HAL
open science

Le développement durable dans les chaussées urbaines : traduction en termes techniques

Yves Brosseaud, Michèle St Jacques

To cite this version:

Yves Brosseaud, Michèle St Jacques. Le développement durable dans les chaussées urbaines : traduction en termes techniques. 2010, 39p. hal-00594745

HAL Id: hal-00594745

https://hal.science/hal-00594745v1

Submitted on 20 May 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le développement durable dans les chaussées urbaines: traduction en termes techniques.

Conséquences du développement durable dans l'évolution les techniques routières :

- terrassements,
- chaussées,
- matériaux,
- réemploi,
- ...

Yves BROSSEAUD
Directeur de Recherche
au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Nantes - FRANCE

Michèle ST-JACQUES
Professeure Département de génie de la construction
À l'Ecole de Technologie Supérieure
Université du Québec – Montréal - CANADA

Une préoccupation nouvelle: la protection de la planète et des populations

- **Définition du DD**
- **Les principaux enjeux:**
  - données climatiques, réchauffement planétaire,…
- **La politique mondiale sur l'environnement**
  - accords de Kyoto,…, Copenhague, Cancun (nov 2010)
- **Une urgence pour sauver la planète**

☞ **Traduction technique pour les chaussées urbaines**

DEVELOPPEMENT DURABLE :

«Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs»

Harlem Brundtland.

Exemple de transport DD : le covoiturage

CHAUSSÉE DURABLE :

«Une chaussée sûre, efficace et respectueuse de l'environnement, répondant aux exigences des usagers au présent sans compromettre celles des générations futures»

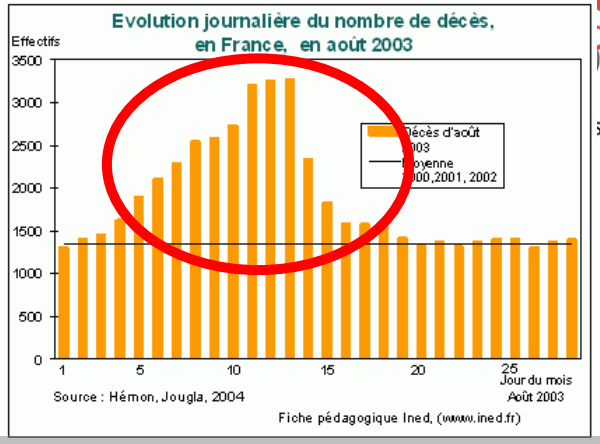
Exemple de chaussée DD : recyclage en place

Ces 10 dernières années

- les catastrophes climatiques ont fait:
  - 0,9 million de morts,
  - 2,6 milliards de personnes touchées,
  - pertes financières dépassant les 210 milliards de dollars

Haïti : Cyclones 2008, Séisme : 12 janvier 2010 -

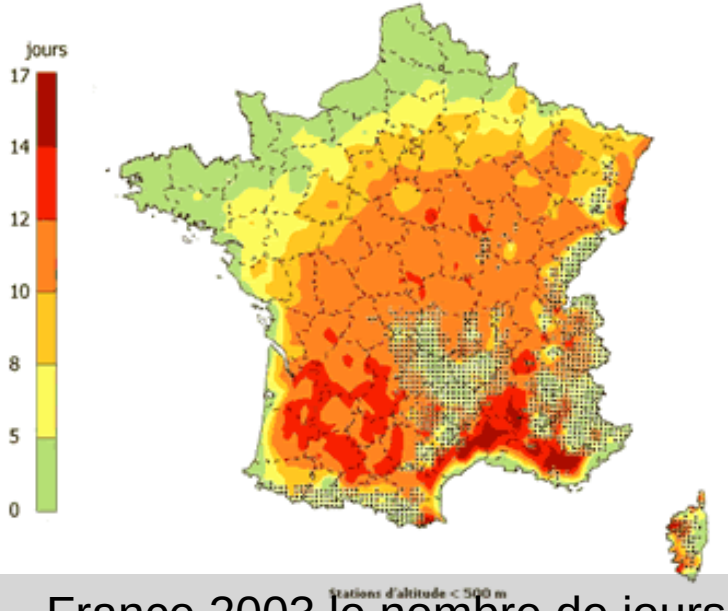
2006 l'année de tous les records



- température moyenne 14,6°C

+15 000 morts entre 1 et 20 aout

est la plus élevée jamais enregistrée sur la planète



France 2003 le nombre de jours où la température a dépassé les 35°C

Les chercheurs sur la climatologie

- nous prévoient, à l'horizon 2050 :
  - une baisse de la surface de la banquise de 40%,
  - une hausse du niveau des eaux,
  - 1,2 milliard de personnes touchées,
  - 200 millions de réfugiés climatiques

Estimation baisse GES
Agence Européenne
de l'environnement AEE
***-6,9 %** en 2009*
***-17,3%** / à 1990*

Source : revue Air France nov. 2010

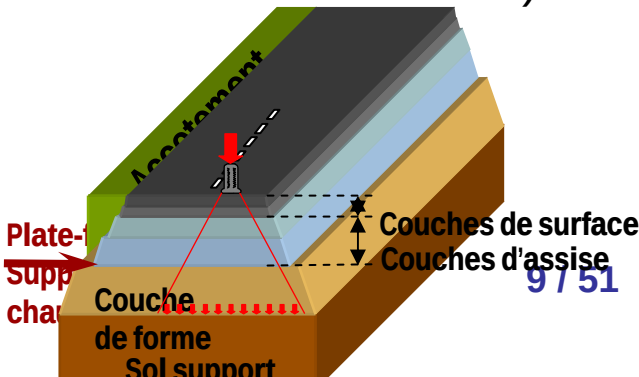
Nouvelles données

- Développement durable
- Protection de l'environnement
- Réduction de :
  - Consommation des ressources non renouvelables
  - Énergies
  - Émissions dans l'atmosphère (rejets solides, gazeux, liquides)
  - Bilans technico-environnementaux
- Analyse du cycle de vie (ACV)
- Développement de:
  - nouvelles exigences, recommandations, spécifications,
  - nouvelles normes,
  - nouvelles méthodes,
  - nouveaux produits,

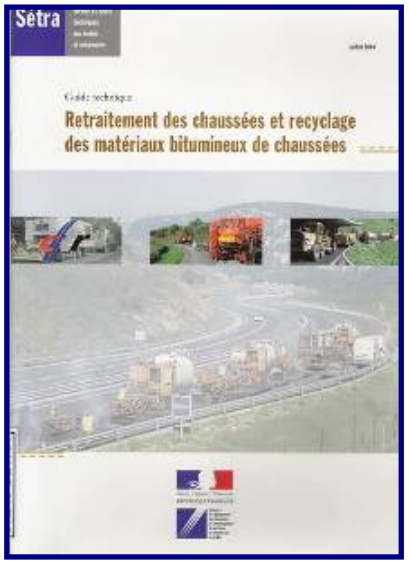
Conséquences dans le domaine r

Terrassements:

- **Valorisation des sols**
  - Traitements chaux, ciments,..
- **Sols traités** couche de **fondation**, chaussées à faible trafic
  - Guide technique, classifications, performances, hypothèses de dimensionnement, limites d'emploi
- **Dimensionnement des plateformes «intégrées»** à la structure de chaussée
  - PF 3 (120 MPa – périphérique) et PF 4 (200 MPa – autoroutes urbaines)



Conséquences dans le domaine routier



Chaussées:

- Retraitement d'anciennes chaussées
  - Hydrocarboné ou hydraulique: trafic moyen à faible
- Recyclage des enrobés en centrale
  - Taux de recyclage en hausse : 50% et >
  - Généralisation (circulaire): 10 et 20%
- Ré-emploi des sous produits du génie civil, de l'industrie
  - Béton de démolition d'ouvrages
  - Laitier, cendres volantes, pouzzolanes,…
  - Mâchefers d'incinération des ordures ménag
  - Sous produits : sable de fonderies, aciéries
    - Observatoire et Site web : OFRIR (LCPC-AD

Valorisation des anciens enrobés (RAP/MR)

- Disponibilité de la ressource en ville :
  - Importante en entretien (fraisage, déconstruction, plaques diverses)
  - Organisation de la collecte, aménagement de plateforme
  - Nature variable

- Multi-recyclage ?
- Limites de la technique:
  - Présence éventuelle de polluants:
    - Goudron
    - Fibres d'amiante
  - Contraintes techniques:
    - Qualité anciens enrobés : liant trop dur, hétérogénéité, variabilité,…
    - Matériel : capacité de recyclage

Préparation des RAP/MR

➢**Les recyclés bruts doivent subir un traitement adéquat**

Campagne annuelle de ***concassage***

Obtention d'un ***stock homogène*** 0/10

Recyclés → Agrégats d'enrobés

Maitrise du recyclage

10 à 15%

Faible taux

URBAIN

Courant

25%

Fort taux

Technique maîtrisée

50%

Très fort taux

Technique particulière

- Chantiers particuliers
- Plusieurs fractions d'agrégats
- Besoin de retour d'expérience
- Nécessité d'utiliser des centrales spécifiques

70%

Problème de disponibilité et de qualité des agrégats

Taux de recyclage

Recyclage à chaud : quelques chiffres

Situation : actuellement en 2009

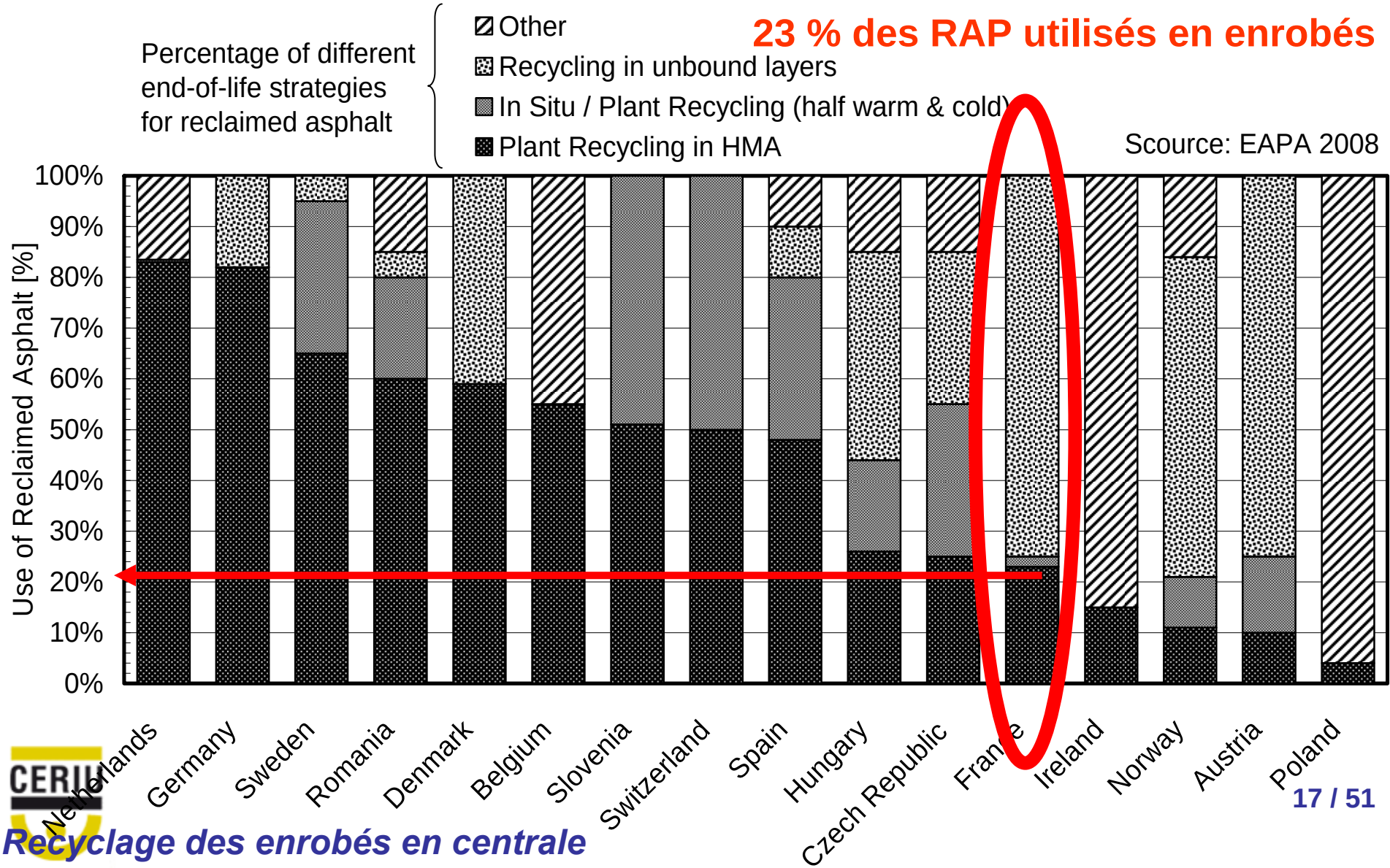
Production d'enrobés :	France	Québec
Annuelle	40 Mt	4 Mt (MTQ)
Fraisats (RAP/MR)	6,5 Mt	ND
% réutilisé	23 %	ND
Tonnage avec recyclé	1,7 Mt	1 Mt
% production BB recyclé	4 %	25%

Objectif 2012 – 2020

Objectif français: 23 ⟶ 60% en 2012 ≈ économie de 4 millions de tonnes d'enrobés neufs
≈ Production annuelle de 10 carrières
≈ d'1 raffinerie

Objectif européen: >70% d'ici 2020

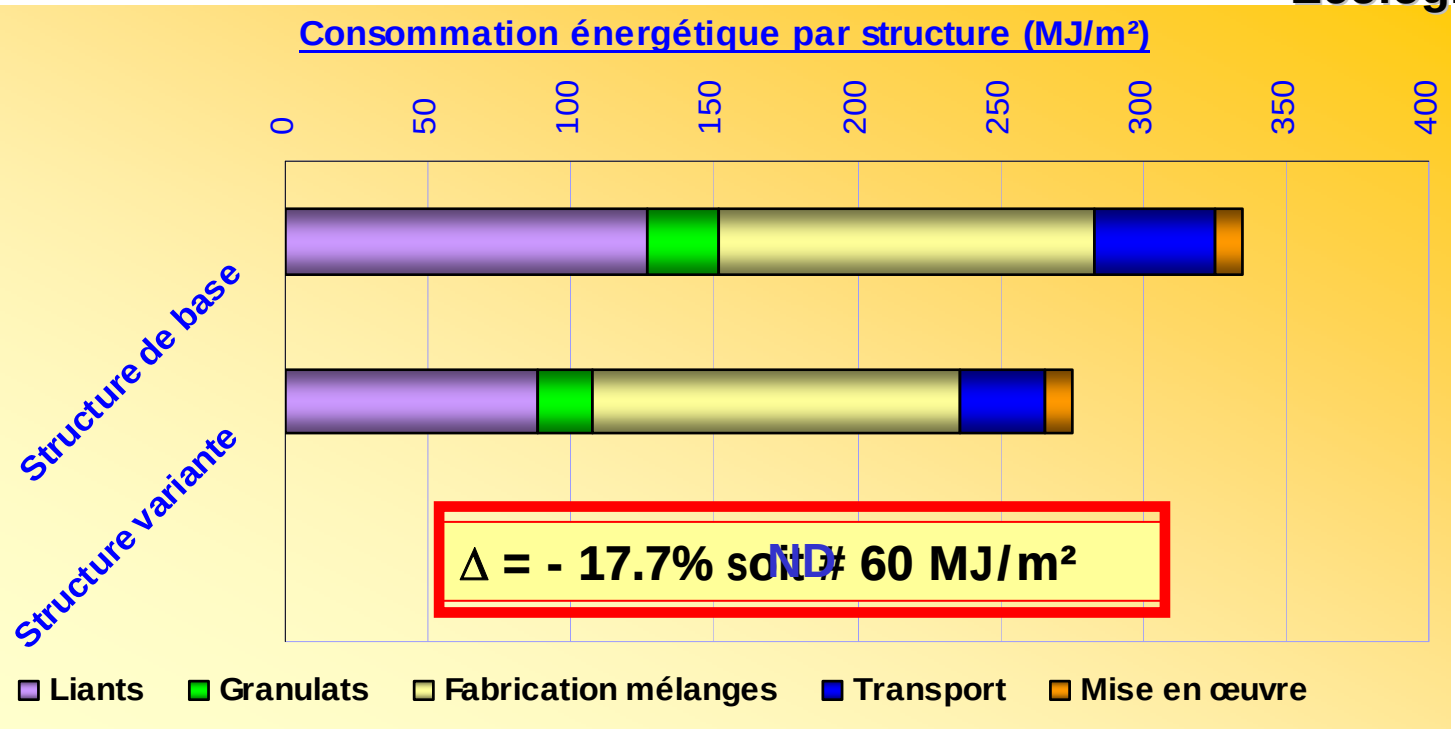
Taux de RAP en Europe



Bilan énergétique du recyclage

BBME 50% RAP – 16 000 t – voie lente

EcologicieL ®



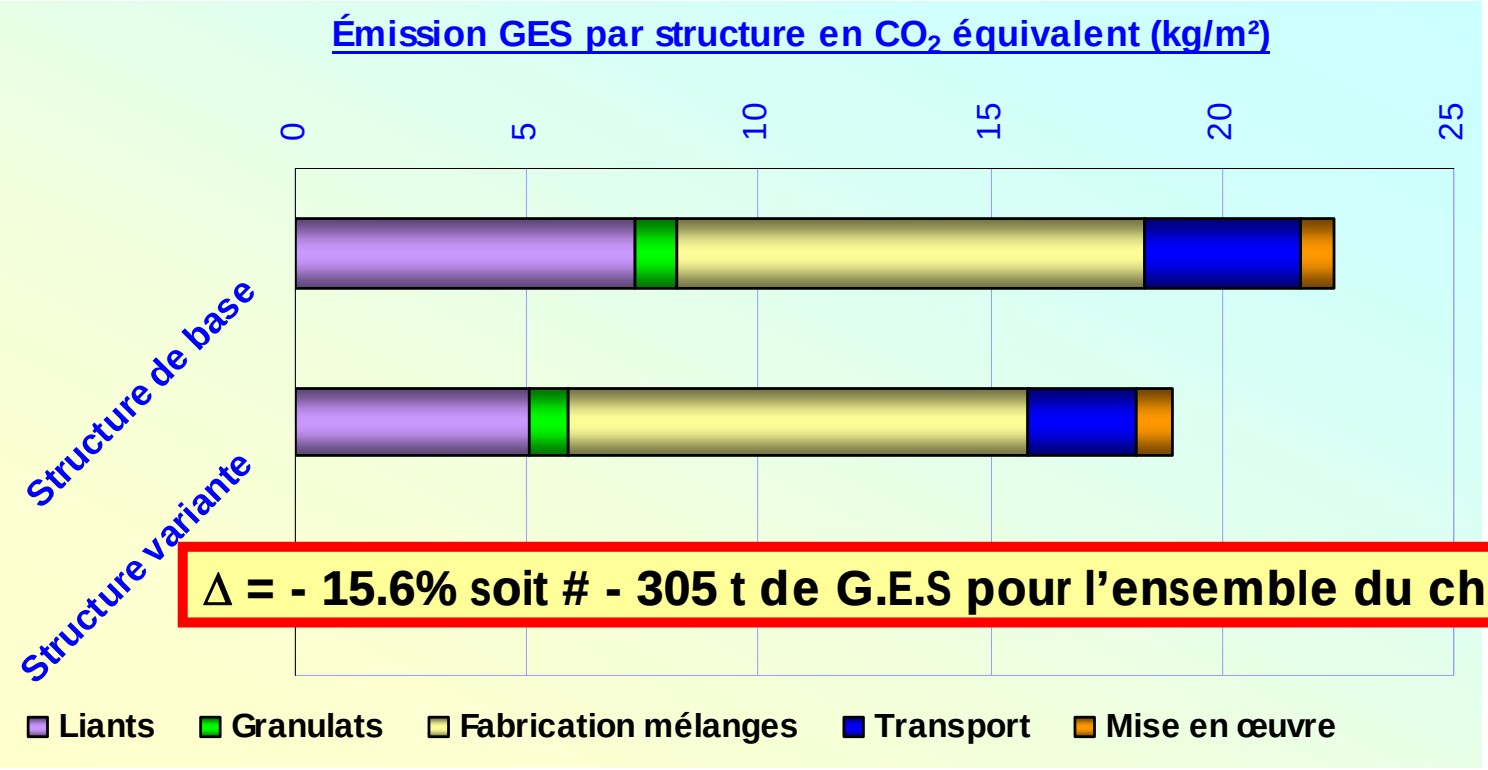
Structure	Liants	Granulats	Fabrication mélanges	Transport	Mise en œuvre	Total
Structure de base	126,3	25,6	130,8	42,1	10,0	**334,8**
Structure variante	87,8	19,2	129,1	29,3	10,0	**275,4**

Exemple de résultats avec un eco-comparateur (EcologicieL [Colas])

Bilan énergétique du recyclage

EcologicieL ®

BBME 50% RAP – 16 000 t – voie lente



Δ = - 15.6% soit # - 305 t de G.E.S pour l'ensemble du chantier

Structure	Liants	Granulats	Fabrication mélanges	Transport	Mise en œuvre	Total
Structure de base	7,32	0,93	10,06	3,37	0,75	**22,43**
Structure variante	5,05	0,83	9,93	2,35	0,75	**18,92**

Exemple de résultats avec un eco-comparateur (EcologicieL [Colas])

Bilan RAP sur 30 années

- Le recyclage à chaud en centrale d'enrobage est une Technique compétitive sur le plan:
  - Environnemental — ***Recycler à X% ↔ diminuer rejets GES de X/2% ↔ préserver ressources (bitume, granulats)***
  - Technique — ***Gain en module, maniabilité (effet tièdes) Performances équivalentes (étude)***
  - Économique — ***Gain énergétique+matériaux ↔ réduction rendement***
  - Énergétique — ***Recycler à X% ↔ diminuer les énergies de X/2% ↔ réduire transport des fournitures***

- Cependant des recherches restent indispensables pour améliorer l'ensemble de ces performances (reproduire en laboratoire le chantier).

Tendances et évolutions

- **“Recyclage facilité”** par emploi des enrobés tièdes recyclés (déjà observé par le passé, forte maniabilité due à l’eau résiduelle)

- **Recyclage indispensable** : tenir les engagements du DD

- **Démarches actuelles:**
  - Harmonisation des pratiques en Europe
  - Ecriture d’un guide de recommandation à l’usage des gestionnaires : *état de l’art, conseils pratiques, spécifications*

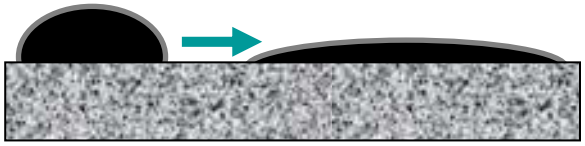
- **Recherches:**
  - Étude vieillissement accéléré: prévoir, anticiper comportement terrain
  - Recyclage à très fort se rapprochant des 100%
  - Rhéologie des liants après recyclage : *compatibilité, mélange, identité*
  - Définition: Critères de dommage et «Niveau de recyclabilité» RAP

Conséquences dans le domaine routier

Chaussées:

- Amélioration des performances des produits (20 à 40%), diminution des épaisseurs (30%), réduction des consommations des ressources non renouvelables (20 à 30%)
  - Enrobés à module élevé (longue expérience)
  - Enrobés très ou ultra minces, pour l'entretien
  - Enrobés aux liants modifiés
- Réduction des énergies pour la production d
  - Enrobés tièdes
- Indicateurs de produits à haute performance ale
  - «éco» calculateur (exemple ECORCE – LCPC / SEVE – USIRF))

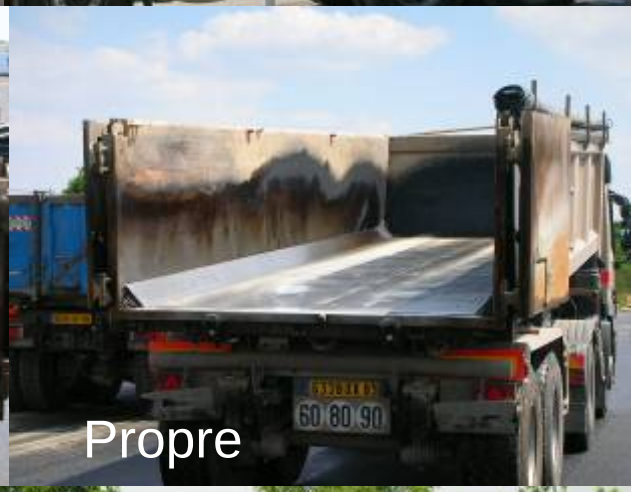
Principe des enrobés tièdes



- **Enrober d'une autre façon**
  - Enrobage **total** et **uniforme**
  - Liant **sans fluxant et fluidifiant d'origine fossile**
  - **Propriétés définitives** après mise en place
  - **Réduction de la température** d'enrobage
  - **Maîtrise de la viscosité** durant toute la mise en oeuvre

LCPC Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Quelques Photos



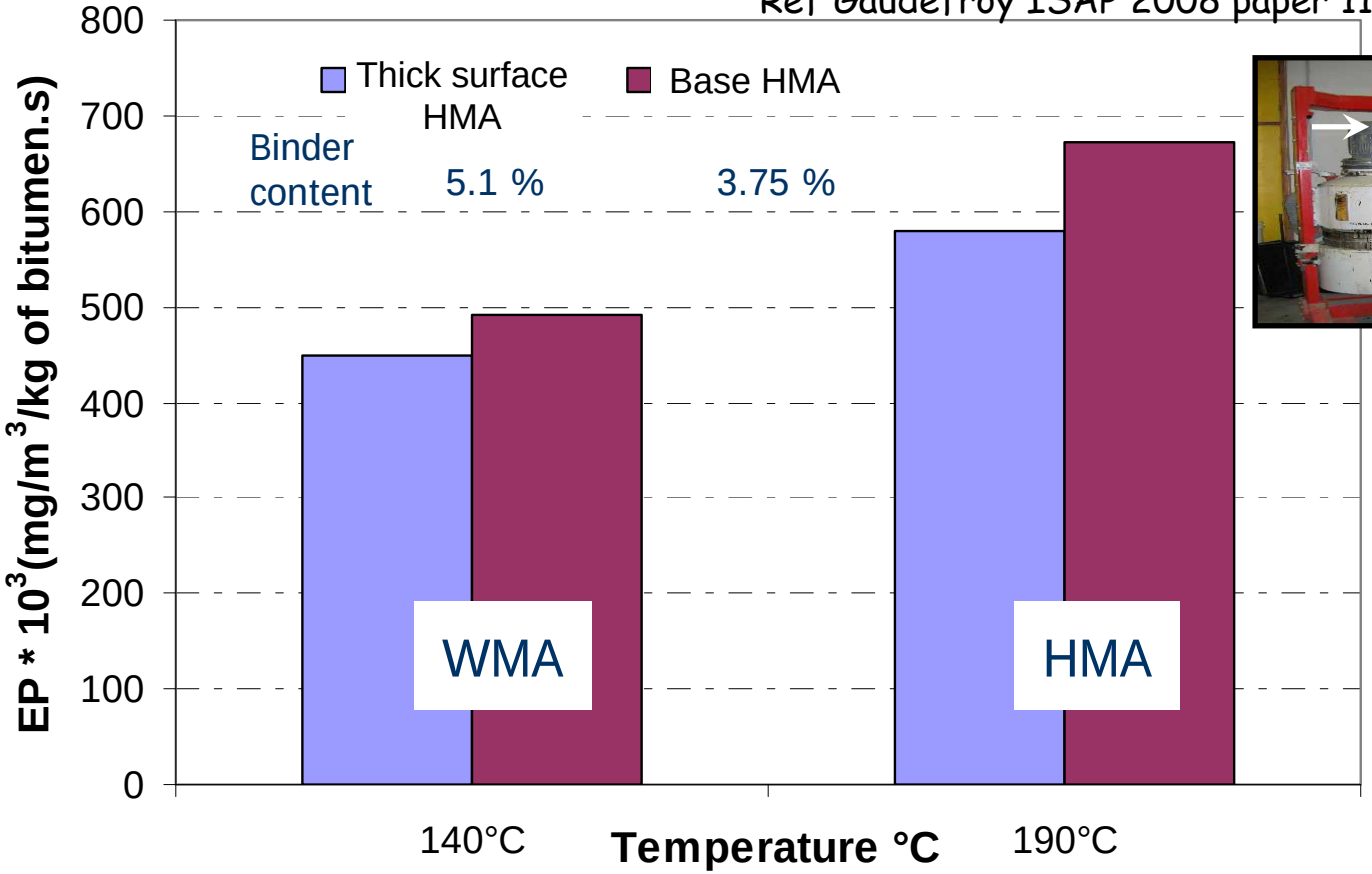
Performances en laboratoire et sur chantiers
Premières constations des entreprises

- **Fabrication de 90 à 130°C**, mise en place et compactage entre 70 et 120°C:
  - gain températures **-30 à -50°C**
- **Performances techniques** en laboratoire en accord avec les spécifications des enrobés à chaud
- **Diminution des rejets**
  - **GES** et **NOx** : jusqu'à **50%**
  - **HAP** : réduction importante
  - **Poussières** : jusqu'à **80 %**
- **Amélioration des conditions de travail** pour les ouvriers (période d'application étendue)
- **Economie** de consommations **énergétiques** : de **25 à 50 %**

Recherches LCPC

Influence : Température et Composition BB

Ref Gaudefroy ISAP 2008 paper 110



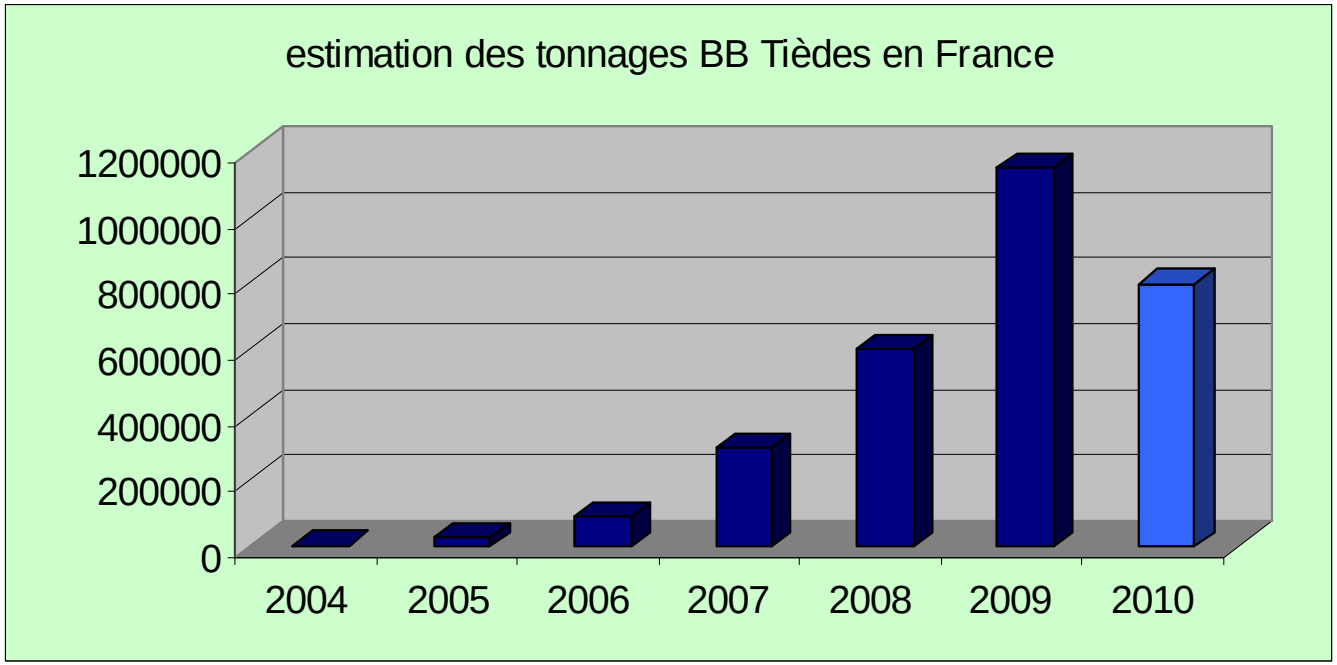
Augmentation Température = Augmentation TOC(e) émis

Augmentation du dosage Bitume = Diminution TOC(e) émis

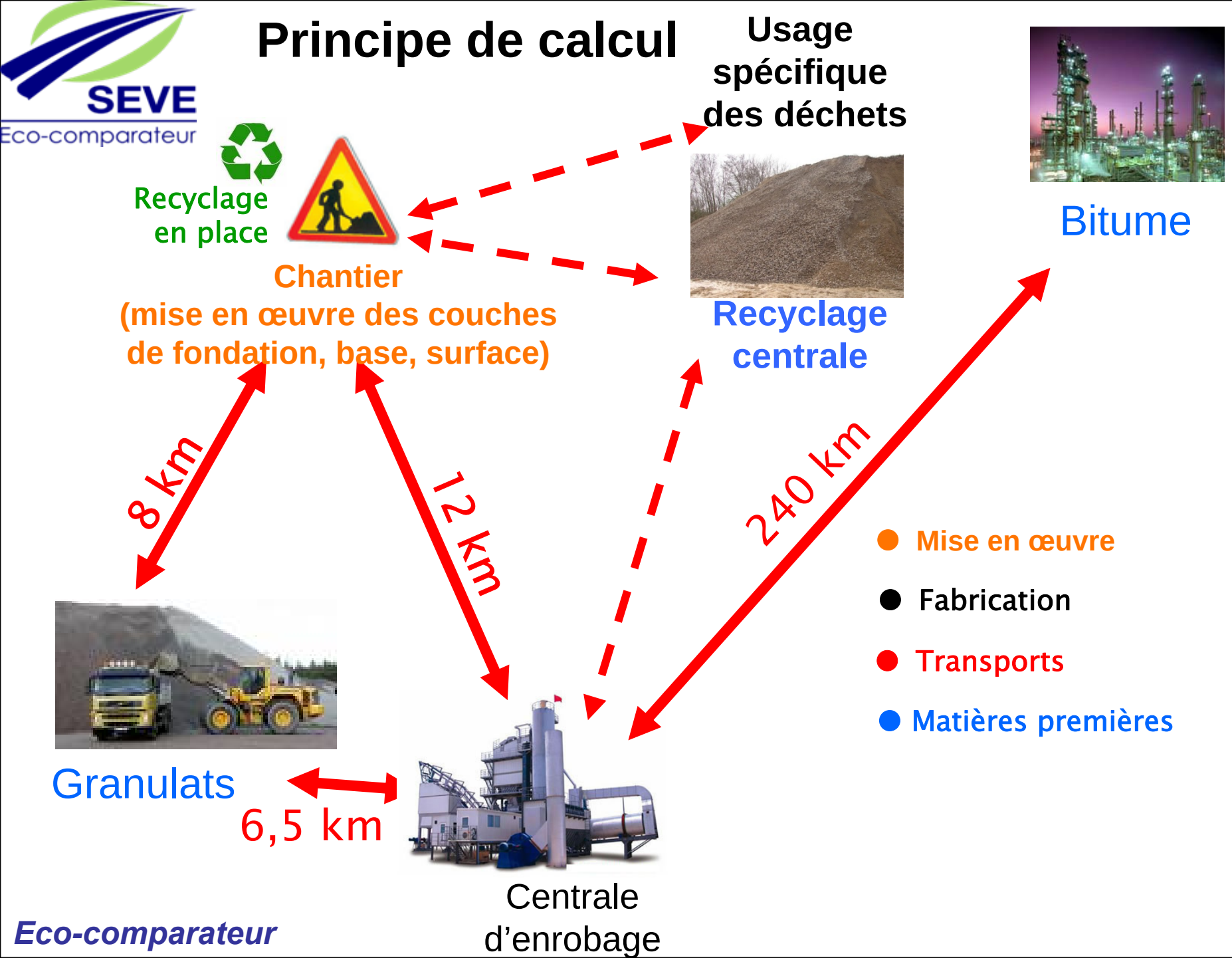
Les enrobés tièdes

- Les enrobés tièdes arrivent en ville (INFRA 2008)
- Développement significatif, mais une marge de progression encore importante
- Une solution DD
- Coûts des additifs
- Bilan satisfaisant des réalisations

Québec : 60 000 t BB tièdes (MTQ 2009)



Principe de calcul



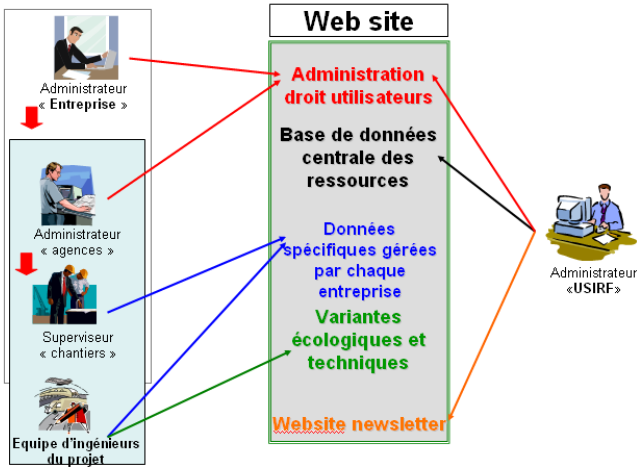
Principe : Facile d'emploi – Unicité Comparatif - Validé

- Chaque entreprise française peut utiliser SEVE dans les adjudications pour comparer l'impact des variantes technico-écologique avec les spécifications initiales.

- Base de données centrale unique pour les ressources (matériaux, équipement, etc.) Données spécifiques peuvent être ajoutées par chaque entreprise,

- Usage de 4 indicateurs:
  - énergies consommation,
  - GES,
  - épuisement des ressources,
  - quantité de RAP valorisés.

- Résultats disponibles en moins de 30 minutes.



Important de développer un système éco-comparatif au Québec

Conséquences dans le domaine routier

Chaussées:

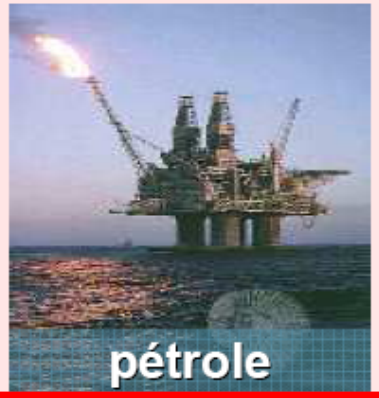
- **Emploi de liants «Bio ou Vert»**
  - Fluxants végétaux pour enduits superficiels
  - Liants végétaux pour enrobés
- **Chaussée dépolluante**
  - Béton ou Enrobés avec coulis de TiO_2
- **Chaussée modulaire, démontable, réutilisa**

CUD : Chaussée Urbaine Démontable

Structure réservoir

Origines des fluxants

30 à 40.000 tonnes / an / France

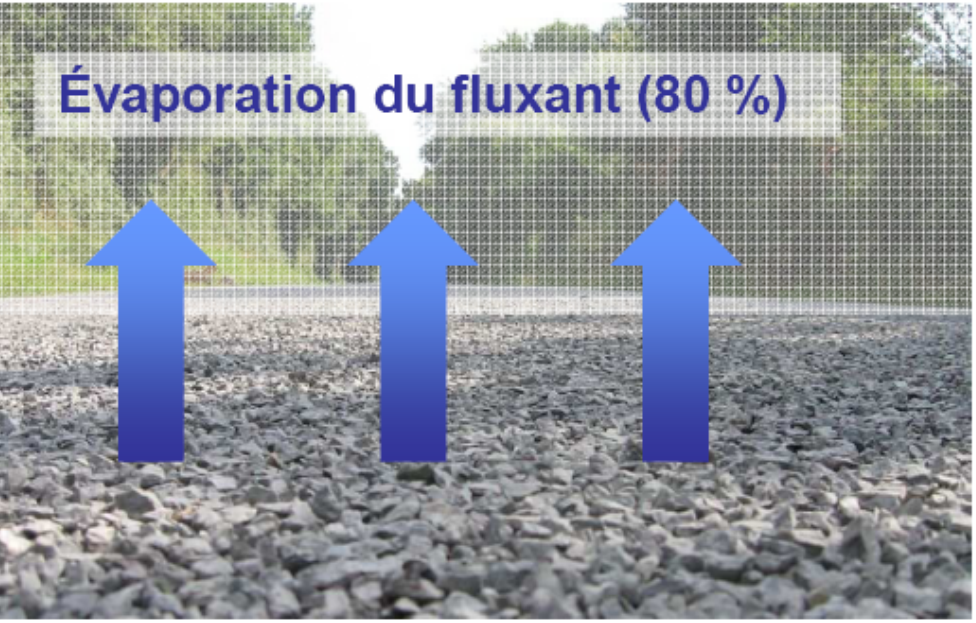
matière première	procédé de fabrication		nature du fluxant
charbon	pyrolyse → goudron	distillation →	produit carbochimique 50% en 2002
 pétrole	distillation → coupes pétrolières	(hydrotraitement) →	produit pétrolier
		craquage thermique + distillation →	produit pétrochimique
huile végétale	estérification →		produit agrochimique

Source : LRPC St Brieuc – entreprise Colas

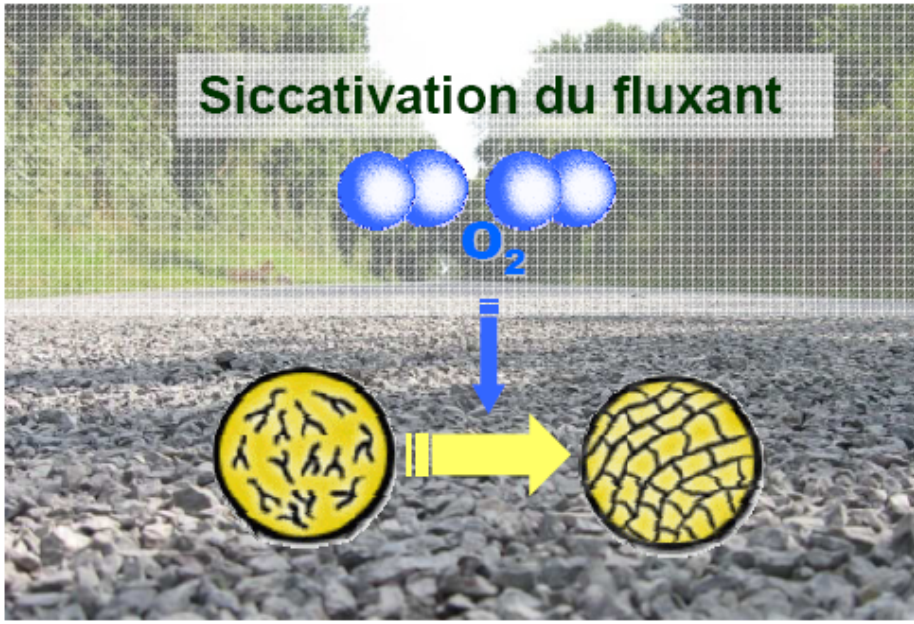
Fluxants: principes et avantages

- Fluxants d'origine entièrement Végétale
  - Siccativation par catalyse de sel métallique ou par fonctionnalisation
- Pas d'émission de fractions volatiles
  - Pas de COV ni GES pendant le mûrissement
  - Pas de fumée à l'application (sauf vapeur d'eau par temps humide)
  - Pas (peu) d'odeur

FLUXANT PÉTROLIER



FLUXANT VÉGÉTAL



Source : LRPC St Brieuc – entreprise Colas

Application ESU fluxant pétrolier/végétal

FLUXANT PETROLIER

HSE

Amélioration de l'environnement de travail

FLUXANT VEGETAL

Source : LRPC St Brieuc – entreprise Colas

Propriétés Liants végétaux d'enrobage

Origines

- **Issu de la biomasse renouvelable**
  - Résines végétales, poix, tall oil, colophane de pin
  - Huiles
  - Ajouts de polymères (Eurovia, Shell)
  - Autres composants non végétaux (Total)

Domaine d'emploi

- **Enrobage tiède ou à chaud** (selon produits)
- **Siccativation après application** (rigidification)
- **Liants transparents**
  - Mise en valeur de la teinte des granultas
  - Pigmentation facile

Développement

- Environ 5 000 tonnes de liants
- Moins de 1 million de m² d'enrobé

- En comparaison : production annuelle d'huile de Colza en France :3,3 millions de tonnes
- Et 40 000 tonnes de Colophane (?) > 1 million tonnes dans le monde

Source : LRPC St Brieuc – entreprise Colas

Aspect environnemental liants végétaux

➲ Matière première entièrement renouvelable (sauf certains)

➲ Puits de (piège à) carbone
- ➲Le CO2 est piégé dans la route

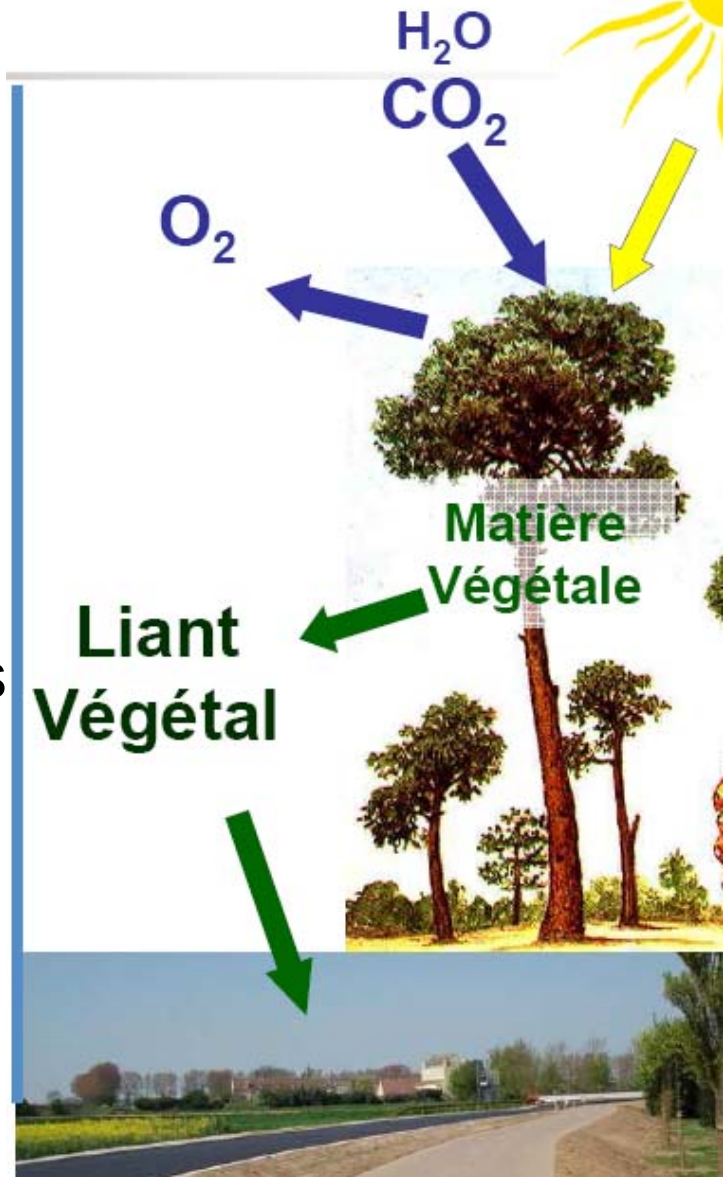
➲ Liant tiède (pour certains)
- ➲Diminution production GES, émission COV

➲ Diminution du taux de pigment pour les enrobés colorés

➲ Non toxique pour l'environnement et recyclable

☞ **Vingtaine de réalisations en France**

☞ **qq applications privées au Québec**



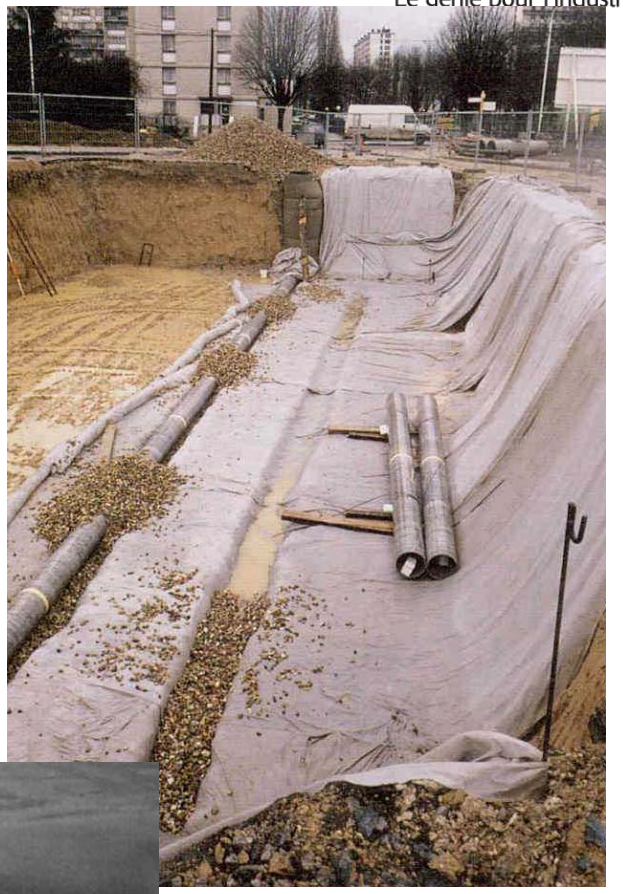
Expérimentation chaussée enrobés dépolluant:
Première française à Dinan

- Réalisé en novembre 2007 - Rue de Brest
- Des mesures faites sur site
- Une élimination efficace de dépollution
- Une adhérence contrôlée et optimisée

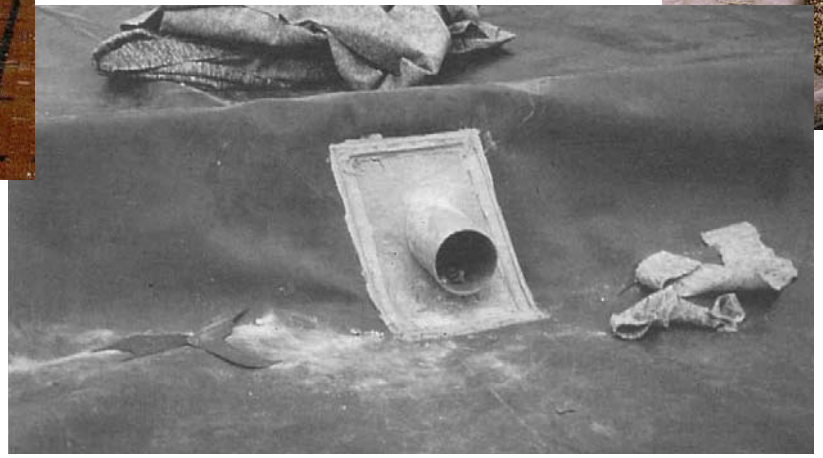
☞ **dizaine de réalisations**

Les chaussées réservoirs

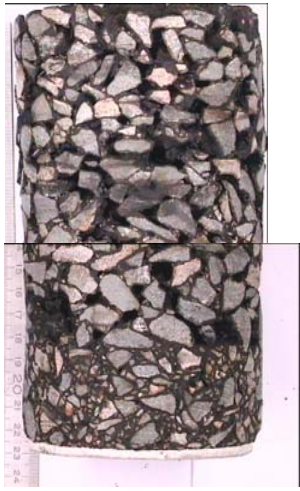
Parking-réservoir
Revêtement en pavés drainants
Zone d'activité du Phare - CUB
Photo CETE du Sud-Ouest



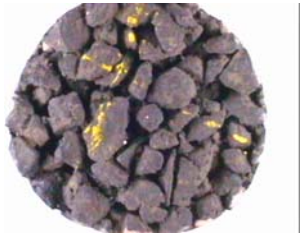
Cloison réalisée par un petit talus recouvert d 'une géomembrane Craponne (69) - Photo Grand Lyon



Rôles multiples de la chaussée réservoir



- Hydraulique
  - stockage provisoire des eaux de ruissellement
  - éviter les inondations
  - ne pas sur-dimensionner les réseaux *(solution alternative)*
- Mécanique (stabilité, cohésion, attrition)
  - matériaux non traités d/D (+ 30% de vides efficaces)
  - matériaux traités GBDr, BBDr, BCP (15 % de vides efficaces)



- Impact sur la qualité des eaux et des sols
  - rôle de filtre des polluants rejetés dans le milieu naturel (vers exutoire, ou en infiltration dans le sol)

- Acoustique (Revêtement poreux)
  - par nettoyage on conserve des gains de 2 dBa / BBSG

+350 réalisations

Conclusion

- DD indispensable pour préserver la planète
- Solutions «vertes» existent dans le domaine routier
- Favoriser leur emploi par des incitations fortes:
  - Ouvrir à Variantes technico-environnementales
  - Introduire critères environnementaux pour l'acceptation des offres
  - Supporter les couts supplémentaires pour le bien commun
  - Évaluer les solutions par des systèmes experts validés et communs
  - Poursuivre les recherches pour trouver de nouvelles techniques alternatives, et évaluer la durabilité des performances des solutions à «haute qualité environnementale» actuelles.
- Industrie et écologie, mariage difficile, mais indispensable.

«Nous n'avons pas hérité la terre de nos ancêtres, nous avons emprunté la terre de nos enfants.»

Antoine de SAINT EXUPERY

Un effort individuel de l'industrie routière pour l'environnement un grand pas pour l'humanité, mais il y a urgence, demain il sera trop tard!

LCPC Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

“ Protéger l’environnement relève tout simplement du bon sens. Sans écologie, il n’y a pas d’économie: on ne fait pas du business sur une planète morte”

J. P. Jeanrenaud – WWF international

Partenaire du groupe cimentier Lafarge

Extrait du grand journal de la biodiversité – aout 2010

merci de votre attention