecter différemment les roues d'un véhicule, cela expose le véhicule à divers degrés de friction de chaque côté. Le frottement différentiel affecte considérablement le freinage du véhicule et peut entraîner des conditions inconvenantes pour tous les usagers de la route (Ghanbari, 2017).

Ghanbari (2017) conclut que tenter d'effectuer des virages à faible rayon par des véhicules circulant à grande vitesse sur des routes accidentées conduit à une situation de sécurité potentiellement dangereuse. Cette situation dangereuse existe sur une route droite lorsqu'un véhicule tentant de dépasser à grande vitesse doit soudainement revenir dans sa voie d'origine à cause d'un véhicule venant en sens inverse. Un conducteur essayant de doubler peut perdre le contrôle du véhicule.

De même, une étude de King (2014) portant sur l'impact de la rugosité de la route sur la vitesse de circulation et la sécurité routière en Australie a révélé l'existence une relation statistiquement forte entre l'augmentation de la rugosité de la route et l'augmentation des taux d'accidents et de la gravité de la route, comme le montre la figure II.10.

King (2014) observe également que les voitures particulières sont plus sujettes aux accidents de la route que les véhicules lourds lorsque la rugosité de la surface de la route augmente. De

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

plus, une diminution de la vitesse de fonctionnement avec l'augmentation de la rugosité de la surface de la route a été détectée sur certains segments de route (King, 2014). Li et al. (2013) ont proposé une chaussée délibérément rugueuse sur les autoroutes comme solution potentielle aux collisions plus graves.

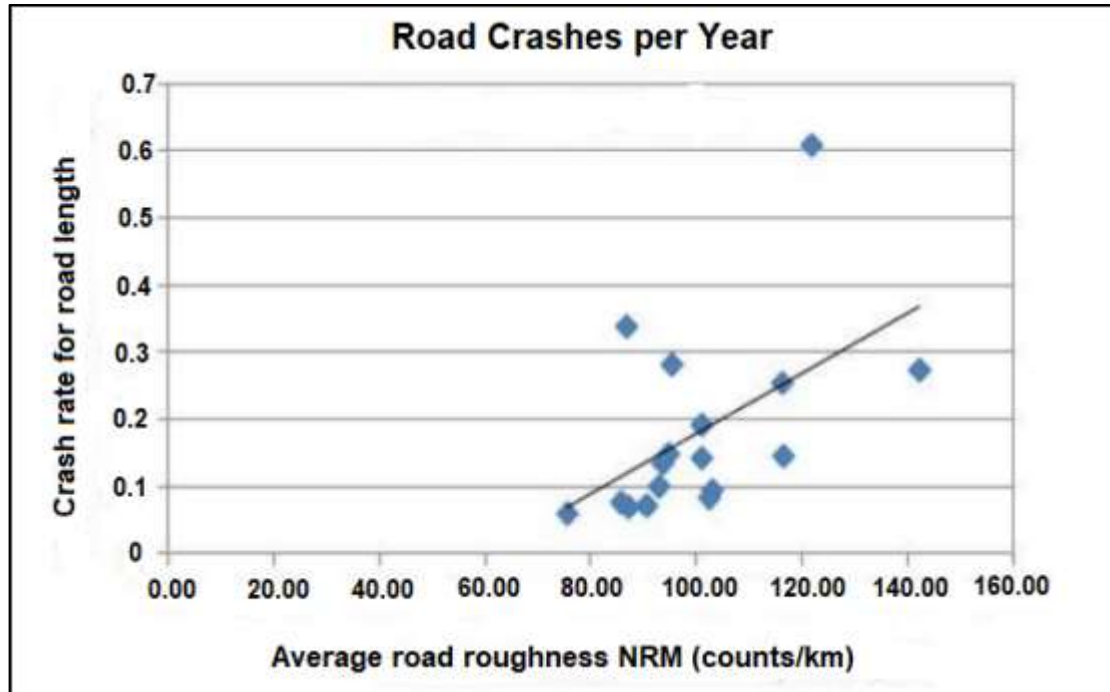


Figure II.10 La relation entre la rugosité de la chaussée et le taux d'accidents de la route
(Source : King, 2014)

Cairney and Bennet (2008) ont trouvé une bonne corrélation entre les taux d'accidents et la rugosité de la chaussée suivant une relation polynomiale. Cependant, aucune relation claire n'a été trouvée entre les taux d'orniérage et d'accidents de la route. Une étude de Li et al. (2013) ont découvert au Texas que des accidents relativement plus graves se produisaient sur des routes dont l'état de surface était très bon, comme le montre la figure II.11. Les collisions plus graves sont attribuées aux collisions à grande vitesse sur des routes dont la surface est en très bon état (Li et al., 2013).

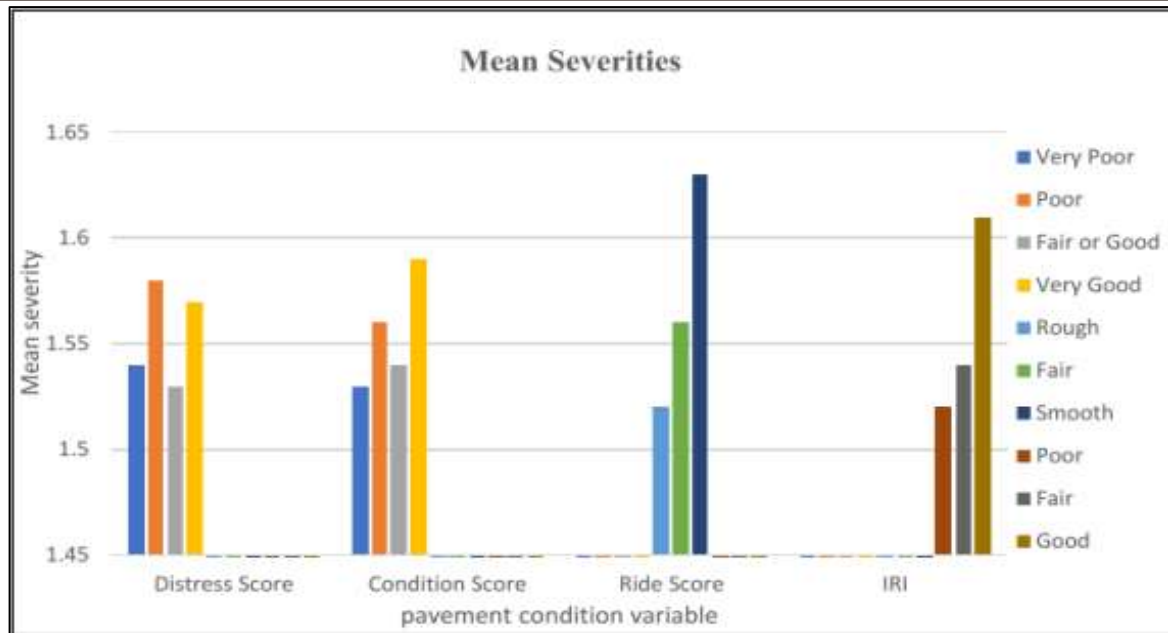


Figure II.11 Sévérités moyennes pour plusieurs groupes d'indicateurs de chaussée (Source : Li et al., 2013)

Une étude de Tehrani and Falls (2015) a examiné la relation entre les valeurs IRI et la sécurité routière au Canada. Il a été observé que les sections de route avec des valeurs IRI élevées avaient une probabilité d'accident plus élevée que celles avec des valeurs IRI faibles. De plus, une corrélation statistiquement significative a été trouvée entre la fréquence des collisions et la profondeur de l'ornièrè. En revanche, une étude Cenek et al. (2012) n'ont trouvé aucune relation significative entre les valeurs de l'IRI et la probabilité d'accidents.

Plusieurs études dans la littérature ont conclu que l'état des chaussées contribue de manière significative à la sécurité des usagers de la route. Il existe une corrélation significative entre la rugosité de la chaussée et le taux d'accidents, tandis que la contribution de la profondeur des ornières à la sécurité routière n'est pas clairement définie dans la littérature.

II.9 Distance de visibilité

La distance de visibilité joue un rôle essentiel dans la détermination de la sécurité opérationnelle d'une route (Housley, 2015 ; Yannis et al., 2016). Il est important de fournir une visibilité directe suffisante pour que le conducteur puisse contrôler en toute sécurité la conduite du véhicule sur la route (Mollel et al., 2011 ; Khan et al., 2014 ; Rogers, 2003). L'alignement de la chaussée a un impact significatif sur la sécurité routière, car la prévoyance du conducteur est nécessaire à la conduite sûre du véhicule ainsi qu'à la sécurité globale du système routier (Wang et al., 2009).

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

II.9.1 Distance d'arrêt :

La distance de visibilité d'arrêt (d_1 (m)) fait référence à la capacité du conducteur à arrêter son véhicule et est donc basée sur la vitesse, la distance élémentaire de freinage (d_0 (m)), augmentée de la distance parcourue pendant le temps de perception - réaction avant le début de freinage. Le d_1 (m) est exprimé dans l'équation suivante :

Catégorie 1 et 2 (E1 et E2) :

$$V \leq 80 \text{ km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + 0,56 V_{\text{KM/h}}$$

$$V \geq 80 \text{ Km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + 0,50 V_{\text{KM/h}}$$

Catégorie 1 et 2 (E2) :

$$d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + 0,50 V_{\text{KM/h}}$$

Catégorie 3, 4 et 25 :

$$V \leq 60 \text{ km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + 0,56 V_{\text{KM/h}}$$

$$V \geq 60 \text{ Km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + 0,50 V_{\text{KM/h}}$$

Le tableau II.11 fournit les distances d_1 (m) basées sur les vitesses de circulation et la distance élémentaire de freinage appropriés adoptés pour la conception en Algérie.

Tableau II.10 Les paramètres cinématique et les distances d'arrêt en palier pour les différents niveaux de service

| Catégorie | Distance/ v | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-----------|----------------|------|------|------|------|------|
| 1-2 | Coef f_L (v) | 0,45 | 0,42 | 0,39 | 0,36 | 0,33 |
| | d_0 (m) | 14 | 34 | 65 | 111 | 175 |
| | d_1 (m) | 36 | 67 | 109 | 161 | 235 |
| 3-4-5 | Coef f_L (v) | 0,49 | 0,46 | 0,43 | 0,40 | 0,36 |
| | d_0 (m) | 13 | 31 | 59 | 100 | 160 |
| | d_1 (m) | 35 | 64 | 99 | 150 | 220 |

(Source : B40, 1977)

II.9.2 Distance de visibilité de dépassement

La distance de visibilité de dépassement est d'une importance cruciale sur les routes à deux voies pour permettre aux conducteurs d'utiliser la voie de circulation opposée pour dépasser d'autres véhicules sans interférer avec les véhicules venant en sens inverse (Karlaftis and Golias, 2009).

Les distances de visibilité de dépassement utilisées sur les routes banalisées de dépassement telles que déterminées sur les conditions routières Algérienne sont fournies dans le tableau II.12.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Tableau II. 11 Distance de visibilité de dépassement et manœuvre de dépassement

| Catégorie | Vitesse | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Toutes catégories | Distance de visibilité de dépassement | | | | | |
| | Minimale d_m (m) | 150 | 250 | 325 | 425 | 550 |
| | Normale d_n (m) | 250 | 350 | 500 | 625 | 800 |
| | Distance de visibilité de manœuvre de dépassement | | | | | |
| | D_{Md} (m) | 70 | 120 | 200 | 300 | 425 |

(Source : B40, 1977)

Tel que :

- **Distance de visibilité de dépassement minimale (d_m)** : La longueur parcourue pendant environ 15 seconds à la vitesse V et qui correspond à une manœuvre de dépassement qui dure 7 à 8 seconds
- **Distance de visibilité de dépassement normale (d_n)** : La longueur parcourue pendant environ 15 seconds à la vitesse v et correspond à une manœuvre courante de dépassement qui dure 11 et 12 seconds, elle est supérieure de 50% de la distance de visibilité minimale
- **Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (d_{Md})** : est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcé.

II.10 Conclusion

L'amélioration de la sécurité routière est l'un des objectifs les plus importants pour les acteurs de transport. Pour améliorer efficacement la sécurité routière, les parties prenantes doivent comprendre comment divers facteurs complexes sont interdépendants et affectent la sécurité routière. Ce chapitre passe en revue la littérature existante qui tente d'établir et de quantifier l'association entre les caractéristiques de la route et la sécurité routière, en se concentrant sur le trafic et les caractéristiques de la route. Plusieurs conclusions ont été tirées concernant les différents degrés d'impact des éléments de conception de la route sur la sécurité des usagers de la route sur la chaussée. Les principales conclusions suivantes ont été tirées sur l'impact des éléments de chaussée sur les routes rurales nationales :

- A. La conception routière unifiée a un impact positif sur la sécurité routière en communiquant les informations dont les conducteurs ont besoin pour traverser en toute sécurité les segments de route et interagir en toute sécurité avec les autres usagers de la route.
- B. Les distances de visibilité d'arrêt, de dépassement et de décision ont été signalées comme des éléments de sécurité clés, car la capacité du conducteur à voir devant lui permet d'utiliser le véhicule en toute sécurité.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

- C. La vitesse et les changements de vitesse ont un impact important sur la survenue d'accidents de la route. Des vitesses et des variations de vitesse plus élevées sont associées à des segments à taux de collision plus élevé.
- D. Différentes conclusions ont été tirées sur l'impact de la largeur des voies et des caractéristiques des accotements sur la sécurité routière. Les routes avec des largeurs de voie plus étroites sont associées à une sélection de vitesse inférieure et à un comportement de conduite plus sûr, tout en présentant également le risque le plus élevé de collisions frontales et à un seul véhicule. Des largeurs d'épaule étroites sont en corrélation avec une sélection de vitesse inférieure du conducteur, car elles fournissent des repères visuels qui donnent au conducteur la sensation de routes plus étroites, ce qui signifie qu'il y a peu de place pour corriger les erreurs du conducteur, ce qui conduit à un comportement de conduite plus sûr.
- E. Il a été démontré que des pentes verticales élevées entraînent des taux d'accidents plus élevés, en particulier sur les routes à fort trafic.
- F. Les rayons de courbure horizontaux inférieurs au rayon critique de 350 m sont fortement associés à des taux de collision élevés. La sécurité des courbes horizontales augmente à mesure que le rayon de la courbe augmente. Les virages au-delà de 1000 m ne sont pas recommandés en raison des problèmes de distance de visibilité limités rencontrés par les conducteurs.
- G. Il a été constaté que la rugosité de la surface de la route contribue à la sécurité du conducteur sur la surface de la route. Une bonne corrélation a été établie entre une rugosité de surface plus élevée et des taux d'accidents de la circulation plus élevés. De mauvaises conditions routières sont associées à des risques de collision plus élevés pour les usagers de la route par rapport à de bonnes conditions routières.

Un résumé de plusieurs des principales études empiriques ainsi que les variables et les techniques de modélisation sont présentés dans le tableau II.13.

Chapitre II. L'impact des caractéristiques de conception des routes sur les accidents de circulation

Tableau II.12 Littérature antérieure sur les associations entre les éléments des routes de rase campagne et la sécurité routière

| Auteurs | Vayalamkuzhi & Amirthalingam (2016) | Maji et al. (2018) | Ghanbari (2017) | Mohammed et al. (2017) | Abele & Møller (2011) | Ben-Bassat & Shinar (2011) | Elvik et al. (2004) | Kockelman et al. (2008) | Aghayari et al. (2017) | Mitra et al. (2017) | Arani et al. (2017) | Rakha et al. (2010) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Variables | | | | | | | | | | | | |
| Co variables | | | | | | | | | | | | |
| Facteurs géométriques | | | | | | | | | | | | |
| Largeur de voie | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | |
| Longueur des segments | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tracé routier | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Distance de visibilité | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| Épaule | | ✓ | | ✓ | | | | ✓ | | | | |
| Nombre de voies | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ | | ✓ | |
| Facteurs routiers et environnementaux | | | | | | | | | | | | |
| Accès | | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| État de la chaussée | | | ✓ | | | | ✓ | | ✓ | | | |
| Facteurs de trafic | | | | | | | | | | | | |
| Volume de trafic | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| La vitesse | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Pourcentage de véhicules lourds | | | ✓ | | ✓ | | | | | | | |
| Variables dépendantes | | | | | | | | | | | | |
| Fréquence des accidents | | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ | ✓ | | |
| Occurrence d'accident | ✓ | | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Gravité de l'accident | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Taux d'accident | ✓ | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| Type de modèle | | | | | | | | | | | | |
| Régression de Poisson | | | ✓ | | | | | ✓ | | | | |
| Poisson gamma (N.-B.) | ✓ | | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ | | ✓ |
| Régression linéaire multiple robuste | | | | | | | | | | | | ✓ |
| Modèle de puissance | | | | | | | ✓ | | | | | |
| Régression pondérée géographiquement | | | | | | | | | ✓ | | ✓ | |
| Autres (obstacle, etc.) | | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | | | | |

(Source: Amba, 2021)

Chapitre III

*Développement récents en matière de sécurité
routière*

III.1 Introduction

La sécurité routière reste une préoccupation pour tous les pays du monde développé ou en voie de l'être, car les accidents de la route constituent un problème économique, social et de santé publique majeur.

Les informations sur la sécurité routière provenant des lignes directrices, des manuels, des normes et des résultats de recherche présentent un véritable défi aux responsables de la conception des routes et des autoroutes. Ces informations accumulées en permanence marquent une nouvelle ère dans le domaine de la conception géométrique des autoroutes.

Dans la littérature, il existe un certain nombre de procédures et d'approches internationales visant à améliorer la situation en matière de sécurité routière. Ces dernières prennent en compte différents critères d'évaluation de l'insécurité routière. Ainsi, ce chapitre présente les derniers développements en matière de gestion des risques routiers et d'amélioration de la sécurité routière.

III.2 Approche en matière de sécurité routière

III.2.1 Approche de Système de sécurité :

Selon des recherches menées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Banque mondiale (2004, 2009, 2010), la pensée et les pratiques des pays les plus performants en matière de sécurité routière ont évolué progressivement et depuis les années 1950 (OMS, 2010). Des systèmes institutionnels plus clairs et une gestion axée sur les résultats. De plus, les usagers de la route ne sont plus les seuls objets d'intervention ; de plus, la tendance est à une approche systémique sûre qui oblige toutes les parties impliquées dans la production et la gestion des véhicules, ainsi que l'environnement routier, à participer à la conception de réseaux routiers. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une description des stades de développement des approches de sécurité routière dans tous les pays développés sur la base des étapes présentés dans la figure ci-dessous (Figure III.1), il est intéressant de souligner que l'émergence d'un nouveau stade de développement ne signifie pas nécessairement la fin des actions de la période précédente (années 1950, 1960). Par conséquent, les interventions centrées sur l'utilisateur qui dominaient la politique opérationnelle du gouvernement dans les années 1950 et 1960 sont toujours mises en œuvre aujourd'hui, leur concentration dépendant plus ou moins fortement des gouvernements (OMS et Banque mondiale, 2010).

Ce constat rejoint la position du Forum International des Transports de l'OCDE en 2008, dans son célèbre rapport *No road kills: à Safe system*. Ambitieux objectifs, décrivant le changement fondamental à opérer dans la réflexion sur la sécurité routière, afin d'atteindre des objectifs très ambitieux à long terme. Selon ce document, l'adoption de l'approche des systèmes de sécurité n'implique pas une négation complète des approches traditionnelles, car elles permettent d'identifier les facteurs de risque et les interventions efficaces nécessaires à la mise en œuvre de l'approche des systèmes sécurisés (Mongbé, 2013)(CNPSR., 2007-2012)

En d'autres termes, l'approche des systèmes sécurisés s'appuie sur les gains substantiels réalisés au cours des dernières décennies, grâce à l'approche des systèmes sécurisés.(Mongbé, 2013)

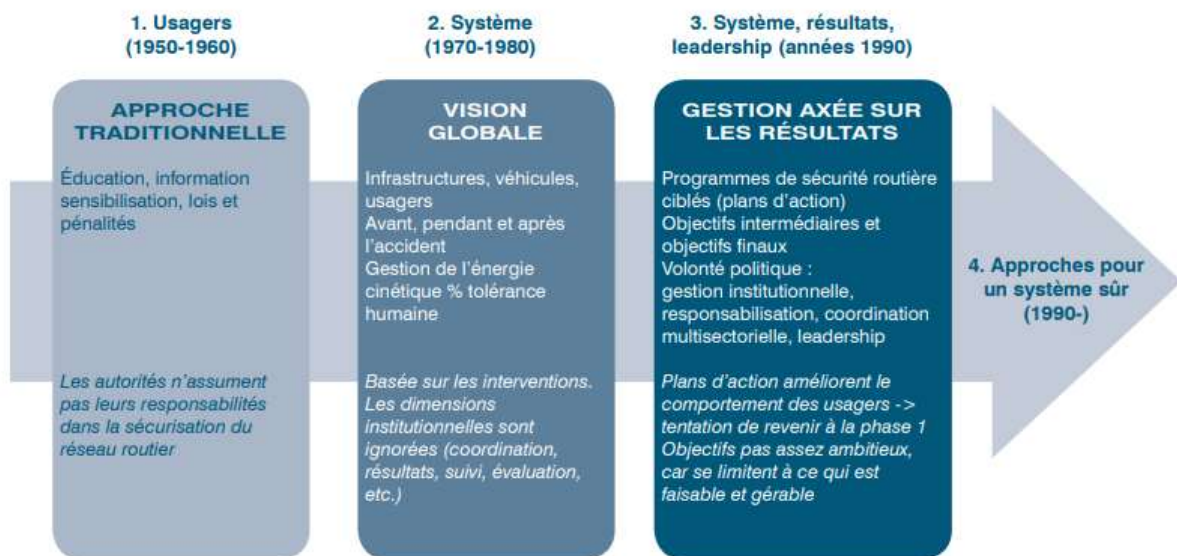


Figure III. 1 L'évolution des pratiques de gestion de la sécurité routière selon l'Organisation mondiale de la santé et la Banque mondiale. (Source : Mongbé, 2013)

III.2.1.1 Approches pour un système sûr

L'approche du Système Sûr marque un changement de l'attention à la réduction seule des accidents à l'élimination des décès et des blessures graves, et repose sur des principes de sécurité bien établis (Kim et al., 2017) :

- Les caractéristiques de sécurité de l'infrastructure, combinées aux caractéristiques de sécurité des véhicules et à la vitesse des véhicules impliqués dans l'accident, déterminent la force d'impact sur les humains lors d'un accident. Ces interactions doivent être gérées pour éviter des blessures graves ou mortelles.
- Le niveau de sécurité doit être le principal déterminant d'une mobilité durable. La vitesse de déplacement doit être fixée à un niveau cible inférieur à la vitesse seuil d'énergie de choc connue pour causer des blessures graves ou la mort (en fonction du niveau de sécurité du véhicule, de la composition du trafic et de la nature des dispositifs de sécurité passive de l'infrastructure).
- Les approches de Système Sûr visent à développer un système de transport routier plus sûr en mesure d'accommoder l'erreur humaine en fournissant un environnement d'exploitation sûre (malgré la faillibilité humaine) et un système post-accident efficace.
- Une stratégie d'intervention à l'échelle du système doit être employée qui aborde toutes les phases de l'accident et tous les éléments du système de sécurité, en tenant compte de la sécurité de tous les usagers.

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

- Des stratégies de législation et de contrôle doivent être élaborées pour permettre aux utilisateurs de se conformer largement aux lois et règlements de la circulation, ainsi que des stratégies pour gérer les dispositions d'accès des usagers et des véhicules sur le réseau routier.

L'approche des systèmes sûrs s'appuie sur des efforts innovants en matière de sécurité routière aux Pays-Bas et en Suède (Kristianssen et al. 2018).

Une critique de l'approche de la gestion par objectifs est que les objectifs fixés sont ambitieux et réalisables, fixés sur une base gérable techniquement faisable et solide sur le plan institutionnel (Mongbé, 2013).

Selon les critiques, une telle approche pourrait étouffer l'innovation. La Suède et les Pays-Bas ont été les pionniers de cette refonte à la fin des années 1990. Ils soutiennent que pour aller au-delà des objectifs ambitieux qui ont été établis, il est nécessaire de repenser les interventions et les mécanismes institutionnels. Les deux pays se fixent le même objectif ultime : rendre le système routier intrinsèquement sécuritaire (Kim et al., 2017)

Les deux principales variantes de l'approche des systèmes sûrs sont basées sur la même observation : que les usagers de la route peuvent faire des erreurs, indépendamment des efforts de sensibilisation, d'éducation et d'application du gouvernement. Il est donc impératif de concevoir des systèmes de transport et des réseaux routiers pour limiter les conséquences de l'erreur humaine. L'accent est donc mis sur le droit à la santé dans les systèmes de transport ainsi que sur le droit à un réseau routier et à des véhicules sûrs. On constate ainsi que la culture de responsabilisation de la victime se transforme en une culture de responsabilisation de l'ensemble des acteurs, y compris des décideurs, des exploitants et des usagers.

En somme, les caractéristiques de base de l'approche pour un système sûr sont les suivantes :

- Reconnaissance des limites du corps humain.
- Constat que l'homme est susceptible de commettre des erreurs et que des accidents peuvent survenir, quelles que soient les mesures préventives mises en place.
- Volonté de réduire la sévérité des blessures et les décès sur les routes.
- Principe selon lequel les individus ne devraient pas mourir ou être blessés à cause des failles du système ou de l'erreur humaine.
- Approche systématique.

III.2.1.2 Les approches pour un système sûr : différences conceptuelles

L'approche suédoise repose essentiellement sur l'idée que l'erreur étant humaine, les accidents sont inévitables. L'accent est donc mis sur la réduction à zéro du nombre de blessés graves et du nombre de décès, plutôt que sur le nombre d'accidents. Dès lors, il s'agit de limiter les conséquences des accidents par divers moyens (Weller, 2006).

Le contrôle de la vitesse est un élément central dans la réussite d'une telle approche. À titre d'exemple, le respect de certaines règles permet de réduire la force de l'impact à laquelle l'utilisateur pourrait être exposé : les piétons ne doivent pas être exposés à une vitesse supérieure à 30 km/h ; les occupants des voitures ne doivent pas être exposés à des collisions à angle droit excédant 50 km/h ou à des collisions frontales excédant 70 km/h. Ces règles guident les autorités routières dans les choix des actions à prendre : quelle limite de vitesse pour quel type de routes ? Où privilégier les carrefours giratoires plutôt que les feux de circulation ? Quelles sont les sections routières où la circulation doit être séparée par des barrières ? Etc. Dans cette optique, des mesures sont prises pour ralentir la circulation, redessiner les croisements, installer des rails de sécurité, éliminer les obstacles rigides tels que les arbres et les rochers le long des routes et mettre à profit les avancées technologiques. L'approche suédoise a inspiré de nombreux pays, parmi les plus performants, ainsi que l'Union européenne et les Nations Unies. Elle a valu au gouvernement suédois le prix Prince Michael International Road Safety, décerné par le Prince Michael of Kent le 2 mai 2012, en reconnaissance de sa contribution au développement de la sécurité routière à travers le monde. (Mongbé, 2013)

L'approche hollandaise diffère de la suédoise dans le sens où le point de départ du concept de sécurité routière durable est de réduire la probabilité de survenue des accidents, en misant sur la conception des infrastructures. Là où des accidents auraient encore lieu, il faudrait faire en sorte que les blessures graves soient virtuellement impossibles. Par conséquent, les efforts sont dirigés vers la conception d'un réseau routier intrinsèquement sécuritaire afin de limiter les accidents. Et dans le cas où surviendraient des accidents, il faudrait que l'état des routes et celui des véhicules rendent les blessures graves presque impossibles. Dès lors, l'accent est mis sur des interventions favorisant la fonctionnalité des routes, l'homogénéité du volume et de la direction de la circulation, la prévisibilité du circuit routier et du comportement des usagers (ex. : routes auto-explicatives), la construction de routes et de véhicules tolérant l'erreur humaine et, pour finir, sur le développement de comportements tolérants chez les usagers et leur capacité à évaluer leurs aptitudes à utiliser la route. (Kanellaidis & Vardaki, 2012)

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

Les approches néerlandaise et suédoise ont influé sur les stratégies de sécurité routière en Norvège, en Finlande, au Danemark, en Suisse et plus récemment en Australie (au niveau fédéral et dans les États), ainsi qu'au Canada. Les États-Unis étudient la possibilité de mettre en œuvre une approche pour un système sûr dans la stratégie nationale en cours d'élaboration. De plus, l'OCDE (en 2008) et les Nations Unies (en 2011) ont invité leurs États membres à adopter cette approche qu'ils considèrent comme essentielle pour atteindre des objectifs ambitieux en matière de sécurité routière.

Les approches utilisées en Finlande, à Victoria et en Nouvelle-Zélande sont empruntées à la Suède et aux Pays-Bas. Comme Vision Zero, ils se concentrent sur l'élimination des blessures et des décès, et comme la sécurité routière durable, ils reconnaissent que l'éducation est un élément fondamental d'une stratégie de sécurité routière. (Mombe, 2013)

III.2.2 La vision zéro de la Suède (Administration suédoise des Routes)

Certainement, les usagers de la route constituent une partie importante du système de transport routier, mais les infrastructures (y compris les infrastructures de contrôle) sont également importantes. Une « perspective systémique » prenant en compte l'interaction des éléments de conception et de tous les acteurs du système de transport routier est nécessaire pour atteindre le plus haut niveau de sécurité routière. Une politique qui vise à faire exactement cela est Vision Zéro (VZ), qui a été créée en Suède et adoptée par le parlement suédois en 1997. (Belin et al., 2012)

L'objectif à long terme de la vision zéro, comme son nom l'indique, est d'avoir zéro mort ou blessure grave à la suite d'accidents de la route. Bien que cet objectif ne soit peut-être pas réaliste, ses partisans croient qu'il n'existe pas d'accident de la circulation et que chaque accident est évitable. Cela change radicalement la façon dont les usagers de la route et les décideurs perçoivent la sécurité routière. Vision zéro redéfinit la sécurité routière en adoptant une approche de santé publique face aux collisions, c'est-à-dire qu'elles constituent une menace évitable pour la santé. En tant que tel, vision zéro déclare explicitement que la responsabilité des collisions routières est partagée entre les usagers de la route et les concepteurs de systèmes, tels que les experts en sécurité des transports, les éducateurs, les professionnels de la santé publique et les concepteurs et constructeurs automobiles. En tant que tel, la conception de systèmes est un effort collectif interdisciplinaire. (Mongbé, 2013)

Les usagers de la route sont responsables du respect des règles établies par les concepteurs du système lors de l'utilisation du système de transport routier.

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

La stratégie de sécurité dominante dans la conception des routes a été d'augmenter (et, si possible, de redresser) l'espace physique pour les conducteurs et les voitures, grâce à l'utilisation de voies plus larges et de routes plus larges et plus droites. La logique derrière cela est que si un conducteur sort de la route, une route plus large ou plus droite permet au conducteur d'avoir plus d'espace pour manœuvrer le véhicule dans la voie. Sous la vision zéro, ces mouvements sont considérés comme indésirables car plus d'espace sur la route contribue à des vitesses plus élevées et, par conséquent, à un environnement de conduite dans lequel les blessures ou les décès sont plus probables. (Mongbé, 2013)

Cette vision du compromis entre les collisions (qui pourraient être plus probables dans certaines circonstances lorsque les routes sont étroites ou présentent des virages) et les blessures graves est au cœur de vision zéro. Sous la vision zéro, le système routier idéal est celui dans lequel la tolérance humaine aux forces mécaniques n'est pas dépassée.

Selon Claes Tingvall, ancien directeur de la sécurité routière à l'administration suédoise des routes, le risque de blessure résultant d'un accident de la route peut être considéré comme une relation dose-réponse exponentielle. Si les forces mécaniques (énergie cinétique) auxquelles les personnes sont confrontées lors d'accidents de la route peuvent être maintenues en dessous du seuil des blessures graves, le système de transport routier peut être considéré comme sûr.

Ces seuils sont déterminés en supposant un certain niveau de sécurité du véhicule. Par exemple, des voitures bien conçues sont supposées tolérer une vitesse maximale de 70 km/h pour les chocs frontaux et de 50 km/h pour les chocs latéraux (Tingvall et Haworth 1999). Des études ont également montré que le taux de survie est élevé lorsque les piétons sont heurtés à moins de 30 km/h (Anderson et al. 1997). Ainsi, ces seuils sont utilisés comme point de départ pour concevoir des systèmes routiers plus sûrs sous la vision zéro. (Mongbé, 2013)

Les deux principales façons dont la vision zéro essaie de gérer l'énergie cinétique sont d'intégrer des composants de trafic compatibles et de séparer physiquement ceux qui sont incompatibles. Voici quelques exemples :

- Les usagers vulnérables de la route, tels que les piétons ou les cyclistes, ne doivent pas être exposés à des véhicules roulant à plus de 30 km/h (18,6 mph). Si la séparation n'est pas possible, réduisez la vitesse du véhicule à 30 km/h. Les cyclistes peuvent atteindre ces vitesses, notamment dans les descentes, et doivent également être séparés des piétons ou ralentis.

- Les occupants des voitures ne doivent pas être exposés à d'autres véhicules à des vitesses supérieures à 50 km/h (31,07 mph) dans les passages à 90°. Si ce n'est pas possible, séparez-vous, réduisez l'angle (modifiant ainsi le vecteur de force de la collision de manière à réduire les blessures graves ou la mort) ou réduisez la vitesse à 50 km/h.
- Les occupants des voitures ne doivent pas être exposés à la circulation venant en sens inverse à des vitesses supérieures à 70 km/h (43,5 mph) si les véhicules ont à peu près le même poids. Si les véhicules sont de poids différents, les vitesses ne doivent pas dépasser 50 km/h. Si cela n'est pas possible, séparez le trafic, équilibrez les poids des automobiles ou réduisez les vitesses en fonction du différentiel maximal de poids des véhicules.
- Les occupants de la voiture ne doivent pas être exposés au bord de la route à des vitesses supérieures à 70 km/h, ou 50 km/h s'il y a des arbres ou d'autres objets potentiellement dangereux. Si ce n'est pas possible, éloignez les voitures du bord de la route ou réduisez la vitesse à 70 km/h ou 50 km/h (selon les conditions routières).

Les « séparations » dans ce cas sont des séparations physiques, telles que des glissières de sécurité, des tunnels, des ponts, des passages à niveau à différents niveaux et différentes routes pour différents véhicules de circulation, telles que des pistes cyclables. La séparation temporelle (par exemple, les feux de circulation) n'est pas considérée comme une méthode de séparation appropriée, et un espace de quelques mètres seulement n'est pas considéré comme une séparation spatiale comme lorsque les lignes sur la route sont tout ce qui sépare les cyclistes de la circulation. (Mongbé, 2013)

III.2.3 Conception centrée sur l'utilisateur

La conception centrée sur l'utilisateur répond aux besoins d'information, aux limites et aux capacités des usagers de la route. Cela peut être réalisé en fournissant une conception auto-explicative d'une autoroute conforme aux attentes des usagers de la route. (Weller, 2006) (TRB., 2010)

III.2.3.1 Adapter l'environnements routier aux besoins des utilisateurs : limitation et capacité

Les principes d'orientation positive, lorsqu'ils sont appliqués dans la conception, contribuent efficacement à progresser dans cette direction. Un point central de cette approche est également de fournir un environnement routier indulgent dans lequel les conséquences des erreurs sont atténuées. (Dewar, 2007) (Fuller, 2002)

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

En outre, l'analyse des tâches est un outil de processus pour le concepteur qui est utile pour révéler l'interaction entre les exigences des tâches et les capacités des utilisateurs et également en tenant compte de la variabilité existante des niveaux de performance, des besoins et des motivations des conducteurs. (Fuller R. , 2005) (Fuller R. a., 2002)

III.2.3.2 Accueillir les conducteurs plus âgés

L'identification d'informations potentiellement contradictoires, confuses ou manquantes est probablement l'une des tâches les plus importantes des concepteurs d'autoroutes. De plus, en raison de l'augmentation de l'âge et de la mobilité de la population, les concepteurs sont confrontés au défi de fournir un environnement routier sûr aux personnes âgées ayant des besoins de mobilité accrus.

Reconnaissant les faiblesses et les forces des conducteurs âgés (par exemple, l'expérience de conduite et le comportement axé sur la sécurité), la conception des routes doit tenir compte de leurs attentes, de leur besoin de plus de temps et d'informations, et de la possibilité d'exécution en série des tâches de conduite. (George Kanellaidis, 2011)

III.2.4 Les Décennies d'actions pour la sécurité routière 2011-2020 / 2021-2030

III.2.4.1 Pourquoi une décennie d'action pour la sécurité routière ?

Le rapport de 2009 de la Commission mondiale pour la sécurité routière appelait à une Décennie d'action pour la sécurité routière. La proposition a le soutien de nombreuses personnalités publiques et du Partenariat des Nations Unies pour la sécurité routière. Dans son rapport de 2009 à l'Assemblée générale, le Secrétaire général des Nations Unies a encouragé les États membres à soutenir les efforts visant à établir une Décennie d'action pour une action et une coordination à long terme en matière de sécurité routière aux niveaux national et local. (La, 2011)

Les principaux partenaires mondiaux de la sécurité routière conviennent que le moment est venu d'accélérer les investissements et les stratégies de sécurité routière dans les pays à revenu faible et intermédiaire et d'élaborer des stratégies. Des stratégies et des programmes de sécurité routière durables qui mettent l'accent sur le lien entre les routes et les personnes, encouragent l'utilisation des transports publics et une approche évolutive pour mesurer les progrès des politiques. Les principaux facteurs de risque et les mesures efficaces pour combattre l'insécurité routière sont connus. Des accords de partenariat sont en place, réunissant des membres internationaux clés, des donateurs et la société civile, ainsi qu'un mécanisme de financement

pour faciliter l'investissement et une action plus rapide. Les ressources nécessaires et la volonté politique restent insuffisantes. (Sminkey, 2020)

III.2.4.2 Cadre pour la Décennie d'action

Le plan en décennies est basé sur des principes directeurs tendant à "systèmes de sécurité". Ces principes incluent la création d'un système de trafic routier plus approprié avec des erreurs humaines et de prendre en compte les vulnérabilités du corps humain. Premièrement, nous devons accepter les erreurs humaines et donc comprendre que les accidents de la route ne sont pas complètement évitables et un système sûr d'empêcher les accidents de graves blessures. Selon cette méthode, le système de trafic routier doit être conçu en tenant compte de la limite des personnes, de ce que le corps humain peut résister à l'énergie cinétique. Par conséquent, la route et l'environnement moyen doivent être harmonieuses. Les usagers de la route, les véhicules, les réseaux routiers et l'environnement sont considérés de manière holistique, à travers une variété d'interventions, en mettant davantage l'accent sur la gestion de la vitesse et la conception des routes que sur les autres usagers de la route. (Sminkey, 2020)

Cette approche consiste à transférer une grande partie de la responsabilité des usagers de la route vers les concepteurs du système de transport (principalement les gestionnaires, l'industrie automobile, la police, les politiciens et les législateurs). D'autre part, les usagers de la route doivent respecter les lois et règlements. Le plan décennal reconnaît également l'importance du soutien national et local et de la participation de multiples secteurs et organismes. Les activités visant à atteindre les objectifs fixés pour cette décennie doivent être mises en œuvre au niveau le plus approprié et la participation de multiples secteurs (transports, santé, police, justice, urbanisme, etc.) doit être encouragée. Les ONG, la société civile et le secteur privé devraient être impliqués dans le développement et la mise en œuvre des activités nationales et internationales pour atteindre les objectifs fixés pour la Décennie. (Sminkey, 2020).

III.2.4.3 Buts et objectifs

L'objectif global de la Décennie sera de stabiliser puis de réduire d'au moins de 50% le nombre de décès dus aux accidents de la route, attendue dans le monde. Cet objectif sera atteint en :

- Élaborer et mettre en œuvre des stratégies et des plans durables ; En faveur de la sécurité routière ;

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

- En fixant une cible ambitieuse mais réaliste pour la baisse du nombre de morts sur les routes, par le biais des cadres existants concernant les cibles relatives aux accidents ;
- En renforçant l'infrastructure de gestion et les moyens de mise en œuvre technique des activités de sécurité routière aux niveaux national, régional et mondial ;
- En améliorant la qualité du recueil des données aux niveaux national, régional et mondial ;
- En suivant les progrès et les performances par rapport à plusieurs indicateurs prédéfinis aux niveaux national, régional et mondial ;
- En favorisant une augmentation du financement en faveur de la sécurité routière et une meilleure utilisation des ressources disponibles, notamment en veillant à ce que les projets d'infrastructure routière tiennent compte de la sécurité. (Sminkey, 2020)

III.2.4.4 Activités

Au cours de la première Décennie d'action pour la sécurité routière 2011-2020, les activités devraient être menées aux niveaux local, national, régional et mondial, en mettant l'accent sur les niveaux national et international. Dans le cadre juridique des gouvernements nationaux et locaux, les pays sont encouragés à mener des activités suivant des volets.

Tableau III.1 Activités de la Décennie d'action pour la sécurité routière 2011-2020

| Activités | |
|---|--|
| Activités National | |
| | Activité |
| Volet 1 : Gestion de la sécurité routière | Établir une agence chef de file pour la sécurité routière |
| | Élaboration d'une stratégie nationale coordonnée par l'organisme chef de file |
| | Fixer des objectifs réalistes à long terme pour les activités nationales sur la base de l'analyse des données nationales sur les accidents de la route |
| | Créer et maintenir des systèmes nationaux et locaux pour mesurer et surveiller les incidents |
| Volet 2 : Sécurité des routes et mobilité | Coopérer avec les autorités routières et assumer la responsabilité |
| | Tenir compte des besoins de tous les usagers de la route dans l'aménagement urbain |
| | Faciliter la gestion, l'entretien et l'amélioration en toute sécurité des infrastructures routières existantes par les autorités |
| | incitant les autorités compétentes à faciliter le développement de nouvelles infrastructures de sécurité pour |

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

| | |
|---|--|
| | répondre aux besoins de mobilité et d'accès de tous les usagers |
| | Promouvoir le renforcement des capacités et le transfert de connaissances en matière de sécurité des infrastructures |
| | Promouvoir la recherche et le développement en matière de sécurité routière et de mobilité |
| Volet 3 : Sécurité des véhicules | Soutenir l'utilisation généralisée de meilleures technologies en matière de sécurité active et passive des véhicules |
| | Les États membres sont encouragés à mettre en œuvre et à promulguer des normes de sécurité automobile claires. |
| | Encourager l'application de nouveaux programmes d'évaluation des véhicules dans diverses régions du monde, |
| | Encourager la mise en place de règlements pour protéger les piétons. |
| Volet 4 : Sécurité des usagers de la route | Élaborer un plan global pour améliorer le comportement des usagers de la route. |
| | Sensibiliser aux facteurs de risque et aux mesures préventives. |
| | Établir et faire respecter les limites de vitesse et établir des normes et des règles fondées sur des données probantes. |
| | Élaborer et appliquer des lois sur l'alcool au volant. |
| | Élaboration et application de la législation et des normes et règles de transport, |
| Activités International | |
| Coordination internationale de la sécurité routière | Promouvoir une augmentation du financement mondial de la sécurité routière |
| | Défendre la sécurité routière au plus haut niveau et favoriser la collaboration entre de multiples parties prenantes |
| | Sensibilisation aux facteurs de risque et à la nécessité de mieux prévenir les accidents de la circulation |
| | Fournir des conseils aux pays sur le renforcement des systèmes de gestion de la sécurité routière |
| | Améliorer la qualité des données de sécurité routière collectées |

(Source : OMS, 2011)

Au cours de la deuxième décennie d'action 2021-2030, des recommandations sont prévues pour atteindre l'objectif fixé de réduire les accidents de la route d'au moins 50 %. Ces mesures ne sont pas obligatoires mais peuvent faire l'objet d'un suivi pour orienter l'élaboration de plans d'action nationaux de sécurité routière adaptés aux conditions locales, aux ressources disponibles et aux moyens d'action. Les recommandations sont résumées ci-dessous :

- **Mesures recommandées pour encourager le transport multimodal et l'aménagement du territoire**

- Appliquer des politiques de promotion de plans compacts d'urbanisme.
- Appliquer des politiques qui imposent de réduire la vitesse et accordent la priorité aux besoins des piétons, des cyclistes et des usagers des transports publics.
- Promouvoir le développement tourné vers les flux de transit pour concentrer les développements urbains et commerciaux autour de nœuds de transit de masse.
- Définir un lieu stratégique, si possible, public, subventionné et pour le logement de la main-d'œuvre afin d'assurer un accès pratique à des services de transit de grande capacité.
- Dissuader les usagers d'utiliser leurs propres véhicules dans les zones urbaines à forte densité de population en imposant des restrictions sur les usagers de véhicules à moteur, sur les véhicules et sur l'infrastructure routière et proposer d'autres solutions accessibles, sûres et faciles d'utilisation comme la marche, le vélo, les bus et les tramways.
- Faciliter les connexions intermodales entre les points de transit et les systèmes de partage de vélos aux principaux points de transit et créer des connexions pour les déplacements à vélo ou à pied qui réduisent la durée totale des trajets.
- Construire des réseaux de transport (ou reconstruire ceux qui existent) pour faire en sorte que les modes de déplacement non motorisés soient aussi sûrs que les modes motorisés et, plus important, pour satisfaire aux besoins de déplacement de tous, quels que soient leur âge et leurs capacités.
- Promouvoir des stratégies commerciales positives et pratiquer des méthodes incitatives telles que la participation de l'employeur au prix des abonnements de transport public.

Figure III. 2 Mesures recommandées pour encourager le transport multimodal et l'aménagement du territoire (source : OMS, 2021)

➤ Mesures recommandées pour améliorer la sécurité de l'infrastructure routière

- Définir la classification des fonctions et élaborer des normes applicables au niveau de sécurité souhaité pour chaque groupe d'usagers de la route au niveau de l'occupation du sol et du corridor de sécurité.
- Étudier et mettre à jour la législation et les normes de conception locales qui prennent en compte les fonctions de la route et les besoins de tous les usagers, pour des zones spécifiques.
- Spécifier une norme technique et définir le niveau d'appréciation visé, par l'attribution d'étoiles, pour tous les critères de conception applicables à chaque type d'usager de la route ainsi que le niveau de sécurité souhaité à l'endroit concerné.
- Mettre en place les panneaux indicateurs assurant une conformité logique et intuitive avec l'environnement justifiant la vitesse souhaitée (par exemple 30 km/h dans les centres urbains, ≤ 80 km/h sur les routes en zones rurales sans terre-plein central, 100 km/h sur les voies express).
- Entreprendre des audits de la sécurité routière sur tous les tronçons de nouvelles routes (études préalables de faisabilité sur l'ensemble de la conception détaillée) et réaliser des évaluations en faisant appel à des experts indépendants et accrédités pour obtenir un niveau minimal de trois étoiles, voire plus, pour tous les usagers de la route.
- Entreprendre la réalisation d'une cartographie des risques d'accident (lorsque les données sur les accidents sont fiables) et procéder à des évaluations de la sécurité par anticipation et à des contrôles sur le réseau visé en s'attachant plus particulièrement aux besoins propres aux usagers de la route, le cas échéant.
- Définir une cible d'efficacité pour chaque usager de la route en s'appuyant sur les résultats des contrôles au moyen de paramètres mesurables, pour chaque attribut des routes (installations de trottoirs par exemple).

Figure III. 3 Mesures recommandées pour améliorer la sécurité de l'infrastructure routière 2021-2030 (Source: OMS, 2021)

➤ Mesures recommandées pour assurer la sûreté des véhicules

- Exiger des normes de sécurité harmonisées de haute qualité pour les véhicules motorisés nouveaux ou d'occasion et applicables à l'utilisation de la ceinture de sécurité, des dispositifs de retenue pour enfants et des casques pour motocyclistes, notamment :
 - les normes relatives aux chocs frontaux et latéraux pour assurer la protection des occupants en cas d'accident générant un choc frontal ou latéral,
 - la ceinture de sécurité et son dispositif d'ancrage pour tous types de sièges, pour s'assurer que les ceintures de sécurité sont fixées dans les véhicules au moment de leur construction et de leur assemblage,
 - les points d'ancrage ISOFIX pour dispositifs de retenue d'enfants afin de s'assurer que ces dispositifs de retenue sont fixés directement au châssis du véhicule pour éviter tout mauvais usage,
 - le contrôle électronique de stabilité (ESP) pour éviter un dérapage et la perte de contrôle dans des cas de survirage ou de sous-virage,
 - le freinage d'urgence avancé (AEBS) pour réduire les collisions,
 - les normes de protection des piétons pour réduire la gravité d'un choc avec un véhicule motorisé,
 - les casques homologués pour motocyclistes conformes aux normes internationales harmonisées,
 - le système antiblocage de roues (ABS) et l'obligation pour les motocyclistes de circuler de jour, phare allumé,
 - les limiteurs de vitesse intelligents pour aider les conducteurs à respecter les limites de vitesse,
 - l'appel d'urgence *eCall* en cas d'accident (AECS) pour déclencher une intervention d'urgence grâce à un capteur intégré dans le véhicule.
- S'assurer que des normes de sécurité harmonisées de haute qualité s'appliquent pendant toute la durée de vie du véhicule. Cela peut se faire, par exemple :
 - au moyen de systèmes obligatoires d'homologation et d'enregistrement pour les véhicules nouveaux ou d'occasion sur la base d'impératifs de sécurité établis et associés à des contrôles systématiques,
 - au moyen de réglementations applicables aux importations et aux exportations de véhicules d'occasion assorties de contrôles aux points d'entrée et de sortie et du contrôle technique obligatoire des véhicules à échéance régulière et,
 - par une demande accrue de véhicules plus sûrs, en encourageant la mise en place de nouveaux programmes indépendants d'évaluation des voitures.

Figure III. 4 Mesures recommandées pour assurer la sûreté des véhicules 2021-2030 (Source: OMS, 2021)

➤ Mesures recommandées pour garantir un usage sûr de la route

- Adopter et faire appliquer une législation sur la sécurité routière :
 - Fixer des limites de vitesse à ne pas dépasser selon le type et la fonction des routes.
 - Définir des limites de concentration d'alcool dans le sang pour prévenir une conduite en état d'ébriété (conduire sous l'emprise d'alcool et de drogue) avec des dispositions particulières pour les conducteurs débutants et les conducteurs professionnels.
 - Rendre obligatoire l'utilisation de dispositifs de sécurité (ceintures de sécurité, dispositifs de retenue pour enfants et casques).
 - Restreindre l'utilisation de dispositifs électroniques tenus à la main tout en conduisant.
 - Créer un organisme de répression dédié, assurer une formation et fournir le matériel nécessaire aux activités de coercition.

- Instaurer des règles de circulation et l'obligation de détenir un permis pour conduire :
 - Définir et mettre à jour régulièrement des règles de circulation et des codes de conduite à l'intention des usagers de la route.
 - Fournir des informations et éduquer sur les règles de circulation.
 - Fixer pour les conducteurs des limites minimales d'âge et d'acuité visuelle.
 - Mettre en place des tests d'aptitude à la conduite pour l'obtention du permis de conduire et adopter un permis de conduire progressif pour les conducteurs débutants.
 - Fixer une limite de temps de conduite à ne pas dépasser et imposer un temps de repos minimal pour les conducteurs professionnels.
 - Rendre obligatoire une assurance responsabilité civile pour les conducteurs de véhicules motorisés.

- Veiller à ce que l'infrastructure routière tienne compte des besoins de tous les usagers de la route et soit conçue pour favoriser les comportements sans risque, notamment :
 - Équiper les routes de panneaux de signalisation et de marquages clairs et intuitifs.
 - Utiliser des ronds-points et modérer la vitesse au moyen de ralentisseurs.
 - Prévoir une séparation physique des usagers de la route, par exemple des pistes cyclables protégées et des zones réservées aux piétons.

Figure III. 5 Mesures recommandées pour garantir un usage sûr de la route 2021-2030 (Source : OMS, 2021)

➤ Mesures recommandées pour améliorer les interventions après un accident

- Mettre un système en place pour déclencher l'intervention après un accident :
 - Unique numéro de téléphone d'urgence avec couverture nationale.
 - Dispositif de coordination pour répartir les interventions (pompiers, police, ambulance).
- Renforcer les moyens d'action parmi les intervenants non-médecins :
 - Assurer une formation de base aux professionnels n'appartenant pas au monde médical comme les chauffeurs de taxi et les conducteurs de véhicules de transport public, la police, les pompiers, etc.
 - Adopter des lois de protection des « Bons Samaritains » pour assurer la protection juridique des intervenants non-médecins.
- Renforcer les soins par des professionnels médecins :
 - Créer des registres des victimes de la route dans les établissements de santé pour rassembler les informations sur la cause des traumatismes et sur les interventions cliniques.
 - Renforcer les moyens d'action des services préhospitaliers, hospitaliers et de réadaptation et instaurer un ensemble de base de services de soins d'urgence à chaque niveau du système de santé.
 - Assurer un accès 24 h sur 24 (que la personne ait les moyens de payer ou non) à des services opérationnels de soins essentiels dotés de personnel et de matériel.
 - Offrir des services de réadaptation et de relèvement pour prévenir un handicap permanent.
- Définir des impératifs pour mener des enquêtes multidisciplinaires à la suite d'accidents :
 - Rendre obligatoires des enquêtes sur les accidents ayant entraîné des morts et des blessés graves pour éclairer les stratégies de prévention et lancer une action judiciaire efficace au profit des victimes et de leurs familles.
 - Mettre en place des dispositifs de coordination des enquêtes menées après un accident et de partage des informations par les secteurs concernés.
 - Instaurer les dispositifs de financement nécessaires, comme des régimes d'assurance pour les usagers de la route (par exemple l'assurance au tiers obligatoire).

Figure IV. 6 Mesures recommandées pour améliorer les interventions après un accident 2021-2030 (Source : OMS, 2021)

III.3 Audit de sécurité routière

Un audit de sécurité routière est un processus formel d'évaluation indépendante et de modification de nouvelles routes ou de projets d'amélioration des infrastructures routières. Les audits de sécurité routière identifient systématiquement les problèmes de sécurité et formulent les recommandations nécessaires pour améliorer les conceptions et apporter des solutions à ces problèmes. (De & Pour, 2014)

L'objectif d'un audit de la sécurité routière est d'identifier les problèmes de sécurité potentiels, afin que les éléments de conception et/ou de construction puissent être modifiés autant que possible pour éliminer ou minimiser ces problèmes. Idéalement, cela devrait être fait avant l'achèvement de la construction et de la mise en service.

L'objectif est d'intégrer toutes les actions en faveur de la sécurité pour adopter une démarche systématique de réduction des accidents mortels et graves sur la durée de vie du projet. Pour être efficaces, les programmes de gestion de la sécurité routière doivent trouver un équilibre optimal entre les stratégies réactives et proactives.

III. 3.1 Pourquoi les audits de sécurité routière sont-ils nécessaires ?

La construction de nouvelles routes et la mise en œuvre de programmes d'amélioration du réseau routier peuvent avoir un impact négatif sur la sécurité routière. Il existe souvent un conflit entre la nécessité d'augmenter la capacité et la sécurité des utilisateurs. Lorsque les routes sont améliorées en termes de capacité et de vitesse, la sécurité des usagers de la route est parfois compromise. (Huvarinen et al., 2017)

Bien que les autorités routières emploient des concepteurs professionnels et insistent sur de bonnes normes de conception, les audits de sécurité routière sont toujours nécessaires pour un certain nombre de raisons. Ces raisons incluent :

- Le respect des normes ne garantit pas la sécurité. Bien que le respect des normes et des lignes directrices soit utile, les normes ne couvrent pas de nombreuses situations, et parfois alors que tous les éléments répondent individuellement aux normes applicables, parfois plusieurs éléments se combinent pour entraver la sécurité.
- Des normes pour les nouvelles routes sont développées dans les pays où le transport motorisé est très développé, où la gamme d'occupants, le comportement et les performances des véhicules peuvent varier considérablement de l'environnement concerné
- L'utilisateur peut ne pas se comporter comme prévu par le concepteur/les critères de conception.
- Manque de connaissances sur les causes des accidents : les concepteurs de routes peuvent ne pas être conscients des problèmes de sécurité routière.

III.3.2 Coût et bénéfices des audits de sécurité routière :

III.3.2.1 Coût

On craint souvent que les audits de sécurité routière n'augmentent les coûts du projet, mais cela se produit rarement. En particulier, la réalisation d'audits de sécurité routière à un stade précoce de la conception des routes signifie que des modifications de la conception peuvent être apportées si nécessaire et à moindre coût. De plus, de nombreuses propositions ne nécessitent que des modifications mineures des panneaux de signalisation, des marquages et des dispositions qui sont peu coûteuses au début du projet. (Huvarinen et al. 2017)

Le coût d'une évaluation de la sécurité routière comprend :

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

- Le coût d'un évaluateur (généralement 2 à 3 semaines de travail pour 2 à 3 auditeurs - notez que les grands projets nécessiteront plus de temps)
- Les coûts de personnel pour mettre en œuvre les recommandations
- Les coûts de construction requis après la proposition et des adaptations initialement non planifiées

III.3.2.2 Bénéfices

- Économisez du temps et de l'argent en modifiant les détails du projet pendant la phase de planification et de conception plutôt que d'opter pour la suppression ou la modification de l'infrastructure routière existante.
- Pour la route a été construite, réduire le nombre d'accidents et ainsi réduire les coûts liés aux accidents de la route
- Réduire éventuellement les frais.

III.3.3 Les stades d'audit de sécurité routière :

L'Audit de sécurité routière peut être mené à chaque stade du cycle de vie d'un projet routier, du stade de la faisabilité jusqu'aux stades de la conception, de la construction, et avant et après l'ouverture de la route au public.(African Development Bank, 2014)

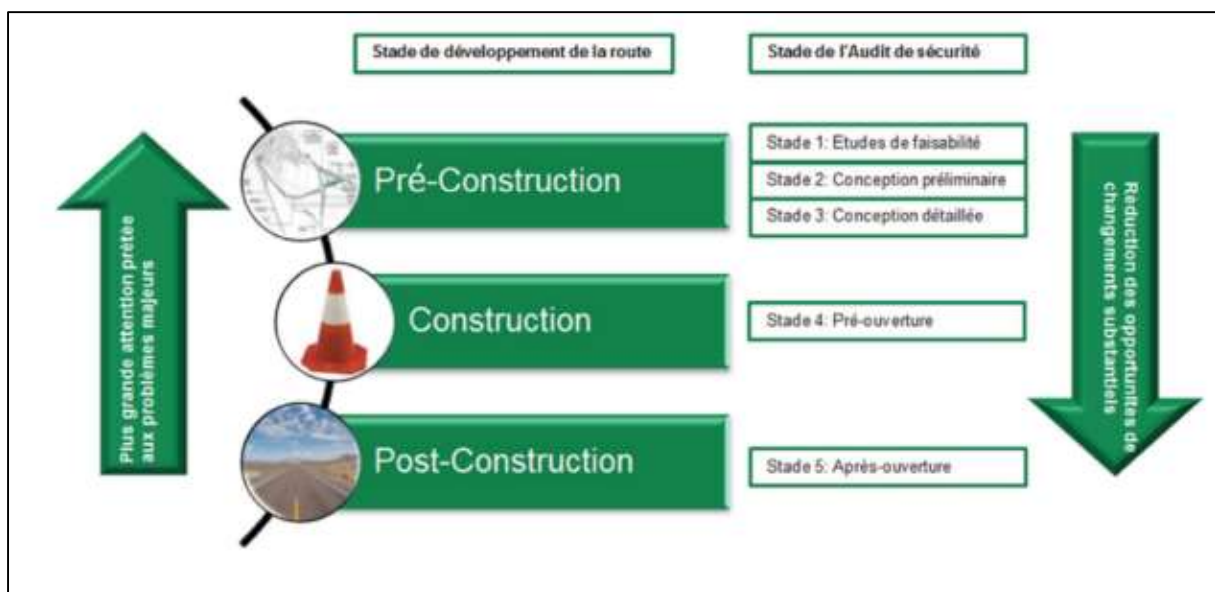


Figure III.7 Stades de l'Audit de la Sécurité Routière (Source : Huvarinen et al., 2017)

Un projet peut comprendre jusqu'à sept stades d'ASR distincts et couvrir les trois phases fondamentales du projet :

A. Pré-construction

- **Stade 1 : étude de faisabilité :** Les audits menés pendant la phase d'étude de faisabilité affectent des facteurs clés tels que les critères de conception (notamment vitesse de conception, limites de vitesse possibles), sections transversales, choix de tracé, impact sur le réseau environnement, et nombre, emplacement et type d'intersection. Si des problèmes éventuels ne sont pas identifiés à ce stade, il pourrait s'avérer très difficile, et souvent impossible, de corriger ces problèmes par la suite, lorsque les travaux de conception ou de construction seront engagés.

Les ASR dans le cadre de l'étude de faisabilité seront entrepris avec un minimum d'information de conception et tiendront compte du concept global et de la fonction du projet, ainsi que de sa relation avec l'environnement ambiant.

- **Stade 2 : Conception préliminaire :** La conception préliminaire détermine la norme, la section, l'orientation et la configuration de l'intersection. L'ASR de conception préliminaire identifie tous ces facteurs, mais considère également un éventail plus large de critères. Par exemple :

- Les besoins spécifiques de tous les usagers susceptibles d'utiliser la route
- Accès aux propriétés adjacentes, et prise en charge de la sécurité du trafic local
- Connexion appropriée et sécurisée aux réseaux routiers existants

- **Stade 3 : Conception détaillée :** L'ASR de conception détaillée est réalisée après l'achèvement des travaux de conception détaillée et avant la création du contrat de construction et l'acquisition du terrain. Il offre l'occasion de voir tous les détails proposés, y compris la signalisation et le marquage, l'emplacement des barrières de sécurité, les obstacles en bordure de route, les installations piétonnes et les connexions aux routes existantes.

B. Construction

- **Stade 4 : Préouverture :** L'ASR de préouverture a lieu peu de temps avant l'ouverture d'une route ou d'un projet routier. Il est public et comprend une inspection détaillée des routes, de tous les panneaux de signalisation et des autres installations routières. L'objectif est d'identifier tous les éléments dangereux qui n'ont pas été révélés à l'étape précédente et de s'assurer que tous les détails structurels sont correctement mis en œuvre.

A ce stade de l'audit, il est conseillé d'inviter les policiers locaux à se rendre sur les lieux. Ils sont susceptibles d'avoir une bonne idée de la façon dont les habitants s'adaptent à la nouvelle route. La présence de forces policières renforcées peut être requise pendant les premiers jours d'ouverture, surtout si certains problèmes sont identifiés.

C. Post-construction

- **Stade 5 : après ouverture** : L'audit post-ouverture consiste principalement en une visite détaillée de tous les éléments du site et étudie l'interaction entre le véhicule et les usagers non motorisés et leur comportement face à l'installation modifiée/améliorée. Tous les conflits ou comportements imprévus doivent être notés.

III.3.4 Approches d'audits de sécurité routière

L'audit de sécurité routière est divisé en deux approches principales, approche proactive et approche réactive.

III.3.4.1 Approche Proactive

L'approche proactive vise à évaluer la sécurité du réseau routier et à identifier les lacunes qui peuvent être corrigées pour améliorer les normes de sécurité routière. Les approches proactives peuvent être utiles lorsque les données de collision ne sont pas encore disponibles ou que des détails précis (tels que les coordonnées géographiques de la collision) n'ont pas été enregistrés. Bien que les approches proactives soient utiles, elles n'éliminent pas le besoin de données de haute qualité sur les accidents pour guider et orienter les pratiques de sécurité routière. Ils peuvent être utilisés tout en améliorant la disponibilité ou la qualité des données sur les accidents.

III.3.4.2 Approche Réactive

Une approche réactive repose sur la collecte et l'utilisation d'informations fiables en vue de cibler de manière systématique et cohérente des mesures visant à améliorer la sécurité routière. Cela implique d'utiliser les données d'accidents pour identifier les emplacements à haut risque (appelés points noirs, emplacements dangereux ou points chauds), ou les routes et les zones à haut risque sur le réseau routier. Une fois qu'un emplacement à haut risque est identifié, l'emplacement est étudié en détail et un plan de traitement correctif est élaboré.

III.3.5 L'intégration d'audit de sécurité routière dans les projet routiers/autoroutiers en Algérie

III.3.5.1 Approche Proactive

La figure ci-après décrit le processus requis pour assurer l'intégration des audits de sécurité routière dans les phases de conception et de construction de nouvelles routes et de nouveaux projets d'infrastructure.

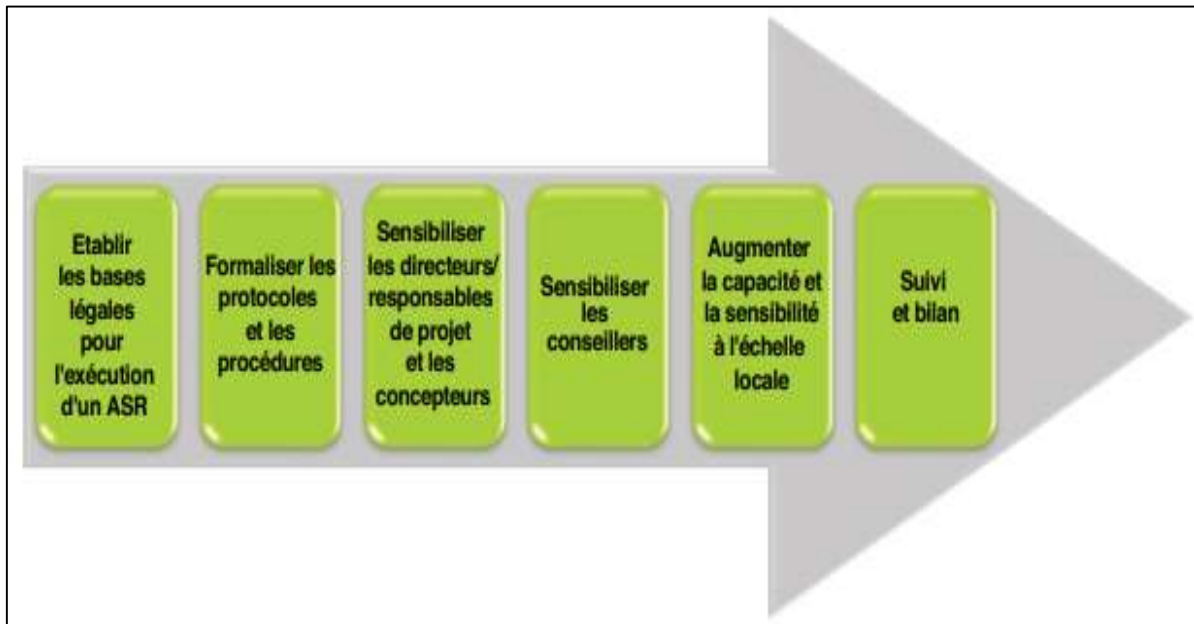


Figure III. 8 Intégration des proactive d'Audit de sécurité routière (Source : Road Safety Audit Guidelines, 2014)

D'où :

Étape 1 : Établir les bases légales pour l'exécution d'un ASR

Étape 2 : Le client rédige un processus ou une procédure formelle pour intégrer un audit de sécurité routière dans le processus de conception et de construction.

Étape 3 : Sensibiliser les directeurs/cadres de projet et les concepteurs.

Étape 4 : S'assurer que les consultants locaux sont au courant des nouvelles exigences et qu'ils sont contractuellement habilités à entreprendre les processus.

Étape 5 : Améliorer les capacités et la prise de conscience au niveau local.

Étape 6 : Introduire un système formel de suivi et d'examen des recommandations ASR afin d'identifier les améliorations de sécurité à intégrer dans les normes de conception révisées.

III.3.5.2 Approche réactive

Les étapes suivantes décrivent le processus requis pour s'assurer que l'ASR (approche réactive) est intégrée.

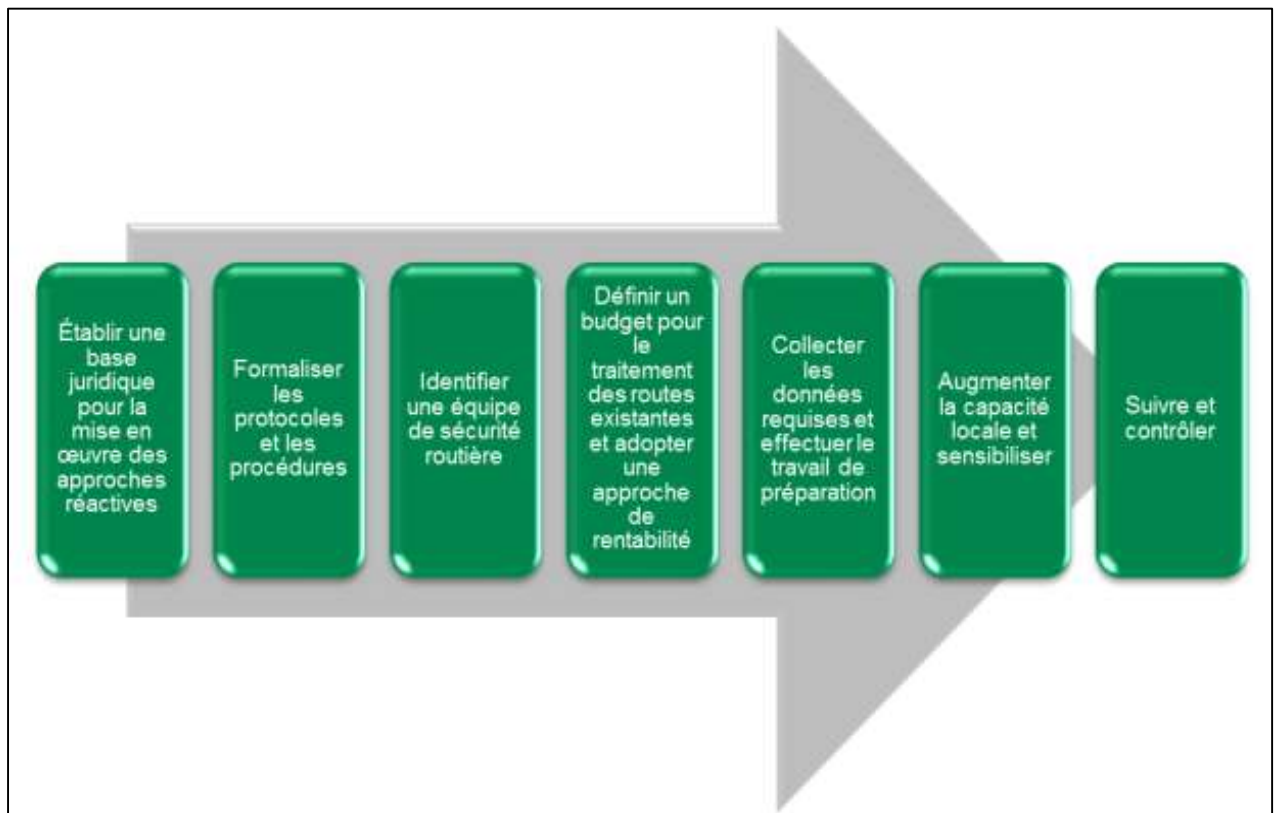


Figure III. 9 Intégration des approches réactives d'Audit de sécurité routière (Source : Road Safety Audit Guidelines, 2014)

D'où :

Étape 1 : Une approche réactive constitue une méthode qui répond à ce critère de responsabilité juridique. Il est important de noter que les responsabilités des autorités routières compétentes doivent également être soutenues au plus haut niveau politique

Étape 2 : Les autorités routières devraient rédiger et adopter des protocoles ou des procédures pour mettre en œuvre des méthodes réactives à des fins d'analyse de la sécurité

Étape 3 : Identifier une équipe de sécurité routière.

Étape 4 : La mise en œuvre d'une approche réactive n'est pas possible sans les ressources financières nécessaires pour mettre en œuvre le programme de changement prévu. Par conséquent, un budget annuel devrait être élaboré pour traiter les problèmes de sécurité routière identifiés dans le réseau routier existant, quelle que soit la manière dont ils sont identifiés.

Étape 5 : Collecter les données requises et effectuer le travail de préparation.

Etape 6 : Il est possible que l'Autorité routière souhaite entreprendre les actions suivantes :

- Assurer la formation du personnel (et éventuellement des acteurs locaux)
- Parrainer le personnel (et éventuellement les intervenants locaux) pour acquérir de l'expérience et répondre aux normes d'expérience pour les personnes responsables des visites sur site et de la planification du traitement
- Former les concepteurs à l'ingénierie de sécurité routière pour interpréter correctement les solutions proposées

Etape 7 : Suivre et contrôler. Avant la mise en œuvre des solutions proposées, il convient d'évaluer leur impact potentiel pour réaliser une étude de rentabilité en vue d'un investissement.

III.4 Programmes d'évaluation routière

Les principaux programmes internationaux d'évaluation routière sont iRAP, EuroRAP, AusRAP et usRAP. Ces programmes pourraient contribuer à réduire le nombre de décès et de blessures graves grâce à une évaluation systématique de la sécurité, à l'identification des principales lacunes en matière de sécurité susceptibles d'être corrigées. Alors que ces outils modernes de contrôle de la qualité de la sécurité des routes doivent influencer de manière préventive l'apparition des facteurs d'accidents non seulement sur les routes existantes mais aussi sur les futures (Baklanova et al. 2021).

III.4.1 Programme international d'évaluation des route iRAP :

Le Programme international d'évaluation des routes (iRAP) est la méthodologie la plus connue probablement (Tripodi et al., 2020). Le programme iRAP a été créé en 2006 en tant qu'organisation rassemblant l'expérience et les résultats générés par des programmes de recherche tels que EuroRAP (Lynam, et al. 2004), usRAP (Harwood et al. 2010) et AusRAP (Metcalf et al. 2005 ; iRAP, 2013b). L'objectif principal de ce programme est d'aider les ingénieurs et experts routiers à améliorer le niveau de sécurité routière et à contrôler l'augmentation des accidents de la route et leur niveau de gravité (iRAP 2015a) et d'établir des mesures qui améliorent la sécurité de tous les utilisateurs au sein de l'infrastructure routière (Hurtado et al. 2015).

III.7.1.1Aperçu :

Aussi vaste que soit le problème, rendre les routes sûres n'est en aucun cas un défi insurmontable ; la recherche requise, recherche, la technologie et l'expertise nécessaires pour

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

sauver des vies existent déjà. L'ingénierie de la sécurité routière contribue directement à la réduction du nombre de morts et de blessés sur les routes. Des intersections bien conçues, des bords de route sûrs et des sections de route appropriées peuvent réduire considérablement le risque d'accident de véhicule motorisé et la gravité des accidents qui se produisent. (Methodology & Sheet, n.d.-a)

Les chemins piétonniers, les passages pour piétons et les pistes cyclables peuvent réduire considérablement le risque que les piétons et les cyclistes soient tués ou blessés en évitant la nécessité d'emprunter des voies de circulation. Tués ou blessés en évitant qu'ils aient à se mêler aux véhicules motorisés. Les voies réservées aux motocyclettes peuvent minimiser le risque de mort et de blessure pour les motocyclistes.

En s'appuyant sur les travaux des programmes d'évaluation des routes (RAP) des pays à haut revenu (EuroRAP, AusRAP, AusRAP, USRAP et KiwiRAP) et en s'appuyant sur l'expertise des principaux organismes de recherche sur la sécurité routière dans le monde, notamment le groupe ARRB Group (Australie), TRL (Royaume-Uni), MRI Global (États-Unis) et MIROS (Malaisie). Quatre protocoles cohérents au niveau mondial pour évaluer et améliorer la sécurité des routes.

- **Les cartes de risques** utilisent des données détaillées sur les accidents pour illustrer le nombre réel de décès et de blessures sur un réseau routier.
- **Le classement par étoiles** fournit une mesure simple et objective du niveau de sécurité offert par la conception d'une route.
- **Les plans d'investissement** pour des routes plus sûres s'appuient sur environ 90 options d'amélioration des routes qui ont fait leurs preuves, afin de générer des options d'infrastructure abordables et économiquement saines permettant d'améliorer la sécurité routière.
- **Le suivi des performances** permet d'utiliser des classements par étoiles et des cartes de risques pour suivre les performances en matière de sécurité routière et établir des positions politiques. (Methodology & Sheet, n.d.-a)

Les notations par étoiles et les plans d'investissement pour des routes plus sûres peuvent être utilisés dans le cadre d'une approche systématique et proactive de l'évaluation et du renouvellement des infrastructures routières, fondée sur la recherche des endroits où les accidents graves sont susceptibles de se produire et sur les moyens de les prévenir.

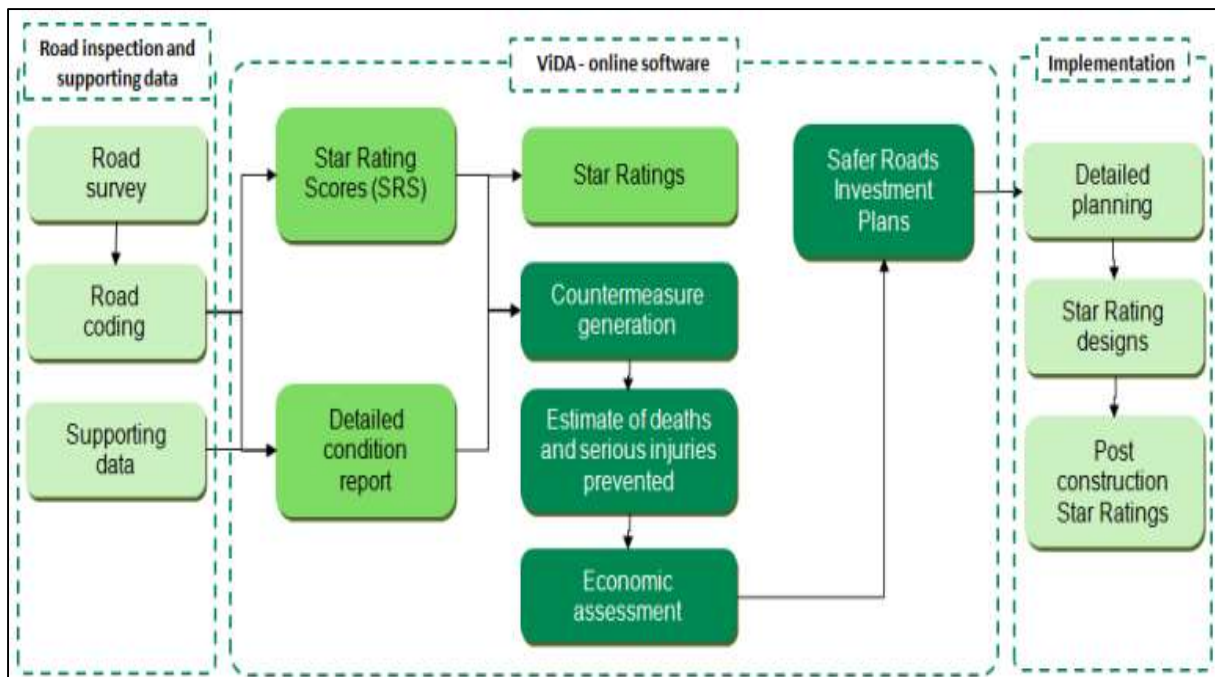


Figure III. 10 La procédure de notation par étoiles et de plan d'investissement pour des routes plus sûres de l'iRAP (Source : iRAP, 2013)

III.4.1.2 La notation par étoiles

La notation par étoiles implique une inspection des caractéristiques de l'infrastructure routière qui sont connues pour avoir un impact sur la probabilité d'un accident et sa gravité. Entre 1 et 5 étoiles sont attribuées en fonction du niveau de sécurité qui est "intégré" à la route. Les routes les plus sûres (4 et 5 étoiles) présentent des caractéristiques de sécurité routière adaptées aux vitesses de circulation en vigueur (vitesse du trafic).

Les caractéristiques de l'infrastructure routière d'une route sûre peuvent inclure la séparation du trafic opposé par un large terre-plein ou une barrière, un bon marquage des lignes et une bonne conception des intersections, de larges voies et des accotements goudronnés, des bords de route exempts de dangers non protégés tels que des poteaux, et de bonnes dispositions pour les cyclistes et les piétons telles que des sentiers, des pistes cyclables et des passages pour piétons. Les routes les moins sûres (1 et 2 étoiles) ne présentent pas les caractéristiques de sécurité routière appropriées aux vitesses de circulation en vigueur. Il s'agit souvent de routes à voie unique avec des virages et des intersections fréquentes, des voies étroites, des accotements non goudronnés, un mauvais marquage au sol, des intersections cachées et des dangers en bordure de route non protégés tels que des arbres, des poteaux et des talus abrupts proches du bord de la route. Elles ne sont pas non plus adaptées aux besoins des cyclistes et des piétons grâce à des trottoirs, des pistes cyclables et des passages pour piétons. (Methodology & Sheet, n.d.-a)

III.4.1.3 Le plan d'investissement pour des routes plus sûres

Le programme d'investissement pour des routes plus sûres (SRIP) est une liste hiérarchisée de contre-mesures pour augmenter de manière rentable le nombre d'étoiles et réduire les risques d'infrastructure. Ces plans sont basés sur une analyse économique d'une gamme de contre-mesures, y compris une comparaison du coût de mise en œuvre des contre-mesures avec la réduction des coûts des accidents résultant de la mise en œuvre des contre-mesures. Coûts des accidents dus à la mise en œuvre. Le plan contient des plans de planification et d'ingénierie détaillés ainsi que des informations techniques telles que des registres de propriétés routières, des recommandations de contre-mesures et une évaluation économique d'une section de 100 mètres du réseau routier (IRAP, 2013).

III.4.1.4 Méthodologie

L'IRAP est basé sur des scores estimés (SRS). Le module SRS attribue des niveaux de sécurité à l'infrastructure routière en fonction de l'efficacité de l'infrastructure pour prévenir les accidents et protéger les utilisateurs impliqués dans des accidents (Lynam, 2012). Sur la base du Road Protection Score (RPS) calculé, la section de route est classée selon un classement à cinq niveaux (Star Rating).

A. Attributs de la route (Facteur de risque) : Les données sur les attributs de la route sont collectées au cours des inspections routières, qui se font en deux parties :

1. Les sondages routiers, qui impliquent la collecte d'images (ou vidéos) de la route, de données de localisation (GPS) et de données de distance.
2. La codification routière, qui implique l'enregistrement des catégories d'attributs de la route en utilisant les images (ou vidéos) des sondages.

Les attributs de la route descriptifs et les attributs qui influencent la probabilité et la gravité des types d'accidents graves les plus courants pour les occupants de véhicules, les motocyclistes, les piétons et les cyclistes sont collectés.

Les attributs sont enregistrés pour chaque tronçon de route de 100 mètres. Dans le cas où l'état d'un attribut varie sur un tronçon de 100 mètres, le pire état est enregistré (du point de vue de la sécurité routière). Par exemple, si sur les 50 premiers mètres d'un tronçon de 100 mètres, des barrières de sécurité en bordure de route sont présentes, et que sur les 50 derniers mètres des dangers sont observés sur le bord de la route, le tronçon de 100 mètres est codifié comme ayant des dangers sur le bord de la route.

B. Le facteur de modification de collision (CMF) : Selon (AASHTO, 2010), le coefficient de modification de collision (CMF est défini comme un coefficient reflétant les effets des

changements dans les éléments de trafic, les éléments d'exploitation et les éléments de conception de la route sur le nombre d'accidents de la circulation survenant dans la zone d'analyse.

Par exemple, une intersection connaît 100 collisions angulaires et 500 collisions arrière par an. Si vous appliquez une contre-mesure qui a un CMF de 0,80 pour les collisions d'angle, vous pouvez vous attendre à voir 80 collisions d'angle par an après la mise en œuvre de la contre-mesure ($100 \times 0,80 = 80$) (IRAP., 2013)

C. Types d'usager : Le type de personnes utilisant un réseau routier peut varier considérablement d'un pays à l'autre. Bien que la majorité des tués sur les routes soient habituellement des occupants de véhicules dans les pays à revenus élevés, dans les pays à revenus faibles et intermédiaires de nombreux usagers de la route sont des motocyclistes, des cyclistes et des piétons (Figure III.6) (OMS, 2013).

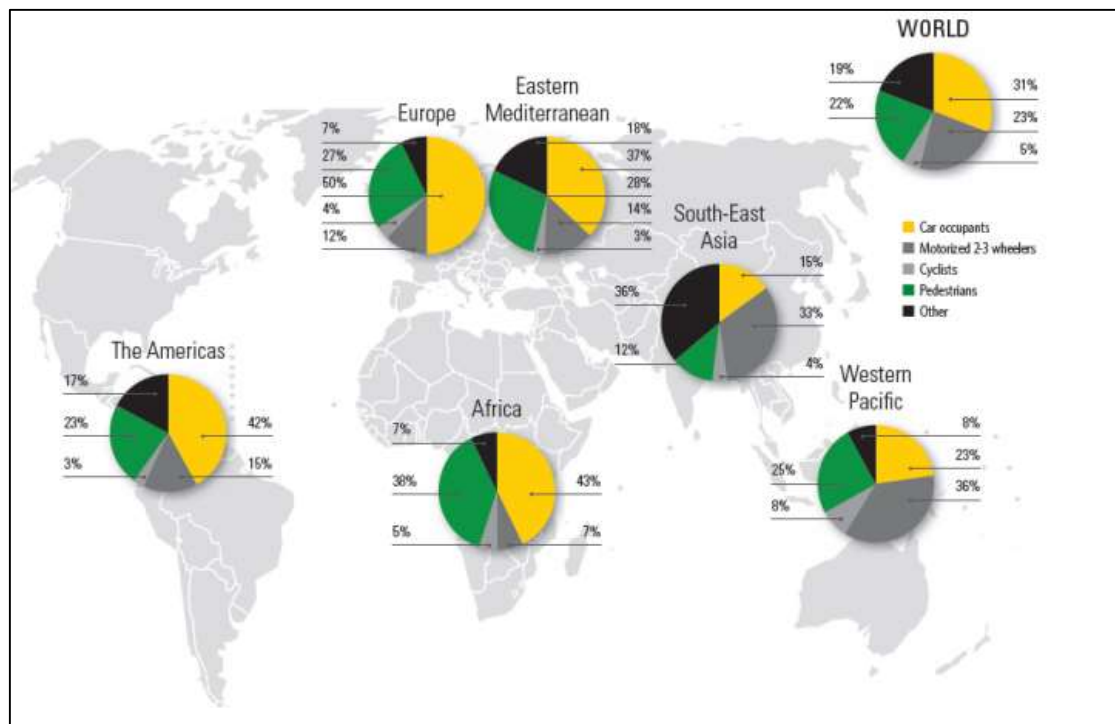


Figure III. 11 Tués sur les routes par catégorie d'usagers (OMS, 2013)

La manière dont chaque infrastructure routière est adaptée à chaque usager de la route varie également. De telles différences se répercutent dans les statistiques d'accidents. Par exemple, au Vietnam, 90 % des tués sur les routes sont des motocyclistes, alors que près de 60 % des tués sur les routes au Costa Rica sont des piétons. Le diagramme ci-dessous, qui indique le pourcentage de tués sur les routes dans le monde par catégorie d'usagers de la route, vient étayer ce point. (Methodology and Sheet, 2013)

En reconnaissant que le type d'usagers de la route varie considérablement d'un pays à l'autre et que chaque usager de la route a ses propres besoins en matière d'infrastructure routière, une notation par étoiles différente est proposée pour chacune des quatre catégories d'usagers de la route qui représentent la majorité des usagers de la route dans le monde :

1. Occupants de véhicules.
2. Motocyclistes.
3. Cyclistes.
4. Piétons.

L'avantage d'une méthodologie détaillée d'évaluation des risques qui prend en compte ces quatre catégories d'usagers de la route est qu'elle offre un certain nombre d'options en termes d'amélioration des infrastructures, ce qui permet de garantir que les plans d'investissement pour des routes plus sûres (SRIP) identifient toutes les possibilités de sauver la vie des quatre catégories d'usagers de la route de la manière la plus rentable qui soit

D. Types d'accidents : La méthodologie de notation par étoiles se base sur les types d'accidents qui représentent la plus grande proportion de tués et de blessés graves sur les routes pour chaque catégorie d'usagers de la route. Les types d'accidents sur lesquels l'Irap s'appuie sont : Sorties de la route (côté conducteur et côté conducteur), frontal (perte de contrôle) et intersection de points d'accès, pour les occupants du véhicule (IRAP., 2013).

E. Equation du score de notation par étoiles : l'équation du score de notation par étoiles permet de calculer pour chaque segment de 100m (hectomètre) le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'usager de la route, l'équation est donnée comme suite :

$$\mathbf{F. SRS} = \sum \text{Crash Type Scores.} \quad (1)$$

Tel que :

- **SRS** : le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'usager de la route pour chaque 100m
- **Score de type d'accident** : probabilité X gravité X vitesse de circulation X influence des flux extérieurs

D'où :

- La probabilité concerne les facteurs de risque des attributs de la route qui rendent compte de la possibilité qu'un accident soit amorcé
- La gravité concerne les facteurs de risque des attributs de la route qui rendent compte de la gravité d'un accident
- La vitesse de circulation concerne les facteurs qui rendent compte de la manière dont le risque évolue en fonction de la vitesse

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

- Les facteurs d'influence des flux extérieurs concernent le risque qu'une personne se retrouve impliquée dans un accident en fonction de l'utilisation de la route par une autre personne
- Les facteurs de traversée de la bande centrale concernent la probabilité qu'un véhicule errant traverse la bande centrale (ne concerne que les accidents frontaux et en sortie de route des occupants de véhicules et des motocyclistes). Un SRS n'est calculé que si un flux d'usager de la route particulier est enregistré. Par exemple, en l'absence de piétons, aucun SRS n'est calculé. De même, les SRS ne sont pas calculés lorsque des travaux de voirie majeurs sont entrepris.(Elle, n.d.)

G. Catégorisation des scores de risque : Les notations par étoiles sont déterminées en attribuant un score de notation par étoiles (SRS). Des échelons distincts sont utilisés pour les usagers motorisés (occupants de véhicules et motocyclistes), les cyclistes et les piétons, puisque leurs scores sont calculés grâce à des équations différentes. C'est ainsi que les scores des usagers motorisés se basent sur les accidents aux intersections, en sortie de route et frontaux ; les scores des piétons se basent sur les accidents le long de et en traversant la route ; et les scores des cyclistes se basent sur les accidents de circulation le long de la route et aux intersections.(Elle & Total,).

Tableau III.1 Échelons de la notation par étoiles (iRAP, 2013)

| Notation par étoiles | Scores de notation par étoiles | | | | |
|----------------------|---|-----------|-----------|---------------------|-------------|
| | Occupants de véhicules et motocyclistes | Cyclistes | Piétons | | |
| | | | Total | Le long de la route | Passage |
| 5 | 0 à < 2,5 | 0 à < 5 | 0 à < 5 | 0 à < 0,2 | 0 à < 4,8 |
| 4 | 2,5 à < 5 | 5 à < 10 | 5 à < 15 | 0,2 à < 1 | 4,8 à < 14 |
| 3 | 5 à < 12,5 | 10 à < 30 | 15 à < 40 | 1 à < 7,5 | 14 à < 32,5 |
| 2 | 12,5 à < 22,5 | 30 à < 60 | 40 à < 90 | 7,5 à < 15 | 32,5 à < 75 |
| 1 | 22,5 + | 60+ | 90 + | 15 + | 75 + |

(Source : iRAP,2013)

Tel que :

- Vert = risque très faible.
- Jaune = faible risque.
- Orange foncé = risque moyen.
- Rouge = risque élevé.

- Noir = risque très élevé.

III.4.2 Le programme européen d'évaluation des routes (EuroRAP)

Le programme européen d'évaluation des routes (EuroRAP) est une association internationale à but non lucratif fondée en 1999 et enregistrée en Belgique, dédiée à sauver des vies grâce à des routes plus sûres.

Le programme vise à réduire le nombre de décès et de blessures graves grâce à un programme d'évaluation systématique des risques, identifiant les principales lacunes qui peuvent être corrigées grâce à des améliorations réelles des routes. Il établit des partenariats entre toutes les parties responsables d'un système routier sûr - la société civile, les organisations d'automobilistes, les constructeurs automobiles et les autorités routières - dans le but de garantir que l'évaluation des risques est au cœur des décisions stratégiques concernant l'amélioration des routes, la protection contre les accidents et les normes de gestion des routes.

III.4.2.1 Les objectifs

- Assurer la mesure systématique des facteurs de risque reconnus par le biais de la cartographie des risques, de l'estimation des décès, du suivi des performances et du classement par étoiles, avec des solutions fondées sur des preuves pour stimuler l'investissement et fournir aux gouvernements des arguments économiques en faveur de routes plus sûres et la confiance nécessaire pour investir dans l'amélioration de la sécurité routière ;
- L'éducation et la formation pour renforcer les capacités et former les autorités et les partenaires des secteurs public et privé aux méthodologies d'évaluation du PAR, aux outils et au Système sûr, et pour sensibiliser les décideurs et le public au fait que les décès sur les routes sont prévisibles et évitables ;
- Atteindre les objectifs officiels des États membres de l'ONU en matière de sécurité routière mondiale, à savoir que 75 % des déplacements sur le RTE-T et les routes principales en Europe soient classés 3 étoiles ou mieux ;

III.4.2.2 Les valeurs

Les valeurs d'EuroRAP sont alignées sur celles du Programme international d'évaluation des routes, qui chapeaute les PAR régionaux du monde entier.

- Un objectif commun, des personnes passionnées
- Honnêteté et preuves à l'appui
- Objectifs partagés, succès partagé

III.4.2.3 EuroRAP et l'approche du système sûr

L'approche pour un système sûr vise à créer un système routier plus indulgent. Elle accepte que les gens fassent des erreurs et préconise une combinaison de mesures à plusieurs niveaux pour empêcher les gens de mourir de ces erreurs en tenant compte de la physique de la vulnérabilité humaine. Une meilleure construction des véhicules, une amélioration de l'infrastructure routière, une réduction des vitesses, par exemple, sont autant de moyens de réduire l'impact des accidents. Le rôle d'EuroRAP est de se concentrer spécifiquement sur l'élément "routes sûres" de l'équation de la sécurité.

III.4.3 Le programme néo-zélandais d'évaluation des routes (KiwiRAP)

KiwiRAP est le programme néo-zélandais d'évaluation des routes. Il fait partie du Programme international d'évaluation des routes, également connu sous le nom d'iRAP. Des programmes d'évaluation routière similaires ont été mis en œuvre en Europe (EuroRAP), en Australie (AusRAP), aux États-Unis d'Amérique (usRAP), en Afrique du Sud et en Malaisie.

L'iRAP est une organisation à but non lucratif qui travaille en partenariat avec des organisations gouvernementales et non gouvernementales dans 60 pays pour étudier les réseaux routiers. À partir de ses conclusions, l'iRAP recommande des améliorations de conception qui doivent être mises en œuvre afin de sauver des vies et de réduire le nombre de blessures graves sur les routes du monde. Chaque année dans le monde, 1,3 million de personnes meurent dans des accidents de la route et jusqu'à 50 millions de personnes sont gravement blessées.

Le KiwiRAP est un programme jumeau de l'ANCAP, le programme australasien d'évaluation des nouvelles voitures, qui attribue des étoiles aux véhicules en fonction de la protection qu'ils offrent aux occupants.

III.4.3.1 Les objectifs

- Réduire le nombre de morts et de blessés sur les routes de Nouvelle-Zélande en évaluant systématiquement les risques et en identifiant les lacunes en matière de sécurité qui peuvent être comblées par des mesures pratiques d'amélioration des routes
- Faire de l'évaluation des risques un facteur clé dans les décisions stratégiques concernant l'amélioration des routes, la protection contre les accidents et les normes de gestion des routes.
- Fournir des informations significatives sur les endroits où les niveaux de risque sont les plus élevés, afin d'influencer les comportements.

III.4.4 Le programme d'évaluation des routes australiennes (AusRAP)

Chaque année, les accidents de la route en Australie entraînent des niveaux tragiques de décès et de blessures graves. Il est essentiel que l'Australie s'engage dans un programme accéléré de modernisation de ses routes nationales.

Le programme d'évaluation des routes australiennes (AusRAP) a examiné 21 921 kilomètres de routes nationales dont la vitesse est limitée à 90 kilomètres par heure ou plus, et leur a attribué un classement par étoiles en fonction de leur niveau de sécurité. Les tronçons de route sont notés sur une échelle de 1 à 5 étoiles, 1 étoile étant la moins sûre et 5 étoiles la plus sûre.

Les routes sûres dotées d'éléments de conception tels que des chaussées divisées en deux voies, un bon marquage des lignes et des voies larges obtient un meilleur classement. Les routes moins bien notées sont susceptibles d'avoir une seule voie et d'être sans division, avec un mauvais marquage et des dangers tels que des arbres, des poteaux et des talus abrupts près du bord de la route.



Figure III.12 Résultats du classement par étoile 2013 sur le réseau routier australien (Source : ausRAP, 2013)

La figure III.7 présente les résultats du classement par étoiles pour 2013 sous la forme d'une carte, révélant que près de 40 % du réseau australien est classé 1 ou 2 étoiles. Plus de 60 % du réseau étudié se situe dans la fourchette des 3 à 4 étoiles. Bien que des tronçons de route 5

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

étoiles aient été identifiés dans tout le pays, ils sont négligeables et n'apparaissent pas en pourcentage dans la ventilation nationale. Le classement par étoiles est également disponible pour chaque État et Territoire, comme le montre le tableau III.2.

Tableau III.2 Répartition des notations par étoiles par État/Territoire – Routes nationales

| Jurisdiction | Length (km) | Proportion in each Star Rating | | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | | 1-Star | 2-Star | 3-Star | 4-Star | 5-Star |
| New South Wales | 4,721.6 | 9% | 42% | 46% | 2% | 0% |
| Australia Capital Territory | 16.9 | 0% | 18% | 60% | 21% | 0% |
| Victoria | 2,363.4 | 1% | 22% | 62% | 13% | 2% |
| Queensland | 5,108.5 | 1% | 29% | 63% | 6% | 0% |
| Western Australia | 4,671.4 | 5% | 22% | 57% | 16% | 0% |
| South Australia | 2,041.1 | 14% | 23% | 59% | 4% | 0% |
| Tasmania | 366.6 | 20% | 46% | 32% | 2% | 0% |
| Northern Territory | 2,632.2 | 29% | 32% | 34% | 5% | 0% |
| Total | 21,921.7 | 9% | 30% | 53% | 8% | 0% |

(Source : ausRAP, 2013)

III.4.5 Le programme d'évaluation des routes des États-Unis (usRAP)

Le programme d'évaluation des routes des États-Unis (usRAP) est un outil innovant et proactif permettant d'analyser la sécurité d'une route et de générer des solutions axées sur les données pour corriger les dangers. Les vidéos existantes ou nouvellement collectées d'un réseau routier sont codées en segments de 100 mètres, et un logiciel, appelé ViDA, produit des notes en étoile sur une échelle familière de 1 à 5 (pour chaque étoile supplémentaire, le coût socio-économique des accidents est réduit de moitié sur cette section de route). En outre, ViDA génère un plan d'investissement pour des routes plus sûres, qui est une liste classée de plus de 70 solutions d'ingénierie possibles qui répondent à un objectif minimum de coût-avantage défini par l'utilisateur.

L'usRAP ne remplace PAS les études d'ingénierie professionnelle, les audits de sécurité routière (RSA) ou d'autres activités réalisées par les agences routières et les ingénieurs de la circulation. Il s'agit plutôt d'un outil de planification basé sur des données qui offre des avantages supplémentaires uniques, notamment :

- **Évaluation proactive des risques** : Grâce aux données vidéo et aux modèles de risque prédictifs développés au cours de décennies de recherche mondiale, l'usRAP permet aux services de transport de se concentrer sur les endroits dangereux et de les corriger, avant même qu'un accident ou une blessure grave ou un décès ne se produise.

- **Cartographie** : usRAP peut être utilisé pour présenter des visualisations claires et convaincantes des besoins de sécurité aux planificateurs, ingénieurs, élus et usagers de la route. Les cartes générées par ViDA montrent l'étendue des problèmes de sécurité existants et comment une approche stratégique et systémique de la planification de la sécurité peut sauver des vies et prévenir les blessures.
- **Convivialité** : 75 % des routes du pays appartiennent à des collectivités locales, mais de nombreuses agences au niveau subétatique n'ont pas accès à des données d'accidents complètes et robustes nécessaires aux outils traditionnels d'évaluation de la sécurité. En revanche, l'usRAP utilise simplement des enregistrements vidéo (dans de nombreux cas, ceux-ci ont déjà été collectés par certaines entreprises technologiques et sont disponibles gratuitement en ligne) et un logiciel en ligne gratuit pour générer un guide complet et fondé sur des données que les ingénieurs peuvent mettre en œuvre en fonction des déterminations, besoins et priorités locaux.
- **La fiabilité et l'accent mis sur les considérations de coût-bénéfice** : De nombreuses routes à travers le pays présentent des caractéristiques de conception dangereuses mais de faibles volumes de trafic, de sorte que les schémas d'accidents n'apparaissent pas de manière cohérente et exploitable. usRAP se concentre sur les points problématiques qui ne peuvent pas être identifiés à partir des données d'accidents, et fournit des solutions basées sur un retour sur investissement potentiel sur 20 ans.

III.5 Conclusion

La recherche sur la sécurité routière a commencé il y a plus de quatre-vingts ans, en raison des besoins pratiques liés au nombre croissant d'accidentés de la route en tant que résultat indésirable de la croissance du système de transport. La capacité de recherche sur la sécurité routière s'est considérablement améliorée au cours des dernières décennies en raison de l'augmentation spectaculaire des bases de données disponibles, y compris les données sur les accidents et les comportements, ainsi que du développement rapide et du nombre croissant d'études statistiques. Afin de réduire la fréquence des accidents de la circulation, de nombreuses autorités ont mené des recherches à ce sujet.

Ce chapitre, a passé en revue les développements récents en matière de sécurité routière au cours du siècle dernier, détaillant, dans une certaine mesure, l'évolution générale de la réflexion

Chapitre III. Développement récents en matière de sécurité routière

sur la sécurité telle qu'elle s'applique au comportement des usagers de la route, aux véhicules et à la conception des routes.

PARTIE II

***Analyse et Diagnostic de la sécurité routière :
cas de l'Algérie***

A decorative orange scroll graphic with rounded corners and a slight shadow, positioned horizontally across the middle of the page. The text is centered on the scroll.

Chapitre IV

Présentation des zones d'études

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

IV.1 Introduction

Suite à la crise déclenchée par la chute des prix du pétrole en 1986, l'Algérie s'est engagée dans des réformes structurelles visant à abandonner un système de gestion économique et sociale fortement centralisé au profit d'une économie de marché à orientation libérale. L'Algérie a lancé plusieurs projets autoroutiers reliant les grands centres économiques à l'autoroute Est-Ouest, afin de faciliter les échanges et d'augmenter la rentabilité de cette dernière.

Deux projets routiers ont été pris comme études de cas, le premier site est la pénétrante autoroutière qui relie le port de Ghazaouet à l'autoroute est-ouest, Cette section est d'une importance vitale, car elle contribue à faciliter les mouvements commerciaux. Le deuxième site s'agit du premier lot de la pénétrante autoroutière Mascara-Sig qui relie la ville de Mascara à l'autoroute Est-Ouest.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

IV.2 Présentation des zones d'études :

IV.2.1 Pénétrante autoroutière de GHZAOUET

La nouvelle liaison autoroutière entre le Port de Ghazaouet et l'autoroute Est-Ouest (pénétrante autoroutière de Ghazaouet) s'étend sur une commune de la daïra de Ghazaouet, elle est située au Nord-Ouest de la Wilaya de Tlemcen, dans la partie méridionale des Monts des TRARAS. Elle constitue avec Beni-Saf l'armature maritime de la région extrême Ouest Algérienne. D'une superficie de 2735 ha (27,35 km²). Son périmètre urbain actuel se confond presque avec ses limites administratives (FHCC, 2015).



Figure IV.1 Liaison Autoroutière Reliant le port de GHAZAOUET à l'AEO (Source : FHCC, 2015)

La Direction Provinciale des Travaux Publics de Tlemcen a confié la responsabilité de l'étude technique de la pénétrante autoroutière au Bureau d'Etudes SAETI. Ensuite, l'Algérienne des Autoroutes (ADA), a confié au bureau d'étude chinois FHCC l'optimisation de cette étude en deux tranches ; du PK 0+000 au PK 11+600 et du PK 11+600 au PK 50+068.

IV.2.1.1 Contexte du projet

Le projet est un axe de liaison autoroutière reliant le port de Ghazaouet et l'autoroute Est-Ouest, qui joue un rôle important dans l'amélioration des conditions de transport des marchandises du port et la promotion des activités économiques dans les villes et villages le long de la route.

IV.2.1.2 Localisation géographique du projet

Le premier tronçon de la pénétrante autoroutière, reliant le port de Ghazouet de la wilaya de Tlemcen à l'autoroute Est-Ouest de 11 km de long, a été choisi comme cas d'étude dans notre recherche (Figure IV.2). Le premier tronçon s'étend du port de Ghazaouet au village EL ASSA (Ghazaouet PK0 à El-Assa PK11).

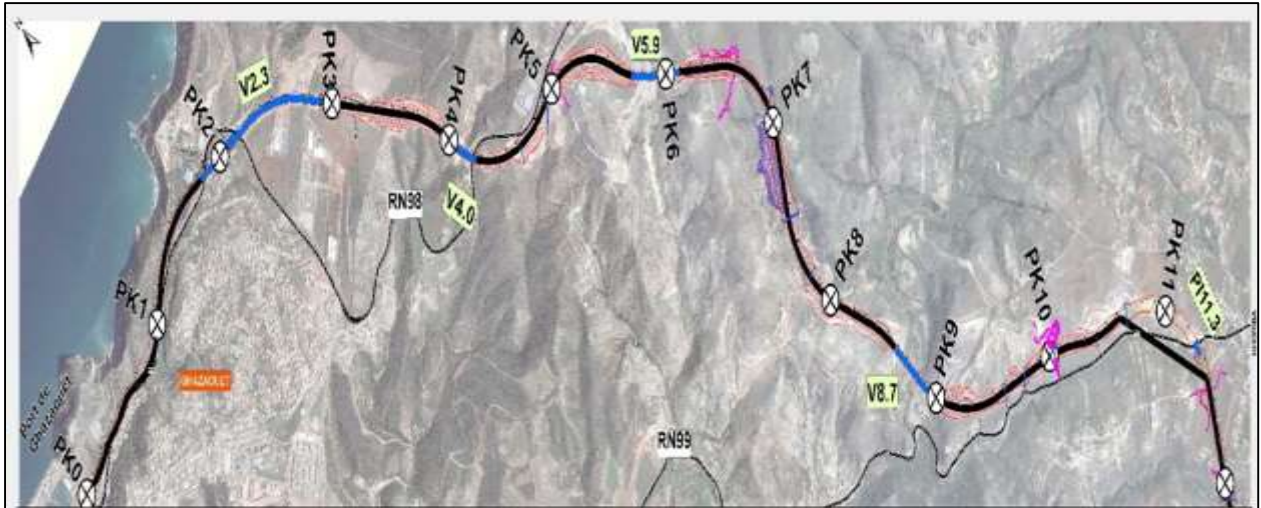


Figure IV.2 Pénétrante autoroutière de GHAZAOUET (Source : FHCC, 2015)

IV.2.1.3 Zone d'influence du Projet

La zone d'influence du projet (ZIP) comprend la zone géographique délimitée par les infrastructures routières fonctionnelles qui s'étendent dans la province près de Tlemcen, qui est reliée à l'autoroute Est-Ouest. Dans la zone d'influence du projet, la RN 98 est le principal axe routier est-ouest reliant Tlemcen à Ghazaouet. La longueur de la RN 98 entre GHAZAOUET et HENNAYA est de 59,2 km. Les traversées d'agglomérations sont nombreuses, de l'Est en Ouest, les plus importantes sont : Ghazaouet, Hennaya, Nedroma, Fellaoucene, La RN 98 traverse notamment les localités suivantes :

- SIDI AMAR.
- DAR BENTATA.
- BOUKIO.
- ZENATA.
- HENNAYA.

Ces traversées d'agglomérations influent sur les temps de parcours, la sécurité et les nuisances de circulation en ville. La zone d'influence du projet est traversée verticalement par des routes nationales.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

Le premier tronçon de l'itinéraire est parallèle à l'axe principal de la route nationale RN98 et traverse plusieurs routes nationales à la verticale, telles que la RN7AA reliant GHAZAOUET et MAGNHIA via SOUHLIA, la RN35 reliant REMCHI et l'autoroute Est-Ouest, et la RN99 reliant GHAZAOUET à MAGNHIA via NEDROME (Figure IV.3).

- RN 7AA : relie GHAZAOUET à MAGHNIA (AEO), en passant par SOUHLIA.
- RN 35 : relie REMCHI à l'Autoroute est Ouest.
- RN 99 : relie GHAZAOUET à MAGHNIA, en passant par NEDROMA

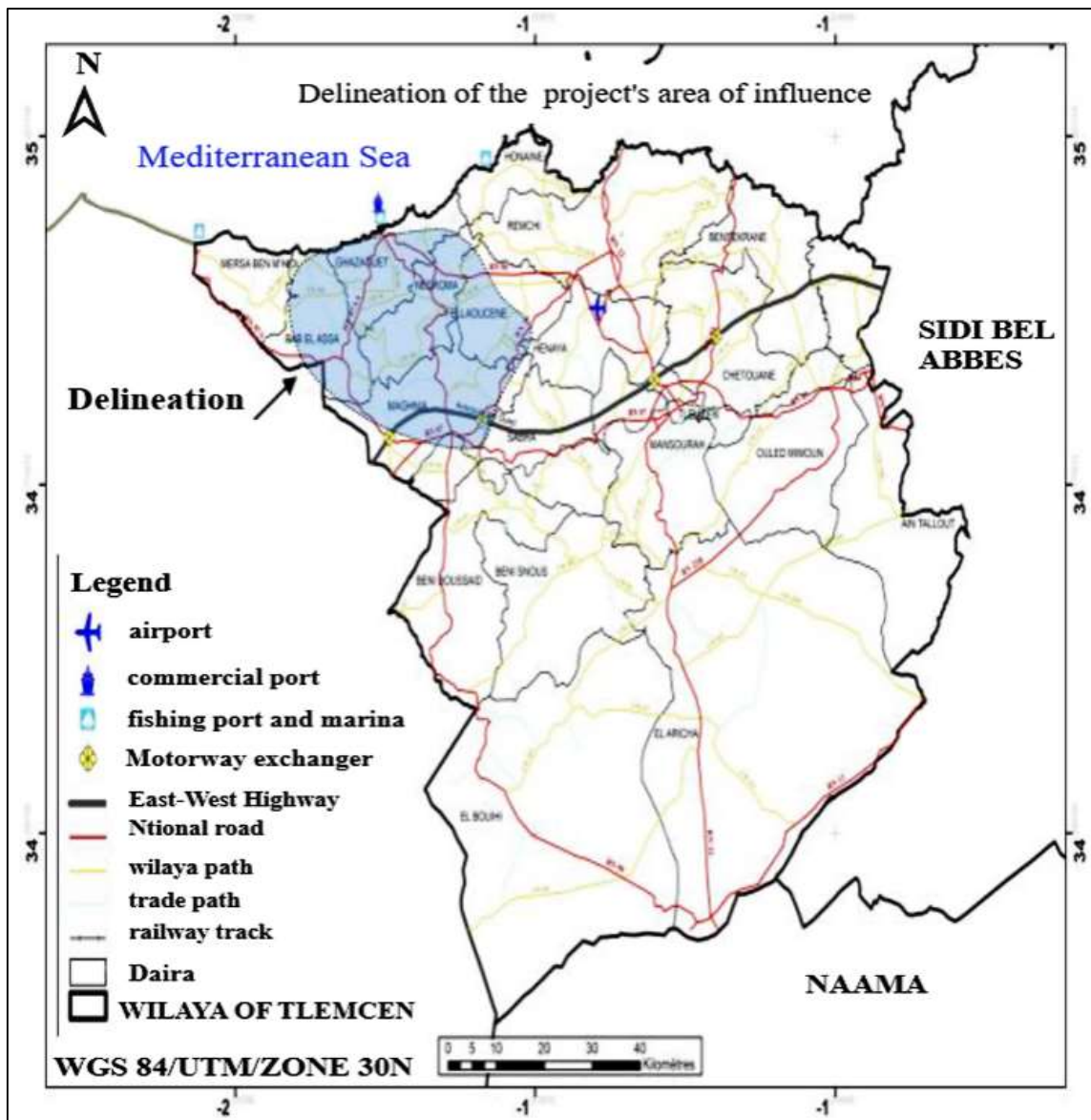


Figure IV.3 Zone d'influence de la pénétrante autoroutière GHAZAOUET (Source : FHCC, 2015)

IV.2.1.4 Localisation géologique et hydrogéologique

La liaison autoroutière entre le port de GHAZAOUET et l'autoroute est-ouest s'effectuera en ligne droite de 50 kilomètres.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

Le corridor du projet, orienté NNO-SSE, part de la baie de GHAZAOUET, jusqu'à HAMMAM BOUGHRARA en bordure de l'oued Tafna ; en passant par NEDROMA, il débute les Monts des TRARAS.

A. Géologie et tectonique : Géologiquement, il existe à la fois des formations meubles et rocheuses :

- Les couches alluviales quaternaires sont localisées dans la plaine alluviale de GHAZAOUET, la vallée de NEDROMA et la plaine de MAGNHIA.
- Dolomites et calcaires, grès secondaires, argiles et marnes qui forment le massif du TRARAS, et marnes miocènes près de Hammam BOUGHRRARA.
- Granit, tel que le bloc de granit de NEDROMA.
- Roches volcaniques (basalte, rhyolite), recoupant des strates Moi-Pliocène.

Au niveau tectonique, la zone est affectée par de grandes failles normales dont la faille verticale peut dépasser 500 m



Figure IV.4 Projection du tracé sur la carte géologique (Source : AMMOUR and BOUBEKEUR, 2015)

B. Hydrogéologie et hydrologie : Les aquifères importants de Tlemcen sont associés à deux types :

- Aquifères multicouches avec aquifères supérieurs non confinés (nappe supérieure libre).
- Aquifères profonds avec aquifères captifs.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

La province de Tlemcen dispose d'un important réseau hydrologique de rivières asséchées, d'eaux souterraines et d'eaux de surface. Cette wilaya constitue un réservoir important dans l'ouest algérien (ORAN, AIN TEMOUCHENT, SIDI BEL ABBES).

Parmi les oueds existant dans la région :

- ❖ Oued GHAZOUANA (anciennement Oued EL MARSA), traverse le centre-ville et est considéré comme le plus grand fleuve asséché de la région
- ❖ Oued ARKOUB débouchant dans le petit large de même nom
- ❖ Oued ABDELLAH, situé à l'ouest, presque parallèle à l'oued GHAZOUANA, s'étendant le long de la partie ouest de la ville, débouchant sur une petite plage connue sous le nom de « premier ravin »
- ❖ Oued EL AYADNA vient des montagnes TRARAS, il est plus petite que les autres vallées sèches (Mekkaoui Thouria, 2013)



Figure IV.5 Carte hydrologique des bassins versant autour d'un tronçon du projet (Source : AMMOUR and BOUBEKEUR, 2015)

IV.2.1.5 Climat

La province de Tlemcen est caractérisée par un climat méditerranéen, qui repose sur l'opposition entre des hivers maritimes froids (la province est ouverte à la dépression marine) et des étés désertiques chauds et secs, qui entraînent des températures élevées et des précipitations croissantes et stagnantes sur l'ensemble du territoire. La pluviométrie demeure très irrégulière, variant entre 200 et 500 mm/an.

Tableau IV.1 les données climatiques de la wilaya de Tlemcen 2016

| Mois | Jan | Fév | mars | Avril | mai | juin | Jui | aout | Sep | Oct | Nov | Déc | année |
|-----------------------------------|-----|-----|------|-------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|
| Température minimale moyenne (°C) | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 16 | 19 | 20 | 18 | 13 | 10 | 7 | 12 |
| Température moyenne (°C) | 10 | 12 | 13 | 15 | 18 | 22 | 25 | 26 | 24 | 19 | 15 | 12 | 17 |
| Température maximale moyenne (°C) | 15 | 16 | 18 | 20 | 23 | 27 | 31 | 32 | 30 | 24 | 20 | 16 | 23 |

(Source : FHCC, 2015)

Les données climatiques de la zone d'étude sont bien connues, grâce aux mesures météorologiques effectuées par la station de GHAZAOUET, portant sur une période de 1973-2011. Elles révèlent les précipitations (mm) et les températures (°c), (FHCC, 2015)

❖ Température

La température joue un rôle important dans le déclenchement des réactions chimiques et dans la croissance et l'activité bactérienne des produits miscibles dans l'environnement.

La température moyenne mensuelle en été oscille entre 11°C et 12°C et 24°C. La température moyenne est la plus élevée en juillet-août et la plus basse en janvier

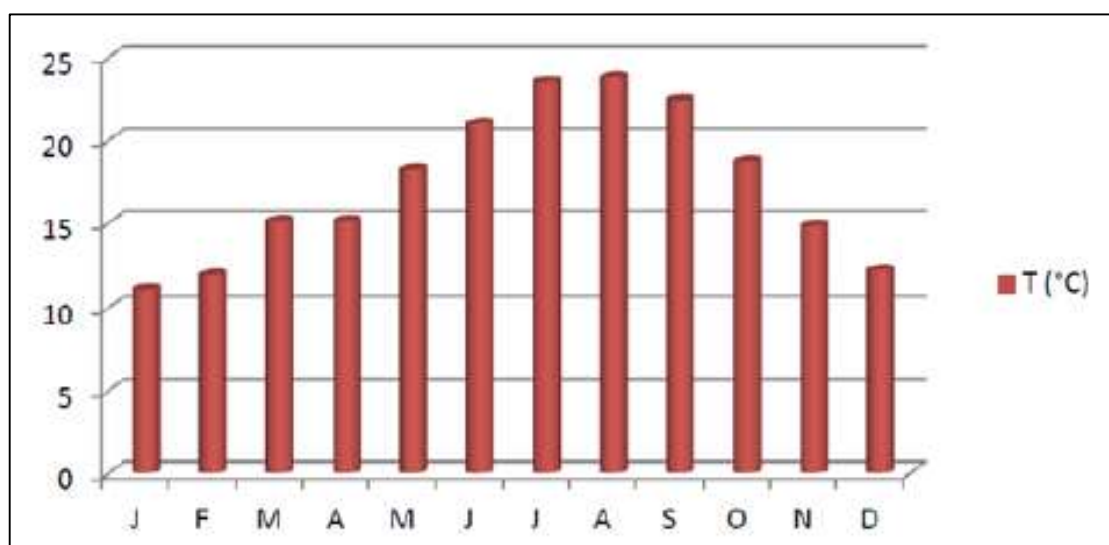


Figure IV.6 Histogramme représentant les températures moyennes mensuelles en (°c) de la station de GHAZAOUET (Source : FHCC, 2015)

❖ Précipitations

Les précipitations sont l'élément climatique le plus important compte tenu de leur grande variabilité temporelle et spatiale. Ce paramètre joue un rôle important dans divers phénomènes de stabilité des terres (glissements de terrain, érosion) et de contamination des sols et des cours d'eau. Le climat provoque des précipitations irrégulières tout au long de l'année : les mois les moins pluvieux est celui de juillet (0,9 mm) ont une pluviométrie annuelle de 330,9 mm, et le mois le plus humide et pluvieux est celui de novembre (53,9 mm)

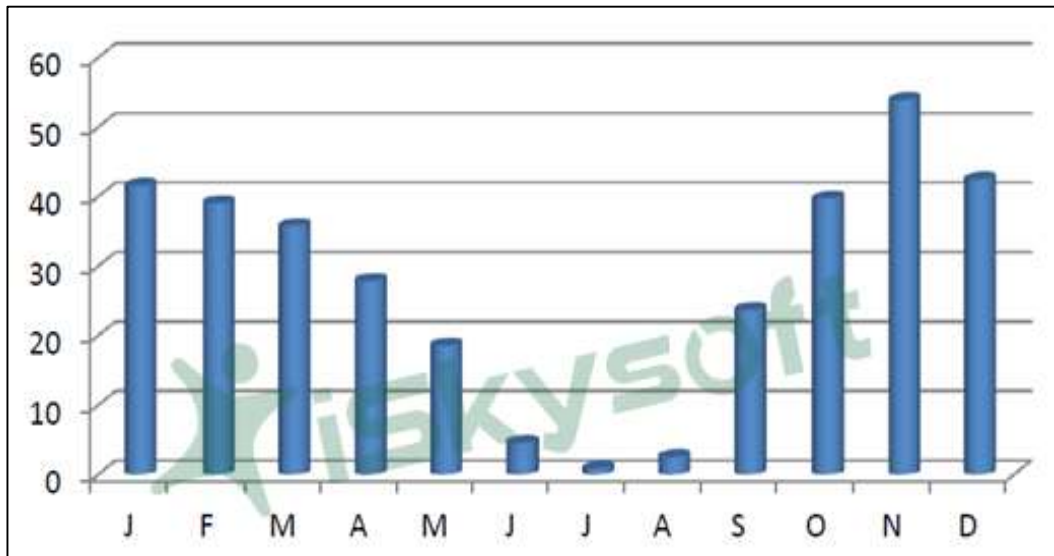


Figure IV.7 Histogramme représentant les précipitations moyennes en (mm) dans la station de GHAZAOUET (FHCC, 2015)

IV.2.1.6 Impact sur l'environnement

L'étude de l'impact du projet sur l'environnement, nous permettrait de bien comprendre comment les ingénieurs chargés de l'étude en inscrivent le tracé dans l'environnement de la région, et de mieux analyser et évaluer les risques qui peuvent se produire à cause de l'infrastructure routière.

A. Les risques majeurs

- Présence d'importants oueds pouvant provoquer des inondations et impliquant des catastrophes notamment en ce qui concerne les oueds traversant la ville
- La sismicité
- La topographie fortement accidentée qui engendre les érosions des terres et par la même des éboulements et des glissements
- Présence des lignes électriques de très haute tension
- Les risques industriels et la pollution (présence des zones d'activités)
- Présence de gazoduc dans la région

B. Environnements acoustique

Les nuisances sonores générées par les transports terrestres sont variables selon différents paramètres : revêtements de la chaussée, du débit de trafic et sa vitesse et de sa fluidité

Le trafic en poids lourds prend une part importante de responsabilité vis-à-vis de cette nuisance sonore, notamment au niveau des agglomérations qui sont près du projet et surtout en période de fort trafic (période estivale). D'autre part la zone d'étude est considérée comme (calme) en s'éloignant de quelques mètres des principaux axes empruntés.

C. La flore

La commune de GHAZAOUET est en effet dominée dans sa partie nord-est et sud, elle est caractérisée par un couvert forestier à recouvrement très variable et ce sur une surface de 1124 ha dont 407ha surface forêts.

Le tracé de la variante 2 traverse une grande partie de ce couvert végétal où il touche essentiellement le pin d'Alep. Une optimisation du tracé a été réalisée par le groupement (déviation du tracé vers le côté droit) et ce dans le but de réduire la surface à déboiser. (FHCC, 2015).

IV.2.1.7 Principales sensibilités et contraintes des milieux traversés

- **Forêt de pin d'Alep** : mille huit cent cinquante (1850) espèces végétales du tracé y seront touchées, soit l'équivalent d'une surface déboisée égale à 8.6ha
- **Port de GHAZAOUET** : début de projet au niveau du parking PK0
- **Complexe sportif** : entre PK1+00 et PK2+00 le projet passe à proximité d'un complexe sportif
- **Assainissement existant au PK0+600** : le système d'assainissement est constitué par un tunnel à avoie creusée dans la roche en direction de la mer et passant actuellement sous la route nationale, le projet passant beaucoup plus haut (26m au-dessus) n'a donc aucune incidence sur cet ouvrage existant.

IV.2.1.8 Les différents intervenants du projet

Le bureau d'études SAETI a été confié pour étudier La nouvelle liaison autoroutière entre le port de GHAZAOUET et l'autoroute est-ouest, plus précisément dans la zone HAMMAM BOUGHRARA de la Direction Provinciale des Travaux Publics de Tlemcen. Par la suite, l'ADA (Algérienne des autoroutes) a confié le bureau d'études chinois FHCC pour optimiser l'étude en deux phases ; du PK 0+000 au PK 11+600 et du PK 11+600 au PK 50+068.

Les principaux intervenants dans la construction de la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET sont :

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

- **Maitre d'ouvrage :** Ministère des travaux publics
- **Maitre d'ouvrage délégué :** Algérienne des autoroutes
- **Etude d'exécution :**
 - Bureau d'étude SAETI
 - Bureau d'étude FHCC (First highway consultants Co, LTD)
- **Contrôle et suivi :**
 - **BCS :** Bureau de Contrôle et de Suivi
 - **LTPO :** Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest
 - **LTPS :** Laboratoire des Travaux Publics Sud
- **Entreprises de réalisation du projet :**
Les contractants en charge du lot 1 sont résumés dans le schéma ci-dessous

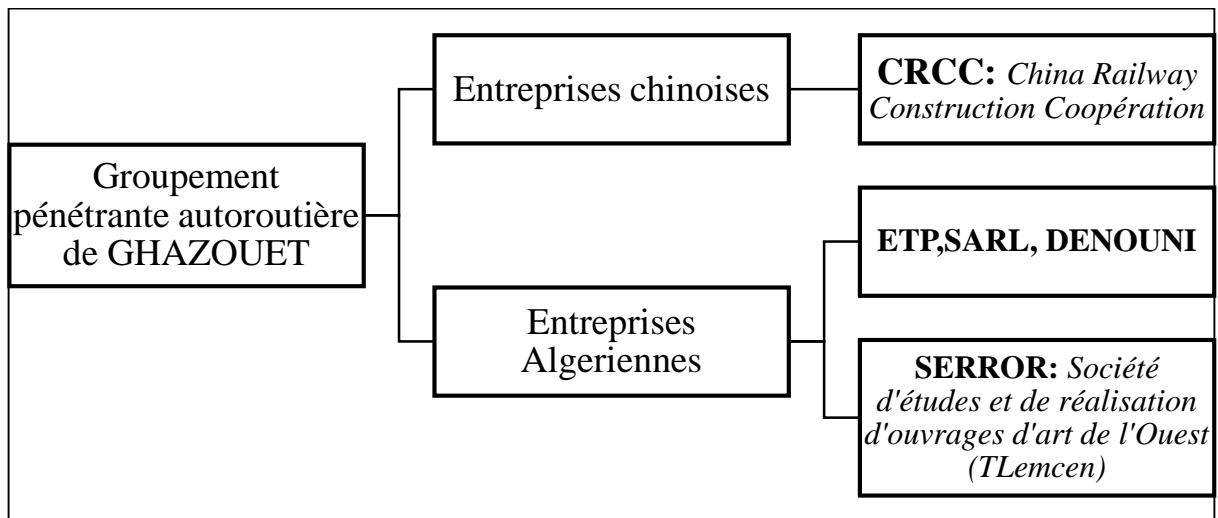


Figure IV.8 Groupement d'entreprises Algéro-Chinois chargé du lot 01 (Source : élaboré par l'auteur)

IV.2.2 Pénétrante autoroutière Mascara-SIG

La pénétrante autoroutière MASCARA-SIG s'étend sur une commune (commune de Sig) de la daïra de SIG, elle est située dans la partie Nord de la wilaya de Mascara, à environ 33 km au nord-ouest de Mascara. La pénétrante autoroutière MASCARA-SIG s'étend sur un linéaire de 43 km qui prend naissance au niveau de TIZI du nord de la wilaya de Saida jusqu'à SIG. Le projet est divisé en deux lots. Le premier lot (lot1) s'étend sur 25 Km et relie l'autoroute EST-OUEST au niveau de la RN97 (RAS AIN AMIROUCHE) jusqu'à l'échangeur de HACINE. Quant au second lot de la pénétrante autoroutière, il s'étend sur 18 Km et relie HACINE à l'échangeur de la RN17 à TIZI. (Voir Figure IV.9)



Figure IV.9 Les pénétrants outils de liaison rapides entre l'Autoroute Est-Ouest et la Rocade des Hauts Plateaux (ADA, 2015)

IV.2.2.1 Contexte du projet

Le projet est une autoroute reliant la ville de Mascara et l'autoroute est-ouest. Le projet s'inscrit dans le cadre de la liaison autoroutière reliant l'autoroute est-ouest et la Rocade des Hauts Plateaux entre Mascara et Saida. Il s'inscrit dans le cadre du Schéma Directeur des Routes et Autoroutes 2005-2025 qui vise à :

- Relier la ville de Mascara à l'Autoroute Est-Ouest par une liaison rapide.
- Assurer de meilleures conditions de circulation en matière de découlement de trafic et de sécurité.
- Conforter les échanges entre les wilayas du Nord-Ouest et celles des Hauts Plateaux et du Sud –Ouest du pays, en tant que segment de la pénétrante Nord-Sud de l'Ouest (Oran –Tindouf via Mascara, Saida et Bechar).
- Soulager la RN06, notamment au niveau de la section saturée entre Sig et Mascara
- Disposer d'une infrastructure de liaison, offrant une capacité suffisante pour répondre à une demande de transport qui ne cesse d'augmenter.
- Permettre aux usagers de la route nationale RN06 de réduire le coût de transport et le temps de parcours.
- Contribuer au développement du tourisme.
- Augmenter la sécurité dans le transport.
- Éviter les accidents mortels et corporels.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

IV.2.2.2 Localisation géographique du projet

Le projet est découpé en 2 lots, chacun de ces lots pouvant être lui-même scindé en 2 tronçons.

A. **Lot 01** : le premier lot commence du raccordement de l'autoroute Est-Ouest à SIG jusqu'à HACINE, il est longé sur une distance de 25Km (voir Figure IV.10).

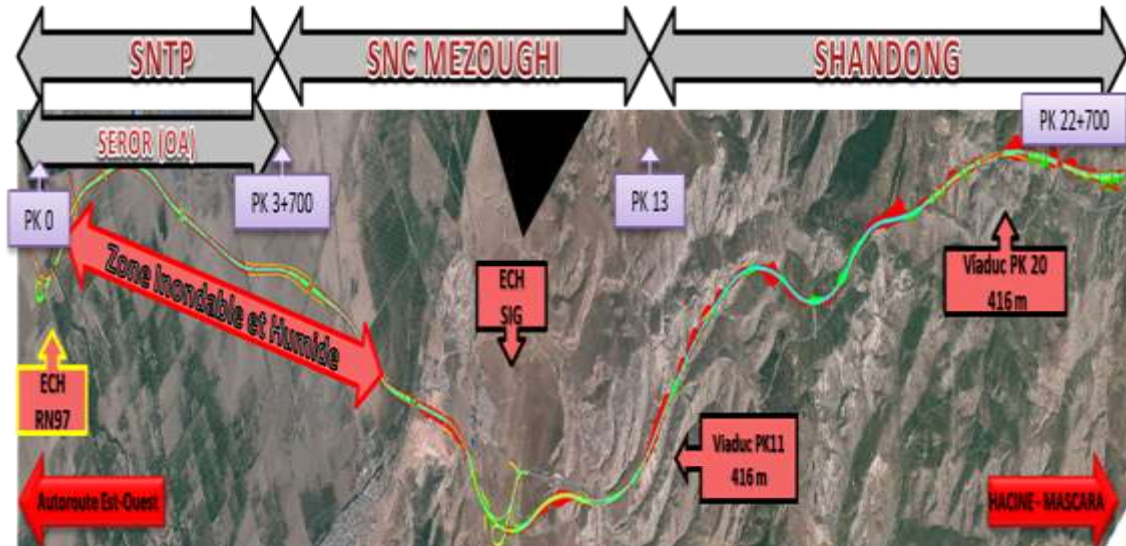


Figure IV.10 Lot 1 de la pénétrante autoroutière MASCARA-SIG (Source : SIENA, 2015)

Le premier lot est divisé lui-même en deux tronçons tel que :

1. **Tronçon 01 : raccordement de l'autoroute EST-Ouest à Sig** : Trois variantes ont été proposées par le bureau d'études chargé de l'étude et de la réalisation du projet comme le montre la figure ci-dessus :

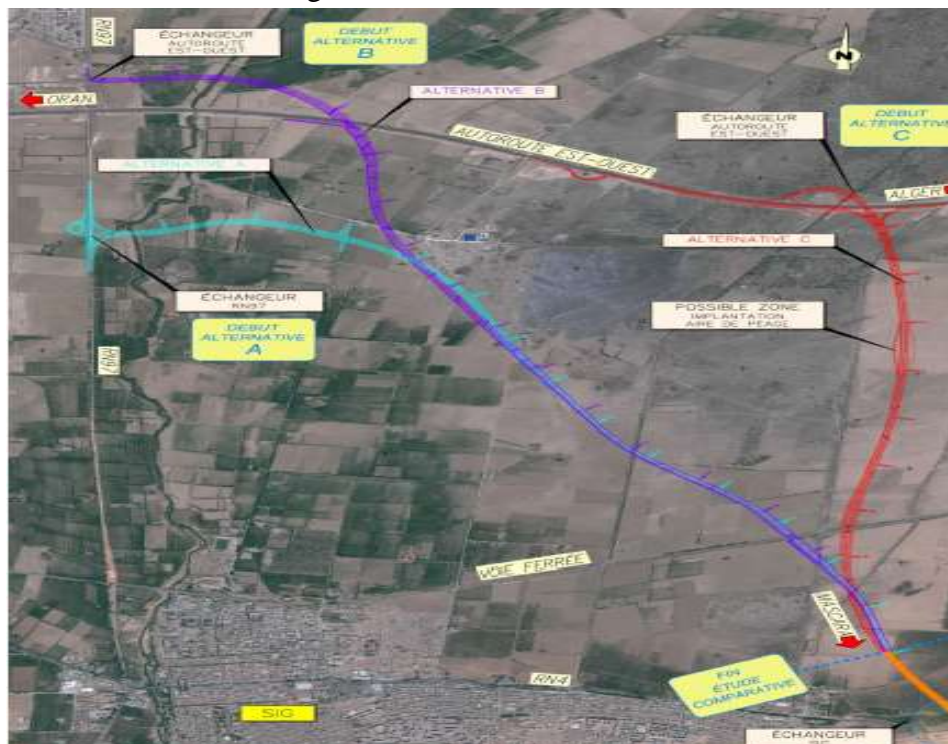


Figure IV.11 Variantes proposées de la pénétrante autoroutière « MASCARA-SIG » (Source : SIENA, 2015 ; adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

Tel que :

- **Variante A** : la pénétrante de Mascara est raccordée à la RN97. Il faut alors parcourir un barreau d'environ 2km sur la RN97, traverser un giratoire, pour arriver au giratoire de jonction avec la gare de péage de l'autoroute Est-Ouest.
- **Variante B** : la pénétrante de Mascara passe au-dessus de l'autoroute Est-Ouest pour rejoindre directement le giratoire de jonction avec la gare de péage de l'autoroute Est-Ouest, sans utiliser la RN97.
- **Variante C** : la pénétrante de Mascara est raccordée directement à l'autoroute Est-Ouest par un diffuseur.

Lors de la réunion tenue à Alger le jeudi 14 mai 2015, l'alternative (A) a été choisie par SIENA, bureau d'études espagnol missionné par GPAM (nom du groupement en charge des travaux du lot1).

2. Tronçon 02 : de SIG à HACINE

Le tracé du dossier dit d'APD empruntait le même couloir que la RN6, induisant de nombreux croisements entre la pénétrante autoroutière et la RN6. Cette solution, onéreuse, induisait également de longs délais d'exécution (phasage complexe) et de très importantes gênes pour la circulation des usagers pendant une longue période des travaux.

Un itinéraire alternatif, utilisant l'autre versant, a été proposé par SIENA. Les études se poursuivent, notamment sur le plan géotechnique mais cette solution semble devoir être retenue.

- B. Lot 02** : le deuxième lot commence du HACINE jusqu'à EL KEURT sur une longueur de 18 Km. Ce lot peut également être divisé en deux parties : 12 Km ne présentant pas de difficultés particulières et 6 Km avec une pente continue de 6%. (Voir figure IV.12)

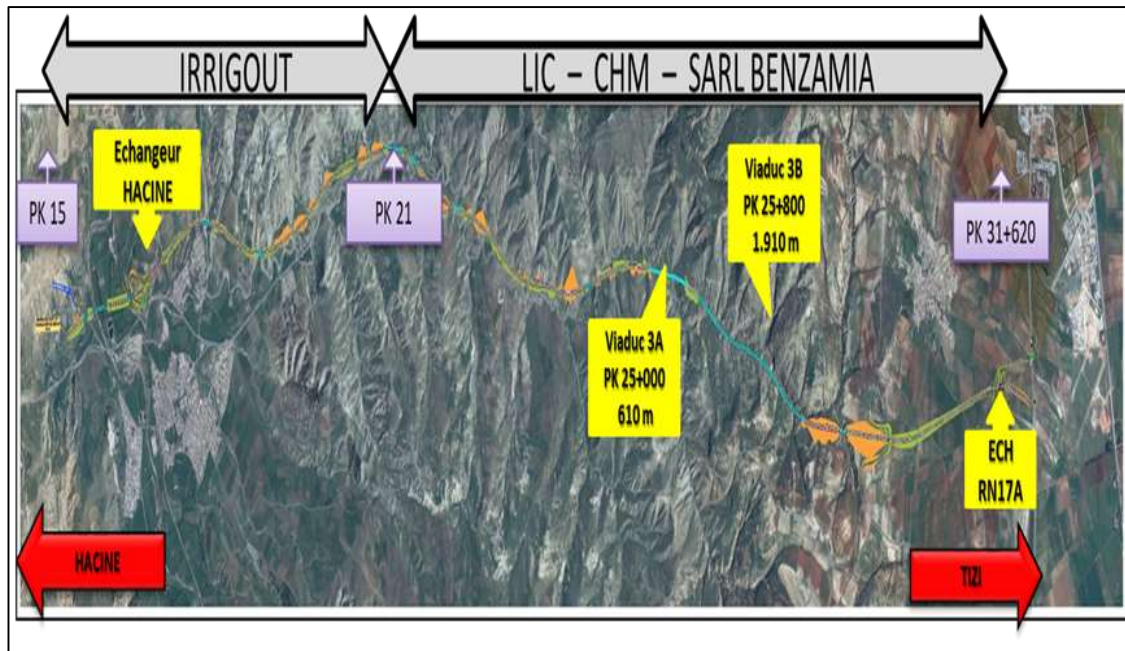


Figure IV.12 Lot 2 de la pénétrante autoroutière MASCARA-SIG (Source : SIENA, 2015 ; adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

V.2.2.3 Les différents intervenants du projet

Les principaux intervenants dans la construction de la pénétrante autoroutière de Mascara sont :

1. **Maitre de l'ouvrage** : Ministère des travaux publics
2. **Contractant** : Algérienne des Autoroute (ADA) maitre de l'ouvrage délégué, avec un staff technique de 17 personnes (lot 01).

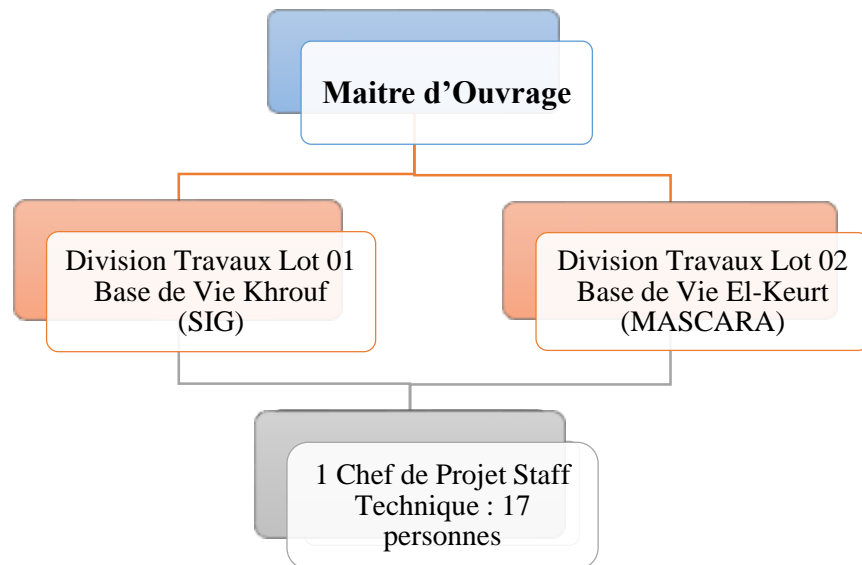


Figure IV. 13 La division des travaux ADA (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

3. **Contractant en charge du Lot 01** : "Groupement Pénétrante Autoroutière de Mascara " en abréviation (GPAM) constitué des membres conjoints :

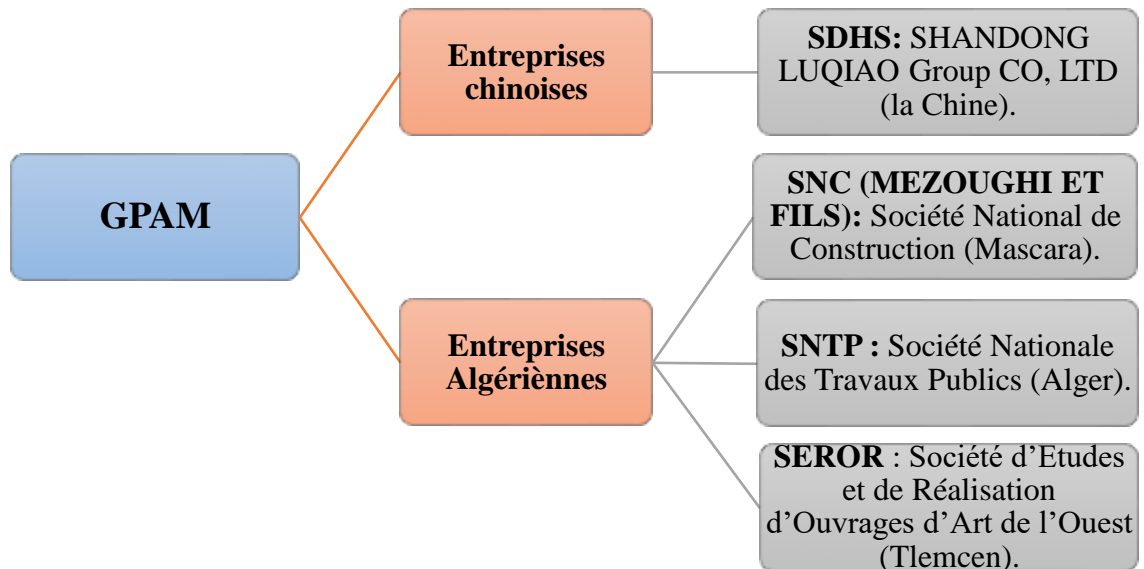


Figure IV. 14 Groupement d'entreprise Algéro-chinois (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

Remarque : Le groupement est représenté par : SDHS qui est le chef de file

4. **Contractant en charge du lot 02 :** " Groupement Pénétrante Autoroutière de Mascara " en abréviation (GPAM) constitué des membres conjoints :

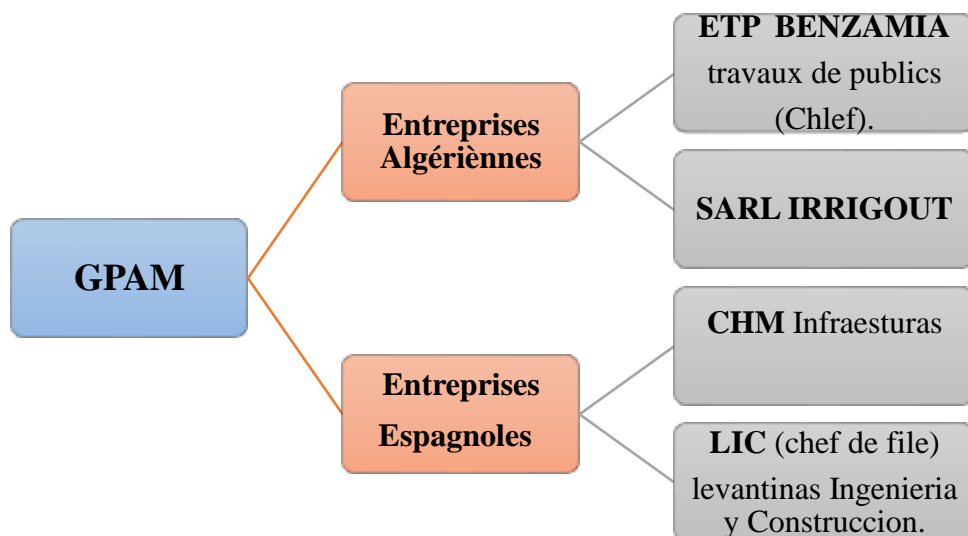


Figure IV. 15 Groupement d'entreprise Algéro-Espagnol (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

Remarque : Le groupement est représenté par : LIC qui est le chef de file.

5. **Maitre d'œuvre :**

- BCS (bureau de contrôle et de suivi) : est considéré aussi comme un contrôle extérieur, par ordre de service du 10 Mars 2015.

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

- Groupement LOUISBERGER : LNCH (laboratoire National d'Habitat et Construction), membre conjoint LOUISBERGER étant désigné mandataire commun et chef de file.

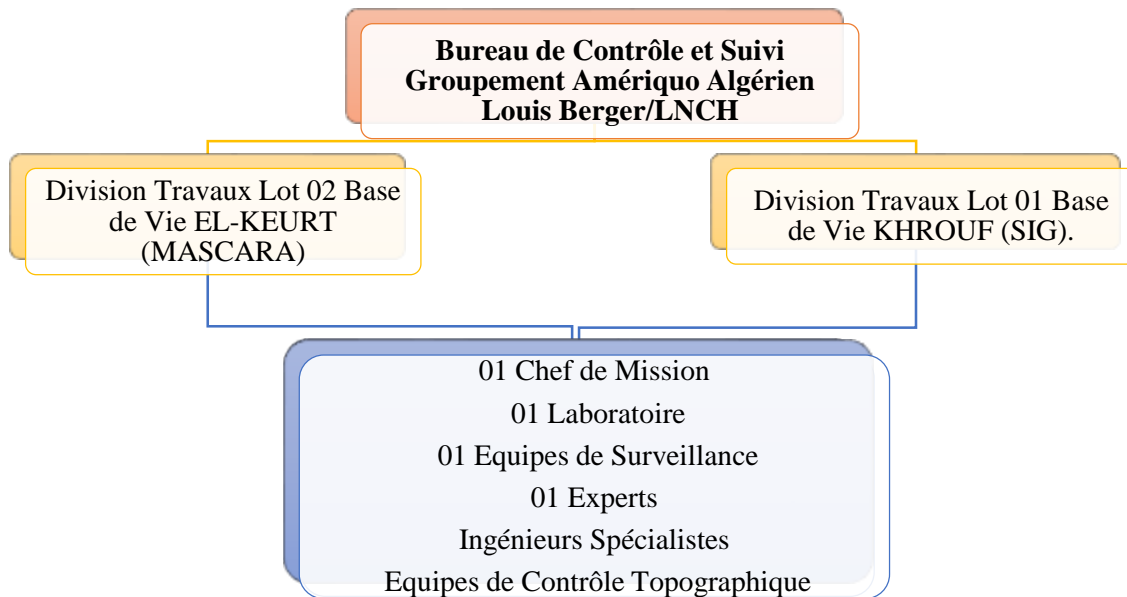


Figure IV.16 La division de bureau de contrôle et suivi (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

- 6. Etude d'exécution** : SIENA (BET Espagnol) démobilisé depuis Juillet 2017.
- 7. Contrôle externe des études** : CDEK (BET Sud-Coréen) démobilisé depuis Septembre 2016, il est remplacé par un autre bureau FHCC (chinois).
- 8. Représentants du service contractant** : signifie la personne physique ou morale désignée par le service contractant en tant que son représentant dument autorisé vis-à-vis du contractant en ce qui concerne l'exécution du Marché :
 - **Maitre d'ouvrage** : ADA
 - **Bureau d'étude** : SIENA
 - **Chef de mission**
 - **Chef de projet**
 - **Auteur de projet**
 - 1. Laboratoire** :
 - BCS
 - SDHS
 - 2. Contrôle** :

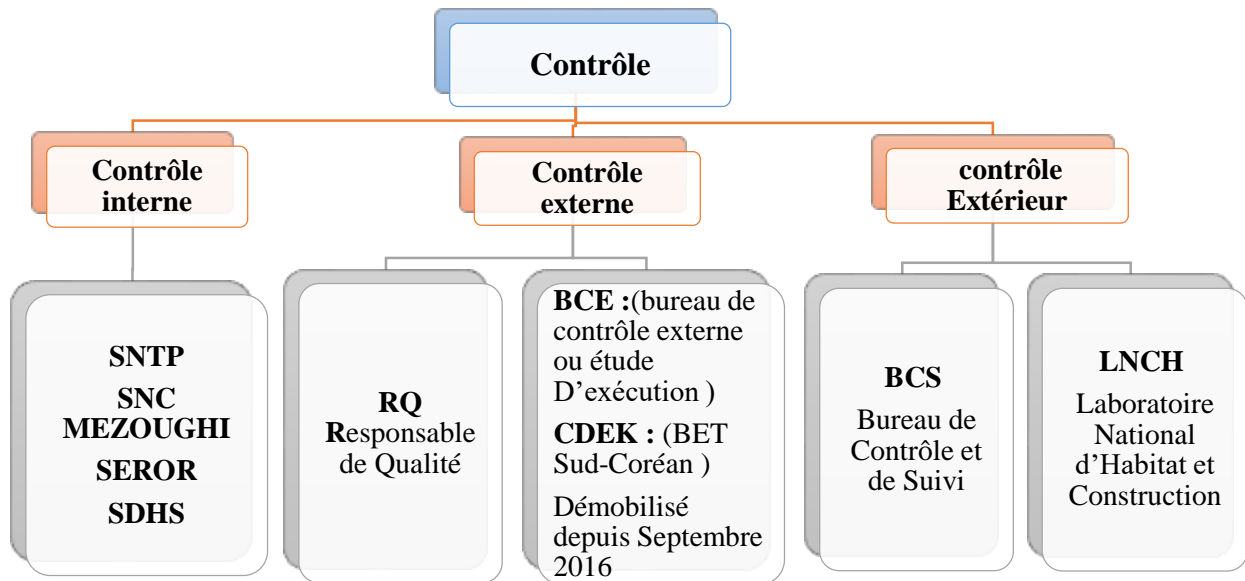


Figure IV. 17 Le contrôle au niveau de l'entreprise ADA (Source adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

9. Le procès-verbal :

Le procès-verbal – est un document, généralement rédigé par les différents intervenants (BCS, ADA, Laboratoire LNHC, les Experts...) voir la figure IV.19, il rapporte le contenu de la visite du chantier ou le déroulement de la réunion.

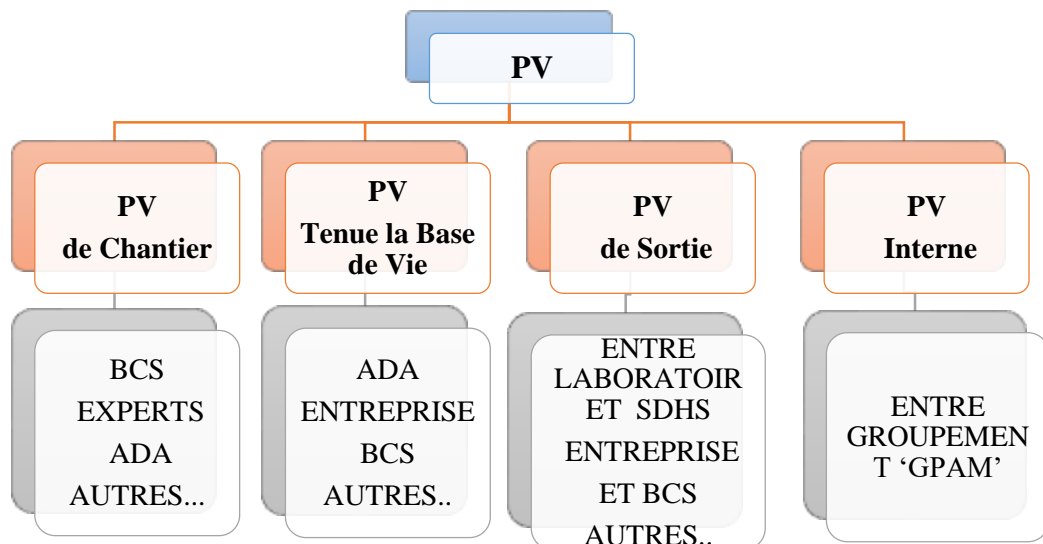


Figure IV. 18 Les procès-verbaux au niveau de l'entreprise ADA (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

1- **Cycle Administratif** : pour que les études liées à l'achèvement du projet atteignent le stade de la mise en œuvre, elles passent par plusieurs étapes. En commençant par le bureau des études qui a mené l'étude, en passant par l'intermédiaire de plusieurs parties impliquées dans l'évaluation de l'étude. Jusqu'à le stade de décision qui permet de savoir si l'étude réalisée par le bureau d'études est

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

exécutable ou si quelques modifications s'y avèrent nécessaires. C'est ce que nous allons essayer de simplifier dans la figure IV.19

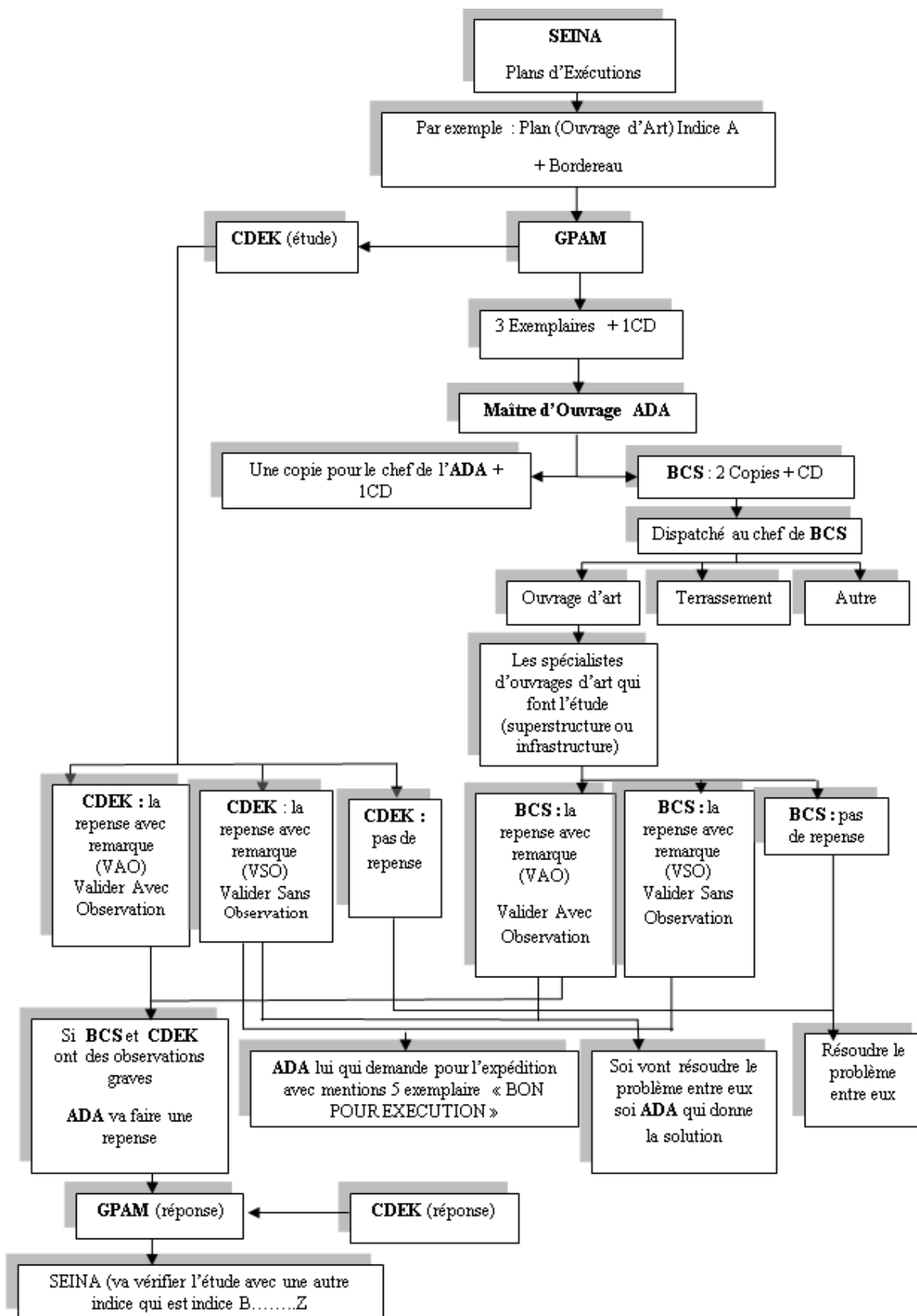


Figure IV.19 Cycle administratif d'une réponse technique (Source : élaboré par l'auteur)

Chapitre IV. Présentation des zones d'études

Remarque : La décision finale toujours appartient au maitre d'ouvrage (voir la figure V.20).

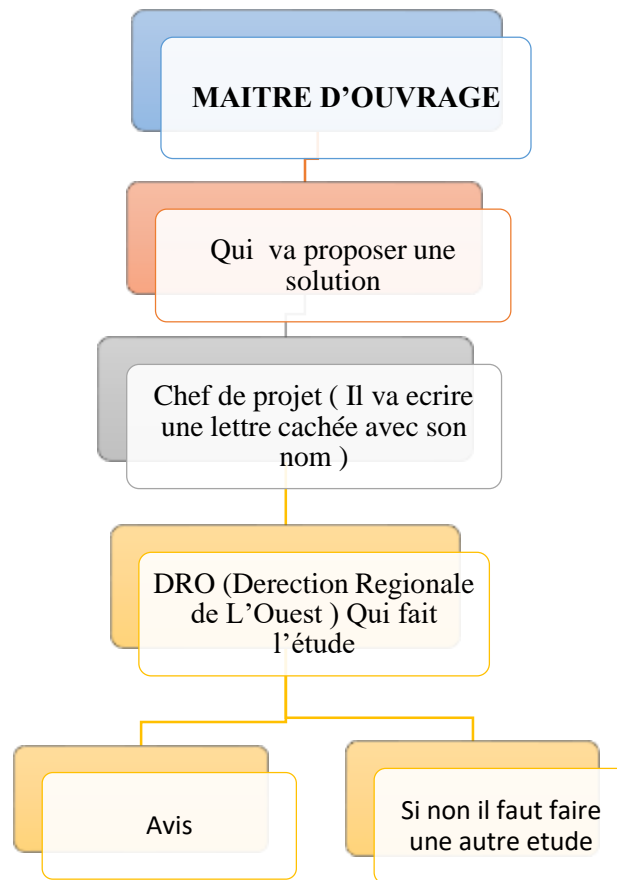


Figure IV.20 La décision finale appartient au Maitre d'ouvrage (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

On cas ou l'entreprise qui fait la proposition d'un problème technique :

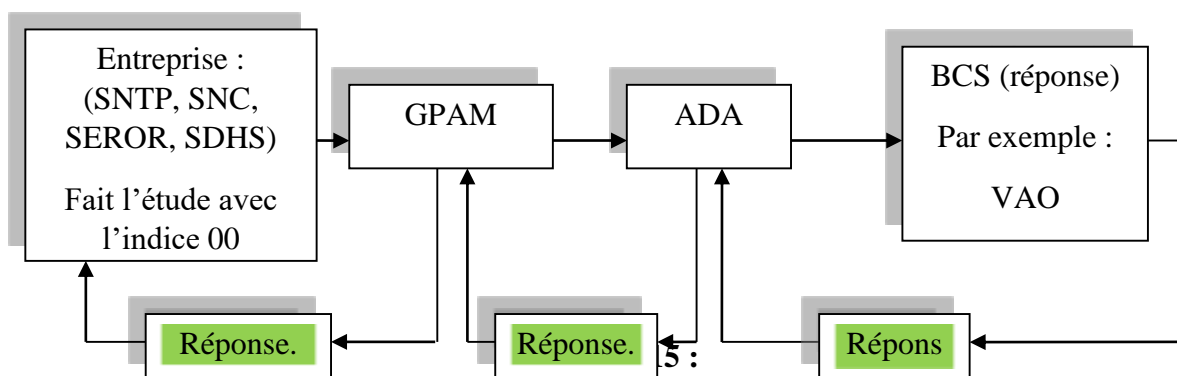


Figure IV.21 Cas ou l'entreprise fait l'étude (Source : adapté à partir du mémoire Lahcene.2016 encadré par Oulha)

IV.3 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de connaître les trois aspects suivants des deux projets pris comme étude de cas ; Le premier aspect est l'importance du projet (économiquement, flux de trafic, etc.), le deuxième aspect est l'intégration et l'impact du projet sur l'environnement dont il fait partie, et enfin la présentation des différents intervenants du projet afin de mieux comprendre la complexité organisationnelle de la construction d'une autoroute ainsi que d'améliorer l'organisation de nos alternatives proposer (évaluations, inspection de sécurité routière, etc.) .

A horizontal orange banner with rounded corners and a scroll effect at both ends, containing the chapter title.

Chapitre V
Méthodologies

V.1 Introduction

Ce chapitre traite la méthodologie qui a été utilisée pour étudier l'intégration de l'aspect sécurité routière dans les projets routiers, et étudier la combinaison des effets de la conception des routes et de l'environnement de la circulation sur la probabilité et la gravité des accidents de la route dans l'environnement des autoroutes nationales en Algérie. Ainsi que développer un modèle de prévision des accidents de la route d'une manière Proactive. Il fournit un aperçu des approches utilisées pour atteindre les objectifs de l'étude ; En premier lieu, en collectant et en traitant des données quantitatives et qualitatives auprès des maîtres d'ouvrage en charge des projets routiers pris comme études de cas, ainsi que des informations sur l'ingénierie et les caractéristiques techniques de ces routes ; Deuxièmement, l'évaluation des projets routiers selon l'aspect sécurité routière afin d'identifier l'étendue de la relation entre les accidents de la route et l'environnement de conception des routes. Les projets routiers ont été évalués en appliquant différentes approches dans le domaine du développement moderne en matière de sécurité routière, y compris iRAP et inspection de sécurité routière ; Troisièmement, en identifiant les zones à haut risque d'accidents grâce à l'intégration du SIG pour déterminer l'emplacement exact de ces zones pour but de faciliter la tâche des auditeurs de la sécurité routière lors de la phase d'inspection en se rendant directement dans ces zones, et en améliorant le niveau de sécurité en suggérant des contre-mesures prises à partir de manuels internationaux de sécurité routière. Le chapitre décrit également les instruments d'étude et les progiciels utilisés pour collecter, traiter et analyser la base de données d'étude.

Chapitre V. Méthodologies

V.2 Collecte de données

V.2.1 Description de la campagne de recensement du trafic

A. Pénétrante autoroutière GHAZAOUET : Pour les besoins de l'étude, une campagne de recensement de trafic a été organisée sur les principaux axes d'accès de la zone d'influence du projet, cette campagne a pour objectif de déterminer le volume et la composition du trafic actuel et d'établir des matrices origine / destination (La Société algérienne des études d'infrastructures SAETI, 2012).

Tableau V. 1 Comptage automatique dans la zone d'influence du projet

Unité : Veh/j

| Poste | Localisation | Sens de circulation | Trafic journalier moyen | Trafic sur la section |
|-------|-----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| A1 | RN 98 (Ghazaouet) | Vers Ghazaouet | 5 004 | 11 424 |
| | | Vers Tlemcen | 6 421 | |
| A2 | RN 7AA | Vers l'AEO | 3 425 | 7 790 |
| | | Vers Ghazaouet | 4 365 | |
| A3 | RN 99 (Ghazaouet) | Vers Ghazaouet | 1 932 | 4 293 |
| | | Vers Nedroma | 2 361 | |
| A4 | RN 98 (PK 29) | Vers Ghazaouet | 5 411 | 10 663 |
| | | Vers Tlemcen | 5 253 | |
| A5 | RN 35 (Ain El Fettah) | Vers Maghnia | 2 654 | 7 165 |
| | | Vers Remchi | 4 511 | |
| A6 | RN 98 (Zenata) | Vers Tlemcen | 5 402 | 11 029 |
| | | Vers Ghazaouet | 5 627 | |
| A7 | RN 22 (Hennaya) | Vers Remchi | 9 016 | 17 671 |
| | | Vers Tlemcen | 8 655 | |

(Source : SAETI, 2012)

Poste 1 : Sur la RN 98 (A l'entrée de Ghazaouet)

Tableau V. 2 Volume de trafic sur la RN 98 (Entrée de GHAZAOUET).

| Tranche Horaire | Axe RN 98 (PK 29) | |
|--------------------------------|-------------------|--------------|
| | Vers Ghazaouet | Vers Tlemcen |
| 00h-06h | 652 | 632 |
| 06h-12h | 2 151 | 2 088 |
| 12h-18h | 2 112 | 2 051 |
| 18h-00h | 496 | 481 |
| Trafic moyen journalier | 5 411 | 5 253 |

(Source : SAETI, 2012)

Poste 2 : Sur la RN 98 (Au PK 29)

Tableau V.3 Volume de trafic sur la RN 98 (au PK 29).

| Tranche Horaire | Axe RN 98 (PK 29) | |
|--------------------------------|-------------------|--------------|
| | Vers Ghazaouet | Vers Tlemcen |
| 00h-06h | 652 | 632 |
| 06h-12h | 2 151 | 2 088 |
| 12h-18h | 2 112 | 2 051 |
| 18h-00h | 496 | 481 |
| Trafic moyen journalier | 5 411 | 5 253 |

(Source : SAETI, 2012)

Pour mieux comprendre les relations de trafic existant avec la zone d'influence directe du projet, il y a lieu d'identifier le trafic local du trafic de transit. La matrice agrégée du trafic émis et reçu par les dairas de la wilaya et autres est présentée comme suite :

Tableau V. 4 Trafic émis et reçu par les daïras de la wilaya

| Zone | Autres daïra de la w.Tlececm | Fellaoucene | Ghazaouet | Hennaya | Nedroma | Autres W | Total |
|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Autres daïra de la w.Tlececm | 7 004 | 918 | 9 486 | 1 530 | 2 074 | 1 462 | 22 474 |
| Fellaoucene | 1 020 | 68 | 514 | 272 | 68 | 272 | 2 214 |
| Ghazaouet | 8 296 | 539 | 11 288 | 476 | 238 | 1 360 | 22 197 |
| Hennaya | 1 530 | 272 | 612 | 204 | 578 | 34 | 3 230 |
| Nedroma | 2 108 | 68 | 340 | 578 | 0 | 306 | 3 400 |
| Autres Wilayas | 2 108 | 272 | 1 904 | 34 | 306 | 0 | 4 624 |
| Total | 22 066 | 2 137 | 24 144 | 3 094 | 3 264 | 3 434 | 58 139 |

(Source : SAETI, 2012)

De cette matrice, nous observons que les échanges les plus importants se font entre les zones suivantes

- 31 % entre la daïra de Ghazaouet et les autres daïras externes de la ZIP.
- 28 % entre les daïras de la ZIP.
- 19% entre les communes de la daïra

Tableau V. 5 Les proportions des véhicules lourd et véhicules légers et trafic commercial et trafic transport personnel

| Catégorie | Poste RN 98 | | Poste RN 99 | | Poste RN 7AA | |
|----------------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | De Ghazaouet | Vers Ghazaouet | De Ghazaouet | Vers Ghazaouet | De Ghazaouet | Vers Ghazaouet |
| Véhicules légers | 84 % | 86,6 % | 95,3 % | 97,9 % | 89,9 % | 83,8 % |
| Véhicules lourds | 16 % | 13,4 % | 4,7 % | 2,1 % | 10,1 % | 16,2 % |
| Trafic transport personnes | 83 % | 83,8 % | 68,5 % | 71,1 % | 86 % | 83,8 % |
| Trafic commercial | 17 % | 16,2 % | 31,5 % | 28,9 % | 14 % | 16,2 % |

(Source : SAETI, 2012)

D'après l'étude de trafic faite par la SAETI, 16% des véhicules qui sortent de la ville de Ghazaouet sont classées dans la catégorie des poids lourds, cette catégorie qui y entrent est de 13,4%. C'est un taux important par rapport aux autres routes nationales. Cela prouve que l'activité portuaire aura une influence, (d'une manière progressive) sur la pénétrante prévue.

Ajoutant à cela, l'égalité entre le trafic lourd de la RN98 et celui de la RN7AA Ce qui confirme que le trafic lourd rejoint aussi la ville de Ghazaouet.



Figure V.1 L'évolution du trafic dans la zone d'influence du projet (la ZIP) entre 2008 et 2015
(Source : SAETI, 2012)

D'après cette étude, le taux d'accroissement entre 2010 et 2015 est aux alentours de 4 % / an sur la RN 98 (Ingénieurs Conseils Associés, 2015).

B. Pénétrante autoroutière Mascra-SIG : une campagne de recensement de trafic a été organisée sur les principaux axes d'accès de la zone d'influence du projet. Elle a pour objectif de déterminer le volume et la composition du trafic. Les résultats de l'étude du trafic de la pénétrante autoroutière Mascara – SIG sont résumés sur le tableau suivant (Algérienne des autoroutes, 2018).

Tableau V.6 Tableau de synthèse de trafics (ADA, 2018)

| ANNE | N Véh total | N PL / sens | N PL/sens | N PL/s/v (VL) |
|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 2008 | 10400 | 5200 | 1248 | 1123 |
| 2009 | 10816 | 5408 | 1298 | 1168 |
| 2010 | 11249 | 6524 | 1350 | 1215 |
| 2011 | 11699 | 5849 | 1404 | 1263 |
| 2012 | 12167 | 6083 | 1460 | 1314 |
| 2013 | 12653 | 6327 | 1518 | 1367 |
| 2014 | 13159 | 6580 | 1579 | 1421 |
| 2015 | 13686 | 6843 | 1642 | 1478 |
| 2016 | 14233 | 7117 | 1708 | 1537 |
| 2017 | 14802 | 7401 | 1776 | 1599 |

D'après le tableau V.6, nous remarquons que le pourcentage de trafic augmente au fil des ans, de plus, la catégorie des véhicules lourds est présente à un rythme élevé dans le tronçon d'autoroute étudié.

VI.2.2 Caractéristiques de conception des routes, conditions de chaussée et de circulation

Il était important d'identifier les variables de conception de la route qui ont été utilisées dans l'étude afin de déterminer le niveau de conformité aux recommandations techniques ; Conception des routes rurales - ICTAAL (Comité des autorités routières nationales, 1988) - Conception des routes urbain - ICTAVRU - Normes technique d'aménagements des routes - B40, et aussi de connaître le niveau de sécurité que ces variables procurent aux usagers de la route. Persan et al. (2016) indiquent que l'établissement de l'état de la chaussée par le biais d'un système de gestion de la sécurité routière permet un ensemble de procédures pour soutenir la prise de décision des autorités routières concernant l'amélioration de la sécurité des réseaux routiers.

Les variables des caractéristiques géométriques et techniques routières de cette étude ont été sélectionnées pour être incluses dans l'évaluation en raison de leur association avec la sécurité routière. L'étude a utilisé les variables routières suivantes pour rendre compte du niveau de sécurité que le projet procure aux usagers de la route :

- 1. Volume de trafic :** est essentiel dans le calcul des taux d'accidents de la route sur les sections d'étude, le trafic journalier annuel moyen (AADT) est déterminé par le nombre de véhicules traversant un point particulier sur la section d'étude par heure. Une corrélation statistiquement significative entre les accidents de la route de différents niveaux de gravité et plusieurs Co variables, y compris le AADT a été confirmée par (Duivenvoorden, 2010)
- 2. Vitesses de conception et d'exploitation :** Porter et al. (2012) ont déclaré que la vitesse de conception est un outil utilisé dans la phase de conception de la route pour développer les caractéristiques techniques de la route. La vitesse est le critère déterminant du risque routier, et de nombreuses études continuent de s'intéresser au thème de la vitesse. Wang et al. (2009) ont souligné que la vitesse est un facteur important de la sécurité routière. Diller (2013) affirme que la vitesse reste parmi les facteurs les plus importants dans les accidents de la circulation. Taylor et al. (2002) ont montré que le taux d'accidents augmente rapidement à mesure que la vitesse moyenne du trafic augmente. Selon le rapport, une augmentation de la vitesse moyenne de 10 % entraîne une augmentation de 30 % des accidents mortels et graves
- 3. Largeur de la voie et type de chaussée :** La largeur de la voie est définie comme la largeur de la chaussée disponible pour les conducteurs. (Elvik et Vaa., 2004) ont conclu dans une étude sur la relation entre la largeur des voies et le taux d'accidents

que le taux d'accidents sur les routes rurales diminue avec l'augmentation de la largeur des routes. Par une étude de Dong et al. (2015) ont constaté qu'une réduction de la largeur des voies entraînait une augmentation de la gravité des blessures et de la probabilité d'un accident de la route.

4. **Nombre de voies :** Les voies aident à contrôler et à guider les conducteurs, réduisant ainsi les conflits de circulation (Ahmed, 2013). Une chaussée est définie comme une section de route désignée pour être utilisée par une seule file de véhicules dans une seule direction (Ambunda, 2021). Selon une étude menée par (Yang et al., 2017), le nombre de voies a un effet sur la situation en matière de sécurité, et il a été conclu que le nombre de voies disponibles pour les usagers de la route affecte la propension du conducteur à effectuer des dépassements dangereux
5. **Largeur et type d'accotement :** L'accotement est la largeur de la chaussée adjacente aux voies de circulation, telle que définie par l'Association américaine des responsables des transports routiers et des États (2011) (AASHTO). L'accotement offre au conducteur du véhicule la possibilité de reprendre le contrôle du véhicule en cas de perte de contrôle (Safty Handbook for decondary Roads, 2007). Les accotements étroits peuvent créer une situation dangereuse où le conducteur n'aura pas de zone de récupération en cas de déviation de voie et ils augmentent donc la probabilité d'accidents hors route (Karlaftis et Golias., 2002). Les accidents sont réduits lorsque la largeur de l'accotement est augmentée jusqu'à 2 mètres, selon une enquête menée par (Hedman, 1990) où il a été constaté que lorsque l'accotement est prolongé d'un pied, les routes à deux voies réduisent les accidents de 1% à 3% et les blessures de 2% à 4%. Et aussi dans l'autre sens les accotements larges peuvent également créer une situation routière dangereuse en raison des choix de vitesse plus élevés du conducteur, car les conducteurs estiment qu'ils ont suffisamment d'espace pour corriger les erreurs (Liu et al., 2016).
6. **Courbure horizontale et verticale :** Par définition, les courbes horizontales et verticales lors d'un changement de direction ou d'élévation assurent une transition en douceur et la stabilité du véhicule. Les courbes de la chaussée sont un élément nécessaire et important de presque toutes les autoroutes (Turner et al., 2015). Plusieurs études ont indiqué que les taux d'accidents sur les courbes horizontales et verticales du tracé routier sont plus élevés que sur la tangente (Chen et al., 2007 ; Othman et Thomson, 2007 ; Hassan et Easa, 2003). Ainsi, le degré de courbure affecte directement l'augmentation des taux d'accidents : plus le degré de courbure est

important, plus le nombre d'accidents est importants (Wilson., 1968 ; Zegeer et al., 1992 ; Elvik et Vaa., 2004).

- 7. Distances de visibilité :** est définie comme la longueur de chaussée que le conducteur peut avoir dans le plan horizontal et vertical (Martin., 2003). Une distance de visibilité d'arrêt suffisante est nécessaire pour que les conducteurs puissent se garer en toute sécurité afin d'éviter de heurter des objets inattendus, et une distance de visibilité de dépassement suffisante est nécessaire pour permettre des manœuvres de dépassement en toute sécurité (Bassan, 2016).

La distance de visibilité affecte la sécurité routière puisqu'elle est le résultat du chevauchement de la géométrie avec le terrain existant (safety handbook for secondary Roads, 2007). L'alignement de la chaussée a un impact significatif sur la sécurité routière, car la capacité des conducteurs à voir devant eux est nécessaire pour la conduite en toute sécurité du véhicule ainsi que pour la sécurité globale du système routier (Ahmed, 2013). Plusieurs études ont indiqué que les taux d'accidents augmentent avec la diminution de la distance de visibilité (Hedman et al., 1990 ; Lamm et al., 1999).

- 8. État de la chaussée :** le volume de trafic, les conditions météorologiques et les conditions du sol sont les principaux facteurs qui exposent potentiellement la surface de la route à l'usure (Mohammed et al., 2017). De nombreuses études ont montré que les phénomènes qui en découlent de la dégradation de la chaussée ont un impact sur la sécurité routière ; L'impact de la rugosité de la route varie sur les roues du véhicule, ce qui expose le véhicule à différents niveaux de frottement de chaque côté, ce qui entraîne de mauvaises capacités de direction (Ghanbari, 2017 ; Chan et al., 2008 ; King, 2014). Hall et al. (2009) ont rapporté les résultats de diverses études qui montrent qu'un faible facteur de frottement entraîne une augmentation du nombre d'accidents. Kuttish (2004) a évalué l'effet du facteur de friction avec les accidents de véhicules à moteur dans l'État de Virginie et a signalé qu'il existe une bonne corrélation entre les deux facteurs

Zeng et al., 2014 ont constaté que des bonnes chaussées pouvaient réduire les accidents mortels et corporels de 26 % par rapport à des chaussées déficientes, mais que de bonnes chaussées n'avaient aucun effet statistiquement significatif sur la fréquence globale des collisions.

- 9. Pente :** La vitesse de marche du véhicule est affectée par les caractéristiques de l'alignement vertical. Les pentes ont un impact important sur la sécurité routière

Chapitre V. Méthodologies

comme le montrent diverses études. (Hedman,1990) citant une recherche suédoise, a déclaré que les pentes raides sont généralement associées à des taux d'accidents plus élevés, les pentes de 2,5% et 4% augmentent les accidents de 10% et 20% respectivement.

Le tableau V.7 présente une liste de codes et de formats utilisées dans la collecte des données routières liées aux caractéristiques géométriques et techniques des projets routiers cas d'étude.

Tableau V. 7 Liste des codes et formats des variables

| Variable | Description | Code | Format | unité |
|---|---|--|-----------------|-------|
| Largeur de la voie | Largeur de l'aménagement de la chaussée à la disposition des conducteurs | Evaluer | Numérique /Plan | m |
| Nombre de voies | Nombre de voies dans les deux sens disponibles pour le conducteur | Evaluer | Plan | - |
| Volume du trafic | Nombre de véhicules traversant un point particulier du tronçon d'étude par heure | Evaluer | Texte | UVP |
| Vitesse de circulation | Vitesses auxquelles circulent les usagers de la route lorsqu'ils empruntent le tronçon de route | Evaluer | Texte | Km/h |
| Largeur de l'accotement | Largeur de la chaussée adjacente aux voies de circulation | Evaluer | Numérique /Plan | m |
| Type d'accotement | Le type d'accotement au sol adjacent à la voie de circulation | Evaluer | Numérique /Plan | - |
| Courbure horizontale | Taux de changement d'alignement horizontal par longueur de route | Evaluer | Numérique /Plan | m |
| Etat de la chaussée | Le confort de conduite de la chaussée | Pavée Non pavée | Texte | - |
| Qualité de la courbure | | Adéquate Non adéquate | Numérique /Plan | - |
| Bandes rugueuses sur le bas coté | | Présente Non présente | Numérique /Plan | - |
| Pentes | Les pentes maximales et minimales de la route étudiée | faible raide | Numérique /Plan | % |
| Adhérence | | Stabilisée adéquate Stabilisée Modéré Stabilisée faible Non Stabilisée adéquat Non Stabilisée faible | Texte | - |
| Type de bande centrale | | Evaluer | Numérique /Plan | - |

(Source : élaboré par l'auteur)

V.3 Outils de recherche

La méthodologie consiste à utiliser Trois approches complémentaires :

V.3.1 Mise en œuvre de l'IRAP (International road programme d'évaluation)

Jusqu'à présent, la recherche sur la sécurité routière a proposé de nombreuses méthodes principalement basées sur les caractéristiques physiques de la route pour évaluer les performances de sécurité des infrastructures routières existantes.

L'utilisation de ces nouveaux programmes comme celui de l'iRAP pour l'évaluation proactive du risque routier sur des nouveaux projets routiers sont à notre sens, absents dans les travaux de recherche actuels. Alors que ces outils modernes de contrôle de la qualité de la sécurité des routes doivent influencer de manière préventive l'apparition des facteurs d'accidents non seulement sur les routes existantes mais aussi sur les futures (Baklanova et al. 2021).

Le Programme international d'évaluation des routes (IRAP) est la méthodologie la plus connue probablement (Tripodi et al., 2020). Il a été créé pour éliminer les accidents de la route et leurs fardeaux sociaux et économiques dévastateurs (Mcinerney and Smith, 2009). L'IRAP est basé sur des scores estimés (SRS). Le module SRS attribue des niveaux de sécurité à l'infrastructure routière en fonction de l'efficacité de l'infrastructure pour prévenir les accidents et protéger les utilisateurs impliqués dans des accidents (Lynam, 2012). Sur la base du Road Protection Score (RPS) calculé, la section de route est classée selon un classement à cinq niveaux (Star Rating).

V.3.1.1 Le facteur de modification de collision (CMF)

Selon AASHTO (2010), le coefficient de modification de collision (CMF) est défini comme un coefficient reflétant les effets des changements dans les éléments de trafic, les éléments d'exploitation et les éléments de conception de la route sur le nombre d'accidents de la circulation survenant dans la zone d'analyse.

Par exemple, une intersection connaît 100 collisions angulaires et 500 collisions arrière par an. Si vous appliquez une contre-mesure qui a un CMF de 0,80 pour les collisions d'angle, vous pouvez vous attendre à voir 80 collisions d'angle par an après la mise en œuvre de la contre-mesure ($100 \times 0,80 = 80$) (IRAP., 2013)

Chapitre V. Méthodologies

1. Courbure :

Tableau V. 8 Coefficient de modification de collision des courbures

| Courbure | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Sortie de route | Perte de contrôle | Sortie de route | Perte de contrôle |
| Courbe droite ou légèrement courbée | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Courbure modérée | 1,8 | 1,8 | 2 | 2 |
| Courbe serrée | 3,5 | 3,5 | 3,8 | 3,8 |
| Très serrée | 6 | 6 | 6,5 | 6,5 |

(Source : iRAP, 2013)

Les facteurs de risque d'une courbure s'alignent sur les rayons de courbures suivantes :

- Droite ou légèrement courbée : supérieur à 900m
- Courbure modérée : 500m à 900m
- Serrée : 200m à 500m
- Très serrée : 0m à 200m

2. Qualité de courbure

Tableau V. 9 Coefficient de modification de collision de la qualité de courbures

| Qualité de Courbure | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Sortie de route | Perte de contrôle | Sortie de route | Perte de contrôle |
| Adéquat(e) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Faible | 1,25 | 1,25 | 1,4 | 1,4 |
| Non applicable | 1 | 1 | 1 | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

3. Largeur de la voie :

Tableau V. 10 Coefficient de modification de collision de la largeur de la voie

| Largeur de la voie | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Sortie de route | Perte de contrôle | Sortie de route | Perte de contrôle |
| Large ($\geq 3,25$ m) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Moyenne ($\geq 2,75$ m à $< 3,25$ m) | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Étroite (≥ 0 m à $< 2,75$ m) | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

(Source : iRAP, 2013)

4. Nombre de voies

Tableau V. 11 Coefficient de modification de collision du nombre de voies

| Nombre de voies | Occupant de véhicule et motocycliste en perte de contrôle |
|-----------------|---|
| Un(e) | 1 |
| deux | 0,02 |
| trois | 0,01 |
| Quatre ou plus | 0,01 |
| Deux et un(e) | 0,5 |
| Trois et deux | 0,02 |

(Source : iRAP, 2013)

Chapitre V. Méthodologies

5. Accotement

5.1 Distance

Tableau V. 12 Coefficient de modification de collision de l'accotement (Distance)

| Gravité de l'accotement – distance | Occupant de véhicule en sorties de route | motocycliste en sorties de route |
|------------------------------------|--|----------------------------------|
| 0 m à < 1 m | 1 | 1 |
| 1 m à < 5 m | 0,8 | 0,8 |
| 5 m à < 10 m | 0,35 | 0,35 |

(Source : iRAP, 2013)

5.2 Objet

Tableau V. 13 Coefficient de modification de collision de l'accotement (Objet)

| Gravité de l'accotement – objet | Occupant de véhicule en sorties de route | motocycliste en sorties de route |
|--|--|----------------------------------|
| Barrière de sécurité - en béton | 15 | 25 |
| Barrière de sécurité - adaptée aux motocyclettes | 12 | 20 |
| Barrière de sécurité - en câbles | 9 | 30 |
| Paroi verticale agressive | 55 | 55 |
| Pente ascendante (15 ° à 75°) | 45 | 45 |
| Pente ascendante pentue (> 75°) | 40 | 40 |
| Fosse d'écoulement profonde | 55 | 55 |
| Pente descendante | 45 | 45 |
| Précipice | 90 | 90 |
| Arbre (≥ 10 cm de diamètre) | 60 | 60 |
| Panneaux de signalisation/poteaux/piliers non frangibles (≥ 10 cm de diamètre) | 60 | 60 |
| Structure/pont ou bâtiment non frangible | 60 | 60 |
| Structure ou bâtiment frangible | 30 | 30 |
| Extrémité de barrière non protégée | 60 | 60 |
| Gros rocher (≥ 20 cm de hauteur) | 60 | 60 |
| Aucun (ou objet à > 20 m de la route) | 35 | 35 |

(Source : iRAP, 2013)

6 Pente

Tableau V. 14 Coefficient de modification de collision de la pente

| Pente | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|----------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Sortie de route | Perte de contrôle | Sortie de route | Perte de contrôle |
| 0 à < 7,5 % | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7,5 % à < 10 % | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| ≥ 10 % | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |

(Source : iRAP, 2013)

7 Bandes rugueuses sur le bas-côté de la route

Tableau V. 15 Coefficient de modification de collision des bandes rugueuses sur le bas-côté de la route

| Bandes rugueuses sur le bas-côté de la route | Occupant de véhicule et motocycliste en Sorties de route |
|--|--|
| Non Présent(e) | 1,25 |
| Présent(e) | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

Chapitre V. Méthodologies

8 Adhérence

Tableau V.16 Coefficient de modification de l'adhérence

| Adhérence | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | Sortie de route et intersection | Perte de contrôle | Sortie de route et intersection | Perte de contrôle |
| Stabilisé- adéquat | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Stabilisé- modéré | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,6 |
| Stabilisé- faible | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 |
| Non stabilisé- adéquat | 3 | 3 | 4,0 | 4,0 |
| Non stabilisé- faible | 5,5 | 5,5 | 7,5 | 7,5 |

(Source : iRAP, 2013)

9 Etat de la route

Tableau V. 17 Coefficient de modification de collision de l'état de la route

| Etat de la route | Occupant de véhicule | | Motocycliste | |
|------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | Sortie de route | Perte de contrôle | Sortie de route | Perte de contrôle |
| Bon | 1 | 1 | 1 | 1 |
| modéré | 1,2 | 1,2 | 1,25 | 1,25 |
| Faible | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 |

(Source : iRAP, 2013)

10 Route de service

Tableau V. 18 Coefficient de modification de collision de la route de service

| Route de service | Occupant de véhicule et motocycliste |
|------------------|--------------------------------------|
| Non Présent(e) | 1,5 |
| Présent(e) | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

11 Bandes de grondement de ligne centrale

Tableau V. 19 Coefficient de modification de collision de la bande de grondement de ligne centrale

| Bandes de grondement de ligne centrale | Occupant de véhicule et motocycliste |
|--|--------------------------------------|
| Non Présent(e) | 1,25 |
| Présent(e) | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

12 Type intersection

Tableau V. 20 Coefficient de modification de collision du type d'intersection

| Type d'intersection | Occupant de véhicule et Motocycliste | |
|---|--------------------------------------|---------|
| | Possibilité | Gravité |
| Voie convergente | 6 | 15 (20) |
| Rond-point | 15(30) | 15 (30) |
| À trois branches (non signalisé) avec voie de virage protégée | 13 (17) | 45 |
| À trois branches (non signalisé) sans voie de virage protégée | 16 (20) | 45 |
| À trois branches (signalisé) avec voie de virage protégée | 9 (9) | 45 |
| À trois branches (signalisé) sans voie de virage protégée | 12 (14) | 45 |

Chapitre V. Méthodologies

| | | |
|--|-----------|-----|
| À quatre branches (non signalisé) avec voie de virage protégée | 16 (16) | 50 |
| À quatre branches (non signalisé) sans voie de virage protégée | 23 (26) | 50 |
| À quatre branches (signalisé) avec voie de virage protégée | 10 (10) | 50 |
| À quatre branches (signalisé) sans voie de virage protégée | 15 (16) | 50 |
| Code non utilisé (inters. non-majeure) | 0 | 0 |
| Aucun(e) | 0 | 0 |
| Passage à niveau - passif (uniquement signalisation) | 1 (1) | 150 |
| Passage à niveau - actif (feux clignotants/barrières) | 0,5 (0,5) | 150 |
| Point de passage central - informel | 0,5 (0,5) | 45 |
| Point de passage central - formel | 0,3 (0,3) | 45 |
| Mini rond-point | 16 (16) | 35 |

(Source : iRAP, 2013)

13 Qualité d'intersection

Tableau V. 21 Coefficient de modification de collision de la qualité d'intersection

| Qualité d'intersection | Occupant de véhicule | motocycliste |
|------------------------|----------------------|--------------|
| Adéquat | 1 | 1 |
| Faible | 1,2 | 1,2 |
| Non applicable | 1 | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

14 Eclairage public

Tableau V. 22 Coefficient de modification de collision de l'éclairage public

| Eclairage public | Occupant de véhicule et motocycliste |
|------------------|--------------------------------------|
| Présent(e) | 1 |
| Non Présent(e) | 1,15 |
| Non applicable | 1 |

(Source : iRAP, 2013)

15 Intersection avec canalisation de la circulation

Tableau V. 23 Coefficient de modification de collision de canalisation de la circulation dans les intersections

| Intersection avec canalisation de la circulation | Occupant de véhicule et motocycliste |
|--|--------------------------------------|
| Présent(e) | 1 |
| Non Présent(e) | 1,2 |

(Source : iRAP, 2013)

16 Points d'accès aux propriétés

Tableau V. 24 Coefficient de modification de collision des points d'accès aux propriétés

| Type d'intersection | Occupant de véhicule et Motocycliste | |
|--------------------------|--------------------------------------|---------|
| | Possibilité | Gravité |
| Accès commercial 1+ | 2 | 50 |
| Accès résidentiel 3+ | 1,3 | 50 |
| Accès résidentiel 1 ou 2 | 1,1 | 50 |
| Aucun(e) | 1 | 0 |

(Source : iRAP, 2013)

V.3.1.2 Types d'utilisateur :

Le type de personnes utilisant un réseau routier peut varier considérablement d'un pays à l'autre. Selon l'organisation mondiale de la santé, bien que les occupants de véhicules représentent la majorité des tués sur les routes dans les pays à revenus élevés, dans les pays à revenus faibles et intermédiaires de nombreux usagers de la route sont des motocyclistes, des cyclistes et des piétons (OMS, 2013). Le diagramme ci-dessous, indique le pourcentage de tués sur les routes dans le monde par catégorie d'utilisateurs de la route :

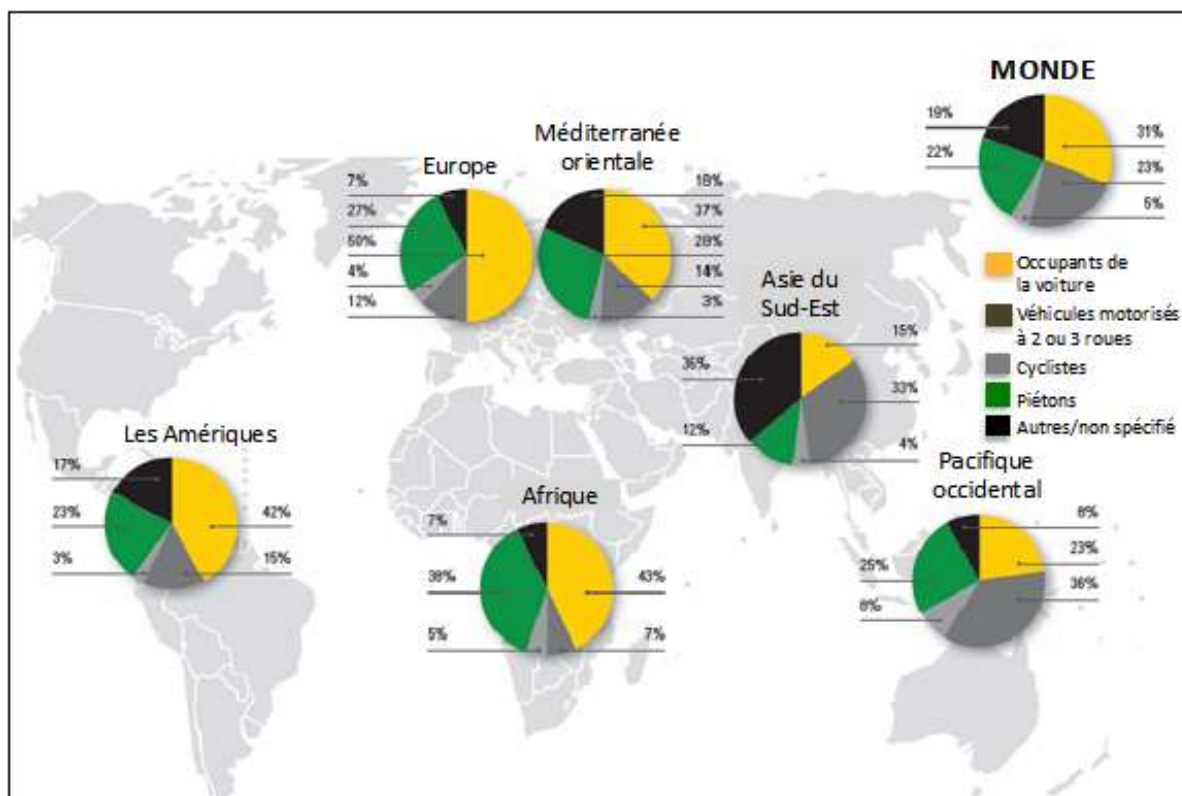


Figure V.2 Décès dus à des accidents de la circulation par type d'utilisateur et par régions de l'OMS ; 2010 (Source : OMS, 2010)

Conscient que le type d'utilisateur de la route varie considérablement d'un pays à l'autre et que chaque usager de la route a ses propres besoins en infrastructures routières, différentes notations

Chapitre V. Méthodologies

par étoiles sont attribuées pour chaque catégorie des quatre types d'utilisateurs de la route représentent la majorité des utilisateurs de la route dans le monde :

1. Occupants de véhicules.
2. Motocyclistes.
3. Cyclistes.
4. Piétons.

Dans notre cas d'étude, et après une analyse approfondie des segments de l'autoroute en exploitant les dossiers d'exécution, deux types d'accidents ont été considérés seulement pour l'évaluation du risque, à savoir :

- Le type d'accident par perte de contrôle ;
- Le type d'accident de sortie de route ;

Du moment que les deux sens de circulation sont séparés par un terreplein central, le type d'accident frontal a été éliminé dans les calculs.

V.3.1.3 Types d'accidents :

La méthodologie de notation par étoiles est basée sur les types de collisions qui représentent le pourcentage le plus élevé de tués et de blessés graves sur la route pour chaque catégorie d'utilisateurs de la route, comme indiqué ci-dessous.

Tableau V.25 Types d'accidents pris en compte dans les modèles de notation par étoiles

| Occupants de véhicules | Motocyclistes | Cycliste | piétons |
|--|---|---|---|
| -Sortie de route -Frontal -Intersections et points d'accès | -Sortie de route -Frontal -Intersections et points d'accès -En déplacement le long de la route | -En circulation le long de la route -Intersections -Sortie de route | -En marchant le long de la route -En traversant la route |

(Source : iRAP, 2013)

V.3.1.4 Equation du score de notation par étoiles

L'équation du score de notation par étoiles permet de calculer pour chaque segment de 100m (hectomètre) le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'utilisateur de la route, l'équation est donnée comme suit :

$$\text{SRS} = \sum \text{Score de type d'accidents.} \quad (1)$$

Tel que :

- **SRS** : le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'utilisateur de la route pour chaque 100m
- **Score de type d'accident** : probabilité X gravité X vitesse de circulation X influence des flux extérieurs

Où :

- La probabilité concerne les facteurs de risque des attributs de la route qui rendent compte de la possibilité qu'un accident soit amorcé
- La gravité concerne les facteurs de risque des attributs de la route qui rendent compte de la gravité d'un accident
- La vitesse de circulation concerne les facteurs qui rendent compte de la manière dont le risque évolue en fonction de la vitesse
- Les facteurs d'influence des flux extérieurs concernent le risque qu'une personne se retrouve impliquée dans un accident en fonction de l'utilisation de la route par une autre personne

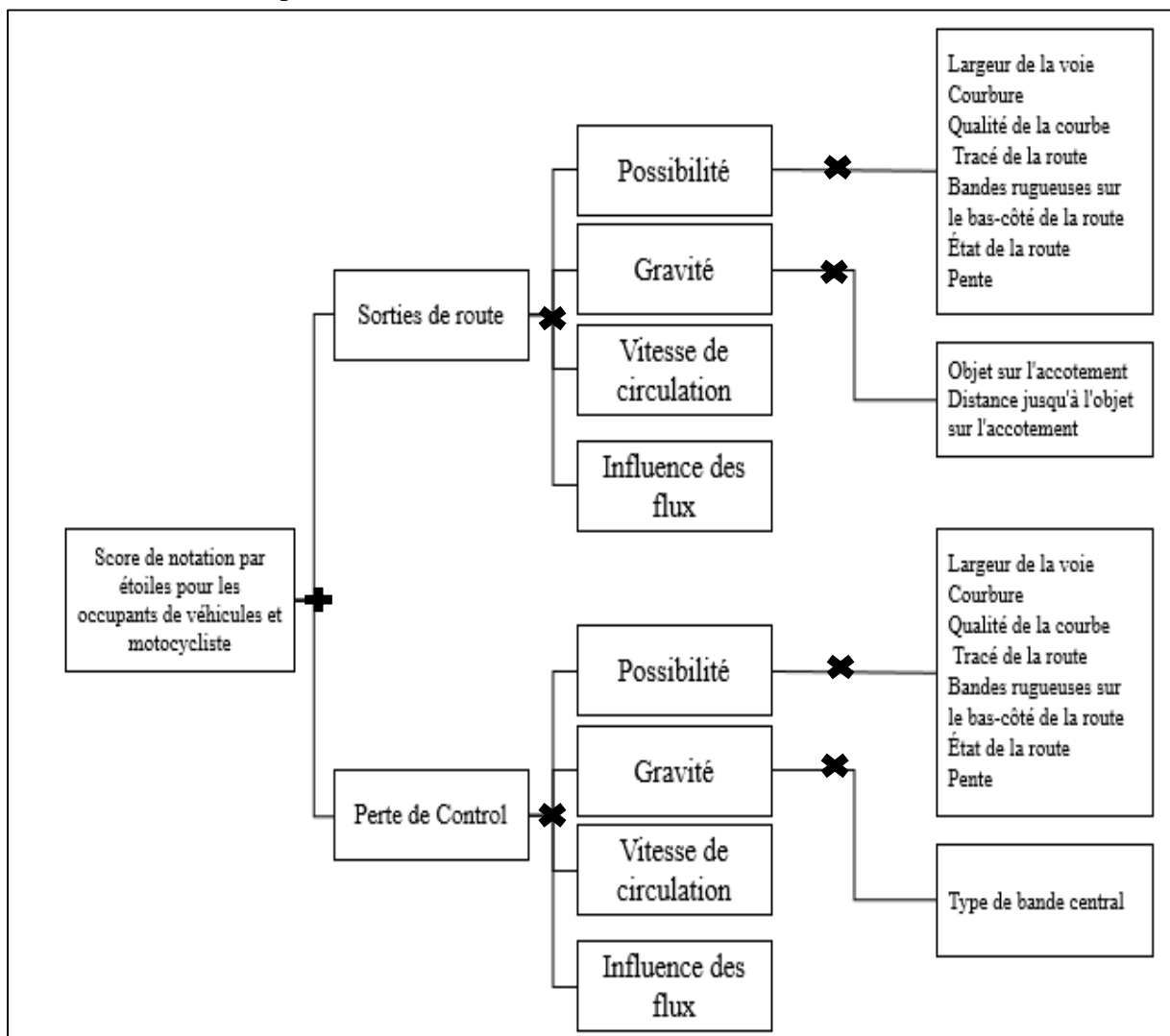


Figure V.3 Equation du SRS pour les occupants de véhicules et motocyclistes (Source : iRAP, 2013)

V.3.1.5 Catégorisation des scores de risque

Pour l'évaluation du risque pour chaque hectomètre, le score est lié à des intervalles différents selon le type d'usagers de la route. Cinq intervalles de risque sont considérés Pour chaque catégorie d'usager de la route tels que présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.26 Échelons et couleurs de la notation par étoiles

| Notation par étoiles | Scores de notation par étoiles | | | | |
|----------------------|---|-----------|-----------|---------------------|-------------|
| | Occupants de véhicules et motocyclistes | Cyclistes | Piétons | | |
| | | | Total | Le long de la route | Passage |
| 5 | 0 à < 2,5 | 0 à < 5 | 0 à < 5 | 0 à < 0,2 | 0 à < 4,8 |
| 4 | 2,5 à < 5 | 5 à < 10 | 5 à < 15 | 0,2 à < 1 | 4,8 à < 14 |
| 3 | 5 à < 12,5 | 10 à < 30 | 15 à < 40 | 1 à < 7,5 | 14 à < 32,5 |
| 2 | 12,5 à < 22,5 | 30 à < 60 | 40 à < 90 | 7,5 à < 15 | 32,5 à < 75 |
| 1 | 22,5 + | 60+ | 90 + | 15 + | 75 + |

(Source : iRAP, 2013)

Tel que :

- Vert = risque très faible.
- Jaune = faible risque.
- Orange foncé = risque moyen.
- Rouge = risque élevé.
- Noir = risque très élevé.

V.3.2 L'utilisation des Système d'information géographique pour la localisation des lieux à haut risque d'accidents de la route

Cette phase de l'étude vise à fournir aux décideurs la vision stratégique et un aspect conceptuel pratique nécessaires pour identifier de manière proactive les zones à haut risque d'accidents, et ainsi afin de réduire leur impact global sur les usagers.

L'objectif de cette phase est de développer un système d'information géographique permettant d'identifier les segments de la route à haut risque d'accidents de manière proactive sur la base des caractéristiques géométriques et techniques de route. Cette technique aidera les décideurs à différencier les différents sites d'un segment routier ayant une fréquence de risque d'accidents plus élevée avec des sites ayant une faible fréquence de risque d'accidents qui devraient être potentiellement améliorés de manière rentable. Cela aidera également les experts en audit de sécurité routière à identifier et à se concentrer sur les problèmes réels sur un site spécifique du segment routier dès la phase de planification.

A. Utilisation des SIG

De nombreuses études ont été menées pour explorer les zones noires des accidents de la route à l'aide de SIG (Anderson, 2007 ; Austin et al., 1997 ; Oulha et al., 2013 ; Oulha et al., 2016 ; Sayed and Mhaske, 2013). L'analyse spatiale combine les propriétés géométriques avec les propriétés sémantiques pour réaliser une analyse assez complète.

B. Définition d'un SIG

Un système d'information géographique est un logiciel informatique capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées. Le SIG aide à l'étude et à l'exploration de tout ce qui concerne un lieu. À l'aide du SIG, les caractéristiques du terrain, du climat, des frontières, de la population, des ressources et bien d'autres choses sur les lieux d'intérêt peuvent être identifiées et analysées.

Le SIG aide à l'étude et à l'exploration de tout ce qui concerne un lieu. À l'aide du SIG, les caractéristiques du terrain, le climat, les limites, la population, les ressources, etc. des lieux d'intérêt peuvent être identifiés et analysés. Auparavant, des cartes papier, des globes et diverses sources de données papier étaient utilisés pour effectuer ces analyses. Aujourd'hui, un SIG apporte des cartes, des globes, des données et des outils d'analyse à un ordinateur, permettant des analyses sophistiquées, de cartographier les résultats, de stocker et de partager vos informations numériquement.

Le Système d'Information Géographique consiste à identifier les objets sous forme de points (ex : accident par PK), d'arcs ou de lignes (routes) et de polygones ou de surfaces (figure V.4).

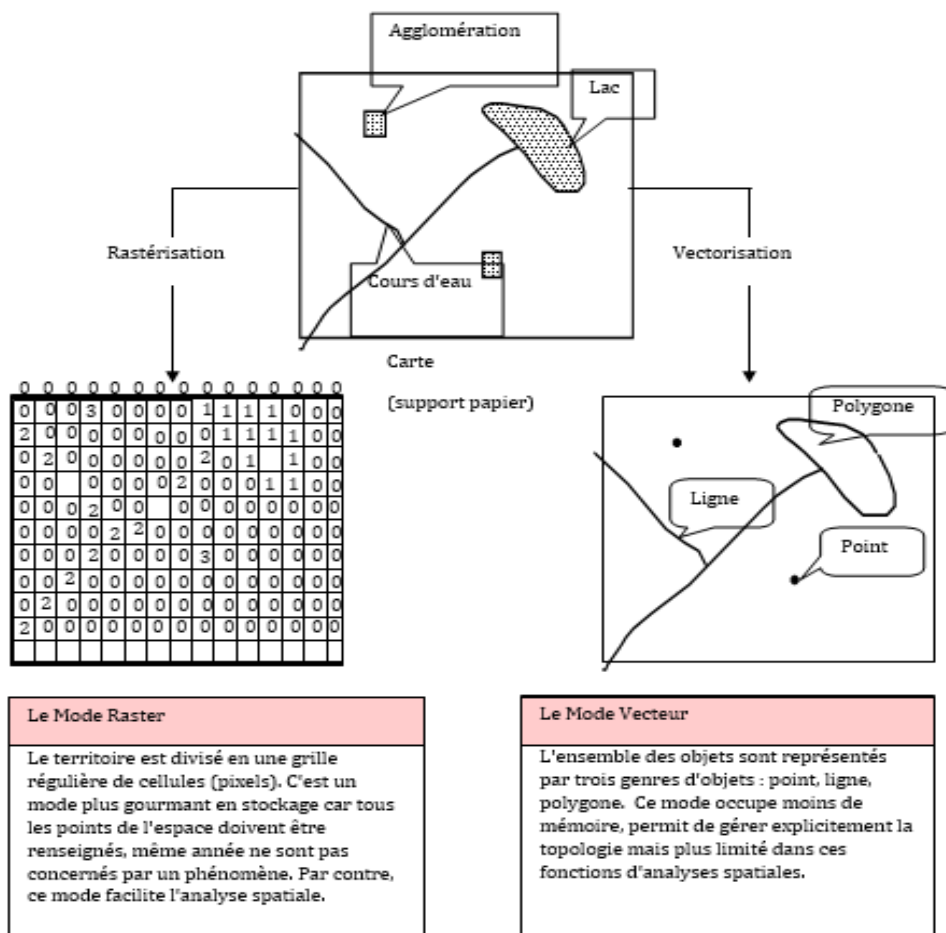


Figure V.4 Identification des objets en mode raster et en mode vecteur (Oulha, 2016)

Néanmoins, à travers un SIG les thèmes (routes à fort trafic, lieux d'accidents...) peuvent être classés sous forme de couches. Chaque couche représente un thème et est affichable en fonction des besoins, sélectionnable seule ou superposée à d'autres.

C. L'utilisation des SIG pour l'étude des points noirs

La première approche adoptée par les chercheurs dans le domaine de la sécurité routière pour étudier les accidents reposait sur le concept de « point noir ». Ce concept fait référence à la localisation des emplacements à haut risque (points ou zones dans l'espace) en termes de probabilité d'accident ou d'historique (Joly et al. 1992). Les lieux où le risque est considéré plus élevé que celui attendu deviennent alors des « points noirs ». Ainsi que les zones où les collisions sont concentrées sont souvent appelées points chauds de collision (Toran et Moridpour, 2015 ; Thakali et al., 2015).

La principale raison de l'utilisation de techniques spatiales pour la détection des points chauds des accidents de la route plutôt que des techniques statistiques classiques est que les accidents de la route sont un phénomène spatial (Yalcin, 2013 ; Choudhary et al, 2015). L'utilisation du SIG s'est généralisée depuis les années 1990, et il est utilisé au fur et à mesure que les applications et les méthodes se sont améliorées. Premièrement, la localisation des points ou zones dits "noirs" selon les échelles disponibles (état, comté, quartier) fait toujours partie de l'effort de détection d'agrégation et de visualisation des fréquences au sein d'une zone (Baker et al. 1991 ; Kendrick 1993). Au même moment, d'autres travaux attribuent les accidents aux territoires via des connexions spatiales, puis cartographient ou produisent des taux de population (par exemple, fréquence des accidents territoriaux / population du territoire) (Braddock et al. 1991 ; Joly et al. 1991 ; LaScala et al. 2004 ; Graham et al. 2005).

D. Logiciel utilisé

Les données collectées sont structurées en bases de données (selon leur nature) sous le logiciel SIG ArcGIS version 9.3 d'ESRI sous forme de couches d'informations. Les raisons du choix de ce logiciel sont les suivantes :

- Interface conviviale pour représenter différentes données ;
- Flexibilité dans la gestion des géo données sur PC ;
- Une multitude d'outils d'interrogation des données (requêtes) ;
- Permettre des opérations d'analyse spatiale ;
- Autoriser l'affichage des données sous forme de cartes, de tableaux, de graphiques ou d'images.

Le SIG apporte une réelle assistance aux utilisateurs dans la gestion et la représentation des données spatiales. A ce titre, ces systèmes jouent un rôle important dans l'aménagement

du territoire (études d'impact, choix des sites d'implantation, etc.). Le SIG améliore encore sa représentation (divers types de représentation) en prenant en charge les références croisées (superposition), le traitement et le stockage d'informations géographiques sur de très vastes zones.

La figure V.5 résume les étapes utilisées du SIG dans notre travail sur les tronçons autoroutiers prise comme étude de cas.

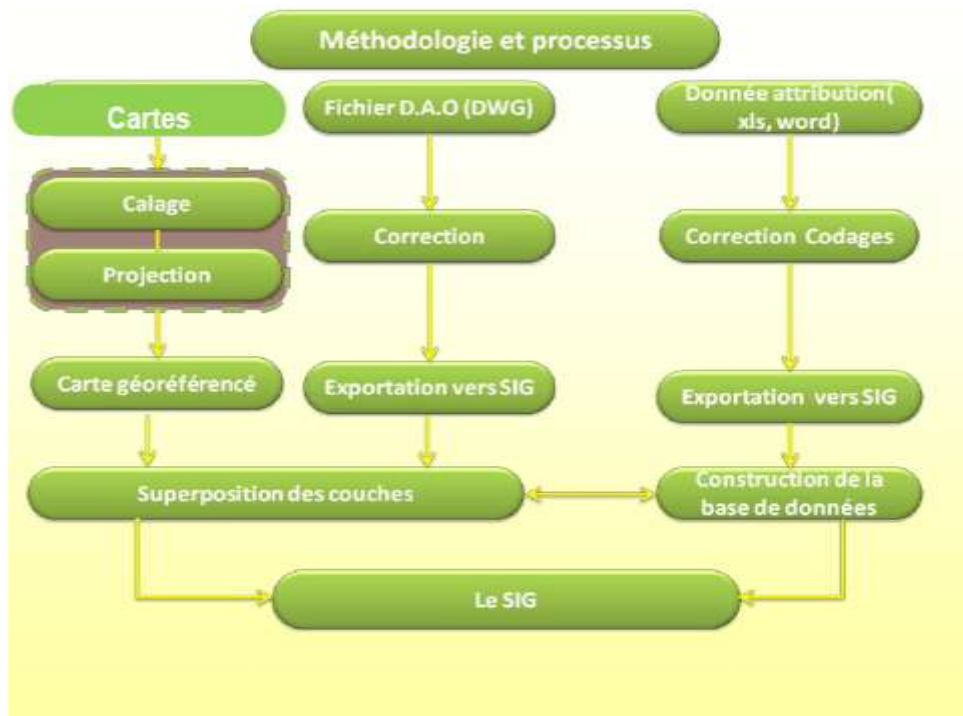


Figure V.5 Les étapes de l'élaboration du SIG (Oulha, 2016)

V.3.3 Inspection de terrain

Afin de bien comprendre le projet, il est important de procéder à une inspection sur place. Visiter le site dans les premières étapes du développement du projet est tout aussi important que visiter la route pendant la construction ou à la veille de l'ouverture. La première visite permettra aux décideurs de comprendre le contexte des plans et projets dans le cadre du réseau routier existant. Cela permettra également aux décideurs de voir l'utilisation de la disposition actuelle et de vérifier les niveaux de trafic, etc. Plus de détails seront fournis ultérieurement et il est plus probable que des dangers spécifiques soient identifiés sur place.

Les inspections du site :

- Les inspections du site seront menées à différentes heures du jour et durant la nuit.
- Devront permettre à l'équipe ASR de vérifier la perspective de tous les usagers potentiels de la route (conducteurs, cyclistes, piétons etc.).

- Seront menées en toute sécurité.

Les inspections du site d'un grand projet nécessitent souvent une inspection étalée sur plusieurs jours et dans ce cas une organisation soignée sera donc requise. Pendant l'inspection du site, il est recommandé de prendre de nombreuses photos de sites. Ces enregistrements (Photos, Vidéos ...etc.) sont importants pour les raisons suivantes :

- En tant que rappel des principaux problèmes notés lors de l'inspection et en prévision de la rédaction du rapport de l'inspection sur terrain
- Utiliser comme moyen d'illustration de tout problème devant l'équipe de projet
- Comme rappel des conditions prévalant sur le site lors de l'inspection

Utiliser également des copies de plans pour enregistrer toutes caractéristiques particulières notées au cours de l'inspection afin de pouvoir s'y référer par la suite. Le plan et les autres informations pertinentes seront examinés après l'inspection du site pour compléter les résultats du site et pour pouvoir confirmer ou modifier les observations relatives à la sécurité faites précédemment.

Dans notre travail, après avoir évalué la section autoroutière étudiée par l'iRAP (section V.3). Nous avons réalisé une inspection de sécurité routière dans le but d'identifier les caractéristiques de la route ou de la circulation potentiellement dangereuses de l'environnement d'exploitation de l'autoroute, ainsi que des informations potentiellement trompeuses ou manquantes en appliquant les principes de sécurité. Les méthodes utilisées à ce stade sont :

- 1- Étudier la littérature avec ses diverses sources, telles que les règles, les règlements, les revues scientifiques, les livres, les articles et autres liés à l'application des audits de sécurité routière dans les pays en développement.
- 2- Collecte des données (plans, dossier d'exécution, plan de signalisation)
- 3- Utiliser des manuels d'audit de sécurité routière pour identifier les éléments de la route dangereuses
- 4- Inspection sur place des zones jugées à haut risque par l'iRAP.
- 5- Des photographies sont prises des dangers potentiels pour la sécurité.
- 6- Suggérer des contre-mesures pour améliorer la sécurité

V.4 Conclusion

Ce chapitre a montré les principales étapes de notre travail ; qui se résume en ; une l'évaluation des projets routiers par le programme international d'évaluation des routes, afin de déterminer l'impact des paramètres technique et géométriques sur la sécurité des usagers de la route. Ensuite une identification des zones à haut risque d'accident par l'application de l'iRAP. La dernière étape consiste à combiné les résultats de l'évaluation par iRAP avec les système d'information géographique pour but de localiser les zones à haut risque, ainsi de facilité la tâche des experts et les équipes d'audit de sécurité routière.

La dernière étape consiste à réaliser une inspection terrain au niveau des deux pénétrantes autoroutières ; la pénétrante autoroutière de Mascara et de GHAZAOUET afin de proposer des contre-mesures pour but d'améliorer le niveau de sécurité sur les zone qui représente un danger aux usagers de la route.

Chapitre VI

Résultats et Discussions

Chapitre VI. Résultats et Discussions

VI.1 Introduction

La plupart des accidents de la route sont causés par une combinaison de facteurs interdépendants. Bien que les facteurs humains aient une grande influence sur les accidents de la route, le contrôle direct et la prévision des facteurs humains sont difficiles. À cette fin, les facteurs humains peuvent être indirectement contrôlés et prédits grâce à des enquêtes sur les facteurs routiers et environnementaux, en particulier les caractéristiques du trafic routier et la conception géométrique.

Pour cette raison, la méthode d'analyse mixte a été utilisée dans l'étude pour comprendre l'intégration de la sécurité routière dans les projets routiers en Algérie. En plus de déterminer l'impact des caractéristiques de la route sur les accidents de la circulation, essayer d'atténuer leur occurrence en développant des modèles prédictifs d'accidents, en tenant compte les caractéristiques des routes en vue d'une meilleure prise en charge de ce problème afin d'atténuer l'insécurité sur les routes algériennes.

Ce chapitre présente les résultats de l'étude réalisée à l'aide des méthodes d'analyse combiné discutées au chapitre 5.

Section 1 : Diagnostic et analyse proactive de la sécurité routière

Cette section vise à tenter d'appliquer l'alternative proposée dans un cadre proactif. Nous avons intégré les processus iRAP dans les phases du projet en tant qu'alternative proactive à l'évaluation et à la prévision des zones à haut risque d'accidents. Ensuite une combinaison de l'iRAP avec les systèmes d'information géographique (SIG) a été mise en œuvre pour localiser les zones à haut risque d'accident et faciliter l'accès direct des auditeurs et des experts en sécurité routière. Et finalement des inspections terrain en été menées dans le but de déterminer les anomalies en terme de sécurité routière.

VI.1.1 Application du Programme International d'évaluation des Routes :

La première étape consiste à proposer une alternative afin d'atténuer l'insécurité routière en Algérie. Nous avons proposé d'intégrer les processus de l'iRAP dans les phases préliminaires du projet, c'est-à-dire dès la phase d'étude, en fonction des caractéristiques d'ingénierie et techniques de la route.

Dans cette partie, nous présentons les résultats de l'évaluation de la pénétration autoroutière de GHAZAOUET en termes de sécurité routière. Ainsi que, nous démontrions comment cette alternative permet de prédire les zones à haut risques avant même la mise en circulation du projet.

VI.1.1.1 Codage des Attributs de la route :

Le codage de l'itinéraire du projet en fonction des attributs routiers est l'élément le plus important de la partie analyse des données et de la notation par étoiles. Les dossiers d'exécutions du projet autoroutier (caractéristiques géométriques, plan de signalisation ...etc) ont été utilisés pour convertir les sections de route en segments de 100 m pour le processus de codage. En utilisant les dossiers d'exécutions du projet de l'ensemble de l'itinéraire, les sections de route ont été codées en fonction de 9 attributs de route différents présents le long de chaque section de route, en segments de 100 m. Ces attributs routiers sont essentiellement les éléments de l'infrastructure routière, et le codage de ces éléments fournit la base de l'analyse. La figure VI.1 montre un exemple du processus de codage pour une section de l'itinéraire dans la zone du projet. Au fur et à mesure que nous avançons, ceux-ci changent par rapport aux changements dans les éléments de chaussée existants.

Chapitre VI. Résultats et Discussions

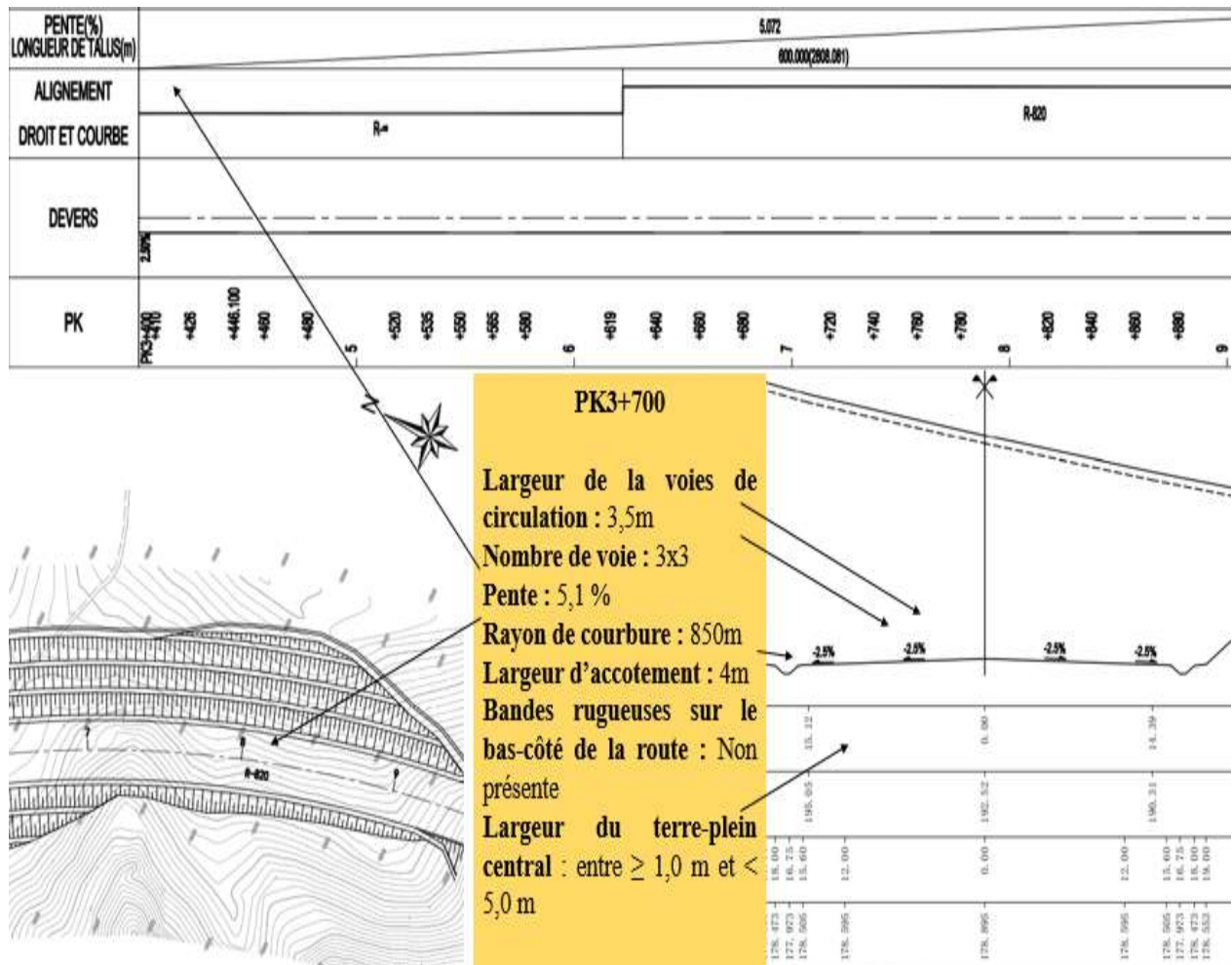


Figure VI. 1 Exemple du processus de codage pour une section de l'itinéraire dans la zone du projet (PK3+700)

Le codage des variables (attribut de la route) de chaque hectomètre (100m) des sections d'autoroute étudiée sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau VI.1 Les caractéristiques des segments de la pénétrante autoroutière de Ghazaoeut

| Numéro de segments | Attributs de la route (facteurs de risques) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|-----------------|------|------------|---|-------------------|-----|-------------------------|-----|--------------|------|-----------------------|----|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | Largeur de la voie (m) | | Nombre de voies | | Pente (%) | | Courbure (degrés) | | Road shoulder width (m) | | BRC | | Central bandwidth (m) | | Flux extérieure (U.V.P) | | Vitesse de circulation (Km/h) | |
| | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | |
| 1 | Carrefour giratoire | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 3,3 to 6.1 | 1 | 360 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 40 | 0,021 |
| 3 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 6.3 to 1.9 | 1 | 360 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 40 | 0,021 |
| 4 | Carrefour giratoire | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.2 | 1 | 240 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 40 | 0,021 |
| 6 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 0.5 | 1 | 240 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 7 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.2 | 1 | 215 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 8 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.2 | 1 | 325 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 60 | 0,05 |
| 9 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.2 | 1 | 325 | 3,5 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 60 | 0,05 |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|---|---|------|---------------|---|-----|-----|----------|-----|--------------|------|------|----|--------|-------|----|------|
| 84 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8 | 1 | 780 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 85 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8 | 1 | 780 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 86 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8 | 1 | 780 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 87 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 88 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 89 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | -4.8-4 to 4.3 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 90 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 91 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 92 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 93 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 94 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 95 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 96 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 97 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 98 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 99 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 180 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 100 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 975 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 101 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 975 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 102 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 975 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 103 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 104 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 4.3 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 105 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 106 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 650 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 107 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 530 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 108 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 530 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 109 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 530 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |
| 110 | 3,5 | 1 | 3 | 0,01 | 2.8 | 1 | 530 | 2,2 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | < 5m | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,15 |

La pénétrante autoroutière GHAZAOUET comporte deux intersections de type carrefours giratoire plan situés au pk0+00 et au Pk0+400. Le tableau VI.2 résume les caractéristiques des deux carrefours.

Chapitre VI. Résultats et Discussions

Tableau VI.2 Les caractéristiques des intersections de la pénétrante autoroutière de GHAZAOEUT

| Attributs de la route | Carrefour giratoire PK0+00 | | Carrefour giratoire PK0+400 | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | | CMF | | CMF |
| Type d'intersection | Rond-point | 15 | Rond-point | 15 |
| Qualité d'intersection | Bonne | 1 | Bonne | 1 |
| Pente | 2.2 % | 1 | -4.073 % | 1 |
| Eclairage public | présent | 1 | présent | 1 |
| Adhérence | Stabilisé -modéré | 1,4 | Stabilisé - modéré | 1,4 |
| Porté visuelle | adéquate | 1 | adéquate | 1 |
| Intersection avec canalisation | présent | 1 | présent | 1 |
| Gestion de la vitesse | présent | 1 | présent | 1 |
| Flux extérieure | 11 400 | 0,185 | 11 400 | 0,185 |
| Vitesse de circulation | 40Km/h | 0,021 | 40Km/h | 0,021 |

VI.1.1.2 Cartouches de calculs

Après une analyse approfondie des segments de l'autoroute en exploitant les dossiers d'exécution, deux types d'accidents ont été considérés seulement pour l'évaluation du risque à savoir :

- Le type d'accident par perte de contrôle ;
- Le type d'accident de sortie de route ;

Du moment que les deux sens de circulation sont séparés par un terreplein central, le type d'accident frontal a été éliminé dans les calculs.

Concernant le type d'usagers, la présente étude a pris en compte que le cas des occupants de véhicules.

Pour le calcul du risque pour chaque segment, trois possibilités d'évaluation de risque se présentent :

- L'évaluation du risque pour les intersections de types carrefours giratoires ;
- L'évaluation du risque pour les segments courants ;
- L'évaluation du risque pour les intersections de sortie de route.

L'équation du score de notation par étoiles permet de calculer pour chaque segment de 100m (hectomètre) le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'utilisateur de la route, l'équation est donnée comme suit :

$$\text{SRS} = \sum \text{Crash Type Scores.} \quad (1)$$

Tel que :

- **SRS** : le risque relatif de décès et de blessures graves pour l'utilisateur de la route pour chaque 100m

Chapitre VI. Résultats et Discussions

- **Score de type d'accident** : probabilité X gravité X vitesse de circulation X influence des flux extérieurs

Un exemple de calcul pour chaque type d'accidents sont présenté dans les tableaux ci-dessus :

A) Cartouche de calcul pour les segments courant (Perte de Contrôle)

Tableau VI.3 donne les résultats de calcul du risque par la méthode iRAP pour un segment type du genre accident avec perte de contrôle. Ce type représente 104 segments, soit 95.6% des segments de projet étudié.

Tableau VI.3 Classement par étoiles des occupants des véhicules pour le type d'accident avec perte de contrôle : PK01-Segment 2

| Attributs de la route | CMFs | Score |
|--|------|--------------|
| Attributs de la route (probabilité) | | |
| Largeur de la voie | 1 | |
| courbure | 3.5 | |
| Qualité de courbure | 1 | |
| Tracé de la route | 1 | |
| Bande rugueuse sur le bas coté | 1.25 | |
| Etat de la route | 1 | |
| Pente | 1 | |
| adhérence | 1 | |
| Produit des facteurs de risqué des attributs de la route (probabilité) | | 4.375 |
| Attributs de la route (Gravité) | | |
| type de Médian | 80 | |
| Product of road attribute (severity) risk factors | | 80 |
| Flux extérieur | | 0.185 |
| Possibilité de traversé le médian | | 1 |
| Vitesse de circulation | | 0.021 |
| score de notation par étoiles pour perte de contrôle | | 1.359 |

B) Cartouche de calcul pour les segments à deux type d'accidents

Tableau VI.4 donne les résultats de calcul du risque par la méthode iRAP pour un segment type du genre accident avec perte de contrôle et accidents de sortie de route. Ce type représente 4 segments (soit 3.6% du total des segments).

Tableau VI. 4 Résultats de calcul pour les segments à deux type d'accidents (PK01 / PK02)

| PK | 1 | 2 | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Segment | 10 | 1 | 2 | 3 |
| Sortie de route | 2.625 | 5.775 | 5.775 | 5.775 |
| Perte de control | 2.775 | 6.105 | 6.105 | 6.105 |
| SRS | 5.4 | 11.88 | 11.88 | 11.88 |
| Notation par étoile | 3 | 3 | 3 | 3 |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

C) Cartouche de calcul pour les intersections

Tableau VI.5 donne les résultants de calcul du risque pour les intersections. La zone d'étude contient deux intersections de type carrefour giratoire.

Tableau VI. 5 Score par étoiles pour l'intersection de type Carrefour giratoire

| Type de facteur de risque | Catégorie | Facteur de risque |
|---|-------------------------------------|-------------------|
| Attributs de la route (Probabilité) | | |
| Type d'intersection | Carrefour giratoire | 15 |
| Qualité d'intersection | Bonne | 1 |
| Pente | 2.2 % | 1 |
| Eclairage public | Présent | 1 |
| Résistance au dérapage | Scellé -adéquat | 1.4 |
| Distance de visibilité | Adéquate | 1 |
| Canalisation d'intersection | Présent | 1 |
| Gestion de la vitesse / traffic calming | Dispositifs de réduction de vitesse | 1 |
| Attributs de la route (Gravité) | | |
| Type d'intersection | Carrefour giratoire | 15 |
| Flux extérieure | 11 000 | 0.185 |
| Vitesse de circulation | 40 Km/h | 0.021 |
| Score de notation par étoiles pour l'intersection | | 1.224 |

VI.1.1.3 Notation par étoiles

Les résultats du tableau VII.6 montrent que 58 segments (soit 52.8% des segments étudiés) ayant une affectation de 03 étoiles représentant ainsi un risque d'accident potentiel. L'ensemble de ces tronçons nécessitent alors une remise en cause en termes de sécurité routière. Les 52 segments (47.2% des segments étudiés) ayant une affectation de 04 et 05 étoiles ne nécessitent pas des interventions de sécurité, car le risque est estimé faible.

De ce fait, identifier les tronçons à haut risque d'une manière préventive permettra aux responsables du projet routier d'éliminer les erreurs de sécurité à un stade précoce d'avancement des travaux, avant l'ouverture de l'axe routier à la circulation. En outre, en termes de budget, la détection des zones d'accident à haut risque dans les phases d'étude et de conception permet d'apporter des corrections aux plans ou des réaménagements sans dépenser grands frais.

Tableau VI. 6 Résultats de notations par étoiles – Pénétrante autoroutière GHAZAOUET

| Nombres de segments | Score de notation par étoiles | Notation par étoiles |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|
| 2 | 1.407 | 5 |
| 3 | 1.359 | |
| 25 | 0 | |
| 2 | 3.2375 | 4 |
| 20 | 2.775 | |
| 1 | 5.4 | 3 |
| 35 | 6.105 | |
| 15 | 9.712 | |
| 3 | 11.88 | |
| None | - | 2 |
| None | - | 1 |

A. L'influence des caractéristiques géométriques et de vitesse de circulation sur la sécurité

➤ Cas des segments de courbure serrée et vitesse élevée

Plusieurs études ont montré que le taux et la gravité des accidents sont proportionnels au degré de courbure.

Sipos (2014) a prouvé par des statistiques accidentelles et des analyses géo-informatiques qu'il y avait une cohérence entre les courbes horizontales et verticales et le nombre et la gravité des accidents. (Johnston, (1982) ; et Glennon, (1987) ; Zegeer et al., (1991) ont conclu que des courbures serrées de moins de 500 m sont associées à des taux d'accidents élevés. (MOHAMMED, 2019) a démontré que les accidents avec blessés prédominent sur les courbes horizontales plus que les accidents avec matériels uniquement.

Le tableau VI.6 montre que 15 segments parmi les 58 segments sont caractérisés par une géométrie de courbure serrée (rayon inférieur à 500m) et une vitesse de circulation de 80Km/h ont un niveau de risque élevé (notation 3 étoiles). Il s'agit des segments suivants : 6 et 7, 50 à 55 et de 65 à 71.

Par ailleurs, pour les segments 8 et 9, le fait que la vitesse de circulation a été réduite à 60 km/h, le risque est devenu faible (notation par 4 étoiles), bien que la courbure reste serrée (rayon inférieur à 500m).

Là où la vitesse est supérieure à 80km/h et la courbure est serrée, les experts de sécurité routière doivent bien tenir compte de l'aspect de la SR (voir fig. VI.2).

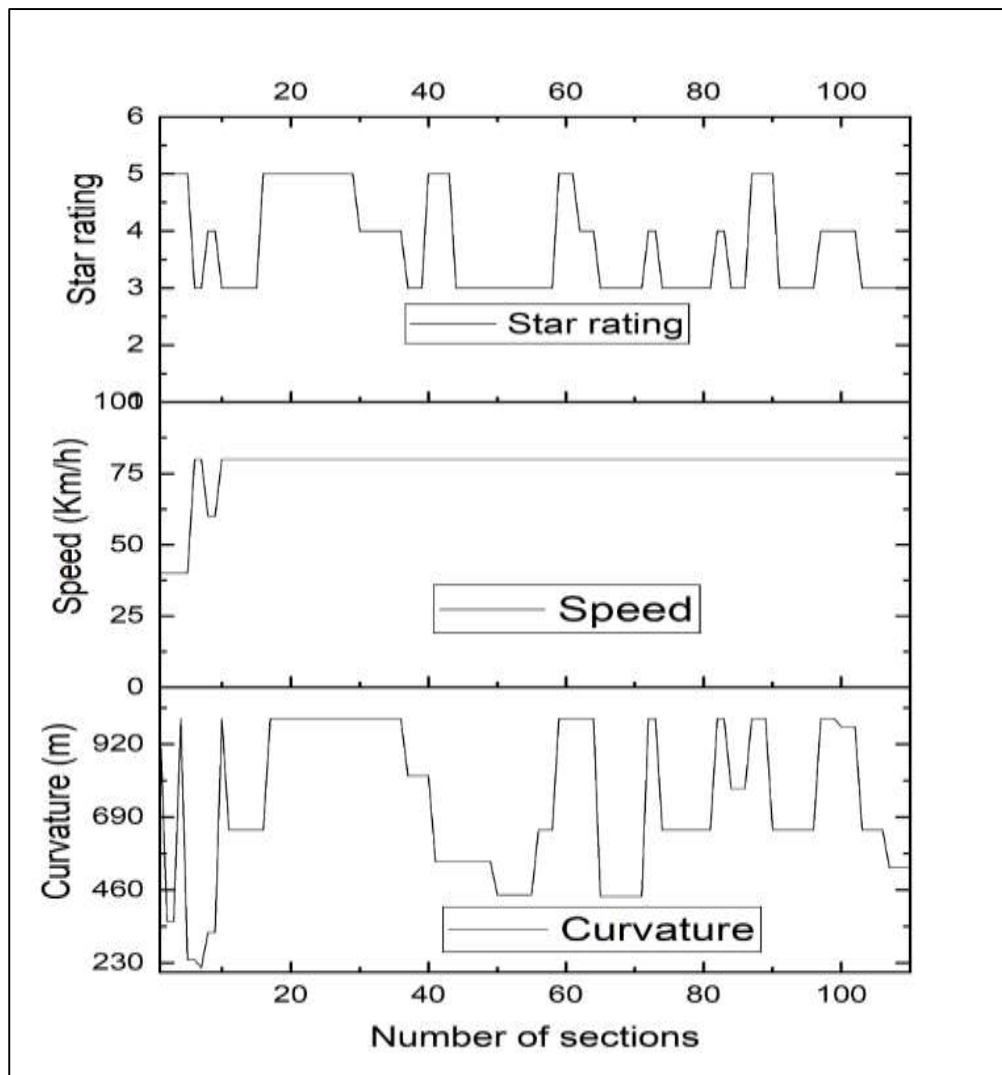


Figure VI. 2 Relation entre le niveau de sécurité (classement par étoiles), la vitesse de circulation et le rayon de courbure

➤ **Cas des segments de courbure modérée et vitesse élevée**

42 segments sont caractérisés par une vitesse élevée (80 Km/h) et une courbure pourtant modérée (550m, 650m et 820m), le risque estimé est élevé avec une affectation de 03 étoiles. C'est le cas des segments 11 à 49, 57 et 58 et de 74 à 110. Dans tous les cas de figure, là où la vitesse est supérieure à 80km/h, les experts de sécurité routière doivent bien prendre en considération le volet de la sécurité routière.

➤ **Cas de segments à deux types d'accidents et plus avec vitesse élevée**

Le segment N°10 contient une sortie de route, il est caractérisé par une ligne droite avec une vitesse de circulation de 80km/h. La probabilité de survenue de deux types d'accidents (accidents par perte de contrôle et accidents de sorties de routes) est dans ce cas un facteur prépondérant dans l'augmentation du risque d'accident. C'est ainsi

Chapitre VI. Résultats et Discussions

que ce segment a été classé comme segment à haut risque avec une affectation de 03 étoiles.

De même, tous les segments qui ne contiennent pas des sorties de routes et ayant un seul type d'accident (perte de contrôle uniquement) avec des courbures modérées, même si les vitesses pratiquées sont de 80Km/h, le niveau du risque reste faible (notation de 4 étoiles). C'est le cas des tronçons 8 et 9 ; 33 à 37 ; 62 à 64 ; 72 à 78 et 97 à 102.

De ce fait, les experts doivent faire attention à tous les endroits de sortie de routes dont les vitesses dépassent les 80Km/h.

➤ Cas de segments à courbure serrés et risque trop faible

Deux segments caractérisés par une courbure serrée (inférieur à 500 m) avec une vitesse faible de 40 Km/h. Il s'agit des deux segments au niveau de la zone urbaine proche des carrefours giratoires. Bien que la courbure soit serrée le risque calculé est trop faible avec une notation de 5 étoiles.

La vitesse de circulation est donc un facteur prépondérant dans l'équation du risque. Contrôler les vitesses pratiquées une fois la route est mise en circulation par des points de contrôle de vitesse par des radars automatisés est recommandé afin d'assurer la sécurité avec des coûts financiers acceptables sans effectuer des modifications importantes sur la géométrie de la route qui sont souvent onéreuses.

Le tableau VI.7 donne, d'une façon proactive, des indications globales aux auditeurs de la sécurité routière sur la relation entre les vitesses de circulation, le rayon de courbure, le débit du trafic, les types d'accidents présents sur le tronçon et le niveau de sécurité routière probable.

Tableau VI.7 Evaluation proactive du Risque routier

| Vitesse (Km/h) | Courbure (m) | Débit UVP/jour | Types d'accidents | | Risk |
|----------------|------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|--------|
| | | | Perte de contrôle | Sortie de route | |
| Elevée (≥80) | Serrée | < 18 000 | ✓ | | Elevé |
| Elevée (≥80) | modérée | < 18 000 | ✓ | | Elevé |
| Faible (≤40) | Serrée | < 18 000 | ✓ | | Faible |
| Elevé | modérée / légèrement incurvé | < 18 000 | ✓ | ✓ | Elevé |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

B. Intersection

L'axe routier de la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET comporte deux intersections de type carrefour giratoire. D'où un carrefour giratoire a pour définition "Un carrefour comportant trois branches ou plus, dans lesquelles les courants convergent puis divergent sur une chaussée à sens unique entourant l'îlot central. La circulation sur cette chaussée se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et a priorité sur la circulation entrant dans l'anneau"

Le tableau VI.8 présente les résultats de l'évaluation des carrefours de la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET par l'iRAP. Les deux intersections ont un taux de sécurité élevé pour les usagers de la route, elles sont donc classées 5 étoiles avec un score de 1,224.

Tableau VI. 8 Résultats de notations par étoiles pour les intersections

| Attributs de la route | Carrefour giratoire PK0+00 | | Carrefour giratoire PK0+400 | |
|--------------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | | CMF | | CMF |
| Type d'intersection | Rond-point | 15 | Rond-point | 15 |
| Qualité d'intersection | Bonne | 1 | Bonne | 1 |
| Pente | 2.2 % | 1 | -4.073 % | 1 |
| Eclairage public | présent | 1 | présent | 1 |
| Adhérence | Stabilisé -modéré | 1,4 | Stabilisé - modéré | 1,4 |
| Porté visuelle | adéquate | 1 | adéquate | 1 |
| Intersection avec canalisation | présent | 1 | présent | 1 |
| Gestion de la vitesse | présent | 1 | présent | 1 |
| Flux extérieure | 11 400 | 0,185 | 11 400 | 0,185 |
| Vitesse de circulation | 40Km/h | 0,021 | 40Km/h | 0,021 |
| SRS | 1,224 | | 1,224 | |
| Notation par étoiles | 5 étoiles | | 5 étoiles | |

VII.1.2 Utilisation des systèmes d'informations géographiques

Cette section fournit une description et une illustration spatiale de la répartition des niveaux du risque routier que la route procure aux usagers de la route sur la base de l'évaluation du risque par l'iRAP évalués dans la section précédente (Section VI.1.3). À l'aide des systèmes d'information géographique, les analyses spatiales ont généré des cartes matricielles pour la visualisation du niveau de risque routier, avec les intervalles de classification illustrés dans le chapitre V.

VI.1.2.1 Données et sources d'informations

La pénétrante autoroutière de GHAZAOUET n'étant pas encore opérationnelle, une seule source d'information a été utilisée : les caractéristiques techniques de la route fournies par le bureau d'études et les entreprises de construction.

Chapitre VI. Résultats et Discussions

La figure VI.3 montre le tronçon autoroutier objet d'étude et l'ensemble des espaces avoisinants qu'il traverse (zones urbaines, réseau routier secondaires, bâtis, forêts...). Il s'agit d'une translation de l'espace réel vers un espace géo- localisé.

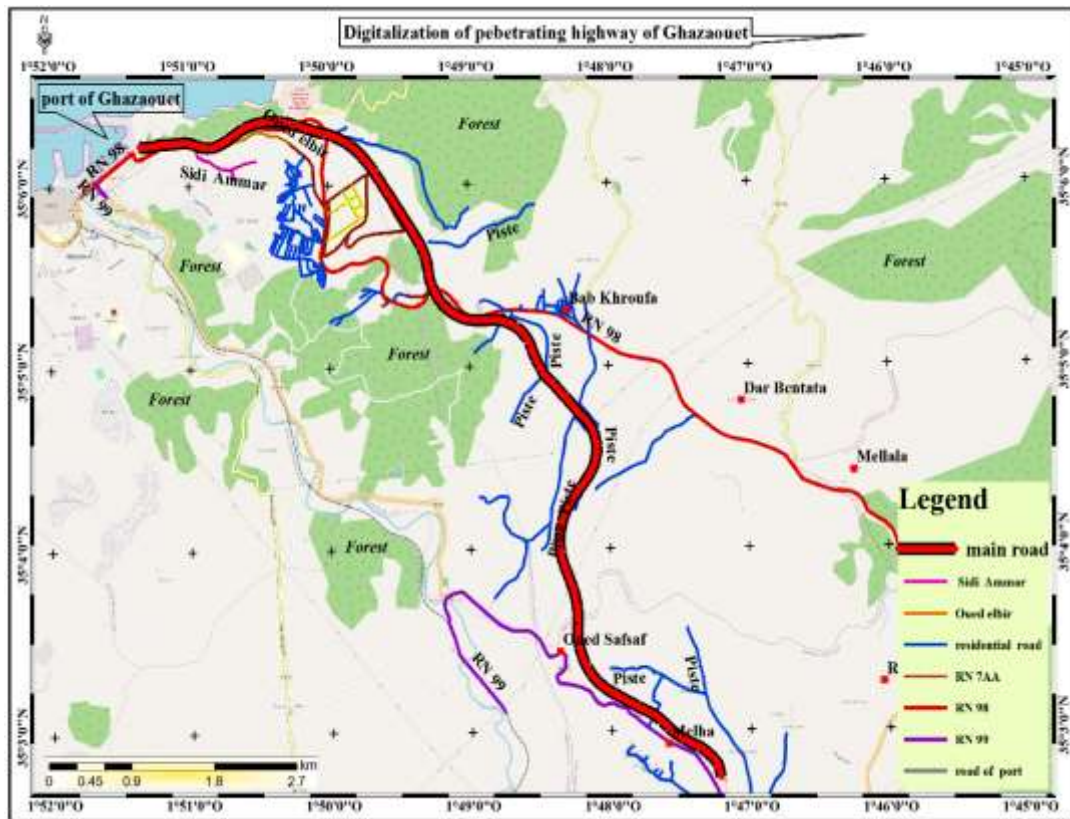


Figure VI.3 Numérisation de la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET

VII.1.2.2 Analyse spatiale du risque routier

La figure VI.4 montre d'une façon visuelle les rayons de courbures pour chaque segment de 100 m. Selon les recommandations de (iRAP 2013), les rayons de courbure ont été divisés en quatre classes : les courbures très serrées, dont les rayons sont inférieurs à 200m, présentés par la couleur rouge sur la carte. Les courbures serrées (rayons inférieurs à 500m) sont indiquées par la couleur orange. Les courbures modérées (rayons supérieures à 500m et inférieures à 900m) présentées par la couleur jaune et enfin les segments droits ou légèrement courbés dont le rayon est supérieur à 900m sont indiqués par la couleur verte.

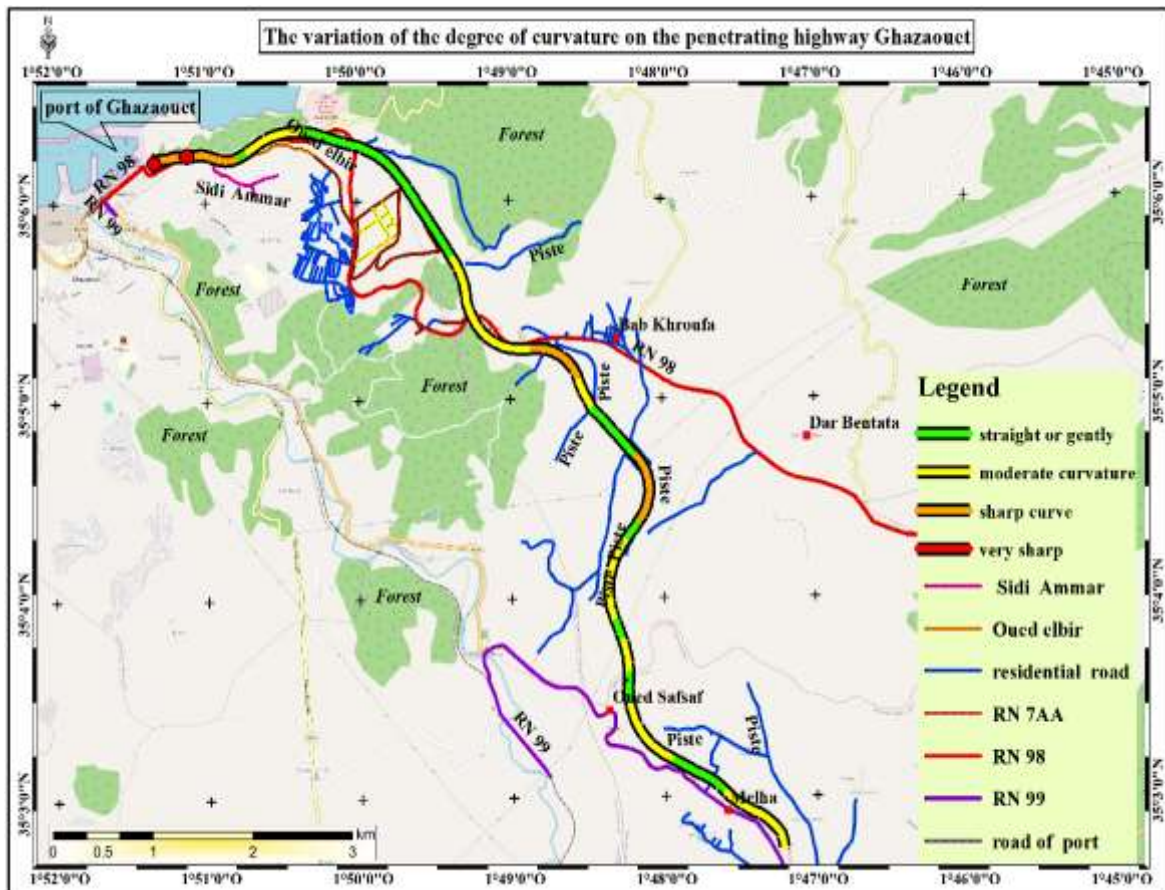


Figure VI.4 La variation du degré de courbure sur la pénétrante autoroutière de GHAZAOUET

La figure VI.5 montre la localisation des segments de la route selon leur niveau du risque d'accident. Trois niveaux du risque ont été repérés sur la zone d'étude :

- Les segments à très faible risque ($0 < SRS < 2,5$) : ils sont représentés sur la carte par la couleur verte avec une notation de 05 étoiles ;
- Les segments à faible risque ($2,5 < SRS < 5$) : ils sont représentés par la couleur jaune avec une notation 4 étoiles ;
- Les segments à risque moyen ($5 < SRS < 12,5$) : montrés par la couleur orange et une notation de 03 étoiles. Le travail d'inspection et d'audit doit donner la priorité à ces sections.

Les calculs ont révélé l'absence du risque élevé (segments à 02 étoiles de couleur rouge) et du risque très élevé (01 étoile de couleur noire).

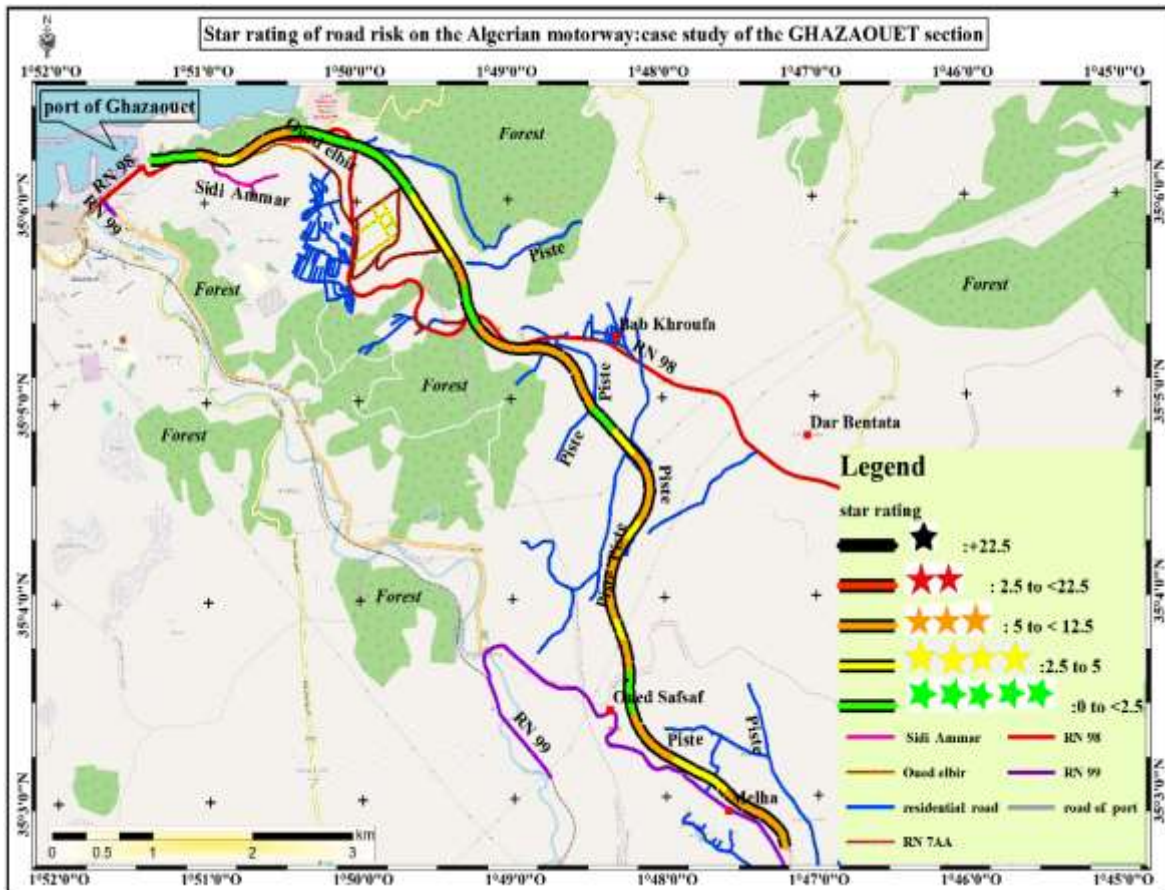


Figure VI.5 Notation par étoiles du risque routier sur les autoroutes algériennes : étude de cas du tronçon GHAZAOUET

De ce fait, l'intégration des SIG à la méthodologie iRAP a permis d'apporter les points positifs suivants :

- La translation de l'espace réel du projet vers un espace géo- localisé via les SIG permet de mieux assimiler le projet routier dans son ensemble et non pas d'une façon isolée ;
- La notation par étoiles instaurée par iRAP a été mise en valeur à travers les cartes élaborées par les SIG. Ainsi, elle facilite mieux le travail d'inspection des experts de la sécurité routière :
- Ces cartes deviennent ainsi un outil d'aide à la décision facile à utiliser par les équipes d'audit de sécurité routière pour repérer d'une façon rapide les segments nécessitant une amélioration au sujet de sécurité routière.

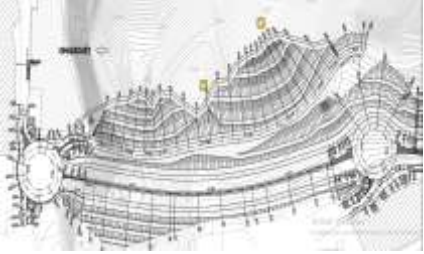


VI.1.3 Inspection terrain

La pénétration autoroutière de GHAZAOUET étant en cours de construction, une visite de terrain a été effectuée afin de diagnostiquer les anomalies en matière de sécurité routière, ainsi que de vérifier les résultats obtenus par les deux approches précédentes (évaluation par l'iRAP et l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique).




Chapitre VI. Résultats et Discussions

Le tableau VI.9 présente le rapport d'inspection sur le terrain et les recommandations pour améliorer le niveau de sécurité avant la mise en service de l'autoroute.


Tableau VI.9 Localisation des anomalies en terme de sécurité routière 'Pénétrante autoroutière GHAZAOUET'

| N° | Problèmes dangereux | Recommandations | Photographies des enjeux |
|----|--|---|--|
| 1 | Le non-respect de la distance entre les deux carrefours giratoires (norme : ICTAVRU) | <ul style="list-style-type: none"> - Réduire la vitesse à l'approche des carrefours - Assurer l'écoulement du trafic en toute sécurité par des dispositifs de sécurité (Marquage, panneaux de signalisations) |  |
| 2 | Réduction du nombre de voies de 2*3 voies a 2*2 voies | <ul style="list-style-type: none"> - Panneaux de signalisations - Limitation de vitesse | |
| 3 | Non-conformité de la pente avec la norme utilisée ICTAAL (dépasser les 6%) | -Ajout d'une voie spécialisée aux poids lourds | |
| 4 | Absence de voies spécialisées aux poids lourds | <ul style="list-style-type: none"> - limitations d'accès en fonction des : <ol style="list-style-type: none"> 1. critères dimensionnels et de charge du véhicule (gabarit, longueur, poids, type de marchandise transportée, etc., 2. de son état (pression des pneumatiques, réserve de carburant, température des freins, ...), 3. de critères événementiels (perturbation du trafic, chute de neige...) |  |
| 5 | Chevauchement de l'axe autoroutier avec la RN98 | - Séparation avec des GBA entre les deux axes routier |  |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | |
|---|---|--|--|
| 6 | Pente de talus importante (Risque de glissement de terre) | - Traitement des Talus (Béton Projetée (Gunitage), |  |
| 7 | Rayon serré | <ul style="list-style-type: none"> -Gestion de vitesse a l'approche du virage - Control de la vitesse pratiquée par les usagers par des radars - Assurer une bonne visibilité (éclairage public, panneau réfléchissant) |  |
| 8 | Pente importante (5%) Vitesse (100Km/h) Rayon serré | <ul style="list-style-type: none"> - Dispositifs de sécurité - Voies spécialisée pour les Poids lourds - Limitation de vitesse |   |
| 9 | Absence du GBA | Réaménagement : Glissière en Béton Armé (GBA) |  |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | |
|----|----------------------------|---|--|
| 10 | Risque de chute de pierres | Protection par : <ul style="list-style-type: none">-Réseau câblé-Réseau d'anneaux- Glissière en Béton Armé (GBA) |  |
|----|----------------------------|---|--|

Section 2 : Diagnostic et analyse réactive de la sécurité routière

Cette section propose une évaluation réactive de l'aspect sécurité routière dans une autoroute déjà mise en service. Il s'agit de la pénétrante autoroutière "Mascara-SIG". Dans cette section, nous avons appliqué les méthodes proactives d'analyse et de diagnostic de la sécurité routière présentées dans la section précédente d'une manière réactive. Le but phare de l'application des approches proactive de manière réactive est de vérifier et d'approuver l'alternative proposée comme une alternative fiable et prometteuse pour la sécurité routière et d'améliorer le niveau de sécurité des usagers de la route, en particulier des occupants des véhicules.

VI.2.1 Application du Programme International d'évaluation des Routes :

VI.2.1.1 Codage des Attributs de la route :

Comme expliqué dans le chapitre 4, le premier lot de la pénétrante autoroutière de Mascara est divisé en deux parties ; Le premier tronçon est un tronçon nouvellement conçu de l'autoroute, et le deuxième tronçon fait partie de la route nationale RN98.

Le processus de codage des attributs routiers pour la pénétrante autoroutière 'Mascara-Sig' est différent de celui de l'autoroute 'Ghazaouet'. En termes de caractéristiques routières sont extraites en examinant le projet d'autoroute (inspection terrain). Les fichiers image ont été utilisés pour convertir les segments de 100 m de la route pour le processus de codage. La figure VI.6 montre un exemple du processus de codage pour une partie de la route dans la zone du projet.



Figure VI.6 Exemple du processus de codage pour une section de l'itinéraire dans la zone du projet (Pénétrante autoroutière Mascara-Sig)

Le codage des caractéristiques des segments des deux tronçons routiers de la pénétrante autoroutière Mascara-Sig sont résumées dans le tableau VI.10 :

Chapitre VI. Résultats et Discussions

Tableau VI.10 Les caractéristiques des segments de la pénétrante autoroutière de Mascara-Sig

| Numéro de segments | Attributs de la route (facteurs de risques) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----|-----------------|------|-----------|-----|-------------------|-----|-------------------------|-----|--------------|------|-----------------------|-----|-------------------------|-------|-------------------------------|-----|
| | Largeur de la voie (m) | | Nombre de voies | | Pente (%) | | Courbure (degrés) | | Road shoulder width (m) | | BRC | | Central bandwidth (m) | | Flux extérieure (U.V.P) | | Vitesse de circulation (Km/h) | |
| | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF |
| Pénétrante autoroutière Mascara-Sig | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 2 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 3 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1 | 1 | 1000 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 4 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | 1000 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 5 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | 1000 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 6 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 7 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 8 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 9 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 10 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 11 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 12 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 13 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 14 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1% | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 15 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1% | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 16 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 17 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 18 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 19 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 20 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 21 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 22 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 23 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 24 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 25 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | 1400 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 26 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 27 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 28 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 29 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 0,25 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 30 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1,50 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 31 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 1,50 | 1 | 1800 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 32 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1,5 | 1 | 1800 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 33 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1,5 | 1 | 1800 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|---|---|------|---------------|---|--------|-----|----------|-----|--------------|------|---|----|--------|-------|-----|------|
| 71 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 1500 | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 72 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 73 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 74 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 75 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 76 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 77 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 78 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 79 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 850 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 80 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 850 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 81 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 850 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 82 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 850 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| 83 | 3,5 | 1 | 2 | 0,02 | 5,00 | 1 | 850 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 120 | 1 |
| RN98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-1) | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 85 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 0 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 86 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 1 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 87 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-1 / (-)0,2) | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 88 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,7 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 89 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 90 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-)0,5 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 91 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1,8 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 92 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 0,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 93 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 0,00 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 94 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 0,10 | 1 | Droite | 1 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 95 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | 1,30 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 96 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | (-)1,1 | 1 | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |
| 97 | 3 | 1 | 2 | 0,02 | | | 800 | 1,8 | 1m to 5m | 0,8 | Non présente | 1,25 | 4 | 80 | 11 400 | 0,185 | 80 | 0,67 |

Le premier lot de la pénétrante autoroutière Mascara-Sig comporte quatre intersections de type carrefours giratoire plan situés au PK0+00 et au Pk7+400, ainsi que l'intersection de la RN98 avec le chemin de Wilaya CW30 et l'intersection de la RN98 avec l'autoroute Est-Ouest. Le tableau VI.11 résume les caractéristiques des quatre carrefours.

Chapitre VI. Résultats et Discussions

Tableau VI. 11 Les caractéristiques des intersections de la pénétrante autoroutière de Mascara-Sig

| Road Attributs | Intersections | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|--------------------|-------|
| | Carrefour PK7+700 | | Carrefour PK0+00 | | Carrefour CW 30 | | Carrefour RN 97 | |
| | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF |
| Type d'intersection | Carrefour giratoire | 15 | Carrefour giratoire | 15 | Carrefour giratoire | 15 | Rond-point | 15 |
| Qualité d'intersection | faible | 1.2 | faible | 1.2 | faible | 1.2 | faible | 1.2 |
| Pente | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 |
| Eclairage public | Non présent | 1.15 | Non présent | 1.15 | Non présent | 1.15 | présent | 1 |
| Adhérence | Stabilisée - faible | 2 | Non Stabilisée - adéquate | 3 | Non Stabilisée - adéquate | 3 | Stabilisée -faible | 2 |
| Porté visuelle | adéquate | 1 | adéquate | 1 | adéquate | 1 | adéquate | 1 |
| Intersection avec canalisation | présente | 1 | Non présente | 1,2 | Non présente | 1,2 | présente | 1 |
| Gestion de la vitesse | présente | 1 | Non présente | 1,25 | Non présente | 1,25 | présente | 1 |
| Flux extérieure | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 |
| Vitesse de circulation | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 |

VI.2.1.2 Notation par étoiles

Le tableau VI.12 résume les résultats obtenus de l'évaluation du tronçon autoroutier étudié par le programme international d'évaluation des routes (iRAP)

Tableau VI. 12 Résultats de notations par étoiles – Pénétrante autoroutière de MASCARA

| Nombres de segments | Score de notation par étoiles | | | Notation par étoiles |
|---|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|
| | Perte de contrôle | Sortie de route | Accès aux propriétés privé | |
| Lot 01 : Pénétrante autoroutière 'Mascara-Sig' | | | | |
| 71 | 0,37 | - | - | 5 étoiles |
| 10 | 0,67 | - | - | |
| 1 | 0,37 | 4,44 | - | 4 étoiles |
| 1 | 0,37 | 7,99 | - | 3 étoiles |
| - | - | - | - | 2 étoiles |
| - | - | - | - | 1 étoile |
| Lot 02 : Route nationale 97 | | | | |
| 8 | 0,37 | - | - | 5 étoiles |
| 4 | 0,66 | - | - | |
| 2 | 0,37 | 4,46 | - | 4 étoiles |
| 1 | 0,66 | 8,03 | - | 3 étoiles |
| 1 | 0,37 | - | 13,01 | 2 étoiles |
| - | - | - | - | 1 étoile |

A. Pénétrante autoroutière :

Selon le tableau VI.12, la pénétrante autoroutière contient un seul segment qui présente un risque élevé (noté à 3étoiles). Il s'agit du segment situé au PK7+700 qui se trouve à la zone de connexion de la pénétrante autoroutière avec la route nationale RN97.

Chapitre VI. Résultats et Discussions

En termes de risque routier, ce segment présente la probabilité de la survenue de deux types d'accidents : l'un avec perte de control et l'autre avec sortie de route relatif à la présence du carrefour giratoire en plan (voir figure VI.7)

Cette configuration constitue un point faible de ce projet autoroutier en termes de sécurité routière. Car on peut l'assimiler à un branchement d'une canalisation de grand diamètre, pénétrante autoroutière, vers une autre de diamètre inférieure : route nationale. Ce qui n'est pas une conception conforme en termes de sécurité routière.

Le tableau VI.12 montre aussi que le segment qui se situe au Pk00+100 pour qui même si les calculs du risque obtenus par la méthode IRAP montrent un risque faible (niveau de sécurité noté à 4 étoiles), il constitue, à notre sens, un autre point faible en terme de sécurité car il s'agit d'une déviation provisoire due aux travaux du projet autoroutier. Afin d'alerter les usagers de la route, notamment pendant la nuit, sur la déviation provisoire, la chaussée est dotée de clous métalliques implantés au sol. Néanmoins, ce dispositif de ralentissement de vitesse n'est pas très visible pour les usagers qui empruntent occasionnellement ce tronçon ainsi que pendant la nuit.

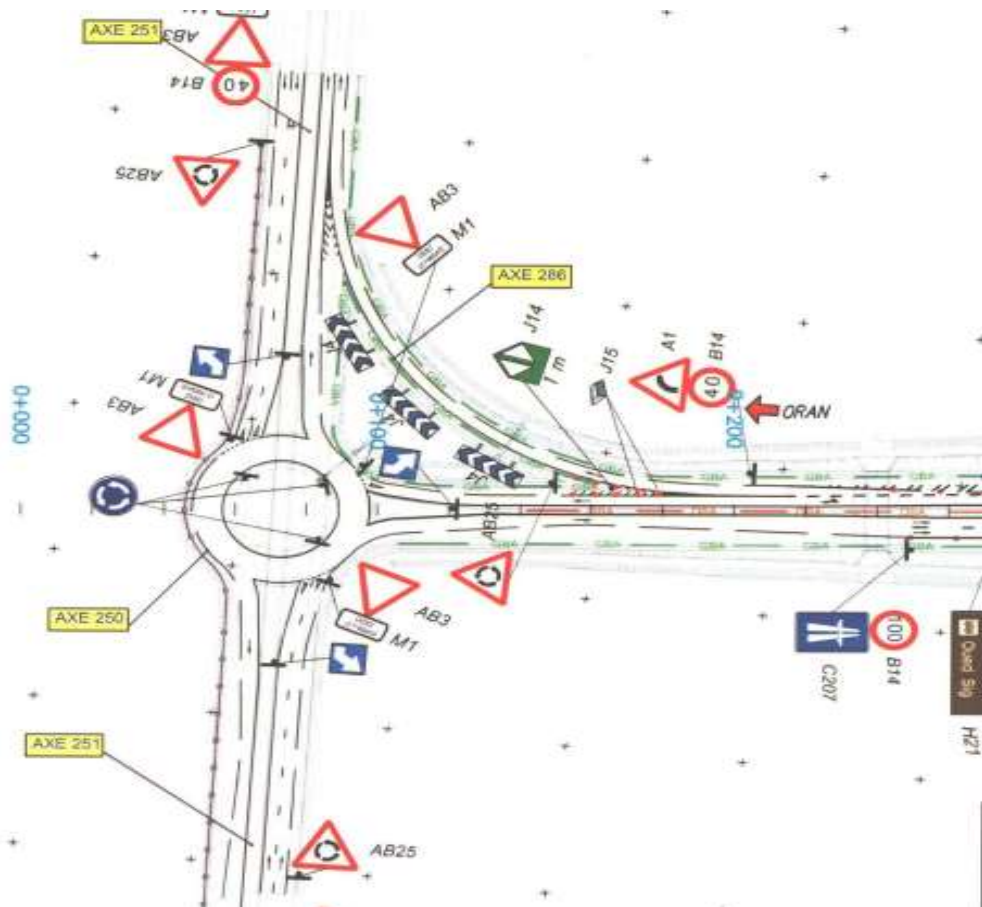


Figure VII.7 Carrefour giratoire plan (PK7+700)

Chapitre VI. Résultats et Discussions

Un autre facteur qui favorise l'augmentation du risque d'accident au niveau des endroits cités plus haut, est la vitesse de circulation pratiquée de 120 Km/h. A cet effet, avec cette vitesse pratiquée, la moindre erreur due au comportement humain ou à la fiabilité de véhicule ou due à l'infrastructure routière, pourra occasionner des accidents graves.

Par ailleurs le reste des segments (97,4%) de la pénétrante procure aux usagers un niveau de sécurité amplement suffisant (noté 5 étoiles).

B. Tronçon de route nationale RN97 :

A titre de rappel, ce tronçon a été utilisé comme alternative de branchement de la pénétrante autoroutière pour assurer la liaison vers l'autoroute principal Est-Ouest. Ce tronçon est caractérisé par la présence de plusieurs intersections de type carrefours giratoires et accès vers des zones d'habitations, des propriétés privées et des zones d'activités commerciales.

L'évaluation du risque par iRAP pour ce tronçon de route nationale a montré qu'un seul segment qui se situe PK8+600 présente un risque très élevé avec une notation de deux étoiles sur l'échelle. Il s'agit d'un accès à la propriété agricole avoisinante. Ce cas présente deux probabilité de survenu d'accident avec une vitesse pratiquée de 80KM/h. (voir figure VI.8)



Figure VI.8 Accès à la propriété par un branchement direct

C. Intersections :

Le tableau VI.13 présente l'évaluation des intersections. On constate que deux éléments augmentent le niveau de risque, soit l'absence de canalisation et d'éclairage publics au niveau des carrefours giratoires. La canalisation réduit le taux global d'accidents aux carrefours en invitant l'utilisateur à suivre un itinéraire dédié et en évitant les conflits entre différentes catégories d'utilisateurs de la route (Simon et al., 2009). L'éclairage publics peut agir comme un inconvénient pour certaines autres variables non observées mais corrélées telles que les

Chapitre VI. Résultats et Discussions

différences de vitesse (Stijn et al., 2010). (Preston et Schwenker, 1999) ont mené une étude sur l'effet de l'éclairage sur les accidents de la circulation en utilisant une méthodologie avant-après dans 12 intersections rurales du Minnesota. Ils rapportent les résultats d'une réduction de 40% du taux d'accidents nocturnes et d'une réduction de 20% de la gravité des accidents.

Tableau VI. 13 Résultats de notations par étoiles pour les intersections

| Road Attributs | Intersections | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|--------------------|-------|
| | Carrefour PK7+700 | | Carrefour PK0+00 | | Carrefour CW 30 | | Carrefour RN 97 | |
| | | CMF | | CMF | | CMF | | CMF |
| Type d'intersection | Carrefour giratoire | 15 | Carrefour giratoire | 15 | Carrefour giratoire | 15 | Rond-point | 15 |
| Qualité d'intersection | faible | 1.2 | faible | 1.2 | faible | 1.2 | faible | 1.2 |
| Pente | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 | 2.2 % | 1 |
| Eclairage public | Non présent | 1.15 | Non présent | 1.15 | Non présent | 1.15 | présent | 1 |
| Adhérence | Stabilisée - faible | 2 | Non Stabilisée - adéquate | 3 | Non Stabilisée - adéquate | 3 | Stabilisée -faible | 2 |
| Porté visuelle | adéquate | 1 | adéquate | 1 | adéquate | 1 | adéquate | 1 |
| Intersection avec canalisation | présente | 1 | Non présente | 1,2 | Non présente | 1,2 | présente | 1 |
| Gestion de la vitesse | présente | 1 | Non présente | 1,25 | Non présente | 1,25 | présente | 1 |
| Flux extérieure | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 | 11 400 | 0.185 |
| Vitesse de circulation | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 | 40Km/h | 0.021 |
| SRS | 2.413 | | 5.428 | | 5.428 | | 2.098 | |
| Star rating | 5 étoiles | | 3 étoiles | | 3 étoiles | | 5 étoiles | |

VI.2.2 Utilisation des systèmes d'informations géographiques

VI.2.2.1 Données et sources d'informations

Deux sources d'informations ont été utilisées : les caractéristiques géométriques de la route fournies par le bureau d'études et entreprise de construction et une base complémentaire déduite à partir des avis des conducteurs de taxis inter-wilayas utilisant fréquemment le tronçon Mascara-Sig, dans les deux sens

VI.2.2.2 Analyse spatiale du risque routier

La figure VI.9 ci-dessous illustre les zones noires d'accidents sur le tronçon RN6 après l'avoir segmenté en PK.

A travers cette carte, nous pouvons révéler la localisation de zones à haut risque en se basant sur les caractéristiques géométriques de la route. Ces endroits sont différenciés en fonction de leur degré de risque et sont représentés avec différentes couleurs, Quatre niveaux de risque ont été repérés sur la zone d'étude :

Chapitre VI. Résultats et Discussions

- La couleur verte représente les segments dont le risque est très faible, avec une notation de 5 étoiles, d'où le score de notation par étoile est de $(0 < SRS < 2,5)$. Les segments à très faible risque représentent 93,9% des segments évalués.
- La couleur orange représente les segments dont le risque est faible, avec une notation de 4 étoiles, d'où le score de notation par étoile est de $(2,5 < SRS < 5)$. Trois segments avec un pourcentage de 3,03% représentent un risque faible dans notre zone d'étude.
- La couleur jaune représente les segments à risque moyen avec une notation de 3 étoiles, d'où le score de notation par étoile est de $(5 < SRS < 12,5)$.
- La couleur rouge représente les segments dont le risque est élevé avec une notation de deux étoiles, d'où le score de notation par étoile est de $(12,5 < SRS < 22,5)$, un seul segment présente un risque très élevé

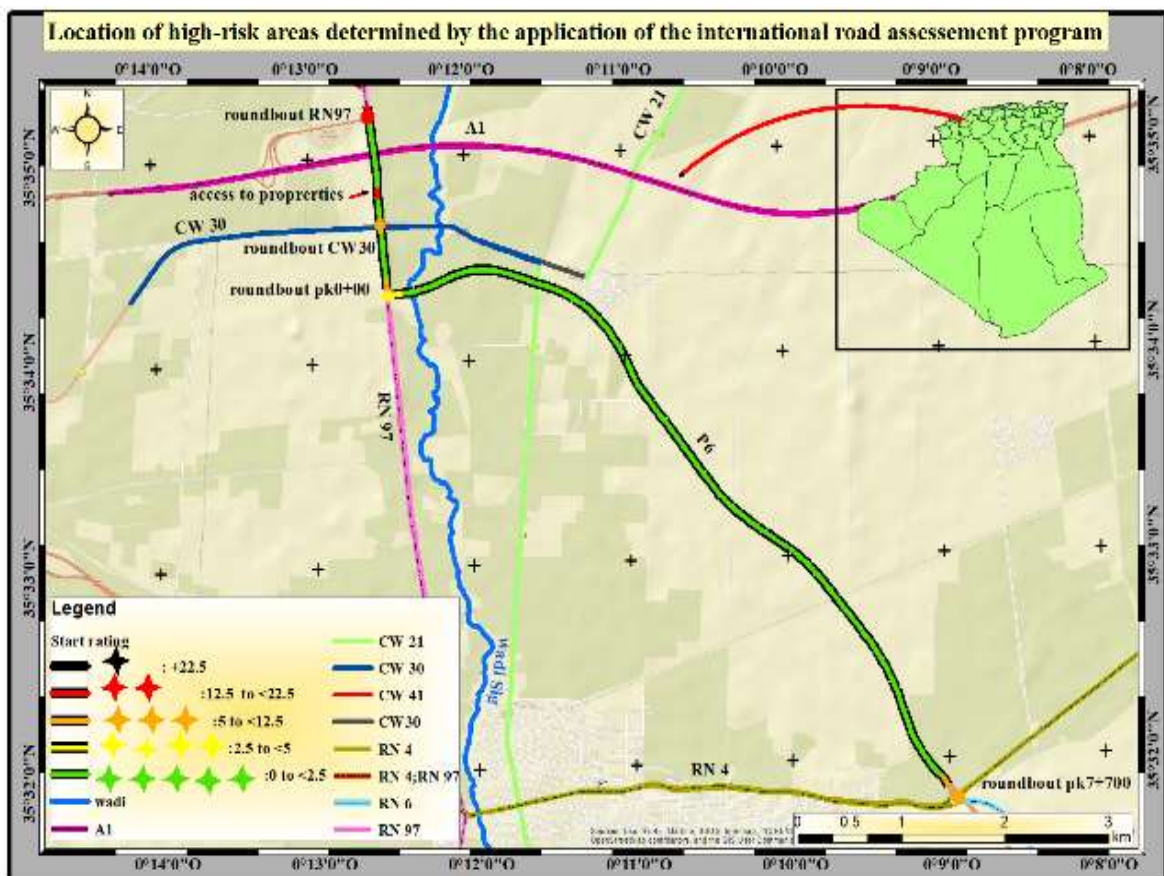


Figure VI.9 localisation des zones à haut risque déterminées par l'application du programme international d'évaluation des routes

Un entretien face à face a été fait auprès des taxieurs de la ligne Mascara-Oran en les interrogeant sur les lieux jugés dangereux selon leurs expériences. Dans la figure VI.10, nous avons essayé de représenter les avis de l'enquête auprès des chauffeurs de taxis inter-wilayas afin de repérer les endroits exacts où les chauffeurs de taxis se sentent en danger d'accident de

Chapitre VI. Résultats et Discussions

la circulation. ces réponses sont issues de la question "Quels sont les endroits où vous ressentez le risque d'accident ?". Les réponses sont ensuite organisées et codées puis projetées sur carte (Voir Figure VI.10). Cette figure indique le risque routier le plus défavorable sur cet axe objet d'étude. La couleur orange indique le risque routier résultant de la combinaison des résultats d'enquête pendant le jour et pendant la nuit.

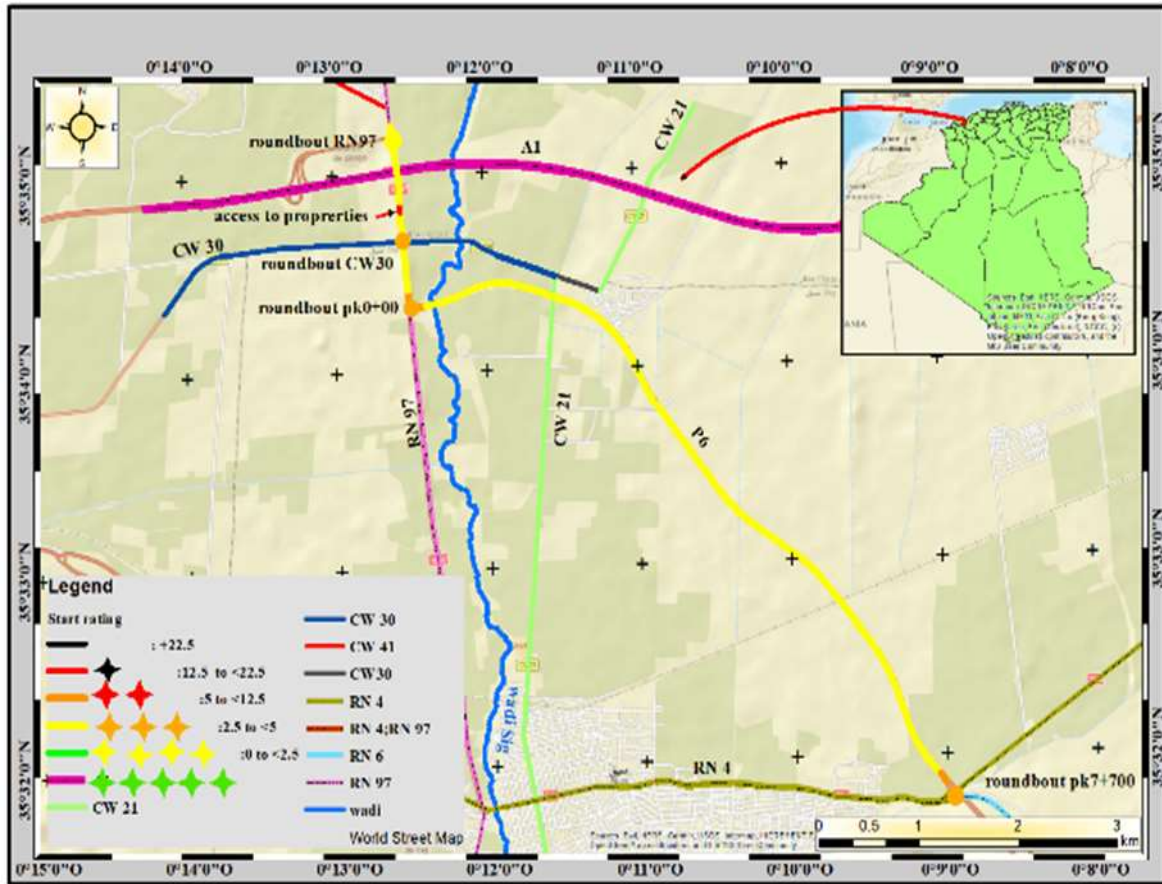


Figure VI. 10 Les endroits où les chauffeurs de taxis se sentent en danger d'accident de la circulation





Après avoir analysé et compilé les réponses des chauffeurs de taxi sur la pénétrante autoroutière MASCAR-SIG nous avons pu relever les 3 segments les plus dangereux, selon l'avis des conducteurs : à l'approche des carrefours giratoire (PK7+700, PK0+00, CW30) comme indiqué dans la carte (Figure VI.10).

VII.2.3 Inspection de terrain






Les problèmes majeurs mettant en danger la sécurité des usagers de la route sont présentés dans le tableau suivant :

Chapitre VI. Résultats et Discussions





Tableau VI.14 Anomalies en terme de sécurité routière « Pénétrante autoroutière Mascara-Sig »

| N° | Problèmes dangereux | Recommandations | Photographies des enjeux |
|----|--|--|--|
| 1 | Discontinuité du réseau autoroutier : Changement de type de route | Aménagement du tronçon de la route nationale RN 97 avec des équipements autoroutières pour absorber le flux de la pénétrante autoroutière en toute sécurité |  |
| 2 | De l'échangeur au carrefour plan | Assurer une bonne connexion entre la pénétrante autoroutière et RN 97 en : -Gestion de la vitesse à l'approche du carrefour -panneaux de signalisation |  |
| 3 | Brettelle de raccordement | Augmenter le biais de l'ouvrage d'art par rapport à son schéma de l'APD de manière à rendre plus fluides les mouvements entre la pénétrante et la RN 97 |  |
| 4 | Caractéristique géométrique du carrefour plan RN 97 : Petit diamètre | -Réaménagement du carrefour plan |  |


Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | |
|---|--|--|---|
| 5 | Distance entre les giratoire, CW30 et PK0+00 | -Aménager l'intersection au CW30/RN97 avec des voies d'évacuation séparées (des voies de dégagement distinctes) et Retirer le carrefour giratoire CW30 |  |
| 6 | Manque de panneaux de signalisation au niveau de l'ouvrage d'art existant sur RN97 | -Assurer la signalisation au niveau de l'ouvrage d'art |  |
| 7 | Manque de signalisation et dégradation de chaussée | -Réfection de la chaussée -assurer un bon drainage des eaux |   |
| 8 | Manque de marquage | Implantation du marquage sur la chaussée |  |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | |
|----|--|---|--|
| 9 | Un rayon important | <ul style="list-style-type: none"> -Gestion de vitesse a l'approche du virage - Contrôle de la vitesse pratiquée par les usagers par des radars - Assurer une bonne visibilité (éclairage public, panneau réfléchissant) |  |
| 10 | La non prise en compte de la sécurité des deux roues | - ajouter des pistes cyclables pour les motorcycle |  |
| 11 | Absence des voies spécialisées pour les véhicules lents (VSVL) | - élargissement des voies |  |
| 12 | Mauvaise fonctionnement du DBA au niveau de la RN97 | Réaménagement des DBA au niveau de la route national RN97 |  |

Chapitre VI. Résultats et Discussions

| | | | |
|----|------------------------------------|--|--|
| 13 | Raccordement provisoire RN4/RN6 | |  |
|----|------------------------------------|--|--|

VI.3 Conclusion

L'amélioration de la gestion de la sécurité des infrastructures routières est un élément clé de l'amélioration de la sécurité routière. Bien qu'une petite proportion d'accidents soit exclusivement causée par des facteurs routiers, un nombre important implique des facteurs routiers d'une manière ou d'une autre.

Dans ce chapitre, nous avons tenté d'identifier les zones à haut risque dans deux projets routiers en fonction des caractéristiques techniques et d'ingénierie de la route. Nous avons proposé comme alternative en vue de l'amélioration de la sécurité routière, la combinaison entre le programme international d'évaluation des routes et les systèmes d'informations géographiques. L'application de l'alternative proposée a permis d'enrichir les informations concernant la localisation exacte des zones noires des accidents de la route.

L'application de la méthodologie a été divisée en deux parties : proactive et réactive.

Tout d'abord, nous avons appliqué de manière proactive la méthodologie pour un nouveau projet routier celui de la "Pénétrante autoroutière de GHAZAOUET" avant la mise en service. Les résultats obtenus montrent que les infrastructures routières jouent un rôle important dans la sécurité des usagers. Les caractéristiques techniques issues de la dernière phase de l'étude du projet peuvent être efficacement utilisées comme source d'information pour la prévision des zones à haut risque d'accidents dans un nouveau projet routier.

Deuxièmement, afin de valider l'alternative proposée, nous avons appliquée de manière réactive la méthodologie pour un axe autoroutier déjà mise en service il s'agit de la pénétrante autoroutière de Mascra-Sig. Les résultats obtenus montrent que cette méthode peut être facilement appliquée sur de futurs projets en phase de planification, car elle permet d'identifier toutes sortes de risques affectés par l'infrastructure, puis les traiter pour éviter des reconstructions coûteuses. En outre, l'un des principaux problèmes auxquels sont confrontés les chercheurs en sécurité routière dans les pays en développement en général et en Algérie en

Chapitre VI. Résultats et Discussions

particulier est le manque et fiabilité des données sur les accidents de la route. Cette méthode permet au chercheur de s'affranchir des statistiques d'accidents de la circulation compte tenu du fait que l'évaluation dépend avant tout de l'ingénierie et des caractéristiques techniques de la route.

L'utilisation du SIG via l'outil Arcgis s'est avérée indispensable pour mieux visualiser les secteurs les plus exposés aux risques routiers sur la base de l'évaluation iRAP. La combinaison de l'iRAP et du SIG est novatrice et peut devenir un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage routiers ainsi que pour les auditeurs et inspecteurs de la sécurité routière.

Pour atteindre les objectifs de réduction des accidents de la route graves l'accent ne doit pas seulement être mis sur le développement de nouvelles technologies de sécurité dans les voitures ou sur l'éducation des conducteurs. Il est également nécessaire de se concentrer sur la sécurité routière elle-même, qui doit assurer l'auto-explication et le pardon susmentionnés. Les inspections de la route ont le potentiel de combler une des lacunes de l'évaluation de la sécurité routière et ainsi de prévenir les accidents de la route ou d'en atténuer les conséquences.

En vérifiant la sécurité routière sur les deux tronçons Autoroutiers, de nombreux problèmes ont été identifiés, principalement dus à des défaillances de planifications (Rayon de courbure, vitesse de circulation ... etc.) et de constructions (Panneaux de signalisation, DBA ... etc.), sachant qu'il s'agit de faits très importants qui ont une influence sur la fluidité du trafic.

An orange scroll graphic with a white border, featuring a vertical strip on the left side and a small circular detail at the top right corner. The text is centered on the scroll.

**PUBLICATION DE
L'ARTICLE**

Application of the IRAP Method Combined with GIS to Improve Road Safety on New Highway Projects in Algeria

Abdelhak Derras¹, Khaled Amara^{1,2*}, Ramdane Oulha³

¹ Intelligent Structures Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, University Ain Temouchent Belhadj Bouchaib, P. O. B. 284, 46000 Ain Temouchent, Algeria

² Engineering and Sustainable Development Laboratory (ESDL), Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, University Ain Temouchent Belhadj Bouchaib, P. O. B. 284, 46000 Ain Temouchent, Algeria

³ LSTE Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Mustapha Stambouli Mascara University, P. O. B. 305, 29000 Mascara, Algeria

* Corresponding author, e-mail: khaled.amara@univ-temouchent.edu.dz

Received: 31 July 2021, Accepted: 13 June 2022, Published online: 03 August 2022

Abstract

This article aims to proactively predict high-risk accident areas in a new highway project in terms of its technical and geometric characteristics. The purpose of this study is to provide road project managers with better road safety assessment tools for the vehicle occupant category. The methodology used combines the International Road Assessment Program (IRAP) methodology and the Geographic Information System (GIS). The IRAP program enables the calculation and classification of risks for each 100-meter segment besides their categorization using a star rating; whereas, the GIS is used to map the risks and identify high-risk accident segments. This method was applied to a new highway project of 110 hectometres located in GHAZAOUET in Algeria. The results of the study revealed that this combined method is innovative in more than one way as it is an effective decision-making aid tool for road safety experts. It, therefore, makes it possible to target accident-prone sections in a faster way before carrying out on site road safety inspections. Technically speaking, this study shows that the existence of closely curved radii mixed at traffic speeds exceeding 80 km/h and the presence of road exits are the main factors affecting the safety of vehicle occupants. Speed control, thus, remains one among the cheapest measures to improve safety.

Keywords

road safety in Algeria, proactively predicting, geometric characteristic, International Road Assessment Program (IRAP), GIS

1 Introduction

The Algerian road network constantly records human and material losses caused by road accidents. Currently, road insecurity is becoming a major social threat and a heavy burden on the public treasury. As a result of the increasing number of road accidents, safety has become one of the main concerns in various areas.

The causes of road accidents in Algeria are largely attributed to the human behaviour with 90% of cases (Azzeddine and Ghiat, 2015). The interpretation given to this factor (human behavior) is generally reduced to the road user's sanction, i.e., the driver of the vehicle. The question to the problem of road accidents can arise early on from the birth of the project idea through its study and realization until its opening to the vehicles traffic.

According to the Highway Safety Manual (HSM) published by the American Association of Road and Transportation Officials (AASHTO), road infrastructures have an important impact on road users' safety (vehicles, motorcyclists, etc.). At present, numerous studies have been carried out on the influence of road infrastructure properties and technical parameters on road safety. Sipos (2014) conducted a study on the influence of horizontal and vertical curves on the number of traffic accidents concluding that both types of curves have a significant effect on the number of accidents. Pokorny et al. (2020) conducted a study on the effect of lane and shoulder widths on safety for Norwegian rural two-lane undivided roads. They found a non-monotonic link between the risk

categories and the shoulder width to mean that increased risk was associated with the increase in the lane width categories. As technical parameters have an impact on road safety like the movement speed, a significant positive relationship is found between the individual speed of movement and the risk of personal injury (Brenac et al., 2015).

Internationally, road accident records are alarming in terms of the number of deaths and injuries recorded to become the eighth cause of death (World Health Organization, 2018). For this reason, high-income countries strive to implement effective solutions for road safety improvement, namely Swedish Zero Vision which aims to ensure that no one is killed or seriously disabled on the road (Lie and Tingvall, 2002). The sustainable safety approach implemented in the Netherlands aims at reducing road risks by relying on the infrastructures and vehicles up to the limits of human capacity (Wegman and Wouters, 2002). International programs were developed, such as EuroRAP, AusRAP, UsRAP, and iRAP, with the aim of classifying road sections according to their level of safety.

This work aims to provide an assessment and a decision support approach for highway planners and designers. The proposed approach consists of predicting high-risk segments before the road is opened to traffic relying mainly on the technical and geometric characteristics of the road infrastructure).

This paper is organized into five sections. Section 1 represents the introduction. Section 2 describes the evolution of road safety in Algeria. Section 3 describes the methodology used including the study area, the data collected and the risk assessment and application of the IRAP in Algeria. The results of the assessment and the identification of high-risk areas are presented in Section 4. The conclusion is described in Section 5.

2 Evolution of road insecurity in Algeria

The economic growth in North Africa particularly in Algeria and the persistent underinvestment in road safety in front of the rapid population growth, as well as urbanization, have all led to the deterioration of road conditions. It is reported that 85% of the Algerian trade volume (freight, passengers) is by land (Ould El Alem and Ould Cheikh, 2016).

The number of traffic accidents continues to increase. According to the National Center for Road Safety and Prevention of Algeria, 39,010 accidents were recorded in 2007 with 4,177 deaths and 61,139 injuries compared to 42,477 in 2013 with 4,540 deaths and 69,582 injuries (Azzeddine and Ghiat, 2015; Bougueroua and

Carnis, 2018). Since 2014, there has been a relative decrease in the number of traffic accidents as shown in Table 1. 35,500 traffic accidents were recorded in 2014 compared to 18,949 accidents in 2020 (Centre National de Prévention et de Sécurité Routière, 2020).

Despite its national importance, the East-West Highway in Algeria, which extends over 1,216 km, crosses 24 provinces, and connects the main economic hubs, has not been spared from traffic accidents. Table 2 shows the evolution of the number of accidents, deaths, and injuries on the highway from the date of its commissioning until 2016 (Gendarmerie Nationale Algerienne, 2017).

It is, therefore, noted that the issue of road accidents is still present on our roads with a number of injuries and deaths which is increasing rapidly. So, what measures can be applied to eliminate road hazards from the first step of a project design?

3 Methodology

3.1 Study area

Algeria has launched several motorway projects linking major economic centers to the East-West Motorway in order to facilitate trade and increase its profitability. As a case study, the first 11 km long section of the penetrating highway connecting the port of GHAZAOUET in the

Table 1 Number of accidents, deaths and injuries in Algeria (2010–2021)

| Years | Number of accidents | Deaths | Injuries |
|-------|---------------------|--------|----------|
| 2010 | 31740 | 3541 | 51002 |
| 2011 | 42000 | 4531 | 64900 |
| 2012 | 42477 | 4447 | 69141 |
| 2013 | 44907 | 4540 | 69582 |
| 2014 | 35500 | 4055 | 50000 |
| 2015 | 20361 | 4610 | 36657 |
| 2016 | 28856 | 3992 | 42652 |
| 2017 | 25038 | 3639 | 36287 |
| 2018 | 23024 | 3310 | 23570 |
| 2019 | 22507 | 3275 | 31010 |
| 2020 | 18949 | 2844 | 21836 |

Source: Centre National de Prévention et de Sécurité Routière (2020)

Table 2 Evolution of the number of accidents on the East-West Highway

| Years | Accidents | Deaths | Injuries |
|-------|-----------|--------|----------|
| 2011 | 1255 | 219 | 2468 |
| 2012 | 1474 | 204 | 2719 |
| 2013 | 1405 | 208 | 2719 |
| 2014 | 1345 | 227 | 2438 |
| 2015 | 1238 | 342 | 2196 |
| 2016 | 942 | 215 | 1705 |

Source: Gendarmerie Nationale Algerienne (2017)

region of Tlemcen to the East-West Highway was chosen (Fig. 1) (Ingénieur Conseils Associés, 2015). The first section extends from the port of GHAZAOUET to a village named EL ASSA (GHAZAOUET PK0 to EL-ASSA PK11). The route of the first section is parallel to the main axis of the national road RN98 and vertically crosses several national roads, such as the RN7AA which connects GHAZAOUET to MAGHNIA via SOUHLIA, the RN35 which connects REMCHI to the East-West motorway, and the RN99 which connects GHAZAOUET to MAGHNIA via NÉDROME.

3.2 Data collection

The following data were collected and used as input characteristics to assess the project.

3.2.1 Traffic data

The annual average daily traffic (AADT) data were collected from the report of the Chinese Railway Construction Corporation company which was responsible for carrying out the project. The estimated daily traffic volume is 11,000 PSU. The AADT expresses the amount of risk exposure of road users (Tripodi et al., 2020).

3.2.2 Implementation of IRAP (International Road Assessment Program)

To date, road safety research has proposed many methods mainly based on the physical characteristics of the road to assess the safety performance of existing road infrastructures.

The use of these new programs, such as the IRAP for proactive road risk assessment on new road projects, in our view, is absent from current research, while these modern quality control tools for road safety must have a preventive influence on the occurrence of accident factors not only on existing roads but also on future ones (Baklanova et al., 2021).

The International Road Assessment Program (IRAP) is probably the best-known methodology (Tripodi et al.,

2020). It was created to eliminate road accidents and their devastating social and economic burdens (McInerney and Smith, 2009). IRAP is based on estimated scores (SRS). The SRS module assigns safety levels to the road infrastructures based on their efficiency to prevent accidents and protect users involved in accidents (Lynam, 2012). Based on the calculated Road Protection Score (RPS), the road section is classified according to a Star Rating.

A crash modification factor (CMF)

According to American Association of State Highway and Transportation Officials (2010) and Choi et al. (2018), the collision modification coefficient (CMF) is defined as a coefficient reflecting the effects of changes in traffic elements, operating elements, and road design elements on the number of traffic accidents occurring in the analysis area.

For example, an intersection has 100 angular collisions and 500 rear collisions per year. If you apply a countermeasure that has a CMF of 0.80 for angle collisions, you can expect to see 80 angle collisions per year after the countermeasure is implemented ($100 \times 0.80 = 80$) (IRAP, 2013).

Types of users

In general, the types of users involved in accidents that are included in the IRAP program are vehicle occupants, motorcyclists, bicyclists, and pedestrians.

Types of crashes

The types of accidents which IRAP relies on are exits from the road (driver's sides), loss of control, and accidents on the intersection involving vehicle occupants (IRAP, 2013).

Star rating score equation

The star rating score equation calculates for each 100 m (hectometre) segment the relative risk of death and serious injury to the road user. The equation is given as follows:

$$SRS = \sum \text{Crash Type Scores} , \quad (1)$$



Fig. 1 Penetrating highway of GHAZAOUET (Ingénieur Conseils Associés, 2015)

such as:

- **SRS:** The relative risk of death and serious injury to the road user for every 100 m
- **Accident type score:** probability \times severity \times traffic speed \times external traffic.

Categorization of risk scores

For the risk assessment for each hectometre, the score is linked to different intervals depending on the type of road user. Five risk intervals are considered for each category of road user in the IRAP program:

- Green = very low risk;
- Yellow = low risk;
- Dark orange = medium risk;
- Red = high risk;
- Black = very high risk.

3.3 Road risk assessment and application of the IRAP program in Algeria

The following points constitute the bases on which this method was applied:

- Although the motorway axis under study is located in a rural environment, it crosses several urban areas.
- Even if the section is considered a penetrating highway, the accesses in the vicinity of the urban area are "roundabout" type intersections as is the case of the access to the port of GHAZAOUET (PK 0.000) and the neighboring village (PK 0.00+400). This makes the highway look like a national highway in some segments.
- In addition, it is common to find motorcycles or pedestrians circulating on the existing motorway sections in Algeria.
- Outside urban areas, lighting is not provided and protection is provided by concrete, GBA, or DBA type that are often crossed by pedestrians.

In previous research (Hoque et al., 2012; Tripodi et al., 2020), the iRAP program was applied to existing road projects using the physical characteristics of roads in a reactive manner. Attributes are often visually recorded and possible security corrections become expensive and sometimes difficult to implement.

On the other hand, the present study brought the following originalities:

- The iRAP program was adapted in the study context to be applied on a road network in a proactive way. The risk assessment is carried out even before

the project is realized, which allows the contracting authorities to make the necessary and less costly corrective measures aiming to improve road safety.

- The attributes were taken directly from the technical files intended for the realization of the future motorway project.
- The number of lanes was not included in the calculations because the type of accidents for which our assessment was made does not relate to frontal accidents. Thus, the fact that there is a separation of the roadway by a central platform, the risks relating to overtaking in both directions of traffic are considered to be zero (iRAP, 2013).

3.3.1 Road attributes

Attributes used in the proactive risk assessment methodology were identified from several information sources:

- Use of the final implementation file obtained from the Algerian highways department in Tlemcen region, (Ingénieur Conseils Associés, 2015) in paper and Covadis format. It contains several technical parts (geometric report of the alignment, longitudinal profile, Cross-section, and synoptic plans).
- Traffic speed was determined for each segment from both signalling and equipment plans.
- Attributes related to intersections, access points, and surface types were captured using the OpenStreetMap.

Thus, Table 3 gives the list of attributes included in the study.

3.3.2 Type of accident and type of users adopted

After an in-depth analysis of the highway segments by exploiting the execution folder, two types of crashes were considered only for the risk assessment:

1. The type of crash due to control loss
2. The type of crash due to Run-off road.

As long as the two traffic directions were separated by a median, the type of frontal accident was eliminated in the calculation.

With regard to the type of users, this study took into account only the case of vehicle occupants.

For each segment's risk calculation, three risk assessment possibilities are presented:

1. Risk assessment for roundabout intersections;
2. Risk assessment for straight segments;
3. Risk assessment for intersections of Run-off road.

Table 3 List of attributes considered for the proactive risk assessment methodology

| N | Road attributes | Documents and methods used |
|----|-------------------------------------|--|
| 1 | Lane width (m) | execution folder paper format + Covadis format |
| 2 | Roadside severity-object | execution folder paper format + Covadis format |
| 3 | Roadside severity-side distance (m) | execution folder paper format + Covadis format |
| 4 | Grade % | execution folder paper format + Covadis format |
| 5 | Median width (m) | execution folder paper format + Covadis format |
| 6 | Median type | execution folder paper format + Covadis format |
| 7 | Curvature | execution folder paper format + Covadis format |
| 8 | Road surface conditions | CMF = 1 (new project) |
| 9 | External flow | traffic study |
| 10 | Traffic speed | signalling plans and equipment plans |
| 11 | Intersection type | OpenStreetMap |
| 12 | Area type | OpenStreetMap |
| 13 | Property access points | OpenStreetMap |

3.3.3 Traffic speed

The crash modification factor associated with the different traffic speeds used in IRAP is developed by multiplying a probability factor (the link between the speed and the probability of an accident occurrence) and a gravity factor (the link between the speed and the gravity). In our study, three speeds were used, 40, 60, and 80 km/h associated with FMCs of 0.021, 0.05, and 0.15, respectively.

3.4 Use of geographic information systems

Numerous studies were conducted to explore black areas of road accidents using GIS (Anderson, 2007; Austin et al., 1997; Oulha et al., 2013; 2016; Sayed and Mhaske, 2013). In this study, GIS is primarily used to map hectometers with different levels of road risk on the highway using a proactive approach. The data processing was carried out on the ArcGis10.8 software. Using the collaborative Open Street Map (OSM) project, a geographical database was built containing different entities essential for road risk analysis on the new section of the GHAZOUET highway.

By using the GIS, we were able to transfer recovered DWG files on the Covadis software to shape geographic data. The latter has allowed us to build a more complete geographical database that offers the possibility of analyzing road risk.

4 Results and discussions

After drawing the basic attributes from the technical documents for a new highway project, the data were analyzed using a combined methodology described in Section 3.

Tables 4, 5 and 6 present the risk assessment results for each type of accident mentioned in the methodology.

Table 4 shows the results of the calculation of risk by the IRAP method for a typical segment of control loss accident type. This type represents 104 segments, or 95.6% of the project segments studied.

Table 5 gives the results of the risk calculation by the IRAP method for a typical segment of the accident type with control loss and Run-off road accidents. This type represents 4 segments (3.6% of the total segments).

Table 6 provides the risk calculation results for intersections. The study area contains two roundabout intersections.

Table 7 summarizes the overall risk assessment results for the 110 segments (108 alignment segments and 2 intersections) with a star rating.

Table 4 Star rating score for occupants of vehicles for crash type loss-of-control: PK01-Segment 2

| Type of risk factor | CMFs | Score |
|--|------|-------|
| Road attributes (likelihood) | | |
| Lane width | 1 | |
| Curvature | 3.5 | |
| Curve quality | 1 | |
| Delineation | 1 | |
| Center line rumble strips | 1.25 | |
| Road condition | 1 | |
| Grade | 1 | |
| Skid resistance / grip | 1 | |
| Product of road attributes (likelihood) risk factors | | 4.375 |
| Road attributes (severity) | | |
| Median type | 80 | |
| Product of road attributes (severity) risk factors | | 80 |
| External flow influence | | |
| Median travers ability | | 1 |
| Operating speed | | 0.021 |
| Head-on (loss-of-control) star rating score | | 1.359 |

Table 5 Star rating score for occupants of vehicles for crash type Run-off road (passenger side)

| PK | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| Segment | 10 | 1 | 2 |
| Run-off road (passenger side) | 2.625 | 5.775 | 5.775 |
| Loss of control | 2.775 | 6.105 | 6.105 |
| Star rating score | 5.4 | 11.88 | 11.88 |
| Star rating | 3 | 3 | 3 |

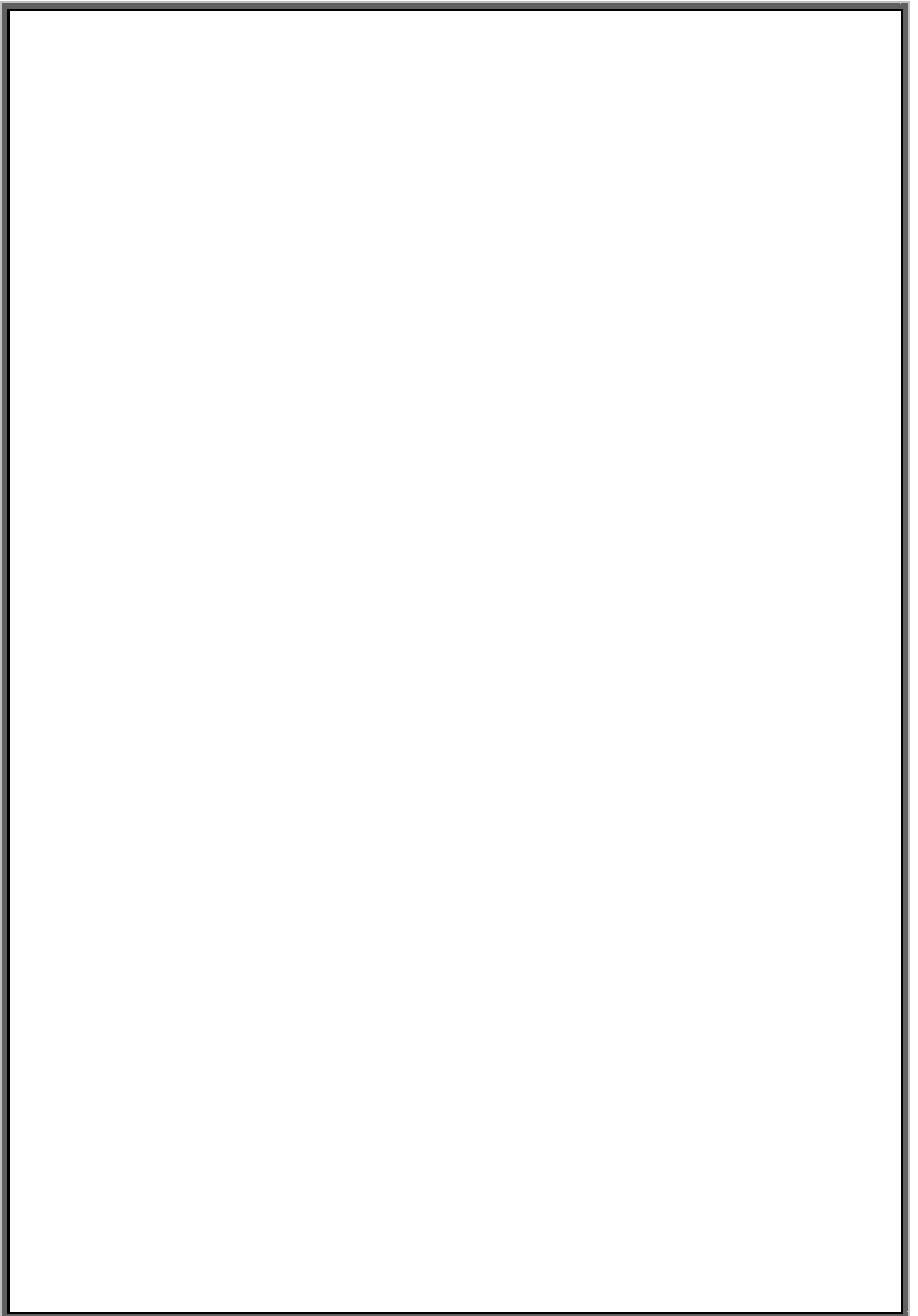


Table 6 Star rating score for intersection of roundabout type

| Type of risk factor | Category | Risk factor |
|------------------------------------|-------------------------|-------------|
| Speed management / traffic calming | | |
| Intersection type | Roundabouts | 15 |
| Intersection quality | Good | 1 |
| Grade | 2.2% | 1 |
| Street lighting | Present | 1 |
| Skid resistance / grip | Scaled - adequate | 1.4 |
| Sight distance | Adequate | 1 |
| Intersection channelization | Present | 1 |
| Speed management / traffic calming | Speed reduction devices | 1 |
| Road attribute (severity) | | |
| Intersection type | Roundabouts | 15 |
| External flow influence | 11 000 | 0.185 |
| Operating speed | 40 km/h | 0.021 |
| Intersection star rating score | | 1.224 |
| Star rating | | 3 |

Table 7 Star rating result

| Star rating | Number of segments | SRS |
|-------------|--------------------|--------|
| 5 | 2 | 1.407 |
| | 3 | 1.359 |
| | 25 | 0 |
| 4 | 2 | 3.2375 |
| | 20 | 2.775 |
| 3 | 1 | 5.4 |
| | 35 | 6.105 |
| | 15 | 9.712 |
| | 3 | 11.88 |
| 2 | None | - |
| 1 | None | - |

The results of Table 7 show 58 segments (or 52.8% of the segments studied) with an assignment of 03 stars thus representing a potential accident risk. All these sections then require a reassessment in terms of road safety. Although we are still in the design phase, rectifications are still possible and less costly. The 52 segments (47.2% of the segments studied) with an assignment of 04 and 05 stars do not require security interventions because the risk is estimated to be low.

As a result, identifying high-risk sections in a preventive manner will enable the road project to eliminate safety errors at an early stage of the work before the road is opened to traffic.

The results of Table 7 show 58 segments (or 52.8% of the segments studied) with an assignment of 03 stars thus representing a potential accident risk. All these sections then

require a reassessment in terms of road safety. Although we are still in the design phase, rectifications are still possible and less costly. The 52 segments (47.2% of the segments studied) with an assignment of 04 and 05 stars do not require security interventions because the risk is estimated to be below.

As a result, identifying high-risk sections in a preventive manner will enable the road project to eliminate safety errors at an early stage of the work before the road is opened to traffic.

4.1 The influence of geometric and speed characteristics on safety

4.1.1 Case of tight curvature segments and high speed

Several studies showed that the rate and severity of accidents are proportional to the degree of curvature. Sipos (2014) demonstrated through accidental statistics and geo-computer analyzes that there was consistency between horizontal and vertical curves, and the number and severity of accidents. Gelnnon (1987); Johnston (1982) and Zegeer et al. (1991) concluded that tight curves of less than 500 m are associated with high accident rates. Aram (2010) and Mohammed (2013) demonstrated that accidents with injuries predominate over horizontal curves more than accidents with property damage only.

Table 8 shows that 15 from the 58 segments that are characterized by a tight curvature geometry (radius less than 500 m) and a speed of 80 km/h have a high risk level (3-star rating). These are the following segments: 6 and 7, 50 to 55 and 65 to 71.

Furthermore, for segments 8 and 9, the fact that the traffic speed was reduced to 60 km/h, the risk became low (rating by 4 stars) although the curvature remains tight (radius less than 500 m).

Where the speed is above 80 km/h and the curvature is tight, road safety experts should pay attention to the safety aspect (see Fig. 2).

4.1.2 Cases of moderate curvature and high-speed segments

42 segments are characterized by a high speed (80 km/h) and a moderate curvature (550 m, 650 m, and 820 m), where the estimated risk is high with an assignment of 03 stars. This is the case for segments 11 to 49, 57 and 58, and 74 to 110. In all cases where the speed is above 80 km/h, road safety experts must also pay attention to the safety aspect.

Table 8 High-risk segments and their technical and geometric characteristics

| Segment (100 m) | Curvature | | AADT (PVU) | External flow influence | | Traffic speed | | Star rating |
|-----------------|---------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|---------------|------|-------------|
| | Curvature (m) | CMF | | CMF: Run-off road | CMF: loss of control | Speed (km/h) | CMF | |
| 6 | 240 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 7 | 215 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 10 | > 900 | 1 | 11 000 | 0.5 | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 11 | 650 | 2.2 | 11 000 | 0.5 | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 12 | 650 | 2.2 | 11 000 | 0.5 | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 13 | 650 | 2.2 | 11 000 | 0.5 | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 14 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 15 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 37 | 820 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 38 | 820 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 39 | 820 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 44 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 45 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 46 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 47 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 48 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 49 | 550 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 50 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 51 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 52 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 53 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 54 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 55 | 445 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 56 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 57 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 58 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 65 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 66 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 67 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 68 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 69 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 70 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 71 | 440 | 3.5 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 74 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 75 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 76 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 77 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 78 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 79 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 80 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 81 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 84 | 780 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 85 | 780 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 86 | 780 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 91 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 92 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 93 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |

Table 8 High-risk segments and their technical and geometric characteristics (continued)

| Segment (100 m) | Curvature | | | External flow influence | | Traffic speed | | Star rating |
|-----------------|---------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|---------------|------|-------------|
| | Curvature (m) | CMF | AADT (PVU) | CMF: Run-off/road | CMF: loss of control | Speed (km/h) | CMF | |
| 94 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 95 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 96 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 103 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 104 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 105 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 106 | 650 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 107 | 530 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 108 | 530 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 109 | 530 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |
| 110 | 530 | 2.2 | 11 000 | - | 0.185 | 80 | 0.15 | 3 |

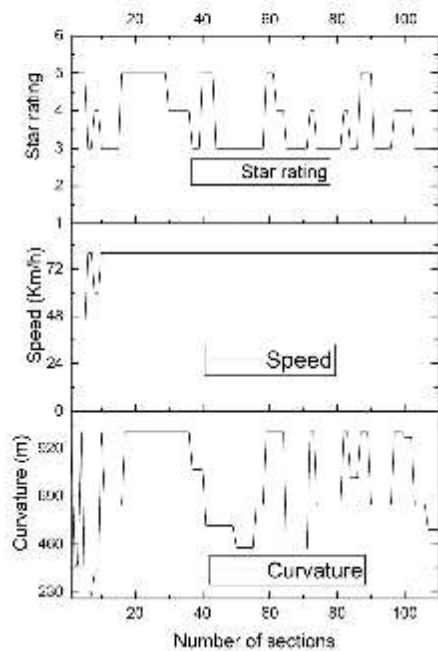


Fig. 2 The relationship between safety level (star rating), the traffic speed, and the curvature radius

4.1.3 Cases of segments with two or more types of accidents at high speeds

Segment No. 10 contains a road exit; it is characterized by a straight line with a traffic speed of 80 km/h. The probability of two types of accidents (control loss and road exit accidents) is a major factor in the increase of accident risks. This segment was classified as a high-risk segment with an assignment of 03 stars.

Similarly, all segments that do not contain road exits and have only one type of accident (control loss only) with moderate curvatures even if the speeds used are 80 kph, the level of risk remains low (rating of 04 stars). This is the case for sections 8 and 9; 33 to 37; 62 to 64; 72 to 78 and 97 to 102. As a result, experts should be aware of all road exits with speeds exceeding 80 kph.

4.1.4 Cases of tight curvature segments and low risk

Two segments are characterized by a tight curvature (less than 500 m) with a low speed of 40 km/h. These are the two segments at the level of the urban area close to the roundabouts. Although the curvature is tight, the calculated risk is too low with a rating of 05 stars.

Traffic speed is therefore a major factor in the risk equation. Controlling the speeds used once the road is put into circulation by speed control points or by automated radars is recommended in order to ensure safety with acceptable financial costs without making significant modifications to the road geometry which is often expensive.

Table 9 proactively provides overall guidance to road safety auditors on the relationship between traffic speeds, the curvature radius, the traffic flow, the types of accidents on the stretch, and the likely level of road safety.

Table 9 Proactive risk assessment

| Speed (km/h) | Curvature (m) | Flow (PVU*) | Types of accident | | Risk |
|--------------|---------------------------|-------------|-------------------|--------------|-----------|
| | | | Loss of control | Run-off road | |
| ≥ 80 | sharp | < 18 000 | ✓ | | high risk |
| ≥ 80 | moderate | < 18 000 | ✓ | | high risk |
| ≤ 40 | sharp | < 18 000 | ✓ | | low risk |
| ≥ 80 | moderate / gently curving | < 18 000 | ✓ | ✓ | high risk |

* Private Vehicle Unit

4.2 Geomatics tools for decision support

Analysing a road project from a road safety perspective requires the use of several sources of information. In order to facilitate decision-making, geomatics tools such as GIS are becoming indispensable by the capabilities they offer to store, organize and display these diverse data in layers of information. For example, the location of high-risk accident segments is better visible than on a digitized map.

Fig. 3, thus, shows the motorway section which is the object of study and the set of surrounding spaces which it crosses (urban areas, secondary road network, buildings, forests, etc.). It is a translation from real space to a geolocated space.

The digitization of the space was elaborated using Open Street Map and ArcGis 10.8 software. The digitalization of the motorway axis was done by transforming the DWG files obtained from the plans in Covadis format to layers of information in the ".shp" format of the ArcMap.

Fig. 4 visually shows the curvature radii for each 100 m segment. According to the recommendations of (iRAP, 2013), the curvature radii were divided into four classes. Very sharp curvatures with radii less than 200 m

are shown in red on the map (Fig. 4). The sharp curvatures (radii less than 500 m) are indicated by the orange color. Moderate curvatures (radii greater than 500 m and less than 900 m) are represented by the yellow color and finally straight or gently curving segments with a radius greater than 900 m are shown by the green color.

Fig. 5 shows the location of the road segments according to their accident risk level. Three levels of risk were identified in the study area:

1. Very low-risk segments ($0 < SRS > 2.5$): they are represented on the map by the green color with a rating of 05 stars;
2. Low-risk segments ($2.5 < SRS > 5$): they are represented by the yellow color with a 04-star rating;
3. Medium risk segments ($5 < SRS > 12.5$): they are represented by the orange color and a rating of 03 stars. Inspection and audit work should give priority to these sections.

The calculations revealed that there were no high risk (segments with 20 red stars) and no very high risk (10 black stars).

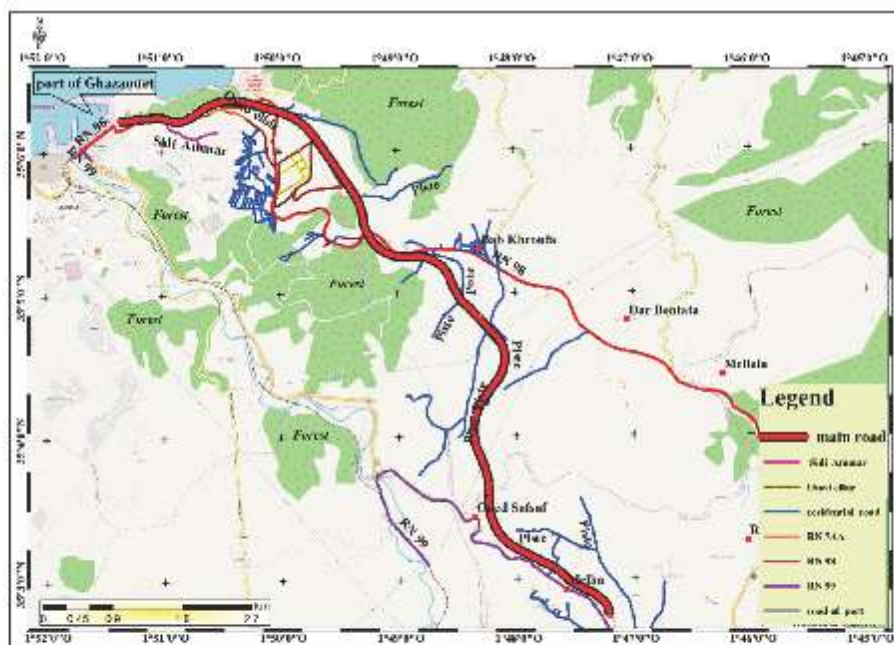


Fig. 3 Digitalization of the penetrating highway of GHAZAOUET

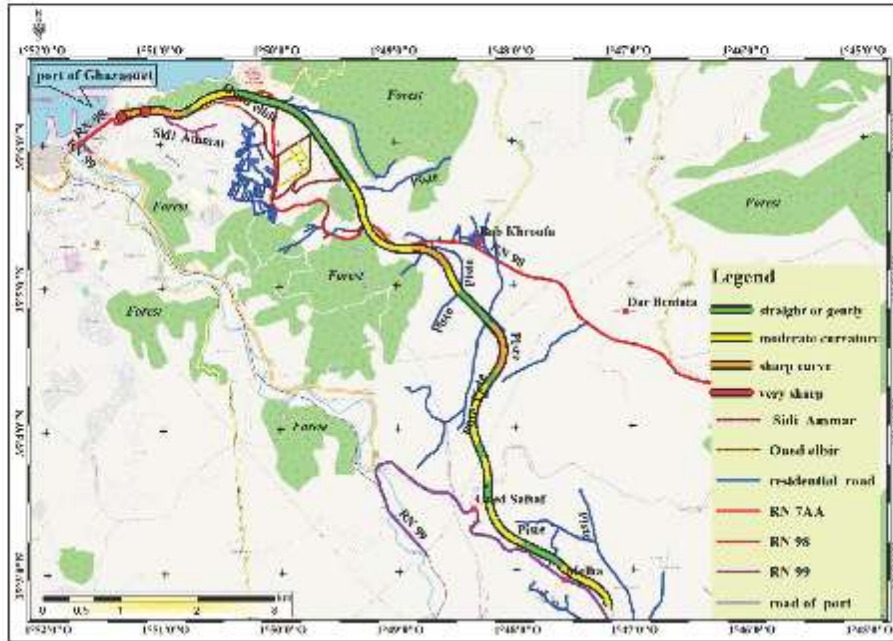


Fig. 4 The variation of the degree of curvature on the penetrating highway of GHAZAOUET

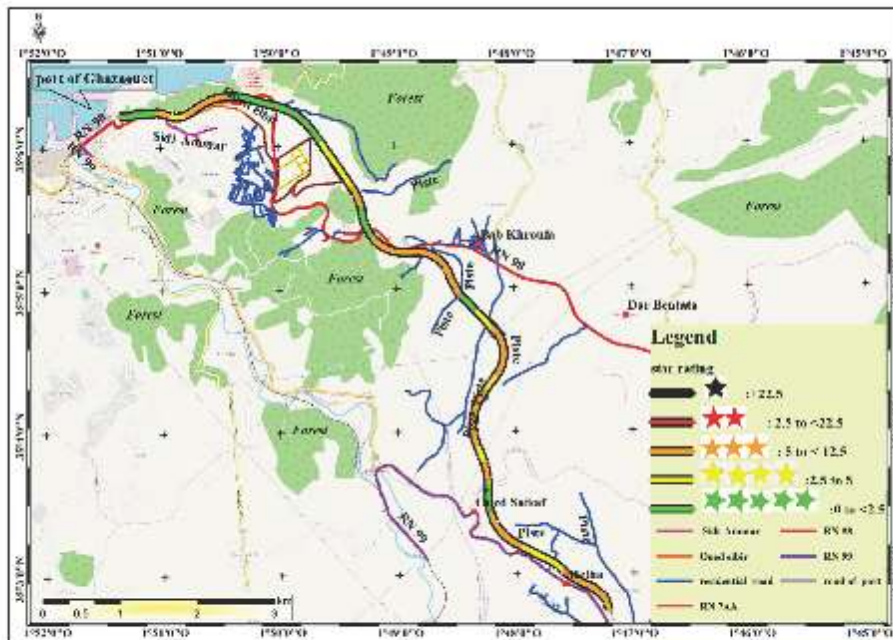
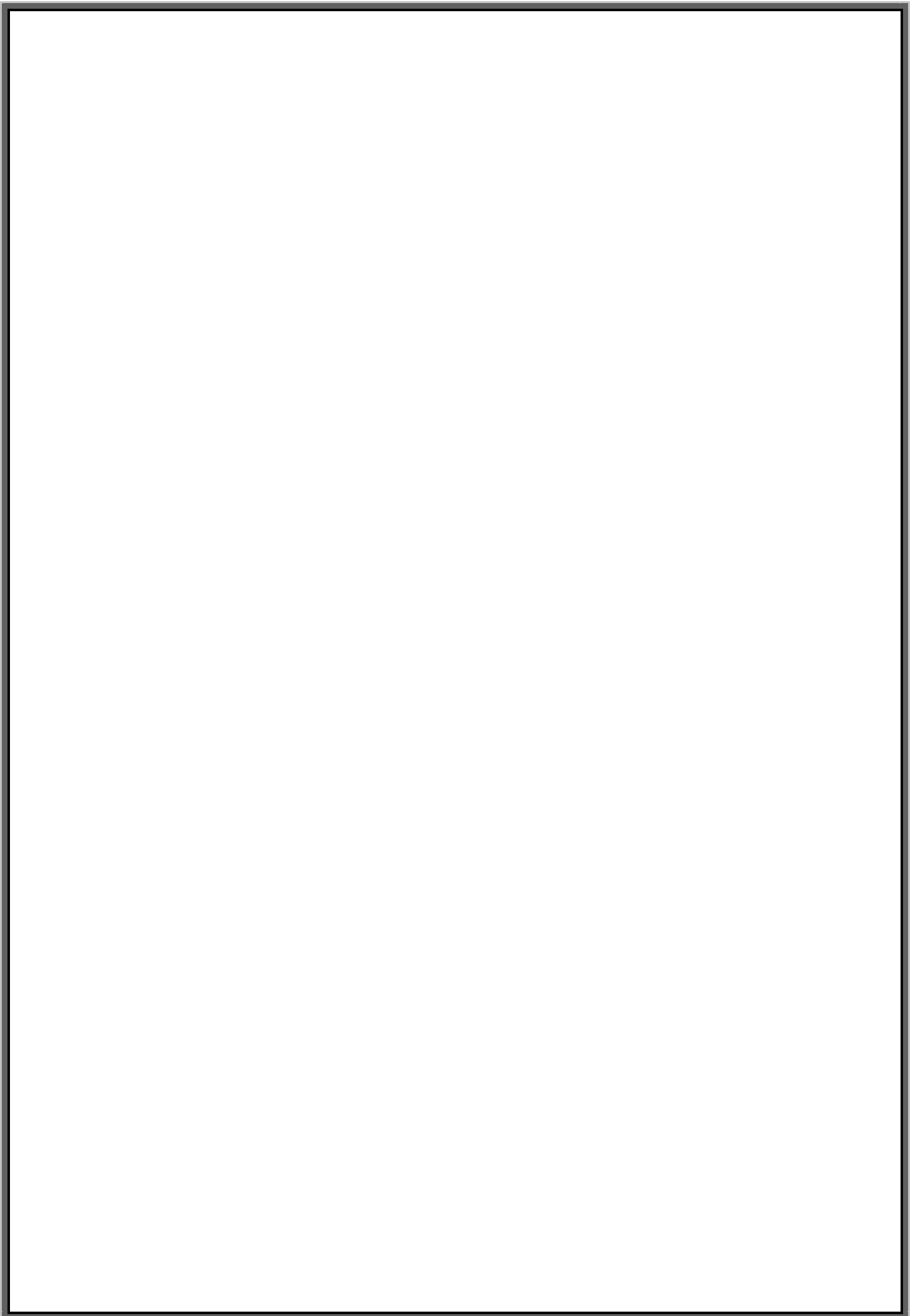


Fig. 5 Star rating of road risk on the Algerian motorway: case study of GHAZAOUET section



As a result, the integration of GIS into the IRAP methodology led to the following positive outcomes:

- The translation of the real space of the project to a geo-localized space via GIS makes it possible to better assimilate the road project as a whole and not in an isolated manner.
- The star rating introduced by IRAP was highlighted through maps produced by GIS. It thus facilitates the inspection work of road safety experts.
- These maps, then, become an easy-to-use decision-support tool for road safety audit teams to quickly identify segments that require road safety improvement.

5 Conclusions and recommendations

To conclude, this approach can be easily applied to future projects in the planning phase since it allows all kinds of

risks affected by the infrastructure to be identified and then treated to avoid costly reconstructions.

The results of the study showed that the road infrastructure has a significant impact on the user's safety. The technical characteristics drawn from the final phase of the project study can be effectively used as a source of information for predicting high-risk areas of an accident in a new road project.

In our case, among the attributes on which the motorway section has been assessed: the curvature and traffic speed are the main characteristics affecting road safety.

Thus, following the problems defined we recommend the control of the speeds used once the road is put into circulation by speed control points at least by automated radars.

References

American Association of State Highway and Transportation Officials (2010) "Highway Safety Manual", American Association of State Highway and Transportation Officials. ISBN 978-1-56051-477-0

Anderson, T. (2007) "Comparison of Spatial Methods for Measuring Road Accident 'Hotspots': A Case Study of London". *Journal of Maps*, 3(1), pp. 55–63.
<https://doi.org/10.1080/1080/1080.2007.9710827>

Aram, A. (2010) "Effective Safety Factors on Horizontal Curves of Two-lane Highways", *Journal of Applied Sciences*, 10(22), pp. 2814–2822.
<https://doi.org/10.3923/jas.2010.2814.2822>

Austin, K., Tight, M., Kirby, H. (1997) "The Use of Geographical Information Systems to Enhance Road Safety Analysis", *Transportation Planning and Technology*, 20(3), pp. 249–266.
<https://doi.org/10.1080/03081069708717592>

Azeddine, M., Ghis, T. (2015) "Les Principales Causes Des Accidents De La Circulation Routiere Et Les Mesures D'attenuation En Algérie" (The Main Causes of Road Traffic Accidents and Mitigation Measures in Algeria), *European Scientific Journal*, 11(20), pp. 163–176. (in French)

Baklanova, K., Voevodin, E., Cheban, E., Askhabov, A., Kanbra, A. (2021) "Road Safety Audit as A Tool for Improving Safety on the Intercity Road Network", *Transportation Research Procedia*, 54, pp. 682–691.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.121>

Bouguaroua, M., Carnis, L. (2018) "Insécurité routière et développement économique: analyse du cas algérien" (Road Safety and Economic Development: Analysis of the Algerian Case), *RTS - Recherche Transports Sécurité*, 2018, hal-01777863. (in French)
https://doi.org/10.25178/RTS_ISSN1951-6614_2018-02

Brenac, T., Perrin, C., Camu, B., Magnin, J., Camu, A. (2015) "Influence of Travelling Speed on the Risk of Injury Accident: a Matched Case-Control Study", *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(3), pp. 129–137.
<https://doi.org/10.3311/PPtr.7520>

Choi, Y. H., Park, S. H., Ko, H., Kim, K. H., Yun, I. (2018) "Development of Safety Performance Functions and Crash Modification Factors for Expressway Ramps", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(2), pp. 804–812.
<https://doi.org/10.1007/s12205-017-0582-1>

Centre National de Prévention et de Sécurité Routière (2020) "Etude Statistique Sur Les Accidents Et Les Victimes De La Circulation, Centre National De Prévention Et de Sécurité Routière" (Study Statistics on Traffic Accidents and Victims, National Center for Prevention and Road Safety), Centre National de Prévention et de Sécurité Routière, Algiers, Algeria. (in French)

Glendon, J. C. (1987) "Effect of Alignment on Highway Safety", *State of the Art Report*, 6, pp. 48–63.

Gendarmerie Nationale Algérienne (2017) "Bilan d'activité de la Gendarmerie Nationale" (National Gendarmerie Activity Report), Gendarmerie Nationale Algérienne, Algiers, Algeria. (in French)

Hoque, M. M., Smith, G., Rahman, M. A., Uddin, M. H. M. A. (2012) "IRAP and Road Infrastructure Safety Assessment in Bangladesh", presented at Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, Wellington, New Zealand, Oct., 4–6.

Ingenieur Conseils Associés (2015) "Etude de trafic de la pénétrante: Port de Ghazaouet – Autoroute Est-Ouest" (Traffic study of the penetrating: Port of Ghazaouet – East-West Highway), Ingenieur Conseils Associés, Algiers, Algeria. (in French)

IRAP (2013) "Fiches d'information sur la méthodologie" (Methodology Information Sheets), IRAP. [online] Available at: <https://irap.org/methodology/> [Accessed: 16 April 2014] (in French)

Johnston, I. R. (1982) "Modifying Driver Behaviour on Rural Road Curves-A Review of Recent Research", *Australian Road Research*, pp. 115–124.

Lie, A., Tingvall, C. (2002) "La «Vision Zero» Suedoise" (The Swedish "Zero Vision"), *Annales Des Ponts Et Chaussées*, 2002(101), pp. 24–30. (in French)
[https://doi.org/10.1016/S0152-9668\(02\)80001-5](https://doi.org/10.1016/S0152-9668(02)80001-5)

- Lynam, D. (2012) "Development of risk models for the Road Assessment Programme", iRAP, London, UK, RAP504.12.
- McInerney, R., Smith, G. (2009) "Saving Lives through Investment in Safer Roads: The iRAP Partnership", presented at 13th Road Engineering Association of Asia and Australasia (REAAA) Conference, Incheon, South Korea, Sep., 23-26.
- Mohammed, H. (2013) "The Influence of Road Geometric Design Elements on Highway Safety", International Journal of Civil Engineering and Technology, 4(4), pp. 146-162.
- Ould El Alem, M., Ould Chaikh, B. C. A. (2016) "Etude de la Liaison Autoroutière entre le Port de Beni Saf et RN96 sur 6KM" (Study of the Motorway Link between the Port of Beni Saf and RN96 on 6KM), Master Dissertation, Université Belhadj Boucharb Aïn-Temouchent. [online] Available at: http://193.194.79.186/opac_css/doc_num.php?explnum_id=108 [Accessed: 20 June 2021] (in French)
- Oulha, R., Boumediene, A., Amara, K., Benyoucef, S., Hamadouche, M. A., Brahimi, K. (2016) "Using Qualitative Study and GIS to Explore Road Accident Black Areas in Algeria", Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 44(4), pp. 209-214. <https://doi.org/10.3311/PPtr.8446>
- Oulha, R., Brahimi, K., Boumediene, A., Dali, F., Madoucha, M. A. (2013) "GIS Contribution to Identify Accident Black Spots on National Highway: Case Study of Wilaya of Mascara (Algeria)", International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS), 1(5), pp. 775-778.
- Pokorny, P., Jensen, J. K., Gross, F., Pitara, K. (2020) "Safety effects of traffic lane and shoulder widths on two-lane undivided rural roads: A matched case-control study from Norway", Accident Analysis & Prevention, 144, 105614. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105614>
- Sayed, M., Mhaska, S. (2013) "GIS based Road Safety Audit", International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), 1(2), pp. 21-23.
- Sipos, T. (2014) "Coherence between Horizontal and Vertical Curves and the Number of the Accidents", Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 42(2), pp. 167-172. <http://doi.org/10.3311/PPtr.7224>
- Tripodi, A., Mazzia, E., Reina, F., Borroni, S., Fagnano, M., Tiberi, P. (2020) "A Simplified Methodology for Road Safety Risk Assessment Based on Automated Video Image Analysis", Transportation Research Procedia, 45, pp. 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.017>
- Wegman, F., Wouters, P. (2002) "La politique de sécurité routière aux pays-bas: faire face à l'avenir" (Road safety policy in the Netherlands: facing the future), Annales des Ponts et Chaussées, 2002(101), pp. 17-23. (in French) [https://doi.org/10.1016/S0152-9668\(02\)80004-3](https://doi.org/10.1016/S0152-9668(02)80004-3)
- World Health Organization (2018) "Global status report on road safety: time to act", World Health Organization, Geneva, Switzerland. [online] Available at: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_no_annex_fr.pdf?ua=1 [Accessed: 05 July 2021]
- Zegeer, C., Stewart, R., Rainfurt, D., Council, F., Newman, T., Hamilton, E., Miller, T., Hunter, W. (1991) "Cost-Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves", Office of Safety and Traffic Operations R&D, Federal Highway Administration, McLean, VA, USA, FHWA/RD-90-021.

An orange scroll graphic with a light orange background and a darker orange border. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'insuffisance de sécurité sur les routes en Algérie, est un problème que ni les médias, ni la société ni même les autorités ne pouvaient ignorer tant que les chiffres et les drames enregistrés parlaient deux mêmes (Oulha. R., 2016). La question sur la préservation de l'intégrité physique des usagers de la route, qui définit la sécurité, est fortement posée devant cette situation caractérisée par des chiffres alarmants.

La présente étude a développé une nouvelle alternative pour améliorer la gestion du problème de la sécurité routière de manière proactive sur les routes algériennes. Une méthode d'évaluation Proactive a également été développée pour explorer l'interaction entre les caractéristiques de la route et le niveau de risque routier. Un accident de la route peut survenir depuis la naissance de l'idée d'un projet routier lorsqu'il y a une défaillance d'étude ou de conception, de sorte que l'étude a exploité les caractéristiques techniques et géométriques des routes en créant une évaluation sans précédent pour localiser les zones de dangers sur les nouvelles routes avant la mise en service. Les facteurs humains sont globalement affirmés comme les principaux facteurs de risque d'accident, ils sont cependant imprévisibles et difficiles à contrôler directement. Cette étude a créé une base sur laquelle le comportement des conducteurs sur les routes peut être directement influencé dans une certaine mesure, en étudiant les caractéristiques de la chaussée.

Le premier objectif était d'évaluer la relation entre les caractéristiques de la route et le niveau des risques routiers, Ainsi que d'évaluer le niveau d'aléas routiers pouvant découler des caractéristiques de l'infrastructure routière qui peuvent être évitées et corrigées avant la mise en circulation de la route. Une évaluation a été réalisée par le Programme international d'évaluation des routes (iRAP). Le but phare de cet objectif était d'identifier les lieux à haut risque d'accidents de la circulation, Ainsi de fournir une base pour démontrer comment les caractéristiques de conception affecte les facteurs de risque des conducteurs sur les routes.

Le deuxième objectif de l'étude était de proposer une alternative pour améliorer la gestion du problème de la sécurité routière. Une combinaison d'iRAP et de SIG est développée et proposée. Cet objectif visait à fournir un outil d'aide à la décision pour les responsables de projets routiers, notamment ceux chargés de l'étude.

Les principaux résultats de l'étude sont résumés ci-dessous en référence aux objectifs de l'étude.

Conclusion Générale

L'étude a appliqué diverses méthodes d'analyse qui ont montré de nombreuses relations entre les caractéristiques d'ingénierie et techniques de la route et la survenue d'accidents de la circulation. Cet objectif vise à déterminer le lien mesurable entre les caractéristiques d'ingénierie et techniques de la route et la probabilité et la gravité des accidents de la circulation.

L'analyse des facteurs de risque et des caractéristiques d'ingénierie et techniques de la route a montré que la vitesse de circulation, les rayons de courbure et les équipements de sécurité à l'approche des intersections étaient des facteurs de risque d'accident importants.

Dans notre étude nous avons L'étude évalué les tronçon autoroutier cas d'étude par le programme international d'évaluation des routes. L'évaluation a été basé sur les paramètres de l'infrastructures routière. Plusieurs combinaisons de facteurs de risque ont été identifiées comme jouant un rôle clé dans les occurrences d'accidents sur les classifications routières d'ordre élevé et inférieur. L'étude a révélé que les facteurs liés à l'infrastructure routière jouaient un rôle clé dans les accidents. C'est une indication de l'interrelation entre les facteurs de risque d'accident et du fait qu'aucun facteur n'est responsable d'un accident de la route.

Comme deuxième objectif, l'étude a développé et calibré un nouveau modèle prédictif d'accidents comme outil pour examiner la relation entre les paramètres de conception des routes (paramètres d'ingénierie routière), l'environnement de la circulation (flux de trafic) et la probabilité et la gravité des accidents de la route. L'outil développé consiste en une combinaison d'iRAP et de SIG qui peut être appliqué en deux phases :

La première phase vise, comme décrit dans le premier objectif, à évaluer un tronçon de route ou d'autoroute par le biais du Programme international d'évaluation des routes. Les résultats obtenus montrent qu'en dépit de l'application de paramètres conformes aux normes de conception, certains segments routiers représentent un niveau de risque élevé indiquant l'importance de l'intégration de l'aspect sécurité routière dans toutes les phases du projet routier.

La seconde phase vise à appliquer la technique d'analyse géo spatiale (SIG) pour détecter et localiser les zones à haut risque d'accidents de la route sur les nouvelles routes ainsi que sur les routes existantes. L'utilisation des SIG a été appliqué sur deux ensembles de données de deux projet autoroutier différents fondés sur les résultats de la première phase. D'où la seconde phase permet à l'outil développé de devenir un outil d'aide à la décision pour les responsables des projets routiers, notamment ceux chargé de l'étude.

Conclusion Générale

Comme fruit de ce travail, l'étude a développé un nouvel outil d'évaluation de la sécurité routière, étayé par des données de conception et de trafic sur l'environnement routier Algérien. Les résultats de cette étude montrent que :

- ❖ L'application et le respect des normes de conceptions ne garantit pas la sécurité aux usagers de la route.
- ❖ Les facteurs humains sont très difficiles à prévoir et à traiter directement. Par conséquent, l'un des moyens d'influencer ces facteurs consiste à examiner l'environnement routier.
- ❖ Le type d'étude est sans aucun doute rare à l'échelle mondiale et nouveau dans le contexte Algérien dans la mesure où l'analyse de la sécurité a inclus un grand nombre de paramètres liés à la conception et au trafic décrivant l'environnement des routes en Algérie. Cette approche est étayée par la compréhension que les éléments routiers fonctionnent en tandem et qu'il est donc important de considérer l'impact de l'environnement routier sur la sécurité routière dans son ensemble.
- ❖ L'étude a développé un modèle prédictif d'accidents de la route qui seront utiles pour prévoir les futurs accidents de la route à l'aide d'ensembles de données complets sur les paramètres de l'infrastructure et les paramètres de trafic.
- ❖ Les caractéristiques techniques et d'ingénierie de la route peuvent être une source d'informations proactives sur la localisation des zones à haut risque avant même que la route ne commence à fonctionner ; avant la mise en service
- ❖ La combinaison de l'iRAP et du SIG est Novatrice à plus d'un titre. Elle permet d'identifier les endroits les plus exposés au risque routier avec angles de vision différentes. Elle permet également de devenir un outil d'aide à la décision pour les responsables des projets routiers, notamment ceux chargé de l'étude. La combinaison de l'iRAP et du SIG est capable de mieux représenter la réalité du terrain. Cela apparaît particulièrement important dans une approche de type développement durable, et sécurité durable.
- ❖ L'utilisation des systèmes d'informations géographiques les SIG aidera les décideurs à différencier les différents sites d'un segment routier ayant une fréquence de risque d'accidents plus élevée avec des sites ayant une faible fréquence de risque d'accidents qui devraient être potentiellement améliorés de manière rentable. Les SIG aidera également les experts en audit de sécurité routière à identifier et à se concentrer sur

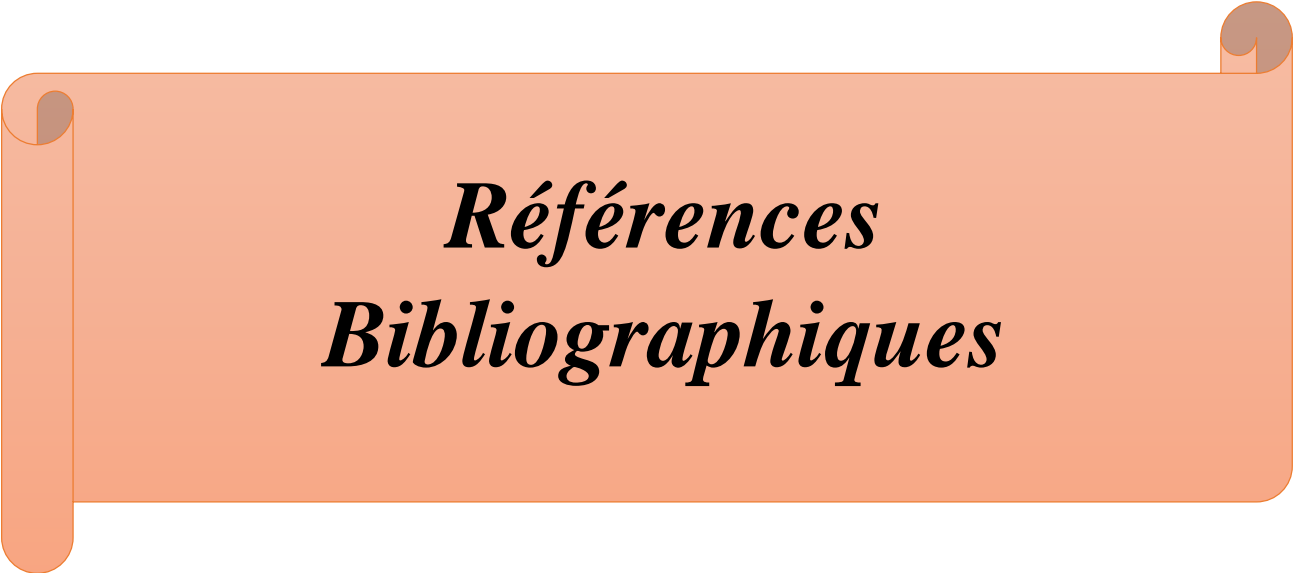
Conclusion Générale

les problèmes réels sur un site spécifique du segment routier dès la phase de planification.

- ❖ Cette méthode peut être dupliquée sur d'autres axes routiers nouveau ou existant, d'une manière proactive ou même réactive puisqu'elle offre une vision directe sur les problèmes du risque routier. L'intégration de cette méthode dans les phases des projets routier, ou lors des inspection terrain dans les routes existantes, servira à améliorer la sécurité sur nos routes.

Sur le plan de la production scientifique et la valorisation des résultats dans le cadre de cette thèse ; Cette partie a été peaufinée par la publication d'un article scientifique intitulé : " Application of the IRAP Method Combined with GIS to Improve Road Safety on New Highway Projects in Algeria". Publié en 2022 dans la revue *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* et intégré dans plusieurs bases comme Scopus et la base de données TRID qui regroupe les différents types de publications du Transportation Research Board (TRB) et National Academy of Sciences.

Dans le cadre de l'approfondissement de notre réflexion et de la diffusion de nos résultats, nous avons profité de nos différentes participations aux événements scientifiques ou d'information pour faire parvenir les résultats des recherches aux différentes autorités à travers notamment la participation aux débats autour de la question de la sécurité routière.

An orange scroll graphic with a light orange background and a darker orange border. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

*Références
Bibliographiques*

Références

- AASHTO (2010) Highway Safety Manual. 1st edn. Washington DC: AASHTO.
- AASHTO (2011) A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Fourth. Washington D.C: AASHTO
- Abele, L. and Møller, M. (2011) 'The Relationship between Road Design and Driving Behavior', RSS 2011: Road Safety and Simulation 2011 Conference, 2012, pp. 1–16. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:THE+RELATIONSHIP+BETWEEN+ROAD+DESIGN+AND+DRIVING+BEHAVIOR#1%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Relationship+between+Road+Design+and+Driving+Behavior%231>.
- Ahmed, I. (2013) 'Road Infrastructure and Road Safety', Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, (83), pp. 19–25.
- Alsubeai, A. M. (2017) Evaluating the Interactive Effects of Traffic Volumes and Access Density on Crash Frequency. South Dakota State University.
- Ambunda, R. and Sinclair, M. (2019) 'Effect of Two-Lane Two-Way Rural Roadway Design Elements on Road Safety', International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(4), pp. 632–637.
- Anderson, T. (2007) "Comparison of Spatial Methods for Measuring Road Accident 'Hotspots': A Case Study of London", Journal of Maps, 3(1), pp. 55–63. <https://doi.org/10.1080/Jom.2007.9710827>
- Aram, A. (2010) "Effective Safety Factors on Horizontal Curves of Two-lane Highways", Journal of Applied Sciences, 10(22), pp. 2814–2822. <https://doi.org/10.3923/Jas.2010.2814.2822>
- Asbridge, M., Hayden, J. A. and Cartwright, J. L. (2012) 'Acute cannabis consumption and motor vehicle collision risk: Systematic review of observational studies and meta-analysis', BMJ (Online), 344(7846), pp. 1–9. doi: 10.1136/bmj.e536.
- Austin, K., Tight, M., Kirby, H. (1997) "The Use of Geographical Information Systems to Enhance Road Safety Analysis", Transportation Planning and Technology, 20(3), pp. 249–266. <https://doi.org/10.1080/03081069708717592>
- Azzeddine, M., Ghiat, T. (2015) "Les Principales Causes Des Accidents De La Circulation Routiere Et Les Mesures D'attenuation En Algerie" (The Main Causes of Road Traffic Accidents and Mitigation Measures in Algeria), European Scientific Journal, 11(20), pp. 163–176.
- Bassat, T. and Shinar, D. (2011) 'Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior', Accident Analysis and Prevention. Elsevier Ltd, 43(6), pp. 2142– 2152. doi: 10.1016/j.aap.2011.06.004.
- Bassan, S. (2016) 'Sight distance restriction on highways' horizontal curves: insights and sensitivity analysis', European Transport Research Review. European Transport Research Review, 8(3). doi: 10.1007/s12544-016-0208-6.
- Batrakova, A. G. and Gredasova, O. (2016) 'Influence of Road Conditions on Traffic Safety', Procedia Engineering. Elsevier B.V., 134, pp. 196–204. doi: 10.1016/j.proeng.2016.01.060
- Bamdad-Mehrabani, B. and Mirbaha, B. (2018) 'Evaluating the Relationship between Operating Speed and Collision Frequency of Rural Multilane Highways Based on Geometric and Roadside Features', Civil Engineering Journal, 4(3), p. 609. doi: 10.28991/cej-0309120
- Bauer, K. and Harwood, D. (2014) 'Safety Effects of Horizontal Curve and Grade Combinations on Rural Two-Lane Highways', Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2398(January), pp. 37–49. doi: 10.3141/2398-05.
- Baldwin, D. M. The Relation of Highway Design to Traffic Accident Experience. Convention Group Meetings, AASHTO, 1946, pp. 103- 109.
- Babkov, V. F. Road Design and Traffic Safety, Traffic Engineering and Control, Vol. 9, 1968, pp. 236-239.
- BAKLANOVA, K., EVGENY, V., ELENA C., ANDREY, A., ARTEM, K. (2021) Road Safety Audit as a Tool for Improving Safety on the Intercity Road Network. Transportation research procedia 54: 682-91. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.121>
-

Références

- Ben-Bassat, T. and Shinar, D. (2011) 'Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior', *Accident Analysis and Prevention*. Elsevier Ltd, 43(6), pp. 2142– 2152. doi: 10.1016/j.aap.2011.06.004.
- Benchrif H., 2015, 'étude de l'insécurité routière en Algérie : de l'usage des modèles au développement des politiques publiques' Thèse pour obtenir le diplôme de doctorat en Sciences en Hygiène et Sécurité industrielle Option : Gestion des Risques.
- Bitzl, F. *The Safety Level of Roads*. Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Vol. 28, 1964.
- Bourdaoui, M., Chikhi, N., Driassa, N., Kerbach, R., et Joumard, R. (2008). Caractérisation du parc de véhicule et son usage. Colloque International, Environnement et transports dans des contextes différents. Ghardaïa, 27-28 octobre.
- Brookhuis, K. A. (2014) 'The role of traffic psychology in psychopharmacological research', *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Elsevier Ltd, 25(PART B), pp. 120–126. doi: 10.1016/j.trf.2013.10.011.
- Carnis, L. et Mignot, D. (2010). Économie de la sécurité routière : définition, connaissance et enjeux. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, N° 57. pp. 5-14.
- Cairney, P. and Bennet, P. (2008) 'Relationship between surface characteristics on selected rural roads in Victoria rural roads', in ARRB Conference. ARRB Group.
- Centre National de Prévention et de Sécurité Routière (2020) "Etude Statistique Sur Les Accidents Et Les Victimes De La Circulation, Centre National De Prévention Et de Sécurité Routière" (Study Statistics on Traffic Accidents and Victims, National Center for Prevention and Road Safety), Centre National de Prévention et de Sécurité Routière, Algiers, Algeria
- Cenek D, P., Davies B, R. and Henderson J, R. (2012) Crash risk relationships for improved road safety management. Available at: <http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/488/%5Chttps://trid.trb.org/view/1148289>
- Chan, Y., Huang, B., Yan, X. and Richards, S. (2008) Effects of Asphalt Pavement Conditions on Traffic Accidents in Tennessee Utilizing Pavement Management System (PMS). Knoxville.
- Chen, S., Rakotonirainy, A., Loke, S. W. and Krishnaswamy, S. (2007) 'A Crash Risk Assessment Model for Road Curves', *Proceedings 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, 2007, pp. 1-8.
- Choudhary, P., Imprialou, M., Velaga, N. R. and Choudhary, A. (2018) 'Impacts of speed variations on freeway crashes by severity and vehicle type', *Accident Analysis and Prevention*. Elsevier, 121(September), pp. 213–222. doi: 10.1016/j.aap.2018.09.015.
- Committee of State Road Authorities (1988) 'Geometric Design of Rural Roads', in *Technical Recommendations for Highways*, TRH 17. Pretoria, South Africa: Department of Transport.
- Coburn, T. M. *Accident, Speed and Layout Data on Rural Roads in Buckinghamshire*, Road Research Laboratory, 1952.
- Čičković, M. (2016) 'Influence of Human Behaviour on Geometric Road Design', *Transportation Research Procedia*, 14(0), pp. 4364–4373. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.358.
- C. BERTHOD, N. CHEVALIER, M. DROUIN, E. FERLAND, P. GUIMOND, D. HAMEL, Y. JULIEN, C. LAROCQUE, S. T. LÊ, A. SENNEVILLE et D. VIENS : Le carrefour giratoire : un mode de gestion différent. Rapport technique, Ministère des Transports, 2002.
- Dagli, R. (2004) 'Driver fatigue and Road safety - Implication in an indian context', *International journal of advances in Engineering and Tehnology*, 9(4), pp. 1–5.
- Demissie, M. (2017) Risk Factors associated with Serious and Fatal Road Traffic Accidents in Manzini city , Swaziland. University of the Western Cape
- Deller, J. (2013) 'The influence of road design speed, posted speed limits and lane widths on speed selection: a literature synthesis', in *Australasian Transport Research Forum*, p. 14p. Available at: <http://www.atrf.info/papers/2013/index.aspx>
-

Références

- Dong, C., Nambisan, S. S., Richards, S. H. and Ma, Z. (2015) 'Assessment of the effects of highway geometric design features on the frequency of truck involved crashes using bivariate regression', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75. doi: 10.1016/j.tra.2015.03.007
- Duivenvoorden, K. (2010) *The Relationship between Traffic Volume and Road Safety on the Secondary Rural Road Network*. Leidschendam. doi: D-2010-2
- Dwikat, M. G. (2014) *Modeling Relationship between Geometric Design Consistency and Road Safety for Two-Lane Rural Highways in the West Bank*. An- Najah National University.
- Easa, S. M. (2003) 'Improved speed-profile model for two-lane rural highways', *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30(6), pp. 1055–1065. doi: 10.1139/103-021.
- Edquist, J., Rudin-Brown, C. and Lenne, M. (2009) *Road Design Factors and their Interactions with Speed and Speed Limits*. Victoria
- Eenink, R., Reurings, M., Elvik, R., Cardoso, J., Wichert, S. and Stefan, C. (2005) 'Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assessment: Recommendations for using these tools', *RiPCORD iSEREST*, 506184(January 2005), pp. 1–20.
- Elvik, R., Christensen, P. and Amundsen, A. (2004) 'Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model', *TOI report*, 740(December), p. 134.
- El-basyouny, K. and Sayed, T. (2009) 'Collision prediction models using multivariate Poissonlognormal regression', 41, pp. 820–828. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.005
- Elvik, R. and Vaa, T. (2004) *The Handbook of Road Safety Measures*. Pergamon, Oslo.
- Feuillet, M., Egido, À. and Lerbet-Sereni, F. (2015) 'Speed and road accidents: risk perception, knowledge and attitude towards penalties for speeding', *Psychofenia: Ricerca Ed Analisi Psicologica*, 18(31), pp. 63–76.
- Garber, N. J. and Hoel, L. A. (2009) *Traffic and Highway Engineering*. Fourth, Cengage Learning, Fourth. Edited by H. Gowans. Toronto, Canada: Nelson Education Ltd. doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746.
- Garcia, R. and Abreu, L. (2016) 'Road safety in rural roads of two lanes', *Revista Ingenieria De Construccion*, 31(1), pp. 54–60. Available at: %3CGo%0Ato.
- Gaudry, M. and Vernier, K. (2002) 'Effects of road geometry and surface on speed and safety', *Accident Analysis & Prevention* 34.3, 34(November 1998), pp. 357–365
- Ghanbari, A. (2017) *Impact of Pavement Condition Indicators on Road Safety in New Brunswick Arash Bagher Ghanbari Master of Science in Engineering*. University of New Brunswick.
- Gichaga, F. J. (2017) 'The impact of road improvements on road safety and related characteristics', *IATSS Research*. Elsevier Ltd, 40(2), pp. 72–75. doi: 10.1016/j.iatssr.2016.05.002.
- Glavić, D., Mladenović, M., Stevanovic, A., Tubić, V., Milenković, M. and Vidas, M. (2016) 'Contribution to Accident Prediction Models Development for Rural Two-Lane Roads in Serbia Mark', *Promet-Traffic & Transportation*, 28(4), pp. 415–424. doi: 10.7307/ptt.v28i4.1908.
- Golob, T. F., Recker, W. W. and Alvarez, V. M. (2004) 'Freeway safety as a function of traffic flow', *Accident Analysis and Prevention*, 36(6), pp. 933–946. doi: 10.1016/j.aap.2003.09.006.
- Godavarthy, R. P. and Russell, E. R. (2016) 'High-Risk Rural Road Safety Study and Determining the Crash-Reduction Factors for High-Risk Rural-Road Usage', *Journal of Transportation Technologies*, 06(01), pp. 1–8. doi: 10.4236/jtts.2016.61001.
- Godley, S., Triggs, T. and Fildes, B. (2004) 'Perceptual lane width, wide perceptual road centre marking and driving speeds', *Ergonomics*, 3(47), pp. 237–256.
- Guidelines for the Design of Rural Roads (RAS-L-1). Committee 2.3, German Road and Transportation Research Association, *Geometric Design Standards 1973 and 1984*.
- Haynes, R., Lake, I. R., Kingham, S., Sabel, C. E., Pearce, J. and Barnett, R. (2008) 'The influence of road curvature on fatal crashes in New Zealand', *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), pp. 843–850. doi: 10.1016/j.aap.2007.09.013.
-

Références

- Hanno, D. (2004) Effects of the Combination of Horizontal and Vertical Alignments on Road Safety. The University of British Columbia.
- Hassan, Y. and Easa, S. M. (2003) 'Effect of Vertical Alignment on Driver Perception of Horizontal Curves', *Journal of Transportation Engineering*, 129(4), pp. 399–407. doi: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(399).
- Hakkert, A. S., Gitelman, V. and Vis, M. A. (2007) 'Institutional Repository Road Safety Performance Indicators: Theory Deliverables D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet'. Available at: <https://dspace.lboro.ac.uk/>.
- Hakkert, S. and Braimaister, L. (2002) *The uses of exposure and risk in road safety studies*. Leidschendam.
- Hartley, L. (1998) *Managing Fatigue In Transportation*, Proceedings of the 3rd Fatigue in Transportation Conference. doi: 10.1016/j.smr.2005.03.002.
- Hartley, L. and Arnold, P. (1996) 'Recommendations on Fatigue in Transportation', in *Second international Conference on Fatigue in Transportation*.
- Hedman, K.o., 1990, "Road Design and Safety «, Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two continents", Gothenburg, VTI Report 315 A, 1990.
- Hiersche, E. U., R. Lamm, K. Dieterle, and A Nikpour. Effects of Highway Improvements Designed in Conformity with the RAL-L on Traffic Safety of Two-Lane Rural Highways. *Technical Journal: Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, Vol. 431, 1984.
- Housley, S. (2015) 'Design Criteria', in *Highway Design Manual*. 86th edn.
- Huanghui, Z. (2012) *Estimation of safety effectiveness of composite shoulders on rural two-lane highways*. University of Kansas.
- Hyder, A. A., Paichadze, N., Toroyan, T. and Peden, M. M. (2017) 'Monitoring the Decade of Action for Global Road Safety 2011–2020: An update', *Global Public Health*, 12(12), pp. 1492–1505. doi: 10.1080/17441692.2016.1169306.
- ICA (2015), "Étude de la pénétrante Port de Ghazaouet – Autoroute Est Ouest-Etude de trafic ", Ingénieurs Conseils Associés, Alger, Algérie
- Karlaftis, M. G. and Golias, I. (2002) 'Effects of Road Geometry and Traffic Volumes on Rural Roadway Accident Rates', *Accident Analysis and Prevention*, 34(3), pp. 357–365. doi: 10.1016/S0001-4575(01)00033-1.
- Karlaftis, M. G. and Golias, I. (2009) 'Impacts of Roadway Condition , Traffic and Manmade Features on Road Safety', *International Journal of Civil Engineering & Technology*, 4(July), pp. 19–25. doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746.
- Kelly, E., Darke, S. and Ross, J. (2004) 'A review of drug use and driving: epidemiology, impairment, risk factors and risk perceptions.', *Drug and alcohol review*, 23(3), pp. 319–44. doi: 10.1080/09595230412331289482.
- Kockelman, K. (2006) 'Crash Frequency and Severity Modeling Using Clustered Data from Washington State', pp. 1621–1626.
- Krug, E. and Sharma, G. (2009) 'Risk factors for road traffic injuries', *Asociatia Victimelor Accidentelor de Circulatie din Romania*, 7(2), pp. 23–39.
- Knoflachner, H. Results and Experiences of Accident Analyses. In *Road-Skid Resistance, Traffic Safety on Wet Pavements*. Institute for Road-and Traffic-Engineering, Technical University, Berlin, Vol. 2, 1968, pp. 151-156.
- King, B. A. (2014) 'The Effect of Road Roughness on Traffic Speed and Road Safety', (November), pp. 1–146.
- Khan, G., Bill, A., Chitturi, M. and Noyce, D. (2014) 'Safety Evaluation of Horizontal Curves on Rural Undivided Roads', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2386(1), pp. 147–157. doi: 10.3141/2386-17.
-

Références

- Lamm, R., and E. M. Choueiri. Recommendations for Evaluating Horizontal Design Consistency, Based on Investigations in the State of New York. In *Transportation Research Record 1122*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1987, pp. 68-78
- Lahcene, I., (2014) 'Audit de Sécurité Routière d'un nouveau projet routier : Cas de la pénétrante autoroutière Mascara-sig'. Mémoire de master, université Mustapha stambouli, Mascara
- Liu, S., Wang, J. and Fu, T. (2016) 'Effects of lane width, lane position and edge shoulder width on driving behavior in underground urban expressways: A driving simulator study', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10), pp. 1–14. doi: 10.3390/ijerph13101010.
- Li, Y. and Huang, J. (2015) 'Safety Impact of Pavement Conditions', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2455(1), pp. 77–88. doi: 10.3141/2455-09.
- Li, Y., Liu, C. and Ding, L. (2013) 'Impact of pavement conditions on crash severity', *Accident Analysis and Prevention*. Elsevier Ltd, 59, pp. 399–406. doi: 10.1016/j.aap.2013.06.028.
- McCarthy, J., J.C. Scruggs, and D. B. Brown. Estimating the Safety Benefits for Alternative Highway and/or Operational Improvements, Report FHWA/RD-81/179. FHWA, Washington, D.C., 1981.
- MCINERNEY, R. ,SMITH, G. (2009) Saving lives through investment in safer roads: The iRAP partnership. Proceedings of the 13th Road Engineering Association of Asia and Australasia, 23-26.
- Meng, L., Kees, W. and Evangelos, B. (2006) 'Traffic safety principles and physical road infrastructure measures', in *19th International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety*. Lund.
- Millot, M. (2003). Développement urbain et insécurité routière : l'influence complexe des formes urbaines. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 418 p.
- Ministry of Transportation and Highways, Interim Highway Safety Program Manual, Highway Safety Section Engineering Branch, Province of British Columbia, Victoria BC, 1999
- Mohammed, H. (2013) 'The Influence of Road Geometric Design Elements on Highway Safety', *International Journal of Civil Engineering & Technology*, 4(4), pp. 146–162.
- Mohammed, A., Umar, S. Y., Samson, D. and Ahmad, T. Y. (2017) 'The Effect of Pavement Condition on Traffic Safety: A Case Study of Some Federal Roads in Bauchi State', *IOSR Journal*
- Mollel, E., Msumba, E. and Ngowi, N. (2011) *Road Geometric Design Manual*. 2011th edn. Dar-esSalaam: Tanzania Ministry of Works.
- Munteanu, P. L., Rosu, M., Panaitescu, V. and Pungă, A. (2014) 'Human and environmental factors contributing to fatal road accidents in a Romanian population', *Romanian Journal of Legal Medicine*, 22(2), pp. 97–100. doi: 10.4323/rjlm.2014.97
- Nambahu, B. B. (2018) *Modeling of Road Traffic Fatalities in Namibia: A Generalized Linear Model Approach*. University of Namibia. doi: 10.1590/s1809-98232013000400007
- Nilsson, G. (2004) *Traffic safety dimensions and the Power model to describe the effect of speed on safety*, National Road and Transport Research Institute. Lund
- Nechniche, H. 2006, 'Modélisation du réseau routier et sa gestion à l'aide d'un GIS'. Thèse de doctorat, Faculté d'Architecture et de génie civil, Département de Génie Civil, USTOMB, Oran, Algérie,
- Noland, R. B. and Oh, L. (2004) 'The effect of infrastructure and demographic change on traffic-related fatalities and crashes: A case study of Illinois county-level data', *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), pp. 525–532. doi: 10.1016/S0001-4575(03)00058-7.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), (2004). *La prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation. Rapport mondial sur la sécurité routière dans le monde*, ISBN 92 4 259131 9. Genève, 76 p.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), (2009). *Il est temps d'agir. Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde*, ISBN 92 4 256384 9. Genève, 298 p.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), (2013). *Soutenir une décennie d'action. Rapport de situation sur la sécurité routière dans le monde*, ISBN 978 92 4 156456 4, Genève, 318 p.
-

Références

- OULHA, R., BOUMEDIENE, A., AMARA, K., BENYOUCEF, S., AMINE, H., BRAHIMI, K. (2016) Using Qualitative Study and GIS to Explore Road Accident Black Areas in Algeria. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 44, 209-214. DOI: 10.3311/PPtr.8446
- OULHA, R., (2016) L'insécurité Routière en Algérie. Thèse de doctorat, université Mohamed Boudiaf, Oran
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2006) *Speed Management: A road safety manual for decision-makers and practitioners*, GRSP Publication. Geneva: World Health Organisation. doi: 10.1787/9789282103784-en.
- Othman, S., Thomson, R. and Lannér, G. (2009) 'Identifying critical road geometry parameters affecting crash rate and crash type.', *Annals of advances in automotive medicine / Annual Scientific Conference ... Association for the Advancement of Automotive Medicine*. Association for the Advancement of Automotive Medicine. Scientific Conference.
- Othman, S. and Thomson, R. (2007) 'Influence of Road Characteristics on Traffic Safety', in *ESV 20th Conference*. Lyon, pp. 1–10
- Parizel, P. M. and Phillips, C. D. (2004) 'Neuroradiological Diagnosis of Craniocerebral and Spinal Trauma: Current Concepts in World report on road traffic injury prevention: summary 2004', *Diseases of the Brain, Head and Neck, Spine*, pp. 60–72. doi: 10.1007/978-88-470-2131-0_11.
- Park, B. J., Fitzpatrick, K. and Lord, D. (2010) 'Evaluating the Effects of Freeway Design Elements on Safety', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2195(2195), pp. 58–69. doi: 10.3141/2195-07.
- Papadimitriou, E., Machata, K., Bauer, R., Stadlbauer, S., Soteropoulos, A., Daniels, S., Elvik, R., Ziakopoulos, A., Theofilatos, A. and Yannis, G. (2018) 'Safety effects of infrastructure road safety measures', in *7th Transport Research Arena TRA 2018*. Vienna.
- Pais, J. C., Amorim, S. I. and Minhoto, M. J. (2013) 'Impact of Traffic Overload on Road Pavement Performance', *Journal of Transportation Engineering*, 139(9), pp. 873–879. doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000571.
- Persia, Luca & Usami, Davide & De Simone, Flavia & Beaumelle, Véronique & Yannis, George & Laiou, Alexandra & Han, S. & Machata, Klaus & Pennisi, Lucia & Marchesini, Paula & Salathè, Manuelle. (2016). *Management of Road Infrastructure Safety*. *Transportation Research Procedia*. 14. 3436-3445. 10.1016/j.trpro.2016.05.303.
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A., Jarawan, E. and Mathers, C. (2017) *World Report on Road Traffic Injury Prevention*, World Health Organisation. Geneva. doi: 10.1016/j.puhe.2005.09.003.
- Porter, R., Donnell, E. and Mason, J. (2012) 'Geometric Design, Speed, and Safety', *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2309, pp. 39–47. doi: 10.3141/2309-05.
- Pignataro, L. J. *Traffic Engineering, Theory and Practice*. PrenticeHall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1973.
- Ramaekers, J. G., Kuypers, K. P., Bosker, W. M., Brookhuis, K. A., Veldstra, J. A., Simons, R., Martens, M., Hjalmdahl, M., Forsman, Å. and Knoche, A. (2012) 'Effects of stimulant drugs on actual and simulated driving: perspectives from four experimental studies conducted as part of the DRUID research consortium', *Psychopharmacology*, 222(3), pp. 413–418. doi: 10.1007/s00213-012-2766-1.
- Richter, T., Ruhl, S., Ortlepp, J. and Bakaba, E. (2016) 'Prevention of Overtaking Accidents on Twolane Rural Roads', in *Transportation Research Procedia*. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05
- Runji, J. (2003) 'Road Sector Reform: the Case of Namibia', pp. 1–14.
- Rogers, M. (2003) *Highway Engineering*, Blackwell Science. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. doi: 10.1016/0016-0032(55)91076-0.
- Rumar K. *Safety Problems and Countermeasure Effects in the Nordic Countries*. Proc., International Meeting on the Evaluation of Local Traffic Safety Measures, Paris, May 1985.
- Singh, S. K. (2017) 'Road Traffic Accidents in India: Issues and Challenges', *Transportation Research Procedia*. Elsevier B.V., 25(December), pp. 4708–4719. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.484.
-

Références

- Stephan, K. and Newstead, S. (2017) 'Measuring the Influence of the Road and Roadside in the Safe System', pp. 1–11
- Sjogren, L., Anund, A., Charman, S., Ahern, A., Pumberger, A. and Cocu, X. (2012) Speed Adaption Control by Self-Explaining Roads (SPACE).
- Shinar, D. (2007) 'Crash Countermeasures and Design of Safety', in Traffic Safety and Human Behaviour. Emerald Inc.
- Shinar, D. (2017) Traffic safety and Human Behaviour. doi: 10.1108/9781786352217.
- Schulze, H. and Kolßmann, I. (2010) 'The role of safety research in road safety management', Safety Science. Elsevier Ltd, 48(9), pp. 1160–1166. doi: 10.1016/j.ssci.2009.12.009.
- Songpatanasilp, P., Yamada, H., Horanont, T. and Shibasaki, R. (2015) 'Traffic accidents risk analysis based on road and land use factors using GLMs and zero-inflated models', CUPUM 2015 - 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85026379960&partnerID=40&md5=5b38b5ff5f0f3fb6b6c4e0a6fcd950c0>
- Taylor, M. C., Baruya, A. and Kennedy, J. V (2002) The relationship between speed and accidents on rural single-carriageway roads Prepared for Road Safety Division, Department for Transport, Local Government and the Regions, TRL Report TRL511. Berkshire. Available at: <http://www.safespeed.org.uk/TRL511.pdf>.
- Tamayo, A. (2009) 'Occurrence of Traffic Accidents in the Philippines: An Application of Poisson Regression Analysis', Ssrn, 63(082), pp. 1–16. doi: 10.2139/ssrn.1438478
- Thomas, L., Srinivasan, R., Lan, B., Hunter, W., Martell, C. and Rodgman, E. (2013) Speed and Safety in North Carolina. Available at: <https://connect.ncdot.gov/projects/research/RNAProjDocs/2011-08finalreport.pdf%0Ahttps://trid.trb.org/view/1277053>.
- Tripodi, A., Edoardo, M., Francisco, R., Sara, B., Mattia, F., Paola, T. (2020): A Simplified Methodology for Road Safety Risk Assessment Based on Automated Video Image Analysis. Transportation research procedia 45 : 275-84. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.017>
- Tehrani, S. S. and Falls, L. C. (2015) 'A Comparison of IRI and Collision Rates in the Province of Alberta', 2015 CSCE Conference, (November), pp. 1–9. doi: 10.13140/RG.2.1.1599.1129.
- Titi, H. H., Coley, N. J. and Latifi, V. (2018) 'Evaluation of Pavement Performance due to Overload Single-Trip Permit Truck Traffic in Wisconsin', Advances in Civil Engineering, 2018, pp. 1–11. doi: 10.1155/2018/1070653.
- Turner, B., Woolley, J. and Cairney, P. (2015) 'An analysis of driver behaviour through rural curves: Exploratory results on driver speed', Australasian Road Safety Conference, 10, pp. 1–10
- Vayalankuzhi, P. and Amirthalingam, V. (2016) 'Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow', Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). Elsevier Ltd, 3(6), pp. 559–570. doi: 10.1016/j.jtte.2016.05.006.
- Van Scoor, O., Van Niekerk, J. and Grobbelaar, B. (2001) 'Mechanical failures as a contributing cause to motor vehicle accidents- South Africa', Accident Analysis & Prevention, (33), pp. 713–721
- Vadeby, A., Turner, B., Machata, K., Hollo, P. and Shelton, T. (2018) Speed and crash risk. Paris. doi: 10.1007/s11219-006-6001-3.
- Vasilev, A Road Conditions and Traffic Safety. Mir Publishers, Moscow, 1975.
- Verstraete, A. G., Legrand, S. A., Vandam, L. and Hughes, B. G. (2014) Drug Use, Impaired Driving and Traffic Accidents. 2nd edn. Lisbon: European Monitoring Centre of Drugs and Drug Addiction. Available at: http://www.emcdda.europa.eu/attachements.cfm/att_229259_EN_TDXD14016ENN.pdf.
- Wang, C., Quddus, M. A. and Ison, S. G. (2013) 'The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction', Safety Science, 57, pp. 264–275. doi: 10.1016/j.ssci.2013.02.012.
- Wang, C., Quddus, M. and Ison, S. (2009) 'The effects of area-wide road speed and curvature on traffic casualties in England', Journal of Transport Geography, 17(5), pp. 385–395. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2008.06.003.
-

Références

- Wegman, F., Wouters, P. (2002) "La politique de sécurité routière aux pays-bas: faire face à l'avenir" (Road safety policy in the Netherlands: facing the future), *Annales des Ponts et Chaussées*, 2002(101), pp. 17–23. (in French) [https://doi.org/10.1016/S0152-9668\(02\)80004-3](https://doi.org/10.1016/S0152-9668(02)80004-3)
- Wegman, F. (2017) 'The future of road safety: A worldwide perspective', *IATSS Research*. doi: 10.1016/j.iatssr.2016.05.003.
- Wegman, F. and Elsenaar, P. (1997) 'Sustainable solutions to improve road safety in The Netherlands', p. 28. Available at: <http://www.swov.nl/rapport/D-97-08.pdf>.
- Wedajo, T., Quezon, E. T. and Mohammed, M. (2017) 'Analysis of Road Traffic Accident Related of Geometric Design Parameters in Alamata-Mehoni- Hewane Section', (June).
- Wilson, T. D. Road Safety by Design, *The Journal of the Institute of Highway Engineers*, Vol. 15, May 1968, pp. 23-33
- Woolley, J. E., Zito, R., Dyson, C. B., Stazic, B. and Taylor, M. A. (2002) 'Impacts of Lower Speed Limits in South Australia', *IATSS Research. International Association of Traffic and Safety Sciences*, 26(2), pp. 6–17. doi: 10.1016/S0386-1112(14)60038-8.
- Yang, L., Li, X., Guan, W. and Zhang, H. M. (2017) 'Effect of traffic density on lane change and overtaking maneuvers: A driving simulator based study', 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 9588(May), pp. 1–14. doi: 10.1080/15389588.2018.1471470.
- Yannis, G., Dragomanovits, A., Laiou, A., Richter, T., Ruhl, S., La Torre, F., Domenichini, L., Graham, D., Karathodorou, N. and Li, H. (2016) 'Use of Accident Prediction Models in Road Safety Management - An International Inquiry', in 6th Transport Research Arena. Warsaw. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.397.
- ZEGEER, C., STEWART, R., REINFURT, D., COUNCIL, F., NEUMAN, T., HAMILTON, E., MILLER, T., HUNTER, W. (1991) Cost-effective geometric improvements for safety upgrading of horizontal curves.
-

Résumé

Le réseau routier algérien ne cesse d'enregistrer quotidiennement des pertes humaines et matérielles dues aux accidents de la route. L'insécurité routière représente une grande menace pour la société et un lourd fardeau pour la trésorerie de l'état A l'heure actuelle et face la multiplication des accidents de la circulation sur les différentes routes, la sécurité routière est devenue l'un des axes importants dans différents domaines. Et pourtant, il demeure parmi les axes les moins traités dans les recherches académiques en Algérie ce qui représente aujourd'hui un défi remarquable pour les chercheurs et praticiens qui évoluent notamment dans le domaine des travaux publics. Les causes des accidents de la route n Algérie sont imputées n grande partie aux fameux (comportement humain) dans 90% des cas.

L'interprétation donné à cette désignation (comportement humain) est généralement se réduit à la sanction de l'utilisateur de la route en premier lieu le conducteur de véhicule. Il est par ailleurs un problème qui peut survenir de très loin depuis la naissance de l'idée du projet routier en passant par son étude, sa réalisation et jusqu'à sa mise en ouverture à la circulation des véhicules. Il est communément connu également que la réalisation d'un projet routier ou autoroutier est un processus fort complexe et est confrontée sur le terrain aux différentes contraintes (contraintes d'ordre financières, technique, administratives, organisationnelles, etc.). Ce travail tentera d'étudier, au milieu de cette complexité, comment se fait l'intégration de l'aspect sécurité routière d'un projet routier en plein développement ou déjà ouvert à la circulation dans notre pays. Il s'agit d'un travail sur terrain auprès des différents acteurs et responsables chargé de la sécurité des infrastructures routières. La combinaison de plusieurs outils d'analyse (analytiques, numériques, systèmes d'information) aidera à mieux analyser le problème étudié.

Mots clés : Sécurité routière, projet routier en Algérie, causes des accidents de la route, audit d'un nouveau projet routier,

Abstract

The Algerian road network does not cease to record daily human and material losses due to road accidents. Road insecurity represents a great threat to society and a heavy burden on the state treasury. At present and in the face of the multiplication of traffic accidents on the different roads, road safety has become one of the important axes in different fields. And yet, it remains among the least treated axes in the academic research in Algeria which represents today a remarkable challenge for the researchers and practitioners who evolve in particular in the field of the public works. The causes of road accidents in Algeria are largely attributed to the famous (human behavior) in 90% of cases.

The interpretation given to this designation (human behavior) is generally reduced to the punishment of the road user, primarily the vehicle driver. It is also a problem that can occur from the very beginning of the idea of the road project, through its study, its realization and until its opening to the traffic. It is also commonly known that the realization of a road or highway project is a very complex process and is confronted on the ground with various constraints (financial, technical, administrative, organizational constraints, etc.). This work will try to study, in the middle of this complexity, how the integration of the road safety aspect of a road project in full development or already opened to traffic in our country is done. It is a field work with different actors and managers in charge of the safety of road infrastructures. The combination of several analysis tools (analytical, numerical, information systems) will help to better analyze the studied problem.

Keywords: Road safety, road project in Algeria, causes of road accidents, audit of a new road project,

ملخص

تواصل شبكة الطرق الجزائرية تسجيل خسائر بشرية ومادية يومية بسبب حوادث الطرق. يمثل انعدام الأمن على الطرق تهديدًا كبيرًا للمجتمع وعبئًا ثقيلًا على خزينة الدولة في الوقت الحالي، وفي مواجهة تضاعف الحوادث المرورية على الطرق المختلفة، أصبحت السلامة على الطرق أحد المحاور المهمة في مختلف المجالات. ومع ذلك، لا يزال من بين المجالات الأقل تعاملًا في البحث الأكاديمي في الجزائر، والذي يمثل اليوم تحديًا ملحوظًا للباحثين والممارسين الذين يتطورون بشكل خاص في مجال الأشغال العامة. تُعزى أسباب حوادث الطرق في الجزائر إلى حد كبير إلى (السلوك البشري) الشهير في 90% من الحالات. التفسير المعطى لهذا التعيين (السلوك البشري) يشير بشكل عام إلى مستخدم الطريق في المقام الأول سائق السيارة. كما أنها مشكلة يمكن أن تنشأ من مسافة بعيدة جدًا منذ ولادة فكرة مشروع الطريق مرورًا بدراساتها، إدراكها وحتى افتتاح الطريق لحركة المركبات. من المعروف أيضًا أن تحقيق مشروع طريق أو طريق سريع هو عملية معقدة للغاية ويواجه على أرض الواقع قيودًا مختلفة (قيود مالية، وتقنية، وإدارية، وتنظيمية، وما إلى ذلك). سيحاول هذا العمل أن يدرس، في خضم هذا التعقيد، كيف يتم دمج جانب السلامة على الطرق في مشروع طريق قيد التطوير الكامل أو مفتوح بالفعل أمام حركة المرور في بلدنا. وهذا يشمل العمل الميداني مع مختلف الجهات الفاعلة والمسؤولين المسؤولين عن سلامة البنية التحتية للطرق. سيساعد الجمع بين العديد من أدوات التحليل (التحليلية والرقمية ونظم المعلومات) على تحليل المشكلة المدروسة بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: السلامة على الطرق، مشروع الطرق في الجزائر، أسباب حوادث الطرق، تدقيق مشروع طريق جديد،