

Structures des Chaussées souples

Analyse des coûts du cycle de vie



Session de formation Novembre 2010

Marc Proteau, ing.

Directeur Technique Délégation Amérique du Nord
Eurovia

Session de Formation 2010

Comparaison analytique de structures de chaussées



- . Démarche analytique multiple;**
- . Analyses des Coûts du cycle de vie ACCV**
 - . Hypothèses comparatives;**
 - . Valeur actualisée nette, VAN;**
 - . Choix de durée du cycle d'analyse;**
 - . Prix unitaires;**
 - . Scénarios d'entretien**
- . Analyses Multicritère;**
- . Analyses pondérées;**
- . Principales observations**



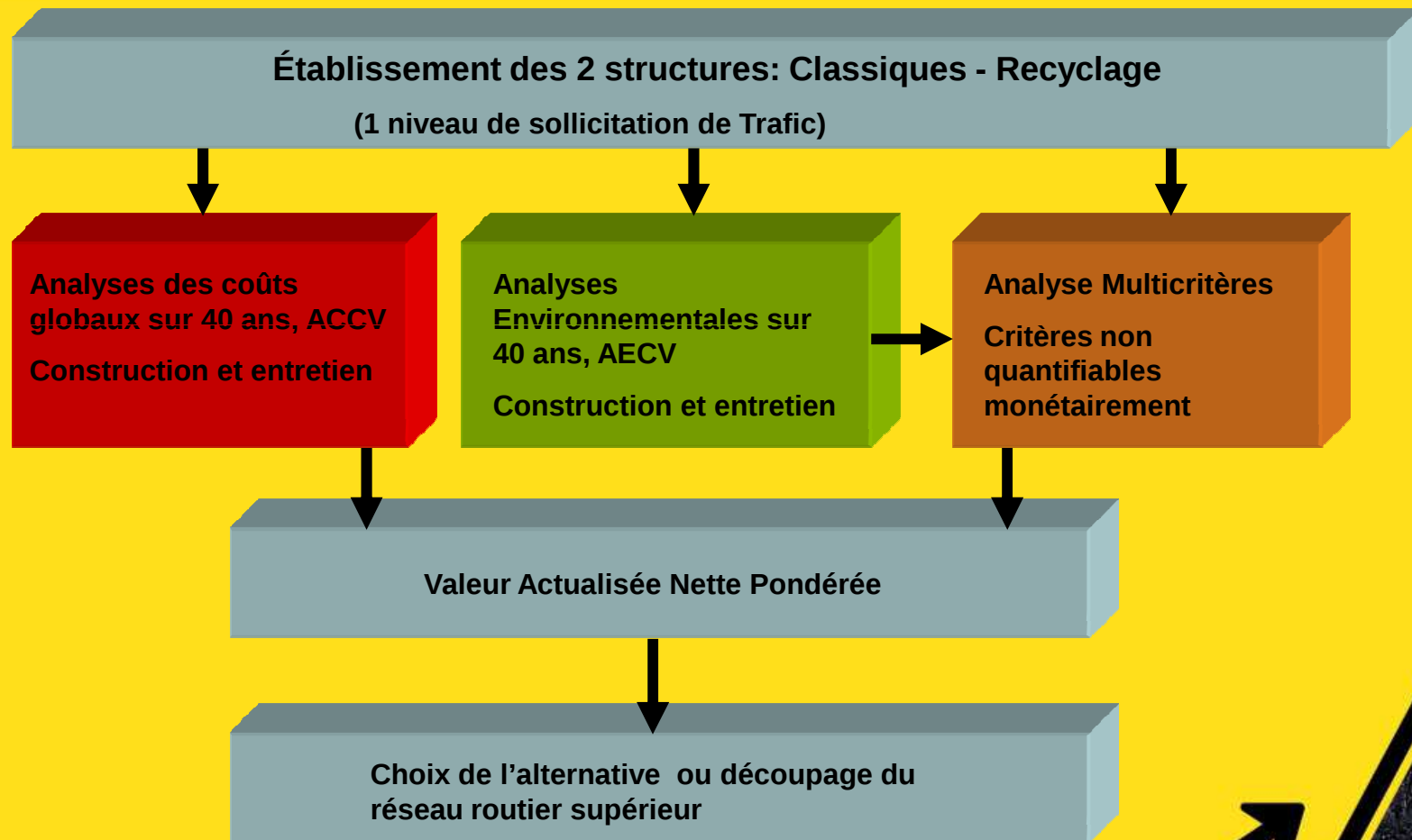
Démarche analytique multiple



- . Comparaison de 2 différentes structures de chaussées**
- . Section Autoroutière, DJMA > 40 000:**
 - .Construction neuve classique (#1.1);**
 - .Réhabilitation majeure avec utilisation de base stabilisée (#1.2)**
- . Sections Boulevard Urbain, DJMA 7 500:**
 - .Construction neuve classique (#2.1);**
 - .Réhabilitation avec Retraitement de type II (#2.2)**

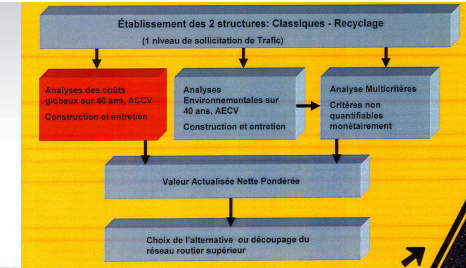


Démarche analytique multiple



Démarche analytique multiple

ACCV



. Analyse des Coûts du Cycle de Vie ACCV (LCCA):

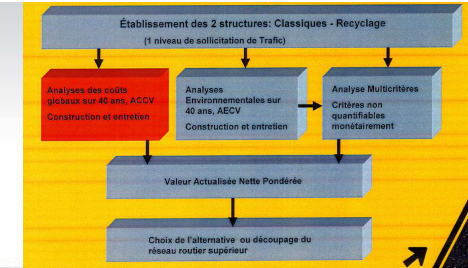
.Définition: Une analyse des coûts du cycle de vie ACCV est une méthode économique permettant de discriminer les projets d'investissements en comparant les coûts totaux (initiaux et entretien) des différentes options sur la durée de vie de l'ouvrage ou du projet.

Ex.: .Chaussée flexibles vs rigides

.Chaussée classiques neuves vs Retraitement

Démarche analytique multiple

ACCV

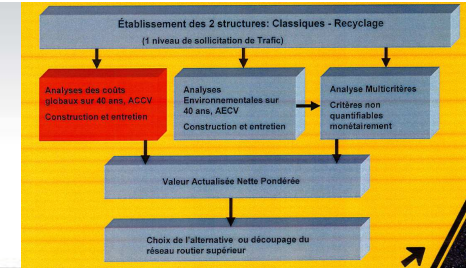


▪ Analyse des Coûts du Cycle de Vie ACCV (LCCA):

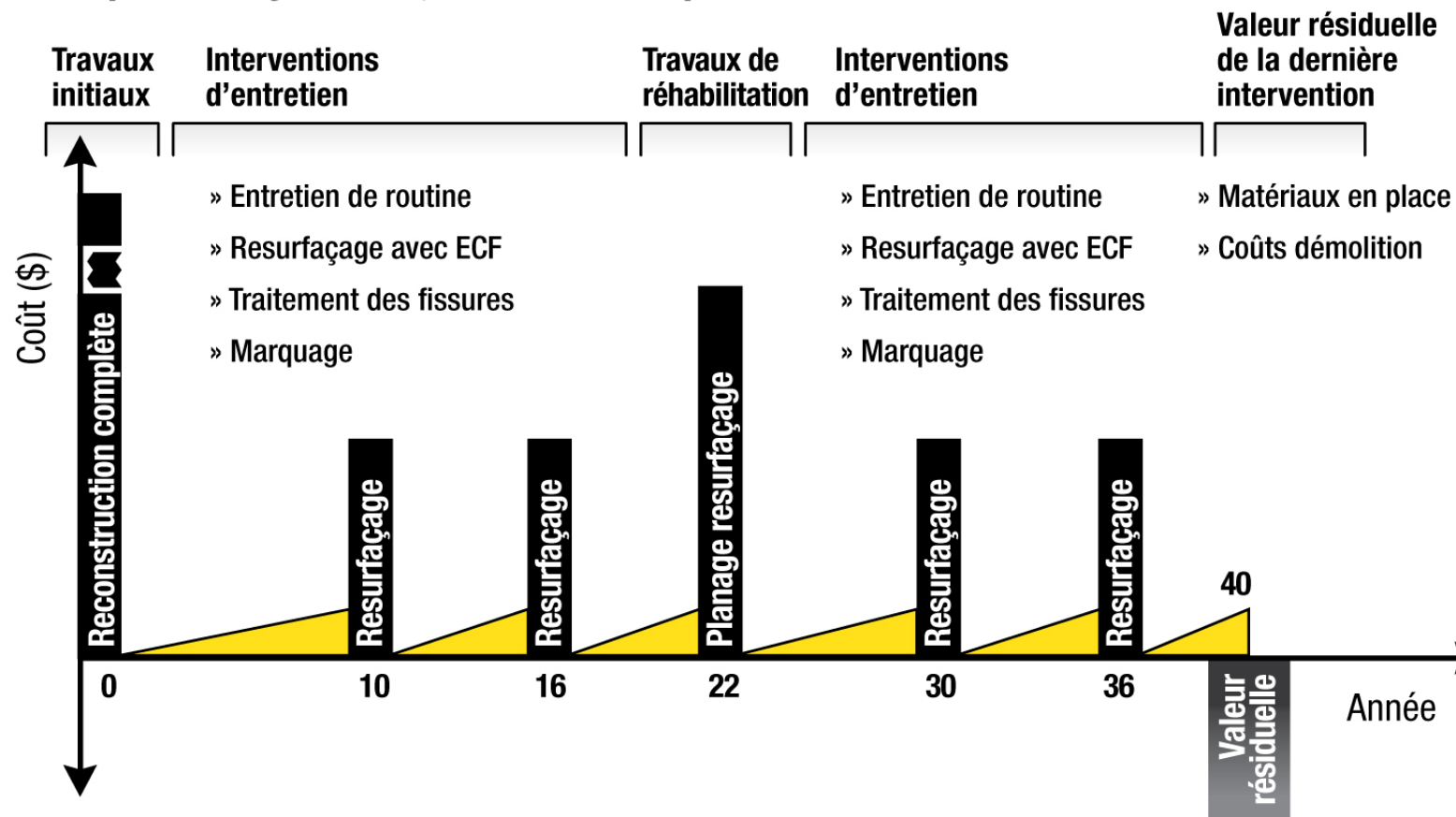
- Durée du cycle de vie généralement de 35 a 50 ans;
- Calculs des coûts de construction et entretien avec le logiciel spécialisé pour analyses détaillées ou banque de données des coûts types;
- Scénarios d'entretien avec objectifs de service assurant le même niveau de sécurité aux usagers (particulièrement sur réseau autoroutier grande vitesse) durant toute la durée du cycle de vie:
 - *Orniérage < 10 mm;*
 - *Rugosité superficielle $H_s > 0,6\text{mm}$*
 - *Coefficient de frottement transversale CFT (60 Km/h) > 0,55*
 - *Efficacité du marquage de la chaussée*

Démarche analytique multiple

ACCV

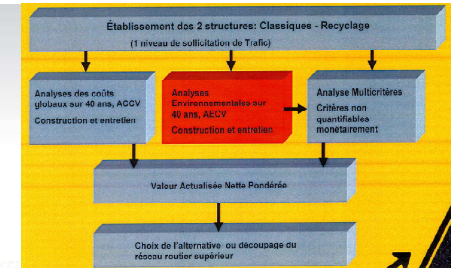


Exemple d'analyse ACCV, chaussées souples



Démarches analytique multiple

AECV



Cycle de vie d'un projet routier

L'Analyse de Cycle de Vie permet de quantifier les impacts d'un produit depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination en fin de vie en passant par les phases de distribution et d'utilisation, soit « du berceau à la tombe »

Les effets retenus vont varier selon les objets de l'étude, jugés les plus pertinents :

- Effet de serre,
- Épuisement des ressources,
- etc,....

Poste d'enrobage



Transport et mise en œuvre



distribution

fabrication

matières premières & énergies



Production granulats, liants

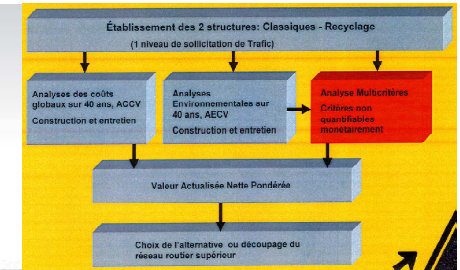
durée de vie de l'ouvrage

valorisation en fin de vie de l'ouvrage

Non pris en compte

Démarche analytique multiple

Analyse Multicritères



. Analyse Multicritères:

. Analyse des critères non quantifiables monétairement:

- .Impacts sur l'environnement (**Résultats AECV**);
- .Impacts sur les usagers (délais aux usagers lors d'intervention d'entretien)
- .Impacts en exploitation;
- .Impacts en construction;
- .Planification et gestion;

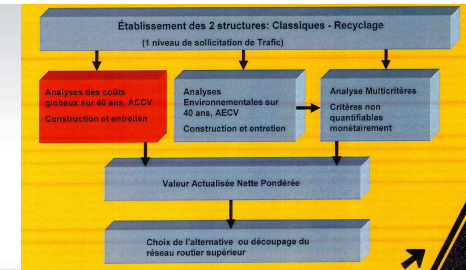
. Les résultats de l'analyse multicritères sont traités selon des cotes de valeur absolue et servent à la pondération des analyses ACCV.

Analyses économiques comparatives ACCV (LCCA)



ACCV

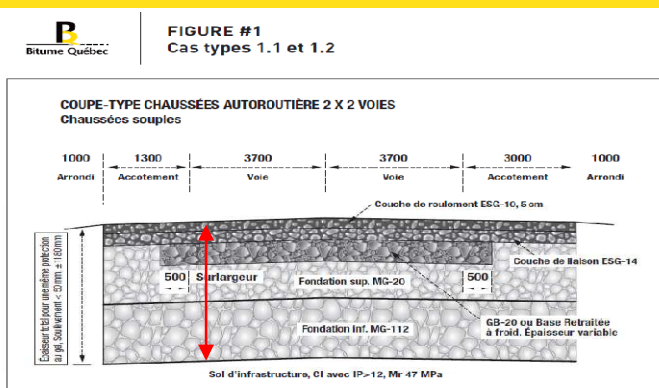
Hypothèses comparatives



. Analyse des Coûts du Cycle de Vie ACCV (LCCA):

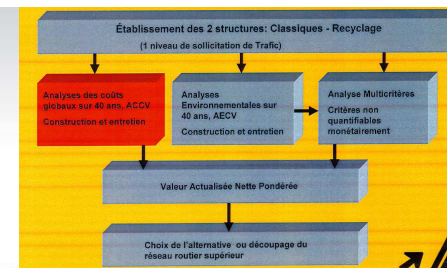
- . En général, considération des coûts de construction des couches au dessus de l'infrastructure puisque même protection au gel (épaisseurs d'excavation les mêmes);
- . Non considéré, les éléments de drainage, terrassement, signalisation, glissières, réparations de trottoirs/bordures, etc...
- . Considération du coûts de construction des accotements (rurales):
 - .Flexibles Autoroutes: Épaisseur couches de liaison et de surface

Surlargeur de 500 mm de la couche de base



ACCV

Hypothèses de comparaison



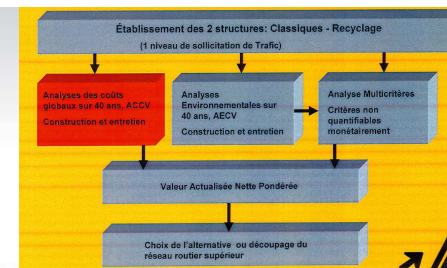
Résumé des différentes hypothèses de comparaison

Cas #1

Chaussées Neuves	Chaussées Retraitées
. Distance centrale portative pour production des enrobés au centre du chantier: 5 km; . Distance aire de rebut: 15 km . Distance carrière: 20 km . Distance de la centrale pour opération de resurfacage: 15 km	. Distance centrale portative pour production des enrobés au centre du chantier: 5 km; . Distance centrale portative pour production de la base stabilisée au centre du chantier: 5 km; . Distance centrale d'émulsion 30 km; . Distance aire de rebut: 15 km . Distance carrière: 20 km . Distance de la centrale pour opération de resurfacage: 15 km

ACCV

Hypothèses de comparaison



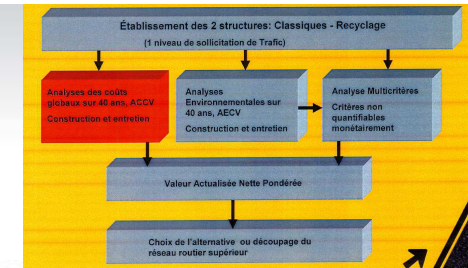
Résumé des différentes hypothèses de comparaison

Cas #2

Chaussées Neuves	Chaussées Retraitées
. Distance centrale portative pour production des enrobés au centre du chantier: 15 km; . Distance aire de rebut: 15 km . Distance carrière: 20 km . Distance de la centrale pour opération de resurfacage: 15 km	. Distance centrale portative pour production des enrobés au centre du chantier: 15 km; . Distance centrale émulsion 30 km; . Distance aire de rebut: 15 km . Distance carrière: 20 km . Distance de la centrale pour opération de resurfacage: 15 km

ACCV

Valeur actualisée nette, VAN



. Analyse des Coûts du Cycle de Vie ACCV (LCCA):

- . Valeur actualisée nette VAN sur la période d'analyse;

$$VAN = \text{Coûts Const.} + \sum^n \text{coûts d'entretien actualisés}$$

$$Fa = 1/(1+ta)^n$$

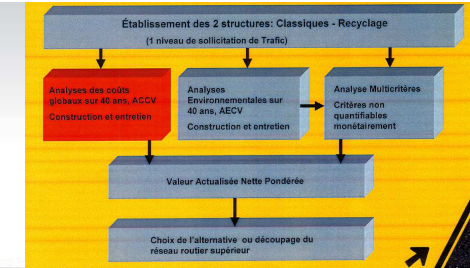
n = année de l'intervention (limite a la période d'analyse)

ta = taux d'actualisation

- . Possibilité d'étude de sensibilité de la variation du taux d'actualisation 4, 5 et 6%;
- . Valeurs résiduelles des chaussées partiellement considérées (crédit de la valeur des matériaux recyclables);
- . Approche classique déterministique;
- . Non considéré les coûts aux usagers (pertes de temps, entretien des véhicules, accidents, décès)
- . Analyse possible de sensibilité de l'effet de la variation du prix du bitume

ACCV

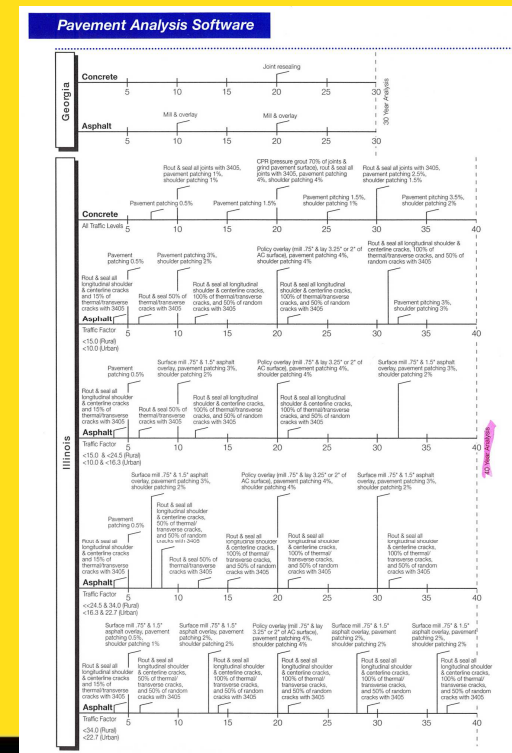
Choix durée du cycle d'analyse



Choix de la durée du cycle de vie, 35 @ 50 ans:

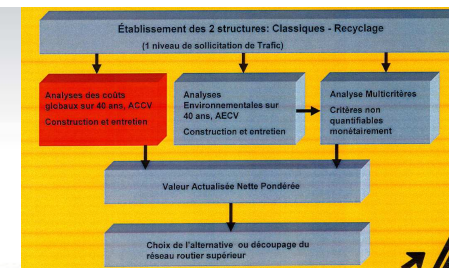
- Chaussées en *milieu Nordique à considérer*;
- Durées de vie utilisées dans certains États Américains selon l'ACPA:

États	Durée d'analyse
.Colorado	30 ans
.Floride	40 ans
.Georgie	30 ans
.Illinois	40 ans
.New York	30-35 ans
.Caroline du Nord	30 ans
.Caroline du Sud	30 ans
.Washington	40 ans
.Wisconsin	50 ans
Québec	50 ans



ACCV

Choix durée du cycle d'analyse



Choix de la durée du cycle de vie, 35 @ 50 ans (suite):

. Durées de vie utilisées et scénarios d'entretien selon le SETRA

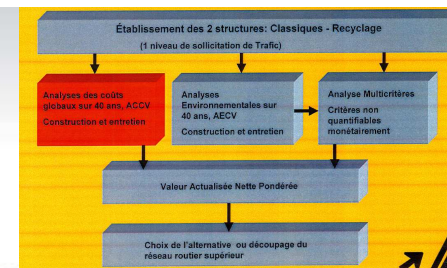
(Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), France:

Tableau II.4. – Scénarios-types d'entretien pour les structures en béton d'autoroutes
Manuel Scétauroute

Structures	Interventions d'entretien	
Dalle épaisse dénudée	5 ans	JT (BAU et TPC)
	9 ans	BBTM
	17 ans	BBTM
	25 ans	Fraisage + 15 GB sur 60% de VL BBTM
	33 ans	Fraisage + 15 GB sur 40% de VL BBTM
	41 ans	40% RS 60% BB 6 cm
Dalle épaisse + BBTM	5 ans	25% JT (BAU et TPC)
	9 ans	BBTM
	17 ans	Fraisage + BBTM sur VL
	25 ans	Fraisage + 15 GB sur 60% de VL BBTM
	33 ans	Fraisage + 15 GB sur 40% de VL BBTM
	41 ans	40% RS 60% BB 6 cm
Béton armé continu dénudé	5 ans	JT (BAU et TPC)
	9 ans	BBTM
	17 ans	BBTM
	25 ans	15 GB + BBTM sur 5 % BBTM sur 95%
	33 ans	15 GB + BBTM sur 95% BBTM sur 5%
	41 ans	40% RS 60% BB 6 cm
Béton armé continu + BBTM	5 ans	25% JT (BAU et TPC)
	9 ans	BBTM
	17 ans	Fraisage + BBTM sur VL
	25 ans	15 GB + BBTM sur 5 % BBTM sur 95%
	33 ans	15 GB + BBTM sur 95% BBTM sur 5%
	41 ans	40% RS 60% BB 6 cm

ACCV

Principaux prix unitaires (analyse détaillée)



Chaussées Neuves

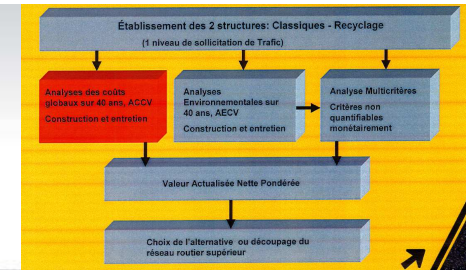
- . Bitume PG 70-28, \$ 560/t
- . Bitume PG 64-28, \$ 470/t
- . Enrobe de surface ESG-10, \$ 67,20/t
- . Enrobe de liaison ESG-14, 15% GRB, \$ 53,76/t
- . Grave-bitume, 20 % GRB, \$ 48,16/t
- . Enrobé coulés à froid, ECF 20 kg/m², \$ 5,50/m²
- . Resurfacement ESG-10, 120 kg/m², \$69,44/t
- . Resurfacement ED-10, 70 kg/m², \$72,89/t
- . Enrobés tièdes, + \$2,25/t
- . Mg-20, \$8,40/t
- . MG-56, \$7,85/t
- . Planage à froid 50 mm, \$1,85/m²
- . Scellement de fissures, \$2,06/ml,
- . Marquages moyenne durées, \$1,80/ml
- . Réparation en profondeur 100 mm, \$36,60/m²
- . Fraisats bitumineux récupérés, -\$25,00/t
- . Gestion de la circulation, construction, \$12 000/j
- . Gestion de la circulation, entretien, \$5 600/j
- .

Chaussées Retraitées

- . Bitume PG 70-28, \$ 560/t
- . Bitume PG 64-28, \$ 470/t
- . Enrobe de surface ESG-10, \$ 67,20/t
- . Enrobe de liaison ESG-14, 15% GRB, \$ 53,76/t
- . Grave-bitume, 20 % GRB, \$ 48,16/t
- . Enrobé coulés à froid, ECF 20 kg/m², \$ 5,50/m²
- . Resurfacement ESG-10, 120 kg/m², \$69,44/t
- . Resurfacement ED-10, 70 kg/m², \$72,89/t
- . Base retraitée émulsion+ciment, \$33,60/t
- . Retraitement de Type II, \$15,00/m²
- . Enrobés tièdes, + \$2,25/t
- . Mg-20, \$8,40/t
- . MG-56, \$7,85/t
- . Planage à froid 50 mm, \$1,85/m²
- . Scellement de fissures, \$2,06/ml,
- . Marquages moyenne durées, \$1,80/ml
- . Réparation en profondeur 100 mm, \$36,60/m²
- . Fraisats bitumineux récupérés, -\$25,00/t
- . Bétons concassé 0-20 mm récupérés
- . Gestion de la circulation, construction, \$12 000/j
- . Gestion de la circulation, entretien, \$5 600/j

ACCV

Scénarios d'entretien

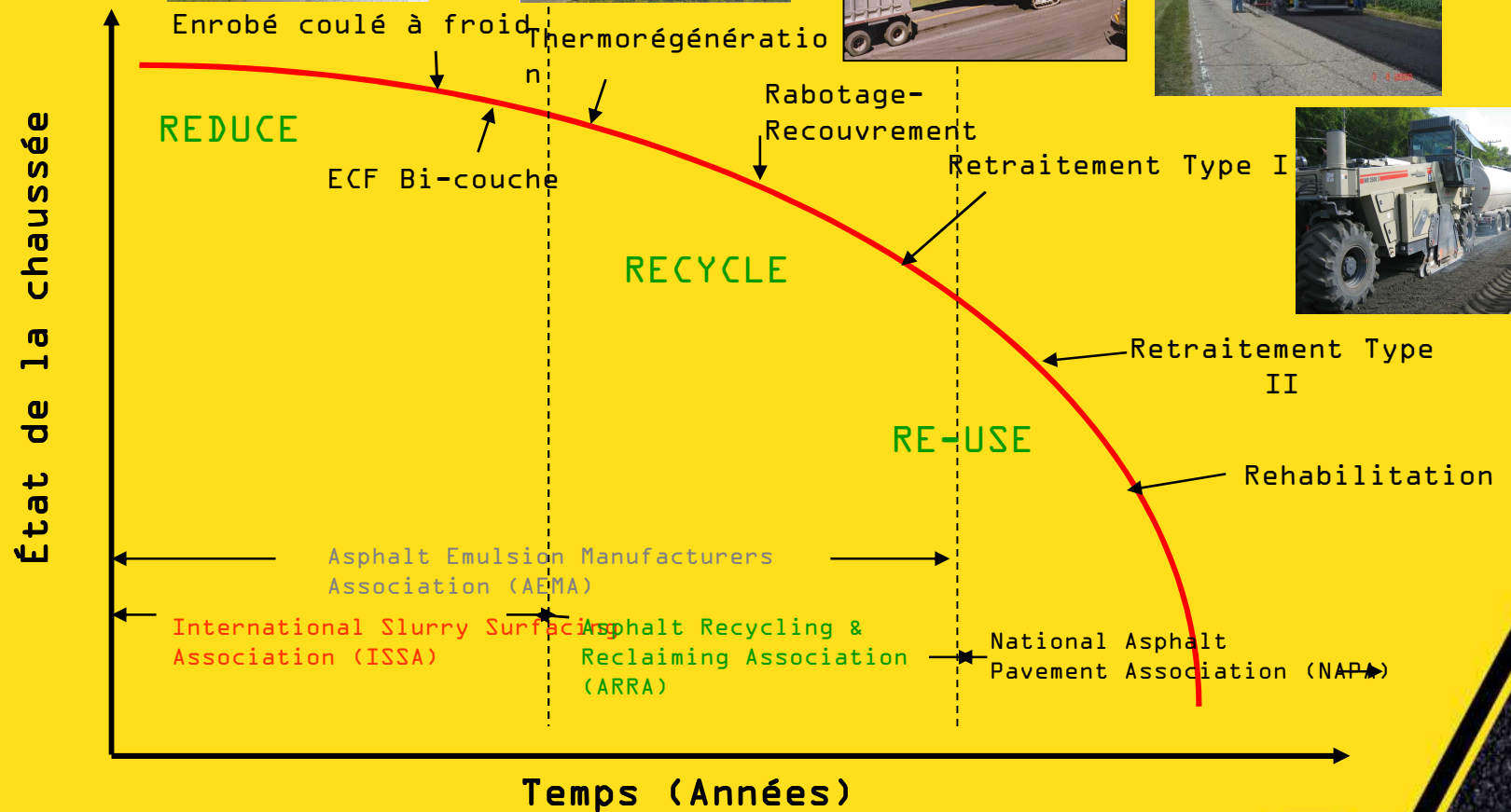


L'établissement des interventions:

- .En fonction du comportement mécanique (sollicitations du trafic):
 - . Accumulations de fatigue;
- .En fonction des caractéristiques de surface:
 - . Usure, orniérage, glissance;
- .En fonction des dégradations thermiques et autre
 - . Fissuration, soulèvement

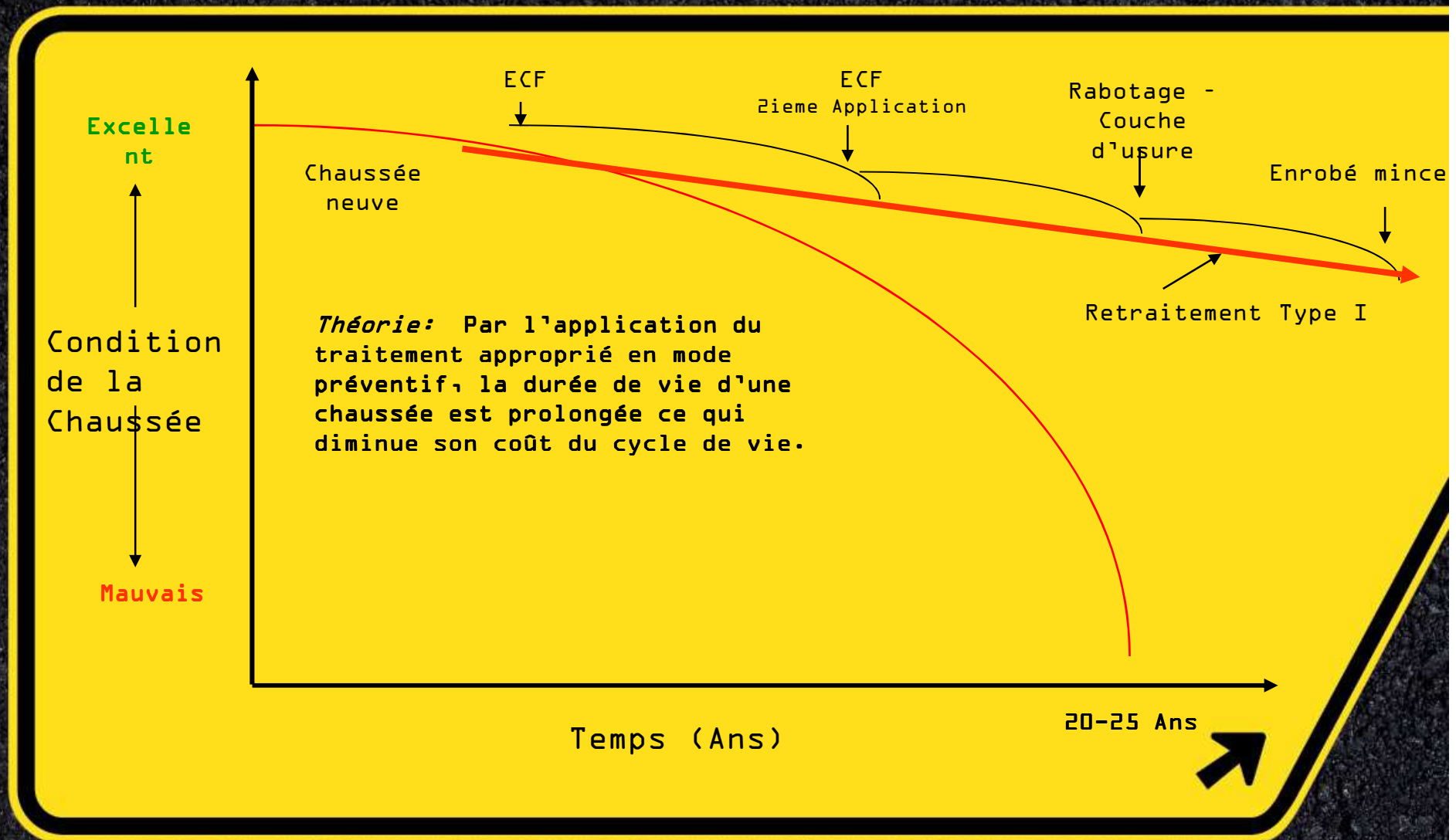
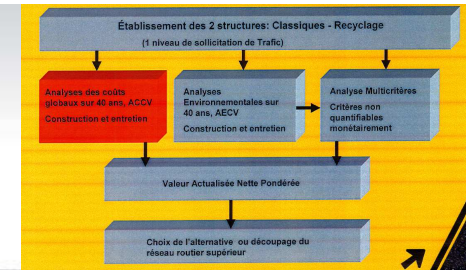
ACCV

Scénarios d'entretien



ACCV

Scénarios d'entretien



ACCV

Scénarios d'entretien

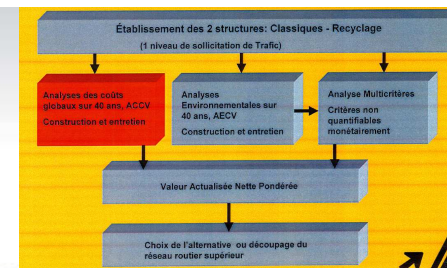


Tableau II.5. – Scénarios-types d'entretien pour les structures bitumineuses et mixtes d'autoroutes. Manuel Scétauroute

Structures	Interventions d'entretien			
Chaussée bitumineuse (grave-bitume/ grave-bitume)	9 ans		BB	6 cm
	17 ans	60%	RS	
		40%	BB	6 cm
	25 ans	40%	RS	
		60%	BB	6 cm
	33 ans	60%	RS	
		40%	BB	6 cm
	41 ans	40%	RS	
		60%	BB	6 cm
	3 ans		CF	

Réseau Route Nationale

Durées de vie utilisées et scénarios d'entretien selon le SETRA

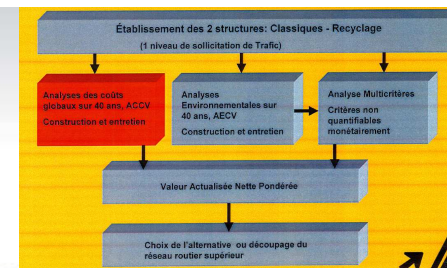
(Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), France:

Classes Trafic: T0 T1 T2

Structures souples (grave-bitume/ grave non traitée et grave-bitume/ grave-bitume)	9 ans	60% BB 4 cm	9 ans	20% ES	9 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	17 ans	60% BB 4 cm	17 ans	20% ES	17 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	25 ans	60% BB 4 cm	25 ans	20% ES	25 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	30 ans	37% BB 4 cm	30 ans	12% ES	30 ans	12% ES
		25% BB 8 cm		25% BB 4 cm		25% BB 4 cm
				25% BB 8 cm		25% BB 8 cm

ACCV

Scénarios d'entretien



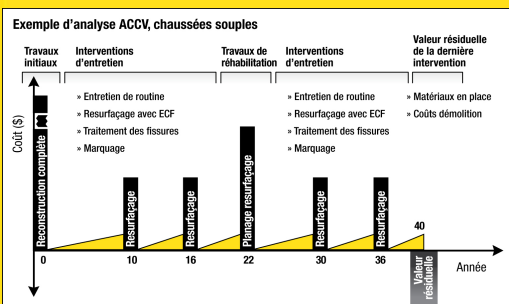
Scénarios d'entretien 40 ans

Interventions Chaussées Neuves	Cas # 1.1 2 X 2 voies Autoroutes	Cas # 2.1 2 X 3 voies Blv. Urbain
.Enrobés coulés a froid bicouche, 20 kg/m ² ; .Resurfaçage avec ED-10, 70 kg/m ² ; .Planage 50 mm –Resurfaçage 120 kg/m ² ; .Réparations en profondeur à l'enrobé sur 100 mm; .Marquage; .Scellement de fissures	10, 16, 30, 36 ans 22 ans 5% (22 ans et 36 ans) Aux 3 ans Aux ± 6 ans	10 ans 22, 30 ans 5% (22 et 36 ans) Aux 3 ans Aux ± 6 ans
Interventions Chaussées Retraitées	Cas # 1.2	Cas # 2.2
.Enrobés coulés a froid bicouche, 20 kg/m ² ; .Resurfaçage avec ED-10, 70 kg/m ² ; .Planage 50 mm –Resurfaçage 120 kg/m ² ; .Réparations en profondeur à l'enrobé sur 100 mm; .Marquage; .Scellement de fissures	10, 16, 30, 36 ans 22 ans 5% (22 ans et 36 ans) Aux 3 ans Aux ± 6 ans	10, 16, 30, 36 ans 22 ans 5% (22 ans et 36 ans) Aux 3 ans Aux 6 ans

Analyses économiques comparatives ACCV (LCCA)

ACCV Cas # 1

Actualisation 4,0%



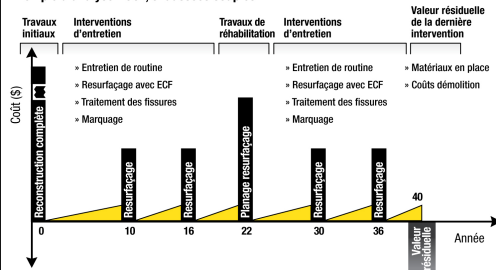
COÛTS COMPARATIFS ACCV, 40 ANS						
Chaussée 2 X 2 voies, trafic 40 000 DJMA, 1526 PL/jour, 1 X 10 km = 117 000 m2				Date: 15 Novembre 2010		
				Taux d'actualisation		4,0%
STRUCTURE	STRUCTURE FLEXIBLE (17,6 millions ÉCAS)			STRUCTURE FLEXIBLE (17,6 millions ÉCAS)		
	Structure Neuve (Cas # 1.1)			Base Retraitée (Cas # 1.2)		
	Couche	Épais.		Couche	Épais.	
	ESG-10	5 cm		ESG-10	5 cm	
	ESG-14	7 cm		ESG-14	7 cm	
	GB-20	11,5 cm		Base Retraitée	20 cm	
	MG-20	20 cm		MG-20, existant	20 cm	
	MG-112	86 cm		MG-112, existant	62 cm	
	TOTAL:		129,5 cm	TOTAL:		114 cm
PÉRIODE	Facteur	Description	\$/m2	\$/m2	Description	\$/m2
D'ENTRETIEN	d'actualisation		2010	actualisé		2010
Année	$Fa = 1/(1+ta)^n$					
0	1,0000	Construction	116,00	116,00	Réhabilitation	81,00
3	0,8890	Marquage	0,40	0,36	Marquage	0,40
6	0,7903	Marquage	0,40	0,32	Marquage	0,40
10	0,6756	Scellement de Fissures	0,18	0,12	Scellement de Fissures	0,18
		ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement	3,50	2,36	ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement	3,50
		Marquage	0,40	0,27	Marquage	0,40
13	0,6006	Marquage	0,40	0,24	Marquage	0,40
16	0,5339	Scel. Fissures	0,18	0,10	Scel. Fissures	0,18
		ECF, 20 kg/m², VR	3,50	1,87	ECF, 20 kg/m², VR	3,50
		Marquage	0,40	0,21	Marquage	0,40
19	0,4746	Marquage	0,40	0,19	Marquage	0,40
22	0,4220	Planage 50 mm	-1,52	-0,64	Planage 50 mm	-1,52
		Réparation 2%	0,46	0,19	Réparation 2%	0,46
		Resurfage 120 kg/m²	10,60	4,47	Resurfage 120 kg/m²	10,60
		Marquage	0,40	0,17	Marquage	0,40
25	0,3751	Marquage	0,40	0,15	Marquage	0,40
26	0,3607	Scel. Fissures	0,18	0,06	Scel. Fissures	0,18
28	0,3335	Marquage	0,40	0,13	Marquage	0,40
30	0,3083	Scel. Fissures	0,18	0,06	Scel. Fissures	0,18
		ECF, 20 kg/m², VR	3,50	1,08	ECF, 20 kg/m², VR	3,50
		Marquage	0,40	0,12	Marquage	0,40
33	0,2741	Marquage	0,40	0,11	Marquage	0,40
36	0,2437	Réparation 3%	0,45	0,11	Réparation 3%	0,46
		ECF, 20 kg/m², VR	3,50	0,85	ECF, 20 kg/m², VR	3,50
		Marquage	0,40	0,10	Marquage	0,40
39	0,2166	Marquage	0,40	0,09	Marquage	0,40
40	0,2083	Retraitement	-7,26	-1,51	Retraitement	-4,35
40		Rehabilitation			Rehabilitation	
VAN				127,58		93,19
DIFFÉRENTIEL						-27%

Analyses économiques comparatives ACCV (LCCA)

ACCV Cas # 1

Actualisation 7,0%

Exemple d'analyse ACCV, chaussées souples



COÛTS COMPARATIFS ACCV, 40 ANS

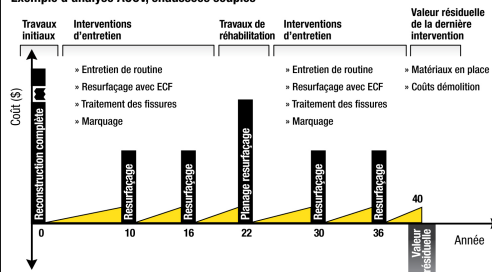
Chaussée 2 X 2 voies, trafic 40 000 DJMA, 1526 PL/jour, 1 X 10 km = 117 000 m2					Date: 15 Novembre 2010		Taux d'actualisation		7,0%		
			STRUCTURE FLEXIBLE (17,6 millions ÉCAS)			STRUCTURE FLEXIBLE (17,6 millions ÉCAS)					
			Structure Neuve (Cas # 1.1)			Base Retraitée (Cas # 1.2)					
STRUCTURE		Couche		Épais.		Couche		Épais.			
		ESG-10		5 cm		ESG-10		5 cm			
		ESG-14		7 cm		ESG-14		7 cm			
		GB-20		11,5 cm		Base Retraitée		20 cm			
		MG-20		20 cm		MG-20, existant		20 cm			
		MG-112		86 cm		MG-112, existant		62 cm			
		TOTAL: 129,5 cm				TOTAL: 114 cm					
PÉRIODE	Facteur	Description			\$/m2	\$/m2	Description			\$/m2	\$/m2
D'ENTRETIEN	d'actualisation				2010	actualisé				2010	actualisé
Année	Fa =1/(1+ta)^n										
0	1,0000	Construction			116,00	116,00	Réhabilitation			81,00	81,00
3	0,8163	Marquage			0,40	0,33	Marquage			0,40	0,33
6	0,6663	Marquage			0,40	0,27	Marquage			0,40	0,27
10	0,5083	Scellement de Fissures			0,18	0,09	Scellement de Fissures			0,18	0,09
		ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement			3,50	1,78	ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement			3,50	1,78
		Marquage			0,40	0,20	Marquage			0,40	0,20
13	0,4150	Marquage			0,40	0,17	Marquage			0,40	0,17
16	0,3387	Scel. Fissures			0,18	0,06	Scel. Fissures			0,18	0,06
		ECF, 20 kg/m², VR			3,50	1,19	ECF, 20 kg/m², VR			3,50	1,19
		Marquage			0,40	0,14	Marquage			0,40	0,14
19	0,2765	Marquage			0,40	0,11	Marquage			0,40	0,11
22	0,2257	Planage 50 mm			-1,52	-0,34	Planage 50 mm			-1,52	-0,34
		Réparation 2%			0,46	0,10	Réparation 2%			0,46	0,10
		Resurfaçage 120 kg/m²			10,60	2,39	Resurfaçage 120 kg/m²			10,60	2,39
		Marquage			0,40	0,09	Marquage			0,40	0,09
25	0,1842	Marquage			0,40	0,07	Marquage			0,40	0,07
26	0,1722	Scel. Fissures			0,18	0,03	Scel. Fissures			0,18	0,03
28	0,1504	Marquage			0,40	0,06	Marquage			0,40	0,06
30	0,1314	Scel. Fissures			0,18	0,02	Scel. Fissures			0,18	0,02
		ECF, 20 kg/m², VR			3,50	0,46	ECF, 20 kg/m², VR			3,50	0,46
		Marquage			0,40	0,05	Marquage			0,40	0,05
33	0,1072	Marquage			0,40	0,04	Marquage			0,40	0,04
36	0,0875	Réparation 3%			0,45	0,04	Réparation 3%			0,46	0,04
		ECF, 20 kg/m², VR			3,50	0,31	ECF, 20 kg/m², VR			3,50	0,31
		Marquage			0,40	0,04	Marquage			0,40	0,04
39	0,0715	Marquage			0,40	0,03	Marquage			0,40	0,03
40	0,0668	Retraitement			-7,26	-0,48	Retraitement			-4,35	-0,29
40		Rehabilitation					Rehabilitation				
VAN						123,24					88,43

Analyses économiques comparatives ACCV (LCCA)

ACCV Cas # 2

Même entretien

Exemple d'analyse ACCV, chaussées souples



COÛTS COMPARATIFS ACCV, 40 ANS

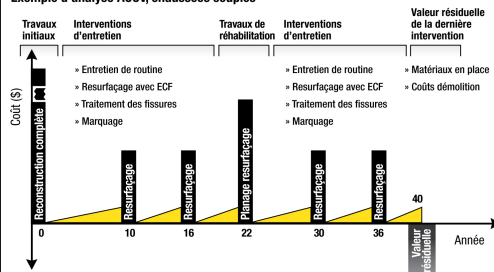
Chaussée 2 X 3 voies, trafic 7 500 DJMA, 415 PL/jour, 2 X 3 km = 59 400 m2					Date: 15 Novembre 2010				4,0%	
			STRUCTURE FLEXIBLE (14,8 millions ÉCAS)			STRUCTURE FLEXIBLE (14,8 millions ÉCAS)				
			Structure Neuve (Cas # 2.1)			Base Retraitée (Cas # 2.2)				
STRUCTURE		Couche	Épais.			Couche	Épais.			
		ESG-10	4,5 cm			ESG-10	6 cm			
		ESG-14	5,5 cm			ESG-14	7 cm			
		GB-20	8 cm			Retraitement Type II	15 cm			
		MG-20	20 cm			MG-20, existant	25 cm			
		MG-112	60 cm			MG-112, existant	44 cm			
		TOTAL:	98 cm			TOTAL:	97 cm			
PÉRIODE D'ENTRETIEN	Facteur d'actualisation	Description	\$/m2 2010	\$/m2 actualisé	Description	\$/m2 2010	\$/m2 actualisé			
Année	Fa =1/(1+ta) ⁿ									
0	1,0000	Construction	85,00	85,00	Réhabilitation	54,00	54,00			
3	0,8890	Marquage	0,50	0,44	Marquage	0,50	0,44			
6	0,7903	Marquage	0,50	0,40	Marquage	0,50	0,40			
10	0,6756	Scellement de Fissures	0,18	0,12	Scellement de Fissures	0,18	0,12			
		ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement	5,50	3,72	ECF, 20 kg/m², Voie de Roulement	5,50	3,72			
		Marquage	0,50	0,34	Marquage	0,50	0,34			
13	0,6006	Marquage	0,50	0,30	Marquage	0,50	0,30			
16	0,5339	Scel. Fissures	0,18	0,10	Scel. Fissures	0,18	0,10			
		ECF, 20 kg/m², VR	5,50	2,94	ECF, 20 kg/m², VR	5,50	2,94			
		Marquage	0,50	0,27	Marquage	0,50	0,27			
19	0,4746	Marquage	0,50	0,24	Marquage	0,50	0,24			
22	0,4220	Planage 50 mm	-1,52	-0,64	Planage 50 mm	-1,52	-0,64			
		Réparation 2%	1,00	0,42	Réparation 2%	1,00	0,42			
		Resurfaçage 120 kg/m²	12,00	5,06	Resurfaçage 120 kg/m²	12,00	5,06			
		Marquage	0,50	0,21	Marquage	0,50	0,21			
25	0,3751	Marquage	0,50	0,19	Marquage	0,50	0,19			
26	0,3607	Scel. Fissures	0,18	0,06	Scel. Fissures	0,18	0,06			
28	0,3335	Marquage	0,50	0,17	Marquage	0,50	0,17			
30	0,3083	Scel. Fissures	0,18	0,06	Scel. Fissures	0,18	0,06			
		ECF, 20 kg/m², VR	5,50	1,70	ECF, 20 kg/m², VR	5,50	1,70			
		Marquage	0,50	0,15	Marquage	0,50	0,15			
33	0,2741	Marquage	0,50	0,14	Marquage	0,50	0,14			
36	0,2437	Réparation 3%	1,20	0,29	Réparation 3%	1,20	0,29			
		ECF, 20 kg/m², VR	5,50	1,34	ECF, 20 kg/m², VR	5,50	1,34			
		Marquage	0,50	0,12	Marquage	0,50	0,12			
39	0,2166	Marquage	0,50	0,11	Marquage	0,50	0,11			
40	0,2083	Retraitement	-7,26	-1,51	Retraitement	-4,35	-0,91			
40		Rehabilitation			Rehabilitation					
VAN				101,72					71,33	
DIFFÉRENTIEL									-30%	

Analyses économiques comparatives ACCV (LCCA)

ACCV Cas # 2

Comparaison de scénarios d'entretien différent

Exemple d'analyse ACCV, chaussées souples



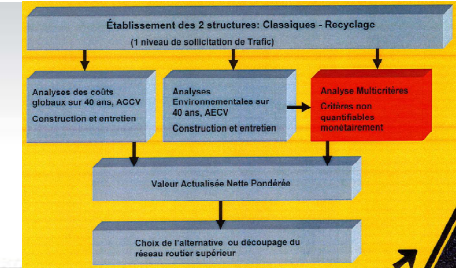
COÛTS COMPARATIFS ACCV, 40 ANS

Chaussée 2 X 3 voies, trafic 7 500 DJMA, 415 PL/jour, 2 X 3 km = 59 400 m ²				Date: 15 Novembre 2010 Taux d'actualisation		4,0%
		STRUCTURE FLEXIBLE (14,8 millions ÉCAS)		STRUCTURE FLEXIBLE (14,8 millions ÉCAS)		
		Structure Neuve (Cas # 2.1)		Base Retraitée (Cas # 2.2)		
STRUCTURE		Couche	Épais.		Couche	Épais.
		ESG-10	4,5 cm		ESG-10	6 cm
		ESG-14	5,5 cm		ESG-14	7 cm
		GB-20	8 cm		Retraitement Type II	15 cm
		MG-20	20 cm		MG-20, existant	25 cm
		MG-112	60 cm		MG-112, existant	44 cm
		TOTAL:	98 cm			TOTAL: 97 cm
PÉRIODE	Facteur	Description	\$/m ²	\$/m ²	Description	\$/m ²
D'ENTRETIEN	d'actualisation		2010	actualisé		2010
Année	$Fa = 1/(1+ta)^n$					actualisé
0	1,0000	Construction	85,00	85,00	Réhabilitation	54,00
3	0,8890	Marquage	0,50	0,44	Marquage	0,50
6	0,7903	Marquage	0,50	0,40	Marquage	0,50
10	0,6756	Scellement de Fissures	0,18	0,12	Scellement de Fissures	0,18
		Resurfacing ED-10, 70 kg/m ²	7,00	4,73	ECF, 20 kg/m ² , Voie de Roulement	5,50
		Marquage	0,50	0,34	Marquage	0,50
13	0,6006	Marquage	0,50	0,30	Marquage	0,50
16	0,5339	Marquage	0,50	0,27	Scel. Fissures	0,18
					ECF, 20 kg/m ² , VR	5,50
					Marquage	0,50
19	0,4746	Marquage	0,50	0,24	Marquage	0,50
22	0,4220	Planage 50 mm	2,50	1,05	Planage 50 mm	-1,52
		Réparation 2%	1,00	0,42	Réparation 2%	1,00
		Resurfacing 120 kg/m ²	12,00	5,06	Resurfacing 120 kg/m ²	12,00
		Marquage	0,50	0,21	Marquage	0,50
25	0,3751	Marquage	0,50	0,19	Marquage	0,50
26	0,3607	Scel. Fissures	0,18	0,06	Scel. Fissures	0,18
28	0,3335	Marquage	0,50	0,17	Marquage	0,50
30	0,3083	Planage 50 mm	2,50	0,77	Scel. Fissures	0,18
		Resurfacing 120 kg/m ²	12,00	3,70	ECF, 20 kg/m ² , VR	5,50
		Marquage	0,50	0,15	Marquage	0,50
33	0,2741	Marquage	0,50	0,14	Marquage	0,50
36	0,2437	Réparation 3%	1,20	0,29	Réparation 3%	1,20
		Marquage	0,50	0,12	ECF, 20 kg/m ² , VR	5,50
					Marquage	0,50
39	0,2166	Marquage	0,50	0,11	Marquage	0,50
40	0,2083	Retraitement	-7,26	-1,51	Retraitement	-4,35
40		Rehabilitation			Rehabilitation	
VAN				102,78		71,33
DIFFÉRENTIEL						-31%

Analyse Multicritère



Analyse Multicritère

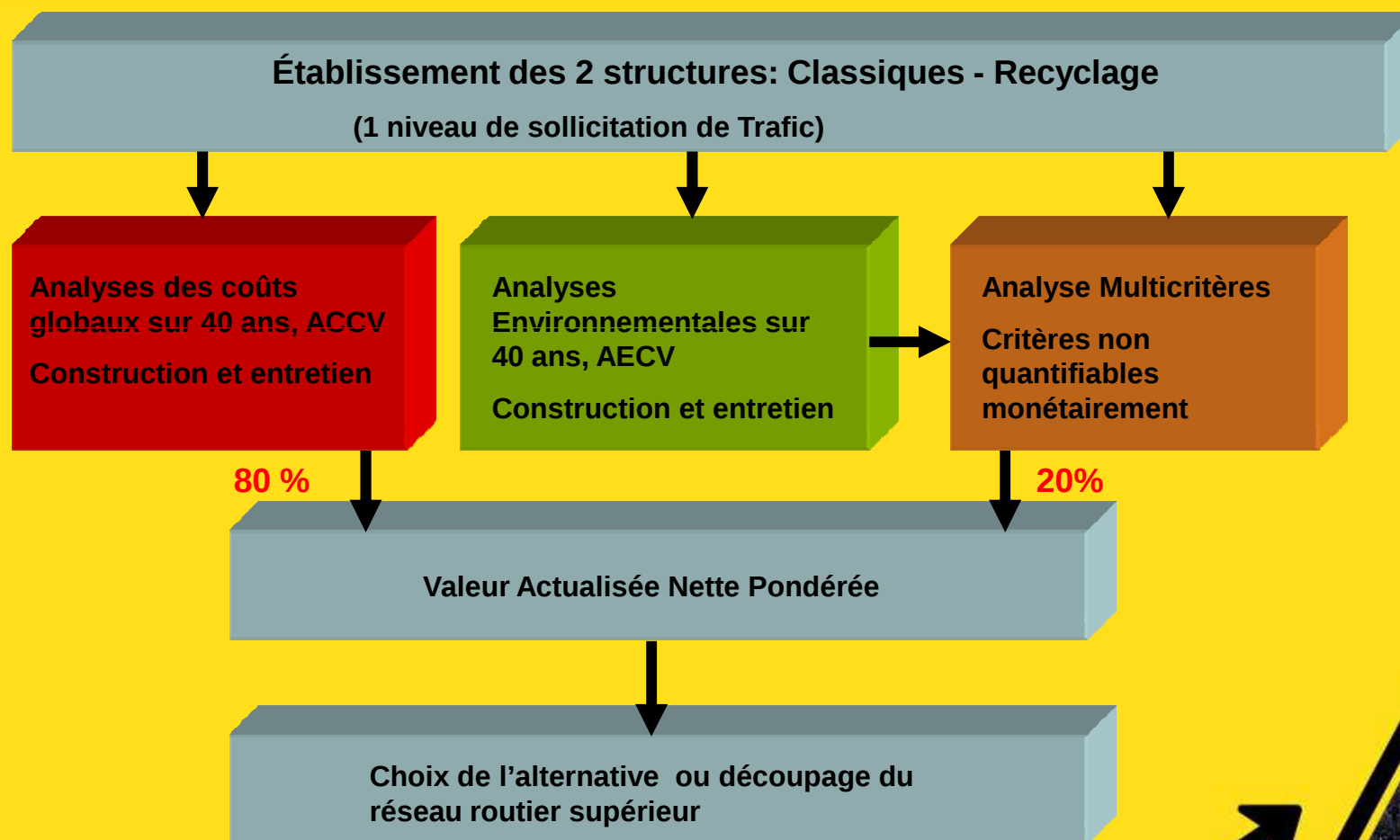


GRILLE D'ANALYSES MULTICRITÈRES

CHAUSSÉES FLEXIBLES - NEUVES VS RETRAITÉES

CRITÈRES	EXPLOITATION			CONSTRUCTION			DEVELOPPEMENT DURABLE			POINTAGE FINAL
Pondération	0,3			0,2			0,5			1,0
Sous-critère	Fondants	Pollution Fondants	Réparation	Surveillance	Auscultation	Conditions Climatiques	Ressources Naturelles	Émanation GES	Cons. Énergétique	Bruit
Pondération Sous-critères	0,3	0,3	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,1
Pondération résultante	0,09	0,09	0,12	0,12	0,04	0,04	0,05	0,20	0,20	0,05
Cote Neuves	0,50	0,50	0,70	0,55	0,75	0,60	0,30	0,20	0,20	0,50
Résultats Neuves	0,05	0,05	0,08	0,07	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
Cote Retraitées	0,50	0,50	0,30	0,45	0,25	0,40	0,70	0,80	0,80	0,50
Résultats Retraitées	0,05	0,05	0,04	0,05	0,01	0,02	0,04	0,16	0,16	0,03

Analyse synthèse



Analyse synthèse, CAS # 1



TABLEAU SYNTHÈSE DE COMPARAISON

Chaussée 2 X 2 voies, trafic 40 000 DJMA, 1526 PL/jour, 1 X 10 km = 117 000 m²

Taux D'actualisation: 4%

	Structure Neuve Cas # 1.1			Base Retraitée Cas # 1.2		
ANALYSE 40 ANS						
Variation prix PG 64-28, t	\$370,00	\$470,00	\$590,00	\$370,00	\$470,00	\$590,00
PG 70-28, t	\$460,00	\$560,00	\$670,00	\$460,00	\$560,00	\$670,00
Construction \$/m ²	114,52	116,00	119,18	79,50	81,00	82,75
Entretien \$/m ²	12,80	13,10	13,50	12,80	13,10	13,50
Valeur résiduelle \$/m ²	-1,41	-1,51	-1,61	-0,85	-0,91	-0,96
PONDÉRATION						
MULTICRITÈRES	1,10	1,10	1,10	0,90	0,90	0,90
VAN PONDÉRÉE, \$/m ²	138,50	140,35	144,18	82,31	83,87	85,76
VAN PONDÉRÉE, k\$/km chaussée	1620,5	1642,1	1686,9	963,0	981,3	1003,4



Analyse synthèse, CAS # 2



TABLEAU SYNTHÈSE DE COMPARAISON

Chaussée 2 X 3 voies, trafic 7 500 DJMA, 415 PL/jour, 2 X 3 km = 59 400 m²

Taux D'actualisation: 4%

	Structure Neuve Cas # 2.1			Retraitement Type II Cas # 2.2		
ANALYSE 40 ANS						
Variation prix PG 64-28, t	\$370,00	\$470,00	\$590,00	\$370,00	\$470,00	\$590,00
PG 70-28, t	\$460,00	\$560,00	\$670,00	\$460,00	\$560,00	\$670,00
Construction \$/m²	83,00	85,00	87,00	52,00	54,00	56,00
Entretien \$/m²	18,95	19,29	19,70	17,70	18,24	18,80
Valeur résiduelle \$/m²	-1,41	-1,51	-1,61	-0,85	-0,91	-0,96
PONDÉRATION						
MULTICRITÈRES	1,10	1,10	1,10	0,90	0,90	0,90
VAN PONDÉRÉE, \$/m²	110,59	113,06	115,60	61,97	64,20	66,46
VAN PONDÉRÉE, k\$/km chaussée	643,1	658,44	673,8	371,8	385,2	398,8

Exemple d'application

[illegible]

Analyse synthèse

Exemple d'application



MATRICE ENTRETIEN DU RÉSEAU ROUTIER

MUNICIPALITÉ: Exemple formation CIPE

MISE À JOUR:

SECTEURS	STRUCTURES	SCÉNARIOS D'ENTRETIEN	ANNÉE													
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2020	2022	2024	2028	2030	2035	2040
INDUSTRIELS																
.Newman	IND-1R	IND-1	T Fissure			Rapiéçage			Rehabilitation		T Fissure		R. + CU		T Fissure	R. + CU
.Récollets	IND-1N	IND-1		Reconstr.				T Fissure		R. + CU		T Fissure		R. + CU		Rehabilitation
.Ch. De la cote	IND-2R	IND-2					T Fissure		Rapiéçage		Rehabilitation	T Fissure		R. + CU	T Fissure	R. + CU
COLLECTRICES																
.Blv Massé	COL-2R	COL-2		Rehabilitation				T Fissure		ECF		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF	T Fissure
.Blv St-Pierre	COL-1R	COL-1	T Fissure	Rapiéçage	R. + CU					Rehabilitation		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF	T Fissure
.Taschereau	COL-1R	COL-1		T Fissure	Rapiéçage	R. + CU					Rehabilitation		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF
LOCALES																
.Lemieux	LOC-1R	LOC-1			T Fissure			ECF				Rehabilitation	T Fissure	ECF	T Fissure	ECF
.Rosalie	LOC-1R	LOC-1		T Fissure				ECF			Rehabilitation		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF
.Matte	LOC-1R	LOC-1		T Fissure				ECF			Rehabilitation		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF
.Desbiens	LOC-1N	LOC-1		T Fissure				ECF			Rehabilitation		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF
.Villeneuve	LOC-1R	LOC-1	Rehabilitation						T Fissure	ECF		T Fissure	ECF	T Fissure	ECF	Rehabilitation

Analyse synthèse

Exemple d'application



MATRICE COÛTS ENTRETIEN DU RÉSEAU ROUTIER														
MUNICIPALITÉ: Exemple Formation CIPE										MISE À JOUR:				
SECTEURS	STRUCTURES	SCÉNARIOS D'ENTRETIEN	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	ANNÉE 2020	2022	2024	2028	2030
INDUSTRIELS														
.Newman	IND-1R	IND-1	2 550 \$			21 600 \$			468 000 \$		3 175 \$		171 600 \$	
.Récollets	IND-1N	IND-1		592 800 \$				2 147 \$		111 264 \$			2 717 \$	135 888 \$
.Ch. De la cote	IND-2R	IND-2					3 988 \$		33 930 \$		736 600 \$	4 785 \$		259 260 \$
COLLECTRICES														
.Blv Massé	COL-2R	COL-2		3 347 760 \$				24 578 \$		530 700 \$		28 710 \$	622 050 \$	32 407 \$
.Blv St-Pierre	COL-1R	COL-1	8 874 \$	72 384 \$	442 656 \$					1 570 872 \$		11 484 \$	248 820 \$	12 963 \$
.Taschereau	COL-1R	COL-1		11 671 \$	97 032 \$	593 180 \$					2 150 732 \$		16 362 \$	340 986 \$
LOCALES														
.Lemieux	LOC-1R	LOC-1			2 358 \$			50 285 \$				387 684 \$	3 181 \$	66 305 \$
.Rosalie	LOC-1R	LOC-1		600 \$			12 650 \$				96 393 \$		850 \$	17 135 \$
.Matte	LOC-1R	LOC-1		1 530 \$			31 130 \$				237 210 \$		2 023 \$	42 167 \$
.Desbiens	LOC-1N	LOC-1		1 170 \$			24 750 \$				188 595 \$		1 600 \$	33 525 \$
.Villeneuve	LOC-1R	LOC-1	774 180 \$						6 730 \$	140 300 \$		7 590 \$	164 500 \$	8 570 \$
TOTAL			785 604 \$	4 027 915 \$	542 046 \$	614 780 \$	72 518 \$	77 010 \$	508 660 \$	2 353 136 \$	3 412 705 \$	440 253 \$	1 233 703 \$	949 206 \$

Principales observations



Principales observations



. Observations d'ordre analytique

.Les analyses comparatives multiples (ACCV+AECV+Multicritères) sont davantage discriminantes lorsque que réalisées pour fin de comparaisons de projets avec fortes différences:

Ex.: Pont vs Tunnel;

Voie routière vs Voie ferrée;

Chaussées Rigides vs Chaussées flexibles

.Les grands mérites de ce genre de démarche:

.Comparé des comparables (Structures équivalentes);

.Réflexion et prise en compte de l'entretien à long terme;

.Même niveau de service aux usagers;

.Facilite l'analyse globale en mode réseau;



Principales observations



. Observations d'ordre analytique

. La durée du cycle de vie en terme d'ACCV dans le domaine routier (35 à 40 ans) a peu d'influence sur les résultats finaux, puisque les coûts des entretiens sont actualisés;

. La variation du taux d'actualisation de 4 à 7% a peu d'influence sur ce type d'analyse routière, de l'ordre de 3 à 4%, puisque les coûts d'entretien sont relativement faibles comparativement aux coûts de construction;

. La sensibilité des résultats à une variation des prix du bitume de +/- \$100,00 / tonne représente des écarts de l'ordre de seulement 3 à 4% également.



Principales observations



. Observations d'ordre analytique (suite)

- . L'influence de l'analyse multicritères dans une analyse multiples est proportionnelle a son jugement de valeur;
- . Par ordre de prédominance, les paramètres qui ont le plus d'influence sur les résultats pour ce type d'analyse sont:
 - . **Coûts de Construction/Réhabilitation (7- 8/10)**
 - . Coûts d'entretien actualisés (1-2/10)
 - . Pondération de l'analyse multicritères (1/10)



Principales observations



. Résultats et conclusion

. Les chaussées retraitées (base stabilisée/ Retraitement de type II) destinées aux trafics élevés présentent **des économies** en terme de VAN pondérée pour des analyses sur 35 et 40 ans comparativement aux chaussées classiques neuves bitumineuses de l'ordre de:

. 30@ 40%

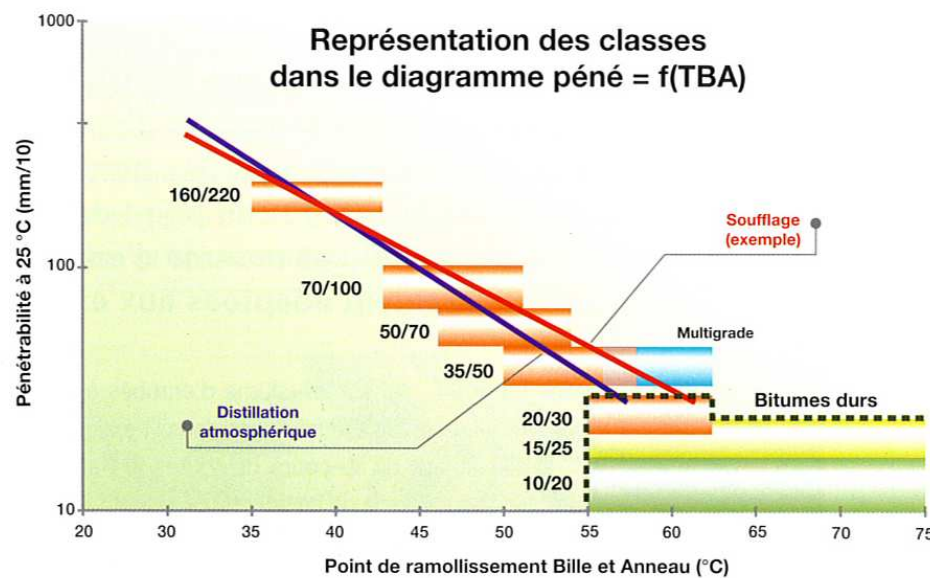
. Les coûts d'entretien actualisés sur 35 et 40 ans des chaussées retraitées sont les mêmes que les structures classique neuves.



Principales observations



Autres possibilités technologiques des chaussées souples, réduction des épaisseurs par le développement d'enrobés à modules élevés



Exemples de gain en dimensionnement

CLASSIQUE

Roulement : 2,5 cm
Liaison : 6 cm
Base : 11 cm
Base : 12 cm

Total : 31,5 cm

avec EME

Roulement : 2,5 cm
EME : 9 cm
EME : 10 cm

Total : 21,5 cm

- Dimensionné pour 30 ans
- Pas de gel
- Trafic : 600 PL/jour, + 5 %/an
- Module de la plateforme : 120 à 200 MPa

Tiré du bulletin Bitume.info, Numéro spécial 2 octobre 2009,

Groupeement professionnel des bitumes

