

les Cahiers Scientifiques du Transport

N° 57/2010 - Pages 85-116

*Herbert Baum, Torsten Geißler,
Ulrich Westerkamp
Rentabilité des véhicules intelligents.
Méthodologie et résultats à partir de
l'étude eIMPACT*

JEL : D61, H40, R41, R42

**RENTABILITÉ DES VÉHICULES INTELLIGENTS.
MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS À PARTIR
DE L'ÉTUDE eIMPACT**

HERBERT BAUM, TORSTEN GEIßLER, ULRICH WESTERKAMP
INSTITUT D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS
UNIVERSITÉ DE COLOGNE

1. INTRODUCTION

Les systèmes de sécurité pour véhicules intelligents (SSVI), destinés à informer les conducteurs des conditions de circulation et à les assister en cas de situations dangereuses, offrent de vastes perspectives pour limiter les effets sociaux négatifs du trafic routier. Ils permettront à terme au transport routier d'être plus sûr, plus efficace en matière de consommation d'énergie et de temps de transport, et plus respectueux de l'environnement.

Des mesures visant à améliorer la sécurité routière, préoccupation majeure de la politique européenne des transports, doivent être prises pour faire face aux besoins croissants de mobilité et de transport. Malgré les progrès enregistrés ces dernières années, plus de 40 000 personnes perdent encore la vie

chaque année sur les routes européennes et plus de 1,5 million sont blessées. Le coût des dommages s'élève à 200 milliards d'euros, soit environ 2 % du produit intérieur brut (PIB) de l'UE. En outre, la congestion, synonyme de pertes de temps et d'augmentation de la consommation de carburant, nuit à l'économie européenne. Le coût des retards est estimé à minima à 50 milliards d'euros par an (COMMISSION EUROPÉENNE, 2006). D'autres sources les évaluent à environ 2 % du PIB européen (INFRAS IWW, 2004). A cela, il faut ajouter les dommages causés par les transports à l'environnement, en particulier leur contribution à la pollution de l'air et au changement climatique.

Malgré leur potentiel, ces systèmes ne sont encore que faiblement commercialisés. De nombreux pays de l'UE n'en sont qu'à la phase initiale de promotion et de déploiement des SSVI. Seuls quelques pays, à savoir l'Allemagne, la Suède, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Finlande, la France et l'Espagne ont pris des initiatives importantes en faveur d'un tel déploiement (ZWIJNENBERG et al., 2007). La lente pénétration des systèmes de sécurité sur le marché s'explique par une faible sensibilisation des conducteurs qui en méconnaissent toutes les capacités, par un déséquilibre entre les bénéficiaires et ceux qui supportent les coûts en raison d'effets externes, par des externalités de réseau pour les systèmes coopératifs, par des problèmes juridiques et des problèmes de responsabilité. Ce contexte rend difficile le déploiement des SSVI dans le cadre d'un partenariat public-privé.

Il convient de démontrer la rentabilité des systèmes de sécurité pour véhicules intelligents pour pouvoir lever un certain nombre de barrières à leur mise en œuvre. Les recommandations concernant les mesures à prendre pour faciliter leur adoption par le marché pourront se fonder sur les résultats ainsi obtenus. Cette étude vient ainsi en appui des initiatives « eSafety » et « véhicule intelligent » de la Commission européenne (COMMISSION EUROPÉENNE, 2006).

L'objectif prioritaire de cet article est de décrire la méthodologie adoptée pour évaluer l'impact socio-économique de douze systèmes de sécurité pour véhicules intelligents, de présenter et d'analyser les résultats des analyses coût-avantage et de montrer la viabilité des analyses relatives aux différents acteurs à partir de quelques exemples empiriques. Notre article s'articule comme suit : la section 2 fait un état des lieux des connaissances concernant l'analyse coût-avantage des systèmes de sécurité pour véhicules intelligents. Elle présente ensuite les objectifs détaillés de l'étude dans le cadre du projet eIMPACT. La section 3 donne un bref aperçu du cadre méthodologique et décrit les systèmes qui ont été sélectionnés pour l'évaluation d'impact. En outre, elle explique les différents types d'impact et les données nécessaires à une analyse coût-avantage. Elle propose également des recommandations sur la procédure à suivre pour inscrire l'analyse coût-avantage dans le cadre plus large d'une analyse orientée vers les différents acteurs. La section 4 présente ensuite les résultats ainsi obtenus. Elle étudie les principales conclusions et

la sensibilité des résultats. La section 5 cite quelques exemples caractéristiques de résultats recueillis lors des analyses relatives aux différents acteurs. Ces deux dernières sections présentent dans un premier temps les principaux résultats qui font par la suite l'objet d'une analyse et de commentaires. L'article conclut par une analyse des conclusions et des recommandations, notamment des pistes pour des recherches ultérieures.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES ET OBJECTIFS DE CET ARTICLE

Les systèmes de sécurité pour véhicules intelligents font l'objet de nombreuses études depuis plus de dix ans maintenant. Les articles étudiés (MICHAEL, MILLER, 2005 ; GOLLIAS et al., 2002) montrent que le champ des recherches porte essentiellement sur la sécurité, l'efficacité, l'interface homme-machine (IHM) et ne couvrent que très rarement les analyses coût-avantage et les méthodes d'évaluation. Les connaissances relatives aux impacts socio-économiques des systèmes de sécurité pour véhicules intelligents sont donc à ce jour limitées. Elles n'occupent pas non plus une place très importante dans les recueils de mesures liées à la sécurité routière (ELVIK, VAA, 2004 ; HOEHNSCHIED et al., 2003). Les études antérieures, en admettant qu'elles traitent de problèmes socio-économiques, s'intéressent à l'utilisation de systèmes particuliers ou se concentrent sur une région ou un pays. A titre d'exemple, on peut citer l'analyse coût-avantage de l'adaptation intelligente de la vitesse au Royaume-Uni (CARSTEN, TATE, 2005), l'analyse coût-avantage du système CHAUFFEUR (couplage électronique des camions) en Allemagne (BAUM et al., 1999) et l'évaluation économique de toute une série de fonctions dans le cadre de l'initiative française ARCOS (Action de Recherche pour une Conduite Sécurisée) (CHEVASSON, CROZET, 1999). En revanche, les données sur les impacts socio-économiques des véhicules intelligents sont très peu nombreuses à l'échelle de l'UE.

Pour combler cette lacune, la Commission européenne a financé un projet de recherche baptisé eIMPACT dans le cadre du 6^e Programme cadre pour la recherche et le développement. L'initiative eIMPACT évalue les effets socio-économiques des systèmes de sécurité autonomes et coopératifs pour véhicules intelligents (SSVI) en Europe. Les bases de cette analyse ont été jetées lors de l'étude SEiSS (Étude préliminaire sur les éventuels effets socio-économiques d'une introduction de systèmes de sécurité intelligents sur les véhicules routiers) (ABELE et al., 2005), laquelle examine l'une des recommandations du groupe de travail eSafety consacré à la sécurité routière (COMMISSION EUROPÉENNE, 2003). Cette étude, qui a précédé l'étude eIMPACT, s'est achevée en 2005. Elle avait pour finalité de définir une base méthodologique pour évaluer les effets socio-économiques des SSVI et démontrer qu'une telle approche était réalisable, à partir de plusieurs études de cas. Une deuxième étude européenne ciblée qui s'appuyait sur les grands axes de l'étude SEiSS a été lancée l'année suivante. Pour la première fois, une étude

européenne couvrirait un large éventail de systèmes (ODGAARD et al., 2006). Les résultats de l'étude CODIA (évaluation de l'impact du déploiement de systèmes coopératifs), fondée sur les données du projet eIMPACT et destinée à évaluer les systèmes coopératifs, ont été récemment publiés (KULMALA et al., 2008).

Cet article vise à décrire un cadre méthodologique détaillé et à analyser les résultats de l'évaluation des effets socio-économiques. Cette analyse conduite dans le cadre de l'initiative eIMPACT est centrée sur plusieurs objectifs.

Le premier est de définir un large cadre méthodologique qui intègre à l'analyse coût-avantage, appréhendée dans une perspective sociétale globale, des analyses relatives aux différents acteurs économiques afin d'obtenir des données sur les coûts et avantages pour chacun de ces acteurs. Les principaux groupes auxquels s'intéresse l'étude eIMPACT sont les utilisateurs des différents systèmes, les fabricants et les fournisseurs de matériel, les compagnies d'assurance et les pouvoirs publics.

Le deuxième est de réaliser des analyses coût-avantage novatrices pour les douze SSVI et de tester la sensibilité des résultats. Pour ce faire, il convient de regrouper les dernières données de l'ingénierie système, les prévisions de données relatives à la sécurité et au trafic, à l'évaluation de la sécurité, notamment la recherche comportementale, la modélisation et la simulation du trafic, ainsi que l'analyse coût-avantage (WILMINK et al., 2008). Il s'agit, dans cette dernière, d'évaluer l'amélioration ou non du bien-être de la société, sans chercher à savoir qui assume les coûts ou qui retire les avantages. On compare donc les coûts de la mesure envisagée et l'impact économique global. Les avantages sont définis en termes de ressources productives épargnées au sein d'une économie (« approche par les coûts évités »).

Troisièmement, on décompose les avantages et les coûts globaux pour analyser qui sont les bénéficiaires et qui sont ceux qui supportent les coûts par le biais d'analyses quantitatives des différents acteurs. Ce type de recherche est relativement unique à ce jour et c'est pourquoi il n'est testé que sur quelques systèmes sélectionnés.

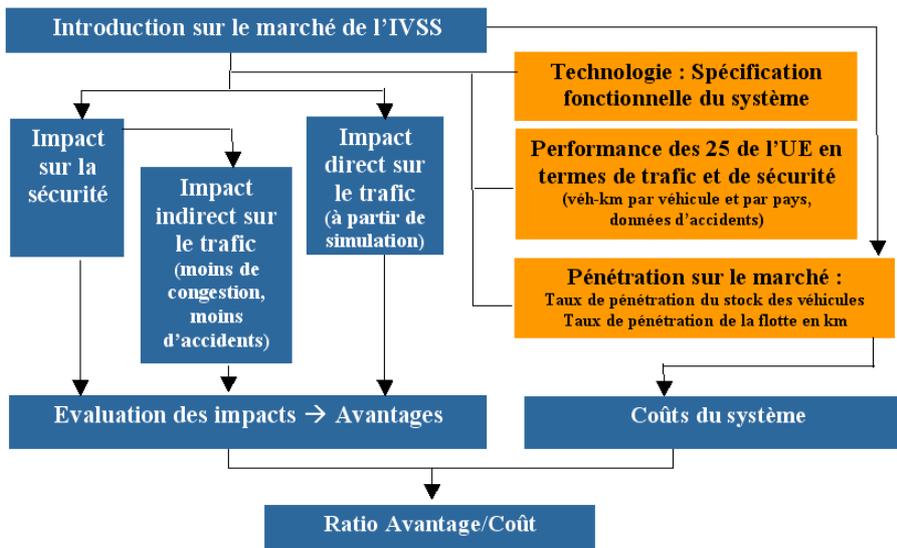
3. CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Nous avons défini un cadre d'évaluation visant à proposer une méthodologie détaillée normalisée qui permettra de réaliser une étude d'impact socio-économique de plusieurs SSVI dans l'Union Européenne à l'horizon pré-sélectionné (2010, 2020). Comme dans les études précédentes, le cadre d'évaluation du projet eIMPACT s'appuie, lui aussi, pour l'essentiel sur une analyse coût-avantage. Au vu de la complexité des problèmes de déploiement, la perspective sociétale globale doit s'accompagner d'une analyse des

différents acteurs pour les groupes clés étudiés (ASSING et al., 2006). On trouve dans la littérature (BEKIARIS et al., 2004) une alternative à cette approche, à savoir l'analyse multicritères. Ces deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Une analyse approfondie de celles-ci n'entre pas dans le champ du présent article, mais elles sont amplement traitées dans la littérature (ABELE et al., 2005 ; ELVIK, 2001). Le principal argument en faveur d'une analyse coût-avantage est que l'analyse multicritères ne fournit aucune indication sur le fait de savoir si une option améliore ou non le bien-être.

L'évaluation sociétale repose sur les informations suivantes : impacts, coûts et données de base (Figure 1). L'ensemble des données de base comprend la spécification fonctionnelle des différents systèmes, les résultats attendus sur le trafic (km/véhicule) et la sécurité (nombre de tués et blessés). Tous les éléments de ce cadre méthodologique seront décrits plus en détail par la suite.

Figure 1: Procédure de l'analyse d'impact socio-économique

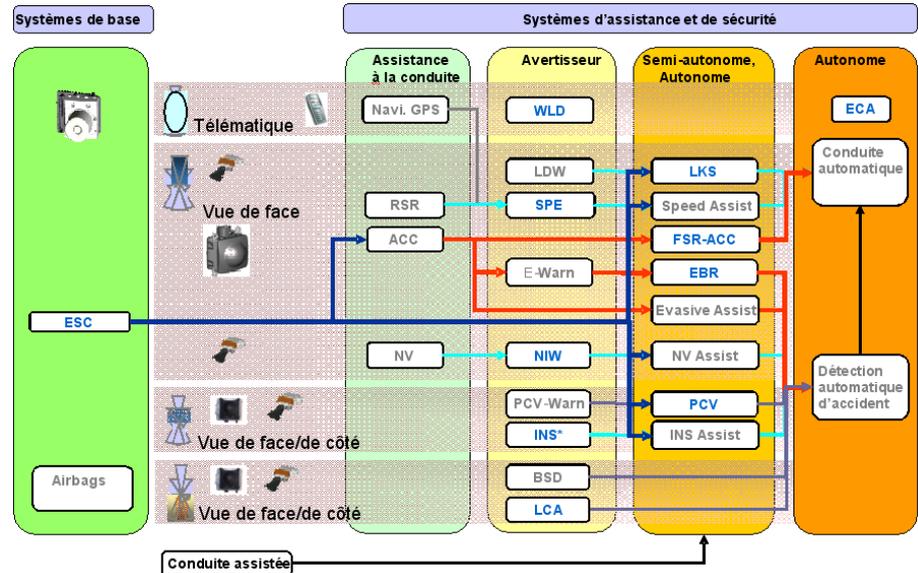


Une liste de douze SSVI tenant compte de leurs spécifications fonctionnelles a servi de socle à l'évaluation d'impact tout au long du projet eIMPACT (VOLLMER et al., 2006). Les dépendances des systèmes en termes de capteurs à prévoir et de niveau d'assistance sont illustrées dans la Figure 2.

Le premier groupe comprend (1) le contrôle électronique de stabilité (ESC), (2) le régulateur de vitesse adaptatif à plage de vitesse intégrale (FSR), (3) le freinage d'urgence (EBR), (4) le système de protection anti-collision avec des usagers de la route vulnérables (PCV). Basés sur l'ESC destiné à stabiliser le véhicule dans ses limites physiques et prévenir le dérapage par une intervention active sur les freins et une correction de couple du moteur, les autres systèmes assurent le contrôle longitudinal des tâches de conduite. Ils aident le conducteur à maintenir la distance et la vitesse dans la plage de

vitesse intégrale (FSR), ils freinent de manière autonome en cas d'urgence (EBR) et atténuent les effets d'une collision avec des usagers de la route vulnérables grâce au système d'assistance au freinage et aux déclencheurs structurels de protection (PCV).

Figure 2: Dépendances entre les différents SSVI (MALONE et al., 2008)



Le deuxième groupe (5-8) englobe les systèmes essentiellement destinés à la surveillance de la trajectoire latérale des véhicules : (5) l'aide au suivi de voie (LKS) prévient tout changement involontaire de voie, (6) l'assistance au changement de voie (LCA) alerte le conducteur en cas de changement de voie, (7) le système de vision nocturne (NIW) a une fonction d'assistance et fait appel par exemple à une caméra infrarouge pour améliorer la perception des piétons ou autres obstacles la nuit, (8) le système d'alerte en cas d'altération des facultés du conducteur (DDM) chargé de contrôler le comportement au volant et d'alerter le conducteur par un signal sonore ou visuel en cas de somnolence.

Alors que toutes les applications mentionnées ci-dessus correspondent à des systèmes autonomes, le troisième groupe concerne des systèmes coopératifs, et plus particulièrement le système sans fil d'avertissement de danger local (WLD) (9) qui permet d'élargir l'horizon du conducteur et de l'avertir de la présence d'un obstacle en sortie de courbe, d'un chantier, d'une baisse de visibilité ou d'adhérence. Le système eCall (ECA) (10) est le système paneuropéen d'appel d'urgence. L'eCall peut être déclenché soit manuellement par les occupants du véhicule, soit automatiquement par l'activation de capteurs placés à l'intérieur du véhicule. Une fois actionné, il établit une connexion vocale directe avec le centre de réception des appels d'urgence (PSAP),

centre soit public soit privé exploité conformément à la réglementation ou dûment habilité par les pouvoirs publics. Dans le même temps, un ensemble minimum de données d'incident (MDS) est envoyé à l'opérateur du centre eCall qui reçoit l'appel (11). Le système de sécurité aux intersections (INS) avertit le conducteur du risque de non-respect d'un feu ou d'un stop, alors que le système d'alerte de dépassement de vitesse (SPE) (12) utilise les informations relatives aux limitations de vitesse transmises par une carte numérique ou une caméra et alerte le conducteur par un signal sensoriel transmis par la pédale d'accélérateur et un avertisseur de dépassement de vitesse.

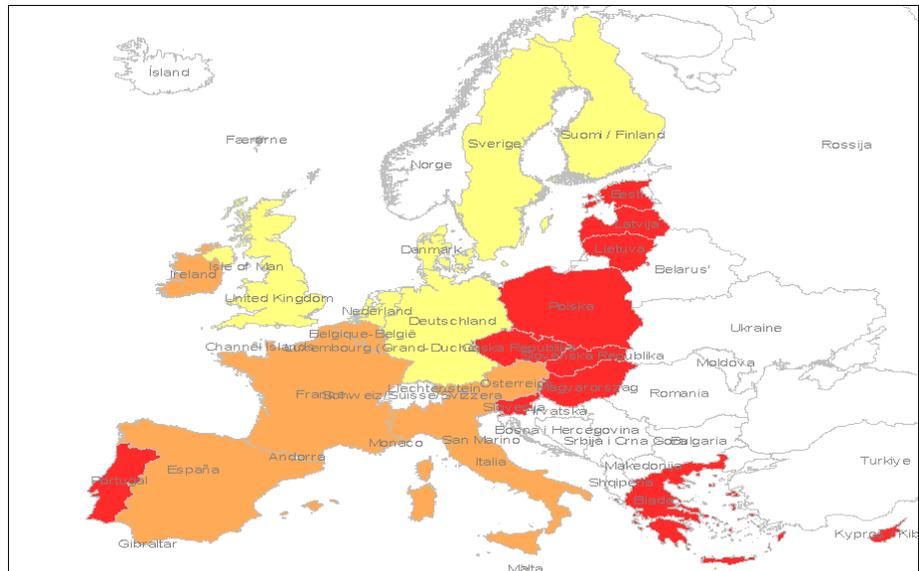
Il est important de noter que le projet eIMPACT part de l'hypothèse que ces systèmes de sécurité sont autonomes. Cela signifie que les effets et les avantages ultérieurs des différentes combinaisons de systèmes ne sont pas pris en compte dans l'analyse coût-avantage eIMPACT. La question de l'autonomie avait déjà été largement débattue dans l'étude SEiSS (ABELE et al., 2005). Si l'on considère le côté coût de l'analyse, doit-on intégrer les capteurs déjà montés sur le véhicule et utilisés par les systèmes ? Dans quelle mesure des systèmes plus perfectionnés peuvent-ils bénéficier d'économies d'envergures ? La possibilité d'associer les systèmes, qui représente un scénario réaliste de déploiement, a été traitée dans une récente publication (WESTERKAMP, 2009).

Nous présentons maintenant un bref aperçu de la procédure utilisée pour organiser les autres éléments de l'ensemble de données, notamment celles relatives au trafic et à la sécurité. Les prévisions de trafic à l'horizon 2010 et 2020 sont issues du rapport de ProgTrans sur le transport européen (ICKERT et al., 2007). Il s'agit d'une prévision de tendance détaillée des principaux indicateurs de mobilité en Europe actualisée à intervalles réguliers. Les hypothèses sur les tendances sociodémographiques et les perspectives de croissance avancées dans ce rapport figurent également dans l'évaluation eIMPACT. Certains éléments nouveaux tels que l'électrification du parc automobile et l'évolution des taxes sur les véhicules neufs ne sont pas explicitement pris en compte alors qu'ils sont susceptibles d'affecter la répartition par âge des véhicules, surtout en 2020. Toutefois, les estimations de déploiement reprennent en partie les mesures incitatives attendues de la part des pouvoirs publics dans le cas du scénario à fort taux de pénétration (voir ci-dessous).

Nous avons établi une carte de la situation de la sécurité routière dans les différents pays membres de l'UE en fonction de l'indicateur « nombre de tués entre 1991-2005 par million de véhicules/kilomètres parcourus ». Ces pays ont été répartis en trois groupes en allant du niveau le plus élevé de sécurité au moins élevé. Le groupe 1 comprend les pays scandinaves, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Le groupe 2 englobe les pays d'Europe de l'Ouest et du Sud, y compris Malte, à l'exclusion du Portugal.

Le groupe 3 correspond aux pays d'Europe de l'Est, plus la Grèce et le Portugal (Figure 3). La base de données européenne CARE ne donnant qu'un faible aperçu de la combinaison des variables structurelles (type de collision, type de route, conditions météorologiques, luminosité, localisation), nous avons conduit une enquête approfondie sur deux pays de chaque groupe (groupe 1 : Allemagne et Royaume-Uni ; groupe 2 : France et Espagne ; groupe 3 : République Tchèque et Grèce). Nous sommes partis de l'hypothèse que la structure des accidents était représentative de tous les pays du groupe. Ensuite, nous avons réalisé une analyse des séries chronologiques par régression exponentielle pour extrapoler la tendance des taux de mortalité aux années 2010 et 2020. L'étape suivante a consisté à calculer le nombre de tués dans chaque groupe selon la méthode descendante en utilisant les valeurs véhicules/km fournies par les prévisions récentes pour les années ciblées (WILMINK et al., 2008). Le nombre prévu de morts, environ 34 000 en 2010 et 21 000 en 2020, est également indiqué sur la dernière ligne du Tableau 1 (Cf. section 4).

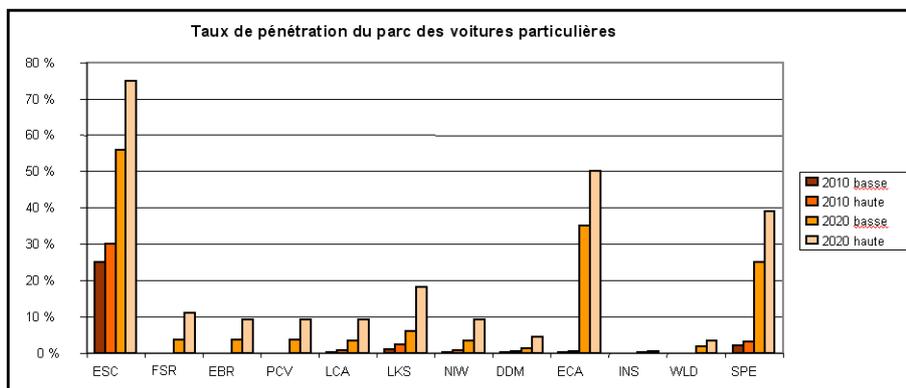
Figure 3: Groupes de pays européens en fonction de leurs performances en matière de sécurité (WILMINK et al., 2008)



L'évaluation d'impact se fonde en outre sur des taux réalistes de pénétration du marché pour les années de référence 2010 et 2020, lesquels correspondent pour chacune des deux années étudiées à un scénario bas de maintien du *statu quo* et un scénario haut prévoyant des politiques incitatives ciblées. Dans le premier cas, aucune mesure supplémentaire n'est envisagée pour accélérer la mise en œuvre des systèmes. Le deuxième implique la mise en place d'incitations fiscales, un renforcement des programmes de sensibilisation des consommateurs, des bonus sur les primes d'assurance et des actions

de soutien au déploiement de la part de l'UE (ex. TEN-T support). De plus la normalisation permet de faire baisser les prix (eSAFETY FORUM, 2005). Les taux de pénétration estimés pour les voitures particulières sont indiqués dans la Figure 4. En 2010, le déploiement est très faible, à l'exception du contrôle électronique de stabilité. On estime qu'en 2020 trois systèmes (contrôle électronique de stabilité, eCall et alerte de dépassement de vitesse) seront largement commercialisés alors qu'un ensemble plus important de SSVI approchera 10 % de pénétration du parc roulant. Notons également que l'indicateur véhicules/kilomètres parcourus avec ces systèmes diffère légèrement de l'indicateur de pénétration basé uniquement sur les véhicules (pénétration du parc roulant par rapport au stock de véhicules, voir également la Figure 1). Cet écart s'explique largement par un kilométrage moyen plus élevé pour les véhicules neufs que pour les véhicules plus anciens. Notre analyse s'appuie sur des données empiriques relatives à la structure par âge des véhicules.

Figure 4: Taux de pénétration estimé pour le stock de voitures particulières en 2010 et 2020 (WILMINK et al., 2008)



La question de l'évaluation du coût des systèmes est étroitement liée à celle de leur déploiement sur le marché. Au coût du système implanté dans le véhicule viennent s'ajouter les coûts d'infrastructures (éventuellement) et les coûts d'exploitation et d'entretien.

La plupart des études actuelles ne font pas la différence entre coût et prix. D'un point de vue méthodologique, il est essentiel d'établir une distinction claire entre coût et prix dans le cadre d'une analyse socio-économique. Les éléments du coût de revient jouent un rôle important dans une évaluation centrée sur la consommation des ressources. La question sous-jacente est de savoir quels sont les moyens qu'une société est prête à dépenser pour produire un bien, dans le cas étudié des SSVI. Cette consommation est évaluée en termes monétaires. En fait, cette approche ne s'intéresse qu'au coût des ressources consommées et pas à la question de savoir qui supporte les coûts. Au contraire, le prix d'un SSVI correspond à ce que l'utilisateur final paie lorsqu'il achète un tel système sur le marché. En conséquence,

c'est le prix qui détermine dans une large mesure la pénétration des SSVI sur le marché. Le prix est alors une donnée pertinente dans une analyse de rentabilité du point de vue de l'utilisateur. L'évaluation des mesures politiques ou économiques destinées à favoriser le déploiement sur le marché des SSVI doit donc également s'appuyer sur des données de prix.

Les valeurs prises en compte dans l'analyse coût-avantage correspondent au « coût de revient » (à comparer au « prix du marché », voir ci-dessous). Le coût de revient représente les sommes que le fabricant paie à ses fournisseurs. Le chiffre indiqué inclut une marge de 5 % pour tenir compte en partie du coût d'installation sur le véhicule. Les coûts pris en compte pour chaque système sont basés sur les travaux réalisés par le groupe de travail chargé d'évaluer les coûts dans le projet eIMPACT, lequel a réuni les partenaires industriels du projet et l'université de Cologne. Les coûts estimés se fondent sur l'architecture du système. Pour chaque SSVI, il peut exister plusieurs solutions techniques : ainsi, les systèmes qui utilisent des données sur l'environnement peuvent faire appel à un radar (radar à courte ou longue portée), la télédétection par laser (LIDAR), une caméra mono ou stéréo. Chaque solution offre les mêmes capacités opérationnelles, mais les coûts associés diffèrent. L'évaluation du coût du système s'appuie sur la solution technique la plus vraisemblable pour l'année considérée.

Nous avons établi une liste de tous les composants utilisés dans les différents systèmes et calculé le coût de revient global pour chaque SSVI. Certains composants sont déjà très développés et il faut donc s'attendre à une réduction de coût moindre pour la période 2010-2020. Pour certains autres (ex. volant doté d'un retour sensoriel), la baisse des coûts devrait être plus importante. Il convient également de tenir compte de l'hypothèse de travail selon laquelle les coûts diffèrent entre 2010 et 2020, mais pas entre le scénario bas et le scénario haut d'une même année cible.

La Figure 5 présente les résultats de l'évaluation des coûts des systèmes embarqués. Les coûts de la plupart d'entre eux oscillent entre 100 et 250 euros et diminuent entre 2010 et 2020. Le seul système beaucoup plus cher est le système de sécurité aux intersections (INS) avec un coût de 960 € et il le restera en 2020. L'évaluation des coûts inclut également les coûts d'infrastructure qui s'élèvent à environ trente millions d'euros pour les systèmes eCall et de sécurité aux intersections. On suppose négligeables les coûts d'exploitation et d'entretien pour tous les systèmes.

Ces systèmes sont porteurs de trois types d'avantages en termes d'impact. Le plus important, inhérent aux systèmes de sécurité pour véhicule intelligent, est l'impact sur la sécurité. On analyse l'impact des SSVI sur la sécurité selon les mécanismes de sécurité des STI (WILMINK et al., 2008), notamment les effets directs sur le nombre d'accidents évités et la réduction du nombre de blessés et les effets indirects liés à une conduite adaptée et à l'exposition.

Au total, neuf mécanismes comportementaux (DRASKÓCZY et al., 1998) sont pris en compte. Une présentation détaillée de ces neuf mécanismes n’entre pas dans le champ du présent article mais est traitée dans la littérature (WILMINK et al., 2008 ; KULMALA et al., 2008). La Figure 6 présente un exemple visant à illustrer l’apport des différents mécanismes.

Figure 5 : Coûts estimés des systèmes embarqués aux horizons 2010 et 2020

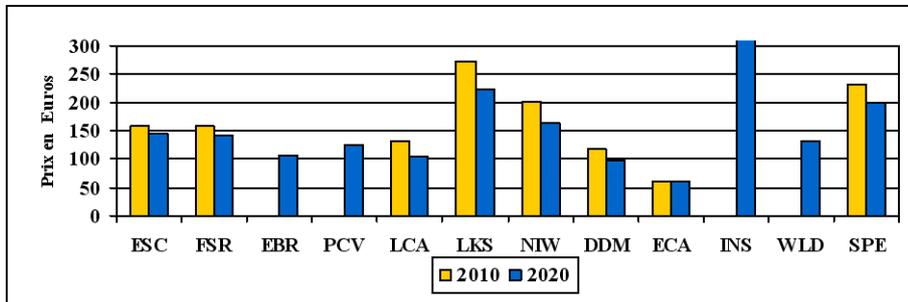
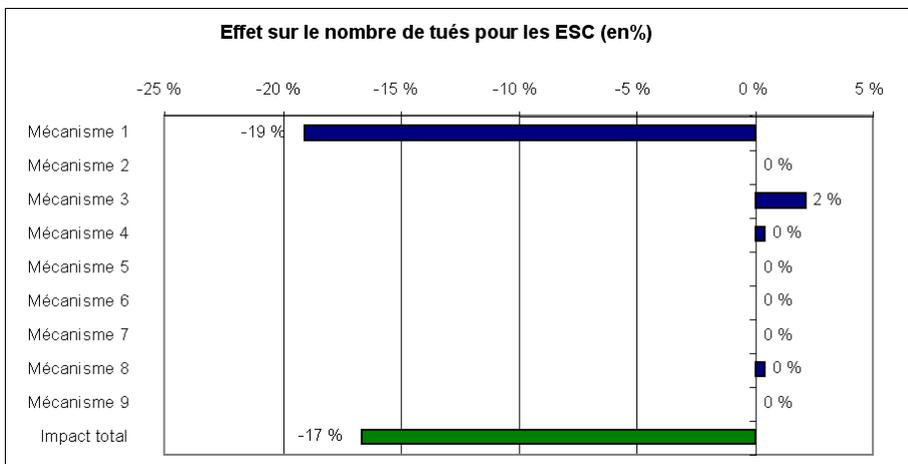


Figure 6 : Effets de l’ESC sur le nombre de tués pour une pénétration de 100 % du parc roulant (véh/km) (WILMINK et al., 2008)



L’impact sur la sécurité est généralement évalué à partir d’une méta-analyse portant sur des études récentes conduites à travers le monde. Il a été établi que c’est sur les accidents liés à une perte de contrôle que le contrôle électronique de stabilité a la plus grande incidence. Comme décrit dans l’évaluation (WILMINK et al., 2008), l’ESC permettra par exemple de réduire de 35 % le nombre des tués dans les collisions avec des piétons ou des obstacles en bordure de chaussée ou autres accidents impliquant un seul véhicule, et de 20 % celui des tués dans des collisions frontales. Il n’a en revanche aucun effet sur les collisions latérales. Au total, la baisse de 19 % des décès peut être attribuée au « mécanisme de sécurité 1 » (modification directe dans le

véhicule de la tâche de conduite). À long terme, on peut s'attendre à ce que les conducteurs adoptent une vitesse légèrement plus élevée et se reposent sur l'ESC pour maintenir la stabilité du véhicule quoi qu'il arrive. Le « mécanisme 3 » (modification indirecte du comportement du conducteur) reflète cette tendance avec une augmentation potentielle de 2 % du nombre de tués. Tous les autres mécanismes n'ont qu'un effet marginal si bien que l'efficacité est finalement ramenée à une réduction de 17 % des morts. De la même manière, on évalue à 7 % la baisse potentielle du nombre de blessés.

L'amélioration de la sécurité routière permet également de réduire la congestion et c'est pourquoi nous avons intégré cet effet supplémentaire dans notre analyse d'impact. Nous avons établi le coût unitaire de chacun des douze systèmes SSVI en termes de congestion. De plus, nous avons calculé les effets directs sur le trafic en procédant à des micro-simulations, par exemple à l'aide du modélisateur STI (WILMINK et al., 2008). Nous en avons ensuite déduit les effets sur le temps de trajet, la consommation de carburant, les émissions de CO₂ et NO_x. Pour chacune de ces catégories, nous avons appliqué le coût unitaire correspondant afin de déterminer les économies de coûts. Ces chiffres exprimés en euros représentent une économie de ressources applicable dans d'autres secteurs de l'économie avec une productivité au moins identique pour augmenter le produit intérieur brut. Ainsi, ce changement influe sur le bien-être de l'ensemble de la société. Lorsque le gain en termes de bien-être est supérieur aux coûts, la mise en place du système est rentable d'un point de vue sociétal, avec un rapport avantage coût supérieur à 1.

L'analyse coût-avantage vise à démontrer l'amélioration ou non du bien-être de la société, sans s'intéresser à ceux qui en bénéficient et ceux qui n'en bénéficient pas. Au contraire, l'évaluation réalisée au niveau des différents acteurs tient compte de qui (c'est-à-dire quel groupe social) supporte les coûts et qui en tirera les bénéfices. On peut citer parmi les groupes concernés : les usagers, les constructeurs et leurs fournisseurs, les pouvoirs publics, les exploitants routiers, les compagnies d'assurance. Analysons maintenant en quoi ceux-ci sont touchés par le déploiement des SSVI en termes monétaires, ce qu'ils gagnent et ce qu'ils ont à déboursier. Cette évaluation économique qui prend en compte l'ensemble des acteurs concernés est ci-après désignée par le terme « analyse par acteur ». Il est clair que nous utilisons cette terminologie dans le contexte étroit du marché des SSVI, lequel diffère de celui étudié dans les analyses par acteur présentées dans la littérature générale (MITCHELL et al., 1997).

L'analyse par acteur permet de surmonter l'inconvénient lié à une perspective sociétale globale. Si le rapport avantage-coût peut indiquer la rentabilité d'un système d'un point de vue sociétal, l'utilisateur risque d'avoir une vision sensiblement différente de la rentabilité. Le coût à prendre en considération n'est donc pas le coût de revient (ce que le constructeur doit

payer à son fournisseur) mais le prix du marché (ce que l'utilisateur final doit payer). On peut affirmer de manière empirique (ce que confirment les experts automobiles) qu'il convient de multiplier le coût de revient par 3 pour obtenir le prix du marché (ASSING et al., 2006). De plus, contrairement à l'investissement privé, les avantages se font sentir à l'échelle de la société, en partie du moins. Prenons par exemple un système ayant une incidence sur l'écoulement du trafic (ex. le régulateur de vitesse adaptatif ou le système d'alerte de dépassement de vitesse). Des conditions de trafic plus fluides permettent de réduire la consommation de carburant, la pollution et les émissions de CO₂. Ces deux derniers effets ont néanmoins des répercussions à l'échelon de la société. Ils sont le fruit d'investissements privés mais bénéficient à des tiers. En conséquence, il s'agit bien là d'effets externes (mon coût-votre bénéfice). Dans ces conditions, le mécanisme du marché ne fonctionne pas correctement.

Les effets externes sont l'une des raisons majeures pour laquelle les marchés peuvent échouer car les coûts sociaux diffèrent des coûts individuels (BATOR, 1958 ; COASE, 1960). Un consommateur qui choisit d'acheter un véhicule neuf doté de systèmes de sécurité le fait pour des motivations personnelles, à savoir réduire le risque d'être tué ou blessé. Mais des tiers, tels que les autres usagers de la route non équipés, les piétons, les cyclistes, bénéficient eux-aussi de son investissement. Dans la mesure où les avantages sont en partie externes, le bien est insuffisamment produit par le marché (bien tutélaire). L'internalisation de ces avantages, par le biais de subventions par exemple, permet d'atteindre un optimum social. Se pose alors le problème de la bonne gouvernance dans le champ de la sécurité routière.

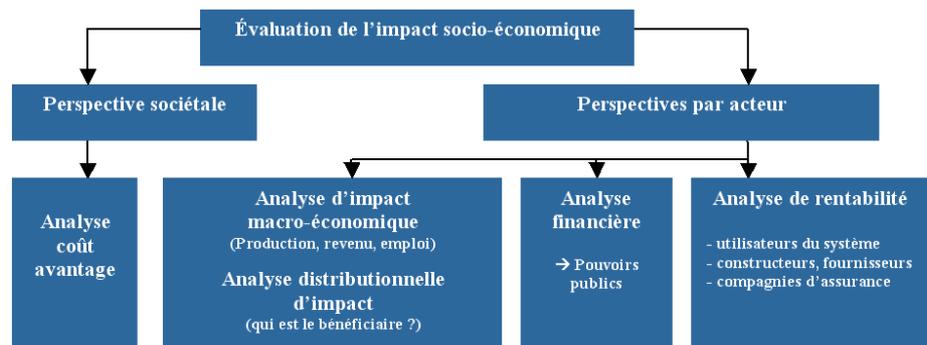
L'analyse par acteur doit prendre en considération ces problèmes et préciser clairement les avantages et les coûts individuels. Elle vise donc à décomposer les effets socio-économiques des SSVI pour chaque type d'acteur impliqué dans le processus de déploiement. Et pour cela il faut mettre au point un cadre d'évaluation élargi et donc adopter des méthodes d'évaluation adaptées à ce type d'analyse. La Figure 7 donne un aperçu d'un tel cadre.

Les données empiriques dont nous disposons pour les analyses par acteur demeurent rares à ce jour. Le projet E-MERGE (GEELS, 2004) présente un exemple d'estimation des impacts pour les différents types d'acteur. La méthode telle que décrite dans le projet eIMPACT (ASSING et al., 2006) n'ayant jamais été appliquée auparavant à des systèmes particuliers, certains types d'analyse vont servir d'études de cas pilotes destinées à démontrer leur applicabilité et le type de résultats que l'on peut en attendre.

Ceci explique pourquoi les analyses en termes d'acteurs ne sont conduites que sur un ensemble limité de systèmes. Le choix a été motivé par les trois critères suivants : (1) maturité des systèmes (certaines analyses par acteur exigent un déploiement important sur le marché pour pouvoir en mesurer les

effets), (2) effet de levier-impact de chaque système (les systèmes ayant un fort impact sur la sécurité attirent généralement plus les usagers) et (3) complexité de la mise sur le marché (les systèmes qui présentent le plus grand intérêt et les plus grandes difficultés à analyser sont ceux qui nécessitent l'intervention de plusieurs acteurs dans le processus de déploiement). Nous nous sommes basés sur ces critères pour analyser les systèmes suivants en fonction du type d'acteurs concernés : contrôle électronique de stabilité (ESC), freinage d'urgence (EBR), eCall (ECA) et alerte de dépassement de vitesse (SPE).

Figure 7: Cadre méthodologique élargi de l'analyse d'impact socioéconomique



La méthode de calcul adoptée pour l'analyse de rentabilité est relativement similaire à celle de l'analyse coût-avantage (ASSING et al., 2006). Toutefois, dans la mesure où la perspective d'évaluation n'est pas la même (coûts et avantages pour l'utilisateur), plusieurs différences marquantes sont à relever :

- . Les conducteurs sont répartis en six groupes en fonction du nombre de kilomètres parcourus par an. On peut en déduire le risque statistique d'être impliqué dans un accident (risque par kilomètre). Plus la distance parcourue est grande, plus le risque pour le conducteur est élevé. En conséquence, les usagers qui circulent beaucoup peuvent en retirer un bénéfice plus grand. La segmentation des conducteurs en fonction du kilométrage annuel parcouru est basée sur l'étude Eurobaromètre sur le véhicule intelligent (EUROBAROMÈTRE, 2006).
- . Le coût de l'évaluation prend en compte le prix du marché, à savoir ce que paie l'utilisateur final, et non le coût de revient. On adopte ici la règle empirique définie par les industriels, à savoir un facteur 3 entre le coût de revient et le prix du marché (ASSING et al., 2006).
- . L'avantage s'entend essentiellement comme une réduction du risque d'être victime d'un accident corporel ou mortel. Contrairement à l'analyse coût-avantage qui s'intéresse au coût des dommages, l'évaluation de la sécurité s'appuie sur la préférence donnée à un déplacement plus sûr pour estimer le consentement à payer. Les coûts uni-

taires des tués et des blessés pris en compte dans l'analyse coût-avantage ne sont pas pertinents pour convaincre l'utilisateur d'acheter ou non un système de sécurité. Dans ce type d'analyse, il s'agit de coûts économiques. Toutefois, les coûts économiques directs et indirects seuls ne reflètent pas le bien-être des gens. Les individus sont prêts à payer des sommes très importantes pour réduire la probabilité d'une mort prématurée quel que soit leur niveau de productivité. Ce consentement à payer indique une préférence pour réduire le risque d'être blessé, voire tué dans un accident (BICKEL et al., 2005). Les données disponibles semblent indiquer que ces valeurs sont fondamentalement plus élevées que le coût des dommages. L'enquête présentée dans BAUM et al. (2008a) considère qu'il faut multiplier par trois les chiffres par rapport aux coûts correspondants aux dommages. On peut citer par exemple la valeur basée sur le consentement à payer de 5,7 millions d'euros par tué calculée par des chercheurs flamands (DE BRABANDER, 2007).

- . L'objectif n'est pas d'obtenir un rapport avantage-coût (comme dans une analyse coût-avantage), mais de définir une période de rentabilité (point d'indifférence en années) ou un seuil en termes de kilomètres/véhicules.

Pour analyser des impacts économiques plus larges et les effets des incitations fiscales, il convient de recueillir un certain nombre de données complémentaires, essentielles dans ce type d'évaluation, à savoir les valeurs liées à la production, les relations d'entrée-sortie entre les différents secteurs, les quotas fiscaux, etc. À partir de ces informations, il est possible d'estimer leur portée sur l'emploi, les effets fiscaux et distributionnels. De telles études sont tout à fait novatrices dans le domaine des SSVI et c'est pourquoi les calculs sont réalisés uniquement sur le contrôle électronique de stabilité et le freinage d'urgence (voir ci-dessus).

4. RÉSULTATS DES ANALYSES COÛT-AVANTAGE

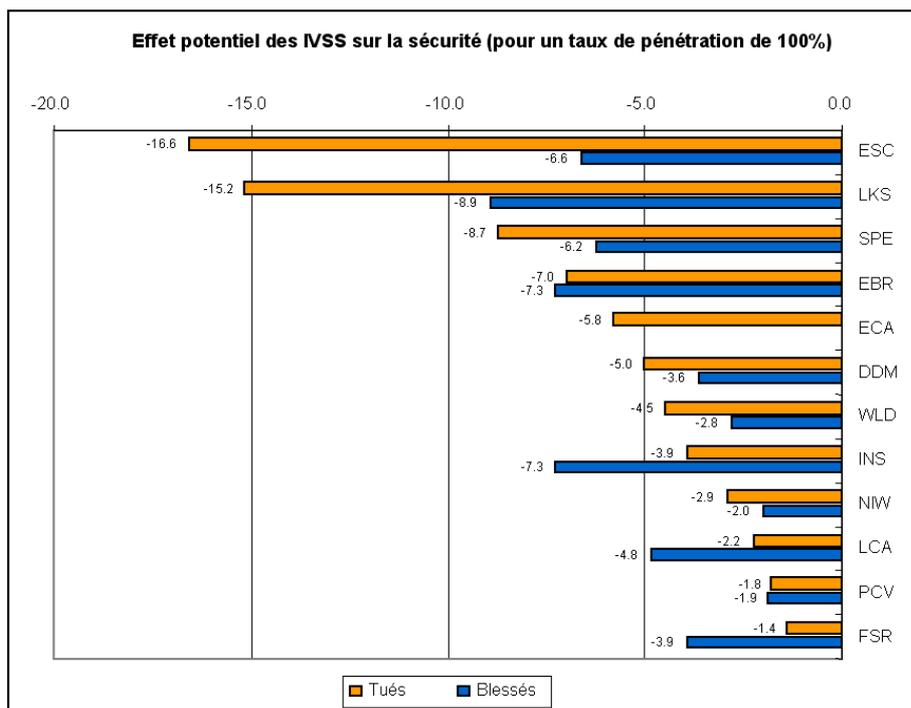
Les résultats des analyses coût-avantage montrent que l'utilisation des systèmes de sécurité pour véhicule intelligent contribuera activement à la réduction du nombre de tués et de blessés. En conséquence, les SSVI sont efficaces pour améliorer la sécurité routière. De plus, comme le démontrent les rapports coût-avantage, ils sont pour la plupart efficaces. On peut notamment résumer les résultats à travers les affirmations suivantes (BAUM et al., 2008).

4.1. TOUS LES SYSTÈMES CONTRIBUENT ACTIVEMENT À L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE DANS UNE PERSPECTIVE SOCIÉTALE

Les systèmes pris en compte dans le projet eIMPACT sont des systèmes de

sécurité. Ils sont destinés à réduire le nombre d'accidents, et donc le nombre de tués et de blessés. Comme l'illustre la Figure 8, chaque système a un effet important sur la sécurité. Les systèmes les plus efficaces pour prévenir les accidents mortels sont le contrôle électronique de stabilité (ESC), l'aide au suivi de voie (LKS) et l'alerte de dépassement de vitesse (SPE), alors que le régulateur de vitesse à plage de vitesse intégrale (FSR) (fonctionnant en conditions normales de circulation) ne prévient qu'un petit nombre d'accidents mortels. En termes de réduction du nombre de blessés, l'aide au suivi de voie (LKS), le freinage d'urgence (EBR) et la sécurité aux intersections (INS) constituent les systèmes les plus efficaces.

Figure 8 : Effet potentiel des SSVI sur la sécurité (100 % de véhicules équipés) (WILMINK et al., 2008)



Les résultats présentés dans le Tableau 1 illustrent le nombre prévu de vies épargnées et de blessés évités en fonction du taux de pénétration sur le marché. Par exemple, le contrôle électronique de stabilité permettra en 2010 d'épargner environ 2 000 vies (1 914-2 240 en fonction du scénario envisagé). On obtient ce résultat par le produit de trois facteurs : le nombre de base de vies épargnées (voir Tableau 1), l'efficacité du système (voir Figure 8) et le nombre de véhicules/kilomètres parcourus par le type de système (dérivé du taux de pénétration du parc roulant, voir Figure 4). Le nombre de blessés évités est calculé selon la même méthode. Dans le groupe des douze SSVI étudiés, le contrôle électronique de stabilité (ESC), l'aide au suivi de voie

(LKS) et l'alerte de dépassement de vitesse (SPE) affichent les chiffres les plus élevés en valeur absolue en termes de réduction du nombre de blessés et de tués pour les taux de pénétration estimés. Ce résultat s'explique par leur efficacité et leur perspective de déploiement. Le potentiel de l'eCall (ECA) (impliquant un taux de pénétration de 100 % pour une répartition équitable des coûts d'infrastructures) représente également une forte réduction du nombre de blessés et de tués. Globalement, il est clair que l'amélioration de la sécurité implique une contribution de toutes les technologies étudiées.

Tableau 1 : Nombre de vies épargnées et de blessés évités pour chaque SSVI (les chiffres relatifs à l'eCall et à la sécurité aux intersections ne sont valables que pour un taux de pénétration de 100 % !)

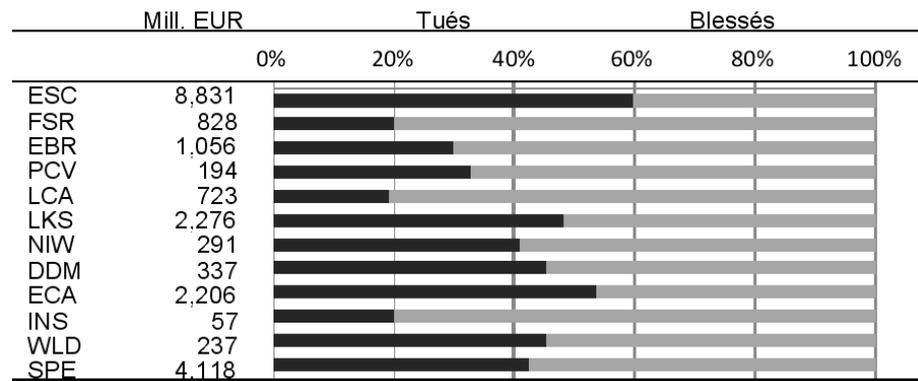
	Tués				Blessés			
	2010		2020		2010		2020	
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
ESC	1 914	2 240	2 577	3 253	32 792	38 265	41 549	52 182
FSR	n.d.	n.d.	49	101	n.d.	n.d.	3 668	9 774
EBR	n.d.	n.d.	72	193	n.d.	n.d.	4 241	10 925
PCV	n.d.	n.d.	14	39	n.d.	n.d.	718	1 918
LCA	2	11	33	86	264	1 189	3 449	8 596
LKS	56	149	197	678	1 420	3 784	5 109	17 296
NIW	2	10	30	73	87	367	1 046	2 542
DDM	4	13	20	94	153	367	682	2 715
<i>ECA</i>	<i>1 955</i>		<i>1 199</i>		<i>Graves : 13 691</i>		<i>Graves : 8 398</i>	
					<i>Légers : -15 647</i>		<i>Légers : -9 598</i>	
<i>INS</i>	<i>n.d.</i>		<i>803</i>		<i>n.d.</i>		<i>63 700</i>	
WLD	n.d.	n.d.	29	66	n.d.	n.d.	989	1 906
SPE	77	119	753	1 076	2 405	3 463	24 643	34 887
Base	33 895		20 791		1 409 415		873 695	

n.d. : non disponible

4.2. L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE CONDUIT À UNE IMPORTANTE RÉDUCTION DES COÛTS LIÉS AUX ACCIDENTS, SOURCE DE BÉNÉFICES TRÈS IMPORTANTS

Les réductions de coûts liés aux accidents (= avantages en termes de sécurité) pour le scénario haut 2020 sont indiquées dans la Figure 9. Outre l'impact sur la sécurité en chiffres absolus, le pourcentage de tués et de blessés ainsi épargnés est également mentionné. Les chiffres montrent que ce sont le contrôle électronique de stabilité, l'aide au suivi de voie et l'eCall qui offrent les avantages les plus élevés en matière de sécurité. Les gains relatifs au contrôle électronique de stabilité s'élèvent à 9 milliards d'euros, alors que l'aide au suivi de voie, l'alerte de dépassement de vitesse et l'eCall permettent une économie de plus de 2 milliards d'euros. En termes de répartition des avantages, il apparaît que certains systèmes (contrôle électronique de stabilité, eCall) se caractérisent surtout par le nombre de vies épargnées, alors que d'autres systèmes (ex. régulateur de vitesse adaptatif à plage de vitesse intégrale, assistance au changement de voie) entraînent essentiellement une réduction du nombre de blessés.

Figure 9 : Avantages en termes de sécurité et répartition des gains pour le scénario haut 2020



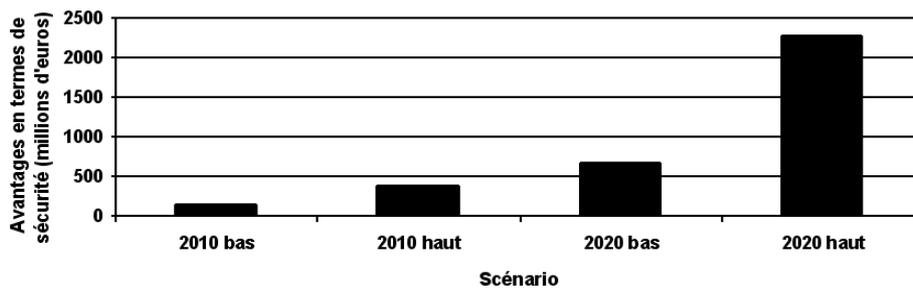
4.3. LES AVANTAGES LIÉS À LA SÉCURITÉ PRÉDOMINENT. TOUTEFOIS DES EFFETS CONSIDÉRABLES SUR LE TRAFIC VIENNENT S'AJOUTER À CES AVANTAGES POUR TOUS LES SSVI

Prévenir ou limiter les accidents permet de réduire les encombrements provoqués par ces derniers. Cela permet de réduire les perturbations du trafic et de rendre plus efficace le transport routier. Cet effet indirect sur le trafic contribue à augmenter les avantages liés à la sécurité de 8 % (WILMINK et al., 2008). En outre, pour les taux estimés de pénétration, seul le système d'alerte de dépassement de vitesse pourrait avoir un effet direct sur l'écoulement du trafic en 2020. Le bénéfice direct sur le trafic, évalué par micro-simulation, représente un gain supplémentaire de 2 % en termes de sécurité (WILMINK et al., 2008).

4.4. LES AVANTAGES LIÉS À LA SÉCURITÉ AUGMENTENT FORTEMENT AVEC LA MATURITÉ DES SYSTÈMES ET LE SOUTIEN DES POLITIQUES

Au cours de la décennie à venir, on assistera à la mise sur le marché ou au déploiement de nombreux systèmes. D'une part, ce processus sera dicté par le marché lui-même. Les systèmes de sécurité feront partie des équipements installés en série sur les véhicules neufs. Les consommateurs conscients des avantages choisiront les systèmes parmi une liste d'options. Leur déploiement sur le marché s'en trouvera alors dynamisé. D'autre part, des dispositifs nomades pourront être montés sur les véhicules existants. Tous ces mécanismes permettront de stimuler le processus au cours des dix prochaines années. La Figure 10 illustre l'évolution des avantages liés à la sécurité au fil du temps à partir de l'exemple de l'aide au suivi de voie. Il est évident que les avantages risquent d'augmenter significativement au cours de la période étudiée. De plus, les avantages attendus pour le scénario haut (notamment avec l'adoption de politiques incitatives ciblées) sont bien plus importants que pour le scénario bas pour chaque année analysée.

Figure 10 : Évolution des avantages liés à la sécurité en millions d'euros pour l'aide au suivi de voie



4.5. SI L'ON SE BASE SUR LE RAPPORT AVANTAGE-COÛT, LA GRANDE MAJORITÉ DES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ POUR VÉHICULE INTELLIGENT ÉTUDIÉS EST CLAIREMENT RENTABLE D'UN POINT DE VUE SOCIÉTAL

Il convient de transposer les coûts en valeurs annuelles en se basant sur une durée de vie moyenne d'un véhicule de 12 ans et un taux d'actualisation standard de 3 %. Le Tableau 2 donne un aperçu des rapports avantage-coût pour tous les scénarios calculés à partir des taux de pénétration estimés et le nombre de kilomètres parcourus une fois les systèmes installés. Pour l'eCall et la sécurité aux intersections, lesquels nécessitent des investissements d'infrastructures, le rapport avantage coût n'est donné que pour une pénétration de 100 % du parc pour une répartition équitable des coûts d'infrastructures.

Tableau 2 : Synthèse des rapports avantage-coût

Hypothèse	ESC	FSR	EBR	PCV	LCA	LKS	NIW	DDM	ECA	INS	WLD	SPE
2010 Basse	4,4	n.d.	n.d.	n.d.	3,1	2,7	0,8	2,5	2,7	n.d.	n.d.	2,2
2010 Haute	4,3	n.d.	n.d.	n.d.	3,7	2,7	0,9	2,9			n.d.	2,0
2020 Basse	3,0	1,6	3,6	0,5	2,9	1,9	0,7	1,7	1,9	0,2	1,8	1,9
2020 Haute	2,8	1,8	4,1	0,6	2,6	1,9	0,6	2,1			1,6	1,7

n.d. : non disponible pour cette année

Lorsque l'on étudie les résultats pour 2010, tous les systèmes déployés (à l'exception du système de vision nocturne (NIW) proche de 1), se situent très au dessus du seuil coût-avantage de 1 qui indique la rentabilité d'un système d'un point de vue sociétal. Le contrôle électronique de stabilité (ESC) et l'assistance au changement de voie (LCA) affichent un rapport avantage-coût est supérieur à 3. Le chiffre de 4,4 relevé pour le contrôle électronique de stabilité indique un avantage sociétal de 4,40 euros pour chaque euro dépensé. Quatre systèmes se situent au-dessus de 2, à savoir l'aide au suivi de voie (LKS), le système de détection de l'hypovigilance du conducteur (DDM), l'eCall (ECA) et l'alerte de dépassement de vitesse (SPE). Le système de vision nocturne se situe autour de 1. Les autres systèmes ne sont pas

disponibles sur le marché ou connaissent un déploiement moindre en 2010.

En 2020, les douze systèmes seront disponibles sur le marché. Là encore, la grande majorité des systèmes s'avère rentable dans une perspective sociétale. Le meilleur système est le freinage d'urgence (EBR) avec un rapport avantage-coût supérieur à 3. L'assistance au changement de voie (LCA) et le contrôle électronique de stabilité (ESC) sont proches de 3 quel que soit le scénario. Pour six autres systèmes, le rapport avantage-coût se situe entre 1,5 et 1,9 : l'eCall (ECA), l'aide au suivi de voie (LKS), le système de détection de l'hypovigilance du conducteur (DDM), le régulateur de vitesse adaptatif à plage de vitesse intégrale (FSR), le système sans fil d'avertissement de danger local (WLD) et l'alerte de dépassement de vitesse (LCA). Les autres systèmes sont en-dessous de 1 selon les conditions estimées : le système de vision nocturne (NIW), le système de protection anti-collision avec des usagers de la route vulnérables (PCV) et le système de sécurité aux intersections (INS). Toutefois, il faut se garder de toute conclusion hâtive en matière de rentabilité. Les résultats indiquent simplement qu'ils sont moins efficaces que les autres systèmes d'un point de vue sociétal, et ce dans les conditions actuellement estimées.

En ce qui concerne les systèmes les moins efficaces, le rapport avantage-coût risque d'augmenter significativement avec le perfectionnement probable des fonctionnalités des systèmes ou la baisse des coûts. Il convient de noter que les résultats du Tableau 2 reflètent des progrès considérables en matière de sécurité qui se traduisent par exemple par une réduction du nombre de tués (base accidents, voir Tableau 1) qui passe de 34 000 (2010) à 21 000 (2020). Les analyses de sensibilité fournissent quelques indications sur l'incidence de ces effets.

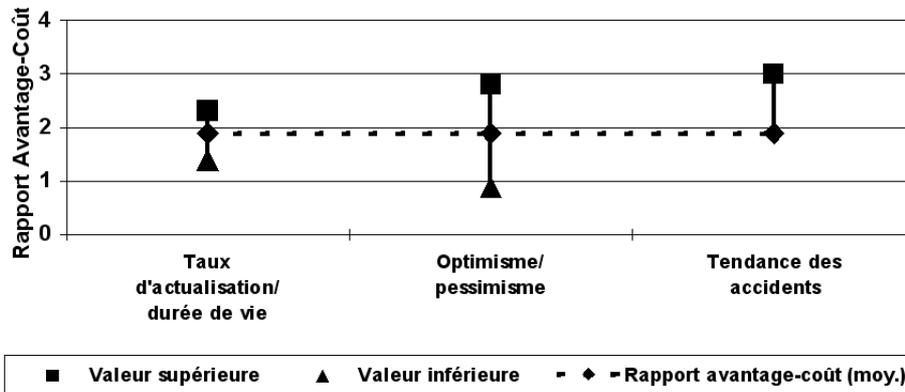
4.6. SENSIBILITÉ DES RÉSULTATS À UNE MODIFICATION DES VARIABLES D'ENTRÉE. CECI EST PARTICULIÈREMENT VRAI POUR L'ÉVOLUTION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DANS L'ÉTUDE EIMPACT, MAIS AUSSI L'IMPACT ESTIMÉ SUR LA SÉCURITÉ

Les différentes variables d'entrée de l'analyse coût-avantage ont été testées pour évaluer leur incidence sur les rapports avantage-coût. On note en particulier une sensibilité élevée des résultats à l'évolution du nombre d'accidents. Lorsqu'on néglige ce paramètre, entre 2010 et 2020, le rapport avantage-coût est modifié d'au moins +1. Cela représente une variation importante sur l'échelle de la sensibilité. Les autres variables testées (estimations optimistes/pessimistes de l'impact sur la sécurité, d'après l'étude WILMINK et al. (2008), lorsque le taux d'actualisation de l'analyse coût-avantage passe de 3 % à 8 % par an et la durée de vie du véhicule de 12 à 16 ans) modifient les rapports coût-avantage de plus de $\pm 0,1$, ce qui correspond à une variation importante.

Dans la Figure 11, la sensibilité des résultats est donnée à titre d'exemple

pour le système d'alerte de dépassement de vitesse selon le scénario bas 2020. La valeur du rapport avantage-coût moyen est de 1,9 (rapport avantage-coût de base). Les écarts positifs ou négatifs (rapport coût-avantage le moins élevé et le plus élevé) apparaissent également sur la Figure. Généralement, les rapports avantage-coût sont plus sensibles aux variables testées liées à l'évaluation d'impact qu'aux hypothèses de base de l'évaluation socio-économique.

Figure 11 : Évolution des rapports avantage-coût en fonction des variations des paramètres d'entrée de l'analyse coût-avantage (Cas du système d'alerte de dépassement de vitesse, scénario bas 2020)



5. RÉSULTATS DES ANALYSES EN TERMES D'ACTEURS

Les analyses relatives aux différents acteurs donnent un meilleur éclairage sur l'impact des SSVI pour les différents groupes étudiés. Une synthèse des résultats est présentée dans BAUM et al. (2008a).

5.1. LES ANALYSES DE RENTABILITÉ POUR LES CONDUCTEURS MONTRENT QUE, QUEL QUE SOIT LE SYSTÈME, LE RETOUR SUR INVESTISSEMENT INTERVIENT AU BOUT DE LA DURÉE DE VIE STANDARD D'UN VÉHICULE, SOIT 12 ANS

Les analyses de rentabilité peuvent produire différents indicateurs. La période de rentabilité correspond à la période au cours de laquelle le prix du marché devient avantageux en raison d'un risque moins élevé d'accident lorsque le véhicule est doté d'un système particulier. Évidemment, la période de retour sur investissement dépend largement du nombre de kilomètres parcourus par an. Les conducteurs qui se déplacent beaucoup sont plus exposés à un risque d'accident et sont donc plus attirés par les systèmes qui leur permettent d'éviter les conflits de conduite ou en limitent les conséquences. Un autre indicateur, à savoir un seuil fondé sur le kilométrage, permet de savoir quel est le nombre minimum de kilomètres à parcourir par an pour que le système soit amorti sur la durée de vie moyenne du véhicule, c'est-à-dire

au bout de 12 ans exactement. Étant donné que les mêmes effets aboutissent aux mêmes résultats, la présentation de ces derniers se concentre sur les périodes de rentabilité. Comme illustré dans le Tableau 3, cette position peut se justifier économiquement. Au moins pour le scénario haut 2020, tous les systèmes atteignent le point d'indifférence sur la durée de vie moyenne du véhicule, qui est de 12 ans selon l'hypothèse retenue dans le projet eIMPACT.

Tableau 3 : Rentabilité du système du point de vue de l'utilisateur

Groupes d'utilisateurs des systèmes (GUS) pour 1 000 km parcourus par an	2010		2020		2010		2020	
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
	Contrôle électronique de stabilité				Freinage d'urgence			
GUS 1: < 5	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-
GUS 2: 5 – 10	+	++	+	++	n.d.	n.d.	-	-
GUS 3: 10 – 15	+	++	++	++	n.d.	n.d.	-	-
GUS 4: 15 – 20	++	++	++	+++	n.d.	n.d.	-	-
GUS 5: 20 – 30	++	+++	+++	+++	n.d.	n.d.	-	+
GUS 6: > 30	++	+++	+++	+++	n.d.	n.d.	-	+
	eCall				Alerte de dépassement de vitesse			
GUS 1: < 5	+	+	-	-	-	-	-	-
GUS 2: 5 – 10	++	++	++	++	-	-	-	-
GUS 3: 10 – 15	++	++	++	++	-	-	+	+
GUS 4: 15 – 20	+++	+++	++	++	-	-	+	+
GUS 5: 20 – 30	+++	+++	+++	+++	-	-	+	++
GUS 6: > 30	+++	+++	+++	+++	-	-	++	++

Lecture :

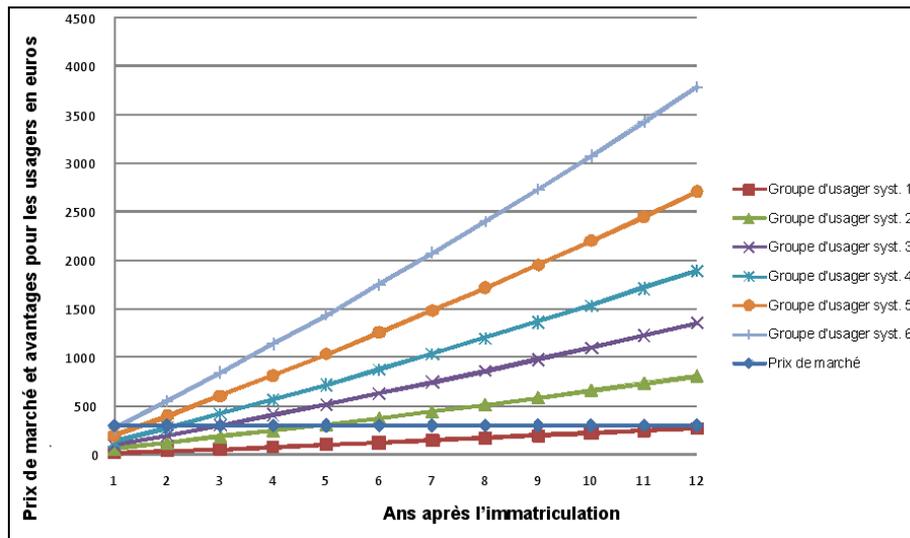
- le seuil de rentabilité n'est pas atteint à la fin de la durée de vie du véhicule
- + le seuil de rentabilité est atteint à la fin de la durée de vie du véhicule
- ++ le seuil de rentabilité est atteint au bout des six premières années
- +++ le seuil de rentabilité est atteint au bout des deux premières années
- n.d. : non disponible

5.2. LES CONDUCTEURS QUI PARCOURENT UN NOMBRE ÉLEVÉ DE KILOMÈTRES BÉNÉFICIENT D'UN RETOUR SUR INVESTISSEMENT PLUS RAPIDE

À titre d'exemple, la Figure 12 présente les points d'indifférence pour le contrôle électronique de stabilité dans le scénario haut 2020. La ligne horizontale représente le prix du marché et donc l'investissement privé en matière de SSVI. C'est ce que l'utilisateur « investit » dans l'achat d'un dispositif, et c'est à comparer avec ce qu'il en retire. En étant équipé ainsi, son risque d'être impliqué dans un accident mortel ou d'être blessé est moins grand que lorsque le véhicule n'est pas équipé. Les avantages potentiels peuvent être rapportés au kilométrage parcouru. Ce qui signifie que le retour sur investis-

sement s'opère progressivement sur toute la durée de vie du véhicule. Chacun des six groupes d'utilisateurs étudiés est représenté par une courbe croissante. Plus la pente est marquée, plus le kilométrage annuel est important. Si l'on prend en compte le kilométrage annuel moyen dans l'Europe des 25 qui s'élève à environ 12 000 km et correspond donc au groupe d'utilisateurs des systèmes 3 de 10 000 à 15 000 km/an (GUS3), l'analyse de rentabilité montre que le contrôle électronique de stabilité permet un retour sur investissement en trois ans. Avec un nombre de kilomètres moins important (GUS2, de 5 000 à 10 000 km/an), le retour sur investissement est atteint au bout de 5 ans. Les grands conducteurs (GUS5, de 20 000 à 30 000 km/an) atteignent la rentabilité en deux ans approximativement.

Figure 12 : Points d'indifférence (en années) pour le contrôle électronique de stabilité (scénario haut, 2020)



5.3. LES SYSTÈMES PARVENUS À MATURITÉ OU AVEC UN PRIX DU MARCHÉ RELATIVEMENT BAS OFFRENT DE MEILLEURS RÉSULTATS QUE LES AUTRES SYSTÈMES DANS UNE ANALYSE DE RENTABILITÉ

Le Tableau 3 illustre l'échelle des résultats qui s'étend de « +++ » (le point d'indifférence est atteint deux ans après l'immatriculation) à « - » (le point d'indifférence n'est pas atteint au bout de douze ans). Les résultats du contrôle électronique de stabilité confirment sa position d'élément phare parmi les systèmes de transport intelligents. Il semble en aller de même pour l'eCall. L'ESC est déjà largement déployé sur le parc en circulation alors que la mise en place de l'eCall rencontre encore un certain nombre de difficultés liées à la question de l'investissement public nécessaire à la création de centres de réception des appels d'urgence.

Les autres systèmes, à savoir le freinage d'urgence et l'alerte de dépassement de vitesse, sont rentables pour l'utilisateur dès lors que le kilométrage annuel s'élève à au moins 20 000 km (EBR) ou 10 000 km (SPE). Contrairement au système d'alerte de dépassement de vitesse, le freinage d'urgence n'atteint pas le seuil de rentabilité pour un conducteur moyen dans les limites fixées de la présente étude. Mais il a des effets notables sur la sécurité et bénéficie à l'ensemble de la société (rapport avantage-coût de 3,6-4,1).

Pour recueillir ces avantages potentiels, les institutions publiques (UE, pays membres) peuvent encourager le déploiement des systèmes en adoptant des mesures incitatives, subventions directes ou réduction de taxes sur les véhicules. L'objectif est d'internaliser les coûts externes positifs liés à l'emploi de tels systèmes. Par exemple, une proposition de loi sur les véhicules intelligents (*Intelligent vehicle highway act*-H.R.4931) a été déposée en 2004 aux États-Unis. Elle prévoyait une réduction d'impôt pouvant aller jusqu'à 1 000 dollars pour les véhicules particuliers et 5 000 dollars pour les utilitaires. La déduction devait s'appliquer par exemple à l'installation d'un système d'avertissement de franchissement de ligne, d'un système de navigation, d'un détecteur automatique d'accident, d'un système de contrôle électronique de stabilité ou d'un détecteur de fatigue. Malheureusement, la proposition ne s'est pas traduite par une loi. Mais ce genre d'initiative doit néanmoins être encouragé pour stimuler le déploiement des systèmes.

5.4. L'IMPACT ÉCONOMIQUE (EN TERMES D'EMPLOI, DE FISCALITÉ ET DE RÉPARTITION DES REVENUS) PEUT AUGMENTER EN FONCTION DE LA MATURATION DES SYSTÈMES

La production du système de contrôle électronique de stabilité représente un facteur important d'emploi dans l'économie tant allemande qu'européenne. En 2010, environ trois millions de véhicules neufs seront dotés de l'ESC en Allemagne. Cela représente un volume de ventes d'environ 1 milliard d'euros et une valeur de production (directe et indirecte) d'environ 2 milliards. Les effets directs et indirects liés à la production et au déploiement de l'ESC correspondront alors à 10 000 emplois. En tenant compte des différents scénarios, la plage se situe entre 8 800 (scénario bas) et 10 500 (scénario haut) salariés. Si l'on ramène ces résultats à l'échelle de l'Europe des 25 (horizon 2010), cela signifie une augmentation des emplois située entre 27 000 (scénario bas) et 40 000 (scénario haut).

Les recettes fiscales liées à la commercialisation du contrôle électronique de stabilité et du freinage d'urgence, calculées pour l'année 2020, varient de 131 millions à 179 millions d'euros selon le scénario retenu. Un calcul comparable à l'échelle de l'Europe pourrait aboutir au chiffre de 662 millions d'euros pour le scénario bas et environ 1 026 millions pour le scénario haut.

Nous n'avons aucune idée précise des effets sur la répartition des revenus. Toutefois on peut démontrer que, pour les ménages de plus d'une personne

et disposant d'un revenu moyen, les avantages sont supérieurs aux coûts supportés pour l'installation d'un système de sécurité intelligent pour véhicule.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Nous avons présenté une méthodologie destinée à évaluer l'impact socio-économique des systèmes de sécurité pour véhicule intelligent, à visée globale et susceptible d'être réutilisée dans d'autres actions d'évaluation. En outre, nous avons analysé les résultats des analyses coût-avantage conduites sur douze systèmes de sécurité.

Les résultats montrent que les SSVI contribuent à améliorer la sécurité routière et que leur mise en œuvre est rentable d'un point de vue sociétal. Les rapports avantage-coût se situent très nettement au-dessus de 1. De plus, l'analyse de sensibilité démontre que les résultats sont relativement sensibles aux prévisions d'évolution du nombre d'accidents et à l'impact estimé sur la sécurité. Globalement, on peut conclure que le déploiement des SSVI améliore l'efficacité du trafic routier.

L'efficacité augmente avec la maturité des systèmes et le soutien des politiques, c'est pourquoi on peut recommander l'adoption d'un certain nombre de mesures pour mieux faire connaître ces systèmes aux conducteurs et pour favoriser leur déploiement (COMMISSION EUROPEENNE, 2008a) en se basant sur les conclusions des analyses coût-avantage. Des études récentes (ZWIJNENBERG et al., 2007 ; ALKIM et al., 2008) présentent en détail les instruments existants et la situation dans différents pays membres de l'UE.

De plus, l'analyse de l'impact socio-économique avance plusieurs conclusions intéressantes qui ouvrent la voie à de nouveaux axes de recherche :

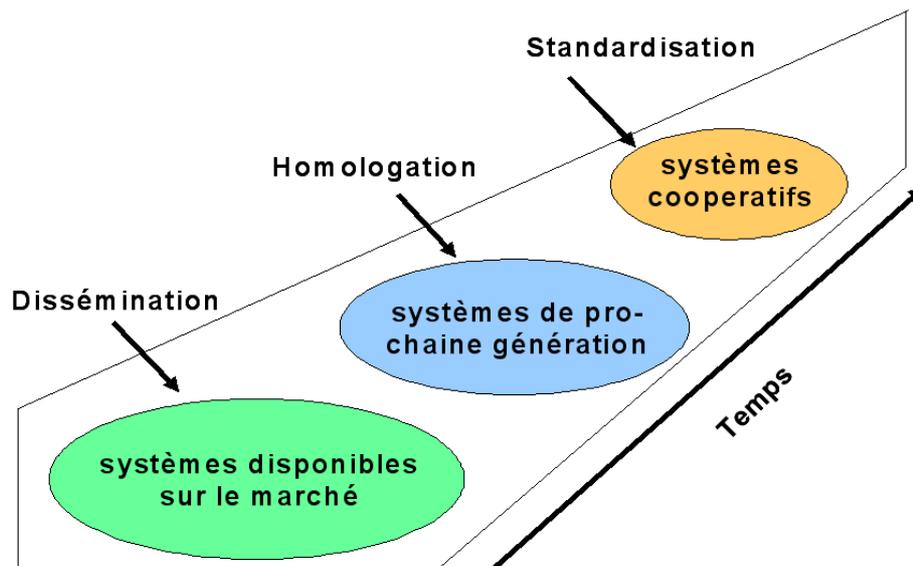
- . L'approche qui consiste à regrouper les systèmes semble plus prometteuse en termes de déploiement et d'évaluation que l'approche eIMPACT qui se borne à traiter et à évaluer les systèmes en tant qu'applications autonomes. Cette stratégie permet en effet de partager les composants et d'obtenir ainsi des économies d'envergure. Elle permet aussi de compenser la tendance observée d'une baisse des rapports avantage-coût (laquelle s'explique par la réduction tendancielle du nombre de tués et de blessés) sur le long terme. Cette analyse prend en considération les dépendances des systèmes (Cf. Figure 2) dans le processus de mise sur le marché dans la mesure où certains systèmes avancés tels que le freinage d'urgence par exemple s'appuient sur le contrôle électronique de stabilité (MALONE et al., 2008). Pour une analyse groupée des systèmes, le préalable est de pouvoir disposer de données accidentologiques détaillées récentes. En tout premier lieu, il faut bien comprendre comment les systèmes interagissent et ce que cela implique en termes d'impact sur la sécurité (ex. l'impact d'un groupe de systèmes peut correspondre à la somme des

- effets de chacun des systèmes, ou être plus ou moins important).
- . L'évaluation socio-économique des différentes stratégies de déploiement constitue un champ prometteur pour les futures recherches. Une fois que les technologies seront parvenues à maturité, la recherche passera progressivement de l'analyse de rentabilité d'un système déjà développé à la question de la mise en place d'un programme adapté de déploiement. Cette question est particulièrement importante car les SSVI recouvrent plusieurs aspects qui rendent leur commercialisation difficile : congruence des bénéficiaires et des payeurs, masse critique de diffusion des systèmes, problèmes de blocage de la part des compagnies d'assurance, risques liés au déploiement et effets accélérateurs de l'industrie automobile. Tous ces facteurs peuvent nuire à l'efficacité du marché. Ces difficultés peuvent néanmoins être surmontées par le biais de mesures d'intervention et d'incitations économiques.
 - . L'évaluation socio-économique des stratégies de déploiement doit couvrir un champ beaucoup plus vaste que l'analyse coût-avantage et intégrer le point de vue des différents acteurs (PETERS, 2008). L'analyse multicritères pourrait constituer un outil adapté pour évaluer les programmes de déploiement. Les critères d'évaluation pourraient notamment inclure la rentabilité et la faisabilité de la stratégie de déploiement, la congruence des coûts et avantages, les ressources financières nécessaires à l'octroi de subventions par les pouvoirs publics, les mesures incitatives en faveur de la R&D, etc.
 - . On peut améliorer la robustesse des résultats de l'analyse coût-avantage en prenant explicitement en compte la probabilité d'occurrence des scénarios. L'approche adoptée dans l'initiative eIMPACT, à savoir l'analyse de risque, se fonde sur un certain nombre de scénarios et une analyse de sensibilité. Elle conduit à un grand nombre de rapports avantage-coût possibles. Pour obtenir des résultats encore plus robustes, il convient de déterminer la probabilité d'occurrence de chaque scénario. Cette information permet d'obtenir une moyenne et une variance pour chaque rapport avantage-coût et sa valeur critique, c'est-à-dire le seuil en dessous duquel ce rapport a peu de chance de tomber. La simulation de Monte-Carlo constitue une approche adéquate pour calculer la répartition des rapports avantage-coût.

L'analyse d'impact et les analyses coût-avantage démontrent clairement que les effets sur la sécurité susceptibles d'être obtenus dépendent des taux de pénétration des systèmes. Ces taux sont eux-mêmes fonction des prix fixés, de la promotion des systèmes, de la législation, des actions d'homologation et de normalisation. Dans le champ de la législation, de l'homologation et de la normalisation, le soutien de la Communauté européenne est indispensable. Du côté de la demande, le consommateur doit comprendre les avantages des SSVI. Il faut pour cela bien l'informer et lui permettre de juger si le rapport prix/avantage est intéressant pour lui. Le calendrier de mise sur le marché

doit s'inscrire dans la stratégie des acteurs impliqués. Il convient de prendre en compte les stratégies de lancement des constructeurs (fondées sur leur propre philosophie du produit) ainsi que les priorités environnementales et de sécurité, ou les objectifs du secteur public en matière de trafic (ex. la Direction des routes). De plus, les conducteurs doivent bien percevoir tous les avantages de ces systèmes sinon la demande de SSVI restera faible. C'est pourquoi le déploiement des systèmes doit se faire progressivement : tout d'abord les systèmes d'information, puis les dispositifs à sécurité active en fonction du degré de maturité des technologies impliquées ; ensuite, des systèmes qui font appel aux mêmes composants seront regroupés. La Figure 13 illustre les différents types de soutien destinés à accélérer le déploiement des différents types de SSVI.

Figure 13 : Actions de soutien dans une perspective temporelle
(MALONE et al., 2008)



Il existe un large éventail d'instruments susceptibles de stimuler la demande de SSVI : campagnes de sensibilisation, publicité dans les médias, cérémonies de remise de récompenses ou documentaires télévisés. On peut citer parmi les exemples récents la campagne européenne intitulée « choisissez l'ESC ! » (lancée en mai 2007), la campagne « le meilleur copilote » du Conseil allemand de la sécurité routière (récompense eSafety dans la formation à la conduite en 2009) et le projet « La voiture pensante » (BISHOP, BORRAS, 2008).

Un autre arsenal de mesures prévoit des incitations financières permettant de réduire les coûts d'investissement pour les utilisateurs. Les constructeurs peuvent offrir des remises pour les dispositifs proposés en option (associés à une offre de dispositifs de confort) et les compagnies d'assurance peuvent

proposer un bonus sur les primes d'assurance. Par exemple, l'assureur Topdanmark accorde un bonus pouvant aller jusqu'à 30 % aux participants de l'essai « Payer selon sa vitesse » alors qu'Allianz octroie une remise de 10 % aux propriétaires de motos équipés de l'ABS (LAHRMANN, HARMS, 2008 ; BAUM et al., 2008). Les essais opérationnels sur le terrain (ex. l'engagement d'Allianz pour les poids lourds ayant reçu le label *Safetyplus*) peuvent être une source de données d'impacts sur lesquelles les assureurs pourront se baser pour agir. Les pouvoirs publics peuvent accorder des subventions directes et des réductions de taxes pour encourager le déploiement des systèmes sur le marché. La proposition de loi sur les véhicules intelligents (H.R.4931), comme les initiatives danoises et hollandaises en sont un bon exemple (CAROTTA, 2006).

Outre les divers instruments qui dépendent directement du marché, l'intervention politique peut rendre obligatoire l'installation de ces systèmes. Le règlement européen 661/2009, concernant les prescriptions pour l'homologation relatives à la sécurité générale des véhicules à moteur, fixe un calendrier pour l'installation obligatoire de l'ESC : à compter de novembre 2011, tous les véhicules nouvellement homologués devront en être dotés, et à partir de novembre 2014 tous les véhicules (RÈGLEMENT, 2009). Le NHTSA a établi une réglementation similaire pour le marché américain qui rend obligatoire l'ESC en 2012. En ce qui concerne l'eCall dont la mise en œuvre a besoin d'être soutenue, les mesures réglementaires sont encore en discussion (COMMISSION EUROPEENNE, 2009 ; COMMISSION EUROPEENNE, 2008b). Ce type de mesures présente l'avantage d'améliorer significativement l'équipement du parc automobile même en cas de déploiement progressif. Comme le montre la pratique actuelle, cela joue un rôle surtout pour les systèmes déjà largement déployés lorsque l'on vise une pénétration à 100 % du parc. Dans les autres cas, rendre l'installation obligatoire ne peut constituer qu'un dernier recours. Lorsque toutes les autres mesures sont restées inopérantes, l'action législative peut s'avérer utile pour imposer un système.

RÉFÉRENCES

ABELE J., BAUM H., GEIBLER T., GRAWENHOFF S., KERLEN CH., KRUEGER S., SCHNEIDER J., SCHULZ W.H. (2005) **Exploratory study on the socio-economic impact of the introduction of Intelligent Safety Systems in Road Vehicles (SEiSS Study)**. Teltow et Cologne.

ALKIM T., AITTONIEMI E., BAUM H., BUEHNE J.-A., GEIBLER T., HAMERNIKOVA V., ROßRUCKER K., SCHIROKOFF A., VITALE C. (2008) **Policy recommendations to promote selected intelligent vehicle safety systems, eIMPACT Deliverable D7**.

ASSING K., BAUM H., BUEHNE J.-A., GEIßLER T., GRAWENHOFF S., PETERS H., SCHULZ W.H., WESTERKAMP U. (2006) **Methodological framework and database for socio-economic evaluation of Intelligent Vehicle Safety Systems, eIMPACT Deliverable D3.**

BATOR F.M. (1958) The Anatomy of Market Failure. **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 72, pp. 351-379.

BAUM H., GEIßLER T., VITALE C., WESTERKAMP U. (2008) **Cost-Benefit Analyses for stand-alone and co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems, eIMPACT Deliverable D6.**

BAUM H., SCHULZ W.H., ALKIM T., ESSER K., GEIßLER T., GELOVA E., HAMERNIKOVA V., KURTE J., SCHNEIDER J., VITALE C., WESTERKAMP U. (2008a) **Stakeholder Analyses for Intelligent Vehicle Safety Systems, eIMPACT Deliverable D8.**

BAUM H., GEIßLER T., SCHULZ W.H., SCHULZE M. (1999) Methodological and Empirical Approach for the Cost-Benefit-Analysis of the CHAUFFEUR-System, **6^e Congrès mondial sur les systèmes de transport intelligents**, Toronto, 10 p.

BAUM H., WESTERKAMP U., GEIßLER T. (2008) **Cost-benefit analysis for ABS in motorcycles.** Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, F68, Bergisch Gladbach.

BEKIARIS E., STEVENS A., BAUER A., WIETHOFF M. (2004) ITS implementation: from impact assessment to policy recommendations. In E. BEKIARIS, Y. NAKANISHI (Eds.) Economic impacts of Intelligent Transportation Systems–Innovations and Case Studies. **Research in Transportation Economics**, Vol. 8, pp. 605-637.

BICKEL P., BURGESS A., HUNT A., LAIRD J., LIEB CH., LINDBERG G., ODGAARD TH. (2005) **State-of-the-art in project assessment, HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) Deliverable 2.**

BISHOP R., BORRAS K. (2008) Team thinking. **Thinking Highways**, Vol. 3, n° 1, pp. 17-20.

CAROTTA A. (2006) **Incentives Schemes applied by the Member States in the Transportation Sector: towards the design of a strategy to support the adoption of eSafety.** Bruxelles.

CARSTEN O.M.J., TATE F.N. (2005) Intelligent speed adaptation: accident savings and cost-benefit analysis. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 37, pp. 407-416.

CHEVASSON G., CROZET Y. (2004) Sécurité routière : quels investissements est prête à faire la collectivité ? **ARCOS-Résultats, Démonstrations, Conclusions**, Versailles, octobre.

COASE R.H. (1960) The Problem of Social Costs. **Journal of Law and Economics**, Vol. 3, pp. 1-44.

COMMISSION EUROPÉENNE (2003) **Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur les technologies de l'information et des communications pour des véhicules sûrs et intelligents**. Bruxelles, COM (2003) 542 final, 15.09.

COMMISSION EUROPÉENNE (2006) **Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, sur l'initiative « véhicule intelligent » : Sensibilisation aux technologies de l'information et de la communication (TIC) pour des véhicules plus intelligents, plus sûrs et plus propres**. Bruxelles, COM (2006) 59 final.

COMMISSION EUROPÉENNE (2008a) **Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant les prescriptions pour l'homologation relatives à la sécurité générale des véhicules à moteur**. COM (2008) 316 final, Bruxelles.

COMMISSION EUROPÉENNE (2008b) **Plan d'action pour le déploiement de systèmes de transport intelligents en Europe**. COM (2008) 886 final, Bruxelles.

COMMISSION EUROPÉENNE (2009) **eCall : la phase de déploiement**. COM (2009) 434 final, Bruxelles.

DE BRABANDER B. (2007) **De waardering van dodelijke verkeersslachtoffers in Vlaanderen**. Diepenbeek.

DRASKÓCZY M., CARSTEN O.M.J., KULMALA R. (éd.) (1998) **Road Safety Guidelines. CODE Project, Telematics Application Programme, Deliverable B5.2**.

ELVIK R. (2001) Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies. **Accident Analysis and Prevention**, Vol. 33, pp. 9-17.

ELVIK R., VAA T. (éd.) (2004) **The Handbook of Road Safety Measures**. Amsterdam.

EUROBAROMÈTRE (2006) Utilisation des systèmes intelligents des véhicules. **Eurobaromètre spécial 267**.

GEELS A. (2004) **E-MERGE Compiled Evaluation Results, D6.3**.

GOLIAS J., YANNIS G., ANTONIOU C. (2002) Classification of driver assistance systems according to their impact on road safety and traffic efficiency. **Transport Reviews**, Vol. 22, n° 2, pp. 179-196.

GROUPE DE TRAVAIL DU FORUM eSAFETY (2005) **Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group**. rédigé pour la Direction générale Société de l'information de la Commission européenne.

HOEHNSCHEID K.J., LERNER M., SCHLEH R. (2003) **Screening of efficiency assessment experiences-State of the Art Report, ROSEBUD Deliverable D2**, Bergisch Gladbach.

ICKERT L., ERHARDT T., GREINUS A., ROMMERSKIRCHEN S., WEYAND E. (2007) **ProgTrans European Transport Report 2007/2008-Analyses and Forecasts for 37 European and Overseas Countries**. Bâle.

INFRAS IWW (2004) **External Costs of Transport. Update Study**. Zurich/Karlsruhe.

KULMALA R., LEVIÄKANGAS P., SIHVOLA N., RÄMÄ P., FRANCICS J., HARDMAN E., BALL S., SMITH B., McCRAE I., BARLOW T., STEVENS A. (2008) **Co-operative systems deployment impact assessment (CODIA)**. rapport final.

KULMALA R., RÄMÄ P., SIHVOLA N. (2008) Safety impacts of cooperative systems, Proc. **21^e atelier de l'ICTCT**, Riga.

LAHRMANN H., HARMS L. (2008) Insurance policy-a new approach to ISA. **Traffic Technology International**, pp. 49-51.

MALONE K., WILMINK I., NOECKER G., ROßRUCKER K., GALBAS R., ALKIM T. (2008) **Final Report and Integration of Results and Perspectives for market introduction of IVSS, eIMPACT Deliverable D10**.

MICHAEL J.B., MILLER M.A. (1999) Lessons learned from a review of evaluations of Automated Highway systems. **Transportation Research record**, n° 1679, pp. 126-129.

MITCHELL R.K., AGLE B.R., WOOD D.J. (1997) Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. **Academy of Management Review**, Vol. 22, n° 4, pp. 853-886.

ODGAARD TH., BOEGELUND M. (2006) **Cost-benefit assessment and prioritisation of vehicle safety technologies**. rapport final.

PETERS H. (2008) Market failures and the deployment of cooperative vehicle safety systems-a first analytical assessment of potential reasons for the non-diffusion of safety-improving vehicle systems in Europe. Communication au **7^e Congrès européen sur les systèmes de transport intelligents**, Genève, 4-6 juin, 9 p.

RÉGLEMENT (CE) n°661/2009 du Parlement européen et du Conseil du 13 juillet 2009 concernant les prescriptions pour l'homologation relatives à la sécurité générale des véhicules à moteur, de leurs remorques et des systèmes, composants et entités techniques distinctes qui leur sont destinés.

VOLLMER D., BAUM H., FAUSTEN M., GEIßLER T., MALONE K., SCHULZ W.H., (2006) **Stand alone and cooperative intelligent vehicle safety systems-inventory and recommendations for in-depth socio-economic impact assessment, eIMPACT Deliverable D2.**

WESTERKAMP U. (2009) **Ökonomische Bewertung von Systembündeln in der Fahrzeugsicherheit-Methodik und Bewertung am Beispiel ausgewählter Systeme.** Norderstedt, Université de Cologne, Thèse de doctorat.

WILMINK I., JANSSEN W., JONKERS E., MALONE K., VAN NOORT M., KLUNDER G., RÄMÄ P., SIHVOLA N., KULMALA R., SCHIROKOFF A., LIND G., BENZ TH., PETERS H., SCHOENEBECK S. (2008) **Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety Systems, eIMPACT Deliverable D4.**

ZWIJENBERG H., MALONE K., DE KIEVIT M., VAN AREM B., BUEHNE J.-A., GEIßLER T., SCHNEIDER J., KULMALA R., LEHTONEN M., PRETESI M. (2007) **Benchmarking study on activities in promoting and deploying Intelligent Vehicle Safety Systems in the EU.** TNO report 2007-D-R0674/B, Delft.