

COLLOQUE DE
FORMATION
TECHNIQUE

Décembre 2007

ANALYSE DES COÛTS DU CYCLE DE VIE ET ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU CYCLE DE VIE

Catherine Lavoie ing. M.Sc.
Bitume Québec
en collaboration avec
Marc Proteau ing.
Construction DJL Inc.

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- GÉNÉRALITÉS - Mise en contexte
- SCÉNARIOS D'ENTRETIEN
- ANALYSE DES COÛTS DU CYCLE DE VIE
- ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU CYCLE DE VIE
- CONCLUSION

GÉNÉRALITÉS ET MISE EN CONTEXTE



GÉNÉRALITÉS- MISE EN CONTEXTE

Implications du protocole de Kyoto (1997)

OCDE dans le cadre de sa politique de développement durable donne priorité à:

- limitation de l'impact des industries sur le changement climatique
- optimisation de la gestion des ressources naturelles

GÉNÉRALITÉS- MISE EN CONTEXTE

Définition de l'ACV

L'évaluation des impacts potentiels sur l'environnement d'un système comprenant l'ensemble des activités industrielles associées au cycle de vie d'un produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets

(du berceau à la tombe, « cradle to grave »)

GÉNÉRALITÉS- MISE EN CONTEXTE

Critères liés à une chaussée durable

- **Optimiser l'utilisation des ressources naturelles et réduire la consommation d'énergie**
- **Diminuer les impacts sur l'effet de serre (GES)**
- Limiter la pollution (air, sol, eau, bruit, etc..)
- Améliorer les conditions d'hygiène, de sécurité et la prévention des risques
- Assurer un bon niveau de confort et de sécurité pour l'utilisateur

GÉNÉRALITÉS- MISE EN CONTEXTE

Définition de l'analyse des coûts du cycle de vie

Méthode d'évaluation économique permettant de discriminer les projets d'investissements en comparant les coûts totaux des différentes options sur la durée de vie de l'ouvrage ou du projet

GÉNÉRALITÉS- MISE EN CONTEXTE

Contexte de l'analyse des coûts du cycle de vie

- Les projets doivent satisfaire des aspects techniques et d'ingénierie
- Inclut une analyse des coûts aux usagers (usures des véhicules et délais)
- Dans le cadre de l'orientation ministérielle, c'est un comparatif chaussées souple vs rigide
- Dans le cadre de cette présentation, c'est un comparatif chaussée neuve vs retraitée

SCÉNARIOS D'ENTRETIEN



SCÉNARIOS D 'ENTRETIEN

L 'établissement des interventions est fonction:

- Comportement mécanique
- Caractéristiques de surface
- Dégradations (thermiques et autres)

SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

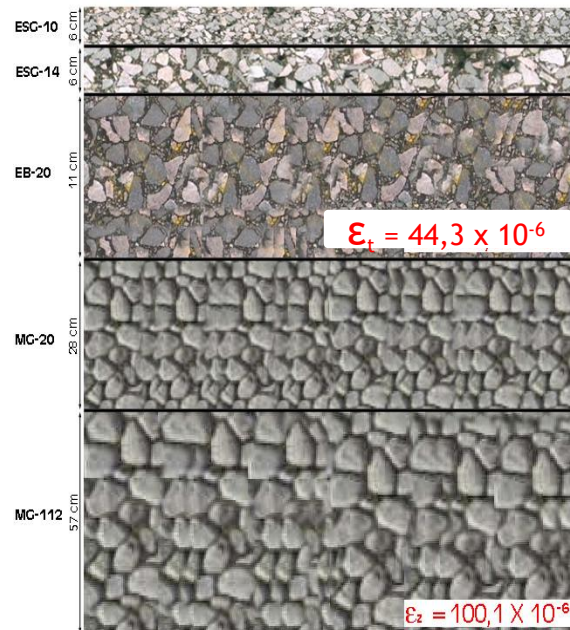
Données du cas 14 de l'orientation ministérielle du MTQ (M-2006)

- 30 ans
- 3 voies
- DJMA: 90 000
- Pourcentage de camion: 10 %
- ÉCAS: 30 142 000
- Protection au gel: 1079 mm
- Autoroute urbaine/ Région métropolitaine
- Taux d'actualisation 5 %

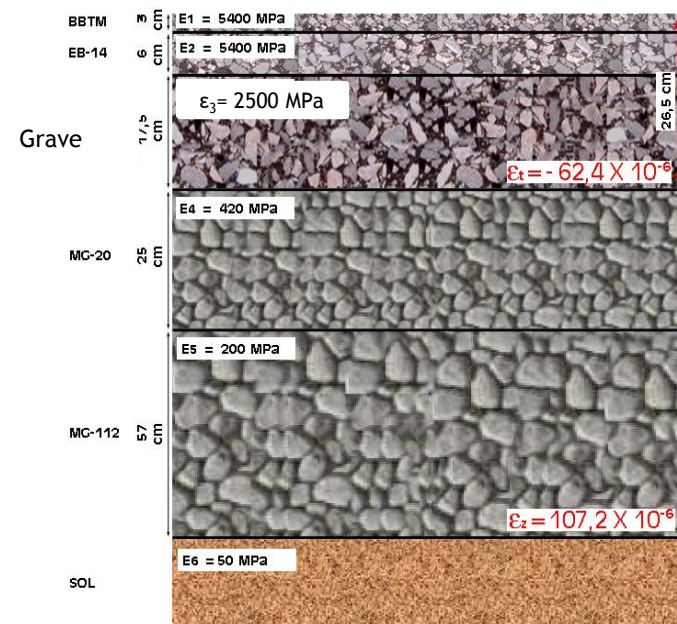
SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Structure neuve (dimensionnement 30 ans)

Conventionnelle



Grave retraité



Epais. Mat. lié : 25 cm

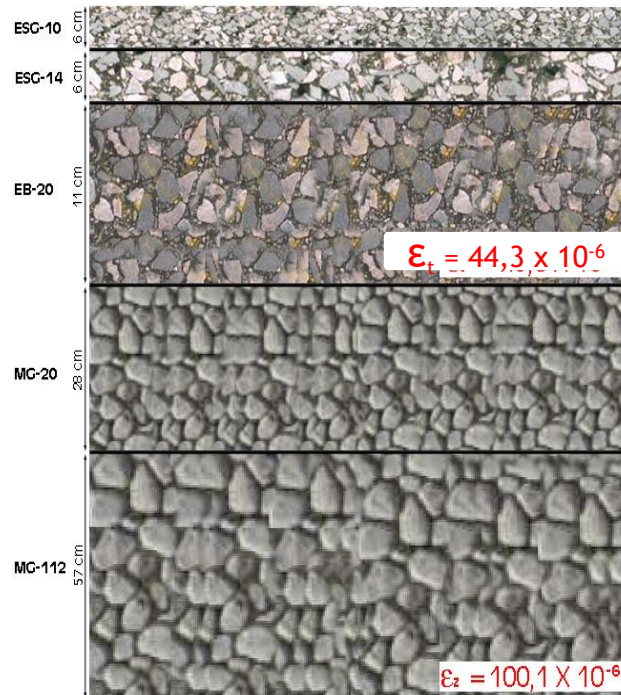
Epais. Mat. lié : 26,5 m

SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

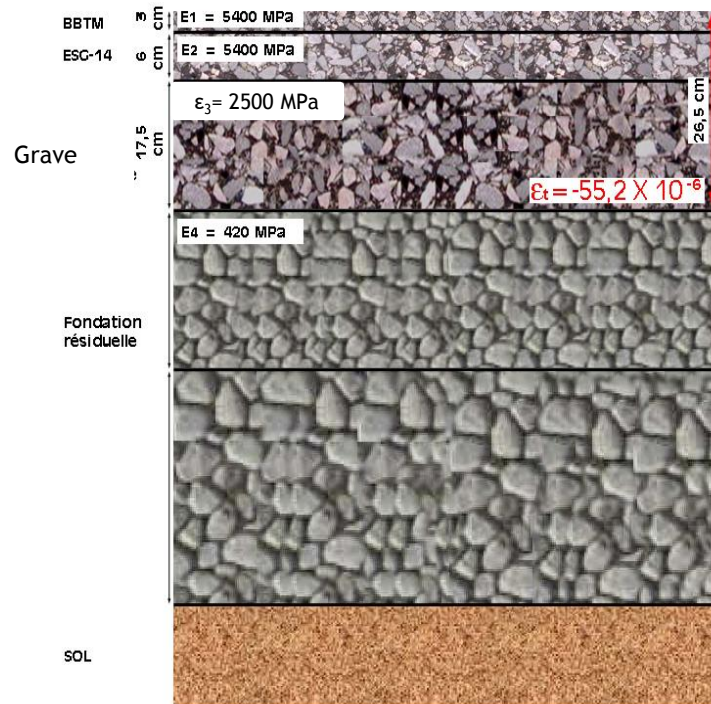
Structure en réhabilitation

(dimensionnement 30 ans)

Conventionnelle



Retraitement Type III



Epais. Mat. lié : 25 cm

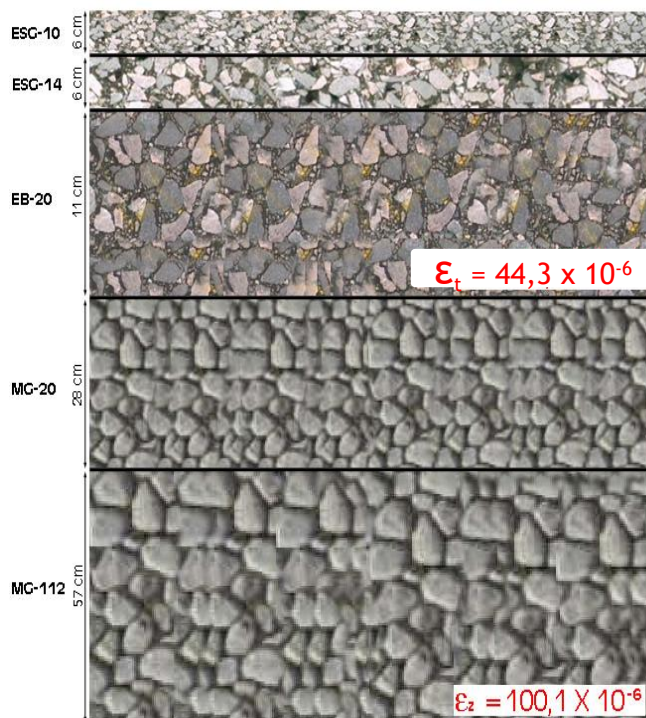
Epais. Mat. lié : 26,5 cm

SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Structure en réhabilitation

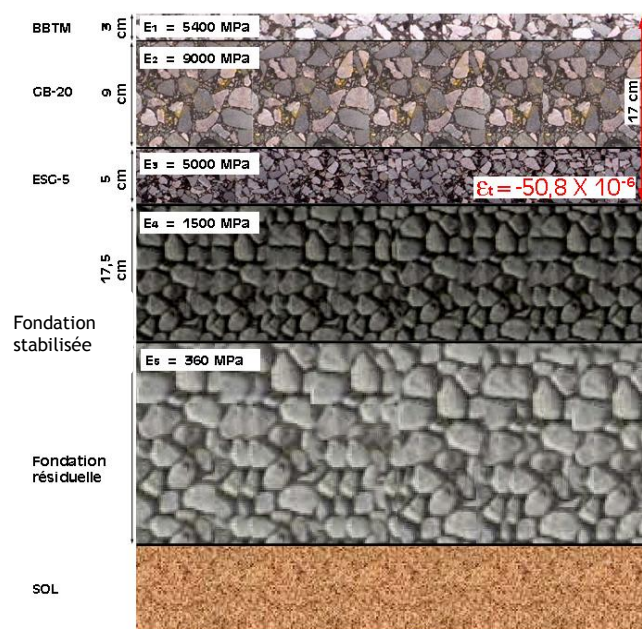
(dimensionnement 30 ans)

Conventionnelle



Retraitement Type III

(Longue durée de vie)



Épais. Mat. lié : 25 cm

Épais. Mat. lié : 34,5 cm

SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Analyse du cas conventionnel (Cycle de vie de 50 ans)

	INTERVENTION	ANNÉE	DURÉE
1	Reconstruction complète en enrobés	0	14 ± 2
2	- Planage sur 40 mm (100 %) - Resurfaçage 100 kg/m² (100 %)	14	13 ± 2
3	- Planage sur 50 mm (100 %) - Resurfaçage 120 kg/m² (100 %)	27	12 ± 2
4	- Planage sur 50 mm (100 %) - Resurfaçage 120 kg/m² (100 %)	39	10 ± 2
5	Enlèvement complet du revêtement et pose d'un nouvel enrobé	49	—



SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Analyse du grave retraitsé

(Cycle de vie de 50 ans)

	INTERVENTION	ANNÉE	DURÉE
1	• Reconstruction avec grave sur 175 mm	0	14 ± 2
2	• Resurfaçage en enrobés coulés à froid - 20 kg/m ²	14	6 ± 2
3	• Resurfaçage ECF - 20 kg/m ²	20	6 ± 2
4	• Resurfaçage - 70 kg/m ²	26	11 ± 2
5	• Planage sur 60 mm	37	13 ± 2
	• Resurfaçage 140 kg/m ²		
6	• Resurfaçage ECF 20 kg/m ²	50	6 ± 2



3. SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Analyse du retraitement Type III

(Cycle de vie de 50 ans)

	INTERVENTION	ANNÉE	DURÉE
1	• Réhabilitation avec grave sur 175 mm	0	14 ± 2
2	• Resurfaçage en enrobés coulés à froid - 20 kg/m ²	14	6 ± 2
3	• Resurfaçage ECF - 20 kg/m ²	20	6 ± 2
4	• Resurfaçage - 70 kg/m ²	26	11 ± 2
5	• Planage sur 60 mm • Resurfaçage 140 kg/m ²	37	13 ± 2
6	• Resurfaçage ECF 20 kg/m ²	50	6 ± 2



3. SCÉNARIOS D'ENTRETIEN

Analyse du Retraitement Type III (LDV)

(Cycle de vie de 50 ans)

	INTERVENTION	ANNÉE	DURÉE
1	• Réhabilitation avec base stabilisée en centrale + conception L.D.V.	0	14 ± 2
2	• Resurfaçage en enrobés coulés à froid - 20 kg/m ²	14	6 ± 2
3	• Resurfaçage ECF - 20 kg/m ²	20	6 ± 2
4	• Resurfaçage - 70 kg/m ²	26	11 ± 2
5	• Planage sur 60 mm • Resurfaçage 140 kg/m ²	37	13 ± 2
6	• Resurfaçage ECF 20 kg/m ²	50	6 ± 2

ANALYSE DES COÛTS DU CYCLE DE VIE



ANALYSE DES COÛTS

Les étapes de l'analyse

- Établir les différentes alternatives techniques (conception, matériaux)
- Déterminer le moment des séquences d'intervention (construction, entretien)
- Estimer les coûts associés aux interventions
- Calculer les coûts globaux p/r à l'année de référence
- Analyser les résultats et choisir l'option la plus performante (valeur la plus faible)

ANALYSE DES COÛTS

MTQ - Orientation ministérielle Données techniques du cas 14

- Dimensionnement sur 30 ans
- % Camion = 10 %
- DJMA = 90 000
- CAM = 1,0
- ÉCAS = 30,142 millions d'ÉCAS
- Autoroute 3 voies (3,7 m) accotements (2 x 3 m)
- Tronçon de 5 km, 1 direction
- IG = 972 °C jour (protection au gel = 1079 mm)
- Infra: SM avec plus de 30 % passant 80 µm

ANALYSE DES COÛTS

Les principes de l'analyse LCCA

- Logiciel Real Cost de FHWA
- Analyse sur un cycle de vie complet
(40 à 50 ans)
- Dépenses actualisées :
 $(\text{coût intervention}) * (1 + \% \text{ actualisation})^{-n}$
- Analyse déterministique
(analyse économique classique)
- Analyse probabilistique
(type Monté-Carlo, triangulation)

ANALYSE DES COÛTS

Prix unitaire des interventions

- Enrobé EG-10: \$60,00/t
- **Enrobés ESG-14 et GB-20: \$48,00/t**
- BBTM: \$60,00/t
- Base stabilisée: \$34,00/t
- Pulvérisation sur 250 mm: \$1,25/m²
- Excavation sur 100 mm: \$1,75/m²
- Stabilisation au liant composite sur 175 mm: \$11,00/m²
- GB-20: \$48,00/t
- ESG-5: \$65,00/t
- ECF 20 kg/m²: \$4,25/m²
- Planage à froid: \$ 1,75 /m²
- Marquage: \$ 0,92/ m²
- Fondation MG-20: \$ 10,75/ t
- Fondation MG-112: \$ 7,50/ t

(Exclut: coût aux usagers et signalisation)



ANALYSE DES COÛTS

Exemple de calcul de construction (Cas 14 - une direction)

CHAUSSEES:

BB 3 voies x 3,7 m x 5000 m x 0,25 m x 141\$/m³ = 1 995 503\$

MG-20 3 voies x 3,7 m x 5000 m x 0,28 m x 24,2\$/m³ = 382 784\$

MG-112 3 voies x 3,7 m x 5000 m x 0,57 m x 16,5\$/m³ = 519 230\$

ACCOTEMENTS:

BB 2 voies x 3 m x 5000 m x 0,25 m x 141\$/m³ = 1 078 650\$

MG-20 2 voies x 3 m x 5000 m x 0,28 m x 24,2\$/m³ = 206 910\$

MG-112 2 voies x 3 m x 5000 m x 0,57 m x 16,5\$/m³ = 280 665\$

Marquage 3 voies x 3,7 m x 5000 m x 0.92\$/m² = 51 060\$

$\Sigma = 4\,514\,802\ \$/\text{direction}$



ANALYSE DES COÛTS

Cas 14 - Conventionnel

Intervention	Prix Analyse probabiliste	Durée de vie (ans)
1- Reconstruction complète en enrobés	4 514 802\$ ± 500 000\$	14 ± 2
2- Planage (40 mm) et resurfaçage (100 kg/m ²)	555 000\$ ± 88 000\$	13 ± 2
3- Planage (50 mm) et resurfaçage (120 kg/m ²)	936 840\$ ± 164 000\$	12 ± 2
4- Planage (50 mm) et resurfaçage (120 kg/m ²)	936 840\$ ± 164 000\$	10 ± 2
5- Enlèvement complet du revêtement et pose d'un nouvel enrobé, marquage	3 547 314\$ ± 232 000\$	-

* Pour les besoins de l'exercice, dimensionnement identique à l'an 0



ANALYSE DES COÛTS

Cas 14 - Grave retraitsé

Intervention	Prix - Analyse déterministique	Durée de vie (ans)
1 - Reconstruction avec grave retraitsé en centrale sur 175 mm	3 383 576\$	14 ± 2
2- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
3- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
4- Resurfaçage enrobés minces (70 kg/m ²)	410 160\$	11 ± 2
5- Planage (60 mm) et resurfaçage (140 kg/m ²)	918 885\$	13 ± 2
6- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	-



ANALYSE DES COÛTS

Cas 14 - Retraitement Type III

Intervention	Prix - Analyse déterministique	Durée de vie (ans)
1 - Réhabilitation avec grave retraité en centrale sur 175 mm	2 529 577\$	14 ± 2
2- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
3- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
4- Resurfaçage enrobés minces (70 kg/m ²)	410 160\$	11 ± 2
5- Planage (60 mm) et resurfaçage (140 kg/m ²)	918 885\$	13 ± 2
6- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	-



ANALYSE DES COÛTS

Cas 14 - Retraitement Type III (LDV)

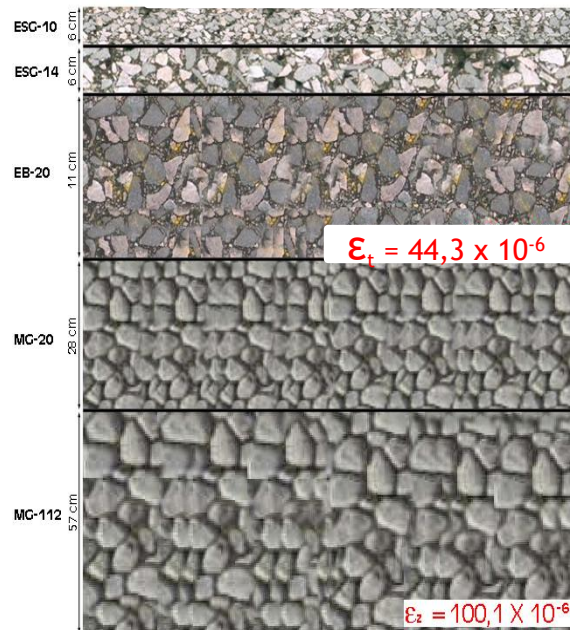
Intervention	Prix - Analyse déterministique	Durée de vie (ans)
1 – Réhabilitation avec stabilisation et conception L.D.V.	2 987 280\$	14 ± 2
2- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
3- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	6 ± 2
4- Resurfaçage enrobés minces (70 kg/m ²)	410 160\$	11 ± 2
5- Planage (60 mm) et resurfaçage (140 kg/m ²)	918 885\$	13 ± 2
6- Resurfaçage ECF (20 kg/m ²)	414 435\$	-



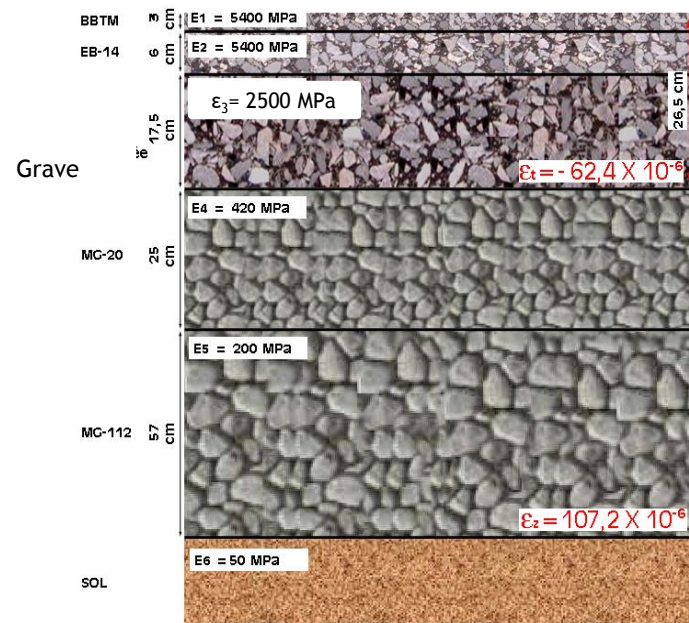
ANALYSE DES COÛTS

Structure flexible neuve sur 30 ans

Conventionnelle
5 937 570\$



Grave retraité
4 136 810 \$



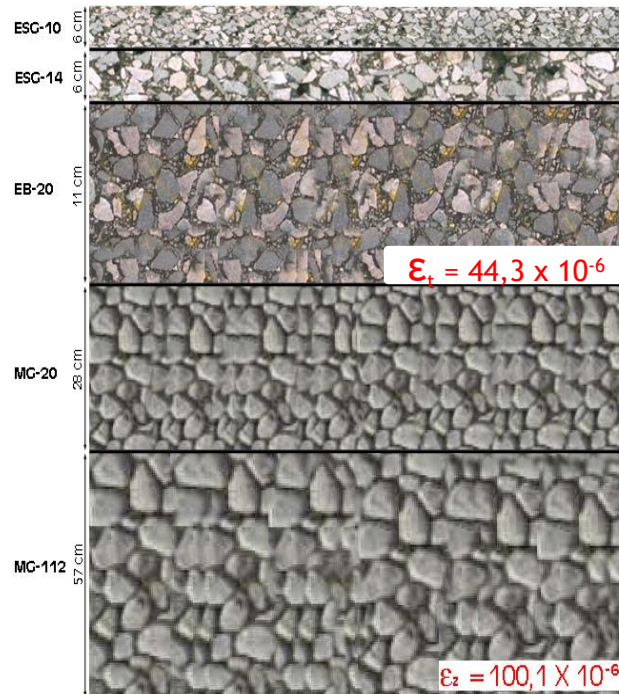
Épais. Mat. lié : 25 cm

Épais. Mat. lié : 26,5 m

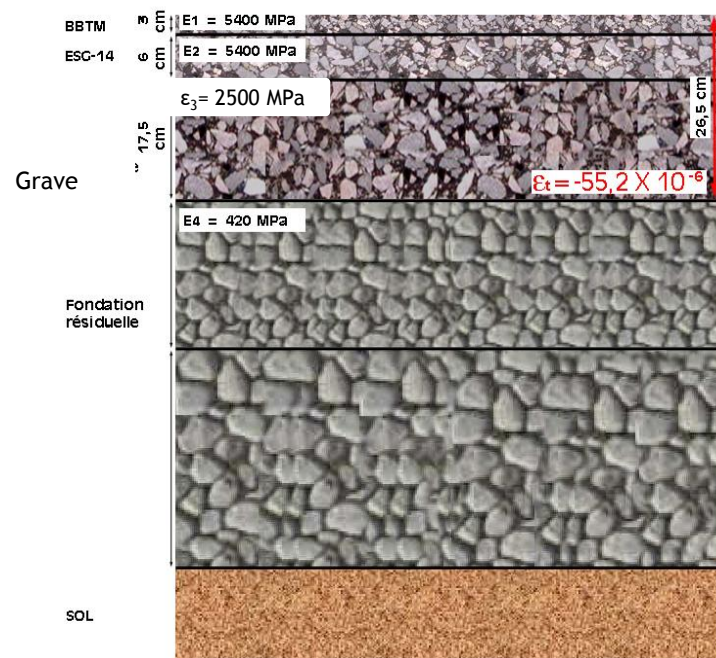
ANALYSE DES COÛTS

Structure en réhabilitation sur 30 ans

Conventionnelle
5 937 570\$



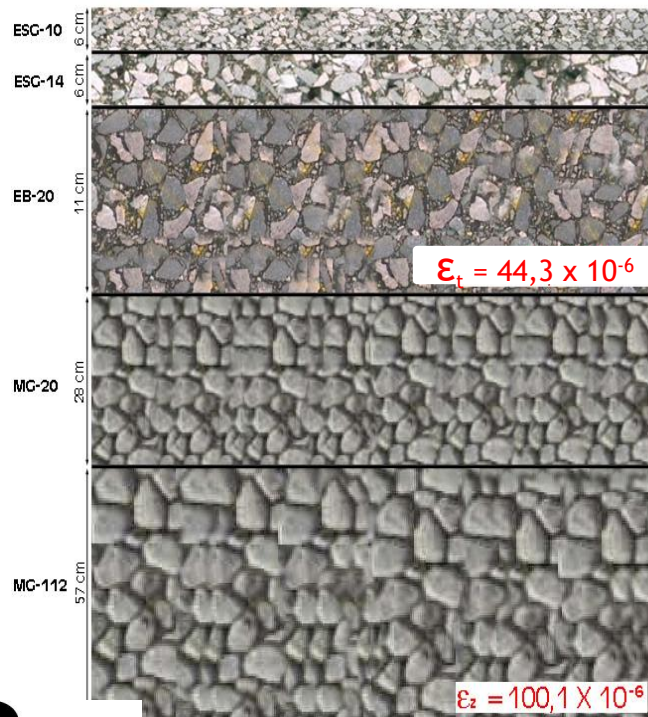
Retraitement Type III
3 161 600\$



ANALYSE DES COÛTS

Structure en réhabilitation sur 30 ans

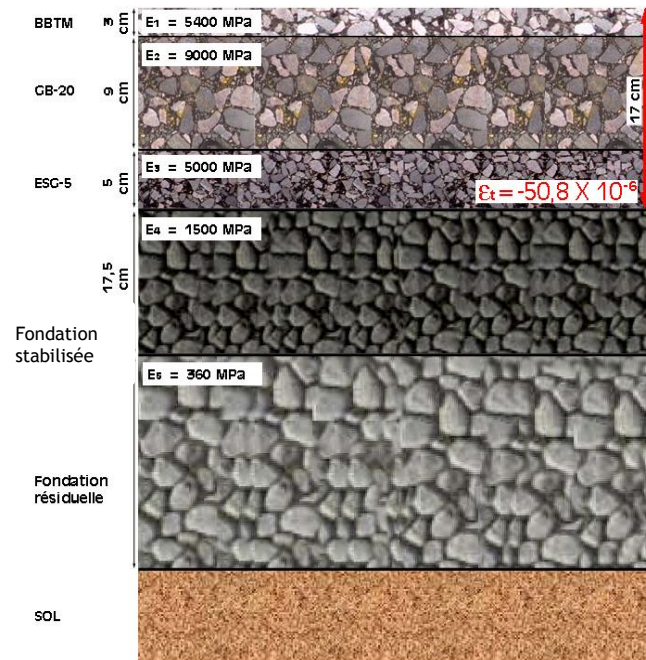
Conventionnelle
5 937 570\$



Retraitement TYPE III

(longue durée de vie)

3 619 310\$

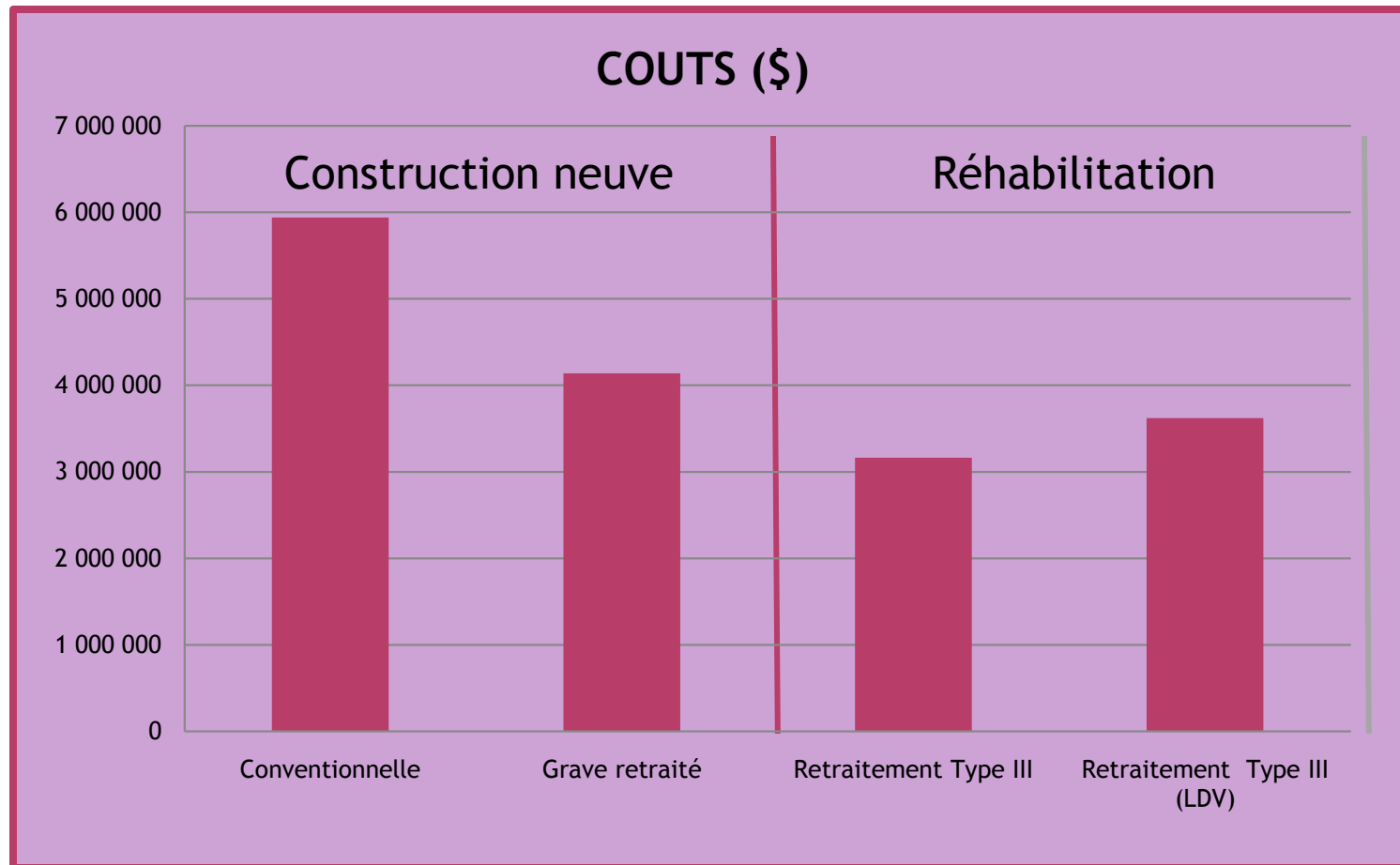


B Épais. Mat. lié : 25 cm

Épais. Mat. lié : 34,5 cm

ANALYSE DES COÛTS

Comparaison des interventions



ANALYSE DES COÛTS

Répartition des coûts pour l'organisme

- Construction neuve : 70 à 90 %
- Réhabilitation : 10 à 25 %
- Entretien : 0 à 5 %
- Valeur résiduelle : minime

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU CYCLE DE VIE



ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Impacts environnementaux

- Impacts des routes (intégration au paysage, bruit pour les riverains)
- Préservation et valorisation des ressources
- Impacts des centrales d'enrobages
- Impacts des chantiers
- Impacts des produits routiers

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Indicateurs environnementaux

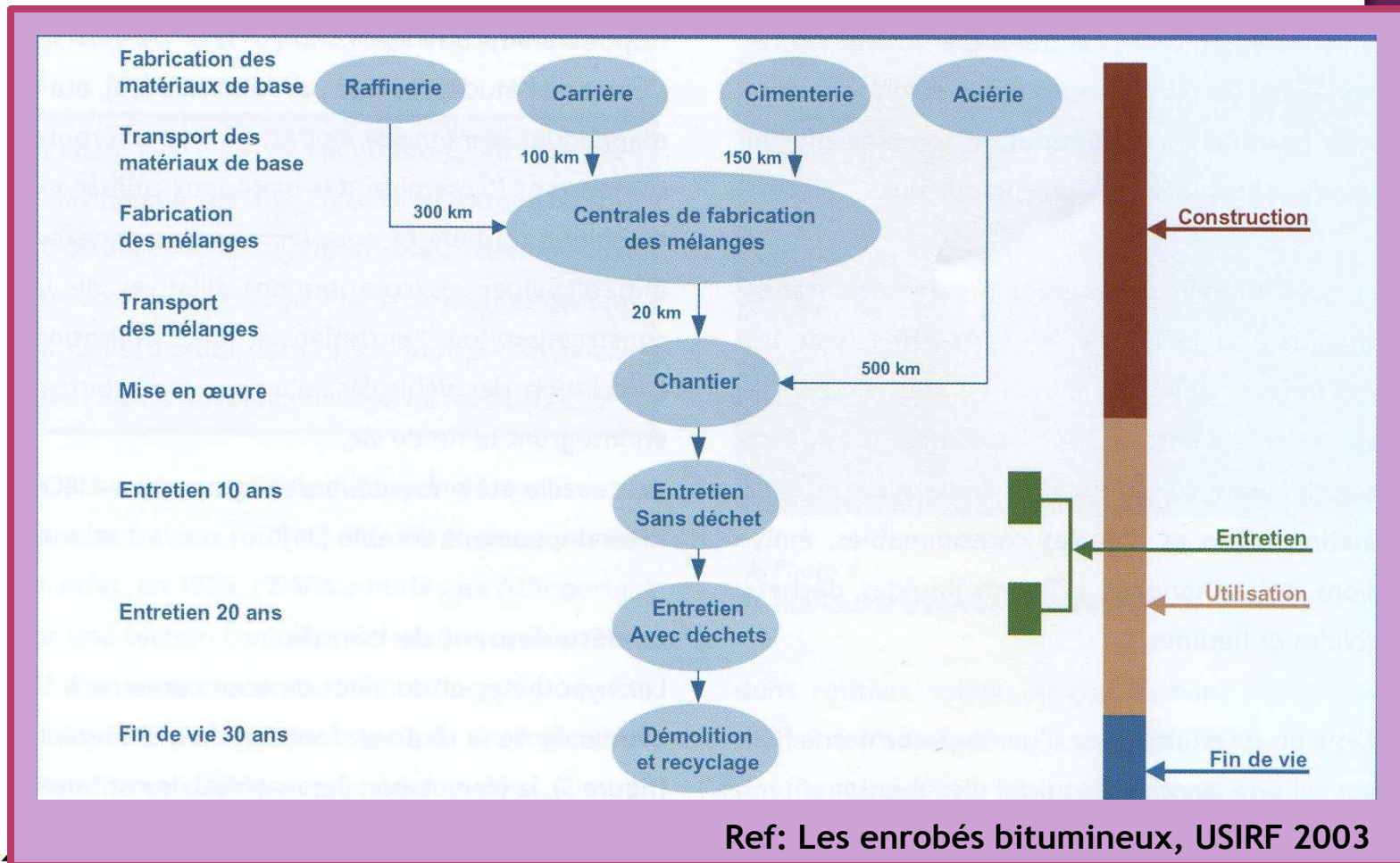
Indicateur	Unité	Définitions
Energie	MJ	Consommation d'énergie primaire
Eau	kg	Consommation d'eau
Ressources	(- ⁹)	Contribution à l'épuisement des ressources
Déchets	t eq	Déchets générés
Déchets rad.	dm ³	Déchets radioactifs générés
<i>GWP100</i>	kg CO ₂	Contribution à l'effet de serre
Acidification	kg SO ₂	Contribution à l'acidification
Eutrophisation	kg PO ₄	Enrichissement des eaux en sels minéraux
Ecotoxicité	m ³	Equivalent d'eau polluée
Toxicité humaine	kg	Equivalent de chair contaminée
O ₃ -smog	kg	Contribution à la pollution de l'air
Odeurs	m ³	Air pollué par de l'ammoniaque

Ref: Les enrobés bitumineux, USIRF 2003



ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Étapes et phases des chaussées souples



Ref: Les enrobés bitumineux, USIRF 2003

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Méthode d'évaluation des impacts environnementaux

La méthode ÉICV canadienne LUCAS (développée par le CIRAIG) suit les recommandations de la norme ISO 14 042 (2000) et inclut les catégories d'impacts suivantes :

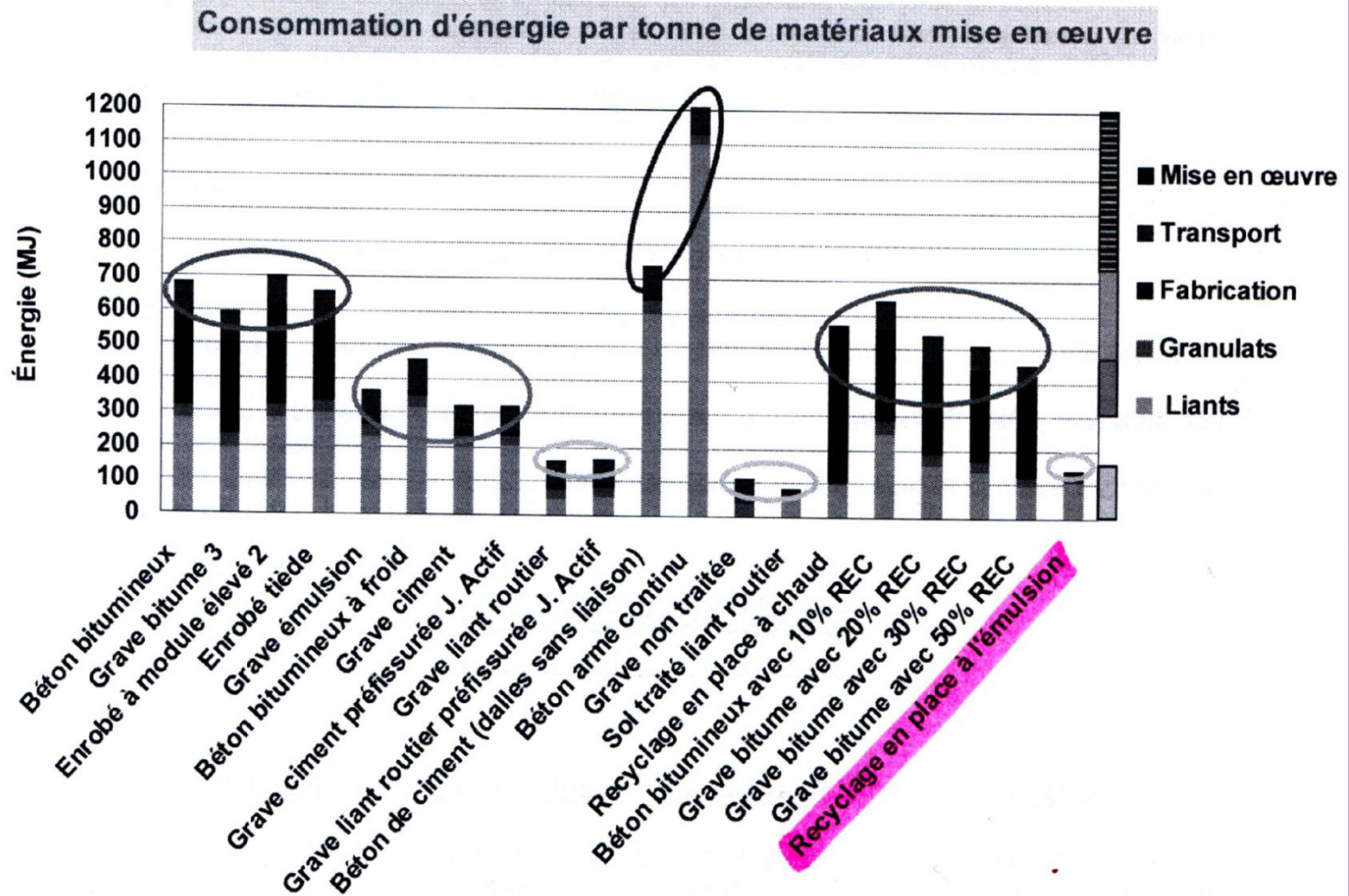
1. Réchauffement global
2. Appauvrissement de la couche d'ozone
3. Formation d'ozone photochimique (smog)
4. Acidification
5. Eutrophisation terrestre
6. Eutrophisation aquatique
7. Toxicité humaine « cancer »
8. Toxicité humaine « non-cancer »
9. Écotoxicité (aquatique et terrestre)
10. Utilisation des ressources abiotiques (combustibles fossiles et minerais)

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Contribution de l'activité routière comptabilisée sur 2 volets

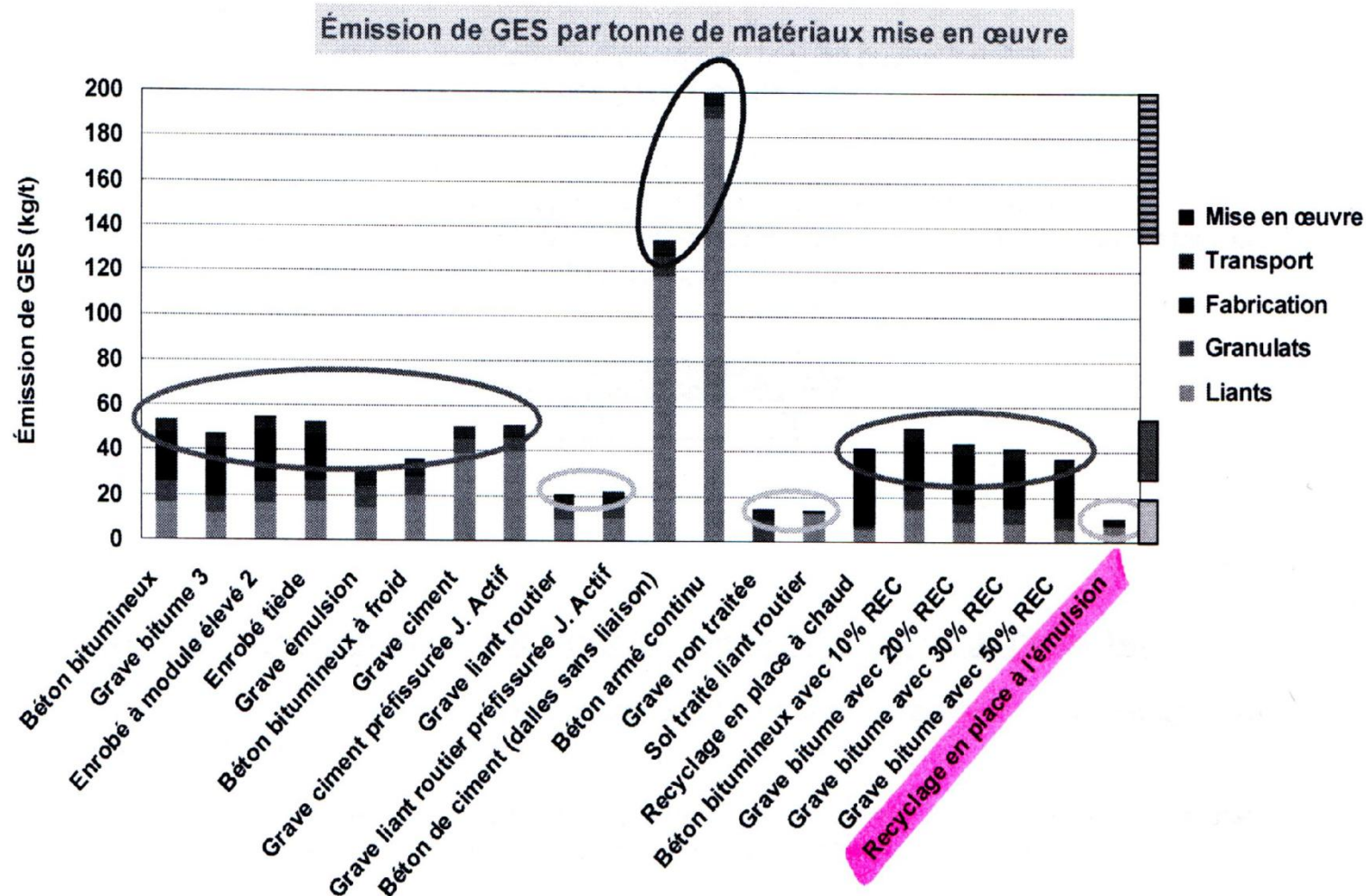
- Consommation d'énergie
- Émission des gaz à effet de serre (GES)

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE



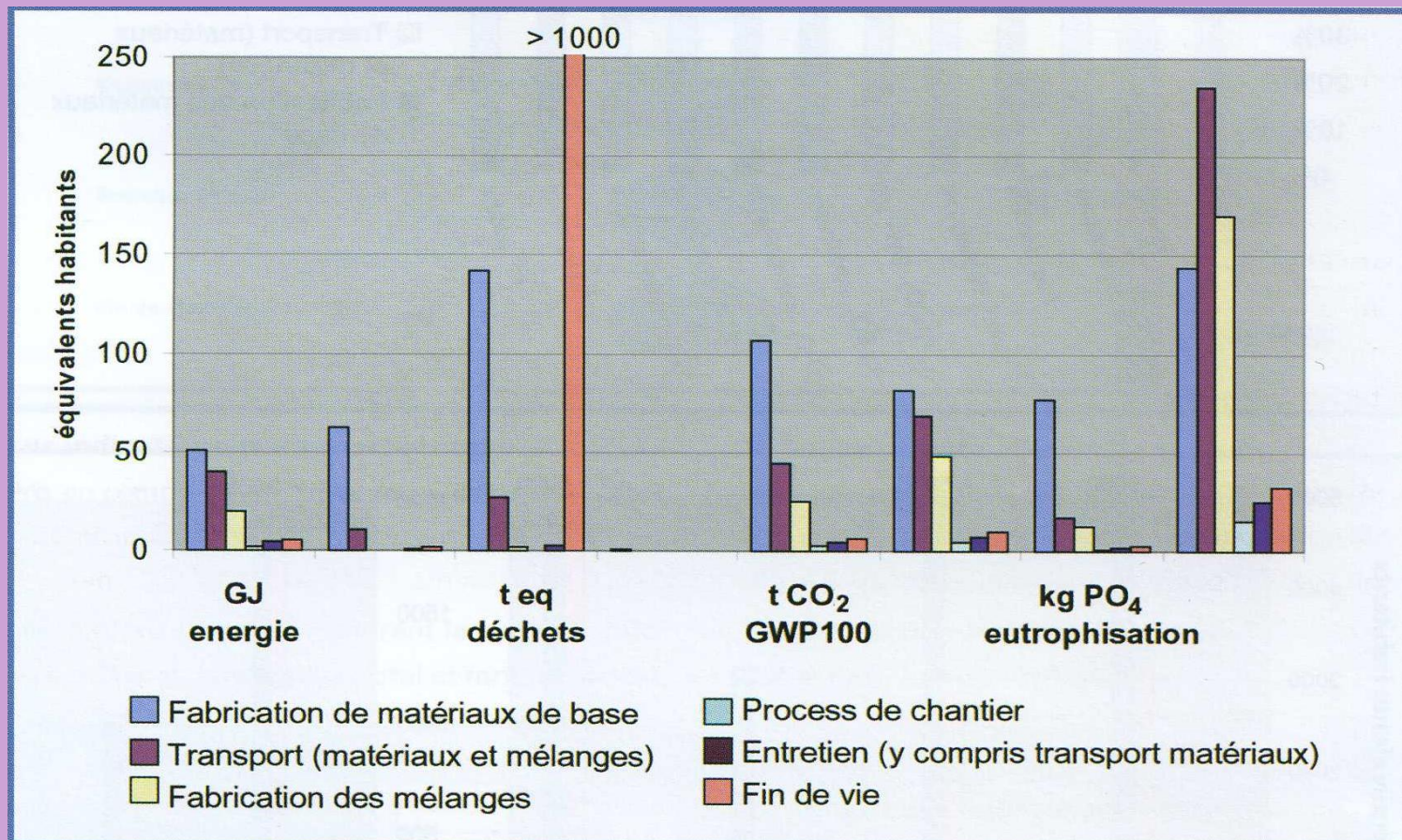
Réf.: Chappat - Bilal, Colas 2003

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE



ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Construction, entretien et fin de vie



Ref: Les enrobés bitumineux, USIRF 2003

CONCLUSION

Les limites de l'analyse des coûts

- Le logiciel utilise plusieurs valeurs de données hypothétiques
- Se base sur les données environnementales des matériaux et composants
- Méthodes d'obtention des données parfois obscures
- Pour un même produit, données disparates d'une analyse à l'autre et d'une région à l'autre
- Base des données non transparente et souvent obtenu sans consensus de l'industrie

CONCLUSION

Les limites d'une analyse de cycle de vie

- Le produit « route » est non transposable d'un endroit géographique à un autre
- Les aspects dimensionnement de l'ouvrage, le choix de la structure et la localisation du site font des routes des produits « sur mesure »

CONCLUSION

Analyse des coûts

Les coûts de construction et d'entretien sur un cycle de vie de 50 ans démontrent que le recyclage des enrobés est plus économique

CONCLUSION

Analyse environnementale

- Le recyclage des enrobés permet une économie des ressources naturelles et diminue la quantité de déchets
- Les méthodes de pose à froid et en place diminuent l'émission des GES

COMMENTAIRES, QUESTIONS?

