



Perceval, un logiciel d'aide au choix des structures routières qui prend en compte les impacts environnementaux

PERCEVAL est un logiciel de calcul qui permet d'effectuer sur le cycle de vie complet (phase construction + phase entretien) une comparaison économique et environnementale entre une structure routière en béton et une structure en matériau bitumineux ou bien, concernant les dispositifs de protection le long des voies de circulation, un mur en béton et une glissière en métal.



Route à fort trafic. Revêtement béton à gauche et revêtement bitumineux à droite. Séparateur béton sur le terre-plein central et glissières métal le long des bas-côtés © CIMbéton

Dans le cadre de l'étude d'un projet de route, de voirie ou d'aménagement urbain, le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre se doivent aujourd'hui, pour justifier leur choix, d'établir un véritable bilan technique, économique et environnemental. Aussi, l'entreprise pourrait faire appel à une telle analyse pour valoriser son offre ou justifier une variante.

Pour chaque projet routier, il est donc nécessaire de procéder à une analyse multicritère détaillée et comparative des diverses solutions possibles afin d'établir les atouts de chacune d'entre elles.

Cette analyse technique, économique et environnementale, peut être menée grâce au nouveau logiciel PERCEVAL proposé par CIMbéton.

Choix d'une structure de chaussée : l'analyse multicritère

Une chaussée est une structure plane conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de sécurité et de confort pour les usagers, et assurer sa fonction sur une période de service minimale fixée au stade d'élaboration du projet.

Le rôle de la chaussée est de reporter sur la plate-forme support, en les répartissant convenablement, les sollicitations dues au trafic.

Sa réalisation est l'aboutissement d'une élaboration complexe nécessitant un enchaînement de choix. Celui du tracé, d'abord, est essentiellement politique et économique. Il devra assurer certaines liaisons et permettre les échanges et il en résultera un trafic de véhicules que la route devra pouvoir supporter. En fonction de ce trafic et des caractéristiques des sols rencontrés, plusieurs solutions techniques pourront être proposées pour la structure de la chaussée. L'analyse multicritère (technique, économique, environnementale, etc.) permettra de déterminer la solution la mieux adaptée.

Les aspects techniques porteront sur le choix de la structure proprement dite, soit les matériaux (liants, granulats, etc.) et les différentes couches constituant la chaussée.

Les aspects économiques porteront sur les coûts de l'investissement mais aussi de l'usage et de l'entretien pendant une période de service donnée.

Les aspects environnementaux porteront sur l'analyse du cycle

de vie de l'ouvrage (du berceau jusqu'à la fin de la période de service).

Il s'agira d'établir un véritable bilan prévisionnel technique, économique et environnemental pour chaque solution technique envisagée. Longtemps, cela n'était pas une pratique courante aussi bien pour des raisons techniques qu'administratives; mais l'élargissement de l'éventail des solutions béton associé à la préoccupation, de plus en plus marquée de la part des élus et des administrations, de rigueur dans les choix techniques, de bonne gestion et de respect de l'environnement, font que ce bilan est établi aujourd'hui sur un nombre croissant de projets routiers et constitue l'élément de décision majeur du donneur d'ordre.

Le choix final se porte en général sur la solution qui réduit et les impacts sur l'environnement, et le coût global de l'opération avec un écart de prix significatif (supérieur à 10%). À défaut, on privilégie normalement les solutions permettant d'assurer, dès la construction de la route, un service de longue durée n'entraînant qu'un entretien peu fréquent et léger.

Pour que cette étude comparative soit pertinente, les calculs doivent donc intégrer notamment les facteurs suivants :

- l'aspect économique en s'appuyant sur la notion de coût global C_g ,
- l'aspect environnemental en procédant à une analyse de cycle de vie de l'ouvrage sur le cycle complet (« du berceau à la tombe »).

D'autres paramètres difficiles à quantifier peuvent évidemment avoir une influence dans le choix de la technique de construction,

tels que le coût social, la permanence du service rendu à l'utilisateur, l'utilisation de matériaux locaux ou de production nationale, l'emploi de la main-d'œuvre locale, l'incitation économique régionale, etc.

L'aspect économique

Pour tenir compte de l'échelonnement dans le temps des différents coûts (construction, travaux d'entretien courant, travaux de renforcement), il est nécessaire de définir un taux d'actualisation permettant l'évaluation globale à la date de construction de la voirie.

Le coût global « Cg » est ainsi exprimé en valeur actualisée :

$$Cg = Pc + (Ec)_{\text{actualisé}} + (R)_{\text{actualisé}}$$

Avec Pc = coût de construction, (Ec) actualisé = l'ensemble des coûts d'entretien courant actualisés sur la période de comparaison et (R) actualisé = l'ensemble des coûts actualisés des travaux de renforcement sur la période de comparaison.

L'aspect environnemental

Pour chaque technique envisagée, un bilan par analyse de cycle de vie (ACV) doit être effectué, soit pour les phases de construction et d'entretien jusqu'à la fin de la période de service. La méthodologie employée consiste à quantifier les matériaux et composants, puis les substances puisées et émises dans l'environnement, en considérant des inventaires issus de différentes bases de données, et enfin des indicateurs environnementaux parmi ceux les plus couramment employés en analyse de cycle de vie.

Le logiciel PERCEVAL

PERCEVAL est un logiciel de calcul qui permet d'effectuer sur le cycle de vie complet « phase construction + phase entretien » :

- soit une évaluation économique et environnementale d'une structure routière en béton ou d'un ouvrage routier en béton (dispositif de retenue, ouvrage d'assainissement),
- soit une comparaison économique et environnementale entre une structure routière en béton et une structure classique en matériau bitumineux ou entre un dispositif de retenue en béton et une glissière en métal.



Une plate-forme de transport en site propre. Revêtement béton pour les bus et revêtement bitumineux pour le trafic véhicule © CIMbéton

Ses domaines d'emploi

PERCEVAL permet d'effectuer les 7 simulations suivantes :

- évaluer les structures de chaussées en béton avec fondation et/ou les comparer aux structures en matériaux bitumineux (Module 1),
- évaluer les structures de chaussées en béton avec fondation et/ou les comparer aux structures avec revêtement en produits modulaires (pavés/dalles en pierre naturelle ou pavés/dalles préfabriqués en béton) (Module 2),
- évaluer les structures de chaussées en béton sans fondation et/ou les comparer aux structures en matériaux bitumineux (Module 3),
- évaluer les structures de chaussées en béton sans fondation et/ou les comparer aux structures avec revêtement en produits modulaires (pavés/dalles en pierre naturelle ou pavés/dalles préfabriqués en béton) (Module 4),
- évaluer les structures en graves hydrauliques et/ou les comparer aux techniques en matériaux bitumineux (Module 5),
- évaluer les dispositifs de retenue en béton et/ou les comparer aux glissières en métal (Module 6),

- évaluer les ouvrages d'assainissement en béton (Module 7).

Son champ d'application

Du « berceau » jusqu'à la fin de la période de service : phase construction + phase entretien.

Ses indicateurs d'évaluation

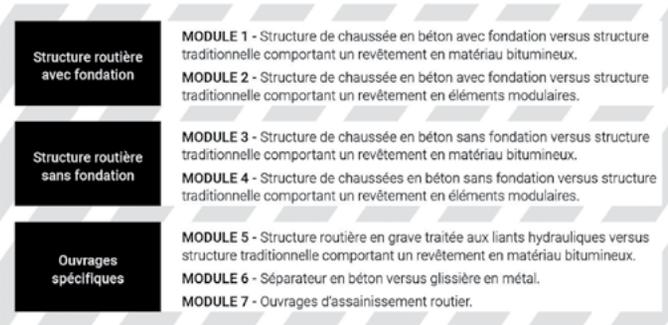
PERCEVAL détermine les 7 indicateurs suivants :

- 1 indicateur économique : coût global (actualisé),
- 6 indicateurs environnementaux : émissions de Gaz à Effet de Serre « GES », consommation d'énergie, épuisement des ressources naturelles, consommation d'eau, acidification de l'air et eutrophisation de l'eau⁽¹⁾.

Sa base de données

Pour les calculs environnementaux, le logiciel s'appuie sur une base de données rassemblant les différents inventaires de cycle de vie (ICV) des constituants de base des matériaux routiers (ciment, liants hydrauliques routiers, granulats, bitume, eau), du gazoil, de l'acier et des matériels de fabrication, de transport et de mise en œuvre.

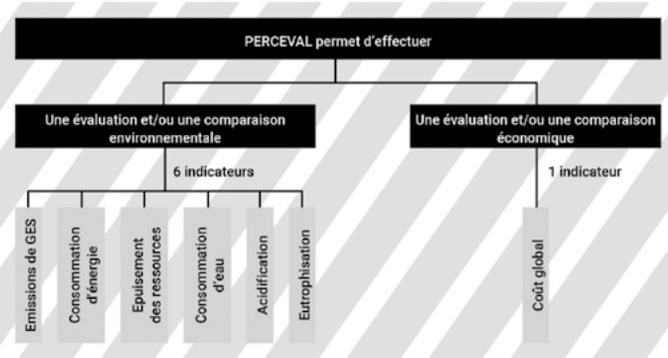
(1) Eutrophisation : enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates, notamment), entraînant des déséquilibres écologiques tels que la prolifération de la végétation aquatique ou l'appauvrissement du milieu en oxygène.



Les 7 modules d'évaluation et de comparaison © CIMbéton



Le champ d'évaluation et de comparaison © CIMbéton



Les 7 indicateurs évalués © CIMbéton

ICV Granulats 2017 : Source UNPG.
 ICV Bitume 2011 : Source Eurobitume/Ecoinvent
 ICV Ciments (CEM) 2017 : Source ATILH.
 ICV Liants Hydrauliques Routiers LHR 2018 : Source ATILH
 ICV Armatures, fers de liaison et goujons 2016 : Source Base ArcelorMittal
 ICV Gazoil : Source Base Eco-invent
 ICV Centrale de Malaxage : calculs réalisés par CIMbéton en s'appuyant sur la base Eco-Invent.
 ICV Transport : calculs réalisés par CIMbéton en s'appuyant sur la base Eco-Invent.
 ICV Mise en œuvre : calculs réalisés par CIMbéton sur des données "consommation machines" provenant d'enquêtes auprès des entreprises routières et en s'appuyant sur la base ICV gazoil d'Eco-Invent.

La base de données environnementales © CIMbéton

Pour les calculs économiques, le logiciel intègre tout le processus d'évaluation et de comparaison, mais il ne comporte aucune base de données. Il revient à l'utilisateur de collecter ces données au niveau local et de les intégrer au logiciel.

Son logigramme de calcul

PERCEVAL a été conçu avec une architecture organisée en étapes reprenant les différentes phases du processus de mise en œuvre et d'entretien des techniques routières à évaluer ou à comparer. Chaque étape correspond à une source de données ou à un interlocuteur. L'utilisation du logiciel est rendue conviviale grâce à la présence d'un « menu interactif » illustrant les différentes étapes de la simulation. Ce menu est repris à l'identique sur tous les écrans de calcul et de simulation. Les étapes peuvent être renseignées dans n'importe quel ordre et l'utilisateur pourra, à tout moment, revenir sur une étape et modifier la saisie. À chaque étape, pour valider la saisie et enregistrer les valeurs, il convient de cliquer sur le bouton « OK » situé en bas de page.

Chaque étape est accompagnée d'une notice explicative en bas de page. De plus, des liens d'aide sont prévus pour la majorité des champs d'entrée. Ils sont matérialisés par un point d'interrogation encadré.

PERCEVAL, un logiciel sur mesure

Pour chacune des évaluations ou comparaisons, le logiciel a été conçu pour permettre à l'utilisateur de :

- choisir, en fonction des données locales de son projet, les valeurs des paramètres à chaque étape de l'étude,
- déterminer rapidement, parmi les deux techniques comparées, celle qui est la mieux adaptée pour son projet sur les plans économique et environnemental.

En outre, les champs de saisie des données offrent souvent à l'utilisateur deux possibilités qui ne sont pas exclusives :

- choix de valeurs moyennes ou indicatives. Elles sont fournies par le logiciel sous forme de menu déroulant. Cela permet de réaliser une simulation rapide et suffisamment précise. L'utilisateur peut de toute façon affiner ultérieurement la simulation s'il obtient entre temps les données exactes de ses interlocuteurs,

- ou saisie directe de valeurs exactes. Cela fournit une meilleure précision dans le calcul des impacts économiques et environnementaux des deux techniques en compétition, mais nécessite au préalable la collecte des données indispensables à la simulation, par exemple par enquête auprès des différents intervenants potentiels sur le projet.

Ce que prend en compte le logiciel

En phase construction :

- les coûts et impacts d'extraction, de fabrication et de transport des constituants des matériaux routiers (liant, granulats),
- les coûts et impacts de fabrication des matériaux et des mélanges,
- les coût de transport de ces matériaux et mélanges des sites de production jusqu'au chantier,
- les coûts et impacts des ateliers de mise en œuvre.

En phase entretien :

Les éléments de même type que pour la phase construction complétés par :

- les coûts et impacts de déconstruction (rabotage, transport et mise en décharge ou en plateforme de recyclage).

Ce qu'il ne prend pas en compte

- Les coûts et impacts de fabrication des matériels d'extraction, de fabrication et de transport des matériaux, ni ceux des engins de mise en œuvre,
- la réduction de la consommation d'énergie électrique de l'éclairage dans le cas des chaussées en béton qui, grâce à leur clarté, permettent de réduire la consommation électrique,
- la réduction du réchauffement climatique dans le cas des chaussées en béton qui, grâce à leur clarté, permettent de réduire le réchauffement climatique (c'est l'effet Albedo – voir encadré).

Présentation des résultats

En fin de calculs, on retrouve l'ensemble des données saisies ou choisies par l'utilisateur dans le menu déroulant, les résultats du calcul des impacts de chacune des deux techniques comparées, les résultats de la simulation sous forme de tableaux comparant les deux techniques entre elles, à la fois sur les plans économique et environnemental, et une

