



PRÉSERVONS NOTRE PATRIMOINE ROUTIER

Arbre décisionnel

-

Comment choisir la bonne technique d'entretien et de réhabilitation

Sylvain Provençal / Ali Excavation Inc.

ETS, 2 décembre 2014



Entretien et Réhabilitation de chaussées souples

Entretien

L'entretien est conçu pour compléter ou conserver l'enrobé de surface.

Il aide à ralentir le rythme de détérioration de la route et de conserver une qualité de roulement.

L'objectif est d'augmenter la durée de vie.

Réhabilitation

La réhabilitation est conçue pour régénérer les propriétés de la chaussée.

Selon le type choisi, elle peut augmenter la capacité structurale de la chaussée existante.

L'objectif est d'augmenter la durée de vie.



Entretien et Réhabilitation de chaussées souples

Entretien

Les dégradations doivent se limiter à la couche de surface.

Pas de problèmes de gel

Pas de problèmes structuraux

Pas de problèmes de drainage

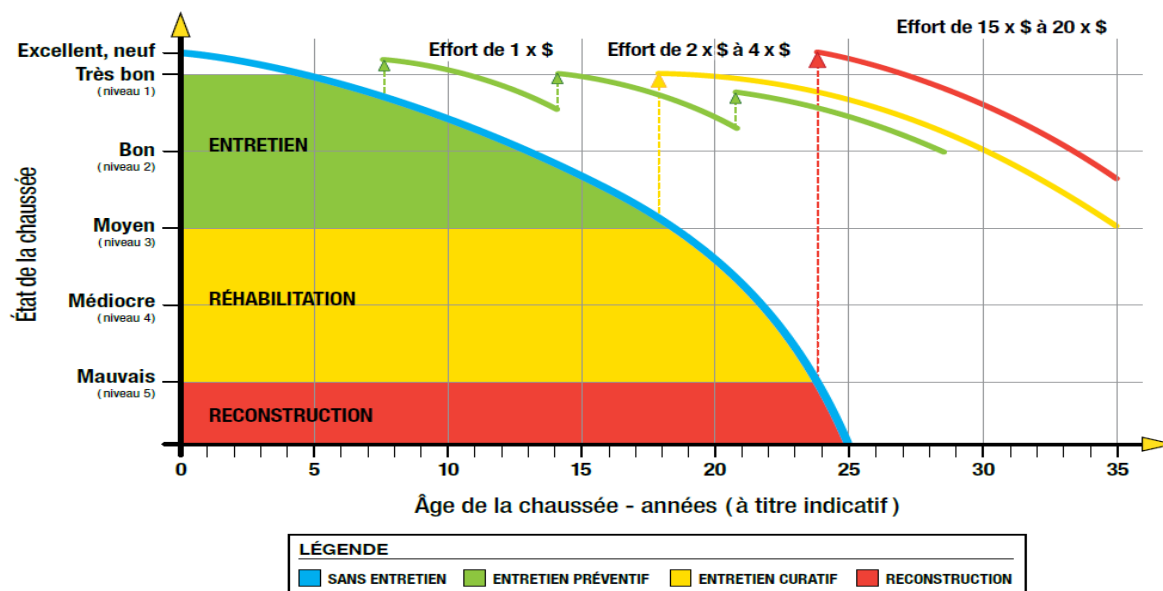
Réhabilitation

Les chaussées avec gonflement et soulèvement au gel auront une durées de vies écourtées malgré une mise en œuvre impeccable, sinon c'est la reconstruction

Pour les autres types de défauts, les techniques seront performantes et économiques

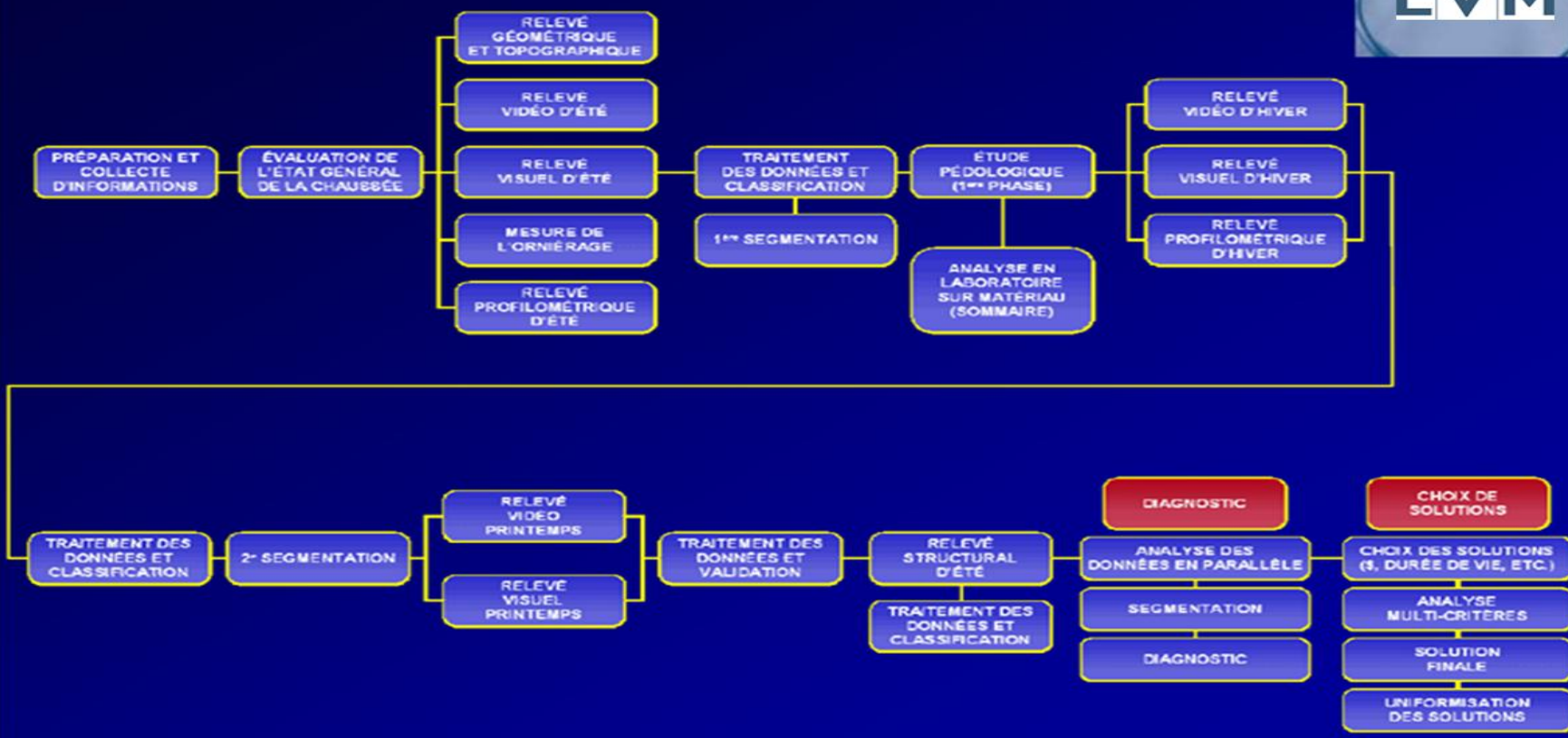
Relations entre : Entretien - Réhabilitation - Reconstruction

COÛTS RELIÉS À LA REMISE EN ÉTAT D'UNE CHAUSSÉE OCTOBRE 2014



Approche mécanistique et globale d'étude de chaussées routières

MÉTHODOLOGIE - ORGANIGRAMME



Diagnostic

DRAINAGE

Dévers

Écoulement

Dispositif de
drainage

Bilan drainage

PROFILOMÉTRIE

I.R.I. été

I.R.I. hiver

Pentes
transversales

Bilan
profilométrie

GEL

Dégradations
reliées au gel

Structure de
chaussée

Δ I.R.I.

Bilan gel

STRUCTURAL

Dégradations
structurales

Paramètres de
déflexion

Bilan structural

MATÉRIAUX

Épaisseur des
matériaux
granulaires

% < 80 μ m

Bilan matériaux

REVÊTEMENT

Épaisseur du
revêtement
bitumineux

Dégradations
reliées au
revêtement
bitumineux

Bilan revêtement

CAUSES PROBABLES ET IMPACTS

Synthèse des liens entre les familles de causes et de défauts

	Causes	Enrobé bitumineux	Structure de chaussée	Drainage	Sol support	Infrastructure souterraine	Travaux et mise en œuvre
	Défauts	C1 -	C2 -	C3 -	C4 -	C5 -	C6 -
D1 -	Fissures transversales / carrelages	x	x	x	∅	x	x
D2 -	Fissures longitudinales : hors piste de roues / en rives	∅	x	x	x	∅	x
D3 -	Défaut du revêtement : Ressuage - Désenrobage - Pelade - Nid-de-poule	x	x	x	∅	∅	x
D4 -	Fissurations dans les pistes de roues et défauts : Ornière – Ondulation courtes	x	x	x	∅	∅	x
D5 -	Désordre du profil : Affaissement – bosse et ondulation	∅	x	x	x	x	x
x Présence d'au moins un lien direct entre la famille de défauts et la famille de causes							
∅ Aucun lien direct entre la famille de défauts et la famille de causes							

Synthèse des liens entre les familles de causes et de défauts

	Causes	Enrobé bitumineux	Structure de chaussée	Drainage	Sol support	Infrastructure souterraine	Travaux et mise en œuvre
	Défauts	C1 -	C2 -	C3 -	C4 -	C5 -	C6 -
D1 -	Fissures transversales / carrelages	retrait thermique - rupture de fatigue -oxydation et vieillissement	retrait thermique des couches granulaires - consolidation et tassement	mouvement hydraulique du sol	S/O	diminution de la section du revêtement	remontée de fissures après travaux de resurfacement - surchauffe du mélange
D2 -	Fissures longitudinales : hors piste de roues / en rives	S/O	manque de portance en période de dégel - granulométrie -retrait thermique des couches granulaires - pénétration différentielle du gel	apport en eau latéralement - gel de l'eau dans la structure - mauvais drainage interne et/ou du système de drainage	sol support gélif - tassement et/ou glissement de terrain - instabilité latérale	S/O	largeur de voie trop étroite - mouvement vertical issu d'un manque de compaction - mauvaise construction d'un joint longitudinal -ségrégation à la pose
D3 -	Défaut du revêtement : Ressuage - Désenrobage - Pelade - Nid-de-poule	rupture de fatigue - oxydation et vieillissement - dosage du bitume - séparation des granulats par l'eau - déficience en vide - épaisseur insuffisante d'une couche - manque d'adhérence à l'interface	faiblesse ponctuelle - manque de portance en période de dégel	infiltration de surface - apport latéral et/ou souterrain en eau - succion de l'eau vers la structure - mauvais drainage interne - gel de l'eau interne	S/O	S/O	excès de liant d'accrochage - mauvaise méthode de resurfacement - ségrégation à la pose
D4 -	Fissurations dans les pistes de roues et défauts : Ornière – Ondulation courtes	angularité des granulats - rupture de fatigue - usure du mélange - stabilité et dosage du bitume - zone sollicitation accrue - manque d'adhérence à l'interface	manque de capacité structurale - manque de portance en période de dégel - pénétration différentielle du gel - fatigue et/ou usure structurale	manque de drainage des couches de la structure ou de la surface	S/O	S/O	mouvement vertical issu d'un manque de compaction - mauvaise mise en place et/ou compaction du mélange - mauvaise construction d'un joint longitudinal
D5 -	Désordre du profil : Affaissement – bosse et ondulation	S/O	hétérogénéité des matériaux - manque de portance en période de dégel	infiltration de surface - apport latéral et/ou souterrain en eau - succion de l'eau vers la structure - gel de l'eau dans la structure	remblais et déblais instables - tassement et/ou glissement de terrain -instabilité latérale - effets récurrents des cycles de gel et dégel - nappe phréatique élevée	désagrégation de l'accès par la saumure - perte de matériaux autour de l'accès - impact dynamique et déplacement du cadre de l'accès - rupture et/ou faible profondeur d'une structure souterraine	mouvement vertical issu d'un manque de compaction - mauvaise transition de construction

Synthèse des liens entre les familles de causes et les groupes d'essais

	Causes	Enrobé bitumineux	Structure de chaussée	Drainage	Sol support	Infrastructure souterraine	Travaux et mise en œuvre
	Groupe d'essais	C1 -	C2 -	C3 -	C4 -	C5 -	C6 -
G1 -	Observation visuelle	zone sollicitation accrue - adhérence et épaisseur des couches - usure du revêtement - oxydation du mélange	faiblesse ponctuelle - tassements - comportement gélif - déneigement	écoulement de surface de l'eau - infiltration de surface - efficacité du système de drainage - apport latéral en eau	remblais et/ou déblais - sol argileux ou marécageux - tassement et/ou relâchement du support latéral - effet récurrent des cycles gel/dégel - niveau de la nappe phréatique	faible profondeur des conduites - mauvais état des services enfouis - diminution de la section de chaussée - déplacement du cadre - perte de matériaux - désagrégation de la cheminée - état de l'accès à la surface - impacts dynamiques	excès de liant d'accrochage - ségrégation à la pose - mauvais joint de construction - largeur de voie - manque de remblai - transition inadéquate
G2 -	Historique du tronçon	épaisseur insuffisante et/ou changement de vocation - vieillissement du pavage	discontinuité de la structure et/ou étape de construction	S/O	secteur de remblai et/ou déblai - type de sol instable - gélivité du sol support	historique des interventions et/ou mauvais état des services enfouis	mauvaise méthode de compaction
G3 -	Estimation du trafic	manque d'adhérence et/ou sous-dimensionnement de l'épaisseur des couches à cause du volume de trafic	capacité portante insuffisante due au trafic et/ou en période de dégel	S/O	S/O	S/O	S/O
G4 -	essais non destructifs de type "FWD"	sous-dimensionnement de l'épaisseur des couche et fatigue au revêtement	capacité portante insuffisante due au trafic et/ou en période de dégel - fatigue structurale	S/O	S/O	S/O	manque de compaction de l'enrobé
G5 -	Carottage de la chaussée	S/O	retrait thermique des matériaux - épaisseurs des couches de la structure	S/O	S/O	S/O	remonté de fissures - transition inadéquate entre les matériaux
G6 -	Essais du Laboratoire des chaussées	dosage du mélange - déficience en vide - angularité et type de granulats - mauvais enrobage - stabilité par temps chaud - retrait thermique et fragilisation du bitume	usure des matériaux - granulométrie	mouvement hydraulique et/ou affouillement capillarité des couches granulaires	sensibilité à l'humidité des matériaux du sol	S/O	surchauffe du mélange lors de la pose
G7 -	Caractérisation des matériaux	S/O	hétérogénéité des couche de la structure	drainage des couches de la structure	gélivité du sol support	S/O	présence de matériaux inadéquats
G8 -	Forage des couches de sols	S/O	S/O	assèchement du sol support	caractérisation des matériaux du sol	S/O	S/O

Analyse pour établir un diagnostic

Établir un lien de causalité entre les indicateurs d'état et le comportement de la chaussée

Éléments évalués	Indicateurs
Comportement	• Nature des sols d'infrastructure (vs gel) • Épaisseur totale de la structure de chaussée • Conformité des matériaux granulaires aux normes • Drainage et dégel (perte de portance)
Capacité structurale	Portance de l'infrastructure (uniformité et module) Renforcement nécessaires Épaisseur des couches de la structure de chaussée
Fatigue des matériaux	Nature et étendue de la fissuration Orniérage et âge du revêtement

Scénario d'intervention

Techniques d'entretien envisageable

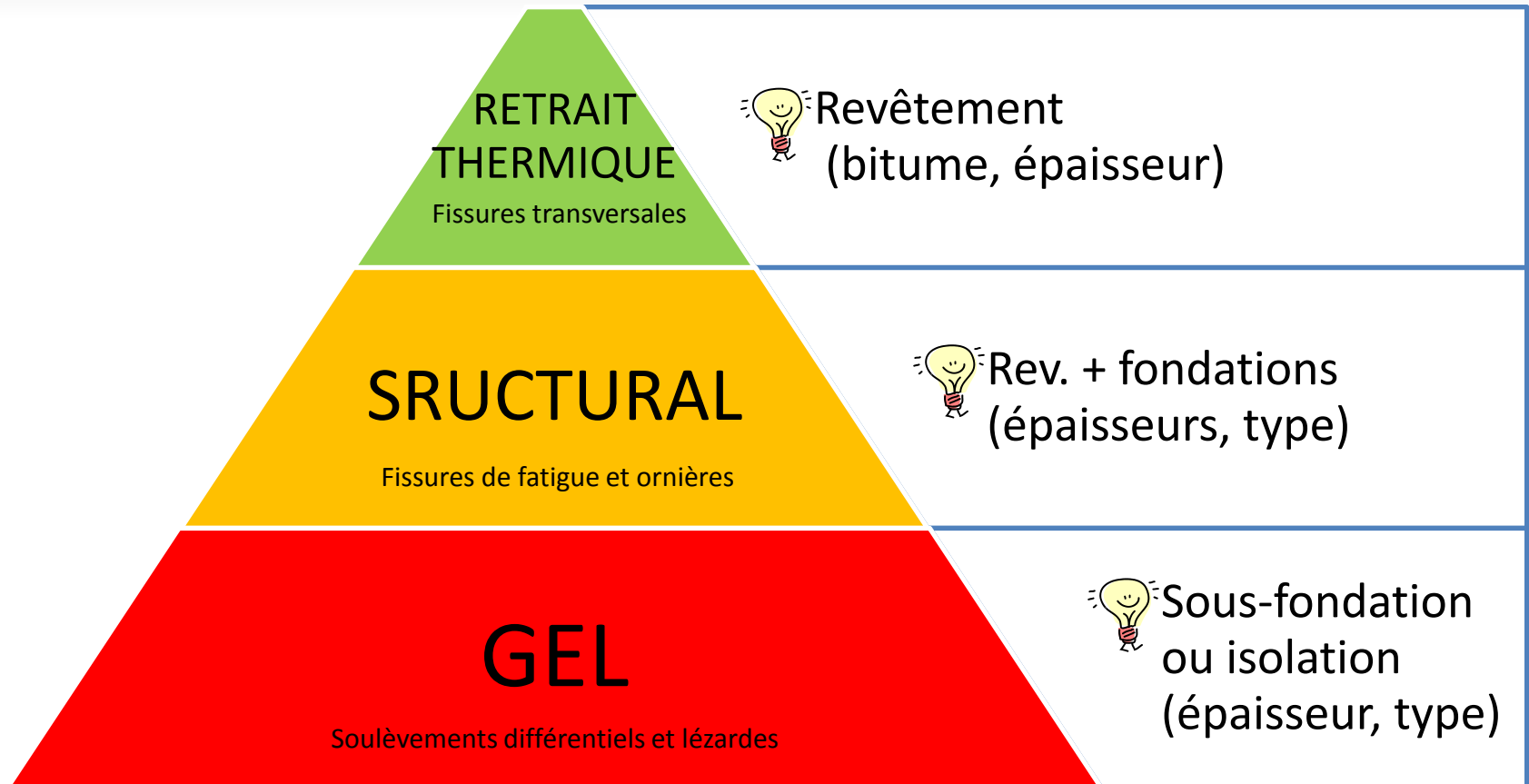
Données			Données complémentaires			Possibilité d'intervention						
Différence de profilométrie (ΔP)	Soulèvement différentiel (SD) / Tassement Différentiel (TD)	Fissuration ouverte (FO) / Fissure transversale soulevée (FTS)	Faible portance	Carrelage	Raplagage et trous	Correction de fissure	Corrections locales	Isolation à reconstruction	Renforcement	Recouvrement bitumineux	Retraitement en place	Recyclage à froid
ΔP > 2,0	SD - oui	FO ou FO et FTS	oui	oui								
				non								
			non	oui								
				non								
		NON ou FTS	oui	oui								
			non	non								
	SD - non	FO ou FO et FTS	oui	oui								
				non								
			non	oui								
				non								
		NON ou FTS	oui	oui								
			non	non								
	SD - non	FO ou FO et FTS	oui	oui							3	3
				non							3	3
			non	oui							3	3
				non							3	3
		NON ou FTS	oui	oui							2	3
			non	non							2	3
	SD - non	FO ou FO et FTS	oui	oui							1	1
				non							1	1
			non	oui							1	1
				non							1	1
		NON ou FTS	oui	oui							1	1
			non	non							1	1

Données			Données complémentaires			Possibilité d'intervention						
Différence de profilométrie (ΔP)	Soulèvement différentiel (SD) / Tassement Différentiel (TD)	Fissuration ouverte (FO) / Fissure transversale soulevée (FTS)	Faible portance	Carrelage	Raplagage et trous	Correction de fissure	Corrections locales	Isolation à reconstruction	Renforcement	Recouvrement bitumineux	Retraitement en place	Recyclage à froid
ΔP < 2,0	TD - oui	FO ou FO et FTS	oui	oui							3	2
				non							3	2
			non	oui							3	2
				non							3	2
		NON ou FTS	oui	oui							3	2
			non	non							3	2
	TD - non	FO ou FO et FTS	oui	oui							3	3
				non							3	3
			non	oui							3	1
				non							3	2
		NON ou FTS	oui	oui							2	2
			non	non							2	2
	TD - non	FO ou FO et FTS	oui	oui							3	3
				non							3	3
			non	oui							1	2
				non							1	2
		NON ou FTS	oui	oui							1	2
			non	non							1	2

Potentiel d'utilisation du retraitement et RFE

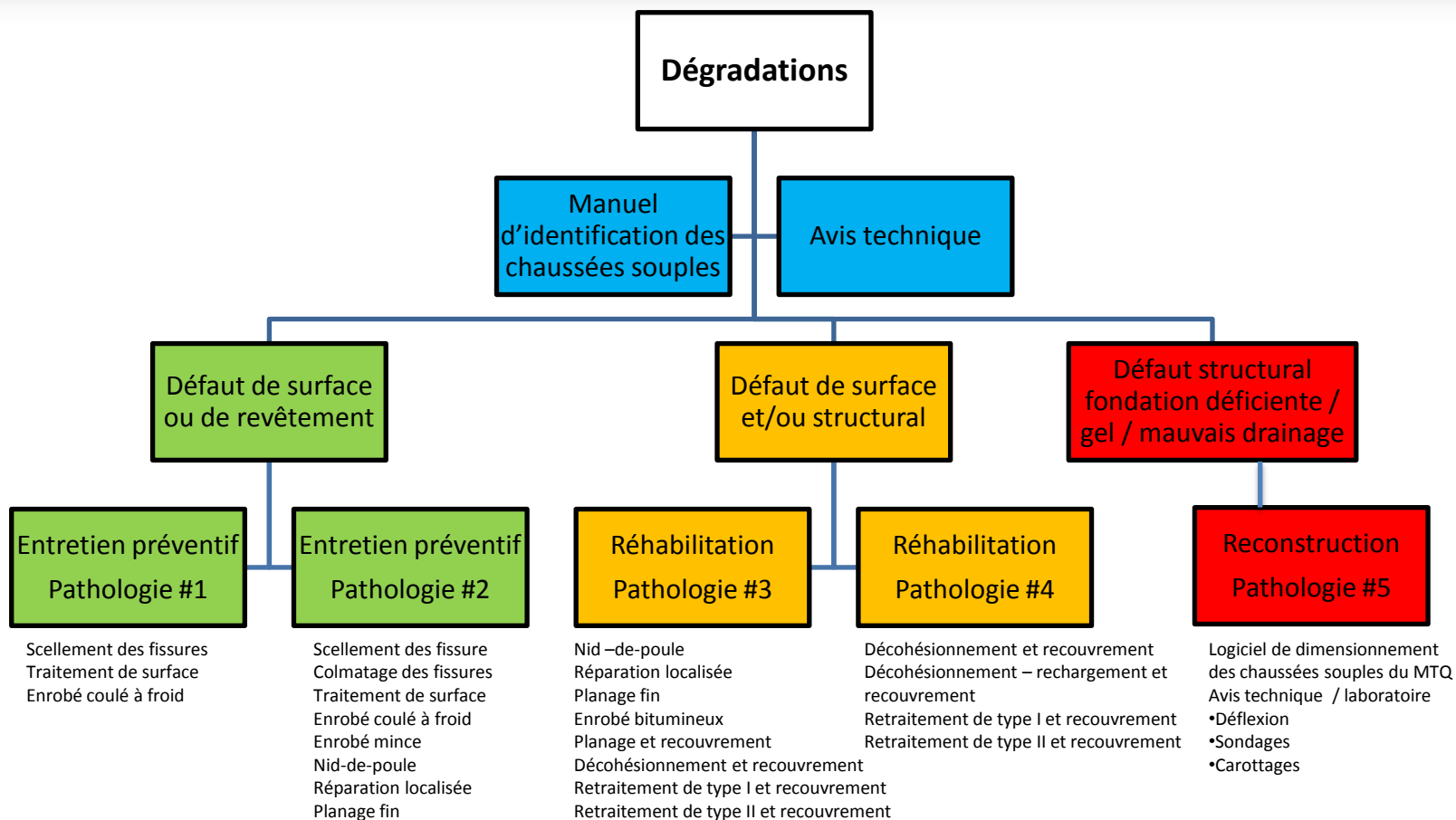
1. Solution adéquate
2. Solution partielle, travaux complémentaires requis – rechargement - stabilisation
3. Généralement non recommandable, requiert une étude plus détaillée

Investiguer dans la problématique



Arbre décisionnel selon la pathologie

Techniques d'entretien envisageable





La vraie vie

- Investiguer dans la problématique
 - Les analyses sont des très bons indicateurs.
 - Concevoir une intervention au meilleur rapport « Performance/Coût »
 - Des solutions alternatives ont leur limite mais permettent très souvent d'offrir un rapport « Performance/Coût » avantageux par rapport à des solutions plus classiques



Analyse pour établir un diagnostic

Choix de la solution la mieux adaptée

Solutions possibles	Coûts unitaire au m ²	Durée de vie
Scellement de fissure.	\$	maintien
Revêtement mince	\$\$	4 à 10 ans
Planage et recouvrement	\$\$	7 à 12 ans
Décohésionnement + recouvrement	\$\$\$	7 à 12 ans
Retraitement de type I + recouvrement	\$\$\$	7 à 15 ans
Retraitement de type II + recouvrement	\$\$\$	7 à 20 ans
Reconstruction complète	\$\$\$\$\$	25 ans

Performance de la réhabilitation

U
N
E
E
X
P
E
R
T
I
S
E
À
P
A
R
T
A
G
E
R



DLC

Transports
Québec 

Direction du
Laboratoire des chaussées

Performance des techniques de retraitement en place et de recyclage à froid au Québec

Par:
Guy Bergeron, ing. M.Sc.
Service des chaussées



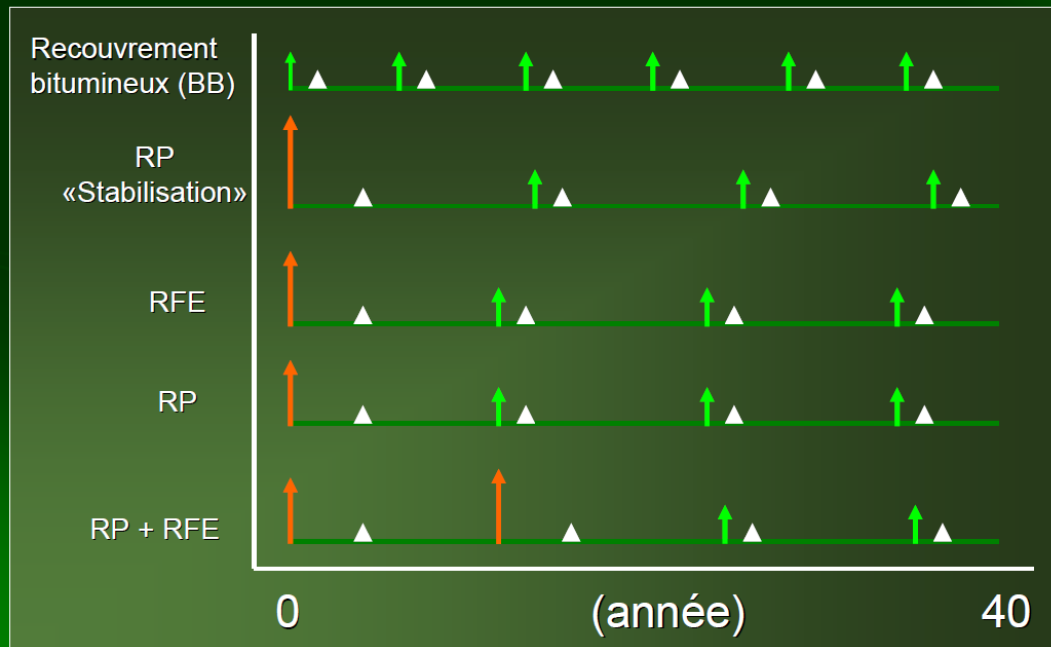
Performance de la réhabilitation

Durée de vie (année)

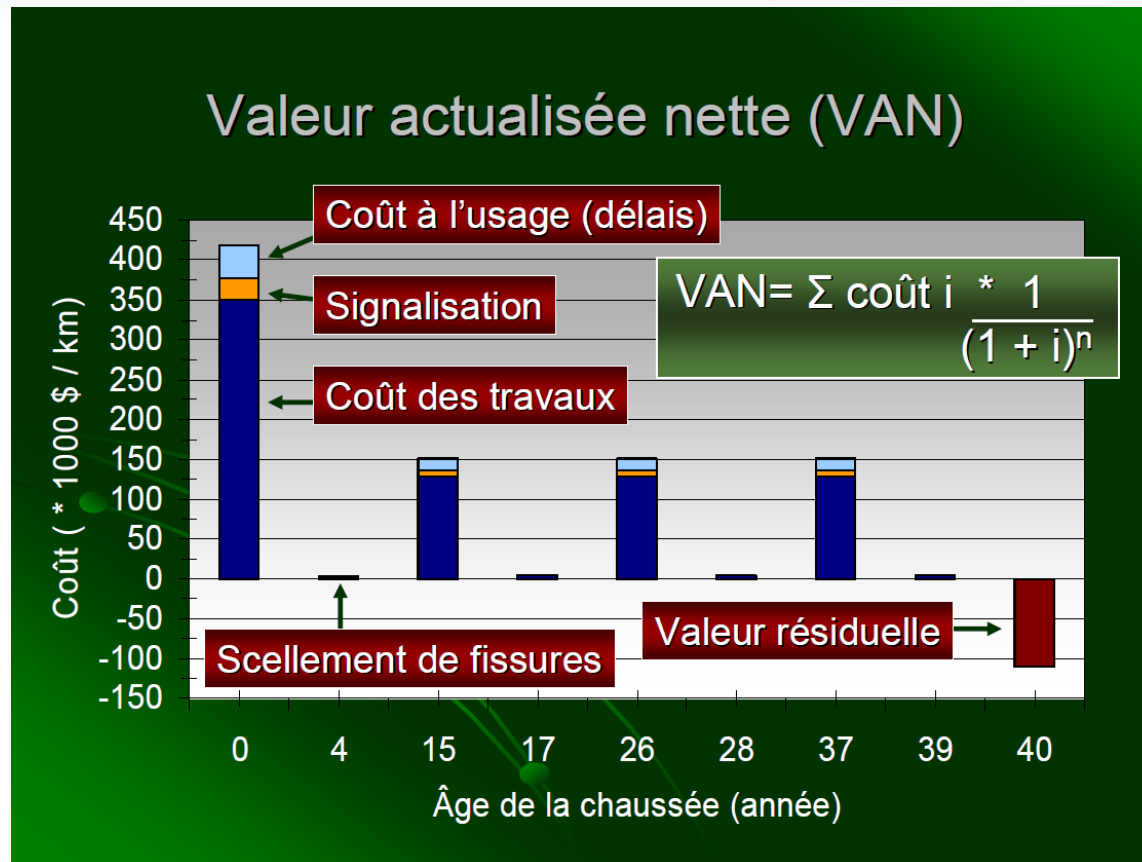
	Autoroute	Nationale	Locale
RP AVEC Stabilisation	15	15	12
RP SANS Stabilisation	- -	12	
RFE	12	11	11
Recouvrement bitumineux (BB)	11	9	8
Recouvrement bitumineux (BB) (dégradation sévère)	7		

Performance de la réhabilitation

Scénarios d'entretien

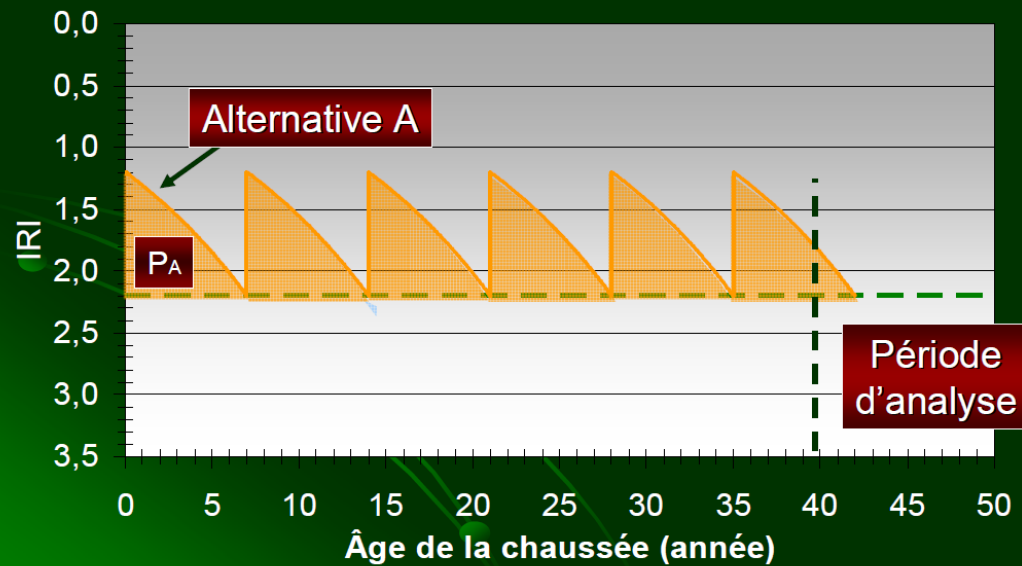


Performance de la réhabilitation



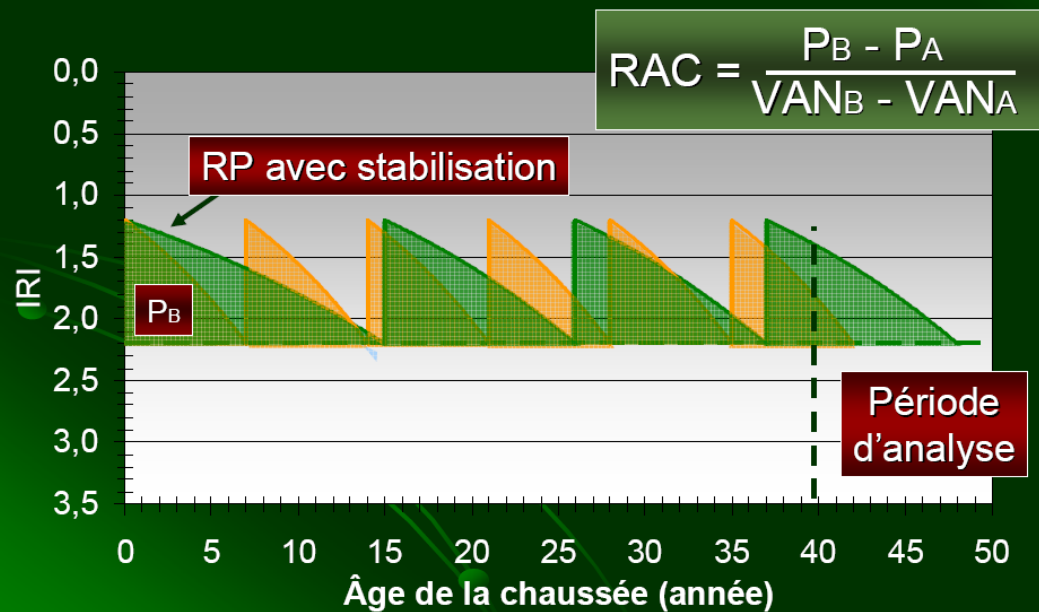
Performance de la réhabilitation

Rapport Avantage/coût (RAC)

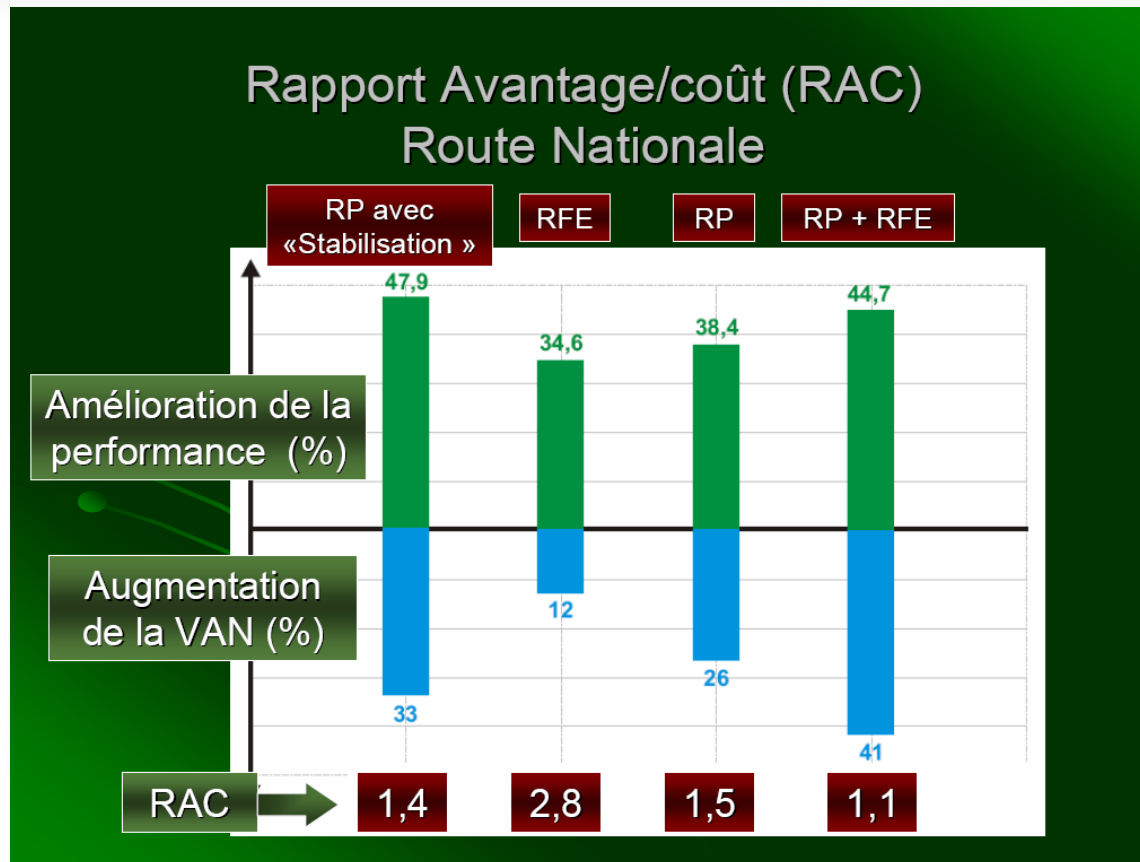


Performance de la réhabilitation

Rapport Avantage/coût (RAC)



Performance de la réhabilitation



Performance de la réhabilitation

Conclusion

- Programme de suivi (450 km/12 ans): IRI, ornière
- Courbes de Performance: Recouvrement bitumineux, RP Avec et Sans stabilisation et RFE.
- 4 scénarios de réhabilitation et d'entretien impliquant des « techniques de recyclage »
- Augmentation de la performance: 10% à 48%
 - RP stabilisation (meilleur résultat)
- Rapport Avantage-Coût (RAC) > 1
 - Résultats similaires : RP Avec et Sans stabilisation
 - Meilleur résultat : RFE (Route Nationale, Régionale)



Performance de la réhabilitation

- Parmi un éventail de solutions possible, établir les solutions les plus appropriées dans le but de maximiser le retour sur l'investissement.
- Le choix optimal est la solution la plus économique en \$ d'aujourd'hui qui permettra d'atteindre sa durée de vie escomptée.

Quelle technique doit-on faire





Est-ce le bon choix?





Est-ce le bon choix?





Est-ce le bon choix?

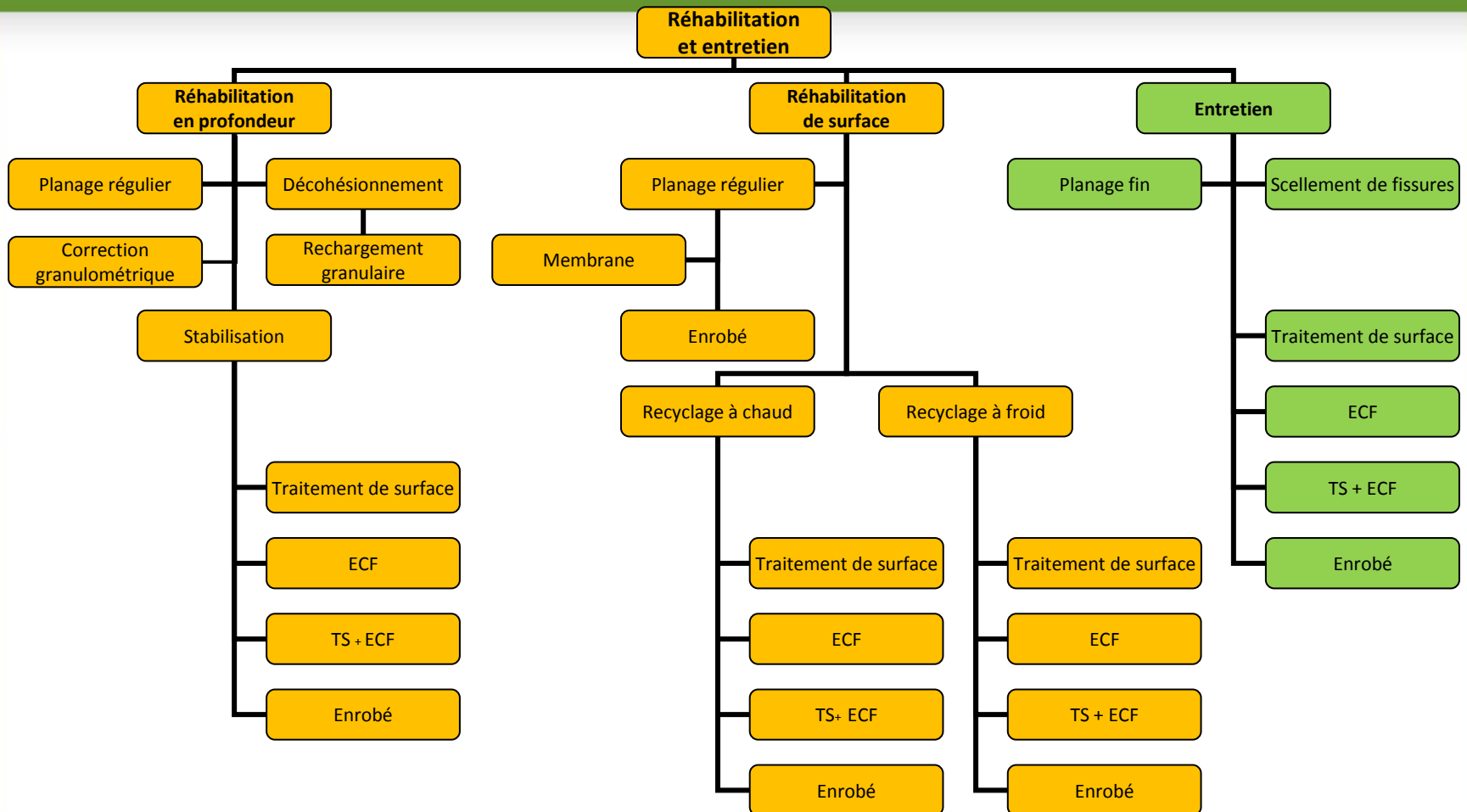




Est-ce le bon choix?



Techniques d'entretien et de réhabilitation



Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable



Préservons notre patrimoine routier

[CONTACTEZ-NOUS](#) | [LIENS UTILES](#) | [Q](#)

[Qui sommes-nous?](#)

[La dégradation des routes](#)

[Évaluer votre route](#)

[Les techniques](#)

[Documents](#)

[Accueil](#) | [Évaluer votre route](#)

Évaluer votre route



Pathologie #1

- Microfissures
- Glissance
- Désenrobage

TECHNIQUES DE RÉPARATION 



Pathologie #2

- Fissures
- Ornières à faible rayon
- Filage
- Usures

TECHNIQUES DE RÉPARATION 



Pathologie #3

- Fissures prononcées et étendues
- Nids de poules
- Ornières à grand rayon
- Ornières sévères d'usure

TECHNIQUES DE RÉPARATION 



Pathologie #4

- Fissures prononcées et étendues
- Nids de poules
- Ornières fissurées

TECHNIQUES DE RÉPARATION 



Pathologie #5

- Affaissement de la chaussée
- Fissures prononcées et étendues
- Nids de poule
- Ornières fissurées

TECHNIQUES DE RÉPARATION 

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Retrait thermique
- Fragilisation du bitume (surchauffe)

Désenrobage et arrachement

Origines et causes probables

- Classe de bitume inadaptée à la zone



Faible



Moyen



Majeur



Traitement
de surface



Enrobé coulé
à froid



Enrobé ou
planage + revêtement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Formulation – surdosage du bitume
- Revêtement inadaptée aux sollicitations du trafic

Ressuage / glissance

Origines et causes probables

- Excès de liant
- Perte de granulats



Faible

< 25%



Moyen

50 %

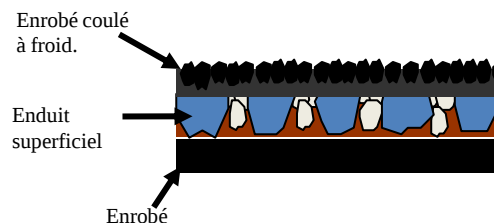


Majeur

Texture impossible à discerner



Planage fin



Enrobé ou planage + revêtement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Retrait thermique
- Fragilisation du bitume (surchauffe)

Fissures Transversales

Origines et causes probables

- Classe de bitume inadaptée à la zone
- Remontée de fissure après resurfaçage



Faible

< 5 mm



Moyen

5 à 20 mm



Majeur

> 20 mm



Scellement
de fissures



Réparation de
fissures

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Vieillissement du revêtement
- Ségrégation ou joint de construction

Fissures longitudinales (hors piste de roues)

Origines et causes probables

- Gonflement différentiel dû au gel



Faible

< 5 mm



Moyen

5 à 20 mm



Majeur

> 20 mm



Scellement
de fissures



Réparation de
fissures

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Affouillement ou assèchement du sol support latéral

Fissures en rive

Origines et causes probables

- Discontinuité dans la structure
- Manque de support latéral



Faible

< 5 mm



Moyen

5 à 20 mm



Majeur

> 20 mm



Réparation
localisée



Planage et
renforcement

Correction de
l'épaulement

Correction
structurale

Correction du
drainage

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Formulation inadéquate (classe de bitume – surdosage – mauvais granulaire)

Ornières à faible rayon

Origines et causes probables

- Post compactage
- Abrasion de l'enrobé (pneus cloutés)



Faible

< 10 mm



Moyen

10 à 20 mm



Majeur

> 20 mm



Planage fin



Planage + revêtement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Fatigue du revêtement (épaisseur insuffisante)
- Sous-dimensionnement structurale

Fissures en piste de roues

Origines et causes probables

- Mauvais drainage
- Mouvement de sols



Faible

< 5 mm



Scellement de fissures +
renforcement



Moyen

5 à 20 mm



Planage + renforcement



Majeur

> 20 mm

Planage + recouvrement
Décohésionnement – rechargement + recouvrement
Retraitement de type I et recouvrement
Retraitement de type II et recouvrement
Correction du drainage
Reconstruction localisée du corps de chaussée

Réhabilitation

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Fatigue du revêtement (Faible épaisseur)
- Vieillessement de la chaussée

Fissures en carrelage

Origines et causes probables

- Sous-dimensionnement
- Drainage



Faible

< 5 mm



Planage + renforcement



Moyen

5 à 20 mm



Décohésionnement + renforcement



Majeur

> 20 mm



Retraitement de type II + renforcement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Sous compactage
- Accumulation des déformations permanentes

Ornières à grand rayon

Origines et causes probables

- Sous dimensionnement de la chaussée
- Drainage



Faible

< 10 mm



Moyen

10 à 20 mm



Majeur

> 20 mm



Planage + renforcement



Décohésionnement + renforcement



Retraitement de type II + renforcement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Sous dimensionnement
- Manque de support latéral.

Affaissement-Tassement

Origines et causes probables

- Mauvais drainage
- Matériaux inadéquats – action du dégel



Faible

< 20 mm sous la règle de 3 m



Moyen

20 à 40 mm sous la règle de 3 m



Majeur

> 40 mm sous la règle de 3 m



Décohésionnement + renforcement



Retraitement de type II + renforcement

Décohésionnement – rechargement + recouvrement
Retraitement de type II et recouvrement
Correction du drainage
Reconstruction localisée du corps de chaussée

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Faible épaisseur du revêtement
- Mauvaise adhésion de la couche de surface

Pelade

Origines et causes probables

- Sollicitations élevées par le trafic



Faible

< 0,5 m²



Moyen

0,5 à 1,0 m²



Majeur

> 1,0 m²



Réparation
localisée



Réparation
localisée



Planage et
recouvrement

Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Défaut de surface non traité à temps
- Faiblesse ponctuelle de la fondation

Nid-de-poule

Origines et causes probables

- Épaisseur insuffisante du revêtement
- Chaussée fortement sollicitée



Faible

< 200 mm ø



Moyen

200 à 300 mm ø



Majeur

> 300 mm ø



Réparation
localisée



Réparation
localisée



Planage et
recouvrement



Arbre décisionnel selon la pathologie

Technique d'entretien envisageable

Origines et causes probables

- Stabilité insuffisante de l'enrobé .

Profils transversal et longitudinal

Origines et causes probables

- Mauvaise qualité de mise en place



Planage 3D +
recouvrement



L'ENTRETIEN

