



GLOPRAM

Global Project Assessment Model

NOTE MÉTHODOLOGIQUE EVALUATION D'UN PROJET AUTOROUTIER

JEANNE AMAR ET VINCENT PIRON
JANVIER 2021

SOMMAIRE

QU'EST-CE QUE LE GLOPRAM ?	4
POURQUOI LE GLOPRAM ?.....	4
A QUI EST DESTINÉ LE GLOPRAM ?	5
CE QUE FAIT LE GLOPRAM	5
CE QUE LE GLOPRAM NE FAIT PAS	5
COMMENT UTILISER LE GLOPRAM ?.....	5
STRUCTURE GENERALE DU MODELE.....	6
QUESTIONNAIRE ET HYPOTHESES CLES DU MODELE.....	7
PRESENTATION DES MODULES DU MODELE GLOPRAM	8
I. MODULE DEMANDE	8
II. MODULE SOCIO-ECONOMIQUE.....	9
III. MODULE ENVIRONNEMENT	18
IV. MODULE PIB	22
V. MODULE FINANCE	25
VI. MODULE BUDGET.....	27
RESULTATS FOURNIS PAR LE MODELE GLOPRAM	33
BIBLIOGRAPHIE.....	34

QU'EST-CE QUE LE GLOPRAM ?

Le GLOPRAM, Global Project Assessment Model, est un outil d'aide à la décision qui s'appuie sur les données fournies par le maître d'ouvrage pour donner une évaluation de l'impact budgétaire des projets.

Il s'appuie sur les analyses socio-économiques et environnementales et sur les principales règles sociales et fiscales du pays pour produire l'évaluation des effets budgétaires d'un projet : *cash-flows* et valeur actuelle nette.

Le modèle GLOPRAM complète les analyses conventionnelles en évaluant les retombées fiscales, positives et négatives induites par un projet pour différents types de contrat, en distinguant le budget de l'État et celui des collectivités locales.

POURQUOI LE GLOPRAM ?

Souvent, les projets sont analysés et décidés en fonction de ce qu'ils coûtent et non en fonction de ce qu'ils peuvent potentiellement rapporter. La réalisation d'un projet se heurte ainsi régulièrement aux oppositions de la population, et le promoteur du projet (collectivité locale, nationale, gestionnaire public, etc.) a des difficultés à présenter des arguments chiffrés montrant les avantages à moyen terme du projet. Si les bénéfices en phase de réalisation sont présentés, le bénéfice de moyen terme n'est pas toujours mis en évidence.

Le GLOPRAM a pour but d'évaluer l'ensemble des conséquences budgétaires, année après année, en consolidant les budgets considérés en général de manière séparée (Ministère spécialisé responsable, Ministère des Finances, Sécurité sociale, collectivités locales), les uns supportant des dépenses alors que les autres engrangent des recettes. Munis des informations délivrées par le GLOPRAM, les décideurs publics auront des informations plus complètes pour arbitrer entre plusieurs projets, décider de mener à bien un projet ou le différer, et déterminer le mode contractuel le plus adapté.

A QUI EST DESTINÉ LE GLOPRAM ?

Le GLOPRAM est destiné aux décideurs publics qui doivent réaliser des choix d'investissements avec un objectif d'efficacité économique et budgétaire maximale.

Ce nouveau modèle d'évaluation des projets est destiné à être diffusé aux institutions qui souhaiteraient avoir une vision d'ensemble des impacts de leurs projets.

CE QUE FAIT LE GLOPRAM

- L'évaluation de l'impact budgétaire d'un projet pour l'État et les collectivités locales, incluant l'ensemble des recettes fiscales induites par le projet
- L'évaluation différenciée selon le mode contractuel (financement traditionnel, PPP, etc.)

CE QUE LE GLOPRAM NE FAIT PAS

- Les prévisions de la demande
- L'évaluation des impacts sociaux et économiques (analyse coûts-bénéfices)
- L'étude d'impact environnementale

COMMENT UTILISER LE GLOPRAM ?

A partir d'un questionnaire en ligne (www.glopram.fr) synthétisant les données fonctionnelles et les principaux résultats de l'analyse coûts-bénéfices d'un projet dans son environnement, le GLOPRAM fournit les résultats sous forme de graphiques interactifs qui permettent d'appréhender rapidement les conséquences positives et négatives d'un projet du point de vue socio-économique, environnemental et budgétaire.

STRUCTURE GENERALE DU MODELE

Le modèle GLOPRAM est un outil développé sur Excel. Il se compose de différents modules de calcul qui permettent d'évaluer un projet d'un point de vue socio-économique, environnemental, financier et budgétaire, à partir d'un nombre restreint de données, spécifiques au projet.

L'évaluation d'un projet par le modèle GLOPRAM s'appuie sur un ensemble de données qui doivent être fournies par l'utilisateur via un questionnaire en ligne, détaillé dans la section suivante. Ces données sont ensuite complétées par un ensemble de paramètres dérivés de la littérature académique et pratique. Cet ensemble de données alimente les différents modules de calcul du modèle :

- I. Un module DEMANDE qui permet de calculer notamment les séries chronologiques associées au gain de temps, aux émissions de gaz à effet de serre et à la pollution de l'air.
- II. Un module SOCIO-ECONOMIQUE qui permet de : i) calculer les coûts/bénéfices pour les usagers et la population ; ii) calculer le coût financier du projet ; et iii) répartir les coûts financiers entre les différentes parties prenantes.
- III. Un module ENVIRONNEMENT qui permet d'évaluer les coûts/bénéfices environnementaux induits par le projet
- IV. Un module PIB qui permet d'évaluer les retombées économiques du projet
- V. Un module FINANCE, utilisé pour les contrats avec société de projet (CREM & Finance, Concession SEO et Concession Privée). Il permet d'effectuer les projections financières de la société de projet ainsi que de calculer, le cas échéant, le montant de la subvention publique requise pour mener à bien le projet.
- VI. Un module BUDGET qui évalue l'ensemble des coûts et recettes pour la puissance publique

Dans les modules SOCIO-ECONOMIQUE, ENVIRONNEMENT, PIB et BUDGET, les données sont présentées sous forme de flux financiers desquels est déduite la valeur actuelle nette (totale, en période de travaux et en période d'exploitation). Les modules SOCIO-ECONOMIQUE, ENVIRONNEMENT et PIB utilisent un taux d'actualisation économique paramétré à 4%. Le module BUDGET utilise un taux d'actualisation

budgétaire paramétré à 2%. Ce sujet est plus largement discuté dans la section VI.

QUESTIONNAIRE ET HYPOTHESES CLES DU MODELE

Le modèle GLOPRAM a été développé pour être utilisé à différentes étapes de la réalisation d'un projet. Ainsi, le questionnaire a été élaboré pour s'ajuster automatiquement au niveau de détail des informations à la disposition de l'utilisateur.

Il se compose de 8 à 10 questions fermées qui permettent d'évaluer le niveau de détail des informations à la disposition de l'utilisateur et d'ajuster les résultats fournis par le modèle à ses besoins spécifiques.

A partir des réponses à ces questions, l'utilisateur est automatiquement redirigé vers des questions ouvertes et des questions à choix unique.

Les questions ouvertes ont pour fonction de recueillir les données clés du projet (quantitatives), le nombre de questions variant de 20 à 39.

Les questions à choix unique, dont le nombre varie de 7 à 10, permettent de recueillir l'avis de l'utilisateur sur certains thèmes clés et d'affiner automatiquement les hypothèses sous-jacentes au modèle.

Ce questionnaire alimente automatiquement deux feuilles de calcul dédiées aux hypothèses et données clés qui alimentent à leur tour les différents modules de calcul.

PRESENTATION DES MODULES DU MODELE GLOPRAM

I. MODULE DEMANDE

L'un des prérequis à l'évaluation d'un projet autoroutier est une estimation objective et réaliste du trafic. Le modèle GLOPRAM n'est pas destiné à effectuer ces estimations mais inclut un module spécifique aux données impactées par les prévisions de trafic. Il s'appuie sur les données d'entrée fournies par l'utilisateur via le questionnaire en ligne :

- Le nombre de véhicules jour sur l'autoroute estimé à la mise en service de l'autoroute (V_0)
- La distance moyenne parcourue par trajet \bar{D}
- Le gain de temps par rapport à l'itinéraire alternatif
- Le gain de distance par rapport à l'itinéraire alternatif
- La proportion de véhicules légers (VL) personnels, professionnels ainsi que la proportion de poids lourds (PL)
- Le taux de croissance annuel du trafic pour chaque type de véhicule

A partir de ces données, le module DEMANDE permet de calculer pour chaque année :

- Le trafic annuel pour chaque type de véhicule
- La distance annuelle parcourue par chaque type de véhicule
- La valeur du gain de temps pour chaque type de véhicule
- La variation de véhicules.kilomètres¹ (vkm) par rapport à la situation de référence
- La quantité de CO₂ évitée

Ces résultats permettent d'alimenter les modules SOCIO-ECONOMIQUE et ENVIRONNEMENT.

¹ Indicateur qui évalue le nombre de kilomètres parcourus sur l'autoroute en 1 an.

II. MODULE SOCIO-ECONOMIQUE

L'analyse socio-économique a pour but d'évaluer les coûts et bénéfices marchands et non marchands pour les différentes populations impactées par le projet. L'objectif du modèle GLOPRAM n'est pas de produire cette évaluation. Il s'appuie sur ses résultats pour évaluer les conséquences budgétaires d'un projet pour la Puissance Publique.

Le module SOCIO-ECONOMIQUE présente le bilan socio-économique du projet à partir des données fournies par l'utilisateur et d'un ensemble d'hypothèses sous-jacentes, dérivées de la littérature opérationnelle et académique.

Plus précisément, le modèle SOCIO-ECONOMIQUE présente une estimation² des coûts/bénéfices, marchands et non marchands, induits par le projet pour les groupes de population suivants :

- les usagers ;
- la population ;
- le partenaire privé ou l'État selon le mode contractuel

Pour les usagers et la population, les coûts/bénéfices sont regroupés en fonction de leur caractère marchand et non marchand³. Certains de ces coûts/bénéfices sont communs à l'ensemble des projets tandis que d'autres sont spécifiques à chaque type de projet.

● Coûts/bénéfices pour les usagers

Dans le cas d'une infrastructure de transport, les coûts/bénéfices pour les usagers sont détaillés dans le Tableau 1.

Les coûts/bénéfices non-marchands pour les usagers inclus dans le GLOPRAM sont le gain de temps et l'amélioration du confort. Les coûts/bénéfices marchands sont le coût d'utilisation de l'infrastructure et la variation du coût d'usage des véhicules.

² La précision de cette estimation dépend des données fournies par l'utilisateur.

³ Les biens et services marchands ont une valeur de marché, directement utilisable, alors que les biens et services non marchands n'ont pas à proprement parler de "prix", et sont donc plus difficilement monétisables.

Tableau 1 Coûts/bénéfices pour les usagers – projet autoroutier

Coûts et bénéfices non marchands
Gain de temps personnel VL
Gain de temps professionnel VL
Gain de temps pour les PL
Amélioration du confort
Coûts et bénéfices marchands
Coût d'utilisation de l'infrastructure
Coût d'utilisation de l'infrastructure HT
TVA
Variation coût d'usage VL
Variation coût d'usage PL

○ *La valorisation monétaire du gain de temps*

Pour chaque catégorie d'usager i^4 , le coût/bénéfice annuel associé au gain de temps se calcule comme suit :

$$\text{Valeur monétaire gain de temps total/an}_i = VT_i \times GT/\text{trajet} \times \text{trafic}_i$$

avec VT_i la valeur du temps pour la catégorie d'usager i , GT/trajet le gain de temps moyen par trajet et trafic_i le nombre de trajets par an pour la catégorie d'usager i .

Afin de faciliter l'utilisation du modèle, les valeurs du temps sont paramétrées par défaut, à partir des données fournies par Meunier et Quinet (2015) [1] pour les véhicules légers, et de la valeur utilisée dans certains dossiers d'enquête publics (comme celui de la liaison A89-A6) pour les poids lourds, qui tient compte d'un tonnage moyen des marchandises transportées. Elles sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 Valeurs du temps par défaut utilisées par le modèle GLOPRAM (en € de 2010 par heure)

Valeur du temps VL personnels ⁵	8,23
Valeur du temps VL professionnels	17,5
Valeur du temps PL	38,5

⁴ Véhicules légers personnels, véhicules légers professionnels et poids lourds.

⁵ Meunier et Quinet (2015) [1] donnent des valeurs distinctes pour différents motifs de déplacements personnels. Nous retenons ici la moyenne arithmétique de ces valeurs.

- *La valorisation monétaire de l'amélioration du confort*

Pour l'ensemble des usagers, la valeur monétaire de l'amélioration du confort pour chaque année n se calcule comme suit :

$$\text{Valeur monétaire de l'amélioration du confort /an} = C/\text{km} \times \Delta\text{km} \times \text{trafic}_n$$

avec C/km la valeur monétaire de l'amélioration du confort par kilomètre, Δkm la différence entre la longueur du trajet moyen en situation avec projet et sans projet, et trafic le nombre de trajets l'année n .

La valeur monétaire de l'amélioration du confort par kilomètre est fixée par hypothèse à 0,02 €.

- *Le coût d'utilisation de l'infrastructure*

Lorsque l'autoroute est à péage, l'utilisateur supporte un coût pour chaque trajet, égal au montant du péage qui inclut la TVA.

- *La variation de coût d'usage des véhicules*

Outre le coût d'utilisation de l'infrastructure, dans le cadre d'un projet autoroutier, la variation du coût d'usage des véhicules entre dans les coûts/bénéfices marchands.

La variation du coût d'usage des véhicules (CUV) résulte principalement de l'économie de carburant réalisée en utilisant l'autoroute. Cette économie est paramétrée à 0,85€/km économisé pour les véhicules légers et 4,26€/km pour les poids lourds. Ces valeurs ont été déduites des consommations moyennes des véhicules, du prix moyen du carburant et de la différence entre la longueur du trajet moyen en situation avec projet et sans projet. Ces valeurs ont été augmentées de 0,10€/km pour tenir compte de la variation du coût d'usage des véhicules qui résulte de l'amélioration de l'état des routes ou la réduction des embouteillages (comme suggéré dans la littérature académique. Voir notamment [2] Ranawaka & Pasindu (2017)). Les séries temporelles ont ensuite été calculées en multipliant ces valeurs unitaires par le trafic annuel pour chaque type de véhicule.

● Coûts/bénéfices pour la population

Dans le cadre d'un projet autoroutier, les coûts/bénéfices pour la population sont essentiellement non-marchands. Il s'agit des bénéfices associés à la création d'emploi et des gains de sécurité.

○ *Bénéfices associés à la création d'emploi*

Selon la [3] Banque Mondiale (2009), bien qu'il n'y ait guère de consensus sur les effets probables d'une forte augmentation des investissements publics sur la croissance à court terme, il y a une sous-composante de l'équation de la croissance qui peut être estimée avec plus de confiance : l'impact des investissements en infrastructures sur la création d'emplois à court terme. Il est possible de considérer trois niveaux d'impact découlant d'un investissement⁶ :

- L'impact primaire (emplois directs) qui concerne les personnes directement employées sur le site pour réaliser l'ouvrage ;
- L'impact secondaire (emplois indirects) qui concerne les personnes indirectement employées dans la fabrication des matériaux et l'équipement résultant de l'investissement initial
- L'impact tertiaire (emplois créés en conséquence de l'effet revenu) qui concerne l'emploi induit généré par les emplois directs et indirects créés. Cela comprend tous les emplois soutenus par les dépenses de consommation résultant des salaires des deux niveaux précédents.

Le calcul de la valeur monétaire relative à la création d'emploi s'appuie sur la notion de surplus qui est la différence entre le salaire effectivement perçu par le travailleur et son salaire de réserve, c'est-à-dire le salaire minimum pour lequel l'individu est disposé à travailler.

Le surplus individuel annuel se calcule alors de la manière suivante :

$$S_i = w_{\text{effectif}} - w_{R_i}$$

avec S_i le surplus d'un individu dans la situation initiale i (i = sans revenu, bénéficiaire du RSA, bénéficiaire de l'allocation chômage), w_{effectif} le salaire annuel perçu qui est fixé par hypothèse au salaire médian net, soit

⁶ Cette analyse est conforme à la méthode appliquée pour constituer les dossiers d'enquête publique.

21 468€ en 2016, et w_{R_i} qui est le salaire de réserve d'un individu dans la situation i . Par hypothèse, w_{R_i} est fixé à 50% du salaire médian pour les personnes sans revenus, 70% pour les bénéficiaires du RSA et 90% pour les bénéficiaires de l'allocation chômage.

Le surplus individuel moyen \bar{S} est ensuite calculé comme suit :

$$\bar{S} = \sum_i p_i S_i$$

avec p_i la part des personnes dans la situation i .

Pour chaque type d'impact (primaire, secondaire, tertiaire), la valeur monétaire annuelle est alors calculée en multipliant le nombre d'emplois créés par le surplus annuel moyen.

Le nombre d'emplois créés est, soit fourni par l'utilisateur, soit calculé par le modèle à partir du nombre d'emplois mobilisés en phase de construction et d'exploitation (impact primaire, secondaire et tertiaire) et d'une estimation de la part d'emplois créés (faible, moyenne, forte). Cette estimation est traduite automatiquement en données quantitatives par le modèle⁷.

Le modèle GLOPRAM fourni également à l'utilisateur la possibilité de renseigner les données relatives à la structure des personnes sans emploi dans la zone géographique concernée (part des personnes bénéficiaires de l'allocation chômage, du revenu de solidarité active et des personnes sans revenus), si ces données sont disponibles. Dans le cas contraire, l'estimation s'appuie sur des valeurs par défaut.

○ *Bénéfices associés aux gains de sécurité*

Il faut ajouter aux bénéfices associés à la création d'emploi les bénéfices associés à l'amélioration de la sécurité. Ils se calculent comme suit :

$$\text{Valeur monétaire du bénéfice pour } D_i = N_{D_i} \times v_{D_i}$$

⁷ La réponse « faible » se traduit par 5% d'emplois créés, la réponse « moyen » est associée à 10% d'emplois créés et la réponse « forte » est associée à 20% d'emplois créés.

avec D_i le dommage concerné i (i = décès, blessures graves, blessures légères), N_{D_i} le nombre de dommages i évités et v_{D_i} la valeur monétaire associée au dommage i .

Les valeurs v_{D_i} sont calibrés à partir des valeurs du référentiel Boiteux [4] et présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3 Valeurs monétaires associées aux accidents de la route dans le modèle GLOPRAM, en euros de 2000

Tués	1 000 000
Blessés graves	150 000
Blessés légers	22 000

● Coûts/bénéfices pour la l'État ou le partenaire privé

Les coûts/bénéfices liés à la construction de l'autoroute sont supportés par l'Etat ou le partenaire privé selon le mode contractuel. Le module SOCIO-ECONOMIQUE du modèle GLOPRAM inclus les différentes tâches à effectuer pour bien préparer, bien exécuter et bien exploiter le projet de l'autoroute. Cette liste est d'ailleurs applicable à la quasi-totalité des projets d'infrastructures de transport. Ces tâches sont détaillées dans le Tableau 4.

Tableau 4 Coûts/bénéfices liés à la construction de l'autoroute inclus dans le modèle GLOPRAM (supportés par l'Etat ou le partenaire privé)

Etude initiale
Acquisitions foncières, déplacement des réseaux, expropriation et libération d'emprises
Etudes d'avant/projet
Coûts de transaction
Coûts de construction
Contrôle et monitoring pendant la construction
Exploitation
Maintenance légère
Maintenance lourde
Contrôle et reporting

- *Étude initiale*

Cette tâche est effectuée sous la responsabilité de l'État, qui est, en principe, le mieux placé pour identifier ce dont la région ou le pays a besoin. Elle est souvent réalisée par les agents de l'État, mais peut être sous-traitée. C'est la phase cruciale du choix et de la préparation de projet, qui est de la responsabilité de la puissance publique.

- *Acquisitions foncières, déplacement des réseaux, expropriation et libération d'emprises*

Cette tâche est normalement exécutée par la puissance publique, car c'est elle qui est propriétaire du terrain et qui a l'autorité pour intervenir sur des propriétés privées. Dans certains cas, le partenaire privé peut faire l'avance des fonds.

- *Études d'avant-projet*

Ces études sont nécessaires pour bien définir le projet, son coût prévisionnel, son impact économique et environnemental, son impact social, et les mesures à prendre pour minimiser les impacts négatifs. Elles sont de la responsabilité de la puissance publique. Le degré de précision de ces études dépend du type de contrat. Elles seront faites de manière plus détaillée si la conception est de la responsabilité de la puissance publique.

- *Coûts de transaction*

Ils comprennent la préparation du dossier d'appel d'offres, l'appel d'offres et la négociation du contrat. Les coûts de transactions sont supportés par la puissance publique et le partenaire privé.

- *Le coût de construction*

Il s'agit du coût initial de construction, tel que prévu par le contrat avec le partenaire privé, qui est toujours responsable de cette tâche.

Souvent, il y a des dépassements dus à des événements imprévus, à une amélioration du projet en cours de travaux ou à un manque de détail dans les études amont. Le modèle GLOPRAM prévoit un surcoût systématique, à charge de la puissance publique.

Dans le cas de contrats incluant la conception et la réalisation, le coût de construction est réduit par rapport au contrat traditionnel, qui est la référence. Le montant de la réduction est basé sur les études académiques sur ce sujet (15%). Lorsque qu'il y a du péage, le coût de construction est augmenté de 5%.

- *Contrôle et monitoring pendant la construction*

Il est du rôle de la puissance publique de contrôler la qualité du déroulement des opérations d'études et de construction, et d'effectuer un reporting du déroulement des travaux.

Dans le cas des contrats avec une société de projet, c'est la société de projet qui porte une part importante de ces coûts, mais il en reste toujours une part pour la puissance publique.

- *Exploitation*

Sitôt le projet achevé, il est mis en exploitation, et ceci exige que des équipes, publiques ou privées selon les contrats, interviennent en cas d'incident, de problèmes météo ou autres. Elle est effectuée soit par la puissance publique, soit par le partenaire privé suivant le type de contrat. Les forces de police et gendarmerie sont concernées.

- *Maintenance légère*

Une infrastructure demande toujours un entretien courant, pour tondre les bas-côtés, colmater des fissures, réparer des glissières de sécurité, etc. Elle est effectuée soit par la puissance publique, soit par le partenaire privé suivant le type de contrat.

- *Maintenance lourde*

Périodiquement, il faut faire des interventions lourdes de réfection de chaussées, entretien des ponts, changement des appareils d'appui des piles... Ces travaux sont programmés et sont immobilisés du point de vue comptable. Dans le modèle GLOPRAM, pour les contrats avec société de projet, leur amortissement est prévu en 8 ans, paramétrable en fonction du type de réparation.

- *Contrôle et reporting*

De même que dans la phase de travaux, la puissance publique doit contrôler les tâches d'exécution des opérations de maintenances lourde et légère. Dans le cas des contrats avec une société de projet, c'est la société de projet qui porte une part importante de ces coûts, mais il en reste toujours une part pour la puissance publique.

Dans le modèle GLOPRAM, ces coûts sont calculés en pourcentage du coût des travaux prévus pour l'autoroute. Les pourcentages habituels pour ce genre de projet en France ont été retenus. Le coût de maintenance est un peu plus élevé dans le cas d'exploitation par le partenaire privé car, en général, l'entretien est plus régulier.

Bien entendu, il faudrait ajuster ces coûts pour chaque projet particulier, en fonction des caractéristiques du projet, et notamment de sa situation géographique. Ceci sera fait dans une prochaine version du logiciel.

III. MODULE ENVIRONNEMENT

Un module ENVIRONNEMENT complète le module SOCIO-ECONOMIQUE afin de tenir compte des coûts/bénéfices environnementaux associés à un projet. Ce module utilise les données fournies par l'utilisateur pour présenter le bilan environnemental d'un projet.

Les coûts/bénéfices environnementaux sont regroupés en trois catégories :

- Les coûts et bénéfices en termes de changement climatique
- Les coûts et bénéfices résultants de la pollution de l'air au niveau local
- Les coûts et bénéfices en termes de services écosystémiques

● Coûts/bénéfices en termes de changement climatique

L'une des conséquences la plus fréquemment prise en compte de la construction et l'utilisation d'une infrastructure est l'impact sur le changement climatique, induit par les émissions de gaz à effet de serre (GES)⁸. Les coûts du changement climatique sont définis par la Commission Européenne [5] comme les coûts associés à tous les effets du réchauffement climatique, tels que l'élévation du niveau de la mer, la perte de biodiversité, les problèmes de gestion de l'eau, la fréquence croissante des phénomènes météorologiques extrêmes et les mauvaises récoltes. Par ailleurs, l'une des caractéristiques essentielles des émissions des GES est leur caractère global : l'impact est le même peu importe la zone géographique dans laquelle les GES sont émis.

La Commission Européenne [6] propose une méthodologie d'estimation des coûts associés au changement climatique dérivée des émissions de GES, reprise dans le modèle GLOPRAM :

- Quantification du volume additionnel des émissions (ou des économies d'émissions) dans l'atmosphère
- Calcul des émissions totales en équivalent-CO₂ (CO₂e) à l'aide des Global Warming Potentials (GWP) : les émissions de GES autres que

⁸ Les GES comprennent les sept gaz énumérés dans le protocole de Kyoto, à savoir : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et le trifluorure d'azote (NF₃).

le CO₂ sont convertis en CO_{2e} à l'aide de facteurs de conversion normalisés, les GWP.

- Évaluation monétaire à l'aide d'un coût unitaire de CO_{2e} : les émissions en CO_{2e} sont multipliées par un coût unitaire exprimé €/tonne

Cette évaluation monétaire se fait en appliquant suivante :

$$C/B_{GES_n} = \Delta_{GES_n} \times C_{GES}$$

avec C/B_{GES} les coûts/bénéfices associés au changement climatique l'année n , Δ_{GES_n} le volume additionnel d'émissions de GES induit par le projet l'année n , exprimé en tonnes CO_{2e}, et C_{GES} le prix unitaire de la tonne de CO₂, actualisé et exprimé au prix de l'année au cours de laquelle l'analyse est effectuée.

Dans le modèle, le volume additionnel d'émissions de GES induit par le projet (Δ_{GES_n}) est calculé dans le module DEMANDE. Concernant le prix de la tonne de CO_{2e}, le GLOPRAM est conforme aux chiffres donnés par la Commission Européenne [5], qui identifie trois scénarios de prix possibles (faible, moyen et élevé), avec une augmentation à partir de 2030. Les prix correspondant à chaque scénario sont présentés dans le Tableau 5. Dans le modèle, le scénario retenu est déterminé par les réponses de l'utilisateur au questionnaire.

Tableau 5 Prix de la tonne de CO_{2e} utilisé dans le modèle GLOPRAM selon l'hypothèse retenue

	Jusqu'en 2030	Après 2030
Faible	60	156
Moyen	100	269
Elevé	189	498

● Coûts/bénéfices résultant de la pollution de l'air au niveau local

Un autre impact environnemental pris en compte dans le modèle GLOPRAM est la pollution de l'air au niveau local. Les principaux polluants sont les particules ou poussières en suspension (PM), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les composés organiques volatils (COV),

les métaux lourds, l'ozone (O_3), l'ammoniac (NH_3) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Comme pour la valorisation des émissions de GES, les coûts/bénéfices résultant de la pollution de l'air au niveau local se calculent en effectuant le produit du volume additionnel de chaque polluant par sa valeur monétaire⁹.

Dans le cas de l'évaluation d'un projet autoroutier, la Commission Européenne [5] donne des coûts moyens de la pollution atmosphérique pour les modes de transport terrestres dans l'UE28 exprimés en €/v*km. Ils s'élèvent à 1,14€₂₀₁₆ pour les véhicules légers et 9,38€₂₀₁₆ pour les poids lourds. Les séries chronologiques sont alors déduites en multipliant ces valeurs par la variation de v*km induite par le projet pour chaque type de véhicule.

● Coûts/bénéfices en termes de services écosystémiques

Afin d'appréhender l'impact économique des projets sur la biodiversité et les écosystèmes, il est d'usage d'utiliser le concept de services écosystémiques¹⁰ (voir notamment Mueller et al. (2016) [7]) qui peuvent se définir comme les bénéfices apportés par le fonctionnement des écosystèmes qui contribuent au bien-être de la société et à l'ensemble des activités économiques. Le Millenium Ecosystem Assessment [8] propose de regrouper ces services en quatre catégories :

- les services d'approvisionnement sont les biens matériels obtenus par les écosystèmes comme la nourriture ou les combustibles ;
- les services de régulation tels que la régulation du climat, la lutte contre les parasites, le maintien de la qualité de l'air et de l'eau ;
- les services culturels qui sont des bénéfices non-matériels comme les bénéfices esthétiques ou la possibilité de profiter de la nature à des fins récréatives ;
- les services de base sont les processus écologiques dont tous les autres services dépendent comme par exemple le cycle de l'eau ou la photosynthèse.

⁹ Les valeurs monétaires des polluants sont données dans l'Environmental Prices Handbook [15].

¹⁰ La notion de « services écosystémiques » a été reconnue en France dès 2009 à travers le rapport ministériel Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes (Rapport Chevassus-au-Louis, 2009 [11]).

Une méthode pour évaluer les coûts et bénéfices associés à la biodiversité et aux écosystèmes consiste à lister et quantifier les services écosystémiques (la quantité de nourriture consommée, les jours de pêche à la ligne ou les jours d'utilisation à des fins récréatives par exemple) puis à les convertir en valeurs monétaires.

Dans le modèle GLOPRAM, la valeur monétaire associée à la variation des services écosystémiques par kilomètre d'autoroute a été déduite des résultats de Tardieu (2016) [8] qui estime la valeur monétaire de la perte de services écosystémiques causée par la construction d'une autoroute en France. Toutefois, comme l'impact d'un projet sur les écosystèmes dépend largement de spécificités locales, l'utilisateur peut ajuster ces valeurs en indiquant dans le questionnaire s'il estime que l'impact du projet sur la biodiversité sera faible, moyen ou élevé. La réponse à cette question se traduit alors directement par un coefficient qui s'applique à la valeur monétaire associée à la variation de services écosystémiques par kilomètre.

IV. MODULE PIB

Le module PIB permet de refléter l'impact socio-économique et environnemental d'un projet sur l'activité économique. Il se constitue :

- Du PIB généré par la construction et l'exploitation de l'ouvrage
- Du PIB engendré par l'utilisation de l'ouvrage
- Des autres impacts qui incluent la hausse de l'attractivité de la zone géographique concernée, l'impact du projet sur l'emploi et la productivité, et la perte de PIB occasionnée par les coûts évités

● PIB généré par la construction et l'exploitation de l'ouvrage

Il faut distinguer deux périodes : la période des travaux et la période d'exploitation.

La période de travaux est paramétrée par défaut à 3 ans. Le pourcentage d'avancement du contrat est ajustable en année 1, 2 et 3.

Le contrat de travaux est considéré comme étant exécuté par une entreprise de construction principale, dite de niveau 1, qui effectue des achats locaux et à l'étranger et effectue sa prestation en payant salaires locaux et charges sociales locales, salaires étrangers et charges sociales à l'étranger. Elle passe des amortissements en pourcentage fixe de la valeur ajoutée, paye des impôts de production en pourcentage sur les salaires et la valeur ajoutée, paye ses frais financiers (pourcentage forfaitaire du chiffre d'affaires) et ses impôts sur le résultat annuel. Le bénéfice net se répartit entre des dividendes (60%) et le report à nouveau (40%). Les dividendes sont répartis entre dividendes locaux et dividendes versés à l'étranger.

Les achats sont effectués auprès d'une entreprise, dite de niveau 2, dont les comptes ont la même structure que l'entreprise de niveau 1. Cette entreprise de niveau 2 effectue également des achats auprès d'une entreprise de niveau 3, et ainsi de suite jusqu'au niveau 5. Les coefficients concernant les répartitions entre les postes du compte d'exploitation sont identiques pour tous les niveaux, à l'exception du pourcentage d'achats, qui se réduit au fur et à mesure que les niveaux augmentent. Il passe de 60% à 20% du chiffre d'affaires.

Le module PIB calcule ainsi automatiquement :

- Les salaires versés
- Les charges salariales payées
- Les amortissements
- Les frais financiers
- Les dividendes et les reports à nouveau

Une telle analyse des éléments du contrat initial permet de calculer les soldes intermédiaires de gestion de façon classique.

En particulier, conformément à sa définition, le PIB créé pendant la période de travaux est égal à la somme des valeurs ajoutées des entreprises des niveaux successifs, augmentée des achats de l'entreprise de niveau 5 et de la TVA. Cet impact sur le PIB en période de travaux correspond à une phase dite de « relance ».

En période d'exploitation, la même méthode est appliquée pour les activités de maintenance lourde et légère, ainsi que pour l'exploitation et le péage éventuel. Par rapport à la construction, le pourcentage des achats est réduit car il s'agit en général d'activités plutôt consommatrices de main d'œuvre que d'achats externes à l'entreprise.

● PIB engendré par l'utilisation de l'ouvrage

Comme le souligne le Département des Transports Britanniques [10], certains bénéfices pour les usagers se traduisent en un accroissement du PIB proportionnel. C'est le cas notamment des gains de temps professionnels. Ainsi le module PIB du modèle GLOPRAM reprend les bénéfices associés au gain de temps selon la règle suivante :

- Les poids lourds engendrent un PIB égal à leur valeur du temps économisé ;
- Les véhicules légers se déplaçant pour motif professionnel engendrent un PIB égal à 70% de leur valeur du temps économisé
- Les véhicules légers se déplaçant pour motifs personnel engendrent un PIB de 10% de leur valeur du temps économisé.

● Autres impacts sur le PIB

Les autres variations de PIB que crée l'autoroute sont plus liées à la structure économique de la région que traverse l'autoroute, plus lents à apparaître et donc plus difficiles à évaluer avec certitude. En effet, une infrastructure ne crée pas de PIB par elle-même, sauf en période de construction. Mais elle rend possible de la création de richesse et de PIB par les acteurs qui l'utiliseront, si d'autres paramètres favorables viennent catalyser la création de richesse (dynamisme des entrepreneurs, corpus juridique stable, bon climat des affaires...). L'autoroute augmente l'attractivité de la région qu'elle dessert.

Cette absence de causalité directe constitue une difficulté dans l'évaluation du PIB engendré, et la méthode d'approche retenue a consisté à utiliser des paramètres économétriques moyens. Dans le cas de suppression de goulots d'étranglement, comme le note le FMI dans son rapport de 2014 [9], la causalité est directe, les effets sont rapides et plus faciles à évaluer.

L'augmentation du PIB par l'amélioration de la desserte routière proviendra de :

- L'augmentation de l'attractivité résidentielle
- L'augmentation de l'attractivité touristique
- L'augmentation de l'attractivité pour les entreprises
- La modification favorable de la structure de l'emploi
- La création de PIB additionnel par concentration des activités économiques (effets d'agglomération).

En revanche, le PIB sera affecté négativement par les coûts évités, notamment dans le domaine de la santé par la réduction du nombre d'accidents.

Dans cette version du modèle GLOPRAM, les paramètres autres que la valeur du temps économisé et la réduction des coûts évités sont considérés, par prudence, comme nuls.

V. MODULE FINANCE

Le modèle GLOPRAM permet de comparer les effets économiques et budgétaires avec plusieurs types de contrats, certains où le constructeur est payé traditionnellement au fur et à mesure de l'avancement des travaux, et d'autres où il préfinance la partie investissement du contrat (contrat long, de type partenariat et concession). Dans les contrats traditionnels et de partenariat, il a été prévu que l'autoroute puisse être soit gratuite, soit à péage. Dans les contrats de concession, l'autoroute est à péage. 10 cas contractuels différents sont automatiquement analysés par le modèle.

Le module financier est utilisé pour les contrats à financement long (partenariat, concession), lorsque le partenaire privé constitue une société de projet (Special Purpose Vehicle ou SPV).

Dans le contrat de partenariat (CREM et finance), le partenaire privé est rémunéré par la puissance publique, en fonction de la disponibilité des ouvrages. L'ouvrage lui-même peut être soit gratuit, soit à péage pour le client final, et dans ce cas le risque de recettes est porté par la puissance publique, qui reçoit les péages.

Dans le contrat de concession, c'est le client final qui paye la société concessionnaire et c'est cette dernière qui porte le risque de recettes. Le modèle présente deux cas, l'un où la puissance publique est l'actionnaire de la société concessionnaire et l'autre où c'est un partenaire privé.

Pour le contrat de partenariat, le montant de la rémunération privée est calculé de façon à couvrir le montant de l'investissement d'une part, et les montants de l'exploitation et de la maintenance de l'autre. La maintenance est répartie entre la maintenance courante et la maintenance lourde, dont le coût est amorti sur plusieurs années (8 dans notre cas, mais c'est paramétrable). L'investissement comprend le contrat de travaux, les frais financiers intercalaires, le coût de la société de projet, et les coûts de transactions. Les coûts d'études détaillées sont compris dans le coût des travaux.

Dans le contrat de concession, les recettes et les coûts (investissement, exploitation et maintenance) sont données par le module SOCIO-ECONOMIQUE. A ces coûts se rajoutent les frais financiers intercalaires, le coût de la société de projet et les coûts de transaction. La valeur actuelle nette des coûts est comparée à la valeur actuelle nette des recettes, et la différence représente le montant de la subvention que la

puissance publique doit donner pour que la société de projet soit rentable, avec un TRI de l'ordre de 10% en termes réels. La subvention est répartie de manière égale sur les 3 ans de construction.

Il s'agit d'une approximation et le calcul estimatif ne remplace pas la constitution d'un modèle financier complet. En revanche, cette méthode est suffisamment précise pour pouvoir comparer l'effet budgétaire des différents contrats.

Les paramètres techniques et financiers diffèrent selon les types de contrats et l'existence de péage. Lorsqu'il y a péage, le coût des travaux est plus élevé, ainsi que le coût de maintenance. Lorsque le partenaire privé est en risque de recettes, son coût d'emprunt, sa rémunération du capital donc son WACC¹¹, sont plus élevés. Le paramétrage de la rémunération du partenaire privé a été fait pour obtenir environ 10% en valeur réelle (hors inflation).

Pour chaque cas contractuel, les paramètres sont entrés dans un modèle financier classique :

- Inflation (de 2%, paramétrable)
- Montant de l'investissement
- Recettes
- Dépenses d'exploitation et de maintenance légère
- Dépenses de maintenance lourde
- Durée et taux de l'emprunt
- Ratio dette/capital
- Ratio de couverture de la dette exigé pour verser des dividendes,
- Répartition du capital entre local et étranger
- Durée de l'amortissement comptable de l'investissement.

Les données de sortie sont :

- Le TRI des actionnaires
- La dette levée
- Les impôts payés par la société de projet
- Les impôts payés par les actionnaires de la société de projet sur leurs dividendes versés.

Les données de sorties sont reportées dans le tableau de synthèse et utilisées dans le module BUDGET.

¹¹ Weighted Average Cost of Capital ou coût moyen pondéré du capital.

VI. MODULE BUDGET

Ce module constitue la contribution majeure du modèle GLOPRAM, et a été conçu pour pallier le manque d'analyses chiffrées relatives à cette problématique dans la littérature académique. Les articles académiques¹² portent en effet principalement sur les coûts des projets, les financements possibles et les risques associés, alors que les conséquences du projet lui-même sont très peu abordées. Les études ex post de l'utilité du projet et de ses conséquences budgétaires pour la puissance publique sont fort rares. Ceci tient certainement au manque de données disponibles, et au nombre élevé d'hypothèses nécessaires.

● Considérations théoriques

Avant de détailler le contenu du module BUDGET du modèle GLOPRAM il semble essentiel de détailler les éléments suivants :

- La question fondamentale des revenus fiscaux liés au projet
- La question du péage par le client final
- Le coût d'opportunité des fonds publics
- Le taux d'actualisation budgétaire
- Les bénéfices techniques apportés par le secteur privé dans son domaine de pertinence
- Le surcoût financier apporté par le secteur privé lorsqu'il apporte son financement
- La durée d'observation de l'effet budgétaire du projet

○ *La question des revenus fiscaux liés au projet*

Le modèle GLOPRAM s'appuie sur l'idée, défendue notamment le FMI [11] et la Banque Mondiale, selon laquelle un ensemble de projets bien conçus et bien menés augmentent le PIB du pays et, par le jeu de la fiscalité, se repayent complètement, sans augmenter le ratio dette/PIB.

Ainsi, la combinaison de la croissance créée et de la taxation par les pouvoirs publics donnerait un résultat qui surcompense le coût d'investissement initial.

Mais l'unicité budgétaire étant de règle, les revenus fiscaux d'un bon projet ne sont généralement pas identifiés dans le budget de la puissance

¹² Voir notamment Roehrich et al. (2014) [14] et Maryouri (2013) [15].

publique. Il n'y a que dans le cas des concessions qu'une partie des revenus fiscaux est facilement identifiée : TVA payée par les clients finaux, impôts payés par la concessionnaire et par les entreprises de travaux et d'exploitation. Il manque dans ce type d'analyses un élément essentiel : les impôts sur la richesse additionnelle induite par le projet. Le gain de temps se traduit partiellement en croissance du PIB, donc en croissance des recettes fiscales.

Le module BUDGET du modèle GLOPRAM permet de tenir compte de l'ensemble des recettes fiscales induites par un projet, en phase de construction comme d'exploitation.

- *La question du péage par le client final*

La réponse à cette question dépend largement du mode de fonctionnement du pays. En France, la plupart des autoroutes sont à péage, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays européens, où coexistent vignette, péage pour poids lourds seulement, et bien d'autres méthodes spécifiques. La culture du pays est donc un élément essentiel dans cette analyse.

Ce sujet soulève la question de l'acceptabilité sociale du péage et de sa perception par les décideurs publics, alors même que lorsqu'un service marchand est très désirable (smartphone par exemple), les gens acceptent de payer.

- *Le coût d'opportunité des fonds publics (COFP)*

Il s'agit d'un coût économique, qui porte sur la partie que la puissance publique finance par son budget. Pour simplifier, nous dirons que lorsque la puissance publique affecte 100 € de son budget à un investissement, le coût économique de ces 100 € est égal à $100 \times (1 + COFP)$. Dans le GLOPRAM, ce coût a été paramétré à 10%. C'est plutôt faible, le Commissariat Général à la stratégie et à la prospective préconisant plutôt 20% en 2013.

Il s'y ajoute le prix fictif de rareté des fonds publics, qui recouvre une notion assez proche, évalué à 5% selon le CGEDD (2014) : au total, nous

avons pris 15% de surcoût économique appliqué aux dépenses nettes d'argent public¹³.

Ce coût d'opportunité des fonds publics favorise évidemment le paiement de l'infrastructure par le client final, comme on le voit pour les services publics essentiels (eau, gaz, électricité, téléphone, assainissement, ordures ménagères).

Pour reprendre le schéma simple du FMI : la gratuité n'existe pas, il n'y a pas de *free lunch*, et uniquement deux sources de « *funding* » : le contribuable et le client final.

- *Le taux d'actualisation budgétaire*

C'est un taux dont on parle peu, et qui est souvent confondu avec le taux des emprunts d'état à 10 ans (OAT en France), ou avec le taux d'actualisation économique décidé de façon tutélaire et qui s'applique uniquement aux calculs économiques et non budgétaires. En fait, il s'agit du taux implicite qui guide la décision publique quand il s'agit de savoir s'il faut dépenser budgétairement 100 € aujourd'hui, ou $(100 + t)$ € l'année prochaine.

Pour les projets d'investissements, ce taux est essentiel car si une autoroute rapporte 10 € de taxes pendant 20 ans, doit-on prendre une recette fiscale de 200 € pour faire l'estimation des recettes au moment de prendre la décision de faire ou non le projet ?

Nous avons retenu des taux variants entre 0% et 5%, le modèle GLOPRAM permettant de simuler tous les cas intermédiaires, et le taux 0% correspondant à une absence d'actualisation.

- *Les bénéfices techniques apportés par le secteur privé dans son domaine de pertinence*

Il existe de très nombreuses études montrant le gain apporté par un contrat de Conception-construction, un contrat CREM, un contrat de partenariat et un contrat de concession par rapport au contrat traditionnel. Nous avons retenu une économie de 15% du montant de l'investissement. Pour la maintenance, nous avons fait l'inverse : les coûts de maintenance du secteur privé sont supérieurs de 1% aux coûts

¹³ Pour plus de renseignements sur le COFR et la rareté des fonds publics voir notamment le Tome 2 du Rapport « L'évaluation socio-économique en période de transition » (Groupe de travail présidé par E. Quinet, 2013).

publics, notamment parce que la maintenance est faite correctement et ne nécessite pas d'opération de rattrapage ultérieur. Ce point sera amélioré ultérieurement dans le modèle, lorsque l'état de l'ouvrage et son utilité publique auront été liés à son niveau de maintenance.

- *Le surcoût financier apporté par le secteur privé lorsqu'il apporte son financement*

Lorsque le partenaire privé apporte son financement, le taux d'intérêt du prêt bancaire est plus élevé que le taux d'emprunt de la puissance publique, et la rémunération du capital également. Par conséquent il y a un surcoût financier par rapport à un ouvrage financé uniquement par la puissance publique.

Le ratio de couverture de la dette, paramètre essentiel pour déterminer la possibilité d'emprunt du partenaire privé, est également un élément qui enchérit le financement privé par rapport au financement public.

Finalement, il faut utiliser un modèle financier complet pour faire la balance entre les surcoûts financiers et les gains techniques pour savoir comment orienter le choix du type de contrat.

- *La durée d'observation de l'effet budgétaire du projet*

L'horizon d'observation budgétaire dépend des circonstances. En situation de crise, il sera très court (5 ans par exemple). En période électorale, il peut même être encore plus court s'il s'agit d'inaugurer un ouvrage, quel qu'en soit le coût ultérieur. Mais il serait logique d'anticiper la situation budgétaire sur une durée du même ordre que celle du contrat de concession, entre 20 et 40 ans. La question du taux d'actualisation budgétaire en est d'autant plus importante. Dans le modèle GLOPRAM, on peut donner les résultats pour l'année retenue, jusqu'à 30 ans après la mise en exploitation.

- Evaluation des impacts budgétaires

Les valeurs annuelles des dépenses reprennent les montants annuels de l'analyse socio-économique. Mais comme le taux d'actualisation

budgétaire n'est pas le même que le taux d'actualisation économique, les montants actualisés sont un peu différents.

- Les dépenses

Les dépenses sont réparties en deux groupes : celles toujours faites par la collectivité publique en tant que maître d'ouvrage, quel que soit le type de contrat, et celles qui peuvent être réalisées soit par le maître d'ouvrage lui-même, soit par l'entreprise privée selon le type de contrat. Dans les dépenses toujours faites par le maître d'ouvrage, on trouvera les études initiales, les acquisitions foncières, les coûts de transaction, le contrôle des travaux et de l'exploitation, et le monitoring de l'ouvrage. Dans les autres dépenses, on trouve la maintenance, l'exploitation et la construction. La construction est toujours réalisée par l'entreprise privée.

- Les recettes pour l'Etat

Elles sont réparties en 7 classes.

- Les recettes fiscales (y compris TVA) provenant des variations de PIB dues aux utilisateurs de l'ouvrage, aux recettes fiscales provenant des variations de PIB dues aux autres bénéficiaires et les recettes fiscales provenant des salaires versés lors de la création d'emplois supplémentaires par le fait de l'ouvrage.
- Nous avons retenu le taux moyen français de 46% de prélèvements obligatoires par rapport au PIB.
- Les recettes fiscales provenant des entreprises et de la société de projet. Elles comprennent l'impôt sur les sociétés, les impôts de production, les charges salariales, les droits de douane, les impôts spécifiques de la société de projets (taxe d'aménagement du territoire par exemple).
- Les recettes fiscales provenant des salariés et actionnaires. Elles comprennent l'IRPP, la CSG, la CRDS, la TVA sur la part consommation des salaires distribués, les impôts sur les dividendes reçus par les actionnaires du constructeur et de la société de projet
- La variation de TICPE et des taxes foncières concernant les transactions dans la zone du projet
- La TVA sur les clients finaux de l'autoroute, sur les droits de douane et sur les travaux et exploitation de l'ouvrage

- Les recettes HT en provenance du client final dans le cas d'une autoroute à péage réel gérée directement par la puissance publique.
- Les coûts évités pour l'Etat (dépenses de santé, aides sociales, entretien, formation/apprentissage)

- o Les recettes pour les collectivités locales

Elles sont réparties en 4 classes :

- Le fonds de compensation de la TVA
- Les impôts dont l'assiette est constituée par salaires et main d'œuvre. Il s'agit du versement Transport et de la contribution apprentissage
- Les impôts sur la production. Il s'agit de la taxe foncière sur le bâti, de la cotisation foncière des entreprises, de la cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises, de l'IFER pour les réseaux électriques, de la Tascom pour les surfaces commerciales, et de quelques autres.
- Les impôts locaux classiques, qui sont affectés par la modification du nombre d'habitants et de l'activité des commerces. Il s'agit de la taxe foncière et de la taxe d'habitation (pour ceux qui la payent) et des taxes liées au surcroît de la consommation locale.

Le modèle GLOPRAM fait ensuite le bilan budgétaire des recettes et des dépenses pour l'Etat, soit en tenant compte des recettes fiscales, soit en ne les prenant pas en compte. De la série de valeurs obtenues, il est possible de déduire un TRI pour le budget de l'Etat, ainsi qu'une « *pay back period* ».

RESULTATS FOURNIS PAR LE MODELE GLOPRAM

Pour un mode contractuel déterminé, le modèle GLOPRAM synthétise les résultats des différents modules sur une feuille de calculs contenant les flux financiers et les valeurs actuelles nettes. Un tableau de synthèse clôture cette feuille de calcul, montrant les principaux résultats de l'autoroute par type de contrat. 10 cas contractuels différents étant automatiquement analysés par le modèle, le modèle produit donc 10 feuilles de résultats distinctes.

Ces résultats sont ensuite reportés dans un tableau de synthèse et présentés sous la forme de graphiques dynamiques. Le contenu des graphiques standards est détaillé dans le Tableau 6. Toutefois, les possibilités offertes par le GLOPRAM permettent de s'adapter à une grande variété de demandes.

Tableau 6 Contenu des graphiques standards fournis par le modèle GLOPRAM

CONTENU DU GRAPHIQUE	PARAMETRES DYNAMIQUES
1. Coût budgétaire actualisé – autoroute gratuite	- Horizon temporel : fin de travaux et/ou après 10, 15, 20 ans d'exploitation
2. Coût budgétaire actualisé – autoroute payante	- Avec et/ou sans tenir compte des revenus fiscaux
3. Coût budgétaire actualisé avec bénéfices fiscaux	- Type de contrat - Avec et/ou sans financement public - Gratuit et/ou péage
4. VAN des coûts/bénéfices pour les usagers et sensibilité aux prévisions de trafic	- Type de coûts/bénéfices - Gratuit et/ou péage
5. Ecart entre le PIB généré par le projet et les coûts à la charge de l'Etat	- Type de contrat - Gratuit et/ou péage

Les résultats étant très sensibles à certains paramètres tels que les taux d'actualisation, les prévisions de trafic ou encore les hypothèses relatives au gain de temps, il est possible d'effectuer des analyses de sensibilité en faisant varier les paramètres d'entrée du modèle. Ce type d'analyses permet d'évaluer et confronter différents scénarios.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] D. Meunier et E. Quinet, «Value of Time estimations in Cost Benefit Analysis: the French experience,» *Transportation Research Procedia* 8, pp. 62-71, 2015.
- [2] S. Ranawaka et H. Pasindu, «Estimating the Vehicle operating cost used for economic feasibility analysis of highway construction projects,» chez *Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*, Moratuwa, 2017.
- [3] J. Schwartz, L. Andres et G. Dragoiu, «Crisis in LAC: Infrastructure Investment, Employment and the Expectations of Stimulus,» *LCSSD Economic Unit, The World Bank*, July 2009.
- [4] M. Boiteux et L. Baumstark, «Transports : choix des investissements et coût des nuisances,» 2001.
- [5] Commission européenne, «Handbook on the external costs of transport,» 2019.
- [6] Commission Européenne, «Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020,» 2014.
- [7] H. Mueller, D. P. Hamilton et G. J. Doole, «Evaluation services and damage costs of degradation of a major lake ecosystem,» *Ecosystem Services*, vol. 22, n° %1Part B, pp. 370-380, 2016.
- [8] M. E. Assessment, «Ecosystems and Human well-Being. Synthesis report.,» 2005.
- [9] L. Tardieu, «Handbook on Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment,» chez *Economic evaluation of the impacts of transportation infrastructures on ecosystem services*, 2016, pp. 113-139.
- [10] Department for Transport, «TAG UNIT A2.1 Wider Economic Impacts Appraisal,» *Transport Analysis Guidance (TAG)*, London, 2019.
- [11] Fonds Monétaire International, «Legacies, Clouds, Uncertainties,» *World Economic Outlook*, 2014.
- [12] B. Chevassus-au-Louis, «Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes,» *La documentation française*, Paris, 2009.

- [13] J. Roehrich, M. Lewis et G. George, «Are Public-Private Partnerships a Healthy Option ? A systematic Literature Review of "Constructive" Partnerships between Public and Private Actors,» *Social Science & Medicine*, vol. 113, pp. 110-119, 2014.
- [14] L. Maryouri, «A Comparative analysis of PPP financing mechanisms for infrastructure projects,» chez *PPP International Conference 2013*, 2013.
- [15] CE Delft, «Environmental Prices Handbook. EU28 version,» 2018.