

Mars 2020

Evaluation socio-économique du déploiement de l'application Smart Parking à Ettelbruck au Luxembourg

CITIZING pour UPCITI et RMS

Auteurs du rapport :

Julie de Brux: julie.debrux@citizing-consulting.com

Ayushi Sarna: ayushi.sarna@citizing-consulting.com

Côme Sevaistre: come.sevaistre@citizing-consulting.com

Table des matières

Résumé de l'étude	3
Chapitre 1 : Le contexte et les ambitions du projet	5
1.1 Pourquoi parle-t-on des « Smart Cities » ?	5
1.2 Pourquoi parle-t-on de « Parking Intelligent » à Ettelbruck ?	5
1.3 Comment la ville d'Ettelbruck gère-t-elle son parc de places de stationnement ?	6
Chapitre 2 : l'évaluation socio-économique, méthode générale	9
2.1 Les principes de l'évaluation socio-économique	9
2.2 Spécificités de l'évaluation socio-économique	10
2.3 Les indicateurs calculés	13
2.4 Considérations et limites	13
Chapitre 3 : l'évaluation socio-économique appliquée au projet de UPCITI à Ettelbruck : définition de l'option de référence et de l'option de projet	15
Chapitre 4 : Impacts du projet : identification, quantification et monétarisation	16
4.1 Coûts d'investissement et maintenance	16
4.2 Gains de temps	17
4.3 Emissions de CO ₂	19
4.3.1 Emissions de CO ₂ évitées	19
4.3.2 Emissions de CO ₂ supplémentaires	21
4.3.3 Emissions nettes de CO ₂ évitées	21
4.4 Coût d'utilisation des véhicules	23
4.5 Pollution atmosphérique	24
4.6 Nuisances sonores	25
Chapitre 5 : Indicateurs socio-économiques et Conclusion	26
Table 1 : Synthèse de résultats : gains de temps grâce au déploiement de la technologie	19
Table 2 : Synthèse de résultats : émissions de CO ₂ évitées	22
Table 3 : Synthèse des résultats : coûts évités liés à l'exploitation des véhicules	23
Table 4 : Synthèse de résultats : Pollution atmosphérique évitée.....	24
Table 5 : Synthèse de résultats : nuisances sonores évitées	25
Table 6 : Synthèse des résultats socio-économiques du projet (en € ₂₀₂₀ HT) Erreur ! Signet non défini.	
Table A. 1 Coûts d'investissement et maintenance du projet <i>non actualisés</i>	31
Table A. 2 Coûts d'investissement et maintenance du projet <i>actualisés</i>	32
Figure 1 : Information sur la disponibilité de places de parking transmise sur le site internet de la ville	7
Figure 2 : Le principe de l'évaluation socio-économique	10
Figure 3 : Coûts et bénéfices socio-économiques actualisés du projet	27

Résumé de l'étude

Le présent rapport est une évaluation socio-économique des impacts liés au déploiement de la solution Smart Parking dans la ville d'Ettelbruck au Luxembourg. Cette technologie de stationnement intelligent a été développée par l'entreprise française UPCITI en partenariat avec l'entreprise luxembourgeoise RMS.lu. UPCITI produit et fournit en temps réel des données relatives aux places de stationnement disponibles dans la ville grâce à l'installation de capteurs. L'entreprise luxembourgeoise RMS.lu, installée à Ettelbruck est spécialisée dans le développement et l'installation de solutions d'identification automatique et de mobilité.

Inaugurée en octobre 2019, la solution Smart Parking permet de faire de la surveillance en temps réel des places de parkings classiques, de celles réservées aux personnes à mobilité réduite (PMR), aux véhicules électriques (EV), aux livreurs et aux taxis. La solution détecte également la taille de l'emplacement libre et le type de véhicule stationné. Elle analyse les comportements, les préférences et les habitudes d'utilisation de ces espaces de stationnement. Ces informations sont ensuite qualifiées puis transmises en temps réel aux automobilistes en recherche de place. Elles sont disponibles sur les afficheurs de jalonnement installés dans la ville d'Ettelbruck ainsi que sur l'interface applicative du gestionnaire.

Le déploiement de cette technologie résulte de la volonté des élus municipaux de faire d'Ettelbruck une Smart City et de répondre aux besoins de fluidification du trafic routier. Elle permet aux conducteurs de gagner du temps dans leur recherche de place, de réduire la pollution sonore liée aux embouteillages et de réduire les émissions de dioxyde de carbone. En diminuant la quantité de carburant consommé durant la recherche de place, elle agit de manière positive sur la pollution atmosphérique. En déployant cette technologie, la ville souhaitait améliorer son dynamisme et son attractivité. Elle devient par la même occasion la première Smart City du Luxembourg à avoir complètement connecté son stationnement.

L'évaluation socio-économique des investissements publics est un outil d'aide à la décision et de mesure de la pertinence. Plusieurs éléments permettent de la caractériser :

- Premièrement, à travers une analyse coût-bénéfice, elle permet de mesurer la valeur collective créée par un projet ou un investissement, sur une période donnée et pour l'ensemble des parties prenantes. Elle mesure le delta de création de valeur nette entre une situation sans le projet et une situation dans laquelle le projet est développé. Afin de pouvoir comparer des coûts et des bénéfices de natures différentes, tous vont être exprimés dans une unité commune. Par convention, l'unité monétaire sera appliquée
- Deuxièmement, elle ne mesure pas la rentabilité financière d'un projet, mais elle mesure sa rentabilité économique, sociale et environnementale. Elle se différencie en cela de l'analyse financière. Dans le cas présent, elle mesurera les gains économiques, sociaux et environnementaux liés au déploiement de cette solution de smart parking.
- Enfin, des indicateurs tels que la valeur actualisée nette socio-économique (VAN SE) seront calculés. Avoir une VAN-SE positive signifie que les gains sociaux, économiques et environnementaux totaux induits par le projet, dépassent les coûts consentis pour sa mise en œuvre. Le projet est alors considéré comme collectivement souhaitable car il crée plus de valeur qu'il n'en détruit.

Cette étude présente les résultats des bénéfices socio-économiques induits par la solution Smart Parking sur une période de 5 ans, net de coût. Les avantages socio-économiques présentés dans ce rapport portent sur la réduction des temps de recherche d'une place de stationnement, l'impact de la réduction de ce temps sur les émissions de CO² et sur la pollution de l'air, ainsi que la réduction

de la pollution sonore. **La VAN socioéconomique de ce projet s'élève à 7 millions €₂₀₂₀ et le ROI socio-économique (retour sur investissement) est estimé à 23,01€.** Cela signifie que pour chaque euro d'argent public investi dans le projet, le projet rapporte environ 23 euros sur une période de cinq ans. La VAN positive et un retour sur investissement supérieur à 1 indiquent que le projet crée plus de valeur qu'il n'en coûte à la société, ce qui le rend souhaitable dans son ensemble.

L'horizon temporel de cette étude s'étend de novembre 2019 jusqu'à la fin de l'année 2024. L'évaluation est réalisée à périmètre constant, c'est-à-dire que tout changement de niveau micro (changements de l'échelle du projet, nombre de personnes bénéficiant de la solution, composition des utilisateurs) ou au niveau macro (chocs économiques, changements démographiques, augmentation de l'utilisation des véhicules électriques...) qui pourraient affecter les résultats de l'évaluation ne sont pas pris en compte.

De plus, cette évaluation n'a pas pour objectif de monétariser les effets qualitatifs du déploiement de la solution comme une augmentation de l'attractivité de la ville. Seuls des effets ayant une valeur de référence bien établie comme le temps, les émissions de CO₂, la pollution de l'air et du bruit sont pris en compte. Ces effets qualitatifs sont en outre susceptibles d'augmenter la valeur socio-économique créée par le projet, au-delà de la valeur actualisée nette socio-économique présentée dans cette évaluation. Enfin, pour effectuer cette évaluation, un certain nombre d'hypothèses ont été émises, notamment sur l'ampleur des effets et les valeurs de référence utilisées¹. Chacune de ces hypothèses est faite avec prudence et manière conservatrice. Elles sont mises en évidence dans le texte lors de leur utilisation.

¹ Comme pour les gains de temps, les émissions de CO₂, ainsi que la pollution atmosphérique et les nuisances sonores.

Chapitre 1 : Le contexte et les ambitions du projet

1.1 Pourquoi parle-t-on des « Smart Cities » ?

Ces dernières décennies, la qualité de vie dans les villes s'est améliorée de manière significative grâce notamment au déploiement de services et d'infrastructures visant à faciliter la vie quotidienne. Toutefois, l'augmentation de la population dans les centres urbains et les enjeux qui en découlent, posent un défi aux gestionnaires, aux architectes et aux urbanistes. La réponse à ces défis se trouve en partie dans les solutions proposées par le concept de « ville intelligente ». Cette expression désigne le recours aux nouvelles technologies pour améliorer la qualité des services urbains et rendre ainsi les villes plus inclusives, plus durables et plus résilientes.

En 2011, les villes occupaient 2% de la surface de la planète mais abritaient près de la moitié de sa population. Elles consommeraient 75% de l'énergie totale générée et seraient responsables de 80% des émissions de gaz à effet de serre². D'ici 2040, 65% de la population mondiale vivra dans une ville³. Si ces villes veulent devenir durables alors leurs ressources doivent être contrôlées et les services doivent devenir le plus efficace possible. Les technologies innovantes qui permettent de repenser et de recâbler les infrastructures essentielles des villes - routes, ponts, tunnels, rails, métros, aéroports, ports maritimes, communications, eau, électricité et grands bâtiments - apportent les principales solutions du moment.

Des solutions intelligentes sont déployées dans les villes du monde entier pour résoudre une multitude de problèmes et améliorer les performances dans divers secteurs : la gestion de l'énergie et de l'eau, des solutions d'éclairage, la sécurité routière, l'urbanisme, la coopération citoyenne, l'élimination des déchets, la gouvernance, les prestations de soins de santé ou encore la circulation de la congestion... Entre 2015 et 2020, les dépenses mondiales consacrées aux villes intelligentes ont plus que doublé, passant de 14,85 milliards de dollars américains en 2015 à 34,35 milliards de dollars américains en 2020⁴. Le cabinet *Persistence Market Research* estime que la taille de ce marché devrait atteindre 3,5 milliards de dollars américains d'ici 2026⁵. En Europe, une étude⁶ publiée en 2014 par la direction générale des politiques internes de l'Union européenne a identifié le Royaume-Uni, l'Espagne et l'Italie comme les pays européens comptant le plus grand nombre de villes intelligentes (31 ou plus). La France, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Suède suivent en comptant entre 11 à 30 villes considérées comme intelligentes.

1.2 Pourquoi parle-t-on de « Parking Intelligent » à Ettelbruck ?

Les solutions de ville intelligente visent à faciliter la vie des usagers, tout en garantissant une gestion durable de la ville. En ce sens, le concept de mobilité intelligente constitue un pan important de ces

² United Nations Environment Programme. (2011). Visions for change: recommendations for effective policies on sustainable lifestyles. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8009>

³ Smart City Infographic | The Dramatic Stats Behind the Rise of Global Networked Cities. <https://www.postscapes.com/anatomy-of-a-smart-city/>

⁴ Global smart city spending 2015-2020 | Statista. (2018). <https://www.statista.com/statistics/757638/spending-on-smart-cities-worldwide/>

⁵ Raconteur. Smart Cities. (2017). <https://www.raconteur.net/smart-cities-2017>

⁶ European Parliament. (2014). Mapping Smart Cities in the EU. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)

nouveaux enjeux. Il oblige à aborder la mobilité des personnes de manière innovante en vue d'améliorer la durabilité, la fiabilité et la facilité de déplacement. Aussi, un aspect important de cette nouvelle approche de la mobilité réside dans une gestion technologique du stationnement.

En 2012, un rapport de l'*International Parking Institute* mentionne qu'environ 30% du trafic dans les villes serait dû à des usagers en recherche de place de stationnement. Le rapport souligne également que contrairement à une idée reçue, les professionnels du secteur privilégient le choix d'un système de gestion des places de stationnement qui profite au flux de transport global, à une augmentation du nombre de places⁷. Le rapport présente les résultats d'une enquête menée en 2012 : sur les 11 solutions susceptibles d'améliorer la durabilité du stationnement, le développement de systèmes de guidage facilitant la recherche de parking est la deuxième solution⁸ la plus sollicitée. Elle est considérée par 51% des professionnels de l'industrie du parking comme ayant le plus grand potentiel de développement pour améliorer la durabilité du stationnement. En effet, lorsque les parkings sont rendus plus accessibles, fluides et opérationnels, les usagers gagnent du temps lors de leur recherche de place de stationnement. Cela améliore la congestion du trafic, réduit le gaspillage de carburant et les émissions de carbone, et réduit le bruit lié à la circulation. L'optimisation de places de stationnements disponibles permet également de réduire le stress ressenti par le conducteur.

Ettelbruck, ville d'environ 9 000 habitants, est le principal centre économique du nord du Luxembourg. La ville connaît un fort flux quotidien de visiteurs. Environ 3 000 élèves, inscrits dans les 5 écoles post-primaires de la ville, s'y rendent quotidiennement. De nombreuses personnes se rendent en ville pour travailler, notamment le personnel médical des deux hôpitaux de la ville, le Centre hospitalier du Nord et le Centre hospitalier neuropsychiatrique. Le premier compte environ 700 employés et accueille entre 400 à 500 visiteurs chaque jour. Les clubs de sport, les magasins locaux, l'opéra, les concerts et les activités de loisirs attirent également de nombreux visiteurs. En moyenne, environ 20 000 véhicules traversent chaque jour la ville. Pour ces visiteurs et pour les résidents, la recherche d'une place de parking est une réelle préoccupation. Le gestionnaire de la circulation d'Ettelbruck atteste que les difficultés liées au stationnement, les embouteillages et les nuisances sonores qui en résultent, sont une préoccupation récurrente en matière de gestion de la circulation dans la ville.

1.3 Comment la ville d'Ettelbruck gère-t-elle son parc de places de stationnement ?

Face à ces enjeux, et à la volonté des élus de faire d'Ettelbruck un exemple de ville intelligente, un projet de gestion du trafic a été engagé.

En octobre 2019⁹, la ville a déployé une technologie qui permet de monitorer en temps réel 954 des 1700 places de stationnement. Ces places sont réparties sur 8 des 20 parkings que compte la ville. Cela comprend les places de stationnement conventionnelles de la ville, ainsi que celles réservées aux personnes à mobilité réduite (PMR), aux véhicules électriques, aux personnels de livraison et

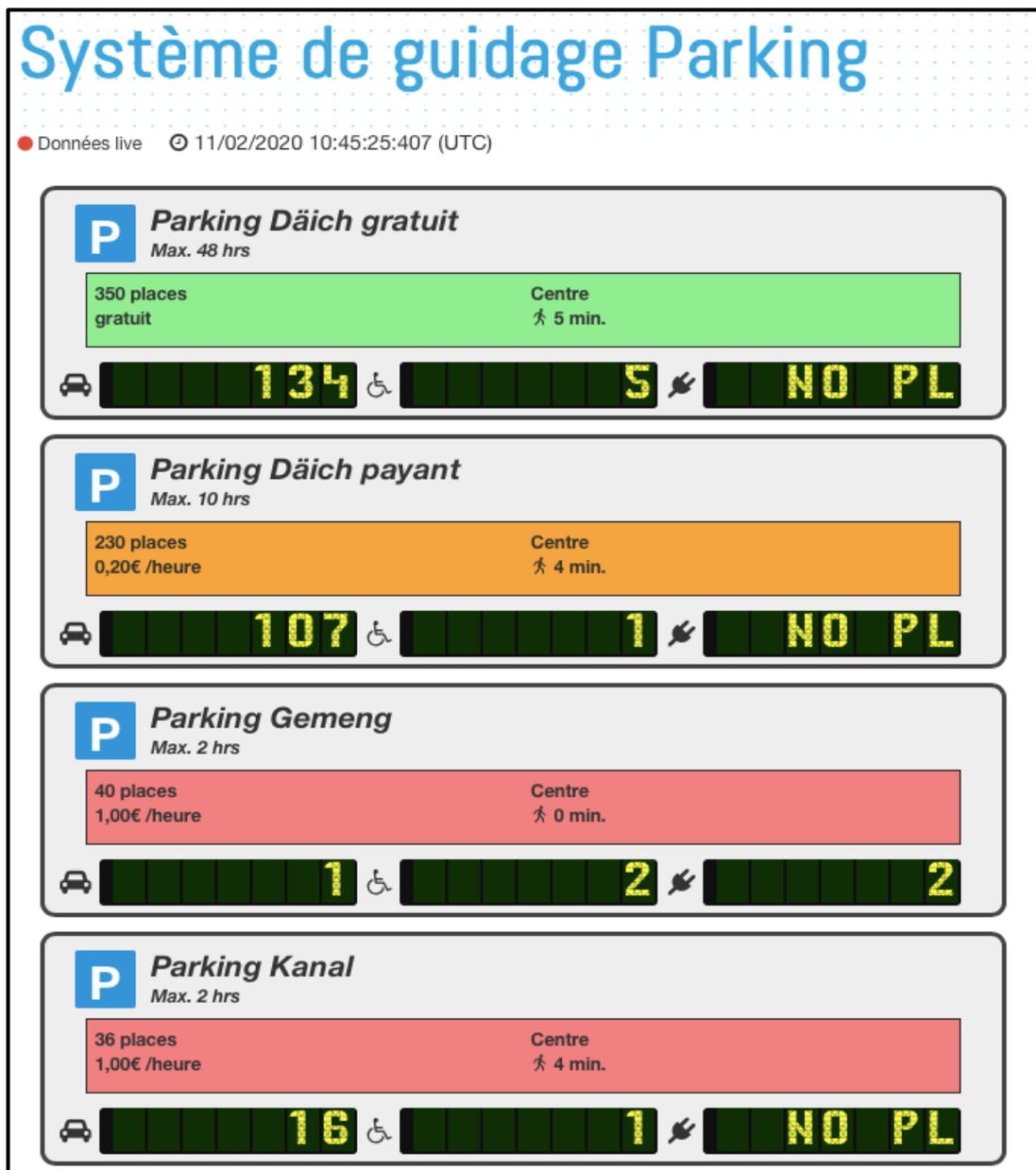
⁷ International Parking Institute. (2012). *2012 Emerging Trends in Parking*. <https://www.parking.org/wp-content/uploads/2015/12/Emerging-Trends-2012.pdf>

⁸ La solution la plus importante semblait être l'augmentation de l'utilisation d'éclairage efficace sur le plan énergétique sur les places de stationnement.

⁹ La phase pilote de ce projet a duré entre 2,5 et 3 ans et a été mené près de l'administration communale de la Ville d'Ettelbruck, pour permettre une meilleure surveillance et gestion de la solution.

aux taxis. Pour cela la ville s'est appuyée sur le savoir-faire d'UPCITI et de RMS.lu. Les 32 capteurs UPC5 d'UPCITI installés à travers la ville détectent les places de stationnement gratuites en temps réel. Les données sont ensuite transmises à RMS.lu, une entreprise basée à Ettelbruck, qui traite ces données. Les informations sont ensuite transmises aux utilisateurs, via 34 panneaux répartis dans la ville, qui affichent le nombre de places de stationnement disponibles dans chacun des 8 parkings. Ces informations sont également mises à disposition en temps réel sur le site de la Ville d'Ettelbruck¹⁰.

Figure 1 : Information sur la disponibilité de places de parking affichée sur le site internet de la ville



Note : Cet exemple affiche les informations en temps réel de 4 parking sur les 8 monitorés.

Source : Site internet de la ville d'Ettelbruck, <http://ettelbruck.lu/systeme-de-guidage-parking/>

L'un des risques associés à cette technologie réside dans la fiabilité des informations affichées sur les places de stationnements disponibles à l'approche d'un conducteur. Il ne faut pas que

¹⁰ <http://ettelbruck.lu/systeme-de-guidage-parking/>

l'espace identifié soit occupé par un véhicule nouvellement arrivé entre le moment où le conducteur lit le panneau d'indication et le moment où il arrive devant la place. Pour minimiser ce risque, RMS offre la possibilité de définir, selon certains seuils, la fréquentation dans les zones où se situent les parkings. Dans les zones achalandées, s'il reste deux places de parking disponibles, ce dernier est affiché comme complet. En revanche, dans les zones moins fréquentées, le nombre réel de places de stationnement disponibles est affiché. Des informations détaillées en temps réel sur l'état de chaque place de stationnement (disponible ou occupée) sont transmises au personnel de RMS.lu ainsi qu'au gestionnaire de la circulation de la ville. Des statistiques sont également produites de manière quotidienne, hebdomadaire et mensuelle. Elles portent sur le tarif et la période d'occupation des places tout au long de la journée.

Jusqu'à présent, la technologie a prouvé son utilité. Les avis des visiteurs ainsi que des résidents sont largement positifs. La municipalité espère que le projet contribuera grandement à renforcer l'attractivité du centre-ville en améliorant le confort des usagers. Le gestionnaire de la circulation de la ville affirme que la technologie fonctionne bien et qu'elle s'est avérée efficace. Les temps de recherche de place de stationnement moyens ont diminué, les problèmes de congestion du trafic, les niveaux élevés de pollution sonore, en particulier dans les centres animés comme les zones proches de la mairie se sont améliorés. **Actuellement, près de 2200 véhicules bénéficient chaque jour¹¹ de cette technologie, 200 appartiennent à des étudiants, 620 à des travailleurs, et 1380 à des usagers venus pour d'autres raisons (shopping, sport, loisirs...).** La municipalité conduit également des projets d'infrastructures d'envergure pour la ville. Elle prévoit la création d'un parking de 500 places sur plusieurs niveaux. Ces espaces de stationnement seront également monitorés par la solution smart parking.

¹¹ Cela concerne les véhicules potentiellement stationnés sur les places monitorées par la technologie « smart parking ».

Chapitre 2 : l'évaluation socio-économique, méthode générale

Selon les recommandations du *Guide de l'évaluation socio-économique des investissements publics* (2017)¹², l'analyse socio-économique doit d'abord exposer les raisons qui justifient la réalisation d'un projet, ainsi que les problèmes structurels que celui-ci cherche à résoudre. En ce sens, la description de la situation existante, dans laquelle s'inscrit le projet, constitue la base de l'analyse.

La méthode d'évaluation socio-économique consiste à comparer des options d'investissements appelées « option de projet » avec une option de référence – appelée “le contrefactuel” – qui représente la situation supposée prévaloir dans l'hypothèse où l'investissement n'est pas réalisé.

Enfin, l'estimation des effets des options étudiées ainsi que leur monétarisation sont réalisées, permettant de calculer des indicateurs socio-économiques qui donneront lieu aux conclusions sur la rentabilité socio-économique du projet. Les paragraphes ci-dessous détaillent les principes et la méthodologie de l'évaluation socio-économique.

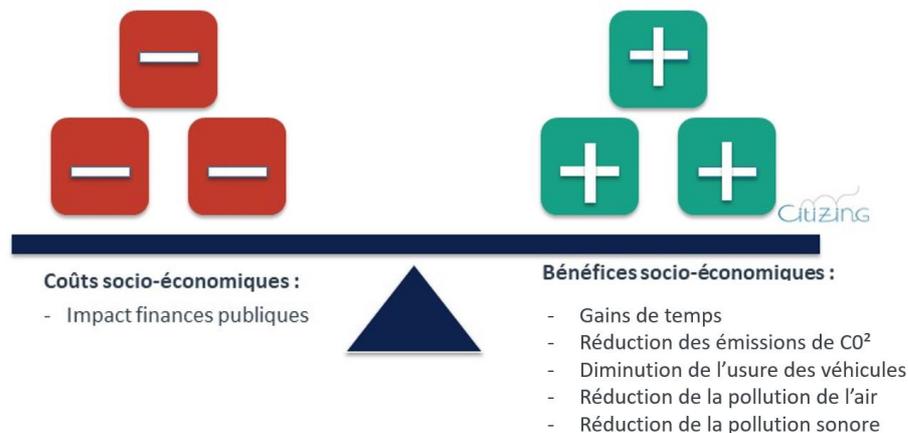
2.1 Les principes de l'évaluation socio-économique

L'évaluation socio-économique constitue un outil d'aide à la décision publique car elle permet de mesurer l'utilité des investissements. Grâce à l'analyse coût-bénéfices, elle permet de déterminer si, compte tenu de son coût, un projet est suffisamment créateur de valeur pour la société. Elle consiste à comparer les coûts et les bénéfices de toutes natures, pour l'ensemble des acteurs du projet, et la plupart du temps, sur le temps long. Les projets publics touchent en effet de nombreux acteurs, sans pour autant prévoir d'échanges marchands. Ainsi, ceux qui sont négativement impactés par un projet ne sont pas toujours indemnisés et ceux qui sont impactés positivement n'ont pas nécessairement payés pour cela. Par exemple, la réduction du bruit induite par la réduction des embouteillages sont bénéfiques pour l'ensemble des habitants sans pour autant que ces derniers aient à payer pour en bénéficier. Il apparaît dès lors que les coûts et les bénéfices de ce projet ne sont pas uniquement de nature financière ; ils peuvent être aussi de nature économique, sociale ou environnementale.

¹² France Stratégie et Direction Générale du Trésor. (2017) Guide de l'évaluation socio-économique des investissements publics https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-guide-to-socioeconomic-evaluation-of-public-investments-in-france_final-web.pdf

Figure 2 : Le principe de l'évaluation socio-économique

Le principe de l'évaluation socio-économique : la création de valeur d'un projet dépasse-t-elle ses coûts ?



2.2 Spécificités de l'évaluation socio-économique

Plusieurs particularités caractérisent les évaluations socio-économiques :

Evaluation en différentiel

Ces évaluations ne peuvent qu'être différentielles entre une situation **sans le projet** (appelée option de référence ou contrefactuel) et une situation **avec mise en place du projet** (appelée option de projet). Ainsi, les résultats de ces études indiquent le **delta de création** (ou destruction) de valeur par rapport à l'absence de projet.

Monétarisation

Afin de comparer des coûts et bénéfices de différentes natures, ceux-ci doivent être exprimés dans une unité commune. Par convention, c'est l'unité monétaire qui est appliquée via l'exercice de monétarisation.

La monétarisation des impacts peut s'effectuer de plusieurs façons :

- **Lorsque l'impact constitue un impact économique direct, il s'exprime directement en unité monétaire, à l'instar des coûts liés aux dépenses de maintenance.**

- **Pour d'autres impacts, des valeurs de référence (dites valeurs tutélaires) peuvent être utilisées. Les rapports Quinet (2013¹³, 2017¹⁴ et 2019¹⁵) définissent un certain nombre de valeurs tutélaires, telles que la valeur du temps, la valeur de la tonne de CO₂, ou encore la valeur de la vie humaine.**

Il est important de souligner qu'en l'absence de valeurs de référence pour le Luxembourg, ainsi que de valeurs harmonisées pour les pays européens, la meilleure option pour cette évaluation a consisté à mobiliser les valeurs de référence françaises pour estimer les valeurs luxembourgeoises. Ces valeurs sont disponibles pour la France depuis 2010 jusqu'en 2070. Afin de garantir leur validité pour le cas du Luxembourg, les valeurs françaises depuis 2010 ont été multipliées par le ratio PIB par habitant du Luxembourg¹⁶ et PIB par habitant de la France¹⁷. En outre, l'évolution des valeurs tutélaires françaises étant assujettie à la croissance du PIB par habitant en France, les valeurs de références utilisées¹⁸ dans l'étude ont elles aussi été estimées sur la base du taux de croissance du PIB par habitant du Luxembourg afin d'être les plus représentatives possible du contexte luxembourgeois.

- **Lorsque les valeurs de référence n'existent pas, les impacts qui ont un effet sur le bien-être, sont monétarisés en extrapolant les résultats d'articles académiques. Ces articles visent souvent à caractériser les préférences des individus et à leur donner une valeur en utilisant des techniques de préférences révélées ou un prix hédonique. Par exemple, ces méthodes pourraient révéler la volonté de payer (CAP) des citoyens d'avoir 10% d'espace de stationnement en plus.**

Le mécanisme de l'actualisation

Un taux d'actualisation est appliqué à tous les coûts et bénéfices socio-économiques identifiés. Ce taux permet de ramener en valeur d'aujourd'hui des coûts ou des bénéfices qui surviendront demain. Cette actualisation est nécessaire pour la simple raison que 1 € demain a moins de valeur que 1 € aujourd'hui. Le choix de ce taux représente donc l'arbitrage entre le présent et le futur : un taux élevé donne un faible poids au futur. Un taux d'actualisation bas, au contraire, signifie que la génération actuelle donne un fort poids au futur : la collectivité est davantage prête à sacrifier des ressources présentes pour préparer le futur. Ce taux prend également en compte une prime de

¹³ Quinet, E. (2013). L'évaluation socio-économique des investissements publics. Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective.

https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/CGSP_Evaluation_socioeconomique_17092013.pdf

¹⁴ France Stratégie et Direction Générale du Trésor. (2017) Guide de l'évaluation socio-économique des investissements publics https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-guide-to-socioeconomic-evaluation-of-public-investments-in-france_final-web.pdf

¹⁵ France Stratégie, La valeur de l'action pour le climat (2019)

<https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-the-value-for-climate-action-final-web.pdf>

¹⁶ Source: International Monetary Fund. IMF DataMapper.

<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/LUX?>

¹⁷ Source: International Monetary Fund. IMF DataMapper.

<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/FRA?>

¹⁸ Les valeurs de référence pour le temps, la pollution atmosphérique et les nuisances sonores ont été calculées utilisant cette méthode. Néanmoins, pour les émissions de CO₂, les valeurs utilisées sont celles recommandées par le « Directorate-General for Climate Action » de la Commission Européenne (2016). S'agissant du coût d'exploitation des véhicules (qui inclut les coûts de maintenance, les dépenses en carburant, les coûts d'assurance, etc.) par km parcouru, les valeurs recommandées par Maibach et al (Commission Européenne 2006) ont été utilisées.

risque. Dans le cadre de cette évaluation, le taux d'actualisation utilisé est celui recommandé par le "Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects" (Commission Européenne, 2015)¹⁹. Ce guide recommande l'utilisation d'un taux de 5% pour toutes les évaluations menant une analyse économique des projets d'investissement dans l'Union Européenne.

L'horizon temporel du calcul

Il est de rigueur d'utiliser la vie technique ou économique des investissements comme horizon temporel de calcul. En d'autres termes, les coûts et bénéfices sont estimés et actualisés sur toute cette durée. Toutefois, dans le cas de cette étude, l'intérêt principal est de mesurer les bénéfices pour la société, à court terme, à la suite du déploiement de la technologie. Ainsi, l'horizon de calcul utilisé ici est de 5 ans²⁰. Plus précisément, les coûts et les bénéfices sont calculés à partir de novembre 2019 (après l'implémentation du projet en octobre 2019) et jusqu'à la fin de l'année 2024.

Le coût des fonds publics (COFP) et le prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP)

Les biens publics sont la plupart du temps financés par les prélèvements publics. Mais un euro prélevé sur un contribuable coûte en réalité plus qu'un euro. En effet, les prélèvements engendrent une distorsion marchande²¹. Cette *inefficacité* est appelée « le coût d'opportunité des fonds publics ». Pour cette raison, le rapport Quinet recommande que tous les coûts représentant des dépenses d'argent public soient multipliés par un coefficient de 1,20²². Le COFP est différent du « prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP) », qui représente l'*insuffisance* des fonds publics, conduisant la collectivité à faire un choix entre différents projets publics. Alors que le COFP est lié à la structure des taxes, le PFRFP est lié à leur niveau. Le PFRFP requiert d'ajouter un coefficient de 0,05²³. En somme, un coefficient de 1,25 est appliqué au montant des dépenses couvertes par des fonds publics.

Toutes ces précisions méthodologiques étant posées, il est considéré que le coût socio-économique du projet n'est pas le montant investi dans le projet. Plusieurs raisons à cela :

- Il est déduit de l'investissement dans le projet, le coût de ne pas faire le projet (coût du contrefactuel).
- Il est tenu compte des coûts sur l'ensemble de la durée de vie du projet, c'est à dire, les coûts d'entretien et de maintenance.

¹⁹ Directorate-General for Regional and Urban policy (European Commission). (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects (2015). https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf

²⁰ La durée de vie de la technologie d'UPCITI est toutefois supérieure à 5 ans.

²¹ Sous l'effet des impôts, les consommateurs paient plus que ce que les producteurs ne reçoivent, menant les consommateurs à consommer moins et les producteurs à produire moins.

²² Pour les projets entrepris dans l'Union européenne, le " Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects " (Commission européenne, 2015) recommande également d'ajuster les dépenses publiques à un projet (ou à des recettes) pour refléter le COFP. Toutefois, dans le scénario où des lignes directrices nationales n'existent pas, la règle par défaut suggérée dans le guide est un COFP = 1 (ce qui revient à ne pas tenir compte du coût d'opportunité). Néanmoins, étant convaincu que ce coût ne doit pas être assumé et afin d'obtenir des résultats aussi prudents que possible, cette évaluation procède à l'hypothèse d'un COFP de 1,2, comme recommandé par le rapport Quinet (2013).

²³ Alors que le rapport Quinet de 2013 recommande un coefficient de 0,05, le rapport Quinet de 2019 recommande une valeur de 0,07. Cette dernière provient du guide méthodologique pour l'application de l'évaluation socio-économique aux projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche. Etant donné le manque de précision sur la valeur qui devrait être utilisée, et puisque le coefficient de 0,05 a été utilisé en France depuis longtemps et pour de nombreux projets, nous retenons le taux de 0,05 dans le cadre de cette évaluation.

- Les fonds publics sont rares et coûteux à prélever. A tous les montants des dépenses de fonds publics, il est appliqué un coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et un prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP). En d'autres termes, ces dépenses sont multipliées par un coefficient 1,27.
- Le coût socio-économique intègre les externalités négatives générées par le projet.

2.3 Les indicateurs calculés

Une fois l'ensemble des coûts et bénéfices traduits dans l'unité monétaire, des indicateurs socio-économiques sont calculés, et notamment :

La Valeur Actualisée Nette socio-économique (VAN-SE)

Cet indicateur représente la valeur collective créée par le projet (gains socio-économiques), nette de ses coûts et sur l'ensemble de sa durée de vie, ramenée en une valeur d'aujourd'hui. En d'autres termes ce sont les bénéfices socio-économiques, moins les coûts socio-économiques.

Une VAN-SE > 0 indique que le projet est plus créateur de valeur socio-économique qu'il ne coûte. Autrement dit, il est socio-économiquement souhaitable.

Il est rappelé que la création ou la destruction de valeur est calculée *en différentiel* par rapport à la situation où le projet n'est pas réalisé. Ainsi, pour favoriser la comparabilité entre les situations, la VAN socio-économique est calculée sur le même horizon temporel.

Le Retour sur Investissement socio-économique (ROI-SE)

Il correspond à la valeur collective créée par chaque euro public. En d'autres termes, ce sont l'ensemble des bénéfices socio-économiques et environnementaux du projet sur toute sa durée de vie, rapportés au coût socio-économique du projet, pour chaque euro public.

2.4 Considérations et limites

Lors de l'interprétation des résultats de cette évaluation, il est important de garder à l'esprit quelques considérations. Tout d'abord, cette évaluation mesure les coûts et les bénéfices socio-économiques du projet tout en faisant l'hypothèse que le *statu quo* est maintenu sur toute la période de l'étude. En d'autres termes, il est supposé que jusqu'en 2024, il n'y a pas de changements au niveau micro (changement d'échelle du projet, nombres de bénéficiaires, composition des usagers...) ni au niveau macro (chocs économiques, changement démographique, mutation vers des voitures électriques...) qui pourraient avoir une incidence sur les effets du projet identifiés. De plus, cette évaluation n'a pas cherché à monétariser les effets qualitatifs du déploiement de la technologie, comme la hausse de l'attractivité de la ville. De tels impacts seraient susceptibles d'accroître la valeur socio-économique créée par le projet, bien au-delà de la valeur obtenue dans cette évaluation.

De plus, tous les impacts mesurés ici concernent uniquement les véhicules qui se garent dans les espaces de stationnement monitorés par la technologie (8 des 20 parcs de stationnement, soit 954

des 1700 places de stationnement de la ville). Lors des discussions avec le chargé de la circulation de la ville d'Ettelbruck, il a été décidé que les véhicules qui se garent sur des places non monitorées ne devraient pas bénéficier de gains de temps dans leur recherche de stationnement. En effet, une grande majorité de ces places de parking sont occupées par des résidents de la ville, qui y stationnent leurs véhicules pour une durée de 2 à 3²⁴, jours, voire plus. Certains vont même jusqu'à acheter des tickets annuels pour garer leurs voitures de façon permanente. Au total, les résidents occupent environ 500 (sur un total de 800) places de parking non monitorées. La recherche de stationnement sur ces 300 places restantes demeure difficile. Ainsi, on ne s'attend pas à ce que les voitures qui stationnent sur ces places bénéficient d'une réduction de temps de recherche de stationnement. Par conséquent, cette étude prend en compte uniquement les gains de temps des voitures qui se garent sur les places de stationnement monitorés.

Enfin, pour mener à bien cette évaluation, un certain nombre d'hypothèses ont été posées tout en gardant une extrême prudence, afin de tenter d'obtenir des résultats les plus conservateurs possibles. Ces hypothèses concernent : le choix de la valeur de base (en 2010) des valeurs de référence pour le Luxembourg (par rapport à celles de la France), ainsi que leur évolution dans le temps ; le niveau moyen des gains de temps obtenus grâce au déploiement de la technologie et les émissions de CO₂ moyennes des voitures dans l'Union Européenne. A chaque moment de l'étude, une attention particulière a été portée sur ces hypothèses.

²⁴ Dans les stationnements monitorés, chaque ticket n'autorise pas plus de deux heures de stationnement.

Chapitre 3 : l'évaluation socio-économique appliquée au projet de UPCITI à Ettelbruck : définition de l'option de référence et de l'option de projet

Comme évoqué dans les sections précédentes, l'évaluation socio-économique est réalisée en différentiel : les coûts et les bénéfices du projet ou de l'investissement (option de projet) sont comparés à ceux du scénario dans lequel le projet n'est pas mis en place (option de référence ou contrefactuel).

Option de référence

Dans le cadre de cette évaluation, l'option de référence concerne le scénario dans lequel les technologies UPCITI et RMS, permettant de surveiller la disponibilité des places de stationnement et de communiquer ces informations aux automobilistes, ne seraient pas déployées. En d'autres termes, il s'agit de maintenir la situation qui prévalait avant octobre 2019, date à laquelle ces technologies ont été mises à disposition du public.

Option de projet

Cette option correspond à la situation dans laquelle la surveillance en temps réel de 954 sur 1 700 places de parking à Ettelbruck est mise en œuvre. Comme décrit précédemment, cette option intègre les coûts et les bénéfices associés à l'installation de 32 capteurs UPC5 UPCITI et 34 panels, ainsi qu'à la transmission de données aux usagers finaux (à travers les panels et le site internet de la ville d'Ettelbruck).

Chapitre 4 : Impacts du projet : identification, quantification et monétarisation

Au global, l'évaluation socio-économique réalisée a permis de monétariser six impacts :

- **Le différentiel de coûts directs entre l'option de projet et l'option de référence ;**
- **Les gains de temps pour les automobilistes, en raison d'une baisse dans le temps de recherche de stationnement ;**
- **La diminution des émissions de CO₂ en option de projet ;**
- **La baisse du coût d'exploitation des véhicules en option de projet ;**
- **La diminution de la pollution atmosphérique en option de projet ;**
- **La réduction des nuisances sonores (pollution sonore) en option de projet.**

4.1 Coûts d'investissement et maintenance

a. Description de l'effet

Les coûts d'investissements et de maintenance sont des coûts qui ont une valeur marchande, c'est-à-dire qu'ils sont déjà exprimés en termes monétaires.

L'option de référence, dans le cadre de cette évaluation, correspond à la situation dans laquelle la technologie « smart parking » n'est pas déployée. Ainsi, les coûts associés à cette option sont nuls.

En revanche, l'option de projet correspond à la situation dans laquelle la technologie est déployée. Cela nécessite un **montant d'investissement de l'ordre de 274 699€ HT**. Le montant de cet investissement se décompose de la façon suivante : 55 051€ pour les coûts d'installation de capteurs, kits de batteries et matériel de parking ; 136 191€ de coûts d'installation des panels et 20 603€ de coûts d'installation de mâts. Le montant restant comprend des coûts additionnels et d'assistance tels que les infrastructures routières ou la configuration des places de stationnement. Ces coûts sont décrits de manière précise en annexe (Tableau A.1).

Une fois la technologie mise en œuvre, la ville devra supporter des dépenses annuelles de maintenance. Ces dépenses s'élèvent à 43 485€ HT. Elles incluent les licences d'exploitation, les licences de stationnement RMS, le nettoyage et le remplacement des capteurs, le coût de transmission des données entre les capteurs et les panneaux, ainsi que la consommation d'énergie des capteurs et des panels. Une description détaillée de ces dépenses est faite en annexe (Tableau A.1). **Actualisé sur l'ensemble de la période d'étude, le coût de maintenance du projet est estimé à 222 591€ HT.**

Le coût total (investissement et maintenance) du projet s'élève ainsi à 497 290 €HT. Ce résultat ne tient pas compte du taux d'actualisation, du coût d'opportunité des fonds publics (COFP), ni du prix fictif de la rareté des fonds publics (PFRFP).

b. Résultats

Comme mentionné dans la section présentant la méthodologie, le différentiel des coûts entre l'option de projet et l'option de référence doit être calculé pour chaque année. Il doit être actualisé

sur l'ensemble de la période d'étude. Par ailleurs, le COFP et le PFRFP doivent aussi être appliqués au coût actualisé (on applique un taux de 1,25 – cf. Chapitre 2).

Le montant d'investissement du projet, actualisé sur la période d'étude et incluant le COFP et le PFRFP, s'élève à **327 023 € HT**.

Les coûts de maintenance sont calculés chaque année jusqu'à la fin de la période (jusqu'en 2024) afin de déterminer la somme actualisée. Cette somme sera ajustée par le COFP et le PFRFP. Ainsi, le coût de maintenance actualisé est de l'ordre de **230 278 € HT**.

Enfin, le coût total du projet, actualisé sur la période d'étude, s'élève à 557 301 €₂₀₂₀ HT.

Une description détaillée des coûts actualisés est présentée en Annexe (Tableau A.2).

4.2 Gains de temps

a. Description de l'effet

L'un des objectifs principaux du projet était de réduire le temps consacré par les automobilistes à trouver une place de stationnement. Les capteurs de la technologie proposée par UPCITI permettent de repérer des places de stationnement disponibles en temps réel. Cette information est ensuite communiquée aux automobilistes à travers des panneaux installés dans la ville, ainsi que sur le site internet²⁵ de celle-ci. Ainsi, cela résulte en une réduction du temps passé à chercher une place de stationnement, par rapport à une situation dans laquelle la technologie ne serait pas déployée.

b. Ampleur de l'effet

De nombreuses études semblent indiquer que les technologies de stationnement intelligent sont efficaces et utiles. Par exemple, Frites et al. (2010) ont mené une étude pour évaluer l'impact de l'information sur les activités de stationnement sur un campus universitaire rural. L'information est transmise en temps réel par l'intermédiaire de panneaux à messages variables le long de la route. Ils ont constaté que le système réduisait les temps de recherche moyens de 15%.

Afin de mesurer l'impact de la technologie de stationnement intelligent déployée par UPCITI, cette évaluation se base sur une estimation de la réduction moyenne du temps de recherche de stationnement, fournie par le chargé de la circulation d'Ettelbruck. Ce choix a un double avantage. D'une part, il garantit que les résultats présentés dans cette étude sont directement attribuables à la technologie en question. D'autre part, il permet de s'appuyer sur des données réelles de stationnement mises à disposition du chargé de la circulation, ainsi que sur son expérience vis-à-vis du fonctionnement de la technologie.

Ce chargé de la circulation, estime que grâce à la mise en œuvre de la technologie, le temps moyen passé par un automobiliste dans la recherche d'une place de stationnement a été réduit de 10 à 6 minutes. Cela représente, en moyenne, *une réduction de 4 minutes par automobiliste*.

²⁵ <http://ettelbruck.lu/systeme-de-guidage-parking/>

c. Méthode de monétarisation

Afin de monétariser les gains de temps liés à la réduction du temps de recherche de stationnement, les valeurs de référence recommandées dans le rapport Quinet (2013) sont mobilisées. En l'absence de valeurs de référence pour le Luxembourg, des nouvelles valeurs ont été calculées pour être applicables au cas luxembourgeois (en multipliant les valeurs de référence françaises à partir de 2010 par le ratio du PIB par habitant au Luxembourg et en France). Ensuite, l'évolution de ces valeurs au cours des années successives a été estimée en fonction de la croissance du PIB par habitant au Luxembourg. Cette technique permet de rendre ces valeurs aussi proches que possible du contexte luxembourgeois. A titre d'illustration, la valeur d'une heure de temps de déplacement entre le lieu de travail et le domicile, dans une zone urbaine²⁶ comme Ettelbruck, s'élèverait aujourd'hui à 28,7€₂₀₂₀ et à 31,4€₂₀₂₀ en 2024.

Environ 2 200 véhicules bénéficient de la technologie chaque jour. La répartition de ces véhicules par motif de déplacement (études, professionnel, autre) a été estimée par le chargé de la circulation de la ville. Cette répartition a été utilisée dans le cadre de cette évaluation. Ainsi, il en résulte que parmi les 2 200 véhicules bénéficiant de la technologie, 200 seraient utilisés pour réaliser des déplacements dans le cadre de leurs études, 620 pour des déplacements professionnels, et les 1 380 restants pour d'autres motifs (courses, loisirs, etc.). Puisque les valeurs présentées ci-dessous s'appliquent aux individus, il a été établi, avec le chargé de la circulation, que le taux d'occupation d'une voiture est d'environ 1,5. Ainsi, on fait l'hypothèse que chaque véhicule transporte 1,5 passagers, à l'exception des véhicules concernés par les déplacements domicile-travail. Au global, le nombre de bénéficiaires de la technologie s'élève à 2 990 individus chaque jour : 620 travailleurs, 300 étudiants et 2 070 personnes se déplaçant pour d'autres motifs.

Après avoir calculé le nombre de personnes bénéficiant chaque jour de la technologie, on peut déduire que le gain de temps moyen se traduit par 200 heures économisées chaque jour. L'estimation de gains de temps annuels nécessite également la prise en compte du nombre de jours pendant lesquels les individus en question bénéficient potentiellement de cette technologie. En ce qui concerne les étudiants, le nombre de jours de déplacements annuels est estimé à 133, tout en considérant qu'ils ne réalisent pas de déplacements pendant le week-end, les périodes de vacances²⁷ ni les jours fériés²⁸ (11 au Luxembourg). De la même manière, les individus qui se déplacent pour des motifs professionnels ne bénéficieraient pas de la technologie pendant les week-ends, les jours fériés²⁹ ni les jours de congés. Ainsi, le nombre de jours pour eux s'élève à 227,5 chaque année. Enfin, concernant les individus qui se déplacent pour d'autres motifs (loisirs, shopping, sport, etc.), tous les jours de l'année sont pris en compte, à l'exception des jours fériés et des jours pendant lesquels les commerces du centre-ville sont fermés³⁰. Cela représente un total de 315 jours par an pour cette dernière catégorie d'individus. Au global, le nombre d'heures économisées chaque année, grâce à la technologie, s'élève à 55 533.

²⁶ Le rapport Quinet (2013) définit une zone urbaine comme une zone ayant une densité de la population comprise entre 450 et 1 500 habitants par km². La ville d'Ettelbruck peut être considérée comme une zone urbaine puisqu'elle compte une densité de 580 habitants par km².

²⁷ Source : <https://ettelbruck.lu/enseignement-formation/>

²⁸ Source : <https://fonction-publique.public.lu/fr/carriere/organisation-temps-travail/conges-absences/jours-feries.html>

²⁹ D'après les échanges avec le chargé de la circulation de la ville, les professionnels au Luxembourg bénéficient de 7,5 jours fériés par an.

³⁰ Les commerces en ville sont fermés environ 50 jours par an : 40 dimanches sur 52 au total et pendant 10 jours à Noël.

d. Résultats

Les gains de temps, actualisés jusqu'à la fin de la période d'étude (2024), s'élèvent à 5 344 145,41€₂₀₂₀.

Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

Table 1 : Synthèse de résultats : gains de temps grâce au déploiement de la technologie

Gains de temps moyens par usager après le déploiement de la technologie pour ceux qui stationnent sur des places monitorées (<i>en minutes</i>)	4
Nombre de personnes bénéficiaires pour chaque jour	
Professionnels	620
Etudiants	300
Individus qui se déplacent pour d'autres motifs (loisirs, shopping, sport, etc.)	2 070
Total	2 990
Total de gains de temps chaque jour (en heures)	199,33
Total de gains de temps chaque année (en heures)	55 533,33
Valeur de référence du temps de déplacement (en euros 2020) (2020-2024)	
Domicile – Travail / Domicile – Etudes	28,7 - 31,4
Autre (shopping, loisirs, santé, tourisme)	19,6 - 21,4
Valeur actualisée des gains de temps sur une période de 5 ans (€2020)	€5 344 145

4.3 Emissions de CO₂

4.3.1 Emissions de CO₂ évitées

a. Description de l'effet

Plus les automobilistes passent du temps à chercher une place de stationnement, plus le véhicule consomme du carburant et plus la quantité de CO₂ émise augmente. Ainsi, toute technologie permettant de réduire le temps de recherche de stationnement réduit indirectement les émissions de CO₂.

b. Ampleur de l'effet

La mesure dans laquelle les émissions de CO₂ diminuent, grâce au déploiement de la technologie, dépend de plusieurs facteurs :

- **Gains de temps pour les automobilistes ;**
- **Nombre de voitures qui bénéficient de la technologie ;**

- **Vitesse moyenne à laquelle les automobilistes recherchent une place de stationnement ;**
- **Emissions de CO₂ par kilomètre parcouru.**

Afin d'estimer les émissions de CO₂ des véhicules, des données sur les émissions moyennes des voitures neuves immatriculées dans l'Union Européenne entre 2014 et 2018³¹ ont été utilisées. Les données indiquent qu'un véhicule émet en moyenne 119,98 g CO₂ par km³². Les échanges avec le chargé de la circulation de la ville d'Ettelbruck ont permis d'établir une vitesse moyenne à laquelle les automobilistes recherchent une place de stationnement. Elle est estimée à 20 km/heure. Compte tenu du gain de temps moyen de 4 minutes, grâce au déploiement de la technologie, cela équivaut à 1,33 km de parcours évités lors de la recherche de stationnement. Ce qui représente 160 g de CO₂ évités par véhicule chaque jour, soit 0,35 tonnes d'émissions de CO₂ pour l'ensemble de véhicules.

Pour calculer les émissions évitées chaque année, les différences dans le nombre de jours de déplacements pour chaque catégorie d'individu sont prises en compte. Comme pour la monétarisation des gains de temps, les jours de déplacements pour les étudiants, les professionnels et les individus se déplaçant pour d'autres motifs s'élèvent à 133, 227,5 et 315, respectivement. Sur la base de ces informations, la distance évitée chaque année, associée à une réduction du temps de recherche de stationnement, s'élève à 803 133 km. Cela correspond à 96 tonnes d'émissions de CO₂ évitées chaque année.

c. Méthode de monétarisation

Afin de monétariser cet effet, on mobilise les valeurs de référence des émissions de CO₂ (ou gaz équivalents) pour l'Union Européenne, présentées par le « *Directorate-General for Climate Action* » (Commission Européenne, 2016)³³. Au début de la période d'étude, c'est-à-dire en 2020, la valeur de référence d'une tonne de carbone correspond à 41,28€₂₀₂₀³⁴. En 2024, à la fin de la période d'étude, celle-ci s'élève à 47,63€₂₀₂₀.

d. Résultats

La valeur actualisée correspondant aux émissions évitées, grâce au projet, sur toute la période de l'étude s'élève à **18 582 €₂₀₂₀**.

³¹ Période de 5 ans, la plus récente, pour laquelle des données sont disponibles.

³² European Environment Agency (2019), Average CO₂ emissions from newly registered motor vehicles
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-co2-emissions-from-motor-vehicles/assessment-1>

³³ Directorate-General for Climate Action (European Commission). (2016). *Climate change and major projects - Outline of the climate change related requirements and guidance for major projects in the 2014-2020 programming period : ensuring resilience to the adverse impacts of climate change and reducing the emission of greenhouse gases.*
https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/major_projects_en.pdf

³⁴ Ce rapport présente des valeurs de référence en €2015. Dans un souci de cohérence, ces valeurs ont été traduites en euros 2020 en utilisant la source suivante : Euro Inflation Calculator
<https://www.in2013dollars.com/europe/inflation/2015?amount=39>

4.3.2 Emissions de CO₂ supplémentaires

a. Description de l'effet

Alors que la technologie smart parking contribue à réduire les émissions de CO₂ par la réduction du temps passé à chercher une place de stationnement, les capteurs et panels utilisés dans la surveillance des places consomment de l'électricité. Cela génère des émissions de CO₂.

b. Ampleur de l'effet

Chaque capteur consomme 88 Wh d'énergie. Chaque panneau « master » consomme un maximum de 83 Wh, tandis que chaque panneau « slave » consomme un maximum de 58 Wh. Compte tenu du nombre total d'équipements : 32 capteurs, 14 panneaux « master » et 20 panneaux « slave », la consommation d'énergie annuelle totale, de chaque catégorie de matériel, s'élève à 24 668 kWh, 10 179 kWh et 10 162 kWh, respectivement.

Au Luxembourg, pour l'année 2014, la consommation d'un kWh d'électricité génère l'émission de 307,7 grammes de CO₂³⁵. Ainsi, on estime que la consommation d'électricité des capteurs génère chaque année l'émission de 7,59 tonnes de CO₂, tandis que la consommation d'électricité des panneaux génère 3,13 tonnes d'émissions.

c. Méthode de monétarisation

Cet effet est monétarisé en mobilisant la valeur tutélaire de la tonne de carbone, comme précédemment.

d. Résultats

La valeur actualisée des émissions générées est de l'ordre de 1 463 €₂₀₂₀ pour les capteurs et 604€₂₀₂₀ pour les panneaux « masters » et 602 €₂₀₂₀ pour les panneaux « slave ». Ce qui représente un total de **2 670 €₂₀₂₀**.

4.3.3 Emissions nettes de CO₂ évitées

La valeur actualisée des émissions nettes de CO₂ évitées est obtenue par la différence entre la valeur actualisée des émissions évitée et la valeur actualisée des émissions additionnelles générées. Ce montant s'élève à **15 912 €₂₀₂₀**. Le tableau ci-dessous résume les résultats principaux correspondant aux émissions de CO₂.

³⁵ European Environment Agency. (2018). CO₂ emission intensity. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-5#tab-chart_2_filters=%7B%22rowFilters%22%3A%7B%22ugeo%22%3A%5B%22Luxembourg%22%5D%7D%3B%22columnFilters%22%3A%7B%7D%7D

Table 2 : Synthèse de résultats : émissions de CO₂ évitées

Emissions de CO ₂ d'un véhicule moyen dans l'UE (g CO ₂ /km)	119,98
Vitesse moyenne lors de la recherche de stationnement (km/h)	20
Nombre de véhicules bénéficiant chaque jour de la technologie	2 200
Distance de parcours évitée par voiture chaque jour (km)	1,33
Distance de parcours évitée chaque jour (km)	2 933,33
Distance de parcours évitée par an (km)	803 133,33
Emissions de CO ₂ évitées par voiture chaque jour (g)	159,97
Emissions de CO ₂ évitées chaque jour (g)	351 941,33
Emissions de CO ₂ évitées chaque année (tonnes)	96,36
Valeur de référence de la tonne de CO ₂ (€2020) (2020-2024)	41,28 – 47,63
Valeur actualisée des émissions de CO₂ évitées sur une période de 5 ans (€2020) (A)	€18 582
Emissions de CO₂ additionnelles	
Consommation d'énergie (kWh/an)	
Capteurs	24 668
Panneau « master »	10 179
Panneau « slave »	10 161
Emissions de CO₂ (g/kWh) au Luxembourg (2014)	308
Emissions de CO₂ additionnelles (tonnes) par an	
Capteurs	7,6
Panneaux « master »	3,1
Panneaux « slave »	3,1
Valeur actualisée des émissions de CO₂ additionnelles sur une période de 5 ans	
Capteurs	€1 463
Panneaux « master »	€604
Panneaux « slave »	€603
Valeur actualisée totale des émissions de CO₂ additionnelles sur une période de 5 ans (€2020) (B)	€2 670
Valeur nette des émissions (émissions évitées – émissions additionnelles) (A – B)	
	€15 912

4.4 Coût d'utilisation des véhicules

a. Description de l'effet

Une diminution de la distance parcourue par les automobilistes, lors de la recherche de stationnement, se traduit systématiquement par une diminution de l'usure des véhicules et des dépenses associées à leur entretien. De plus, une moindre distance parcourue implique également une diminution de la consommation de carburant supportée par les automobilistes.

b. Ampleur et méthode de monétarisation

Maibach et al. (Commission Européenne, 2006) présentent des coûts d'exploitation des véhicules, par kilomètre parcouru, pour différents pays. Ces coûts sont estimés sur la base de sept composantes : les coûts d'usure, les coûts en capital (associés au prix d'achat et à l'âge du véhicule), les coûts du personnel dans le secteur du transport routier, les coûts du carburant, les coûts d'assurance, les taxes et frais, ainsi que tout autre coût additionnel. Pour le Luxembourg, le coût d'exploitation par kilomètre parcouru s'élève à 0,46€₂₀₀₅, soit encore 0,57€₂₀₂₀ par kilomètre³⁶. Comme mentionné précédemment, le déploiement de la technologie résulte en une baisse de la distance parcourue lors de la recherche de stationnement, de l'ordre de 1,33 km par véhicule, chaque jour, pour 2 200 véhicules au total. Lors de la quantification de l'effet précédent, il a été conclu que la réduction de temps de parcours de recherche de stationnement se traduit par 803 133km évités chaque année.

c. Résultats

La valeur actualisée des coûts évités d'utilisation des véhicules, du début du projet jusqu'à la fin de 2024, s'élève à **1 960 258 €₂₀₂₀**. Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

Table 3 : Synthèse des résultats : coûts évités liés à l'utilisation des véhicules

Nombre de véhicules bénéficiant chaque jour de la technologie	2 200
Distance de parcours évitée chaque année (in km)	803 133,33
Coût d'exploitation du véhicule (per km) (€ ₂₀₂₀)	0,57
Valeur actualisée des coûts évités associés à l'utilisation des véhicules (€₂₀₂₀)	€1 960 258

³⁶ <https://www.in2013dollars.com/europe/inflation/2015?amount=39>

Dans le cadre de cette étude, on fait l'hypothèse qu'entre 2005 et 2019 ces coûts varient uniquement en raison de l'inflation et non pas d'autres facteurs comme le PIB par habitant.

4.5 Pollution atmosphérique

a. Description de l'effet

Lors de la recherche de stationnement, les véhicules brûlent du carburant, ce qui se traduit par l'émission des gaz à effets de serre (GES), autres que le CO₂, nocifs pour l'environnement. On retrouve les oxydes d'azote (NO_x), le méthane et le dioxyde de soufre (SO₂). Ainsi, une moindre quantité de carburant brûlé, grâce à une diminution de la distance parcourue par les automobilistes lors de la recherche de stationnement, se traduit par une moindre quantité de gaz à effet de serre émise dans l'atmosphère.

b. Ampleur de l'effet et méthode de monétarisation

Le rapport Quinet (2013) recommande des valeurs de référence pour la pollution atmosphérique³⁷, calculées pour 100 kilomètres parcourus. Ces valeurs tiennent compte des effets de la pollution sur la santé et de la valeur de la vie humaine. A titre d'exemple, le coût de la pollution atmosphérique pour 100 kilomètres parcourus pour un véhicule privé dans une zone urbaine s'élève à 5€₂₀₂₀. Pour l'année 2024, ce même coût est de l'ordre de 5,73€₂₀₂₀.

La distance de parcours évitée, lors de la recherche de stationnement, obtenue dans les calculs précédents est utilisée pour quantifier cet effet. Pour rappel, le déploiement de la technologie résulte en une diminution de 1,33 km dans la distance parcourue par véhicule chaque jour, pour un total de 2 200 véhicules. La quantification des effets précédents indique une réduction annuelle de 803 133 km, permise par la réduction du temps passé dans la recherche de stationnement.

c. Résultats

La valeur actualisée, associée à la pollution atmosphérique évitée par le projet, sur toute la durée de l'étude s'élève à **183 856,40 €₂₀₂₀**. Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

Table 4 : Synthèse de résultats : Pollution atmosphérique évitée

Nombre de véhicules bénéficiant chaque jour de la technologie	2 200
Distance de parcours évitée chaque année (km)	803 133,33
Valeurs de référence de la pollution atmosphérique des véhicules privés en zone urbaine (€2020/100km) (2020-2024)	5,04 - 5,73
Valeur actualisée de la pollution atmosphérique évitée sur une période de 5 ans (€2020)	€183 856

³⁷ Ces valeurs correspondent aux émissions d'oxyde d'azote (NO_x), particules fines (PM2.5), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et dioxyde de soufre (SO₂)

4.6 Nuisances sonores

a. Description de l'effet

Lorsque les automobilistes passent moins de temps à chercher une place de stationnement, la congestion du trafic et les nuisances sonores qui en résultent sont réduits.

b. Ampleur de l'effet et méthode de monétarisation

Comme pour les effets précédents, la distance de parcours évitée lors de la recherche de stationnement est utilisée pour estimer l'ampleur de cet effet. Le rapport Quinet (2013) recommande des valeurs de références pour les nuisances sonores, qui résultent d'une variation du trafic, pour 1000 kilomètres de distance parcourue. Ces valeurs prennent en compte l'inconfort causé par l'exposition au bruit, les effets sur la santé, les coûts d'hospitalisation, ainsi que la valeur de la vie humaine. A titre d'exemple, le coût des nuisances sonores associé au trafic routier dans une zone urbaine, s'élève en 2020 à 5,64€₂₀₂₀ pour 1000 kilomètres de distance parcourue et à 6,42€₂₀₂₀ en 2024.

La distance de parcours évitée, chaque année, lors de la recherche de stationnement, grâce au déploiement de la technologie s'élève à 803 133 km.

c. Résultats

La valeur actualisée, associée à une baisse des nuisances sonores permise par le projet, sur toute la durée de l'étude s'élève à **20 580 €₂₀₂₀**. Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

Table 5 : Synthèse de résultats : nuisances sonores évitées

Nombre de véhicules bénéficiant chaque jour de la technologie	2 200
Distance de parcours évitée chaque année (km)	803 133,33
Valeurs de référence des nuisances sonores résultant d'une variation du trafic routier (€ ₂₀₂₀ /1000km) (2020-2024)	5,64 - 6,42
Valeur actualisée des nuisances sonores évitées sur une période de 5 ans (€₂₀₂₀)	€20 580

Chapitre 5 : Indicateurs socio-économiques et Conclusion

Le tableau ci-dessous présente les bénéfices socio-économiques estimés dans cette évaluation. En plus des coûts directs du projet (coûts d'investissement et de maintenance), cette évaluation a permis de monétariser les gains de temps, la réduction nette des émissions de CO₂, la réduction des coûts d'utilisation des véhicules, ainsi que la réduction de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores, issus du déploiement du projet « smart parking » à Ettelbruck. L'étude montre que sur une période de 5 ans, le projet est estimé générer une valeur socio-économique nette de l'ordre de 7 millions d'euros, par rapport à une situation dans laquelle le projet n'est pas réalisée. La valeur socio-économique positive créée par le projet indique que celui-ci est plus bénéfique que coûteux pour la société.

Un autre indicateur socio-économique calculé est celui du retour sur l'investissement socio-économique (ROI-SE) généré par le projet. La valeur de cet indicateur, dans le cas de cette étude s'élève à 23,01. En d'autres termes, chaque euro public investi dans le projet permettra de générer environ 23 euros de valeur collective³⁸, sur une période de 5 ans à partir de la date de mise en place du projet³⁹.

Notons ici trois points d'importance. Premièrement, les bénéfices dépendent lourdement des gains de temps consécutifs à la mise en place du dispositif. Si les gains de temps étaient de zéro, les bénéfices seraient par extension nuls et la VAN-SE⁴⁰ négative. Deuxièmement, afin de vérifier la robustesse de nos résultats à une variation des gains de temps permis par le dispositif, nous avons mené une étude de sensibilité : quelle serait la VAN-SE et le ROI-SE si les gains de temps n'étaient pas de 3 minutes, mais de 3 minutes et 36 secondes⁴¹, 3 minutes, 2 minutes ou 1 minute. Même pour un gain de temps moyen d'une minute, la VAN-SE serait positive et le ROI-SE supérieur à 1 : en d'autres termes, le projet est toujours désirable. Finalement, le gain de temps pour lequel la VAN-SE est supérieure à zéro (et, par extension, le ROI-SE supérieur à 1) a été estimé : il est de 18 secondes. En d'autres termes, tant que la mise en œuvre du dispositif permet un gain de temps supérieur à 18 secondes, alors sa mise en place est créatrice de valeur collective, net des coûts.

A ce stade, il convient de garder à l'esprit que cette évaluation suppose que le *statu quo* est maintenu jusqu'à la fin de la période d'étude. Cela implique que tout changement au niveau micro (dimensionnement du projet, nombre de personnes bénéficiaires, composition des usagers) et au niveau macro (chocs économiques, évolutions démographiques, report drastique vers l'utilisation des véhicules électriques), ayant une influence sur les résultats socio-économiques ne sont pas pris en compte. Parallèlement, cette évaluation n'a pas conduit à monétariser les effets qualitatifs du déploiement de la technologie, comme la hausse de l'attractivité de la ville. De tels impacts seraient

³⁸ L'indicateur ROI-SE correspond au rapport entre la somme des bénéfices socio-économiques (7 524 752 €₂₀₂₀) et le coût d'investissement actualisé de l'option de projet (327 023 €₂₀₂₀). Ce dernier inclut le COFP et le PFRFP.

³⁹ Comme mentionné précédemment, alors que le rapport Quinet de 2013 recommande utiliser un coefficient de 0,05 pour le PFRFP, le rapport Quinet de 2019 recommande une valeur de 0,07. Cette dernière provient du guide méthodologique pour l'application de l'évaluation socio-économique aux projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche. Etant donné le manque de précision sur la valeur qui devrait être utilisée, et puisque le coefficient de 0,05 a été utilisé en France depuis longtemps et pour de nombreux projets, nous retenons le taux de 0,05 dans le cadre de cette évaluation. Notons que si le coefficient de 0,07 avait été utilisé, l'impact sur le résultat socioéconomique aurait été très faible et peu significatif. La VAN -SE aurait diminué de 8 917€ et le ROI-SE de 0,36.

⁴⁰ La VAN est négative à hauteur de 559 972 € HT 2020

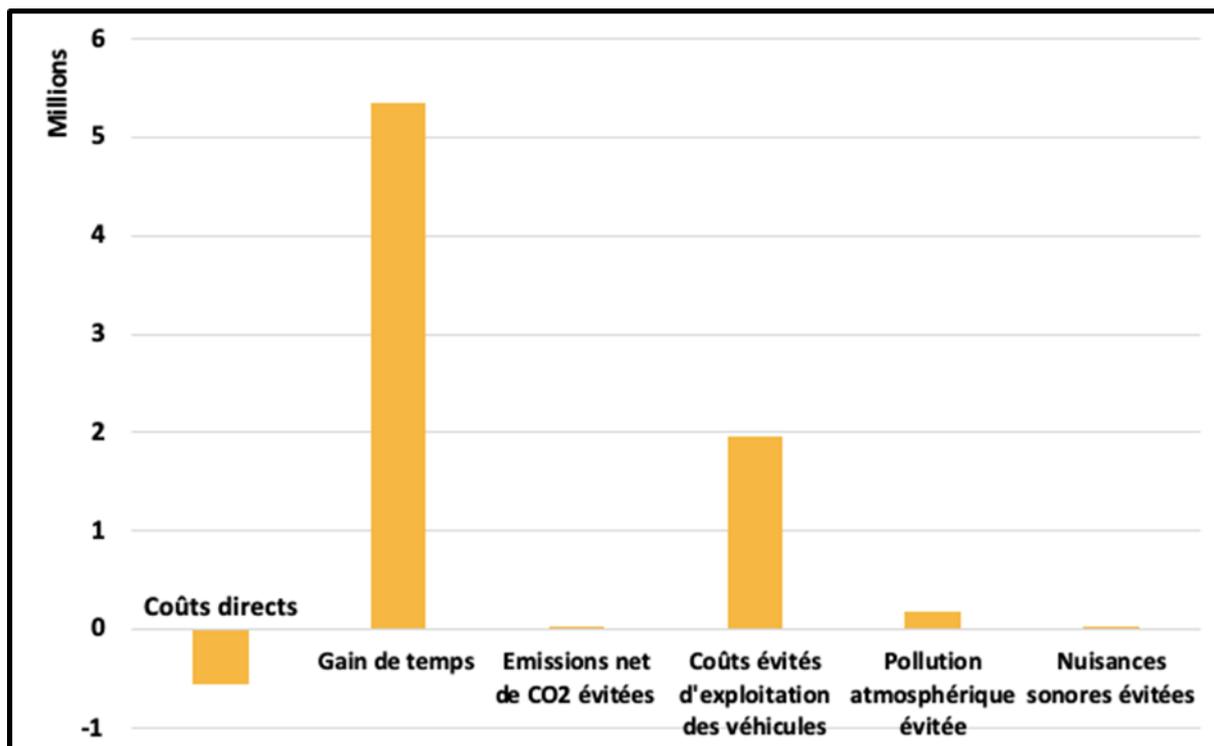
⁴¹ 3 minutes et 36 secondes correspondent au temps de 4 minutes moins 10%.

susceptibles d'accroître la valeur socio-économique créée par le projet, bien au-delà de la valeur obtenue dans cette évaluation.

Effet	Valeur actualisée (€ ₂₀₂₀ HT)
Coûts directs	
Coûts d'investissement	327 023
Coûts de maintenance	230 278
Total coûts (1)	557 301
Bénéfices	
Gains de temps	5 344 145
Emissions net de CO ₂ évitées (Émissions évitées – émissions additionnelles)	15 912
Coûts évités d'utilisation des véhicules	1 960 259
Pollution atmosphérique évitée	183 856
Nuisances sonores évitées	20 580
Total bénéfices (2)	7 524 752
Valeur socio-économique nette actualisée ((3) = (2) - (1))	6 967 451
Retour sur l'investissement socio-économique	23,01

Table 6 : Synthèse des résultats socio-économiques du projet (en €2020 HT)

Figure 3 : Coûts et bénéfices socio-économiques actualisés du projet





Annexes – Détail des coûts du projet

Coûts d'investissement en option de projet

Le montant total d'investissement (non actualisé) du projet est de l'ordre de 274 699 €₂₀₂₀ HT. Ce coût se décompose de la façon suivante :

a. Le coût des capteurs UPCITI et matériel associé

Chaque capteur coûte 900 €₂₀₁₉ HT et comprend un kit de batterie, d'un prix de 735 €₂₀₁₉ HT, ainsi qu'un kit de matériel de stationnement supplémentaire d'un prix de 60€₂₀₁₉ HT. Pour un total de 32 capteurs déployés, le coût total s'élève à 55 051€₂₀₂₀ HT⁴².

b. Le coût des panneaux qui transmettent l'information en temps réel

La technologie utilise deux types de panneaux : les panneaux « master » et les panneaux « slave ». Chaque panneau master utilise au moins un panneau slave. Alors que chaque panneau master coûte 4 206 €₂₀₁₉ HT, chaque panneau « slave » coûte 3 765 €₂₀₁₉ HT. A l'heure actuelle, 14 panneaux « master » et 20 panneaux « slave » sont utilisés. Cela représente un coût total de 136 191 €₂₀₂₀ HT pour l'ensemble de panneaux installés.

c. Le coût des mâts

Les capteurs sont installés sur 14 mâts. Chaque mât coûte 1 450 €₂₀₁₉ HT. Cela représente ainsi un total de 20 603 €₂₀₂₀ HT.

d. Coûts additionnels

- Pour installer les capteurs, des nacelles doivent être louées. Le prix de location par jour s'élève à 1 200 €₂₀₁₉ HT. Puisque les nacelles sont louées pour un total de 16 jours⁴³ pour l'installation de 32 capteurs, le montant total de la location des plateformes s'élève à 19 487€₂₀₁₉ HT.
- La configuration de chaque place de stationnement, pour qu'elle puisse être monitorée coûte 9,5€₂₀₁₉ HT. Pour un total de 954 places de stationnement monitorée, le coût annuel de configuration s'élève à 9 198₂₀₂₀ HT.
- Les coûts additionnels comprennent également la rémunération de la personne chargée de superviser le projet durant la phase d'installation et de configuration. Cela représente un total de 16 239 €₂₀₂₀ HT⁴⁴.
- La rémunération horaire versée au technicien pour l'installation des capteurs est de 50,5€₂₀₁₉ HT. En prenant l'hypothèse que les techniciens ont travaillé pendant 128 heures⁴⁵ pour l'installation de 32 capteurs, la rémunération totale s'élève à 6 560 €₂₀₂₀ HT.
- Pour l'installation de chaque mât, des travaux d'aménagement doivent être réalisés. Cela représente environ 800 €₂₀₁₉ HT pour chaque installation. Le coût total pour 14 installations (14 panneaux « master », 20 panneaux « slave » et 14 mâts) s'élève à 11 368 €₂₀₂₀ HT.
 - o Au global les coûts additionnels d'investissement s'élèvent à 62 853 €₂₀₂₀ HT.

⁴² Les coûts ont été traduits en €₂₀₂₀ en utilisant la source : Euro Inflation Calculator

<https://www.in2013dollars.com/europe/inflation/2015?amount=39>. Le taux d'inflation utilisé est d'environ 1,5%

⁴³ Il faut compter environ 2 jours pour installer 4 capteurs.

⁴⁴ Le montant payé en surveillance durant l'installation de 4 capteurs est de 2 000€₂₀₁₉ HT

⁴⁵ L'installation de 4 capteurs nécessite environ 16 heures de travail.

Coûts de maintenance en option de projet

Le coût annuel de maintenance (non-actualisé) du projet est de 43 485 €₂₀₂₀ HT. Il inclut :

- Frais annuels des licences d'exploitation des capteurs = 2 189 €₂₀₂₀ HT.
- Frais annuels des licences de stationnement RMS = 15 492 €₂₀₂₀ HT.
- Dépenses annuelles pour le nettoyage des capteurs = 4 883 €₂₀₂₀ HT⁴⁶.
- Dépenses annuelles pour le remplacement des capteurs défectueux = 7 603 €₂₀₂₀ HT⁴⁷.
- Dépenses annuelles de transmission des données entre les capteurs et les panneaux d'information : 7 698 €₂₀₂₀ HT.
- Dépenses annuelles de consommation d'électricité pour les 32 capteurs installés = 3 079 €₂₀₂₀ HT⁴⁸.
- Dépenses annuelles de consommation d'électricité pour les panneaux = 2 539 €₂₀₂₀ HT⁴⁹.
- Le coût total actualisé lié aux travaux de maintenance, sur l'ensemble de la période d'étude (novembre 2019 – décembre 2024) s'élève à **182 820 €₂₀₂₀ HT.**

Coût total non-actualisé du projet

Le coût total du projet, sur l'ensemble de la période d'étude, comprenant le coût d'investissement et les coûts de maintenance, s'élève à 222 591 €₂₀₂₀ HT.

Le tableau ci-dessous présente la décomposition de ces coûts.

⁴⁶ Après discussion avec RMS, il a été estimé que les capteurs doivent être nettoyés environ deux fois par an et cette opération nécessite 1,5 jours chaque fois.

⁴⁷ Après discussion avec RMS, il a été estimé qu'environ 3 capteurs doivent être remplacés chaque année, et cette opération se réaliserait sur une demi-journée.

⁴⁸ Chaque capteur consomme 88 Wh. Le coût de l'électricité s'élève à 0,123 €₂₀₂₀ par kWh (Source: https://www.globalpetrolprices.com/Luxembourg/electricity_prices/).

⁴⁹ D'après le RMS, un panneau « master » consomme environ 83 Wh et les panneaux « slave » consomment 58 Wh

Table A. 1 Coûts d'investissement et maintenance du projet *non actualisés*
(en €₂₀₂₀ HT; excluant le COFP et PFRFP)

Coûts d'investissement	
32 capteurs UPCITI, kits de batterie, et matériel de stationnement	55 051
Panneaux (master et slave)	136 191
Mâts	20 603
Coûts additionnels	
Location de nacelles	19 487
Configuration des places de stationnement	9 198
Rémunération surveillant – installation technologie	16 239
Rémunération technicien – installation capteurs	6 560
Travaux d'aménagement	11 368
Total coûts d'investissement	274 699
Coûts annuels de maintenance	
Frais annuels licences exploitation capteurs	2 189
Frais annuels licences stationnement RMS	15 492
Nettoyage des capteurs	4 883
Remplacement des capteurs (3 par an)	7 603
Transmission des données entre les capteurs et les panneaux	7 698
Dépenses de consommation d'électricité des capteurs	3 079
Dépenses de consommation d'électricité des panneaux	2 539
Total coûts de maintenance annuels	43 485
Total coûts de maintenance sur l'ensemble de la période d'étude	222 591

1 Coût d'opportunité des fonds publics

2 Prix fictif de la rareté des fonds publics

Coût total actualisé du projet

Comme mentionné dans la section 4.1, le montant actualisé d'investissement du projet (incluant le COFP et le PFRFP) est de l'ordre de **327 023 €₂₀₂₀**, et les coûts de maintenance actualisés sur l'ensemble de la période d'étude (incluant le COFP et le PFRFP) s'élève à **230 278 €₂₀₂₀**. Le tableau ci-dessous présente la décomposition de ces coûts.

Table A. 2 Coûts d'investissement et maintenance du projet actualisés
(en €₂₀₂₀ HT; *incluant le COFP et PFRFP*)

Coûts d'investissement	
32 capteurs UPCITI, kits de batterie, et matériel de stationnement	65 537
Panneaux (master et slave)	162 132
Mâts	24 528
Coûts additionnels	
Location de nacelles	23 199
Configuration des places de stationnement	10 951
Rémunération surveillant – installation technologie	19 333
Rémunération technicien – installation capteurs	7 810
Fondation routière	13 533
Total coûts d'investissement	327 023
Coûts annuels de maintenance	
Frais annuels licences exploitation capteurs	2 606
Frais annuels licences stationnement RMS	18 443
Nettoyage des capteurs	5 814
Remplacement des capteurs (3 par an)	9 051
Transmission de données entre les capteurs et les panneaux	9 164
Dépenses de consommation d'électricité des capteurs	3 666
Dépenses de consommation d'électricité des panneaux	3 023
Total coûts de maintenance annuels	51 768
Total coûts de maintenance sur l'ensemble de la période d'étude	230 278

Table A.3 Results of the sensitivity analysis

Gains de temps	VAN-SE	ROI-SE
Temps gagné par véhicule (4 minutes)	€ 6 967 451	23
Reduction de 10% de temps gagné (3 min et 36 secondes)	€ 6 214 709	21
Reduction de 25% de temps gagné (3 minutes)	€ 5 085 595	17
Réduction de 50% de temps gagné (2 minutes)	€ 3 203 740	12
Réduction de 75% de temps gagné (1 minute)	€ 1 321 884	6

Références

Be Park Smart Parking Solutions. *The ultimate guide to smart mobility*.

https://cdn2.hubspot.net/hubfs/5200787/Content%20in%20PDF/miniguide%20smart%20mobility/EN%20New%20design%20Mini%20Guide%20_%20The%20ultimate%20guide%20to%20smart%20mobility.pdf?utm_campaign=Miniguide%20Smart%20Mobility&utm_source=hs_automation&utm_medium=

Directorate-General for Climate Action (European Commission). (2016). *Climate change and major projects - Outline of the climate change related requirements and guidance for major projects in the 2014-2020 programming period : ensuring resilience to the adverse impacts of climate change and reducing the emission of greenhouse gases*.

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/major_projects_en.pdf

Directorate-General for Regional and Urban policy (European Commission). (2015). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects (2015)*.

https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf

Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The Smart City Concept in the 21st Century. *Procedia Engineering*, 181, 12-19. doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.357

European Environment Agency. (2019). Average CO2 emissions from newly registered motor vehicles. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-co2-emissions-from-motor-vehicles/assessment-1>

Euro Inflation Calculator. <https://www.in2013dollars.com/europe/inflation/2015?amount=39>

European Parliament. (2014). *Mapping Smart Cities in the EU*.

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)

France Stratégie et Direction Générale du Trésor. (2017). *Guide to the socioeconomic evaluation of public investments in France*.

https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-guide-to-socioeconomic-evaluation-of-public-investments-in-france_final-web.pdf

France Stratégie. *The value for climate action*. (2019).

<https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-the-value-for-climate-action-final-web.pdf>

Fries, R., Chowdhury, M., Dunning, A., & Gahrooei, M. (2010). Evaluation of real-time parking information. *Transportation Research Record*, 2189, 1–7. doi:10.3141/2189-01

Global smart city spending 2015-2020 | Statista. (2018).

<https://www.statista.com/statistics/757638/spending-on-smart-cities-worldwide/>

International Parking Institute. (2012). *2012 Emerging Trends in Parking*.

<https://www.parking.org/wp-content/uploads/2015/12/Emerging-Trends-2012.pdf>

International Monetary Fund. IMF DataMapper.

<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/FRA?>

International Monetary Fund. IMF DataMapper.

<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/LUX?>

Le gouvernement du grand-Duché de Luxembourg. Jours fériés. <https://fonction-publique.public.lu/fr/carriere/organisation-temps-travail/conges-absences/jours-feries.html>

Maibach, M.; Peter, M.; Sutter, D. (2006): Analysis of operating cost in the EU and the US. Annex 1 to Final Report of COMPETE Analysis of the contribution of transport policies to the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States. Funded by European Commission – DG TREN. Karlsruhe, Germany.

https://ec.europa.eu/ten/transport/studies/doc/compete/compete_annex_01_en.pdf

McCahill, C. T., Garrick, N., Atkinson-Palombo, C., & Polinski, A. (2016). Effects of Parking Provision on Automobile Use in Cities: Inferring Causality. *Transportation Research Record*, 2543(1), 159–165. <https://doi.org/10.3141/2543-19>

Mora, L., & Deakin, M. (2019). The social shaping of smart cities. *Untangling Smart Cities*, 215-234. doi: 10.1016/b978-0-12-815477-9.00007-4

Quinet, E. (2013). L'évaluation socio-économique des investissements publics. Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective.

https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/CGSP_Evaluation_socioeconomique_17092013.pdf

Raconteur. Smart Cities. (2017). <https://www.raconteur.net/smart-cities-2017>

Smart City Infographic | The Dramatic Stats Behind the Rise of Global Networked Cities.

<https://www.postscapes.com/anatomy-of-a-smart-city/>

United Nations Environment Programme. (2011). Visions for change: recommendations for effective policies on sustainable lifestyles. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8009>

Ville d'Ettelbruck. Enseignement et formation. <https://ettelbruck.lu/enseignement-formation/>

Ville d'Ettelbruck. Système de guidage parking. <http://ettelbruck.lu/systeme-de-guidage-parking/>