



Produit innovant : béton avec fondation en mortier préformé

Comparaison des deux méthodes

Méthode traditionnelle en béton	Méthode innovante en béton structuré en deux couches
Déplacement et temps : 1 heure par mètre	Déplacement et temps : 1 heure par mètre
Charges au mètre : 100 kg/m	Charges au mètre : 100 kg/m
Type de matériaux : Béton	Type de matériaux : Béton
Type de mortier : Mortier	Type de mortier : Mortier
...	...



#mieuxcirculer #mieuxprotégerlaplanète #chantier #voiriesetaménagementsbéton

CIMbéton a le plaisir de vous adresser le numéro 5 de Routes La Revue. Celui-ci est entièrement dédié à PERCEVAL et destiné à familiariser le lecteur avec l'utilisation de ce logiciel dans le cadre d'un projet d'entretien structurel d'une chaussée routière, d'une voirie ou d'un aménagement urbain. On se propose donc, au moyen d'une étude de cas, une fois identifiées les solutions techniques les mieux adaptées, d'effectuer une simulation complète à l'aide de PERCEVAL, afin de définir la meilleure technique d'entretien structurel sur le plan économique et sur le plan environnemental.

Nous sommes sûrs que vous saurez apprécier ce numéro, qui montre toutes les potentialités offertes par ce logiciel.

Vous pouvez, bien entendu, retrouver l'ensemble des reportages de Routes et des cahiers techniques sur : www.infociments.fr/publications/routes

Bonne lecture !
Joseph ABDO

⤴ PERCEVAL est un logiciel d'aide à la décision, permettant de choisir, à la fois sur le plan environnemental et économique, la solution technique la plus adaptée au projet.



#mieuxcirculer

#mieuxvivre

#mieuxprotégerlaplanète

#chantier

#carrefourgiratoire



Chaussées



Aménagements
routiers & urbains



Ouvrages
annexes

Ce numéro de Routes La Revue est destiné à familiariser le lecteur avec l'utilisation du logiciel PERCEVAL dans le cadre d'un projet d'entretien structurel d'une chaussée routière, d'une voirie ou d'un aménagement urbain. On se propose donc, au moyen d'une étude de cas, une fois identifiées les solutions techniques les mieux adaptées, d'effectuer une simulation complète à l'aide de PERCEVAL, afin de définir la meilleure technique d'entretien structurel sur le plan économique et sur le plan environnemental.

CRÉDITS

© CIMbéton 2020

Conception et calculs : Joseph Abdo

PHOTO D'OUVERTURE : Vue générale d'un chantier d'entretien structurel routier.



16 bis, Boulevard Jean Jaurès
92110 Clichy
Tél. : 01 55 23 01 00
E-mail : centrinfo@cimbeton.net

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude d'un projet d'entretien de route, de voirie ou d'aménagement urbain, le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre se doivent maintenant d'établir un véritable bilan technique, économique et environnemental pour motiver le choix de la solution retenue. Aussi l'entreprise pourra-t-elle faire appel à une telle analyse pour valoriser son offre ou pour justifier une variante.

Longtemps, cela n'a pas été pratique courante, pour des raisons aussi bien techniques qu'administratives. Mais l'élargissement de l'éventail des solutions techniques – 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 – a fait que ce bilan est aujourd'hui établi sur de plus en plus de projets d'entretien routiers, de voiries ou d'aménagements urbains.

Il constitue l'élément de décision majeur du décideur. Le choix qui en découle se porte en général vers la solution la plus adaptée techniquement et qui minimise les impacts sur l'environnement comme le coût global de l'opération.

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

L'analyse technique doit être conduite conformément à la démarche et aux méthodes développées dans les différents guides en vigueur. L'analyse économique et environnementale peut être menée grâce au logiciel PERCEVAL, proposé par CIMbéton.

L'analyse multicritères a donc lieu en deux étapes :

- **Analyse technique** : cette étape permet d'identifier les deux techniques les plus appropriées pour satisfaire les conditions du projet et de définir la typologie et le dimensionnement pour chacune d'elles.
- **Analyse économique et environnementale** : cette étape permet d'évaluer et de comparer sur le plan économique et sur le plan environnemental les deux techniques sélectionnées à l'étape précédente.



C'est un logiciel de calcul spécialement conçu pour la route (terrassements, chaussées, aménagements routiers, entretien routier et ouvrages annexes). Il permet d'effectuer :

- Soit une évaluation économique et environnementale d'une structure routière neuve, d'une technique d'entretien structurel ou d'un ouvrage routier (dispositif de retenue, ouvrage d'assainissement) ;
- Soit une comparaison économique et environnementale entre deux structures routières neuves, entre deux techniques d'entretien structurel sélectionnées ou bien entre deux dispositifs de retenue.

Mais PERCEVAL n'est pas un logiciel de conception et de dimensionnement. C'est un outil d'évaluation économique et environnementale. Il appartient donc à l'utilisateur de définir les typologies et les dimensionnements des deux structures à comparer.

ÉTUDE DE CAS

Pour les besoins de l'étude, l'on se référera à un projet concret mais volontairement idéalisé pour lui conférer le statut de cas d'école. Le choix des paramètres sera fait en étant le plus complet possible et, par conséquent, représentatif de différentes situations que l'on pourrait rencontrer sur le terrain.

Le lecteur se reportera utilement aux différents reportages de chantiers développés récemment dans Routes Info, traitant de l'entretien structurel des chaussées routières, et en particulier les suivants :

- *Routes Info #01.* Orvilliers-Saint-Julien, Aube (10). « Le retraitement au LHR, la "solution idéale" pour la rénovation de la RD7 ».
- *Routes Info #02.* Chelles, Oise (60). « L'Oise apprécie le retraitement au LHR ».
- *Routes Info #03.* Aix-en-Provence, Bouches-du-Rhône (13). « Grâce au LHR, 29 kilomètres de chemins ruraux restaurés et 650 tonnes de CO2 économisées ».
- *Routes Info #04.* Amponville, Seine-et-Marne (77). « RD36a : une rénovation express, "verte" et planifiée ».
- *Routes Info #13.* La Bernerie-en-Retz, Pays de la Loire (44). « Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable ».
- *Routes Info #20.* RD25 entre Ainvelle et Senaide, Vosges (88). « Calibrage et retraitement de la chaussée en place au liant hydraulique routier ».

Ces reportages sont consultables et téléchargeables sur <https://www.infociments.fr/routes>.

ÉTAT DES LIEUX

Le projet

Une commune rurale, d'environ 500 habitants, dispose sur son territoire d'une zone agricole produisant annuellement 100 000 t de betteraves. Le développement constant de cette activité contribue certes au dynamisme de l'économie locale, mais il entraîne aussi une importante circulation de poids lourds sur la route départementale traversant la commune. Cela a généré une dégradation de la structure routière, dont l'état est devenu inacceptable pour les usagers à cause de l'inconfort et de l'insécurité. La réfection de la route de 5 km de longueur et de 5 m de largeur s'imposait donc. En outre, cette route comporte plusieurs types d'ouvrages (passages supérieurs [PS] ; fossés latéraux ; protection des piliers de ponts) n'autorisant pas de modification importante du seuil de la chaussée existante.

Compte tenu de la localisation géographique de la route (zone à gel modéré) et comme l'essentiel du trafic est lié à l'activité agricole et que cette dernière se concentre sur les mois d'octobre et de novembre, il n'a pas été jugé utile de mettre hors gel la nouvelle structure de chaussée. On se propose donc, dans ce numéro de Routes La Revue, de présenter l'analyse et la démarche à mener en vue du meilleur choix technique, économique et environnemental.

État de la chaussée

La route départementale n'est pas en bon état. Elle est empruntée par de nombreux engins agricoles et quelques poids lourds. Elle enregistre un trafic moyen journalier faible, de l'ordre de 20 poids lourds par jour. Cette circulation, associée aux sollicitations climatiques (gel, pluie), a provoqué au fil du temps des dégradations importantes et dangereuses en rives comme à l'axe de la chaussée.

Des fissures multiples, des nids-de-poule, du faïençage, des affaissements, des flaches et des ornières étaient observés. De plus, la chaussée était sujette à des accumulations d'eau de ruissellement pendant les périodes de précipitations et elle souffrait de caractéristiques géométriques (profil en travers, largeur) inadaptées pour un itinéraire où le trafic, certes de classe T5 (0 à 25 poids lourds/jour), devient important à certaines périodes de l'année (durant les récoltes).



▲ Vue générale d'une route dégradée nécessitant un entretien structurel.

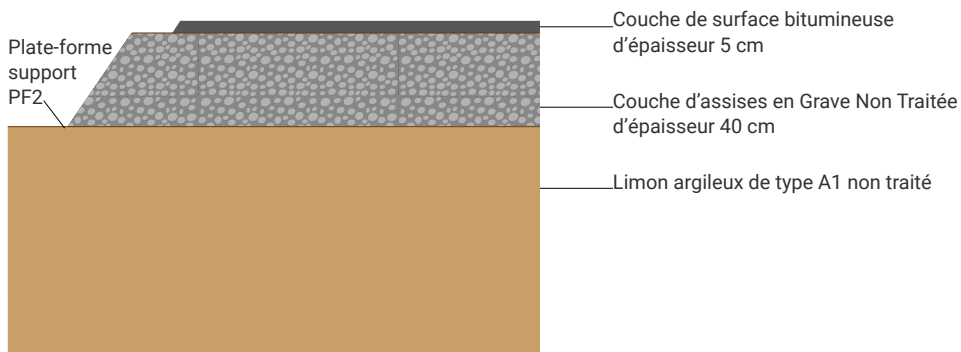
La structure de chaussée en place avant les travaux

> La constitution de la structure en place (cf. figure 1)

Les sondages ont montré que la structure de chaussée en place est constituée de :

- Une couche de surface en béton bitumineux, d'épaisseur 5 cm ;
- Une couche de base en grave non traitée (GNT), d'épaisseur 40 cm ;
- Une arase de classe AR1, constituée d'un limon argileux de type A1 non traité.

➤ Figure 1. Profil en travers de la chaussée existante.



> Les caractéristiques de la structure existante

Les essais réalisés in situ montraient un comportement mécanique médiocre, reflétant ainsi une insuffisance structurelle de la route. C'est le signe évident d'une structure de chaussée sous-dimensionnée pour le trafic qu'elle supporte, même si ce trafic est faible. En outre, les mesures ont montré que le support de la chaussée est de qualité moyenne (portance PF2).

> Les caractéristiques des matériaux prélevés dans le cadre de la DICT

En outre, dans le cadre de la DICT, les prélèvements effectués ont révélé que la chaussée contenait du goudron de houille. Utilisé jusqu'en 1993 en construction routière comme liant hydrocarboné, le goudron de houille renferme de fortes teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces polluants organiques persistants – identifiés à des profondeurs et à des localisations variables, mais à un taux faible (inférieur à 500 PPM) – font l'objet d'une réglementation stricte à cause de leur dangerosité avérée.

Certains de ces HAP sont classés officiellement par le Centre international de recherche contre le cancer (CIRC) comme cancérigènes avérés pour l'homme.



BON À SAVOIR

LES HAP

En général, la présence des HAP dans les matériaux routiers change l'équation économique et technique du chantier. En effet, dans un tel cas, deux solutions sont envisageables :

- L'extraction et la mise en décharge des matériaux pollués par les HAP
Les décharges capables de les accueillir – ISDD (installation de stockage de déchets dangereux) (anciennement classe 1) – sont peu nombreuses et les coûts de mise en décharge non négligeables (de l'ordre de 300 à 400 € la tonne), sans parler des coûts de transport.
- À défaut, comme l'autorise la réglementation, il est possible de réemployer les matériaux sur place
Le fait de ne pas déplacer les matériaux pollués aux HAP permet de ne pas les considérer comme des déchets. Leur localisation reste connue : ils sont identifiés et traçables. Avantage environnemental : plutôt que de les déplacer en camion, générant ainsi une nouvelle pollution, il est plus simple et logique de les « inérer » à froid et de les réemployer sur place.

ANALYSE TECHNIQUE

Choix de la technique d'entretien

Il ressort des investigations et des essais réalisés in situ que la chaussée souffre d'un déficit structurel. Le choix d'une solution d'entretien doit alors se porter vers des techniques d'entretien structurel qui touchent à la fois la couche de surface et les couches d'assise (couche de base et, éventuellement, couche de fondation).

Pour entretenir durablement la route, plusieurs solutions techniques sont envisageables : la solution traditionnelle de renforcement de la structure avec apport de matériaux élaborés (grave non traitée GNT ou grave traitée avec un liant bitumineux ou grave traitée avec un liant hydraulique) ou la solution de retraitement de la chaussée en place au liant hydraulique routier (LHR).

Après analyse des différentes solutions de renforcement et compte tenu des contraintes spécifiques liées au projet – comme la présence de HAP dans les enrobés bitumineux ou celle d'ouvrages sur l'itinéraire (ouvrages d'art PS ; ouvrages de protection des piliers de ponts ; fossés latéraux), incompatibles avec des solutions entraînant un changement important de seuil, comme les solutions de renforcement en couche épaisse de matériaux –, le choix s'est porté sur les deux solutions d'entretien suivantes :

- Renforcement de la structure existante avec une couche de grave-bitume de classe 3, surmontée d'une couche de surface en béton bitumineux.
- Retraitement de la chaussée en place avec un LHR.

- Le retraitement en place à froid aux LHR recycle les matériaux en place : pas de mise en décharge, moins d'exploitation de carrières, moins de transport.
- Le retraitement en place aux LHR permet de valoriser des matériaux contenant des HAP jusqu'à 500 PPM (mg/kg), sans étude complémentaire. Ils sont maintenus in situ, sans être mis en décharge, ce qui réduit notablement les coûts de transport et de stockage.
- Dans le cadre de la solution de base, il est souvent prévu de mettre beaucoup de matériaux en décharge.

Les hypothèses de dimensionnement

Pour son projet, le maître d'ouvrage retient les hypothèses suivantes :

- Trafic : T5 soit 25 PL/j/sens
- Portance du support : 50 MPa
- Progression annuelle du trafic : 2 %
- Durée de vie de dimensionnement : 20 ans

Solution d'entretien avec le retraitement en place au LHR

Comme le trafic prévu est inférieur à T3 (150 PL/j/sens), le guide technique « Retraitement en place à froid des anciennes chaussées », Sétra, 2003, autoriserait à ne pas effectuer une étude de dimensionnement.

Dans ce cas, le dimensionnement sera déterminé à partir des fiches de dimensionnement données dans ce guide Sétra (cf. Fiche R1 M1 ; Fiche R1 M2 et Fiche R2 M1 à la p. 59), à condition que :

- Le niveau de portance de l'arase soit supérieur à 50 MPa.
- Les matériaux présents dans la chaussée soient caractérisés et classés M1 ou M2.

> La caractérisation des matériaux en place

Les matériaux prélevés dans la structure existante présentent les caractéristiques suivantes :

- Une teneur en eau de 5 %, légèrement inférieure à celle de l'Optimum Proctor Modifié (OPM de 8.5 %). – Il s'agit d'un matériau constitué de 85 % de grave silteuse et de 15 % d'agrégats d'enrobés.
- Une courbe granulométrique située à l'intérieur du fuseau de la norme NF EN 13285,
- Une valeur au bleu de méthylène VBS = 0,6 (< 0,8 fixée par le guide).

Conformément au guide technique Sétra, les matériaux prélevés dans la chaussée existante présentent une qualité M1.

> Le dosage en liant

En l'absence d'étude de formulation et compte tenu des retours d'expériences sur des matériaux de ce type, le dosage en liant a été fixé à 5 % et le choix s'est porté sur un LHR à base de laitier (70 %) et de clinker (30 %).

> Le choix du niveau de qualité du retraitement

Pour un trafic T5, un matériau prélevé de qualité M1 et un retraitement destiné à constituer la couche de base de la future chaussée, le choix du maître d'œuvre se porte sur un niveau de qualité de retraitement R2. Le guide technique Sétra précise alors que la qualité du compactage q1 est souhaitée (cf. tableau 10 p. 64). Pour assurer cette performance de compactage, le niveau de portance de l'arase devra être au minimum de 30 MPa.

> Le dimensionnement de la structure retraitée

Pour un retraitement de qualité R2 et un matériau de qualité M1, il est possible d'utiliser la fiche de structure R2 M1 pour déterminer l'épaisseur de la structure retraitée. Connaissant la classe de trafic (T5) et le niveau de portance du support (PF2), la fiche de structure donne alors, pour le projet étudié, l'épaisseur de 36 cm pour la couche retraitée. La couche de surface est, dans ce cas, un béton bitumineux d'épaisseur 4 cm (au minimum).

> Méthodologie de reprise

La méthodologie de retraitement est fixée comme suit :

- Fraisage du corps de chaussée en matériaux bitumineux.
- Réglage à la niveleuse des agrégats d'enrobés.
- Épandage de LHR (dosage de 5 %) et malaxage de la chaussée en place sur une épaisseur totale de 36 cm.
- Mise en œuvre d'une couche de cure + cloutage + gravillonnage.
- Mise en œuvre d'un enrobé bitumineux sur 4 cm d'épaisseur.

Solution de reconstruction en matériaux bitumineux

> Le dimensionnement de la structure de renforcement

En s'appuyant sur les guides en vigueur et la norme NF P 98 086 « Dimensionnement des chaussées », la typologie et la structure de la solution de renforcement en GB3 sont les suivantes :

- Une couche de GB3, d'épaisseur 10 cm ;
- Une couche de surface en béton bitumineux, d'épaisseur 4 cm.

> Méthodologie de reprise

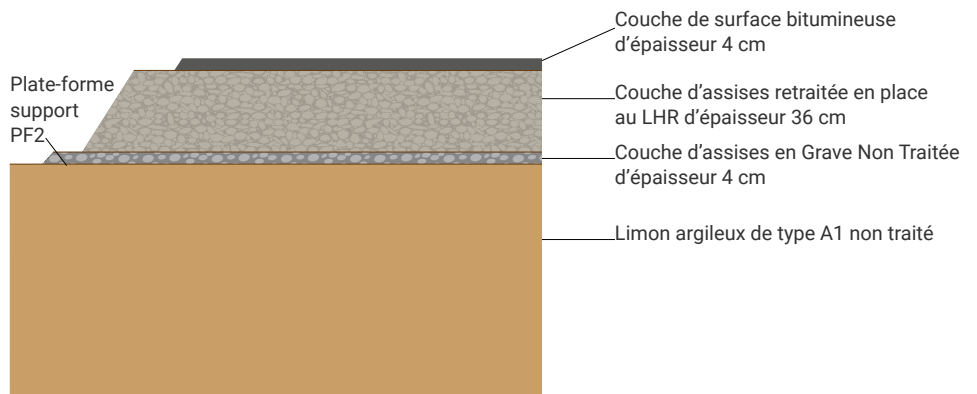
La méthodologie de renforcement est fixée comme suit :

- Fraisage de la chaussée existante sur 10 cm et évacuation des matériaux pollués par des HAP en décharge de classe ISDD ;
- Mise en œuvre d'une couche de cure + cloutage + gravillonnage sur la GNT restante ;
- Mise en œuvre de la couche de GB3, d'épaisseur 10 cm ;
- Mise en œuvre d'un enrobé bitumineux mince BBM sur 4 cm d'épaisseur.

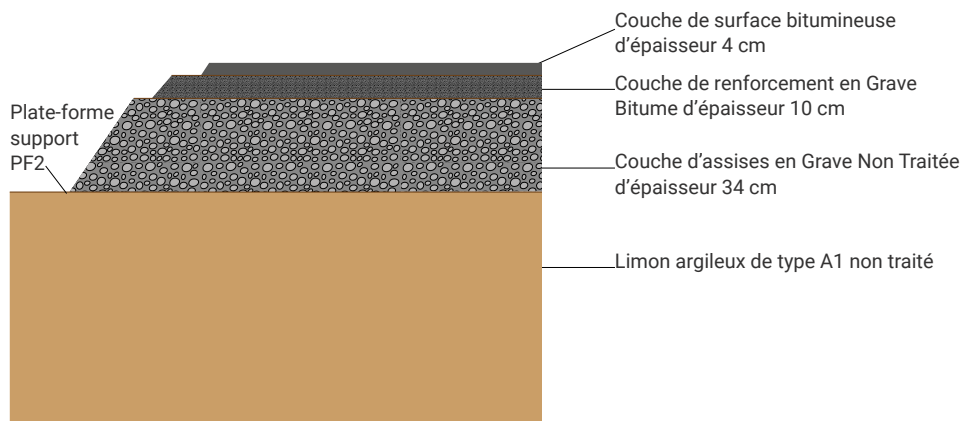
Typologie et structure des solutions retenues pour la comparaison

En s'appuyant sur les guides en vigueur et la norme NF P 98 086 « Dimensionnement des chaussées », la typologie et la structure des deux solutions à comparer sont données par les figures 2 et 3.

➤ Figure 2. Profil en travers de la solution retraitement.



➤ Figure 3. Profil en travers de la solution renforcement.



L'analyse technique a confirmé que les deux solutions proposées – à savoir « retraitement » ou « renforcement » – conviennent à l'entretien structurel de la chaussée. Elle a permis, en outre, de définir l'ensemble des données de dimensionnement pour les deux. Le maître d'ouvrage choisira donc la meilleure solution d'entretien en fonction des résultats de l'analyse économique et environnementale, qui sera traitée dans le prochain paragraphe.

ANALYSE ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Les hypothèses de calcul

Pour effectuer la simulation à l'aide du logiciel PERCEVAL, il est indispensable de disposer de toutes les données relatives au projet : techniques, économiques et, éventuellement, environnementales. En effet, l'utilisateur doit pouvoir les indiquer à chaque étape de calcul.

Les données techniques propres au projet ont été identifiées et précisées lors de l'étape de l'analyse technique.

En ce qui concerne les données environnementales, l'utilisateur peut les renseigner s'il les connaît. Sinon, le logiciel propose, à chaque étape de calcul, un menu déroulant s'appuyant sur une base de données et rassemblant les différents ICV des constituants de base des matériaux routiers (ciment, LHR, granulats, bitume, eau), du gasoil, de l'acier, des matériaux routiers élaborés et des matériels de fabrication, de transport et de mise en œuvre.

En revanche, le logiciel ne comporte aucune base de données économiques, mais il intègre tout le processus d'évaluation et de comparaison. Il revient à l'utilisateur de les collecter au niveau local et de les entrer dans le logiciel.

Pour l'étude de cas, on a rassemblé ci-dessous les différentes hypothèses de calcul ainsi que les données techniques et économiques pour chacune des deux solutions en compétition.

Hypothèses de calcul pour la solution « retraitement »

- **Quantité de liant**
 - Choix : Matériau granulaire
 - Densité : 2
 - Dosage liant : 5 %
- **Fabrication et transport du LHR**
 - Choix : LHR S70
 - Transport : Citerne 44 t
 - Distance de transport : 100 km
 - Tarif rendu chantier : 100 €/t
- **Mise en œuvre de la couche retraitée**
 - Tarif : 7 €/m³
 - Impacts environnementaux : choisir « grave » dans le menu déroulant
- **Épaisseur retraitée : 36 cm**
- **Couche de surface**
 - BBM 4 cm
 - Transport : Camion 44 t
 - Distance centrale-chantier : 40 km
 - Tarif rendu chantier : 60 €/t
- **Mise en œuvre de la couche de surface**
 - Tarif : 6 €/m²
 - Impacts environnementaux : choisir « BBM » dans le menu déroulant.

Hypothèses de calcul pour la solution de renforcement

- **Décaissement**
 - Épaisseur de la couche à raboter : 10 cm
 - Impacts environnementaux du rabotage : choisir « Caractéristiques par défaut » dans le menu déroulant
 - Tarif de rabotage : 7 €/m²
 - Moyen de Transport : Camion 44 t
 - Distance de transport chantier-décharge ISDD : 100 km
 - Tarif du transport : 0,1 €/t.km
 - Tarif de mise en décharge ISDD : 300 €/t

-
- **Fabrication et transport matériau de base ou de renforcement**
 - Grave Bitume GB3
 - Moyen de transport GB3 : Camion 44 t
 - Distance de transport centrale d'enrobés-chantier : 40 km
 - Tarif GB3 rendu chantier : 50 €/t
 - **Tarif de mise en œuvre GB3 : 115 €/m³**
 - **Épaisseur de la GB3 : 10 cm**
 - **Couche de surface**
 - BB : 4 cm
 - Transport : Camion 44 t
 - Distance centrale-chantier : 40 km
 - Tarif rendu chantier : 60 €/t
 - **Tarif de mise en œuvre de la couche de surface : 6 €/m²**
-

LOGIGRAMME DE CALCUL DE PERCEVAL

Il a été conçu avec une architecture organisée en étapes et 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 à l'une d'elles et modifier la saisie. À chaque étape, il convient de cliquer sur le bouton « OK », situé en bas de page, pour valider la saisie et enregistrer les valeurs. 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.

COMMENT UTILISER PERCEVAL

Pour réaliser une simulation, il faut se connecter sur le <https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>, renseigner son identifiant et son mot de passe. (C'est un logiciel gratuit mais dont l'utilisation nécessite une première inscription.) La page d'accueil de PERCEVAL s'affiche et donne les 3 domaines d'application couverts ainsi que la liste des 11 modules d'évaluation et de comparaison. Pour le cas d'école, il faut choisir, dans le domaine « Valorisation des matériaux en place », le module n° 11 « Entretien structurel de chaussée. Retraitement versus renforcement » (cf. figure 4).

➤ Figure 4.



Cliquer sur ce module pour ouvrir la simulation. Une page s'affiche, qui comprend :

- Un menu à gauche de l'écran, correspondant aux différentes opérations nécessaires à la réalisation de la solution « traitement » ;
- Un menu à droite de l'écran, correspondant aux différentes opérations nécessaires à la réalisation de la solution « renforcement ».

Ces deux menus s'afficheront sur toutes les pages de la simulation. Ils constitueront le fond d'écran, alors que la partie centrale – qui correspond à une étape du processus de simulation – constitue la variable de l'écran. Pour chaque étape, l'utilisateur va renseigner les données techniques, économiques et environnementales. Une fois l'étape remplie et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante. On voit alors apparaître dans le menu que l'étape est soit validée (étape cochée par « ✓ »), soit jugée incomplète (étape signalée par un avertissement sous forme de triangle orange).

➤ Figure 5.

▼ Figure 6.

Fabrication	
LHR S70	
Émissions de GES (net hors déchets)	244 kgCO ₂ éq/t
Énergie primaire totale	2634 MJ/t
Consommation d'eau	1325 litre/t
Épuisement des ressources naturelles	1.16e-05 kgSb éq/t
Acidification	0.511 kgSO ₂ éq/t
Eutrophisation	0.069 kgPO ₄ éq/t

Transport au km	
Citerne liant 44t charge utile 31t	
Émissions de GES (net hors déchets)	0,0429 kgCO ₂ éq/t.km
Énergie primaire totale	0,577 MJ/t.km
Consommation d'eau	0,0542 litre/t.km
Épuisement des ressources	5,98e-08 kgSb éq/t.km
Acidification	8,42e-05 kgSO ₂ éq/t.km
Eutrophisation	5,84e-06 kgPO ₄ éq/t.km

Distance	100 km
Tarif	100 €/t

Evaluation économique et environnementale de la solution Retraitement

Dans le cas d'école, la première étape a pour but de calculer la « quantité de liant ». Pour cela, l'utilisateur va indiquer la masse volumique du matériau de l'ancienne chaussée (2 t/m³) et le dosage en liant (5 %) nécessaire à l'obtention des performances mécaniques (identifié lors de l'analyse technique). Sinon, l'utilisateur pourra choisir, dans le menu déroulant, la nature du matériau présent dans l'ancienne chaussée, et le logiciel affichera la masse volumique du matériau ainsi que le dosage en liant (cf. figure 5).

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

La deuxième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la fabrication et au transport du LHR. L'utilisateur va entrer successivement les données relatives au liant :

- Choix du LHR dans le menu déroulant : LHR S70
- Choix du moyen de transport du liant dans le menu déroulant : Citerne liant 44 t
- Distance de transport : 100 km
- Tarif du liant rendu chantier : 100 €/t

Une fois l'étape complétée (cf. figure 6) et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

▼ Figure 7.

Tarif [?] €/m³

Impacts environnementaux Mise en œuvre [?]

Graves

Appuyer ici pour utiliser les valeurs par défaut
Pour changer cette valeur veuillez vous rendre à l'étape Quantité de liant

Émissions de GES (net hors déchets) [?] kgCO₂ éq/m³

Énergie primaire totale [?] MJ/m³

Consommation d'eau [?] litre/m³

Épuisement des ressources naturelles [?] kgSb éq/m³

Acidification [?] kgSO₂ éq/m³

Eutrophisation [?] kgPO₄ éq/m³

La troisième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux ainsi que le coût de la mise en œuvre du retraitement. Le logiciel va fournir automatiquement les impacts environnementaux, ayant enregistré que le matériau à retraiter est granulaire. Quant à l'utilisateur, il lui revient la tâche d'indiquer ce coût pour un mètre cube de matériau (7 €/m³) (cf. figure 7).

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

La quatrième étape a pour but de déterminer les impacts environnementaux et le coût au mètre carré de chaussée. L'utilisateur est invité à indiquer l'épaisseur du matériau retraité (36 cm) et identifié dans le paragraphe sur l'analyse technique (cf. figure 8).

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

➤ Figure 8.

Retraitement des chaussées en place	Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement	Renforcement
Quantité de liant <input checked="" type="checkbox"/>	Épaisseur de la couche retraitée	Décaissement
Fabrication et transport du liant <input checked="" type="checkbox"/>		Fabrication et transport mat. base
Mise en œuvre couche retraitée <input checked="" type="checkbox"/>		Mise en œuvre base
		Épaisseur couche de base
	Épaisseur de la couche retraitée [?] <input type="text" value="36"/> cm	

▼ Figure 9.

Impacts environnementaux Fabrication [?]

Roche Meuble

Roche Meuble : BBM 4 cm

Émissions de GES (net hors déchets) [?] kgCO₂ éq/m³

Énergie primaire totale [?] MJ/m³

Consommation d'eau [?] litre/m³

Épuisement des ressources [?] kgSb éq/m³

Acidification [?] kgSO₂ éq/m³

Eutrophisation [?] kgPO₄ éq/m³

Impacts environnementaux Transport [?]

Citerne liant 44t charge utile 31t

Émissions de GES (net hors déchets) [?] kgCO₂ éq/m³.km

Énergie primaire totale [?] MJ/m³.km

Consommation d'eau [?] litre/m³.km

Épuisement des ressources [?] kgSb éq/m³.km

Acidification [?] kgSO₂ éq/m³.km

Eutrophisation [?] kgPO₄ éq/m³.km

Distance [?] km

Tarif rendu chantier [?] €/t

La cinquième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la fabrication et au transport de la couche de surface. L'utilisateur va indiquer successivement les données relatives au liant :

- Choix de la couche de surface dans le menu déroulant : BBM 4 cm
- Choix du moyen de transport du matériau BBM : Camion 44 t
- Distance de transport centrale d'enrobage-chantier : 40 km
- Tarif du BBM rendu chantier : 60 €/t

Une fois l'étape complétée (cf. figure 9) et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

➤ Figure 10.

Retraitement des chaussées en place

Quantité de liant ✓

Fabrication et transport du liant ✓

Mise en oeuvre couche retraitée ✓

Épaisseur couche retraitée ✓

Fabrication et transport mat. surface ✓

Mise en oeuvre mat. surface

Résultat

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

Mise en œuvre du matériau de surface

Tarif [?] €/m²

Impacts environnementaux

Mise en œuvre [?]

Appuyer ici pour utiliser les valeurs par défaut

Pour changer cette valeur veuillez vous rendre à l'étape Fabrication et transport mat. surface

Émissions de GES (net hors déchets) [?] kgCO₂ éq/m²

Énergie primaire totale [?] MJ/m²

Consommation d'eau [?] litre/m²

Épuisement des ressources [?] kgSb éq/m²

Acidification [?] kgSO₂ éq/m²

Eutrophisation [?] kgPO₄ éq/m²

Renforcement

Décaisement

Fabrication et transport mat. base

Mise en oeuvre base

Épaisseur couche de base

Fabrication et transport mat. surface

Mise en oeuvre mat. surface

Résultat

Comparison

La sixième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la mise en œuvre de la couche de surface. L'utilisateur va entrer successivement les données suivantes (cf. figure 10) :

- Le coût de la mise en œuvre de la couche de surface en BBM 4 cm : 6 €/m².
- Les impacts environnementaux de la mise en œuvre de la couche de surface : choisir « BBM 4 cm » dans le menu déroulant.

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche les résultats économiques et environnementaux de la solution « retraitement » de la chaussée en place au LHR (cf. figure 11).

➤ Figure 11.

Retraitement des chaussées en place

Quantité de liant ✓

Fabrication et transport du liant ✓

Mise en oeuvre couche retraitée ✓

Épaisseur couche retraitée ✓

Fabrication et transport mat. surface ✓

Mise en oeuvre mat. surface ✓

Résultat ✓

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

Résultat pour «Retraitement des chaussées en place»

Retraitement des chaussées en place

Quantité de liant : Valeurs par défaut

Matériau : Gravel

Fabrication et transport du liant : Valeurs par défaut

ICV Liants : LHR S70

Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t

Distance : 100.0 km

Tarif : 100.0 €/t

Mise en oeuvre couche retraitée : Valeurs par défaut

Tarif : 7.0 €/m³

Matériau en place : Graves

Épaisseur couche retraitée : 36.0cm

Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut

Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm

Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t

Distance : 40.0 km

Tarif rendu chantier : 60.0 €/t

Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut

Tarif : 6.0 €/m²

Type de matériaux : BBM 4 cm

Renforcement

Décaisement

Fabrication et transport mat. base

Mise en oeuvre base

Épaisseur couche de base

Fabrication et transport mat. surface

Mise en oeuvre mat. surface

Résultat

Comparison

➤ Figure 11 (suite).

Sb Ressources naturelles	Retraitement des chaussées en place	16.64*10⁻⁶ kgSb eq/m²
MJ Énergie primaire totale	Retraitement des chaussées en place	404.4 MJ/m²
CO₂ Émissions de GES (net hors déchets)	Retraitement des chaussées en place	13.74 kgCO₂ eq/m²
SO₂ Acidification	Retraitement des chaussées en place	34.43*10⁻³ kgSO₂ eq/m²
PO₄ Eutrophisation	Retraitement des chaussées en place	3.998*10⁻³ kgPO₄ eq/m²
€ Tarif	Retraitement des chaussées en place	17.76 €/m²
H₂O Consommation d'eau	Retraitement des chaussées en place	64.12 litre/m²

Ressources naturelles

Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	1.758*10 ⁻⁶ kgSb eq/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	3.3*10 ⁻⁶ kgSb eq/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	14.73*10 ⁻⁶ kgSb eq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	90.4*10 ⁻⁹ kgSb eq/m ²
Résultat final	16.64*10⁻⁶ kgSb eq/m²

Énergie primaire totale

Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	269.2 MJ/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	31.9 MJ/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	295.2 MJ/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	0.797 MJ/m ²
Résultat final	404.4 MJ/m²

Émissions de GES (net hors déchets)

Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	24.83 kgCO ₂ eq/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	2.37 kgCO ₂ eq/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	3.891 kgCO ₂ eq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	59.29*10 ⁻³ kgCO ₂ eq/m ²
Résultat final	13.74 kgCO₂ eq/m²

➤ Figure 11 (suite).

Acidification	
Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	51.94*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	4.65*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	13.94*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	116.3*10 ⁻⁴ kgSO ₂ éq/m ²
Résultat final	34.43*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²

Eutrophisation	
Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	6.958*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	323.0*10 ⁻⁶ kgPO ₄ éq/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	1.369*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	8.068*10 ⁻⁶ kgPO ₄ éq/m ²
Résultat final	3.998*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²

Tarif	
Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	10.0 €/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	7.0 €/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	5.64 €/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	6.0 €/m ²
Résultat final	17.76 €/m ³

Consommation d'eau	
Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	100.0*10 ⁻³ t/m ³
Fabrication et transport du liant	133.0 litre/m ³
Mise en œuvre couche retraitée	2.99 litre/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	15.07 litre/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	74.84*10 ⁻³ litre/m ²
Résultat final	64.12 litre/m ²

[aller à l'autre méthode](#) [Recommencer la comparaison](#)

Évaluation économique et environnementale de la solution « renforcement »

La première étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût du décaissement. Pour cela, l'utilisateur va entrer les données suivantes : épaisseur du matériau de l'ancienne chaussée à décaisser (10 cm) ; choix de la machine de rabotage dans le menu déroulant (caractéristiques par défaut) ; coût du rabotage (7 €/m²) ; choix du moyen de transport dans le menu déroulant (Camion 44 t) ; distance de transport entre le chantier et la décharge ISDD (100 km) ; coût du transport (0,10 €/t.km) et coût de mise en décharge ISDD (300 €/t) (cf. figure 12).

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

→ Figure 12.

Retraitement des chaussées en place

Quantité de liant ✓

Fabrication et transport du liant ✓

Mise en oeuvre couche retraitée ✓

Épaisseur couche retraitée ✓

Fabrication et transport mat. surface ✓

Mise en oeuvre mat. surface ✓

Résultat

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

Décaissement

Épaisseur de la couche à raboter cm

Impacts environnementaux Rabotage

Consommation de fuel litres/jour

Rendement tonnes/jour

Tarif du rabotage €/m²

Impacts environnementaux Transport

Emissions de GES (net hors déchets) kgCO₂ éq/m³.km

Energie primaire totale MJ/m³.km

Consommation d'eau litre/m³.km

Épuisement des ressources kgSb éq/m³.km

Acidification kgSO₂ éq/m³.km

Eutrophisation kgPO₄ éq/m³.km

Distance km

Tarif du transport €/t.km

Tarif de mise en décharge €/t

OK

Renforcement

Décaissement

Fabrication et transport mat. base

Mise en oeuvre base

Épaisseur couche de base

Fabrication et transport mat. surface

Mise en oeuvre mat. surface

Résultat

Comparaison

La deuxième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la fabrication et au transport du matériau de renforcement. L'utilisateur va entrer successivement les données suivantes :

- Choix du matériau de renforcement dans le menu déroulant : Grave-Bitume GB3
- Choix du moyen de transport de la GB3 dans le menu déroulant : Camion 44 t
- Distance de transport entre la centrale d'enrobés et le chantier : 40 km
- Tarif de la GB3 rendue chantier : 50 €/t

Une fois l'étape complétée (cf. figure 13) et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

→ Figure 13.

Retraitement des chaussées en place

- Quantité de liant ✓
- Fabrication et transport du liant ✓
- Mise en œuvre couche retraitée ✓
- Épaisseur couche retraitée ✓
- Fabrication et transport mat. surface ✓
- Mise en œuvre mat. surface ✓
- Résultat

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement
Fabrication et transport du matériau de base

Impacts environnementaux Fabrication

Roche Meuble ▼

Grave bitume GB3 ▼

Émissions de GES (net hors déchets) 88
kgCO₂ éq/m³

Énergie primaire totale 6070
MJ/m³

Consommation d'eau 338
litre/m³

Épuisement des ressources 0.000311
kgSb éq/m³

Acidification 0.303
kgSO₂ éq/m³

Eutrophisation 0.0308
kgPO₄ éq/m³

Impacts environnementaux Transport

Camion 44t charge utile 25t ▼

Émissions de GES (net hors déchets) 0.102
kgCO₂ éq/m³.km

Énergie primaire totale 1.37
MJ/m³.km

Consommation d'eau 0.129
litre/m³.km

Épuisement des ressources 1.42e-07
kgSb éq/m³.km

Acidification 0.0002
kgSO₂ éq/m³.km

Eutrophisation 1.39e-05
kgPO₄ éq/m³.km

Distance 40
km

Tarif du matériau de base 50
€/t

Renforcement

- Décaissement ✓
- Fabrication et transport mat. base
- Mise en œuvre base
- Épaisseur couche de base
- Fabrication et transport mat. surface
- Mise en œuvre mat. surface
- Résultat

Comparaison

▼ Figure 14.

Tarif 115
€/m³

Impacts environnementaux Mise en œuvre

Grave bitume ▼

Émissions de GES (net hors déchets) 1.58
kgCO₂ éq/m³

Énergie primaire totale 21.3
MJ/m³

Consommation d'eau 2
litre/m³

Épuisement des ressources 2.2e-06
kgSb éq/m³

Acidification 0.0031
kgSO₂ éq/m³

Eutrophisation 0.000215
kgPO₄ éq/m³

La troisième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux ainsi que le coût de mise en œuvre de la grave-bitume GB3. Le logiciel va fournir automatiquement les impacts environnementaux de la mise en œuvre, ayant enregistré que le matériau de renforcement est la grave-bitume. Quant à l'utilisateur, il lui revient la tâche d'indiquer le coût de mise en œuvre pour un mètre cube de matériau (115 €/m³) (cf. figure 14).

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

▼ Figure 15.

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

Épaisseur de la couche de base

Épaisseur de la couche de base cm

La quatrième étape a pour but de déterminer les impacts environnementaux et le coût au mètre carré de chaussée. L'utilisateur est invité à indiquer l'épaisseur du matériau de renforcement (10 cm), identifié dans le paragraphe sur l'analyse technique (cf. figure 15).

La cinquième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la fabrication et au transport de la couche de surface. L'utilisateur va entrer successivement les données suivantes :

- Choix de la couche de surface dans le menu déroulant : BBM 4 cm
- Choix du moyen de transport du matériau BBM : Camion 44 t
- Distance de transport centrale d'enrobage-chantier : 40 km
- Tarif du BBM rendu chantier : 60 €/t

Une fois l'étape complétée (cf. figure 16) et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche automatiquement l'étape suivante.

➤ Figure 16.

Retraitement des chaussées en place	Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement	Renforcement
Quantité de liant <input checked="" type="checkbox"/>	Fabrication et transport du matériau de surface	Décassement <input checked="" type="checkbox"/>
Fabrication et transport du liant <input checked="" type="checkbox"/>	<p>Roche Meuble</p> <p>Roche Meuble : BBM 4 cm</p> <p>Émissions de GES (net hors déchets) <input type="text" value="93.5"/> kgCO₂ éq/m³</p> <p>Énergie primaire totale <input type="text" value="7330"/> MJ/m³</p> <p>Consommation d'eau <input type="text" value="372"/> litre/m³</p> <p>Épuisement des ressources <input type="text" value="0.000363"/> kgSb éq/m³</p> <p>Acidification <input type="text" value="0.341"/> kgSO₂ éq/m³</p> <p>Eutrophisation <input type="text" value="0.0337"/> kgPO₄ éq/m³</p>	Fabrication et transport mat. base <input checked="" type="checkbox"/>
Mise en œuvre couche retraitsée <input checked="" type="checkbox"/>	<p>Camion 44t charge utile 25t</p> <p>Émissions de GES (net hors déchets) <input type="text" value="0.102"/> kgCO₂ éq/m³.km</p> <p>Énergie primaire totale <input type="text" value="1.37"/> MJ/m³.km</p> <p>Consommation d'eau <input type="text" value="0.129"/> litre/m³.km</p> <p>Épuisement des ressources <input type="text" value="1.42e-07"/> kgSb éq/m³.km</p> <p>Acidification <input type="text" value="0.0002"/> kgSO₂ éq/m³.km</p> <p>Eutrophisation <input type="text" value="1.39e-05"/> kgPO₄ éq/m³.km</p>	Mise en œuvre base <input checked="" type="checkbox"/>
Épaisseur couche retraitsée <input checked="" type="checkbox"/>	Distance <input type="text" value="40"/> km	Épaisseur couche de base <input checked="" type="checkbox"/>
Fabrication et transport mat. surface <input checked="" type="checkbox"/>	Tarif rendu chantier <input type="text" value="60"/> €/t	Fabrication et transport mat. surface <input checked="" type="checkbox"/>
Mise en œuvre mat. surface <input checked="" type="checkbox"/>		Mise en œuvre mat. surface <input checked="" type="checkbox"/>
Résultat		Résultat
		Comparison

La sixième étape a pour but de calculer les impacts environnementaux et le coût relatifs à la mise en œuvre de la couche de surface. L'utilisateur va entrer successivement les données suivantes (cf. figure 17) :

- Le coût de la mise en œuvre de la couche de surface en BBM 4 cm : 6 €/m²
- Les impacts environnementaux de la mise en œuvre de la couche de surface : choisir « BBM 4 cm » dans le menu déroulant.

➤ Figure 17.

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

Mise en œuvre du matériau de surface

Tarif [?] €/m²

Impacts environnementaux mise en œuvre [?]

Appuyer ici pour utiliser les valeurs par défaut
Pour changer cette valeur veuillez vous rendre à l'étape Fabrication et transport mat. surface

Émissions de GES (net hors déchets) [?]	<input type="text" value="0.05929"/>	kgCO ₂ éq/m ²
Énergie primaire totale [?]	<input type="text" value="0.797"/>	MJ/m ²
Consommation d'eau [?]	<input type="text" value="0.07484"/>	litre/m ²
Épuisement des ressources [?]	<input type="text" value="9.04e-08"/>	kgSb éq/m ²
Acidification [?]	<input type="text" value="0.0001163"/>	kgSO ₂ éq/m ²
Eutrophisation [?]	<input type="text" value="8.068e-06"/>	kgPO ₄ éq/m ²

OK

Retraitement des chaussées en place

- Quantité de liant ✓
- Fabrication et transport du liant ✓
- Mise en œuvre couche retraitée ✓
- Épaisseur couche retraitée ✓
- Fabrication et transport mat. surface ✓
- Mise en œuvre mat. surface ✓
- Résultat

Renforcement

- Décassement ✓
- Fabrication et transport mat. base ✓
- Mise en œuvre base ✓
- Épaisseur couche de base ✓
- Fabrication et transport mat. surface ✓
- Mise en œuvre mat. surface
- Résultat

Comparison

Une fois l'étape complétée et après avoir confirmé la saisie en cliquant sur « OK » en bas de l'écran, le logiciel affiche les résultats économiques et environnementaux de la solution de renforcement (cf. figure 18).

➤ Figure 18.

Retraitement des chaussées en place	Technique routière : retraitement des chaussées en place vs Manuel général	Renforcement																																	
Quantité de liant ✓	Résultat pour «Renforcement» <table border="1"> <thead> <tr> <th>Renforcement</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Décaissement : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut</td> </tr> <tr> <td>Tarif du rabotage : 7.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td>Distance : 100.0 km</td> </tr> <tr> <td>Tarif du transport : 0.1 €/t.km</td> </tr> <tr> <td>Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. base : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : Grave bitume GB3</td> </tr> <tr> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td>Distance : 40.0 km</td> </tr> <tr> <td>Tarif du matériau de base : 50.0 €/t</td> </tr> <tr> <td>Mise en œuvre base : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Tarif : 115.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : Grave bitume</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur couche de base : 10.0cm</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm</td> </tr> <tr> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td>Distance : 40.0 km</td> </tr> <tr> <td>Tarif rendu chantier : 60.0 €/t</td> </tr> <tr> <td>Mise en œuvre mat. surface : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Tarif : 6.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : BBM 4 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Renforcement	Décaissement : Valeurs par défaut	Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm	Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut	Tarif du rabotage : 7.0 €/m ²	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t	Distance : 100.0 km	Tarif du transport : 0.1 €/t.km	Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t	Fabrication et transport mat. base : Valeurs par défaut	Type de matériaux : Grave bitume GB3	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t	Distance : 40.0 km	Tarif du matériau de base : 50.0 €/t	Mise en œuvre base : Valeurs par défaut	Tarif : 115.0 €/m ²	Type de matériaux : Grave bitume	Épaisseur couche de base : 10.0cm	Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut	Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t	Distance : 40.0 km	Tarif rendu chantier : 60.0 €/t	Mise en œuvre mat. surface : Valeurs par défaut	Tarif : 6.0 €/m ²	Type de matériaux : BBM 4 cm	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Décaissement ✓</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. base ✓</td> </tr> <tr> <td>Mise en œuvre base ✓</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur couche de base ✓</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. surface ✓</td> </tr> <tr> <td>Mise en œuvre mat. surface ✓</td> </tr> <tr> <td>Résultat ✓</td> </tr> </tbody> </table>	Décaissement ✓	Fabrication et transport mat. base ✓	Mise en œuvre base ✓	Épaisseur couche de base ✓	Fabrication et transport mat. surface ✓	Mise en œuvre mat. surface ✓	Résultat ✓
Renforcement																																			
Décaissement : Valeurs par défaut																																			
Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm																																			
Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut																																			
Tarif du rabotage : 7.0 €/m ²																																			
Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																			
Distance : 100.0 km																																			
Tarif du transport : 0.1 €/t.km																																			
Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t																																			
Fabrication et transport mat. base : Valeurs par défaut																																			
Type de matériaux : Grave bitume GB3																																			
Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																			
Distance : 40.0 km																																			
Tarif du matériau de base : 50.0 €/t																																			
Mise en œuvre base : Valeurs par défaut																																			
Tarif : 115.0 €/m ²																																			
Type de matériaux : Grave bitume																																			
Épaisseur couche de base : 10.0cm																																			
Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut																																			
Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm																																			
Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																			
Distance : 40.0 km																																			
Tarif rendu chantier : 60.0 €/t																																			
Mise en œuvre mat. surface : Valeurs par défaut																																			
Tarif : 6.0 €/m ²																																			
Type de matériaux : BBM 4 cm																																			
Décaissement ✓																																			
Fabrication et transport mat. base ✓																																			
Mise en œuvre base ✓																																			
Épaisseur couche de base ✓																																			
Fabrication et transport mat. surface ✓																																			
Mise en œuvre mat. surface ✓																																			
Résultat ✓																																			
Fabrication et transport du liant ✓																																			
Mise en œuvre couche retraitée ✓																																			
Épaisseur couche retraitée ✓																																			
Fabrication et transport mat. surface ✓																																			
Mise en œuvre mat. surface ✓																																			
Résultat ✓																																			
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Comparaison</td> </tr> </tbody> </table>	Comparaison																																
Comparaison																																			
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Sb Ressources naturelles</td> <td>Renforcement 47.73*10⁻⁶ kgSb éq/m²</td> </tr> <tr> <td>MJ Énergie primaire totale</td> <td>Renforcement 920.1 MJ/m²</td> </tr> <tr> <td>CO₂ Émissions de GES (net hors déchets)</td> <td>Renforcement 14.05 kgCO₂ éq/m²</td> </tr> <tr> <td>SO₂ Acidification</td> <td>Renforcement 46.91*10⁻³ kgSO₂ éq/m²</td> </tr> <tr> <td>PO₄ Eutrophisation</td> <td>Renforcement 4.634*10⁻³ kgPO₄ éq/m²</td> </tr> <tr> <td>€ Tarif</td> <td>Renforcement 114.7 €/m²</td> </tr> <tr> <td>H₂O Consommation d'eau</td> <td>Renforcement 50.59 litre/m²</td> </tr> </tbody> </table>	Sb Ressources naturelles	Renforcement 47.73*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²	MJ Énergie primaire totale	Renforcement 920.1 MJ/m ²	CO₂ Émissions de GES (net hors déchets)	Renforcement 14.05 kgCO ₂ éq/m ²	SO₂ Acidification	Renforcement 46.91*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²	PO₄ Eutrophisation	Renforcement 4.634*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²	€ Tarif	Renforcement 114.7 €/m ²	H₂O Consommation d'eau	Renforcement 50.59 litre/m ²																				
Sb Ressources naturelles	Renforcement 47.73*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²																																		
MJ Énergie primaire totale	Renforcement 920.1 MJ/m ²																																		
CO₂ Émissions de GES (net hors déchets)	Renforcement 14.05 kgCO ₂ éq/m ²																																		
SO₂ Acidification	Renforcement 46.91*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²																																		
PO₄ Eutrophisation	Renforcement 4.634*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²																																		
€ Tarif	Renforcement 114.7 €/m ²																																		
H₂O Consommation d'eau	Renforcement 50.59 litre/m ²																																		

Renforcement	
Décaissement	1.577*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	311.0*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	2.2*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	14.75*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	90.4*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²
Résultat final	47.73*10 ⁻⁶ kgSb éq/m ²

Énergie primaire totale

Renforcement	
Décaissement	14.79 MJ/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	6.07*10 ³ MJ/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	21.3 MJ/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	295.4 MJ/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	0.797 MJ/m ²
Résultat final	920.1 MJ/m ²

Émissions de GES (net hors déchets)

Renforcement	
Décaissement	1.134 kgCO ₂ éq/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	88.0 kgCO ₂ éq/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	1.58 kgCO ₂ éq/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	3.903 kgCO ₂ éq/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	59.29*10 ⁻³ kgCO ₂ éq/m ²
Résultat final	14.05 kgCO ₂ éq/m ²

Acidification

Renforcement	
Décaissement	2.223*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	0.303 kgSO ₂ éq/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	3.1*10 ⁻¹ kgSO ₂ éq/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	13.96*10 ⁻¹ kgSO ₂ éq/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	116.3*10 ⁻⁶ kgSO ₂ éq/m ²
Résultat final	46.91*10 ⁻³ kgSO ₂ éq/m ²

Eutrophisation

Renforcement	
Décaissement	154.5*10 ⁻⁴ kgPO ₄ éq/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	30.8*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	215.0*10 ⁻⁶ kgPO ₄ éq/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	1.37*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	8.068*10 ⁻⁶ kgPO ₄ éq/m ²
Résultat final	4.634*10 ⁻³ kgPO ₄ éq/m ²

Tarif

Renforcement	
Décaissement	79.85 €/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	117.5 €/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	115.0 €/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	5.64 €/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	6.0 €/m ²
Résultat final	114.7 €/m ²

➤ Figure 18 (suite).

Consommation d'eau	
Renforcement	
Décaissement	1.433 litre/m ²
Fabrication et transport du matériau de base	338.0 litre/m ³
Mise en oeuvre du matériau de base	2.0 litre/m ³
Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	15.09 litre/m ²
Mise en oeuvre du matériau de surface	74.84*10 ⁻³ litre/m ²
Résultat final	50.59 litre/m ²

[aller à l'autre méthode](#) [Recommencer la comparaison](#)

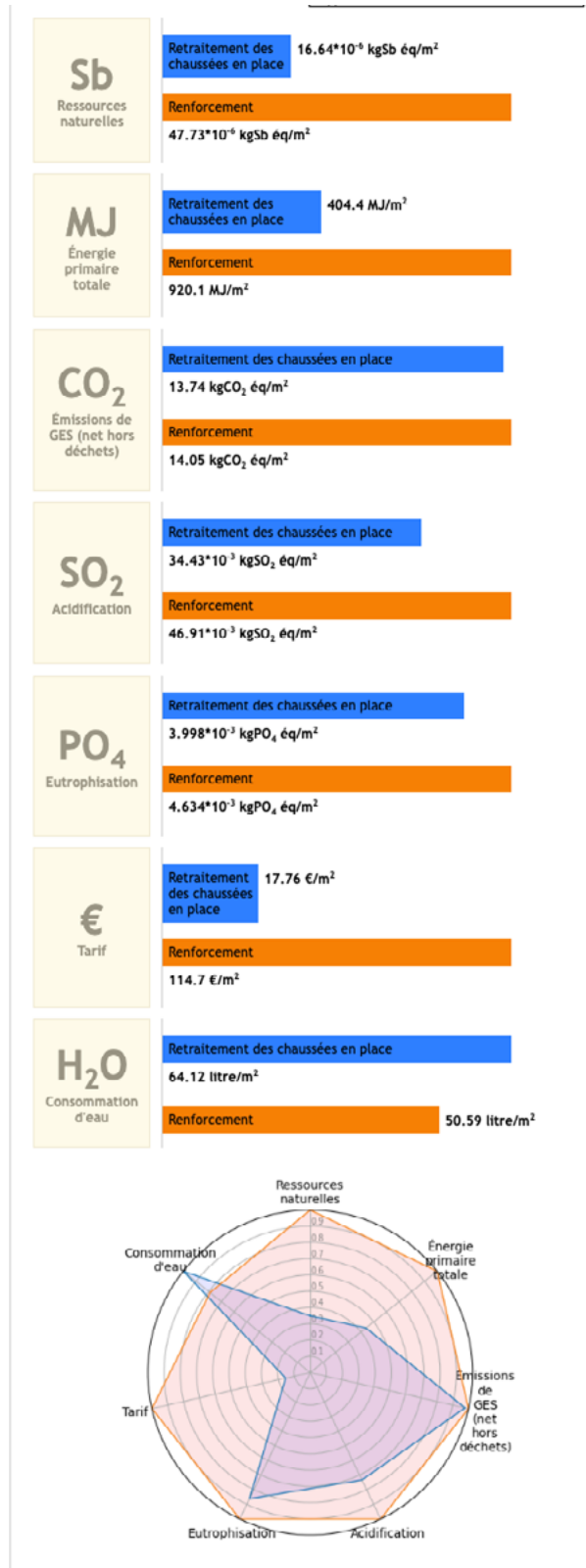
COMPARAISON DES SOLUTIONS « RETRAITEMENT » ET « RENFORCEMENT »

Cette comparaison comprend 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 confrontant les deux techniques sur le plan économique et environnemental ; et une présentation des résultats sous forme graphique (cf. figure 19).

➤ Figure 19.

Retraitement des chaussées en place	Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement	Renforcement																																																																
Quantité de liant ✓	Comparaison des deux méthodes																																																																	
Fabrication et transport du liant ✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Retraitement des chaussées en place</th> <th>Renforcement</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantité de liant : Valeurs par défaut</td> <td>Décaissement : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Matériau : Grave</td> <td>Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport du liant : Valeurs par défaut</td> <td>Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut</td> </tr> <tr> <td>ICV Liants : LHR S70</td> <td>Tarif du rabotage : 7.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t</td> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td>Distance : 100.0 km</td> <td>Distance : 100.0 km</td> </tr> <tr> <td>Tarif : 100.0 €/t</td> <td>Tarif du transport : 0.1 €/t.km</td> </tr> <tr> <td>Mise en oeuvre couche retraitée : Valeurs par défaut</td> <td>Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t</td> </tr> <tr> <td>Tarif : 7.0 €/m²</td> <td>Fabrication et transport mat. base :</td> </tr> <tr> <td>Matériau en place : Graves</td> <td>Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur couche retraitée : 36.0cm</td> <td>Type de matériaux : Grave bitume GB3</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. surface :</td> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td>Valeurs par défaut</td> <td>Distance : 40.0 km</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm</td> <td>Tarif du matériau de base : 50.0 €/t</td> </tr> <tr> <td>Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t</td> <td>Mise en oeuvre base : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td>Distance : 40.0 km</td> <td>Tarif : 115.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Tarif rendu chantier : 60.0 €/t</td> <td>Type de matériaux : Grave bitume</td> </tr> <tr> <td>Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut</td> <td>Épaisseur couche de base : 10.0cm</td> </tr> <tr> <td>Tarif : 6.0 €/m²</td> <td>Fabrication et transport mat. surface :</td> </tr> <tr> <td>Type de matériaux : BBM 4 cm</td> <td>Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Distance : 40.0 km</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tarif rendu chantier : 60.0 €/t</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tarif : 6.0 €/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Type de matériaux : BBM 4 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Retraitement des chaussées en place	Renforcement	Quantité de liant : Valeurs par défaut	Décaissement : Valeurs par défaut	Matériau : Grave	Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm	Fabrication et transport du liant : Valeurs par défaut	Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut	ICV Liants : LHR S70	Tarif du rabotage : 7.0 €/m ²	Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t	Distance : 100.0 km	Distance : 100.0 km	Tarif : 100.0 €/t	Tarif du transport : 0.1 €/t.km	Mise en oeuvre couche retraitée : Valeurs par défaut	Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t	Tarif : 7.0 €/m ²	Fabrication et transport mat. base :	Matériau en place : Graves	Valeurs par défaut	Épaisseur couche retraitée : 36.0cm	Type de matériaux : Grave bitume GB3	Fabrication et transport mat. surface :	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t	Valeurs par défaut	Distance : 40.0 km	Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm	Tarif du matériau de base : 50.0 €/t	Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t	Mise en oeuvre base : Valeurs par défaut	Distance : 40.0 km	Tarif : 115.0 €/m ²	Tarif rendu chantier : 60.0 €/t	Type de matériaux : Grave bitume	Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut	Épaisseur couche de base : 10.0cm	Tarif : 6.0 €/m ²	Fabrication et transport mat. surface :	Type de matériaux : BBM 4 cm	Valeurs par défaut		Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm		Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t		Distance : 40.0 km		Tarif rendu chantier : 60.0 €/t		Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut		Tarif : 6.0 €/m ²		Type de matériaux : BBM 4 cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Renforcement</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Décaissement ✓</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. base ✓</td> </tr> <tr> <td>Mise en oeuvre base ✓</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur couche de base ✓</td> </tr> <tr> <td>Fabrication et transport mat. surface ✓</td> </tr> <tr> <td>Mise en oeuvre mat. surface ✓</td> </tr> <tr> <td>Résultat</td> </tr> </tbody> </table>	Renforcement	Décaissement ✓	Fabrication et transport mat. base ✓	Mise en oeuvre base ✓	Épaisseur couche de base ✓	Fabrication et transport mat. surface ✓	Mise en oeuvre mat. surface ✓	Résultat
Retraitement des chaussées en place	Renforcement																																																																	
Quantité de liant : Valeurs par défaut	Décaissement : Valeurs par défaut																																																																	
Matériau : Grave	Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm																																																																	
Fabrication et transport du liant : Valeurs par défaut	Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut																																																																	
ICV Liants : LHR S70	Tarif du rabotage : 7.0 €/m ²																																																																	
Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																																																	
Distance : 100.0 km	Distance : 100.0 km																																																																	
Tarif : 100.0 €/t	Tarif du transport : 0.1 €/t.km																																																																	
Mise en oeuvre couche retraitée : Valeurs par défaut	Tarif de mise en décharge : 300.0 €/t																																																																	
Tarif : 7.0 €/m ²	Fabrication et transport mat. base :																																																																	
Matériau en place : Graves	Valeurs par défaut																																																																	
Épaisseur couche retraitée : 36.0cm	Type de matériaux : Grave bitume GB3																																																																	
Fabrication et transport mat. surface :	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																																																	
Valeurs par défaut	Distance : 40.0 km																																																																	
Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm	Tarif du matériau de base : 50.0 €/t																																																																	
Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t	Mise en oeuvre base : Valeurs par défaut																																																																	
Distance : 40.0 km	Tarif : 115.0 €/m ²																																																																	
Tarif rendu chantier : 60.0 €/t	Type de matériaux : Grave bitume																																																																	
Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut	Épaisseur couche de base : 10.0cm																																																																	
Tarif : 6.0 €/m ²	Fabrication et transport mat. surface :																																																																	
Type de matériaux : BBM 4 cm	Valeurs par défaut																																																																	
	Type de matériaux : Roche Meuble : BBM 4 cm																																																																	
	Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t																																																																	
	Distance : 40.0 km																																																																	
	Tarif rendu chantier : 60.0 €/t																																																																	
	Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut																																																																	
	Tarif : 6.0 €/m ²																																																																	
	Type de matériaux : BBM 4 cm																																																																	
Renforcement																																																																		
Décaissement ✓																																																																		
Fabrication et transport mat. base ✓																																																																		
Mise en oeuvre base ✓																																																																		
Épaisseur couche de base ✓																																																																		
Fabrication et transport mat. surface ✓																																																																		
Mise en oeuvre mat. surface ✓																																																																		
Résultat																																																																		
Résultat	Comparaison																																																																	

➤ Figure 19 (suite).



Ressources naturelles

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	1.577*10 ⁴ kgSb éq/m ²
Fabrication et transport du liant	1.758*10 ⁶ kgSb éq/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	311.0*10 ⁴ kgSb éq/m ²
Mise en œuvre couche retraitée	3.3*10 ⁶ kgSb éq/m ³	Mise en œuvre du matériau de base	2.2*10 ⁴ kgSb éq/m ²
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	14.73*10 ⁶ kgSb éq/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	14.75*10 ⁴ kgSb éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	90.4*10 ⁹ kgSb éq/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	90.4*10 ⁹ kgSb éq/m ²
Résultat final	16.64*10 ⁶ kgSb éq/m ²	Résultat final	47.73*10 ⁴ kgSb éq/m ²

Énergie primaire totale

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	14.79 MJ/m ²
Fabrication et transport du liant	269.2 MJ/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	6.07*10 ³ MJ/m ²
Mise en œuvre couche retraitée	31.9 MJ/m ³	Mise en œuvre du matériau de base	21.3 MJ/m ²
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	295.2 MJ/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	295.4 MJ/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	0.797 MJ/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	0.797 MJ/m ²
Résultat final	404.4 MJ/m ²	Résultat final	920.1 MJ/m ²

Émissions de GES (net hors déchets)

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	1.134 kgCO ₂ éq/m ²
Fabrication et transport du liant	24.83 kgCO ₂ éq/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	88.0 kgCO ₂ éq/m ²
Mise en œuvre couche retraitée	2.37 kgCO ₂ éq/m ³	Mise en œuvre du matériau de base	1.58 kgCO ₂ éq/m ²
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	3.891 kgCO ₂ éq/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	3.903 kgCO ₂ éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	59.29*10 ³ kgCO ₂ éq/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	59.29*10 ³ kgCO ₂ éq/m ²
Résultat final	13.74 kgCO ₂ éq/m ²	Résultat final	14.05 kgCO ₂ éq/m ²

Acidification

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	2.223*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²
Fabrication et transport du liant	51.94*10 ³ kgSO ₂ éq/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	0.303 kgSO ₂ éq/m ²
Mise en œuvre couche retraitée	4.65*10 ³ kgSO ₂ éq/m ³	Mise en œuvre du matériau de base	3.1*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	13.94*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	13.96*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	116.3*10 ⁶ kgSO ₂ éq/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	116.3*10 ⁶ kgSO ₂ éq/m ²
Résultat final	34.43*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²	Résultat final	46.91*10 ³ kgSO ₂ éq/m ²

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	154.5*10 ⁶ kgPO ₄ éq/m ²
Fabrication et transport du liant	6.958*10 ³ kgPO ₄ éq/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	30.8*10 ³ kgPO ₄ éq/m ³
Mise en oeuvre couche retraitée	323.0*10 ⁶ kgPO ₄ éq/m ³	Mise en oeuvre du matériau de base	215.0*10 ⁶ kgPO ₄ éq/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	1.369*10 ³ kgPO ₄ éq/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	1.37*10 ³ kgPO ₄ éq/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	8.068*10 ⁶ kgPO ₄ éq/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	8.068*10 ⁶ kgPO ₄ éq/m ²
Résultat final	3.998*10 ³ kgPO ₄ éq/m ²	Résultat final	4.634*10 ³ kgPO ₄ éq/m ²

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	79.85 €/m ²
Fabrication et transport du liant	10.0 €/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	117.5 €/m ³
Mise en oeuvre couche retraitée	7.0 €/m ³	Mise en oeuvre du matériau de base	115.0 €/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	5.64 €/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	5.64 €/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	6.0 €/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	6.0 €/m ²
Résultat final	17.76 €/m ²	Résultat final	114.7 €/m ²

Retraitement des chaussées en place		Renforcement	
Quantité de liant	100.0*10 ³ t/m ³	Décaissement	1.433 litre/m ²
Fabrication et transport du liant	133.0 litre/m ³	Fabrication et transport du matériau de base	338.0 litre/m ³
Mise en oeuvre couche retraitée	2.99 litre/m ³	Mise en oeuvre du matériau de base	2.0 litre/m ³
Épaisseur couche retraitée	36.0 cm	Épaisseur couche de base	10.0 cm
Fabrication et transport du matériau de surface	15.07 litre/m ²	Fabrication et transport du matériau de surface	15.09 litre/m ²
Mise en œuvre du matériau de surface	74.84*10 ³ litre/m ²	Mise en œuvre du matériau de surface	74.84*10 ³ litre/m ²
Résultat final	64.12 litre/m ²	Résultat final	50.59 litre/m ²

[Recommencer la comparaison](#)

CONCLUSION

Cette étude de cas montre l'intérêt de comparer les solutions d'entretien structurel d'une chaussée dégradée. Pour les hypothèses et les données retenues pour la simulation, c'est la solution de retraitement qui affiche les meilleurs résultats – tant sur le plan économique que sur le plan environnemental.

POUR ALLER PLUS LOIN

PROCÉDURE D'INSCRIPTION

Pour vous inscrire et commencer à utiliser PERCEVAL

<https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>

☰ Direction de la publication : François Redron

☰ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo

☰ Reportages, rédaction : Joseph Abdo, Étienne Diemert

☰ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T

☰ Crédits photos : CIMbéton

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton : 16 bis, boulevard Jean Jaurès - 92110 Clichy. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : centrinfo@cimbeton.net



REMUE-MÉNINGES #05

Problème posé : la diversité du temps ⁽²⁾

Pour augmenter le degré de complexité du problème, caractérisons le temps à l'aide de deux indices : le ciel est-il couvert ou dégagé, le matin ou l'après-midi ? Autrement dit, distinguons seulement les demi-journées claires et les demi-journées nuageuses. Peut-on, dans ces conditions, avoir beaucoup de semaines avec des alternances de temps différents ? À première vue, non. Au bout de quelques semaines, toutes les combinaisons de demi-journées claires et de demi-journées nuageuses seront probablement épuisées et l'une des combinaisons déjà observées se répétera inévitablement. Calculer alors le nombre de semaines avec des alternances de temps différents pour deux indices.

(Réponse dans le prochain numéro : Routes Best Of 2022.)

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGES #04

Problème posé : la diversité du temps ⁽¹⁾

« Cette semaine sera globalement plus sèche et plus lumineuse, même s'il faut s'attendre à un bref intervalle neigeux sur l'Île-de-France, mardi. Mais rien à voir avec la semaine passée, qui a été dominée par la présence d'une couverture nuageuse accompagnée de temps à autre de chutes de pluie. En revanche, le soleil sera indécis tout au long de la semaine prochaine, avec une alternance quasi systématique de jours lumineux et d'autres couverts. » Cet exemple de bulletin météo illustre bien la diversité du temps, sans oublier que, dans la même journée, on peut avoir des alternances de situations météo en nombre extrêmement élevé. Peut-on, dans ces conditions, évaluer le nombre de semaines avec des alternances de temps différents ? La réponse est, en principe, oui. Mais ce nombre dépendra du nombre d'indices retenus pour caractériser le temps.

Pour simplifier le problème, caractérisons le temps à l'aide d'un seul indice : le ciel est-il couvert ou dégagé ? Autrement dit, distinguons seulement les jours clairs et les jours nuageux. Peut-on, dans ces conditions, avoir beaucoup de semaines avec des alternances de temps différents ? À première vue, non. Au bout de quelques semaines, toutes les combinaisons de jours clairs et de jours nuageux seront probablement épuisées et l'une des combinaisons déjà observées se répétera inévitablement. Calculer alors le nombre de semaines avec des alternances de temps différents pour un seul indice.

Solution

Avec un seul indice pour caractériser le temps (à savoir le ciel est soit couvert ou dégagé durant la journée), on peut donc déterminer le nombre d'alternances de temps différents. Considérons un jour : il peut être soit couvert, soit dégagé, donc il y a deux possibilités. Considérons maintenant la suite de deux jours consécutifs : on peut avoir les alternances de temps suivants : Couvert – couvert ; Couvert – dégagé ; Dégagé – couvert ; Dégagé – dégagé. Sur deux jours consécutifs, il y a donc quatre possibilités d'alternances de temps différents. Considérons maintenant une suite de trois jours consécutifs : on peut avoir les alternances de temps suivants : Couvert – couvert – couvert ; Couvert – dégagé – couvert ; Dégagé – couvert – couvert ; Dégagé – dégagé – couvert ; Couvert – couvert – dégagé ; Couvert – dégagé – dégagé ; Dégagé – couvert – dégagé ; Dégagé – dégagé – dégagé. Sur trois jours consécutifs, il y a donc huit possibilités d'alternances de temps différents.

Avec le même raisonnement, on peut affirmer que, sur sept jours consécutifs, il y a donc 128 possibilités d'alternances de temps différents.

En d'autres termes, sur la base d'un seul indice, il y aura 128 semaines avec des alternances de temps différents. Au bout de 128 semaines, soit 896 jours ou environ 2 ans et demi, toutes les combinaisons de jours couverts et de jours dégagés seront probablement épuisées et l'une des combinaisons déjà observées se répétera inévitablement.



AGENDA / JOURNÉES TECHNIQUES CIMBÉTON 2022

OPTIMISER VOS PROJETS ROUTIERS TRAVAUX NEUFS ET ENTRETIEN

- > **Le matin** : conférences techniques sur la valorisation des matériaux en place à froid aux liants hydrauliques.
- > **L'après-midi** :
 - Conférence technique sur les Carrefours giratoires en béton.
 - Présentation de l'éco-comparateur PERCEVAL, suivie d'une étude de cas.

LIEUX

Nantes : 19 octobre 2022.

Montpellier : 23 novembre 2022.

Rouen : 6 décembre 2022.

Invitations disponibles sur simple demande auprès de CIMbéton.



SUR LA TOILE

LOGICIEL PERCEVAL

PERCEVAL est un logiciel, conçu spécialement pour la route (terrassements routiers, chaussées routières et autoroutières, aménagements urbains et ouvrages annexes). Il permet d'effectuer une évaluation économique et environnementale d'une solution technique ou une comparaison économique et environnementale entre deux solutions techniques alternatives pour un ouvrage routier.

Il répond aux besoins des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre, des bureaux d'études et des entreprises de disposer d'un outil, leur permettant d'établir un bilan économique et un bilan environnemental pour chacune des solutions techniques envisagées pour un projet, afin de justifier leur choix final.

Pour y accéder gratuitement :

<https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>