



Une société de VINCI 



Travaux routiers | Matériaux routiers et industries | Environnement

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Bernard ECKMANN

**Colloque de formation
RETRAITEMENT A FROID DES CHAUSSEES SOUPLES
Montreal – 4-6 décembre 2007**





PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

SOMMAIRE

- Avantages du retraitement en place à froid
- Analyse du Cycle de Vie
 - *Exemple d'une étude réalisée pour le procédé RECYCLOVIA*
 - *Le logiciel GAIA : outil de quantification des aspects environnementaux d'un chantier*
- Limites du retraitement en place à froid
- Perspectives de développement
- Quelques leviers pour soutenir le développement de la technique
 - *Amélioration des études et du dimensionnement*
 - *Amélioration des caractéristiques du matériau (montée en cohésion)*
 - *Amélioration du rendement*
 - *Amélioration du compactage*

Présentation
Mr. D. Lesueur



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Avantages du retraitement en place à froid

- Une technique idéale pour le développement durable
 - Préservation des matières premières (granulats)
 - Réduction des transports
 - Fabrication in-situ, procédés „à froid“
 - * *Gains énergétiques*
 - * *Réduction des émissions dans l'air*
 - * *Réduction des nuisances aux riverains*
 - * *Moindre sollicitation des chaussées existantes*
- Une technique économique
 - Coûts de matières premières et de transport
 - Limitation des travaux annexes (remises à niveau,)
 - Rapidité d'exécution des travaux, remise en service rapide



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Analyse du Cycle de Vie

➤ Exemple d'une étude réalisée pour le procédé RECYCLOVIA®

Comparaison de variantes RECYCLOVIA® M (mousse de bitume) et RECYCLOVIA® E (émulsion) par rapport aux solutions de base.



- Cas 1:
- * Rechargement 8cm GB + 5 cm BBSG (solution de base)
 - * **RECYCLOVIA® M** sur 13cm + 5cm BBME
- Cas 2:
- * Fraisage sur 7cm + 5cm BBSG + 2cm BBTM
 - * **RECYCLOVIA® E** sur 7cm + 2cm BBTM

Etude ACV réalisée par RDC Environnement (mars 2007).



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Analyse du Cycle de Vie – Principales conclusions (Etude RDC)

➤ Points forts RECYCLOVIA® M et E

- Consommation énergétique : ~ - 20%
- Réduction effet de serre (émissions équ. CO2) : ~ - 20%
- Réduction acidification (émissions équ. SO2) : ~ - 20%
- Economie de granulats
(mais impact variable selon valorisation des fraisats de la solution de base)
- Réduction des déchets
- Réduction des km-camions parcourus (variable selon chantier)

➤ Points faibles

- Consommation d'eau (RECYCLOVIA® E)
- Rejet d'hydrocarbures dans l'eau (RECYCLOVIA® M et E)
- Impact de la chaux (RECYCLOVIA® M)



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Analyse du Cycle de Vie – Principales conclusions (Etude RDC)

➤ Points pouvant influencer le bilan

- Type des centrales d'enrobage (gaz/FOD/FOL) utilisés pour la solution de base
- Valorisation des fraisats dans la solution de base :
Si ré-utilisation « noble » (enrobés), les gains potentiels de la solution RECYCLOVIA en énergie et émissions CO2 diminuent (recyclages de Classe III)
- Distances de transport des granulats et bitume (mousse)

➤ Conclusions

- Les études ACV sont toujours (en général largement) favorables aux variantes « retraitement en place »
- Mais
- Les études ACV doivent prendre en compte les spécificités de chaque chantier
 - Importance de « l'équivalence technique » entre la solution de base et la variante en retraitement ➔ importance des études de dimensionnement



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Analyse du Cycle de Vie – Un outil à part entière



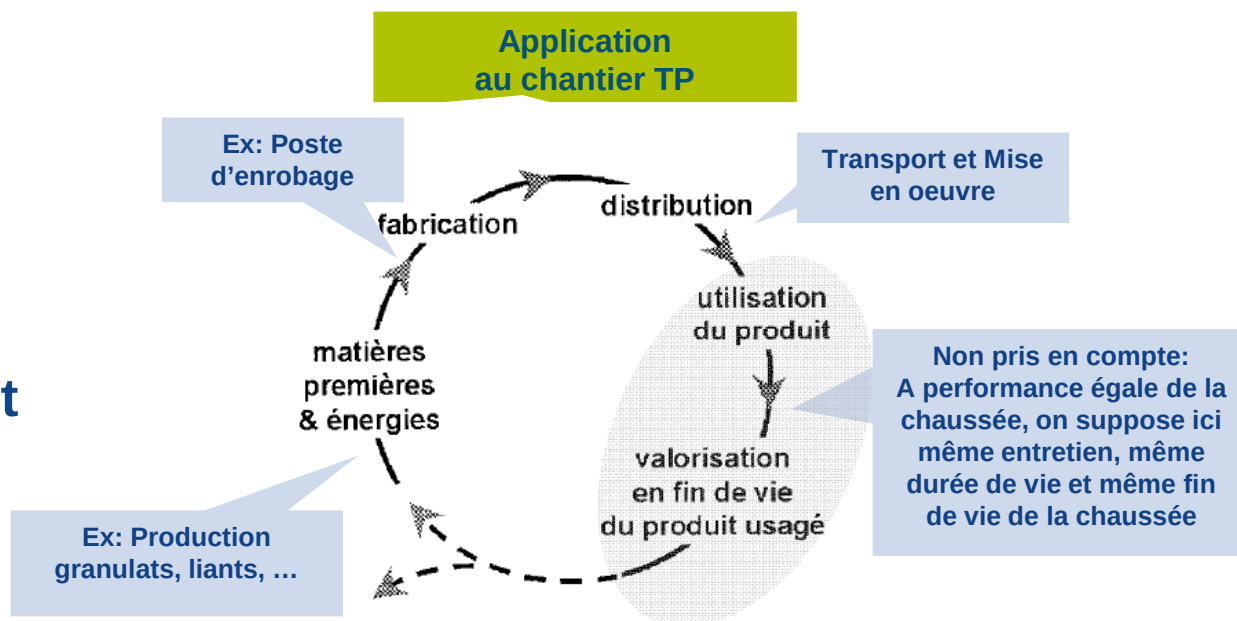


PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



Un outil basé sur la méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie

L'Analyse de Cycle de Vie permet de quantifier les impacts d'un produit « du berceau à la tombe »



2 usages chez Eurovia

- Intégrer les paramètres environnementaux dans la phase de R&D
- Quantifier les avantages d'une solution environnementale pour un chantier



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



Un outil développé en modélisant l'impact environnemental de chaque étape d'un chantier

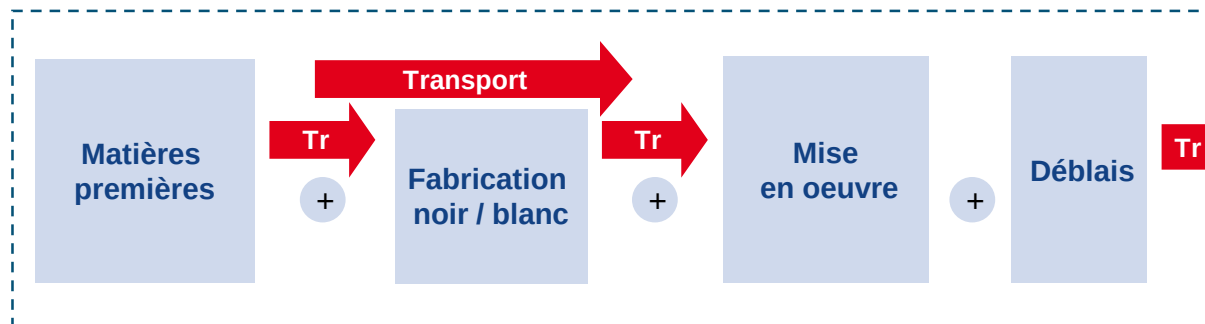
Méthodologie basée sur les données publiques reconnues par la profession et sur l'expertise du Centre de Recherche

Base de données
Matériaux,
Transport,
engins

Base
de formules

Modélisation
des
postes

Une modélisation des chantiers basée sur des données concrètes et opérationnelles





PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



Objectif : comparer 2 solutions pour un même chantier

- > **Principales données à rentrer**
 - Tonnages produits
 - Distances et moyens de transport utilisés
 - Postes / centrales utilisées
 - Jours d'utilisation des engins

- > **Des options supplémentaires à disposition des Directions Techniques Déléguées**
 - Réglages fins des paramètres



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



Des résultats présentés sous forme graphique dans un rapport automatisé



Chantier : RD 925

Client : Conseil Généra
Service des Ma

Maitre d'œuvre : Conseil Généra

Date de remise du rapport : Le 4 avril 2007

Émission de GES (kg CO2 equ)
changement climatique

P - I

TOTAL CONSOMMATION	-345 179
Dont matières premières + déblais	10 357
Dont transport vers centrale	-37 976
Dont fabrication	-323 734
Dont transport local	-29 067
Dont mise en œuvre	35 242

Tableau détaillé des résultats

Proposition / Base	Base	Proposition	P - B
Épaulement des ressources ADP (kg equ)	26 045	19 474	-25%
Consommation granulats (t)	29 382	18 044	-39%
Tonnage total apporté (t)	31 940	20 593	-36%
Recours aux ressources naturelles (%)	85	62	-27%
Consommation des ressources énergétiques (Mj)	21 241 100	13 011 430	-39%
Transport global	2 251 106	1 375 547	-39%
Transport local routier (t/km)	1 239 455	85 948	-31%
Emission de GES (kg CO2 equ) changement climatique	1 170 527	825 348	-29%

COMMENTAIRES

La proposition Recyclovia est gagnante sur tous les indicateurs :

- Ressources/matériaux : consommation granulats réduite de près de 40% et environ 30% des ressources utilisées sont des ressources recyclées
- Énergétiques : consommation énergétique réduite de 40 %
- Émissions : Émissions de Gaz à Effet de Serre diminuées de 30%, soit 345 tonnes de CO₂ évitées !
- transports réduits d'un tiers avec près de 900 000 de tonnes/km évitées!



Choix des indicateurs parmi une liste de 16 indicateurs environnementaux



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Limites du retraitement en place à froid

➤ Une technique difficile

- Maîtrise du dimensionnement
 - * *Analyse de la structure existante*
 - * *Choix de la solution de retraitement*
- Maîtrise des propriétés mécaniques des matériaux
- Maîtrise de la mise en oeuvre
 - * *Qualité du fraisage*
 - * *Uni, qualité du compactage*





PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Limites du retraitement en place à froid

➤ Une technique contraignante

- Nécessité de faire des études préalables sérieuses
- Coûteuse en matériel

➤ Freins à la technique

- Hétérogénéité des matériaux
- Périodes de réalisation limitées en arrière-saison (mûrissement)
- Ne permet pas de pallier à des insuffisances structurelles majeures
- Peu adaptée au travail en milieu urbain
- Rendement pas toujours optimal

** Largeurs de traitement / largeur de la chaussée à traiter*

** Matériel pas toujours adapté à chaque cas spécifique*



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Les perspectives de développement

➤ Devraient principalement être axées sur :

- Des chantiers importants, de grande longueur
- Des trafics moyens à forts

➤ Conditionnées par la maîtrise des points faibles :

- Caractérisation des matériaux et dimensionnement
- Amélioration des performances du matériau
 - * *Montée en cohésion initiale*
 - * *Module de rigidité*
 - * *Résistance à l'endommagement (fatigue, déformation permanente)*
- Amélioration du compactage
- Amélioration du rendement



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Reconnaissances préalables

➤ Objectifs

- Identification de la structure : épaisseurs, nature des couches, collage, ...
- Diagnostic de la chaussée : origine des désordres
- Découpage en zones homogènes
- Collecte de matériaux pour études de laboratoire
- Données de trafic et contexte climatique

➤ Les outils

- Historique de la chaussée (si connu)
- Relevé visuel des dégradations
- Mesures de déflexion
- Carottages



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Reconnaissances préalables

➤ Exemple

- Relevé visuel + photos : dégradations, uni,
- Carottages (noir) : 1/200 ml
- Sondages (blanc) : 1/500 ml , plus si nécessaire
- Déflexions
- Caractérisation des matériaux :
 - * teneur en liant, Péné. , TBA
 - * granulométrie, propreté

➤ Une reconnaissance préalable soigneuse est **indispensable**

- Faisabilité de la technique
- Préparation des études de formulation et de dimensionnement



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Modélisation de la structure existante

➤ Impératifs

- Simple : inutile de multiplier le nombre de couches !
- Doit prendre en compte l'état des matériaux en place et l'origine des dégradations

➤ Exemple : chaussée souple

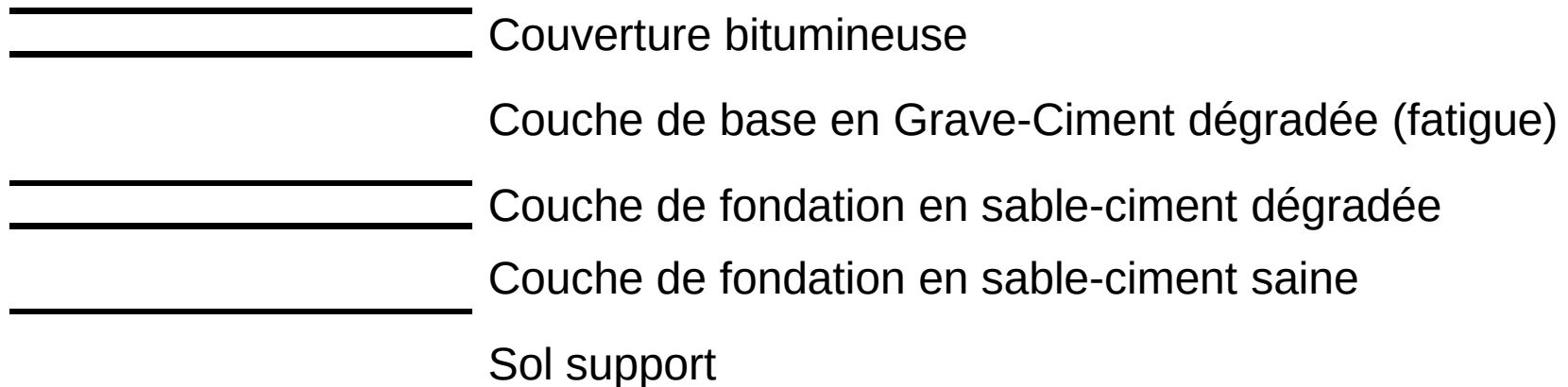
	Couverture bitumineuse
Collé	$E = 2000 \text{ MPa}$: peut être modulé selon l'état des enrobés
	Matériaux granulaires non traités
Collé	$E_{\text{GNT}} = 4 E_{\text{SOL}}$
	Sol support
	E_{SOL} ajusté par itération à partir des mesures de déflexion



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Modélisation de la structure existante

➤ Exemple : chaussée semi-rigide



➔ Un grand nombre d'inconnues (modules, conditions d'interface) !
Il faut faire appel :

- A l'expérience (caractéristiques résiduelles des matériaux dégradés)
- Aux études sur carottes (modules de rigidité, conditions d'interface)
- Aux mesures de déflexion

$$D_{max} \rightarrow E_{SOL}$$

Rayon de courbure → Couches de surface



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Définition de la structure retraitée

➤ Trois phases de comportement (matériau évolutif)

Phase I : Montée en cohésion (mûrissement)

Phase II : Module maximal, phase de „travail“ du matériau

Phase III : Module résiduel

➤ Différents critères de dimensionnement (exemples)

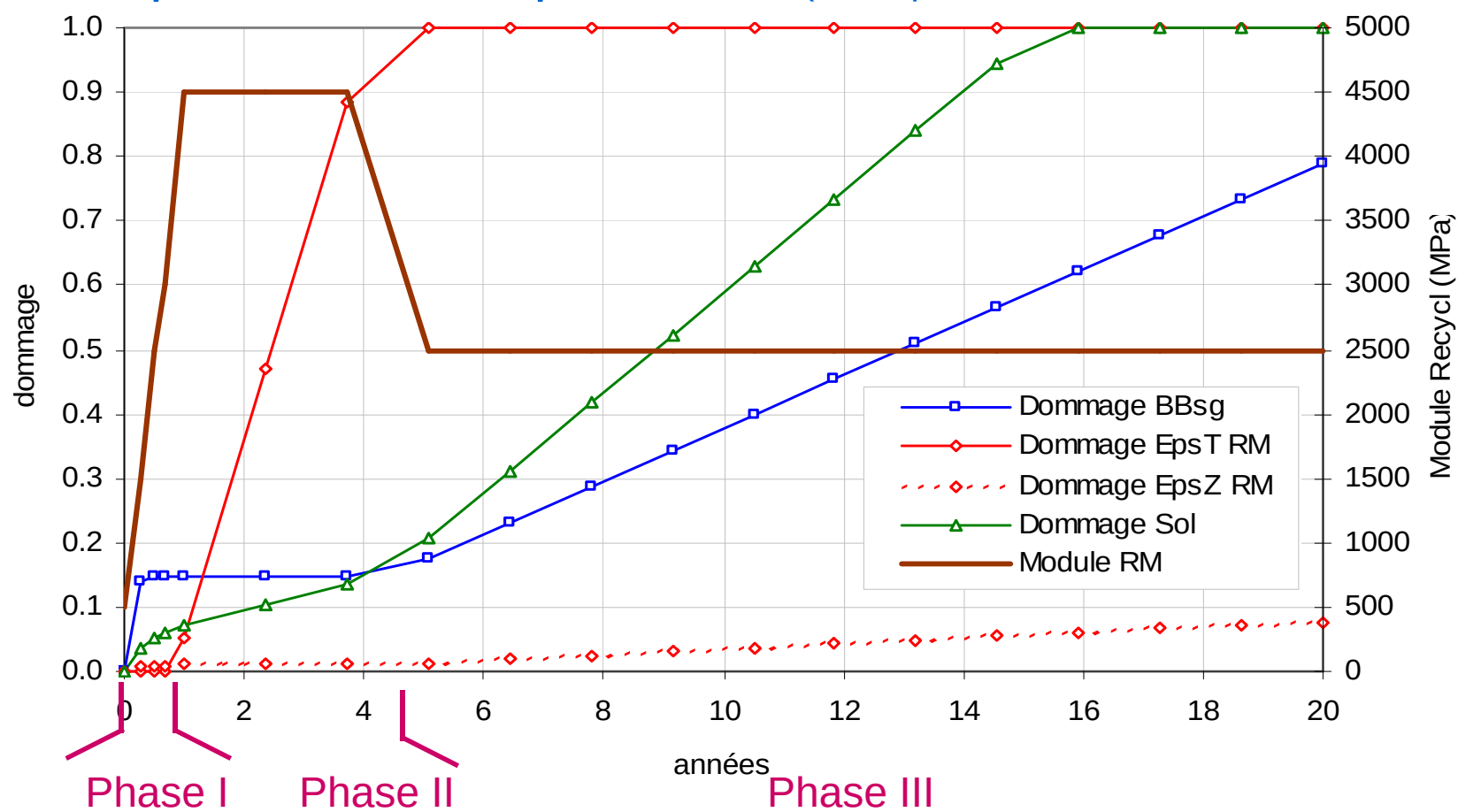
- Loi de fatigue des enrobés à chaud
Déformation ϵ_t à la base de la couverture bitumineuse
- Loi de fatigue du matériau retraité
Déformation ϵ_t à la base de la couche
- Loi de déformation permanente du matériau recyclé
Déformation ϵ_z au sommet de la couche retraitée
- Loi de déformation permanente des matériaux non liés de l'ancienne chaussée (GNT, sol support)
Déformation ϵ_z au sommet de ces couches



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Définition de la structure retraitée

➤ Trois phases de comportement (Exemple : 10 cm BBSG + 12cm R-Mousse)





PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Les enjeux

➤ Caractérisation des matériaux

- Appréciation correcte des modules à prendre en compte au cours de la durée de vie (valeurs maximales et résiduelles, montée en cohésion)
- Lois d'endommagement
 - * *Doivent rester « simples » (essais triaxiaux ?)*
 - * *Les essais habituels (par ex. essais de fatigue) sont mal adaptés*
- ➔ Une voie de recherche à poursuivre
- ➔ Mais aussi une expérience à acquérir par observations in-situ



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Dimensionnement - Les enjeux

➤ Optimisation du dimensionnement sur la durée de vie Contribution optimale des diverses couches

- Couche de roulement

- Epaisseur suffisante pour :
- *Permettre la montée en cohésion du matériau retraité en Phase I*
 - *Garantir une durée de vie suffisante en Phase III*

- Couche de matériau retraité

- Caractéristiques et épaisseur suffisantes pour :
- *Assurer une durée maximale à la Phase II*
 - *Limiter les déformations permanentes lors de la Phase III*

➤ Ne pas oublier de tenir compte des possibilités du matériel !



PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



MERCI POUR VOTRE ATTENTION !