



# *Comment évaluer le coût d'utilisation de la route ?*

*Henry Kerali*

*Banque mondiale*

*Financement de l'Entretien Routier et Gestion des  
Fonds d'Entretien Routier  
ENPC, Paris, 30 juin - 4 juillet 2003*





# *Définition*

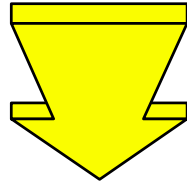
*Le coût d'utilisation de la route, c'est la quote-part du coût global de gestion de la route à imputer à chacun des véhicules utilisant le réseau routier*



# *Pourquoi calculer le coût d'utilisation de la route ?*

**Pour pouvoir...**

- **déterminer les coûts réels engendrés par chaque véhicule**
- **établir un système de redevances à payer par les usagers qui soit juste et équitable**



- **imputer le coût de gestion de la route aux différentes catégories de véhicules utilisant le réseau**

# *Le coût de gestion de la route*

- **Entretien**
- **Réhabilitation**
- **Renforcement et amélioration**
- **Administration et exploitation**



# *Les coûts d'entretien*

## *Entretien courant*

- travaux saisonniers
- réparations sur chaussée

## *Travaux spécifiques*

- travaux d'urgence
- entretien hivernal

## *Entretien périodique*

- entretien préventif
- rechargement
- tapis d'enrobés
- reconstruction de la chaussée
- reprises de structure



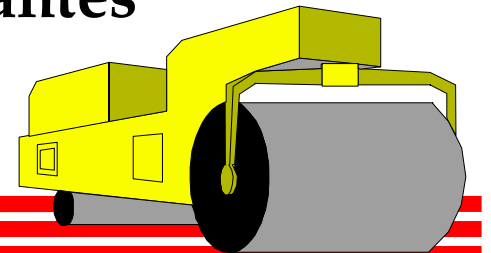
# *Réhabilitation, renforcement et améliorations*

## *Réhabilitation*

- en théorie, inévitable quand une route arrive en fin de vie (structure détruite par la fatigue accumulée sous trafic)
- rendue nécessaire bien plus tôt en cas de sous-entretien
- besoin restant marginal pour un réseau correctement géré

## *Renforcement et améliorations*

- apportent un supplément de capacité
- ne sont pas considérés comme des composantes du coût de gestion de la route





# *Administration / Exploitation*

- **organisation**
- **police de la circulation**
- **équipements (*signalisation, éclairage, etc.*)**
- **recherche et développement**



# *Les composantes du coût*

## *Coûts fixes*

- **Constants. Indépendants de l'utilisation de la route**
- **Fourniture et exploitation des équipements**

## *Coûts variables*

- **Dépendants de l'utilisation de la route (*c-à-d. véhicules  $\times$  km*) et de la charge à l'essieu**
- **Coûts d'entretien et d'exploitation résultant du volume de trafic et de la charge à l'essieu cumulée**





# *Les coûts fixes*

## *Entretien courant*

- travaux saisonniers

## *Entretien périodique*

- campagnes d'enduits superficiels

## *Petits ouvrages*

- entretien
- remplacement

## *Administration*

- organisation
- police de la circulation (réglementation)
- gestion des équipements
- recherche et développement

---

\$\$\$\$



## *Les coûts variables*

### *Entretien courant*

- Réparations sur chaussée

### *Travaux spécifiques*

- travaux d'urgence
- entretien hivernal

### *Administration*

- gestion du trafic

### *Entretien*

#### *périodique*

- rechargement
- tapis d'enrobés
- reconstruction de la chaussée





# *L'entretien courant*

## Travaux saisonniers :

- **Activités programmables :**
  - » entretien du dispositif d'assainissement, marquages au sol, lutte contre la végétation
- **Ce sont des coûts fixes qui dépendent :**
  - » du dimensionnement de la route, de l'environnement, de la catégorie de la route

## Réparations sur chaussée :

- **Rendues nécessaires par l'état de la chaussée :**
  - » étanchéification des fissures, traitement des nids-de-poule, reprofilage léger
- **Ce sont des coûts variables qui dépendent :**
  - » du volume de trafic, de l'environnement





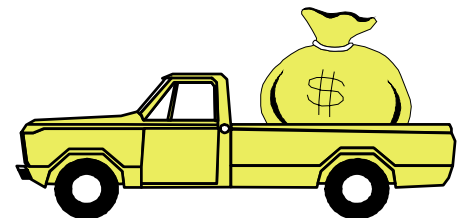
## *L'entretien périodique*

- **permet de préserver les niveaux de services effectifs**
- **reconstitue la couche de roulement en vue de supporter le trafic futur**
- **Les coûts variables sont fonction :**
  - **des volumes de trafic**
  - **des charges à l'essieu cumulées**



## *Les coûts d'administration*

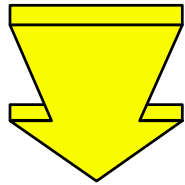
- Ils représentent environ 5 à 10 % du coût de gestion de la route
- Ce sont des coûts fixes à 70%
- Ce sont des coûts variables à 30%, correspondant à :
  - la police de la circulation
  - la gestion du trafic et des incidents
  - Ces coûts augmentent avec les véhicules x km



# *Les coûts variables*

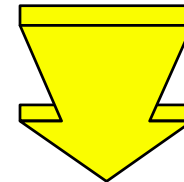
## *Réseaux routiers avec :*

- Des structures plutôt surdimensionnées



- Coûts variables faibles

- Des structures plutôt sous-dimensionnées



- Coûts variables élevés



# *Comment évaluer le coût d'utilisation de la route ?*

**On calcule :**

- les coûts fixes relatifs aux facteurs externes au trafic
- les coûts variables imputables aux véhicules légers
- les coûts variables imputables aux véhicules lourds
- les coûts varient en fonction :
  - des règles de dimensionnement des corps de chaussée
  - du volume du trafic
  - des charges à l'essieu cumulées





## *Comment évaluer le coût d'utilisation de la route ?*

**On utilise un modèle du type HDM-4 pour simuler la détérioration de la chaussée et l'évolution des coûts d'entretien selon trois scénarios distincts :**

- **dégradation due à l'environnement seul (aucun trafic)**
- **dégradation sous trafic (mais avec des charges nulles)**
- **dégradation sous trafic en considérant les effets de la charge à l'essieu cumulée**

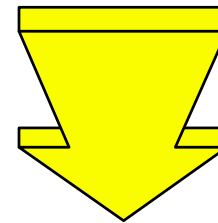




# *Qu'apporte HDM ?*

**Il permet de simuler :**

- la détérioration de la chaussée
- les effets de l'entretien
- le coût d'utilisation de la route en fonction :
  - des caractéristiques de la route
  - de l'état de la chaussée



**Résultats :**

- Besoins de travaux (en flux annuel)
- Bilan coûts/avantages actualisé
- Taux de rendement économique



# *Comment évaluer le coût d'utilisation de la route avec HDM*

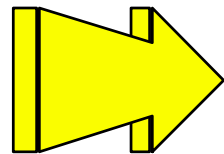
- **Paramétrer HDM en fonction des conditions locales**
- **Répartir le réseau en :**
  - **classes de trafic**
  - **types de revêtement**
- **Choisir une portance de chaussée type pour chaque classe de trafic et chaque type de revêtement**
- **Déterminer des stratégies d'entretien**





## *Les scénarios d'analyses*

- à trafic nul
  - ➔ détérioration liée à l'environnement seul
- avec charge à l'essieu minimum
  - ➔ effets du volume de trafic seul
- avec trafic et véhicules tels qu'observés
  - ➔ effets du trafic et de la charge à l'essieu cumulée

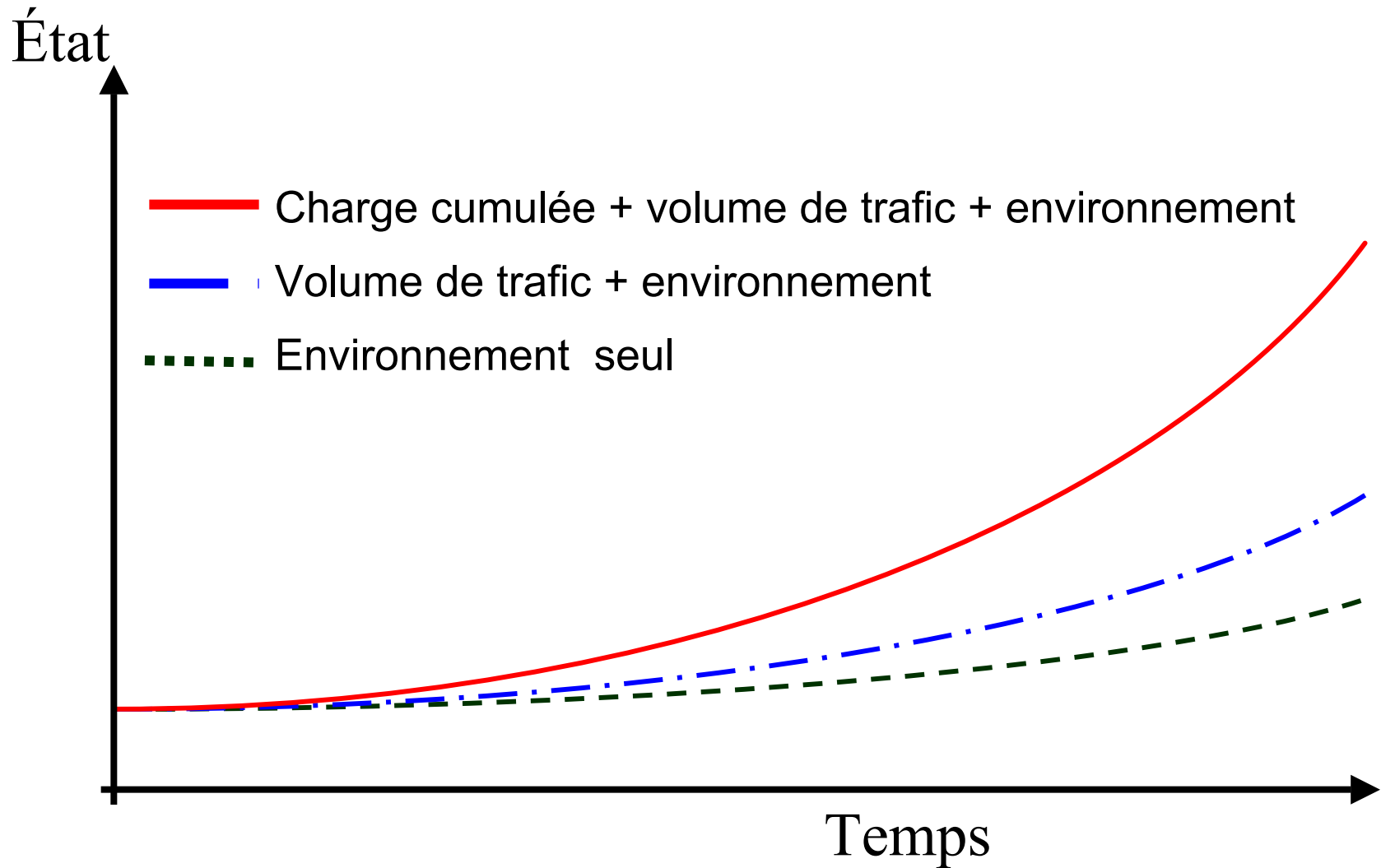


Quantifier les coûts fixes  
et les coûts variables



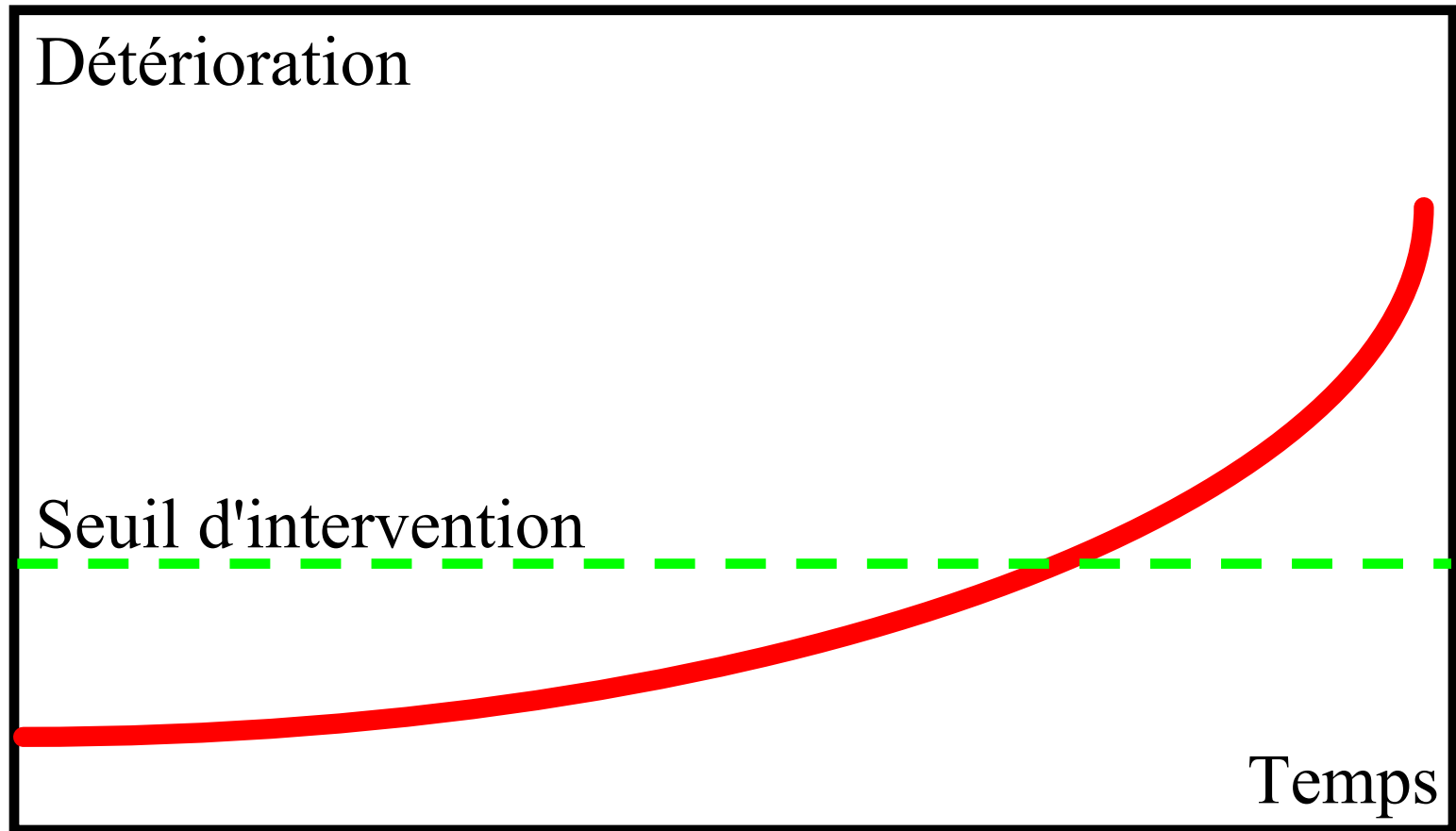


# *La détérioration de la chaussée*





# *Les besoins d'entretien*





## *Exemples de seuils d'intervention*

- Étanchéification si zones fissurées  $> 5 \%$
- Revêtement de la surface lorsque l'orniérage et la mesure de déflexion dépassent certaines valeurs
- Limites de sécurité en termes de :
  - coefficients d'adhérence
  - profondeur des ornières
- Minimum d'uni tolérable pour le confort de l'utilisateur



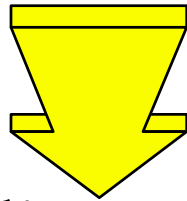
## *Les facteurs économiques*

Arbitrage à effectuer entre :

- des règles de dimensionnement exigeantes, induisant un coût de construction élevé
- des règles moins sévères, avec un coût de construction moins élevé

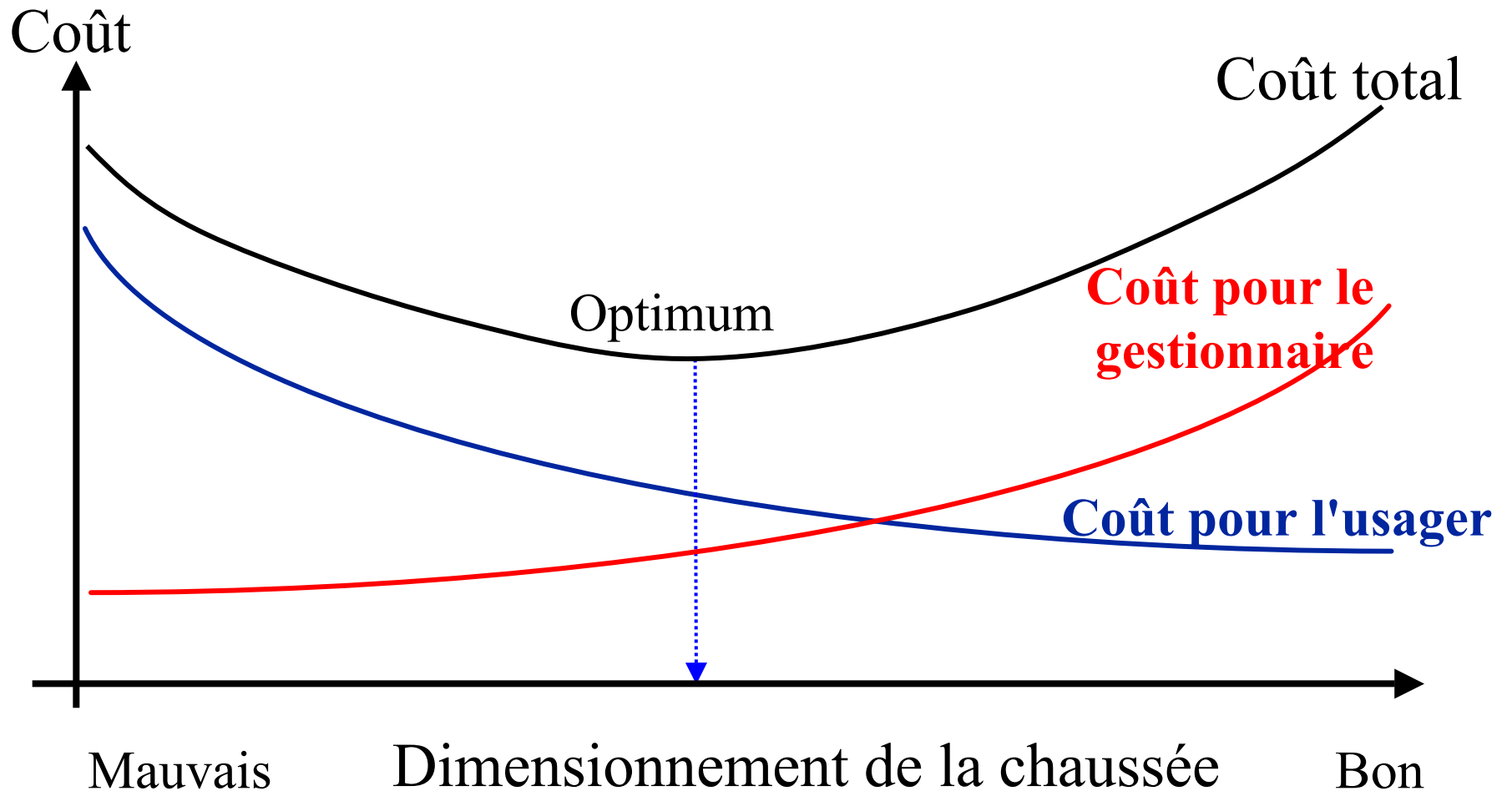
Cela dépend :

- des économies nettes dégagées sur le coût d'utilisation de la route



- Un retour direct sur investissement est réalisé sur les opérations d'entretien

# *L'optimisation de l'entretien*

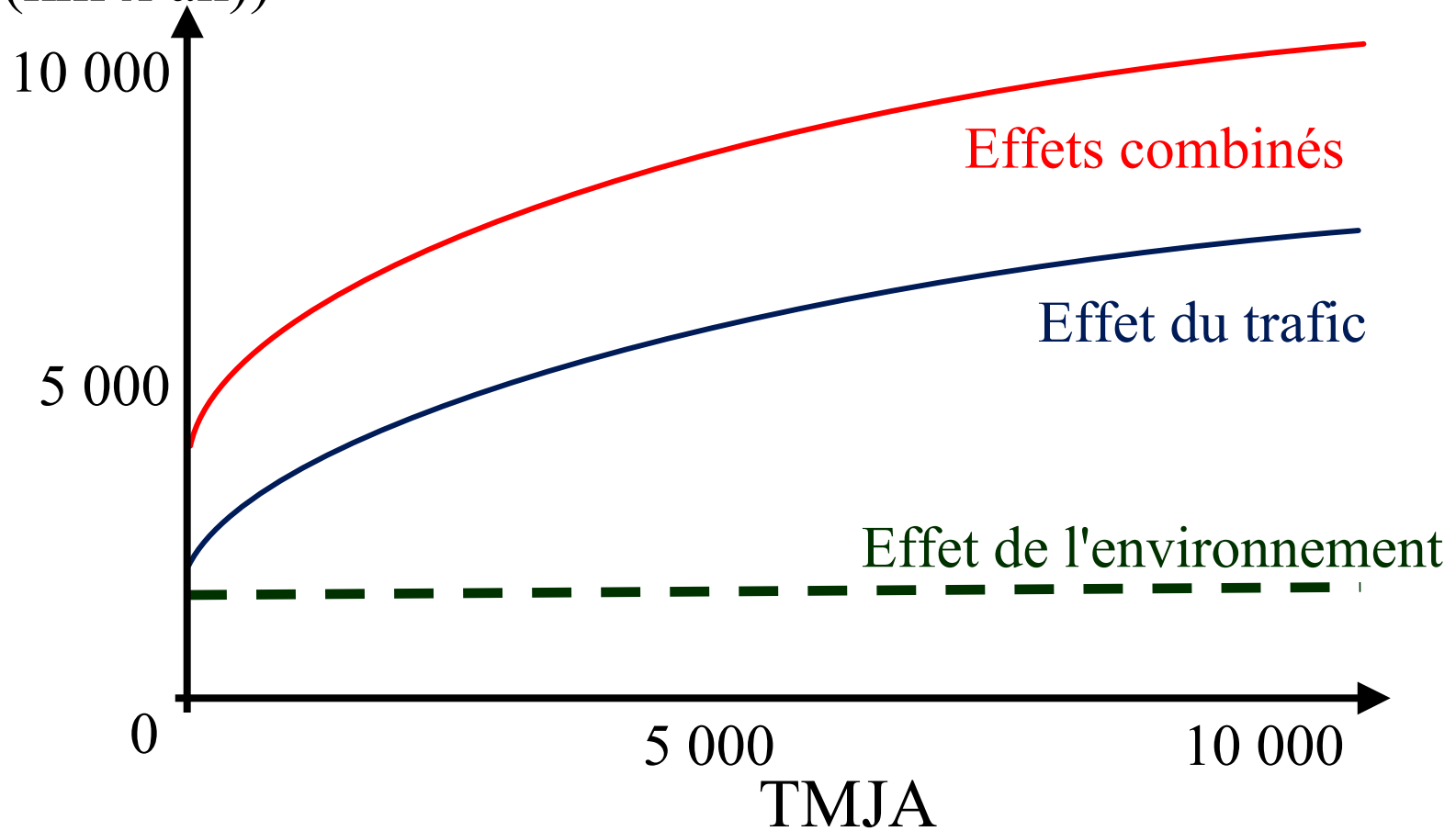






# *Le coût d'utilisation de la route*

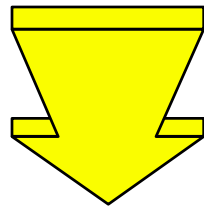
Coût d'entretien  
(\$/ (km x an))





## *L'impact des véhicules lourds*

- Soit charge moyenne élevée des véhicules lourds,
- Soit forte proportion de véhicules lourds



- Augmentation des coûts d'entretien (inférieure cependant à la puissance quatre, car seule une partie des besoins d'entretien est liée à la charge)



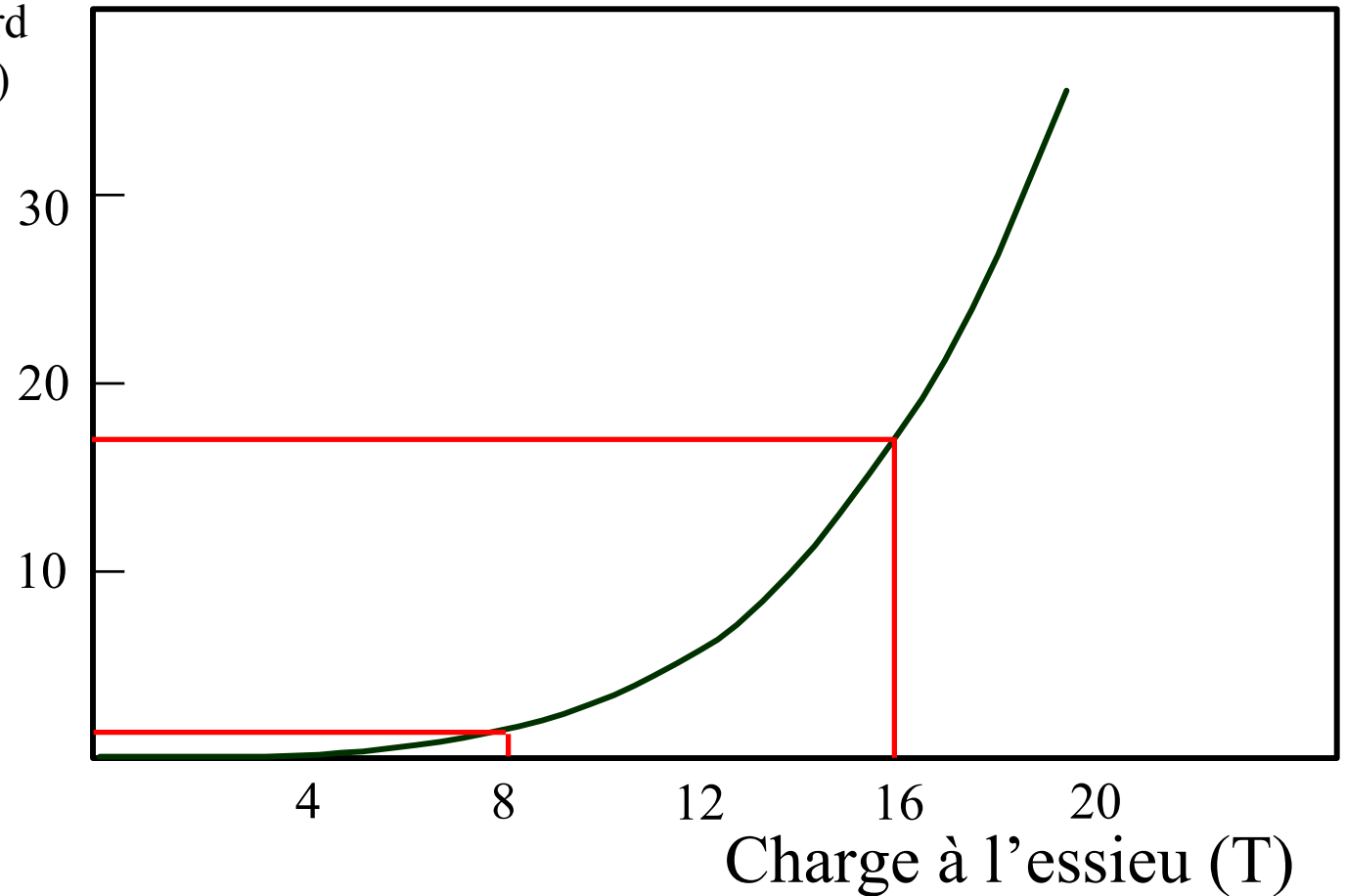


# La charge à l'essieu

(Loi de la puissance quatrième)

Agressivité

(en essieux standard  
équivalents = ESE)





# *La sensibilité à la charge à l'essieu*

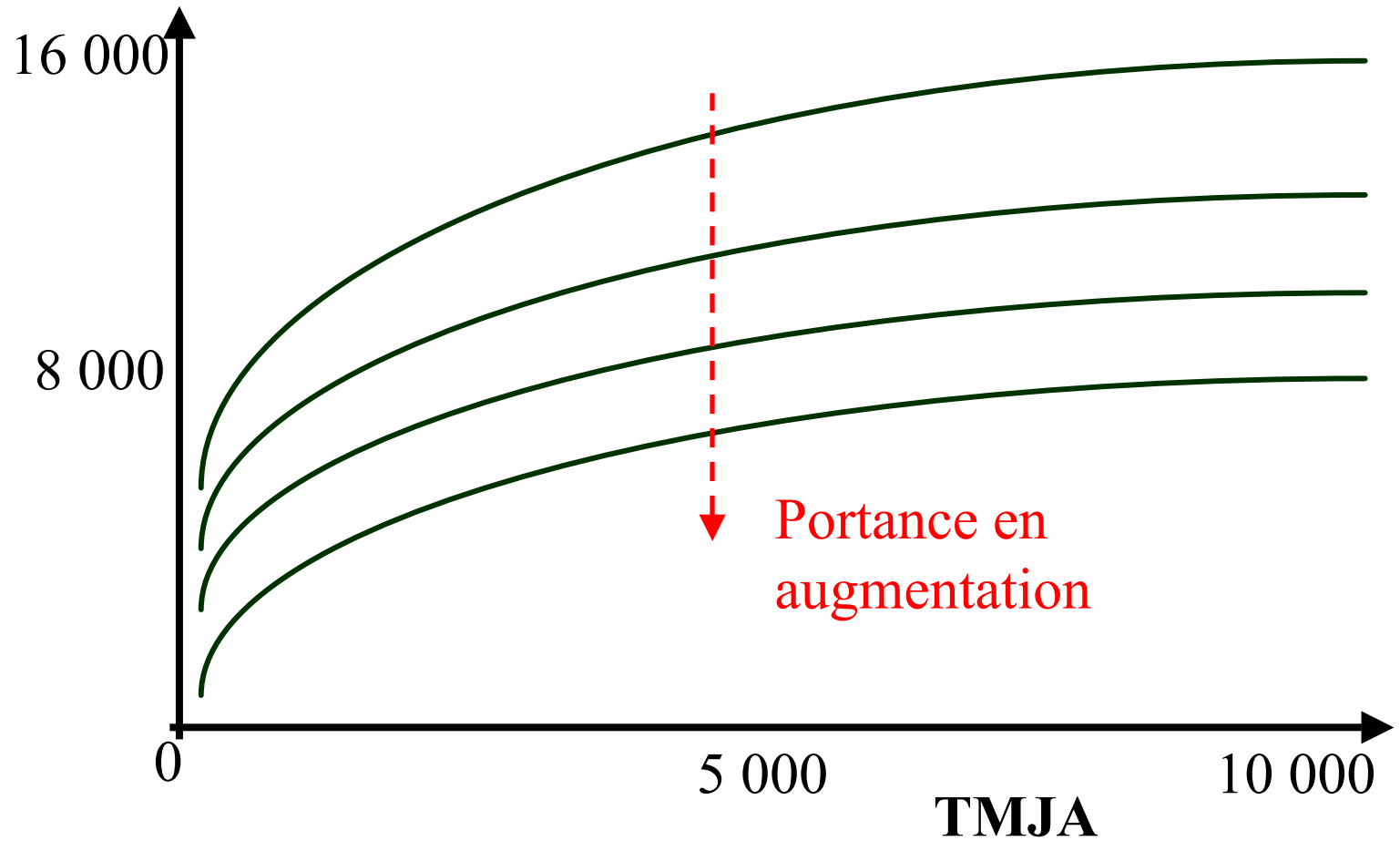
- Réduire de moitié l'agressivité (en ESE) de chaque véhicule (charge légère)
  - réduit les frais variables d'environ 20 %
  - mais le coût total ne diminue que d'à peu près 5 %
- Doubler l'agressivité (en ESE) de chaque véhicule (charge lourde)
  - entraîne un quasi-doublement des coûts variables
  - augmente le coût d'entretien total d'environ 10 à 20 %

*ESE = Essieux Standard Équivalents*



# *L'effet de la portance de la chaussée*

Coûts d'entretien (\$/km-an)



## *Les coûts des chaussées légères*

- **Coûts variables multipliés par 12, passant de :**
  - 938 USD/km/an pour 300 véhicules/jour à
  - 11 382 USD/km/an pour 10 000 véhicules/jour
  - la part des coûts liés à la charge est légèrement plus importante que la part des coûts liés au trafic
- **Coûts d'entretien moyens :**
  - multipliés par 5
  - la part variable du coût augmente d'environ 24 à 74 %



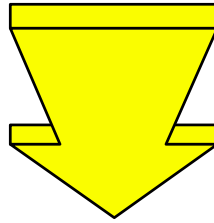
## *Les coûts des chaussées robustes*

- **Coûts variables passant de...**
  - 60 USD/km/an pour 300 véhicules/jour (25% du coût total d'entretien) à...
  - 3 850 USD/km/an pour 10 000 véhicules/jour (50 % des coûts d'entretien)
- **La part des coûts liés à la charge cumulée est légèrement plus importante que la part des coûts liés au trafic**



## *Les règles de dimensionnement de la chaussée*

Dans la pratique, le dimensionnement de la chaussée correspond à la charge de trafic prévue



- En cas de surdimensionnement, de nombreux effets décrits plus haut disparaissent
- Coûts d'entretien en moyenne de l'ordre de 6 000 USD par kilomètre à deux voies

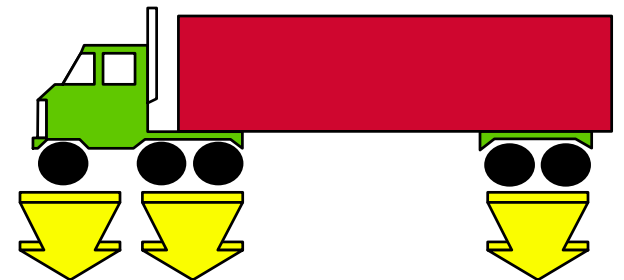






## *L'incidence de la portance de la chaussée*

- Les coûts fixes demeurent constants
- Faible changement du coût variable relatif au véhicule
- Les coûts liés à la charge cumulée *baissent* rapidement quand la portance de la structure augmente





## *Exemple*

- Pour une route supportant environ 3 000 véhicules / jour :
- La portance de la chaussée augmente de  $SN=2$  à  $SN=5$  ( $SN$  étant l'indice de structure AASHTO)

*En conséquence :*

- L'intervalle entre 2 rechargements passe de 6 à 15 ans
- les coûts liés à la charge cumulée tombent de 2 963 USD par km et par an à 640 USD par km et par an





## *Le coût d'utilisation de la route*

Pour les routes à trafic modéré



- Coûts d'entretien =
  - 3,26 US¢/(véhicule x km) pour un trafic de 300 véhicules par jour
  - 0,21 US¢/(véhicule x km) pour un trafic de 10 000 véhicules par jour
- Les 2 parts fixe et variable varient dans les mêmes proportions





## *Des résultats à retenir...*

**Coût d'utilisation de la route pour des chaussées bien dimensionnées :**

- À hauteur de 13 %, provient de la détérioration provoquée par la charge à l'essieu cumulée
- Pour 33 %, de la détérioration liée au volume du trafic
- Le solde (54 %) est l'ensemble des coûts fixes, dont...
  - 10 à 20 % concernent des travaux saisonniers hors chaussée
  - le reste concerne des réparations de dégâts sur chaussée liés à l'environnement





## *Principales conclusions...*

- La composante fixe du coût et celle qui est liée à la charge cumulée sont toutes deux relativement indépendantes du volume de trafic
- si bien que le coût par véhicule-kilomètre varie entre :
  - 0,1 US ¢ pour les routes supportant 10 000 véhicules par jour
  - et 2,3 US ¢ pour les routes supportant 300 véhicules par jour
- et pour le coût par ESE x km :
  - 0,02 US ¢ pour les routes supportant 10 000 véhicules par jour
  - 2,4 US ¢ pour les routes supportant 300 véhicules par jour
- Les coûts liés aux véhicules sont relativement constants, autour de 0,16 US ¢ par véhicule x kilomètre.

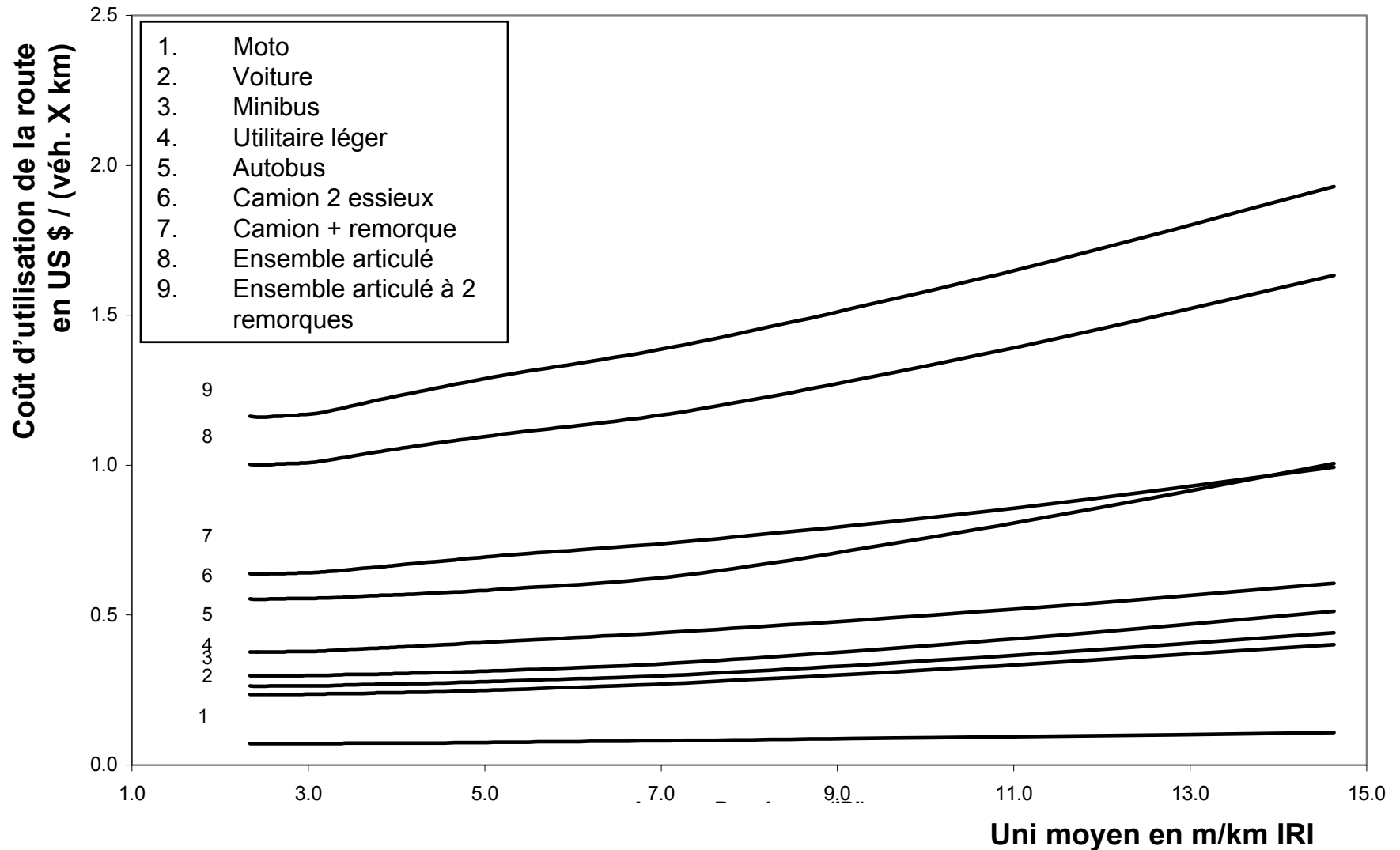


# *Comparaison avec les coûts d'exploitation des véhicules*

- **Les coûts supportés par les usagers de la route comprennent :**
  - les coûts d'exploitation du véhicule (CEV)
  - les coûts liés aux temps de trajet
  - les coûts liés aux accidents
- **Coûts d'exploitation du véhicule :**
  - Carburant, pneus, amortissement, etc.
  - Coûts d'exploitation d'un ensemble articulé :
    - » Route en bon état : 1 USD / (véhicule x km)
    - » Route en mauvais état : 1,50 USD / (véhicule x km)



# Les coûts d'exploitation des véhicules (CEV)



## *Conclusion*

*Pour l'utilisateur, payer pour l'utilisation de la route revient bien moins cher que de supporter le surcoût d'exploitation de son véhicule dû au sous-entretien ou au non-entretien du réseau.*



