

SAVi Sustainable
Asset
Valuation

Évaluation des actifs durables (SAVi) pour la voie de contournement de Rabat au Maroc:

Gros plan sur les infrastructures routières

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS



INTERNATIONAL ROAD FEDERATION
FEDERATION ROUTIERE INTERNATIONALE

الطرق السيارة بالمغرب
Autoroutes du Maroc



Andrea M. Bassi
Liesbeth Casier
Oshani Perera
Georg Pallaske
David Uzsoki

mars 2019



© 2019 The International Institute for Sustainable Development
Publié par l'International Institute for Sustainable Development

International Institute for Sustainable Development

L'Institut international du développement durable (IISD) est un groupe de réflexion indépendant qui étudie des solutions durables aux problèmes du XXI^e siècle. Notre mission est de promouvoir le développement humain et la durabilité environnementale. Pour cela, nous effectuons un travail de recherche, d'analyse et d'obtention de connaissances qui soutient l'élaboration de politiques saines. Notre vision globale nous permet d'aborder les causes profondes de certains des grands problèmes auxquels notre planète est confrontée aujourd'hui : la destruction de l'environnement, l'exclusion sociale, les lois et les règles économiques injustes, le changement climatique. L'équipe de l'IISD, qui représente plus de 120 personnes, plus de 50 associés et une centaine de consultants, vient du monde entier et de secteurs très différents. Notre travail a un impact sur la vie des habitants de près de 100 pays. Avec une démarche autant scientifique que stratégique, l'IISD apporte le savoir nécessaire à l'action.

L'IISD est enregistré en tant qu'organisme de bienfaisance au Canada et a le statut 501 (c) (3) aux États-Unis. L'IISD bénéficie de subventions de fonctionnement de la province du Manitoba. L'Institut reçoit également des financements de plusieurs gouvernements en dehors du Canada, et de plusieurs agences des Nations Unies, des fondations, des acteurs du secteur privé et des particuliers.



MAVA Foundation

Créée en 1994 par feu Dr Luc Hoffmann, la MAVA est une fondation philanthropique familiale basée en Suisse, avec un bureau régional à Dakar, Sénégal. La mission de la MAVA est la conservation de la biodiversité au bénéfice de l'être humain et de la nature en finançant, en mobilisant et en renforçant nos partenaires et la communauté de la conservation. La fondation MAVA souhaite offrir un futur où la biodiversité s'épanouit, surtout dans la région méditerranéenne, la zone côtière d'Afrique de l'Ouest et la Suisse ; où l'économie mondiale soutient la prospérité humaine et une planète en bonne santé ; et où la communauté de la conservation se développe.

Siège de l'IISD

111 Lombard Avenue, Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

Tel: +1 (204) 958-7700

Website: www.iisd.org

Twitter: [@IISD_news](https://twitter.com/IISD_news)

Website:

mava-foundation.org

Évaluation des actifs durables (SAVi) pour la voie de contournement de Rabat au Maroc: Gros plan sur les infrastructures routières

mars 2019



À propos de la méthodologie SAVi

La méthodologie SAVi est un service de simulation qui permet aux gouvernements et aux investisseurs d'évaluer les risques et les facteurs externes affectant la performance de projets d'infrastructures.

La SAVi présente les caractéristiques distinctives suivantes :

- **Évaluation** : la méthodologie SAVi permet d'évaluer, en termes financiers, les risques significatifs aux niveaux environnemental, social et économique et les facteurs externes de projets d'infrastructures. Ces variables ne sont pas prises en compte dans les analyses financières conventionnelles.
- **Simulation** : la méthodologie SAVi combine les résultats de la simulation de la pensée systémique et de la dynamique des systèmes avec une modélisation des finances d'un projet. Nous collaborons avec les propriétaires d'actifs afin d'identifier les risques qui sont significatifs pour leurs projets d'infrastructures, puis nous élaborons des cas de figure pertinents à des fins de simulation.
- **Personnalisation** : la méthodologie SAVi est adaptée aux spécificités d'un projet d'infrastructures.

<https://www.iisd.org/project/SAVi-sustainable-asset-valuation-tool>



Résumé Exécutif

La Fédération internationale des routes et Autoroute du Maroc (ADM) ont demandé à l'IIISD d'appliquer l'outil SAVi au projet routier de contournement de Rabat, qui a été officiellement inauguré en août 2017. Il s'étend sur 4,1 km et comprend le pont Mohammed VI, un ouvrage majeur. La route à péage a été construite pour améliorer la mobilité autour de la ville et pour détourner le trafic qui ne se dirige pas vers Rabat.

ADM gère également le centre de visiteurs situé à proximité du pont Mohammed VI. Cet espace comprend un musée et une aire de pique-nique qui ont été créés pour mettre en valeur la conception et l'ingénierie de la voie de contournement et du pont – le premier de ce type au Maroc.

L'évaluation SAVi repose sur six cas de figure et sur quatre facteurs externes.

Les cas de figure sont décrits dans le tableau ci-dessous. Chaque cas de figure présente un risque d'exploitation pour ADM. C'est également la première fois qu'ADM disposera d'informations utiles sur les coûts de ces risques.

Cette évaluation tient compte des facteurs externes suivants :

- Dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre
- Coût social du carbone
- Valeur du temps économisé
- Coûts des accidents

C'est la première fois qu'ADM procède à l'identification et à l'évaluation de facteurs externes.

Tableau ES1. Cas de figure et hypothèses

Cas de figure	Référence d'ADM	Hypothèse
Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu	BAU	<ul style="list-style-type: none"> • Les dépenses d'investissement et opérationnelles correspondent à celles qu'ADM a budgétisées pour la durée de vie de la route
Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	RE2	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de 5 % des dépenses d'entretien en raison de coupes budgétaires
Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	RD1 RE1	<ul style="list-style-type: none"> • Chaque année de 2018 à 2060, 200 mètres de route sont fermés à des fins de reconstruction
Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	M03	<ul style="list-style-type: none"> • Hausse de 200 % du trafic à court terme
Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	PL30pc	<ul style="list-style-type: none"> • Hausse de 30 % du trafic de véhicules lourds entre 2018 et 2030
Cas de figure 6 : Dommages routiers dus aux changements climatiques	CC	<ul style="list-style-type: none"> • Dommages routiers sur 2 km découlant directement des changements climatiques, tous les 10 ans



L'analyse intégrée des coûts et bénéfices de la SAVi est calculée selon la formule suivante : revenus projetés - coûts + facteurs externes. Le résultat de ce calcul permet à ADM d'apprécier les coûts des six cas de figure en matière de risques. Dans ce cas, les coûts des risques ne sont pas particulièrement élevés, et le risque du cas de figure 3 (augmentation des travaux routiers) est le plus élevé. Lorsque nous intégrons le coût des facteurs externes, l'analyse des coûts et des bénéfices enregistre des valeurs négatives, et le coût des facteurs externes comprend jusqu'à 13 à 19 pour cent de frais afférents à l'investissement, aux opérations et à la gestion.

Selon l'analyse des finances du projet menées à l'aide de la méthodologie SAVi, le projet n'est pas financièrement viable lorsque l'on ne tient compte que de ses revenus propres, et ce quel que soit le cas de figure à risque parmi ceux qui ont été modélisés. Cela se vérifie pour tous les différents indicateurs financiers mesurés. Dans tous les cas de figure, le projet présente une valeur actuelle nette (VAN) négative, un taux de rendement interne insuffisant et des ratios de crédit inférieurs au niveau généralement exigé par les prêteurs.

En outre, l'analyse financière illustre de manière claire le niveau financier élevé des facteurs externes. Tous les principaux indicateurs financiers mesurés s'améliorent lorsque les facteurs externes sont pris en compte dans le cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu – facteurs externes inclus) par rapport au cas de figure 0 (tel qu'initialement prévu – sans facteurs externes).

En particulier, les accidents et la valeur du temps économisé peuvent avoir un impact considérable sur la performance financière du projet. C'est ce qu'illustre le cas de figure 2 (dépenses d'entretien réduites), où la réduction des dépenses lors des opérations entraîne une hausse du nombre d'accidents. Les coûts économiques et sociaux du nombre accru d'accidents dépassent largement les économies de coûts réalisées grâce à une réduction des activités d'entretien. Enfin, dans le cas de figure 6 (dommages routiers dus aux changements climatiques), le cumul des effets négatifs des changements climatiques débouche clairement sur une aggravation de tous les indicateurs financiers.

L'évaluation des coûts des risques identifiés par ADM fournit d'importantes informations pour la gestion future des risques et des coûts opérationnels des investissements dans les routes.



Table of Contents

Partie I: Introduction	1
Partie II : Cas de figure et facteurs externes	2
Cas de figure.....	2
Évaluation des facteurs externes.....	2
Partie III: Résultats	4
Analyse intégrée des coûts et des bénéfices	4
Analyse financière	9
Partie IV : Comment la méthodologie SAVi a été élaborée pour la voie de contournement de Rabat	12
Aperçu du modèle d'analyse des systèmes.....	12
Aperçu du modèle de financement de projet.....	16
Partie VI : Conclusion	18
Références	19

Liste des figures

Figure 1. Carte présentant la voie de contournement	1
Figure 2. Perturbations de la route et cumul des coûts d'investissement	7
Figure 3. Dépréciation du revêtement routier et cumul des coûts d'exploitation et d'entretien.....	8
Figure 4. Nombre total de véhicules sur la route et tendances du trafic.....	9
Figure 5. Revenus annuels	9
Figure 6. Schéma de boucle de rétroaction de l'évaluation des routes au Maroc.....	15

Liste des tableaux

Tableau 1. Cas de figure	2
Tableau 2. Évaluation des accidents.....	3
Tableau 3. ACB intégrée pour la voie de contournement de Rabat.....	4
Tableau 4. Évaluation financière.....	10
Tableau 5. Relations de cause à effet et polarité.....	12

Liste des encadré

Encadré 1. Interprétation d'un schéma de boucle de rétroaction.....	12
---	----



Glossaire

Taux de couverture de la dette (DSCR) : Une mesure de la trésorerie disponible pour payer les obligations de dettes courantes. Le taux indique les revenus nets d'exploitation sous la forme d'un multiple des obligations de dettes dues au cours d'une année, y compris les intérêts et le montant principal.

Planification du développement : Un ensemble de processus publics et privés de planification et de prise de décision (par exemple, un plan national d'aménagement des terres et le processus budgétaire annuel, y compris des projets d'infrastructures ainsi que des exercices de formulation de politiques sectorielles) qui impliquent généralement des compromis entre les demandes concurrentes de ressources rares et ont des incidences sur l'environnement.

Économétrie : Une méthodologie qui mesure la relation entre plusieurs variables, en menant une analyse statistique de données historiques et en déterminant la corrélation entre des variables spécifiques.

Boucle de rétroaction : Selon la définition de Roberts et al. (1983), il s'agit d'un « processus par lequel une cause initiale se répercute dans une chaîne de cause à effet, pour finalement se réaffecter elle-même » (traduction de l'anglais).

Système d'information géographique (SIG) : Un système destiné à acquérir, stocker, manipuler, analyser, gérer et présenter tous types de données géographiques. En d'autres termes, un SIG mêle la cartographie, l'analyse statistique et les technologies informatiques.

Économie verte : Une économie qui entraîne une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale tout en réduisant de manière significative les risques environnementaux et la pénurie des ressources (Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2011).

Indicateur : Un instrument qui fournit une indication, généralement utilisé pour décrire et/ou donner un ordre de grandeur à une condition donnée.

Taux de rendement interne (TRI) : Un indicateur des perspectives de rentabilité d'un investissement potentiel. Le TRI est le taux d'actualisation qui ramène à zéro la valeur actuelle nette (VAN) de tous les flux de trésorerie d'un projet donné. Les flux de trésorerie, déduction faite des frais de financement, nous donnent le TRI des fonds propres.

Taux de couverture sur la durée d'emprunt (LLCR) : Un taux financier que l'on utilise pour estimer la capacité de l'entreprise emprunteuse à rembourser un prêt en cours. On le calcule en divisant la VAN de la trésorerie disponible pour le remboursement de la dette par le montant des créances prioritaires en cours.

Méthodologie : L'ensemble de connaissances sur lequel repose la création de différents types de modèles de simulation. Elle comprend des fondements théoriques pour l'approche et englobe souvent des analyses et instruments qualitatifs et quantitatifs.

Transparence du modèle : Un modèle transparent est un modèle pour lequel des équations sont disponibles et facilement accessibles, ce qui permet de relier directement la structure au comportement (c'est-à-dire, les résultats numériques).

Validation du modèle : Le processus consistant à décider si la structure (c'est-à-dire, les équations) et le comportement (c'est-à-dire, les résultats numériques) sont acceptables ou non pour décrire les mécanismes de fonctionnement sous-jacents du système et des données.

Valeur actuelle nette (VAN) : La différence entre la valeur actuelle des entrées de trésorerie, déduction faite des coûts de financement, et la valeur actualisée des sorties de trésorerie. On l'utilise pour analyser la rentabilité d'un investissement ou d'un projet potentiel.



Optimisation : Simulation dont l'objectif est d'identifier la meilleure solution (par rapport à certains critères) parmi un ensemble d'alternatives disponibles.

Cycle politique : Le processus d'élaboration de politiques, comprenant généralement l'identification de problèmes, la formulation de politiques, l'évaluation de politiques, des prises de décisions, la mise en œuvre de politiques et le suivi-évaluation de politiques.

Cas de figure : Attentes relatives à d'éventuels événements futurs, utilisées pour analyser les réponses potentielles à ces éventualités nouvelles et futures. L'analyse de cas de figure est donc un exercice spéculatif visant à identifier, expliquer et analyser plusieurs alternatives d'éventualités futures afin de discuter de leurs origines potentielles et des conséquences qu'elles pourraient avoir sur notre système (par exemple, un pays ou une entreprise).

Modèle de simulation : Un modèle est une simplification de la réalité, une représentation du fonctionnement du système et une analyse de la structure et des données (du système). Un modèle quantitatif repose sur une ou plusieurs méthodologies spécifiques, avec leurs points forts et leurs faiblesses respectifs.

Agrégation/désagrégation spatiale : Les modèles de simulation agrégée fournissent une seule valeur correspondant à une variable simulée spécifique (par exemple, population et terres agricoles). En revanche, les modèles spatiaux génèrent des résultats au niveau humain et les intègrent dans une carte présentant, par exemple, la répartition géographique de la population et des terres agricoles à l'intérieur d'un pays.

Variables de stock et de flux : Une variable de stock représente une accumulation et se mesure à un moment spécifique. Une variable de flux est le taux de changement du stock et se mesure sur un intervalle de temps donné.

Dynamique des systèmes (DS) : Une méthodologie conçue pour créer des modèles descriptifs qui se focalisent sur l'identification de relations de cause à effet ayant une incidence sur la création et l'évolution des problèmes examinés. Ses principaux piliers sont les boucles de rétroaction, les retards et la non-linéarité, dans le cadre d'une représentation explicite des stocks et des flux.

Désagrégation verticale/horizontale de modèles : Les modèles désagrégés verticalement représentent un haut niveau de détail sectoriel; en revanche, les modèles horizontaux comprennent plusieurs secteurs et les liens qui existent entre eux (à un moindre degré de détail pour chacun des secteurs représentés).



Liste des abréviations

BAU	Tel qu'initialement prévu
CAPEX	Dépenses d'investissement
ACB	Analyse coût/bénéfice
CLD	Boucle de rétroaction
DSCR	Taux de couverture de la dette
TRI	Taux de rendement interne des fonds propres
VAN	Valeur actuelle nette des fonds propres
ETP	Équivalent temps plein
PIB	Produit intérieur brut
LLCR	Taux de couverture sur la durée d'emprunt
SAVi	Outil d'évaluation des actifs durables
DS	Dynamique des systèmes



Partie I: Introduction

Autoroute du Maroc (ADM) est l'agence chargée de la construction, de l'exploitation, de l'entretien et de la gestion des projets routiers au Maroc. ADM a demandé à l'IISD d'appliquer la méthodologie SAVi au projet routier de contournement de Rabat, qui a été officiellement inauguré en août 2017. Il s'étend sur 4,1 km et comprend le pont Mohammed VI, un ouvrage majeur et un projet d'importance nationale. ADM gère également les sites touristiques situés à proximité du pont Mohammed VI. Ils comprennent un musée et une aire de pique-nique qui ont été construits pour illustrer l'importance de cet ouvrage de génie civil dans la région.

La route à péage a été construite pour améliorer la mobilité autour de Rabat et pour détourner le trafic qui ne se dirige pas vers la ville.

La phase de construction du projet est financée par un prêt de 212,4 millions d'euros de la Banque européenne d'investissement, 44,3 millions d'euros de financements en capitaux propres d'ADM et 54,6 millions d'euros de l'État du Maroc.

La SAVi a été utilisée pour simuler six cas de figure différents. Quatre facteurs externes ont été identifiés et évalués dans le cadre de l'analyse intégrée des coûts et des bénéfices : les dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre, le coût social du carbone, la valeur du temps économisé et les coûts des accidents. Les cas de figure et les facteurs externes sont expliqués dans la Partie II.

Pour chaque cas de figure, la SAVi a calculé les bénéfices nets, le taux de rendement interne, la valeur actuelle nette et deux taux de couverture de dette. Les résultats sont présentés dans la Partie III.

La Partie IV explique comment l'application de la SAVi pour la voie de contournement de Rabat a été élaborée et présente des détails complémentaires sur la dynamique des systèmes et le modèle de financement du projet.



Figure 1. Carte présentant la voie de contournement



Partie II : Cas de figure et facteurs externes

Cas de figure

Nous avons simulé six cas de figure pour illustrer les changements intervenant dans les dépenses afférentes à l'investissement et aux opérations qu'ADM a budgétisées pour la durée de vie de la route. Il est présumé que la route sera en service pendant 50 ans. Tous les cas de figure reposent sur des études approfondies du contexte local, sur des consultations sur place avec les parties prenantes locales et sur des discussions avec ADM.

Tableau 1. Cas de figure

Cas de figure	Référence d'ADM	Hypothèse
Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu	BAU	<ul style="list-style-type: none"> Les dépenses d'investissement et opérationnels correspondent à celles qu'ADM a budgétisées pour la durée de vie de la route
Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	RE2	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de 5 % des dépenses d'entretien en raison de coupes budgétaires
Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	RD1 RE1	<ul style="list-style-type: none"> Chaque année de 2018 à 2060, 200 mètres de route sont fermés à des fins de reconstruction
Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	M03	<ul style="list-style-type: none"> Hausse de 200 % du trafic à court terme
Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	PL30pc	<ul style="list-style-type: none"> Hausse de 30 % du trafic de véhicules lourds entre 2018 et 2030
Cas de figure 6 : Dommages routiers dus aux changements climatiques	CC	<ul style="list-style-type: none"> Dommages routiers sur 2 km découlant directement des changements climatiques tous les 10 ans

Évaluation des facteurs externes

ADM et l'IISD ont déterminé que les facteurs externes suivants étaient significatifs dans le cadre du projet routier :

- Dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre
- Coût social du carbone
- Coûts des accidents
- Valeur du temps économisé

DÉPENSES DISCRÉTIONNAIRES DÉCOULANT DES SALAIRES DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Les dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre sont les revenus dépensés en consommation supplémentaire. L'évaluation présume qu'environ 30 pour cent des salaires de la main-d'œuvre provenant du projet sont dépensés en consommation et créent de la valeur dans l'économie nationale.



COÛT SOCIAL DU CARBONE

Le coût social du carbone représente le coût économique d'une tonne supplémentaire de dioxyde de carbone ou son équivalent. On peut le considérer comme la valeur actualisée de la santé économique par l'ajout d'une unité d'émissions de CO₂ (Nordhaus, 2017). On estime le coût social du carbone à 31 dollars US par tonne d'émissions de CO₂ générées.

COÛTS DES ACCIDENTS

Le calcul des coûts des accidents dépend du nombre d'accidents et de leur évaluation économique. L'évaluation prend en compte trois types d'accidents différents : légers, moyens et fatals. Les accidents légers sont des accidents n'impliquant que des dégâts matériels et aucune blessure corporelle. Des accidents moyens impliquent des dégâts matériels et des dommages corporels, et leur valeur est supérieure à celle des accidents légers. Les accidents fatals impliquent la perte d'une ou de plusieurs vie(s) humaine(s) et leur valeur est la plus élevée parmi les trois types d'accidents. Le Tableau 2 fournit des informations sur la valeur économique par type d'accident.

Tableau 2. Évaluation des accidents

Type d'accident	Évaluation économique	Unit
Accident léger (Dommages au véhicule uniquement)	3862	\$ US/accident
Accident moyen (Accident provoquant des blessures de personnes)	55740	\$ US/accident
Accident fatal (Au moins un mort)	1398920	\$ US/accident

Source d'évaluation : Département des transports des États-Unis, 2010.

VALEUR DU TEMPS ÉCONOMISÉ

La valeur du temps économisé représente la valeur économique qu'offre l'amélioration de la mobilité grâce à la voie de contournement. L'augmentation de la vitesse de déplacement moyenne grâce au projet de voie de contournement réduit la durée de déplacement par trajet, ce qui entraîne un cumul d'économies de temps du fait de la durée réduite des trajets entre le domicile et le lieu de travail. Pour calculer la valeur du temps économisé, le total des heures économisées pour chaque cas de figure a été multiplié par le salaire horaire¹.

¹ Le calcul du salaire horaire se base sur un salaire net annuel de 3700 dollars US par personne, à raison de 250 jours de travail par an et de 8 heures de travail productif par jour. Ce chiffre s'appuie sur une estimation du salaire annuel d'un asphalteur bitumeur. [Ce chiffre représente-t-il le salaire moyen d'une personne qui travaille 2000 heures par an au Maroc?].



Partie III: Résultats

Analyse intégrée des coûts et des bénéfices

Le Tableau 3 présente les résultats de l'ACB intégrée. Il comprend les six cas de figure et les quatre facteurs externes présentés dans la Partie II.

Tableau 3. ACB intégrée pour la voie de contournement de Rabat

	Unité	Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu	Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	Cas de figure 6 : Dommages routiers due aux changements climatiques
DÉPENSE(S)							
Investissements de capitaux²	millions d'euros	329,79	329,79	406,97	329,79	329,79	337,12
Coût d'investissement moyen (2018–2060)	millions d'euros/an	0,031	0,031	1,667	0,031	0,031	0,168
Dépenses pour les opérations et l'entretien	millions d'euros	73,64	65,34	73,64	73,90	80,84	73,66
Dépenses moyennes pour les opérations et l'entretien (2018–2060)	millions d'euros/an	1,74	1,54	1,74	1,75	1,91	1,74
Total des dépenses en investissements + opérations et entretien	millions d'euros	403,4	395,1	480,6	403,7	410,6	410,8
FACTEURS EXTERNES							
Coût supplémentaire des accidents	millions d'euros	—	23,8	—	0,3	14,6	-0,8
Estimation du coût total des accidents	millions d'euros	212,2	236,0	212,2	212,5	226,8	211,4

² Comprennent les dépenses d'investissement et le coût de financement.



	Unité	Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu	Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	Cas de figure 6 : Dommages routiers dus aux changements climatiques
Coûts moyens des accidents (2018-2060)	millions d'euros/an	4,88	5,44	4,88	4,89	5,22	4,86
Coût social du carbone	millions d'euros	4,61	4,58	5,64	4,61	4,63	4,71
Coût social moyen du carbone (2018-2060)	millions d'euros/an	0,006	0,005	0,027	0,006	0,006	0,007
Dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre	millions d'euros	1,26	1,12	1,34	1,26	1,37	1,27
Dépenses discrétionnaires moyennes	millions d'euros/an	0,025	0,022	0,027	0,025	0,027	0,025
Valeur du temps économisé	millions d'euros	162,6	162,6	147,1	148,0	159,5	162,2
Valeur moyenne du temps économisé	millions d'euros/an	3,746	3,75	3,40	3,40	3,67	3,74
Valeur totale des facteurs externes	millions d'euros	159,25	135,34	142,8	144,35	141,64	159,56
Valeur totale des facteurs externes (en tenant compte du nombre total d'accidents)	millions d'euros	-52,9	-76,8	-69,4	-67,9	-70,5	-52,7
REVENUS							
Revenus	millions d'euros	456,10	456,10	456,10	456,03	464,89	454,68
Revenus annuels moyens (2018–2060)	millions d'euros/an	10,49	10,49	10,49	10,49	10,70	10,46
Revenus totaux	millions d'euros	456,10	456,10	456,10	456,03	464,89	454,68



	Unité	Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu	Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	Cas de figure 6 : Dommages routiers dus aux changements climatiques
Analyse conventionnelle des coûts et des bénéfices (revenus moins les coûts)	millions d'euros	52,7	61,0	-24,5	52,3	54,3	43,9
Analyse intégrée des coûts et des bénéfices (facteurs externes inclus)	millions d'euros	211,95	196,34	118,3	196,68	195,93	203,44
Analyse intégrée des coûts et des bénéfices (facteurs externes et nombre total d'accidents inclus)	millions d'euros	-0,2	-15,9	-93,9	-15,6	-16,3	-8,8

L'analyse intégrée des coûts et des bénéfices montre que :

- La valeur des facteurs externes est substantielle. La valeur du temps économisé et le coût des accidents dans les différents cas de figure sont particulièrement élevés.
- L'intégration de la valeur des facteurs externes dans l'ACB pourrait influencer les décisions qui sont prises relativement aux risques à traiter en priorité dans les stratégies d'atténuation.

LA VALEUR DES FACTEURS EXTERNES EST SUBSTANTIELLE

L'estimation de la valeur des facteurs externes est substantielle, car elle comprend de 13 jusqu'à 19 pour cent de coûts pour les opérations et l'entretien. Les facteurs externes pris en compte sont les accidents, le coût social du carbone, les dépenses discrétionnaires et la valeur du temps.

Le nombre d'accidents dans le modèle augmente en fonction du volume de trafic, des embouteillages et de la qualité du revêtement routier, ainsi que sur certaines portions de la route qui font l'objet de procédures de réparation et d'entretien. Le cumul des coûts des accidents le plus élevé est dans le cas de figure 2 (dépenses d'entretien réduites), totalisant 236 millions d'euros, du fait de la réduction des procédures d'entretien planifiées, ainsi que dans le cas de figure 5 (hausse du trafic de véhicules lourds), à 226,8 millions d'euros, compte tenu du nombre accru de camions et de la dégradation du revêtement routier que cela génère. Dans ces deux cas de figure, le coût des accidents s'élève à 23,8 millions d'euros, soit 14,6 millions d'euros de plus par rapport au cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu).

Les travaux de construction et d'entretien de la route nécessitent de l'énergie, ce qui affecte le coût social du carbone. En conséquence, la valeur est supérieure au point de référence dans les situations où les procédures d'entretien sont plus nombreuses, à savoir dans le cas de figure 3 (augmentation des travaux routiers) et dans le cas de figure 6 (dommages routiers dus aux changements



climatiques), représentant respectivement un total de 1,03 million d'euros et de 0,1 million d'euros. La valeur est inférieure dans le cas de figure 2 (dépenses d'entretien réduites) du fait d'une réduction des activités d'entretien.

La valeur cumulée du temps économisé, par rapport à une situation où le périphérique n'existait pas, est la plus élevée dans les cas de figure 1, 2 et 5, avec des économies cumulées de 162,6 millions d'euros entre 2018 et 2060. Le trafic supplémentaire ou les pics de circulation dans les cas de figure 2, 4 et 5 entraînent des retards dus aux embouteillages qui réduisent la valeur du temps économisé.

L'INTÉGRATION DE LA VALEUR DES FACTEURS EXTERNES DANS L'ACB POURRAIT INFLUENCER LES PRISES DE DÉCISIONS

Lors de la conduite d'une évaluation économique conventionnelle, il semblerait que le cas de figure de référence offre une approche équilibrée, et que le plus haut niveau de risque ne représente pas de menaces significatives à la gestion de la route. La seule exception est le cas de figure 3, qui présente des coûts supérieurs.

En revanche, lorsque l'on tient compte des facteurs externes, les résultats de l'analyse changent considérablement. Premièrement, le cas de figure de référence se rentabilise si l'on tient compte du coût total des accidents, avec des facteurs externes représentant 52,9 millions d'euros. Le résultat est positif si l'on exclut le coût des accidents, qui se monte à environ 212 millions d'euros. La situation s'empire dans les autres cas de figure, qui présentent tous des résultats négatifs par rapport au cas de figure de référence, de - 8,6 millions d'euros dans le cas de figure 6 jusqu'à - 93,7 millions d'euros dans le cas de figure 3. Ces résultats indiquent que tous les risques seraient sous-estimés si l'on utilisait une approche conventionnelle qui ne tient compte que des dépenses consacrées à l'investissement, aux opérations et à l'entretien.

De manière spécifique, si l'on analyse un par un les principaux éléments de l'ACB :

Tous les cas de figure entraînent une hausse des coûts d'investissement et/ou des coûts opérationnels et d'entretien. C'est à prévoir, car tous les cas de figure présentent un risque qui se matérialise : la hausse des coûts d'investissement dans les cas de figure 2 et 6 découle d'une fréquence accrue des perturbations sur la route, et la hausse des coûts des opérations et de l'entretien est due à l'usure causée par les camions lourds. Le graphique à la Figure 2 présente la perturbation des routes (à gauche) et le cumul des dépenses d'investissement (à droite) pour tous les cas de figure. Avec les hypothèses actuelles, les dépenses d'investissement totales peuvent enregistrer une hausse atteignant jusqu'à 23 pour cent par rapport au cas de figure de référence.

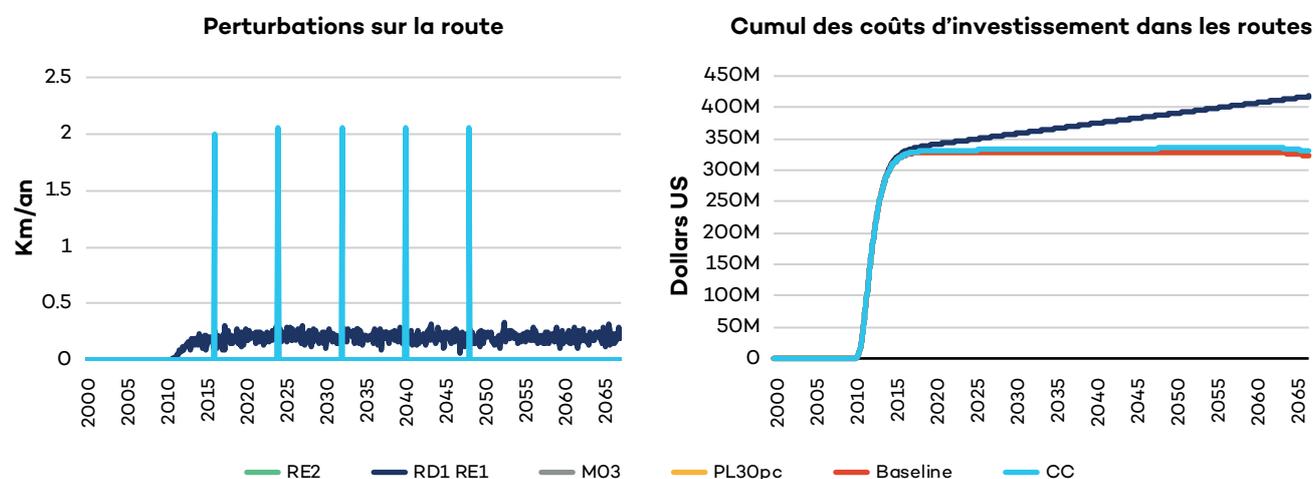


Figure 2. Perturbations de la route et cumul des coûts d'investissement



Le total des coûts pour les opérations et l'entretien est de 65 à 81 millions d'euros sur une période de 60 ans, soit environ 25 % du total des coûts d'investissement. Ces coûts dépendent de plusieurs dynamiques dans le modèle, dont le nombre de véhicules sur la route, notamment les véhicules lourds. Le cas de figure « PL30 » présente la plus forte hausse des coûts opérationnels et d'entretien, qui s'élèvent à 7,2 millions d'euros, soit près de 10 % supérieurs à ceux du cas de figure « BAU ». On observe une augmentation respective de 0,26 million d'euros et de 0,02 million d'euros pour les cas de figure « MO3 » et « CC ». Le cas de figure « RE2 » comprend les coûts opérationnels et d'entretien les plus faibles, à 65,3 millions d'euros (sur le plan conceptuel), soit environ 11,3 % de moins que dans le cas de figure de référence, mais il a plusieurs répercussions négatives. La Figure 3 présente une analyse chronologique de la dépréciation du revêtement de route (à gauche) et le cumul des dépenses afférentes aux opérations et à l'entretien (à droite) pour tous les cas de figure.

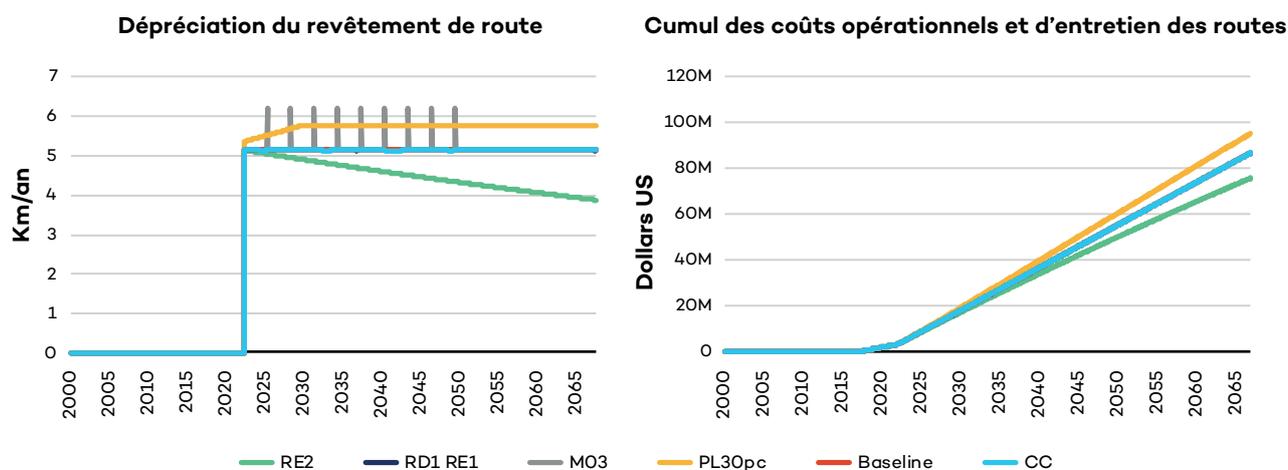


Figure 3. Dépréciation du revêtement routier et cumul des coûts d'exploitation et d'entretien

Il est présumé que le nombre de véhicules est constant dans l'ensemble des cas de figure, à l'exception des cas de figure « PL30 » et « MO3 ». Il a été possible de présumer un taux de croissance de référence pour les véhicules dans d'autres cas de figure supplémentaires. Ainsi que l'illustre la Figure 4, le cas de figure « MO3 » présente des hausses soudaines du trafic en raison d'événements spéciaux. Selon les volumes de trafic, le modèle montre l'impact sur d'autres variables opérationnelles telles que les revenus, les embouteillages, la vitesse de déplacement et le nombre d'accidents. Le modèle prévoit également une baisse du volume de déplacements après l'événement en tant que stratégie permettant aux usagers d'éviter une circulation dense.

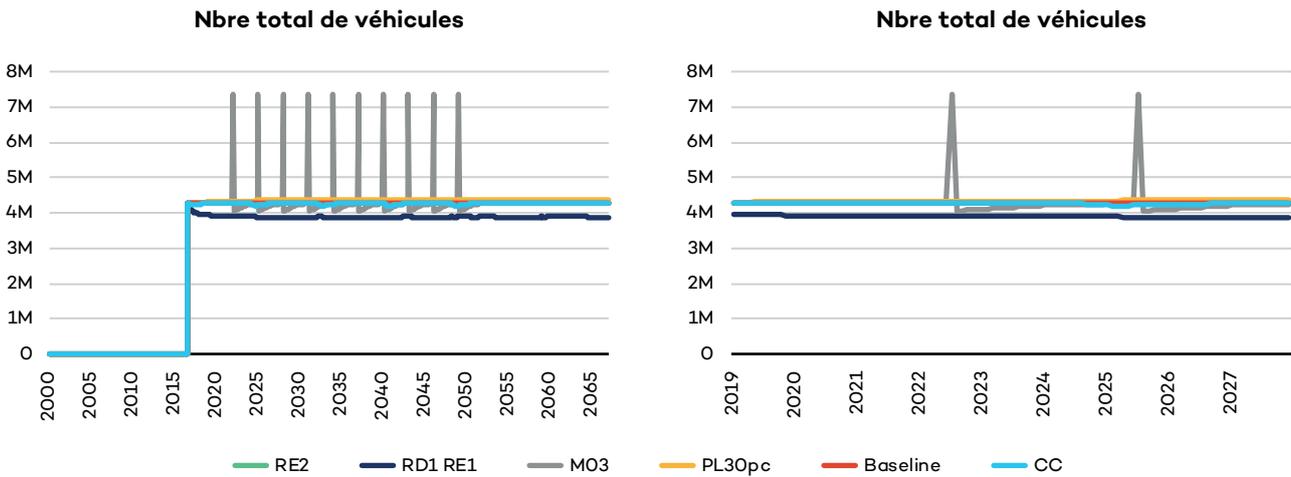


Figure 4. Nombre total de véhicules sur la route et tendances du trafic

Les revenus générés par la route dépendent du nombre de véhicules qui l'empruntent. Dans la plupart des cas de figure, les revenus demeurent inchangés, car on présume que le nombre de véhicules reste le même. Dans tous les cas de figure, les revenus annuels non actualisés sont supérieurs aux coûts annuels pour les opérations et l'entretien, et dépassent le total des investissements de capitaux aux alentours de 2056, selon le cas de figure spécifique. Les revenus annuels commencent à courir au début des opérations, en 2017, comme l'illustre la Figure 5.

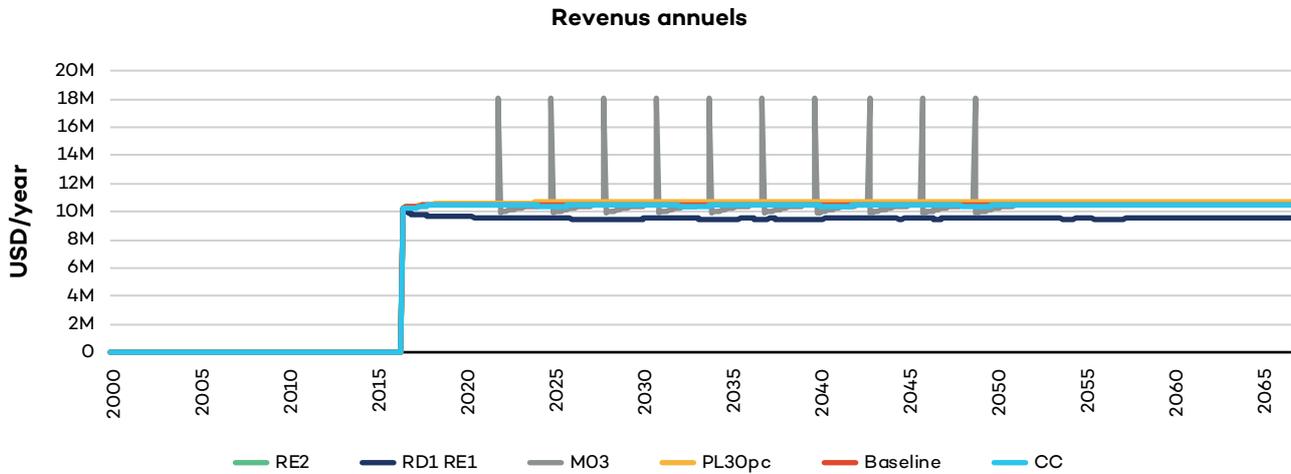


Figure 5. Revenus annuels

Analyse financière

Le Tableau 4 présente l'évaluation financière de la voie de contournement de Rabat. Il comprend les six cas de figure et les quatre facteurs externes présentés dans la Partie II. Le cas de figure « Tel qu'initialement prévu » a également été modélisé sans facteurs externes (cas de figure 0) pour mieux illustrer leur impact financier sur le projet. Dans tous les autres cas de figure (de 1 à 6), les calculs tiennent compte des quatre facteurs externes.

**Tableau 4. Évaluation financière**

Cas de figure	TRI (%)	VAN (millions d'euros)	DSCR min. (rapport)	DSCR moy. (rapport)	LLCR min. (rapport)
Cas de figure 0 : Tel qu'initialement prévu (sans facteurs externes)	1,63 %	(103)	(0,08 x)	0,67 x	0,48 x
Cas de figure 1 : Tel qu'initialement prévu (facteurs externes inclus)	3,39 %	(29)	0,21 x	1,04 x	0,82 x
Cas de figure 2 : Dépenses d'entretien réduites	3,14 %	(41)	0,17 x	0,98 x	0,76 x
Cas de figure 3 : Augmentation des travaux routiers	1,63 %	(132)	0,05 x	0,66 x	0,51 x
Cas de figure 4 : Hausse du trafic à court terme	3,25 %	(36)	0,19 x	1,00 x	0,79 x
Cas de figure 5 : Hausse du trafic de véhicules lourds	3,34 %	(32)	0,20 x	1,03 x	0,81 x
Cas de figure 6 : Dommages routiers dus aux changements climatiques	3,25 %	(37)	0,20 x	1,00 x	0,79 x

PRINCIPALES CONCLUSIONS

- Le projet n'est pas financièrement viable si l'on s'appuie exclusivement sur ses revenus propres, quel que soit le cas de figure.
- Les facteurs externes ont un impact financier significatif.
- Dans le cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu – facteurs externes inclus), tous les principaux indicateurs financiers mesurés s'améliorent considérablement lorsque les facteurs externes sont pris en compte.

LE PROJET N'EST PAS FINANCIÈREMENT VIABLE

Dans tous les cas de figure, la valeur actuelle nette (VAN) négative indique que les flux de trésorerie actualisés du projet ne permettent pas de couvrir les dépenses en matière d'investissement et d'opérations. En d'autres termes, le projet ne représente pas un investissement solide, que ce soit pour les investisseurs en titres de créance ou en fonds propres.

Bien que le taux de rendement interne (TRI) soit positif lorsque les facteurs externes sont inclus, il est inférieur aux taux du marché en matière de rendement dans le cas de projets présentant des profils de risques similaires dans la région.

Le taux de couverture de la dette (DSCR) indique la santé financière d'un projet. Un DSCR inférieur à «1» signifie que les flux de trésorerie ne suffisent pas pour rembourser la dette au cours de cette



période. Les taux DSCR moyen et minimal sont tous deux inférieurs au taux d'immobilisation de 1,15 x généralement requis par les prêteurs.

Le taux de couverture sur la durée d'emprunt (DSCR) indique également la santé financière d'un projet. Un LLCR inférieur à «1» signifie que la valeur actuelle nette des flux de trésorerie résiduels au cours de la durée de la dette ne suffit pas pour rembourser le solde de la dette avec des intérêts. En outre, le LLCR minimal est nettement inférieur au taux d'immobilisation de 1,10 x généralement requis par les prêteurs.

LES FACTEURS EXTERNES ONT UN IMPACT FINANCIER SIGNIFICATIF

La différence entre le cas de figure 0 (tel qu'initialement prévu – sans facteurs externes) et le cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu – facteurs externes inclus) montre clairement l'impact financier positif des facteurs externes socio-économiques. Tous les principaux indicateurs financiers mesurés s'améliorent considérablement dans le cas de figure 0.

Dans le cas de figure 2 (dépenses d'entretien réduites), les coûts opérationnels annuels du projet diminuent de – 11,40 pour cent. Toutefois, la baisse des dépenses entraîne une hausse du nombre d'accidents par rapport au cas de figure «Tel qu'initialement prévu». Les coûts économiques et sociaux du nombre accru d'accidents (+ 0,16 euro/véhicule) sont considérablement supérieurs aux économies de coûts réalisées grâce à une réduction des activités d'entretien, ce qui entraîne une chute de 3,14 pour cent du TRI et de 12 millions d'euros de la VAN. En réduisant le prix moyen de 2,45 euros à 2,65 euros/véhicule, les indicateurs financiers correspondraient à ceux du cas de figure «Tel qu'initialement prévu». **Celui-ci montre qu'une hausse des dépenses pour les opérations et l'entretien ne permet pas de réaliser des économies dans les coûts globaux lorsque les facteurs externes sont pris en compte.**

Dans le cas de figure 3 (augmentation des travaux routiers), la hausse considérable des coûts d'entretien annuels (+ 333,45 pour cent) due à la qualité inférieure de la route et à des dépenses d'investissement supérieures (+ 77,17 millions d'euros) réduit le TRI à 1,63 pour cent et la VAN à – 132 millions d'euros, car les flux de trésoreries ne suffisent pas pour couvrir des dépenses plus importantes. **Les travaux d'entretien supplémentaires entraînent également une hausse du coût social du carbone par rapport au cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu).**

Dans le cas de figure 4 (hausse du trafic à court terme), les dépenses opérationnelles augmentent de 0,40 pour cent suite à une hausse temporaire du trafic. Ceci entraîne également une augmentation du nombre d'accidents (+ 0,002 euro/véhicule). L'impact de ces changements sur le TRI est négligeable, et la VAN diminue de 7 millions d'euros. **En raison du trafic important, la valeur du temps économisé est inférieure et les accidents sont plus nombreux par rapport au cas de figure 1 (tel qu'initialement prévu).**

Dans le cas de figure 5 (hausse du trafic de véhicules lourds), le nombre de camions lourds qui empruntent la route augmente, débouchant sur une hausse annuelle du trafic de 2 pour cent. Du fait que la route nécessite plus d'entretien avec le passage de camions lourds comparativement aux véhicules personnels, les dépenses opérationnelles annuelles du projet augmentent de 8,40 pour cent. En raison de la hausse du trafic, le nombre d'accidents augmente également, représentant un coût supplémentaire de 0,06 euro/véhicule. **Ce cas de figure a un impact négligeable sur le TRI du projet, et la VAN diminue de 3 millions d'euros.**

Enfin, dans le cas de figure 6 (dommages routiers dus aux changements climatiques), le trafic diminue de 1,39 pour cent du fait des perturbations fréquentes liées aux changements climatiques. Cela entraîne également une hausse des dépenses d'investissement pour les opérations (+ 7,3 millions d'euros), car d'importants travaux de reconstruction sont nécessaires pour réparer les dommages dus aux événements climatiques. En outre, ces perturbations réduisent la valeur du temps économisé. **L'aggravation de tous les indicateurs financiers par rapport au cas de figure 0 (tel qu'initialement prévu – sans facteurs externes) reflète clairement le cumul des effets négatifs des changements climatiques.**



Partie IV : Comment la méthodologie SAVi a été élaborée pour la voie de contournement de Rabat

Aperçu du modèle d'analyse des systèmes

PENSÉE SYSTÉMIQUE ET DYNAMIQUE DES SYSTÈMES

L'analyse SAVi place l'accent sur l'évaluation des possibilités et des facteurs externes liés à la construction et la gestion de route pour la voie de contournement de Rabat. Pour analyser ces éléments, la SAVi a commencé par identifier les forces motrices et les principaux indicateurs de la dynamique du secteur des transports. Ils sont résumés dans le schéma de boucle de rétroaction présenté à la Figure 1.

Le schéma de boucle de rétroaction comprend les principaux indicateurs analysés lors de cette évaluation SAVi, leurs corrélations avec d'autres variables pertinentes dans le secteur, telles que les stocks de véhicules ou l'utilisation de matériaux, et les boucles de rétroaction qu'ils forment.

L'IISD et ADM ont élaboré et adapté conjointement le schéma de boucle de rétroaction. ADM a fourni les informations nécessaires aux fins de l'analyse SAVi, que l'IISD a complétées par d'autres données identifiées et acquises lors de l'[examen SAVi approfondi des routes](#) (IISD, 2018).

ENCADRÉ 1. INTERPRÉTATION D'UN SCHÉMA DE BOUCLE DE RÉTROACTION

Les schémas de boucle de rétroaction comprennent des variables et des flèches (appelées « liens de cause à effet »), ces dernières reliant les variables entre elles par un signe (+ ou -) sur chaque lien pour indiquer une relation de cause à effet positive ou négative (voir le Tableau 5) :

- Un lien de cause à effet de la variable A à la variable B est positif si un changement dans la variable A produit un changement dans la variable B dans la même direction.
- Un lien de cause à effet de la variable A à la variable B est négatif si un changement dans la variable A produit un changement dans la variable B dans la direction opposée.

Variable A	Variable B	Signe
↑	↑	+
↓	↓	+
↑	↓	-
↓	↑	-

Tableau 5. Relations de cause à effet et polarité

Les relations de cause à effet circulaires entre des variables forment des boucles de rétroaction. Ces boucles peuvent être positives ou négatives. Une boucle de rétroaction négative tend vers un objectif ou un équilibre, en équilibrant les forces dans le système (Forrester, 1961). Une boucle de rétroaction positive serait par exemple une intervention déclenchant d'autres changements qui amplifient l'effet de cette intervention initiale, ce qui la renforce (Forrester, 1961). Les schémas de boucle de rétroaction présentent également les retards et la non-linéarité.



La création d'un schéma de boucle de rétroaction a plusieurs objectifs :

- combiner les idées, les connaissances et les opinions;
- délimiter l'analyse;
- permettre à toutes les parties prenantes d'acquérir des connaissances de base à avancées sur les questions analysées et leurs propriétés systémiques.

Il est essentiel d'avoir une compréhension commune de la résolution des problèmes qui influencent plusieurs secteurs. La création d'un schéma de boucle de rétroaction repose sur des connaissances multidimensionnelles. Elle promeut le développement d'une compréhension commune des facteurs qui contribuent au problème. Elle aide également à identifier les acteurs qui peuvent prendre des décisions quant à des solutions – et les mettre en œuvre. De ce fait, plutôt que d'être imposée dans le système, la solution doit découler du système. En d'autres termes, l'objectif des interventions doit être d'amener le système à résoudre le problème plutôt que de générer plus de problèmes.

Dans ce contexte, le rôle des rétroactions est essentiel. C'est souvent le système même que nous avons créé qui génère le problème, du fait d'une interférence externe ou d'une conception défailante, ce qui en souligne les limitations à mesure que le système se développe et devient plus complexe. Les causes d'un problème résident souvent dans les structures de rétroaction du système. Nous avons trop souvent tendance à analyser l'état courant du système ou à étendre notre examen dans une chaîne linéaire de causes et d'effets, qui n'est pas connectée à elle-même et limite notre compréhension des boucles ouvertes et de la réflexion linéaire.

APERÇU DU MODÈLE

L'IISD a utilisé le modèle de routes de la méthodologie SAVi pour l'analyse du projet de voie de contournement. L'évaluation monétise les risques et les facteurs externes et fournit des informations concernant les impacts sociaux et environnementaux ainsi que leur impact sur la performance financière de la route.

Le schéma de boucle de rétroaction du modèle de route de la méthodologie SAVi est présenté à la Figure 1. Pour l'évaluation des stratégies de gestion de la voie de contournement, le modèle tient compte des revenus et des coûts provenant de l'utilisation de la voie de contournement ainsi que des facteurs externes monétisés découlant de sa construction. Les impacts sur la circulation et les accidents sont enregistrés. Les émissions et les salaires de la main-d'œuvre travaillant à la construction de la route sont également pris en compte dans l'évaluation pour brosser un tableau plus complet des impacts liés à la route. Les facteurs externes couverts dans cette évaluation sont décrits plus en détail dans la Partie IV.

Les produits du modèle de route de la méthodologie SAVi proviennent de la dynamique générée par différentes boucles de rétroaction. Comme il est décrit ci-dessus, les boucles de rétroaction peuvent avoir une action de renforcement (R) et d'équilibrage (B). La dynamique du modèle de route repose sur trois boucles de renforcement et sur six boucles d'équilibrage. Le comportement de chaque boucle est décrit ci-dessous.

- La **première boucle de renforcement (R1)** recense les impacts bénéfiques du réseau routier sur la productivité totale des facteurs et sur le PIB. La construction de routes contribue à la taille du réseau routier, ce qui permet d'améliorer la connectivité et donc d'avoir des impacts positifs sur la productivité. La hausse du PIB découlant d'une productivité accrue permet au gouvernement de collecter plus de taxes et d'autres revenus, ce qui augmente le budget de construction et d'entretien des routes et stimule la construction de routes.



- Les deux autres **boucles de rétroaction ayant une action de renforcement (R2+R3)** recensent l'impact de la construction de la route sur le risque d'inondations. La boucle R2 présente l'impact de la construction de la route sur la couverture végétale. Des terres sont converties pour la construction de routes, ce qui réduit la surface de sol perméable et donc les capacités d'absorption de l'eau. Avec la réduction de la perméabilité du sol, l'eau de pluie se disperse plus lentement et augmente le risque d'inondations. En cas d'inondation, les routes sont généralement endommagées et, de ce fait, le réseau routier global est réduit. La boucle de renforcement R3 présente l'impact de la construction de la route sur la densité du sol. L'utilisation d'engins lourds pour la construction de routes augmente la densité du terrain situé à côté des routes, car les engins doivent être déplacés, ce qui accroît la densité du sol. Cet accroissement entraîne une réduction de la capacité d'absorption de l'eau et donc une hausse des risques d'inondations.
- La **première boucle d'équilibre (B1)** indique la nécessité d'assurer l'entretien des routes du fait de l'utilisation du réseau routier. Plus le réseau routier est étendu, plus il faut mener des activités d'entretien, ce qui augmente les coûts d'entretien requis pour les routes. Le montant d'argent requis pour assurer l'entretien du réseau routier existant affecte les montants d'argent disponibles pour la construction de nouvelles routes. Si les coûts d'entretien des routes augmentent, la quantité de nouvelles routes en construction diminue du fait que le budget consacré à la construction de routes est réduit. Cela freine l'expansion du réseau routier, et les ressources disponibles ne suffisent pas pour entretenir le réseau existant.
- La **deuxième boucle d'équilibre (B2)** présente les coûts de remplacement des routes qui ont atteint leur fin de vie. Ces routes doivent généralement être remplacées, ce qui nécessite de nouveaux travaux et des coûts supplémentaires. Le modèle de route de la méthodologie SAVi considère les coûts de remplacement de routes existantes qui ont atteint leur fin de vie comme des coûts d'entretien. Les coûts de remplacement des routes augmentent les coûts d'entretien et, de ce fait, réduisent le budget destiné à la construction de nouvelles routes.
- La dépréciation des routes est présentée dans la **troisième boucle d'équilibre (B3)**. Le modèle présume que la dépréciation du réseau routier dépend de la taille du réseau routier existant. Plus le réseau routier est étendu, plus le nombre de routes nécessitant des travaux d'entretien ou un remplacement est important. La dépréciation des routes réduit le réseau routier global et augmente les coûts d'entretien et de remplacement des routes.
- La **boucle d'équilibre (B4)** dans le schéma présenté à la Figure 1 est implicite. Elle présente la hausse des embouteillages et son impact sur les résultats macroéconomiques. La taille du réseau routier détermine la densité des routes dans un pays ou une région. Plus la densité des routes est importante, plus le trafic sera élevé dans certaines zones, ce qui augmente les embouteillages. Du fait des embouteillages, les usagers passent plus de temps sur la route, ce qui réduit le temps de productivité dans leur journée et la productivité totale des facteurs. En conséquence, les résultats macroéconomiques (PIB) diminuent, ce qui entraîne une réduction des recettes gouvernementales et donc une baisse du budget destiné à la construction de routes.
- L'impact des coûts de santé sur le budget de construction de routes est présenté dans la **boucle d'équilibre (B5)**. Ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, le volume de routes détermine le volume de trafic sur les routes. Une hausse du trafic entraîne une augmentation des émissions liées au trafic et ainsi une incidence accrue des impacts des émissions sur la santé, tels que des maladies respiratoires et cardiaques. L'incidence accrue de maladies entraîne une hausse des dépenses consacrées à la santé publique, ce qui réduit les dépenses en infrastructures et donc le budget destiné à la construction de nouvelles routes.
- La sixième **boucle d'équilibre (B6)** présente l'impact de l'appauvrissement du capital naturel et de la fragmentation des habitats sur les résultats macroéconomiques. La construction de routes entraîne une expansion du réseau routier, ce qui augmente la densité des routes.



INDICATEURS RELATIFS AUX DÉPENSES, AUX COÛTS ÉVITÉS ET AUX BÉNÉFICES AJOUTÉS

La méthodologie SAVi calcule les dépenses, les coûts évités et les bénéfices ajoutés, les dépenses comprenant à la fois les investissements de capitaux et les dépenses opérationnelles et d'entretien au cours de la durée de vie de l'actif. L'évaluation intègre les coûts sociaux et environnementaux évités ainsi que les bénéfices ajoutés, en sus des coûts économiques plus conventionnels. Par exemple, différentes approches de la gestion des routes ont différentes incidences sur la consommation énergétique, les coûts de l'énergie et les émissions, qui elles-mêmes affectent les dépenses d'investissement et d'entretien ainsi qu'une multitude d'autres aspects liés à l'entretien des routes.

Dépenses

Au niveau du secteur privé, les dépenses désignent les coûts monétaires de la mise en œuvre d'un projet, tels que les coûts d'investissement, des opérations et d'entretien et les dépenses extrabudgétaires. Pour les services publics, la conformité aux normes sur les émissions pourrait par exemple impliquer l'achat de technologies d'atténuation efficaces. Les entrepreneurs examineront les coûts des technologies d'atténuation sélectionnées, les frais de certification pour de nouvelles capacités de génération d'énergie et les coûts d'audit pour celles qui existent. Au niveau du secteur public, les dépenses désignent l'affectation et/ou la réaffectation de ressources financières en vue d'atteindre une cible politique établie. Par exemple, l'octroi de subventions pour la réalisation d'investissements dans des technologies de génération d'énergie efficaces pour stimuler la construction de capacités renouvelables ou de capacités qui offrent le meilleur rapport qualité/prix selon les indicateurs déterminés.

Coûts évités

L'estimation de coûts évités possibles tient compte des résultats de la bonne mise en œuvre d'un investissement ou d'une politique. S'agissant de la gestion de routes, les coûts évités désignent des économies directes provenant de l'exploitation des routes, par exemple, une réduction du coût des matériaux pour l'entretien des routes, des investissements évités dans des engins et des équipements ou des dépenses générales relatives aux opérations et à l'entretien, telles que les coûts de l'eau.

Bénéfices ajoutés

Parmi les bénéfices ajoutés figure la valeur monétaire des résultats économiques, sociaux et environnementaux atteints grâce à la mise en œuvre d'investissements ou d'une politique. Les bénéfices ajoutés sont évalués en effectuant une comparaison entre le cas de figure qui implique des investissements et le cas de figure de référence, avec une focalisation sur les impacts à court, moyen et long terme sur l'ensemble des secteurs et des parties prenantes. Dans le cas d'infrastructures routières, les bénéfices ajoutés comprennent la création d'emplois et une réduction des impacts des émissions sur la santé, des coûts d'opportunités de l'utilisation des terres et du coût social du carbone (Nordhaus, 2017). Cette catégorie présente les bénéfices supplémentaires générés par des investissements planifiés qui ne se présenteraient pas dans un cas de figure «Tel qu'initialement prévu».

Aperçu du modèle de financement de projet

Les principaux objectifs d'un modèle de financement de projet sont les suivants : 1. identifier la structure de capitaux optimale ; 2. évaluer la viabilité financière du projet ; et 3. calculer le rendement escompté de l'investissement dans différents cas de figure opérationnels et à risque.

1. Les parrains de projets utilisent des modèles financiers pour déterminer quelle répartition optimale entre la dette et les fonds propres devrait être utilisée dans le financement du projet. Ceci dépend largement du profil de revenus et de coûts du projet soit le calendrier et la taille des entrées de trésorerie lors des activités et les coûts associés dans chaque période. La plupart des projets d'infrastructures suivent ce que l'on appelle une « courbe en J » : les



coûts initiaux sont élevés et les flux de revenus sont relativement faibles, mais réguliers. Le « J » indique qu'il faut plusieurs années avant que le projet ne soit rentabilisé et ne génère un rendement de l'investissement.

2. Les modèles financiers de projets peuvent également calculer si les flux de trésorerie générés par le projet suffiront pour rembourser la dette et déboucheront sur un rendement attractif ajusté selon les risques, pour les investisseurs en titres de créance comme pour les investisseurs en fonds propres. Cette évaluation comprend le calcul des principaux indicateurs de rentabilité et de crédit tels que le taux de rendement interne (TRI), la valeur actuelle nette (VAN), le taux de couverture de la dette (DSCR) et le taux de couverture sur la durée d'emprunt (LLCR). Les définitions de ces indicateurs figurent dans le glossaire.
3. Les modèles de financement de projet permettent également de soumettre les projets à des tests de résistance et d'évaluer le changement du rendement escompté dans certains cas de figure opérationnels et à risque. On le calcule par un « tableau de cas de figure », qui modifie les principales hypothèses du projet et indique l'évolution des principaux indicateurs financiers face à ces changements. Les cas de figure pourraient être de simples événements opérationnels, tels qu'une hausse du prix des matières premières, une perturbation des activités ou des événements climatiques plus complexes, y compris des vagues de chaleur, une hausse du niveau de la mer ou une taxe sur le carbone.

Le modèle de financement de projet utilisé par la méthodologie SAVi se présente dans un format de fichier Excel et suit les meilleures pratiques SMART de Corality pour améliorer la lisibilité et l'auditabilité du modèle par un tiers. Les produits du modèle de dynamique des systèmes dans la méthodologie SAVi sont utilisés en tant qu'intrants dans le modèle de financement de projet et vice versa. Le modèle de dynamique des systèmes quantifie et monétise les facteurs externes environnementaux, sociaux et économiques pertinents qui sont associés au projet. Il permet également d'identifier les cas de figure employés parmi ceux du tableau des cas de figure. Selon l'objectif de l'évaluation et le public ciblé, certains des facteurs externes sont intégrés sous forme de coûts ou de bénéfices dans le tableau des cas de figure. Les produits du modèle de dynamique des systèmes peuvent également modifier certaines des principales hypothèses du modèle de financement de projet.

Les principaux produits du modèle de financement de projet sont les indicateurs financiers précédemment mentionnés. Lors de la personnalisation du modèle, il est possible de modifier ou d'étendre la liste des indicateurs selon les besoins. Les données spécifiques au projet telles que le coût du financement peuvent également être extraites du modèle de financement de projet et réintroduites dans le modèle de dynamique des systèmes.



Partie VI : Conclusion

La SAVi a été utilisée pour simuler six cas de figure différents. Chacun d'entre eux présente un risque opérationnel pour ADM. Par ailleurs, quatre facteurs externes ont été identifiés et évalués dans le cadre de l'analyse intégrée des coûts et des bénéfices : les dépenses discrétionnaires découlant des salaires de la main-d'œuvre, le coût social du carbone, la valeur du temps économisé et le coût des accidents. Enfin, la méthodologie SAVi a également été employée pour calculer les indicateurs financiers qui déterminent la viabilité du projet.

Selon l'évaluation SAVi, la monétisation des risques et la conduite d'une analyse des cas de figure sont utiles, car elles ont illustré l'ampleur de l'impact sur les revenus et les bénéfices du projet. De ce fait, ADM dispose des informations nécessaires pour mieux se préparer à l'éventualité que des risques se matérialisent. L'évaluation SAVi a également permis de déterminer que la valeur des facteurs externes est importante lorsque ceux-ci sont intégrés dans une analyse des coûts et des bénéfices et des finances du projet. En particulier, la valeur du temps économisé avait un grand impact. Enfin, l'analyse des finances du projet a montré que les flux de trésorerie du projet ne permettent pas de couvrir les dépenses en matière d'investissement et d'opérations.

Prochaines étapes : le programme de recherche et développement d'ADM mène des recherches sur l'amélioration de la gestion des inondations, des eaux de ruissellement et de l'érosion des sols sur les routes. Les caprices météorologiques et les changements climatiques posent aujourd'hui des risques bien réels sur l'exploitation et la gestion des routes au Maroc. Dans le cadre de ces recherches, ADM examine deux nouvelles techniques de fixation des sols pour lutter contre l'érosion. La première technique relève du génie biologique, et la deuxième consiste à bâtir deux arcades en béton sur les pentes à côté de la route pour ralentir l'écoulement de l'eau. L'IISD étudiera avec ADM les applications de la méthodologie SAVi sur les routes au Maroc comparant les coûts et les bénéfices, en termes financiers, des nouvelles techniques de fixation des sols. Par exemple, une application future de la SAVi pourrait comprendre une comparaison entre différentes technologies de fixation des sols ainsi qu'un cas de figure n'impliquant aucune mesure d'atténuation spécifique des risques d'érosion des sols. Ceci peut fournir à ADM des informations sur l'impact et la valeur de ces nouvelles techniques pour de futurs projets routiers. Elle peut également lui fournir des informations sur les bénéfices de ces techniques à plus long terme, notamment compte tenu de la probabilité accrue d'impacts climatiques sur les infrastructures routières.



Références

Bassi, A. M., K. McDougal et D. Uzsoki (2017). « *Sustainable Asset Valuation Tool: Roads* » (Outil d'évaluation des actifs durables : les routes). Disponible (en anglais) sur le site : <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/sustainable-asset-valuation-tool-roads.pdf>

Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (EPA) (2013). « *Estimating the benefit per ton of reducing pm2.5: Precursors from 17 sectors* ». Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement. Disponible (en anglais) sur le site : <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-10/documents/sourceapportionmentbpttsd.pdf>

Forrester, J. W. (1961). « *Industrial dynamics* ». MIT Press.

Administration nationale pour la sécurité du trafic sur les autoroutes du Département des transports des États-Unis (2015). « *The economic and societal impact of motor vehicle crashes* ». Disponible (en anglais) sur le site : <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812013>

Nordhaus, W. (2017). « *Revisiting the social cost of carbon* ». Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), 11 (7), 1518–1523. Disponible (en anglais) sur le site : <https://www.pnas.org/content/114/7/1518>

Roberts, N., D. Andersen, R. Deal, M. Garet et W. Shaffer (1983). « *Introduction to computer simulation. The system dynamics approach* ». MA : Addison-Wesley.

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (2011). « *Vers une économie verte. Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté* ». Disponible sur le site : <http://archive.ipu.org/splz-f/rio+20/rpt-unep.pdf>

DOCUMENTS ET ÉTUDES SPÉCIFIQUES À DES PROJETS FOURNIS PAR AUTOROUTE DU MAROC (ADM) :

ADM. (n.d.). « *Cartographie des processus d'ADM* ».

ADM. (n.d.). « *Statistiques accidentologie section contournement Rabat. Période 07/07/2016 au 31/12/2017* ».

ADM. (n.d.). « *Trafic mensuel par catégorie du contournement de Rabat en 2016* ».

ADM. (n.d.). « *Management of the risk of flooding and water erosion on motorways in Morocco* ».

ADM. (2009). « *Étude d'impact sur l'environnement du projet de construction de l'autoroute contournement de Rabat. Rapport provisoire* ».

ADM. (2009). « *Étude d'impact sur l'environnement du projet de construction de l'autoroute contournement de Rabat. Rapport provisoire* ». Avril 2009. Annexe 2 : « *Plan de gestion de l'environnement* ».

ADM. (2009). « *Matrice des risques majeurs de ADM* ».

ADM. (2017). « *Autoroute de contournement de rabat. Rapport d'achèvement des travaux* ».



©2019 The International Institute for Sustainable Development
Publié par l'International Institute for Sustainable Development

Siège de l'IISD

111 Lombard Avenue, Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

Tel: +1 (204) 958-7700

Website: www.iisd.org

Twitter: @IISD_news



iisd.org