

Techniques routières innovantes et durables

- Début des tables rondes : 9h30
 - *La valorisation des déchets inertes du BTP*
 - *Comment réduire l'impact énergétique des infrastructures ? Les techniques à froid et tiède*
 - *Les enrobés à fort taux d'agrégats*
 - *La résilience face au changement climatique : exemples et projets*

- Fin des tables rondes : 12h45

- Cocktail en salle Robert le Magnifique

- Stands : 14h-16h30



CTT CAEN 31 JANVIER 2023 – **TECHNIQUES ROUTIÈRES INNOVANTES ET DURABLES**
Première table ronde n°1 :

La valorisation des déchets inertes issus du BTP : le label Materrio Normandie

1 - Présentation de l'association MATERRIO Normandie et du label

- *Léna DELORD (MATERRIO)*

2 – Témoignage croisé sur la mise en pratique de valorisation des déchets du BTP pour l'agglomération d'Evreux Porte de Normandie

- *Thomas Taissier Chef de service Direction de la voirie et des aménagements à l'Agglomération Evreux Porte de Normandie*
- *Romain Catherine du Cabinet d'études Merlin*
 - *Benoit Henri du Groupe Mahé TP*
 - *Éric Guerin de l'entreprise Guerin TP*



MATERRIO NORMANDIE

Association pour la montée en compétence des acteurs
de la filière de la valorisation des matériaux inertes



ACCOMPAGNEMENT DES COLLECTIVITÉS

Modules de sensibilisation



Accompagnement des entreprises

- Garantir la qualité du produit
- Rassurer les maîtres d'ouvrage
- Donner de la visibilité à vos savoir-faire



Journée technique **MATERRIO Normandie**

TÉMOIGNAGE EVREUX PORTES DE NORMANDIE

Les techniques routières innovantes et durables

Une démarche impulsée par les services techniques en lien avec les orientations du **PCAET**

- Lutter contre l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols
- Engager la rénovation du parc tertiaire et diminuer la consommation d'énergie
- Permettre la reconstruction de la ville sur elle-même en favorisant des modes de constructions plus économes en énergie
- Encadrer la construction neuve à vocation d'activités

 Prise en compte dans certains chantiers clés



Les techniques routières innovantes et durables

Prise en compte dans certains chantiers clés

- Proposition d'ouverture aux **variantes** en lien avec le MOE

Variante : permet un marché ciblé sur les objectifs et non les moyens

- Recherche et étude de solutions techniques limitant l'impact environnemental des opérations de travaux

→ Partenariat MOA / MOE / Entreprise afin de sécuriser ces techniques nouvelles

- MOA donne un Cap
- MOE apporte cadre sécurisant face à techniques innovantes
- Entreprise amène expertise technique

Réutilisation de structures béton pour la mise en œuvre de la couche de forme d'une voirie

Rue de Bruxelles – Evreux

- Création d'un nouveau barreau de voirie en zone industrielle sur une ancienne piste d'aviation
- Proposition de réutilisation des bétons après concassage et traitement
- Impact limité sur l'environnement
 - Pas d'apport de matériaux extérieurs
 - Limitation du transport
 - Valorisation d'un déchet
 - Mise en avant du savoir faire des entreprises

Rue de Bruxelles à Evreux

Le site avant
travaux



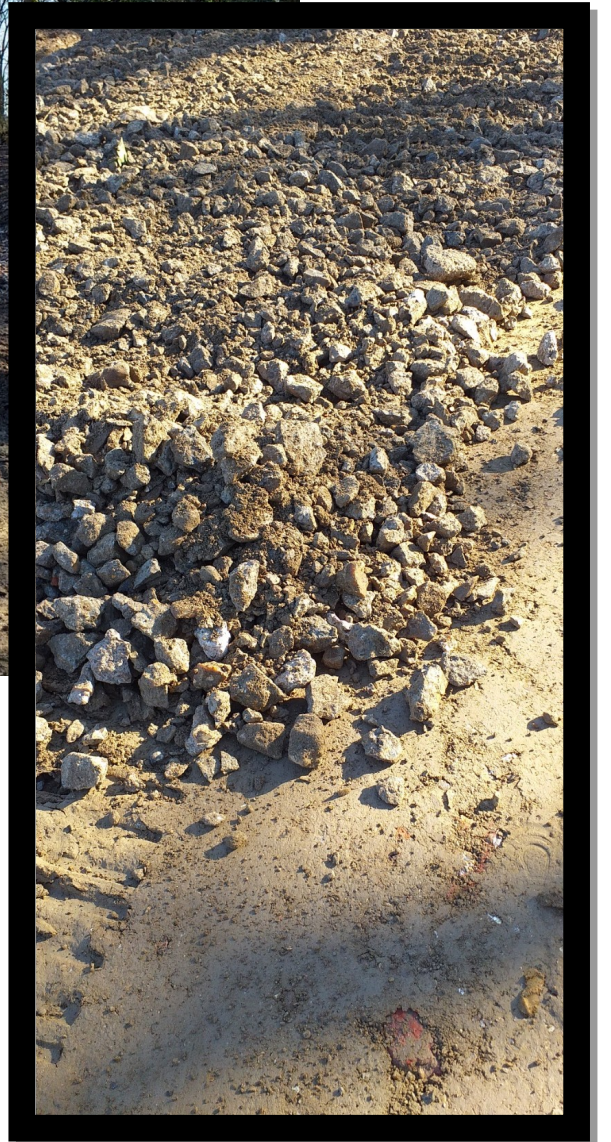
Rue de Bruxelles à Evreux

Le concassage des
matériaux



Rue de Bruxelles à Evreux

Le concassage des
matériaux



Rue de Bruxelles à Evreux

Finalisation du chantier



Un chantier répondant aux enjeux de développement durable

BILAN –

- Quantité de matériaux recyclés et réemployés
- Chiffrage émissions Gaz à effet de serre évités
- Niveau de « technicité » obtenu : compacité voirie ou autre
- Coût maîtrisé des travaux

Voirie créée pour supprimer la circulation des PL dans un voie résidentielle (école et centre de loisir)

Compensation environnementale avec étude faunistique et floristique (déplacement d'espèce végétale, mise en œuvre d'hibernaculum)

Les techniques routières innovantes et durables

Souhait de systématiser la démarche

Obj d'intégrer systématiquement dans tous les chantiers

Approche couplée à d'autres thématiques : gestion eaux pluviales, désimperméabilisation...

Intégration dans la démarche **MATERRIO**

- Facilite visibilité des acteurs et sites impliqués : sécurité pour tous
- Garantit respect prescriptions techniques
- Contribue à la création de filières locales et au développement de l'économie circulaire
- Facilite accès à formation afin d'accélérer l'implication de tous (MOA, MOE et entreprises)

**Merci de votre
attention**

Table ronde n°2 :

Les enrobés à forts taux d'agrégats

1 - Présentation du guide CEREMA IDRRIM de 2021 :

- *Julien SENDRA-THOMAS (CEREMA Normandie Centre)*

2- Mise en pratique concrète par une entreprise de TP pour le compte de la DIRNO ou de sociétés autoroutières

- *Michel Willem de l'entreprise Le Foll – Spie Batignolles*

3 - Témoignage croisé sur une mise en pratique concrète du département de l'Orne et de l'entreprise Eiffage

- *Simon Raoult du Pôle des infrastructures territoriales – Direction des Grands projets au Département de l'Orne*
- *Vincent Holley entreprise Eiffage Routes*



TECHNIQUES ROUTIÈRES INNOVANTES ET DURABLES

Les Enrobés à Fort Taux d'Agrégats

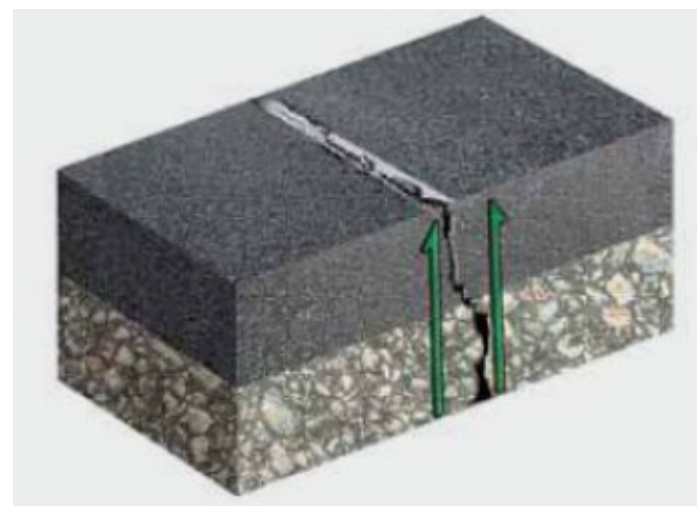
Julien Sendra – Cerema CTT – 31/01/2023

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

D'un point de vue : « d'interrogations »

Recyclage des agrégats :
une pratique courante et maîtrisée ?

- Durabilité à long terme
(propriétés des matériaux)
- Viabilité du modèle
(recyclage et multi-recyclage)
- Stratégie d'entretien
(niveau d'usage des réseaux)



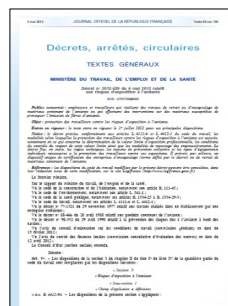
→ Contraintes budgétaires - Protection de l'environnement
Utilisation de matériaux plus sobres et durables

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

D'un point de vue : « de risque sanitaire »

Cadre Réglementaire :

→ Présence de "polluants"
(Amiante et Hydrocarbures)



→ Potentiel de valorisation

Technique-Economique ET Environnemental-Sanitaire

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

D'un point de vue : « d'un contexte »

- Directive cadre sur les Déchets (2008)
- Convention d'Engagement Volontaire (2009)
- Loi de Transition Energétique (2015)
- Pacte d'Engagement (2021)

LE PACTE D'ENGAGEMENT 2021

Les objectifs à l'horizon 2025/2030 :

- **Doubler** la production d'enrobés tièdes et **produire 80%** des enrobés à une température inférieure à 150°C.
- **Réintroduire au moins 20%** d'agrégats d'enrobés dans les enrobés bitumineux.
- **Augmenter** progressivement l'usage des techniques à l'émulsion de bitume (**jusqu'à 8 %**) réduisant ainsi les émissions de CO2.
- **Réduire de 36%** les GES des usines d'enrobés par rapport à 2009.
- **Progression de 10 %** du retraitement en place par rapport à 2019.
- Écomparateur SEVE : **doubler** le nombre de projets étudiés.

→ Conception - Construction - Entretien
des infrastructures plus respectueux de l'environnement

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

D'un point de vue : « de chiffre »



Année 2018

Production d'enrobés en France : 35 millions de tonnes

Quantité d'agrégats d'enrobés recyclés : 7,8 millions de tonnes

→ Taux moyen de recyclage = 18,1 %

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Guide Technique :
Recyclage des Agrégats d'Enrobés
dans les mélanges bitumineux à chaud
(Cerema / IDRRIM – Juillet 2021)

ISBN : 978-2-37180-528-6
www.cerema.fr

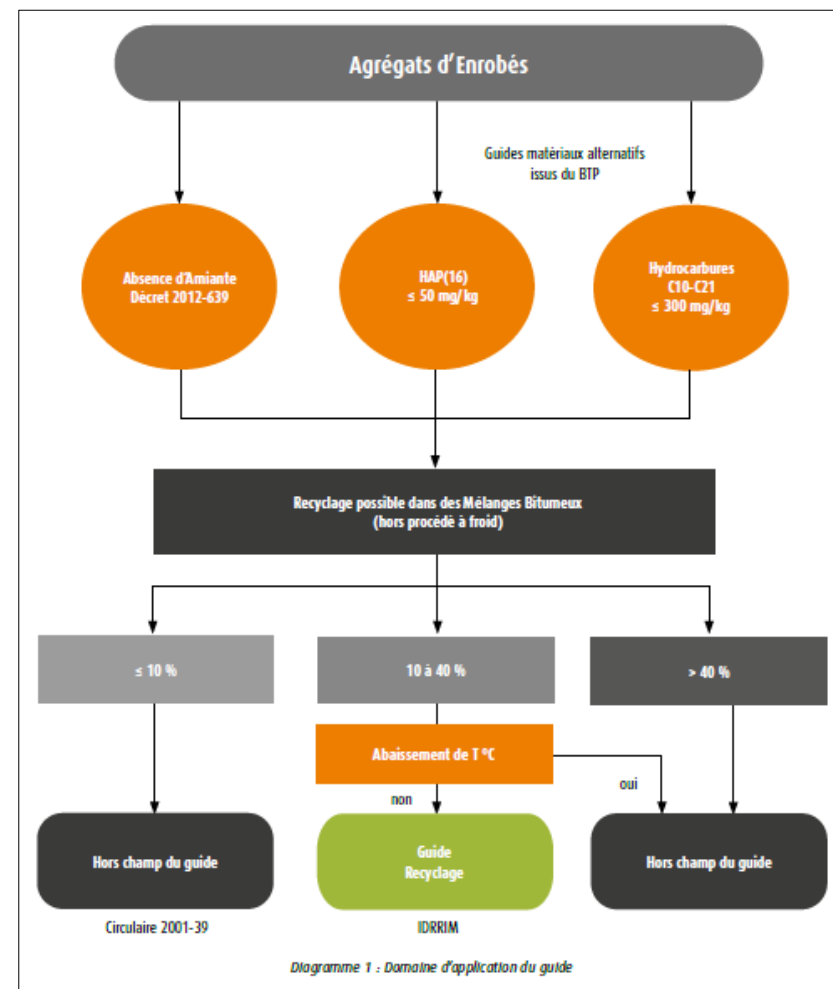
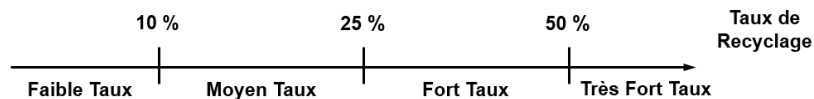
→ Etat de l'art et Recommandations
pour la construction, la réhabilitation
et l'entretien des Chaussées



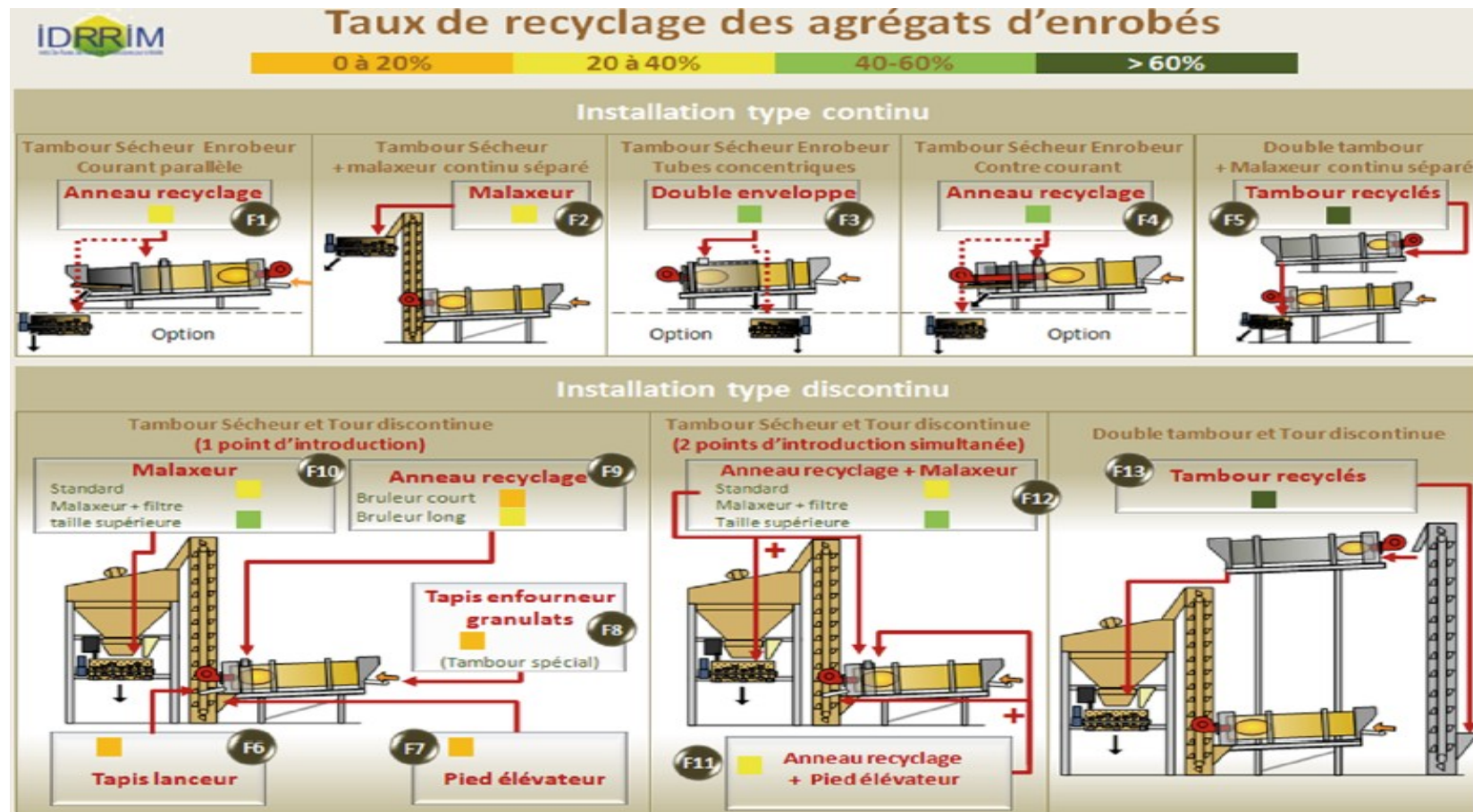
ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Domaine d'application

- Fabrication à chaud en centrale
- Hors procédés d'abaissement de température
- Taux de recyclage inférieur à 40%



ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS



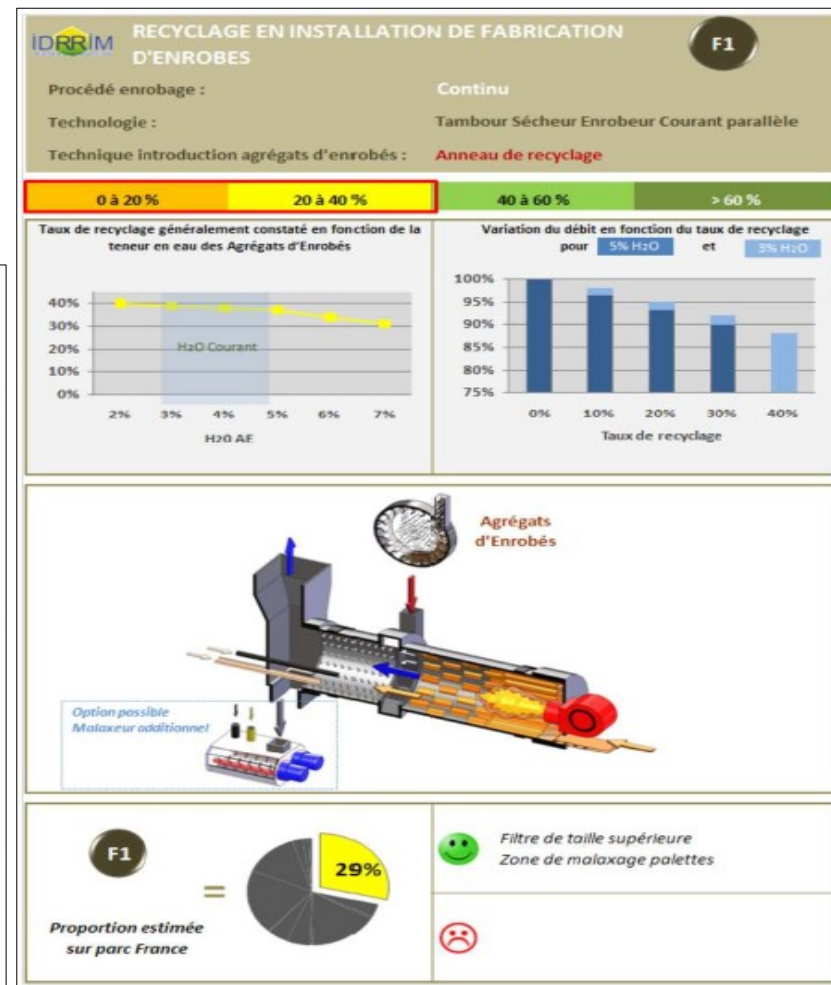
Fabrication des Produits

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Fabrication des Produits

- Technique d'introduction des AE
- Facteurs d'influence du taux de recyclage
- Index classe de taux de recyclage moyen

N° fiche	
Procédé d'enrobage Technologie de recyclage Technique d'introduction des AE	
Classe de taux de recyclage moyen	
Taux de recyclage généralement constaté en fonction de la teneur en eau des Agrégats d'Enrobés	Variation du débit en fonction de taux de recyclage pour <input type="text" value="10%"/> et <input type="text" value="10%"/>
Schéma de principe de la technologie de recyclage	
Proportion estimée de la technologie sur le parc existant	Facteurs influençant favorablement les variations du taux de recyclage Facteurs influençant défavorablement les variations du taux de recyclage



ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Depuis quelques années et pour des raisons techniques ou économiques, un certain nombre de procédés nouveaux sont apparus dans le but d'économiiser les matériaux routiers et en particulier le bitume.

La panoplie de techniques dont disposent les maîtres d'œuvre s'étant sensiblement étoffée, il devenait nécessaire de leur apporter aussi rapidement que possible un minimum d'informations afin de les aider dans leur choix.

Aujourd'hui, bien que le recul ne soit pas suffisant pour porter un jugement définitif sur le recyclage en centrale des enrobés, cette note d'information permet de définir le domaine d'emploi du recyclage en centrale et d'apporter quelques précisions nécessaires à la bonne exécution des travaux. Cette note a par conséquent un caractère provisoire et est destinée à soutenir l'innovation technique.

J'espère que ce document donnera le "réflexe-recyclage" aux maîtres d'œuvre ; il montre qu'il n'y a pas un mais plusieurs types de recyclage en centrale et que leur champ d'application est vaste.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

DIRECTION DES ROUTES

SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES
DES ROUTES ET AUTOROUTES
S.E.T.R.A.

J. BERTHIER

Ingénieur en Chef des ponts et Chaussées

DIRECTEUR

L'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Directeur du S.E.T.R.A.



J. BERTHIER

BAGNEUX, LE 7 OCTOBRE 1982

ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

AVEC ou SANS Agrégats d'Enrobés* ?



(réponse page 40 du guide technique)*



**CTT - Caen - 31 Janvier 2023 - Techniques
routières innovantes et durables**

A84 - DIRNO

**Reconstruction des chaussées en structure inverse
du tronçon de l'A84, compris entre le PR 221+330
et le PR 238+000**



/ Une société du groupe
Spie batignolles

spie batignolles

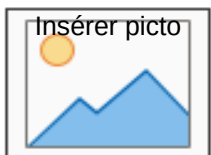


/ Une société du groupe
Spie batignolles

spie batignolles

Objet du marché :

- Rabotage des couches bitumineuses et de la Grave Reconstituée Humidifiée en 0/20
- Réalisation de 2 couches de structure en Grave Bitume 0/14 en classe 4 avec 20 à 30% d'agrégats d'enrobés et au bitume pur, selon les largeurs et épaisseurs pré-établies 2 x 10cm.
- Réalisation d'une couche de liaison en BBSG 0/10 de classe 3, entre 10 à 20% d'agrégats et au bitume pur en pleine largeur 6cm.
- Réalisation d'une couche de roulement en BBMa 0/10 de classe 3, avec 15% d'AE maximum, en pleine largeur au liant modifié.
- Réalisation du marquage horizontale 4cm.



Marché ouvert à variante

Obligation afficher un objectif de valorisation minimale des matériaux du site dans les nouvelles couches de 50%

- Taux d'agrégats plus élevés que l'offre de base.
- Identification les gisements issus des couches d'enrobés et G.R.H 0/20
- Aucun enrobé différent ou avec des performances inférieures que celles prévues en solution de base

Spécifications particulières des variantes

- Un taux maximal de 70% d'agrégats d'enrobés issus du rabotage des couches bitumineuses du site sera accepté dans les nouvelles couches de GB.
- Un taux maximal de 30% d'agrégats d'enrobés issus du rabotage des couches bitumineuses du site sera accepté dans la couche de liaison en BBSG 0/10.
- Un taux maximal de 20% d'agrégats d'enrobés issus du rabotage des couches bitumineuses du site sera accepté dans la couche de liaison en BBMa 0/10. AE discontinu.
- La couche de GRH 0/20 évacuée pourra être utilisée. La réalisation de criblage/concassage pourra être utilisée.
- Les taux d'AE pourront dans les variantes proposées, déroger aux seuils tolérés indiqués dans le guide technique pour l'Utilisation des normes enrobés à chaud (GUNE-SETRA – 2008).



Centrale d'enrobage TSM 21 Major 420 t/h :
Criblage des fraisats et de la GRH 0/20 – Stockage
sur plateforme de production par nature de
matériaux avant reintroduction dans le processus
de fabrication

Travaux 2022 :

- **Tranche Ferme Sens Rennes > Caen PR 221+300 au 230+000**
- **Tranche optionnelle 1B Sens Caen > Rennes PR 225+800 au 221+300**



MATÉRIAUX CHANTIER : UNE LOGIQUE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



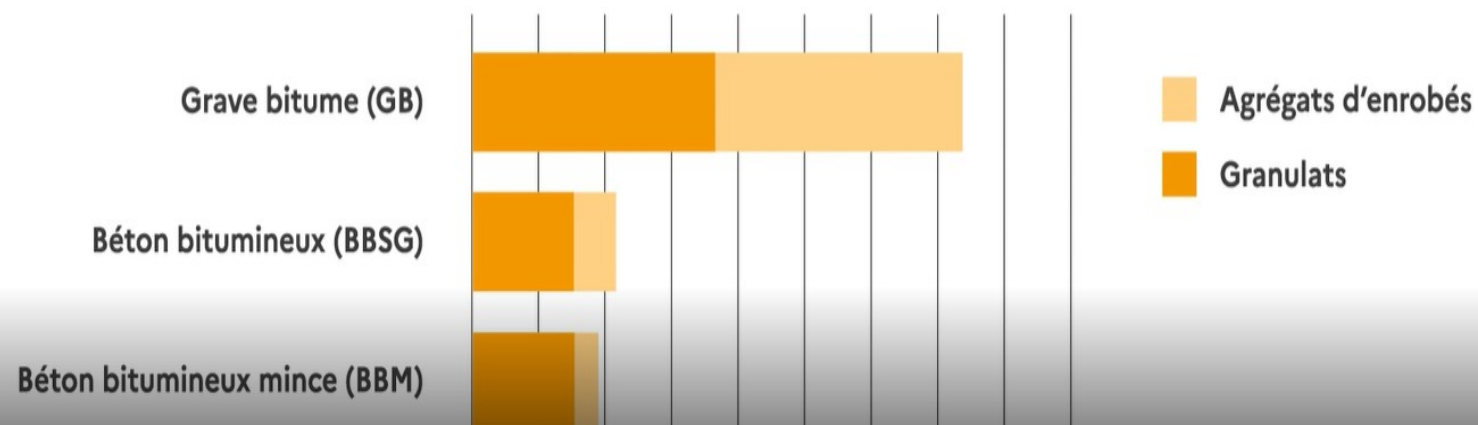
160 000 TONNES
DE MATÉRIAUX RÉEMPLOYÉS



1/3 SEULEMENT
DE MATÉRIAUX SUPPLÉMENTAIRES
AJOUTÉS



2/3 DE MATÉRIAUX
ÉCONOMISÉS



**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**



/ Une société du groupe
Spie batignolles

spie batignolles



/ Une société du groupe
Spie batignolles

spie batignolles

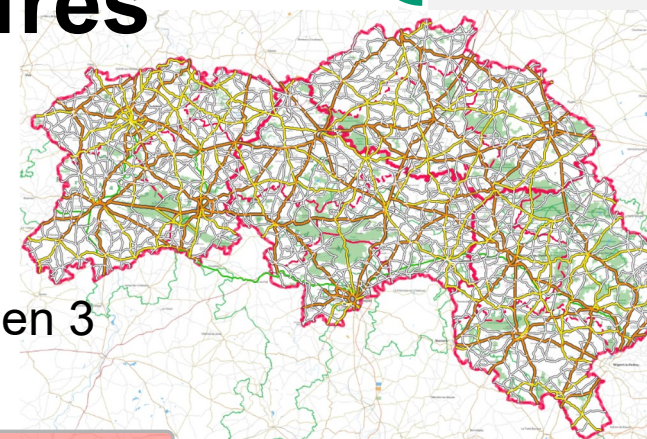


Techniques routières innovantes et durables

Les Enrobés à Fort Taux d'Agrégats

CTT – 31/01/2023

Le CD61 - Quelques chiffres



- Un réseau de près de **6000 km** (5 854) hiérarchisé en 3 catégories :

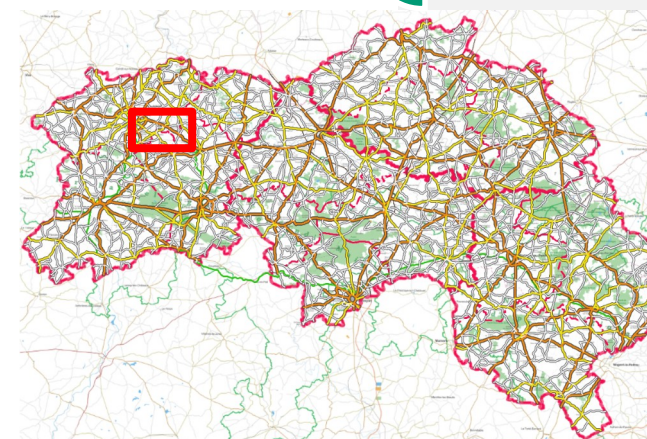
1^{ère} catégorie : 1 167 km (anciennes RN et RD desservant les pôles économiques importants)

2^{ème} catégorie : 1 227 km (assurant des liaisons inter-cantoniales, desservant des pôles économiques d'importance moyenne)

3^{ème} catégorie : 3 460 km (assurant les dessertes locales)

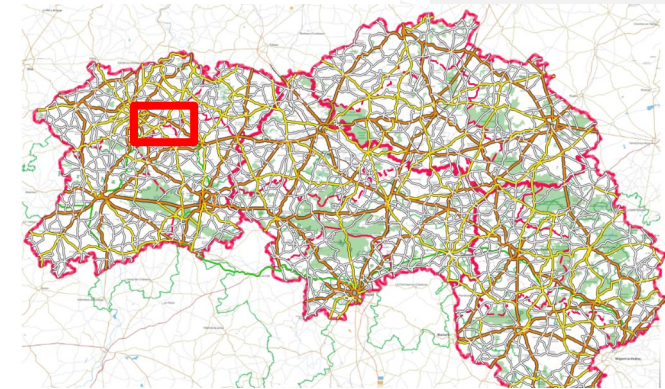
- 1200 Ouvrages d'Arts dont 200 ouvrages de soutènement et 950 de plus de 2 mètres
- Budget annuel Action Entretien de chaussée et dépendances: 14m€ en investissement / 8,5m€ en fonctionnement
- 4 agences des Infrastructures Départementales

Le projet de la RD924

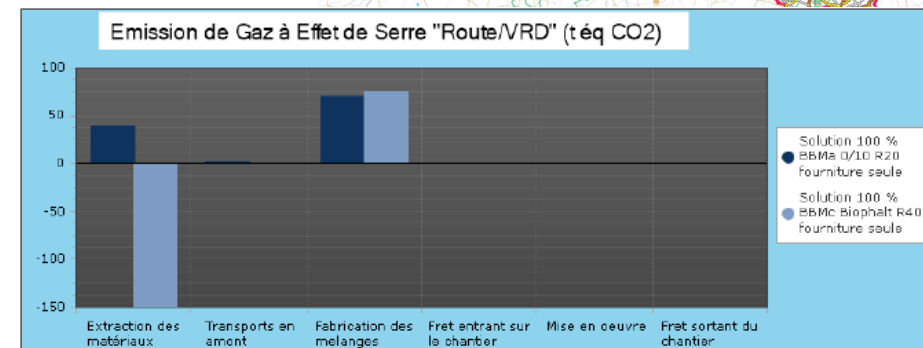
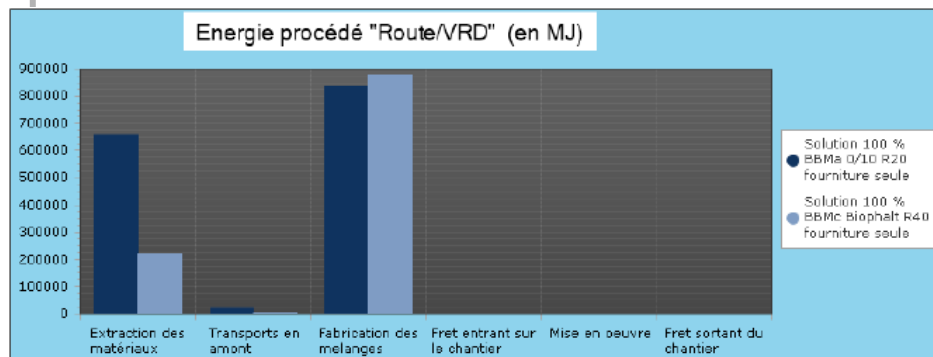


- ▶ Volonté poursuivie par les élus et mis en ordre de marche par la DGA – Pôle des Infrastructures Territoriales – sur la RD924
- ▶ Chaussée progressive initiale
- ▶ 2 800ml de 2x2 voies à 110km/h
- ▶ planche expérimentale et planche traditionnelle BBMa
- ▶ Usage d'un liant biosourcé et d'un taux d'Agrégat d'Enrobé à 42%
- ▶ Suivi par le CEREMA / visites échelonnées et instrumentées
- ▶ Des gains encourageants pour l'avenir

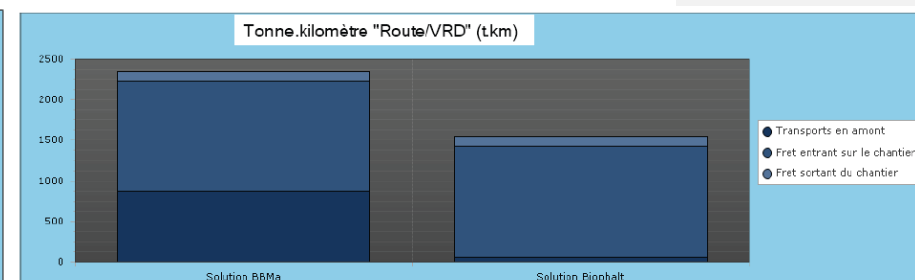
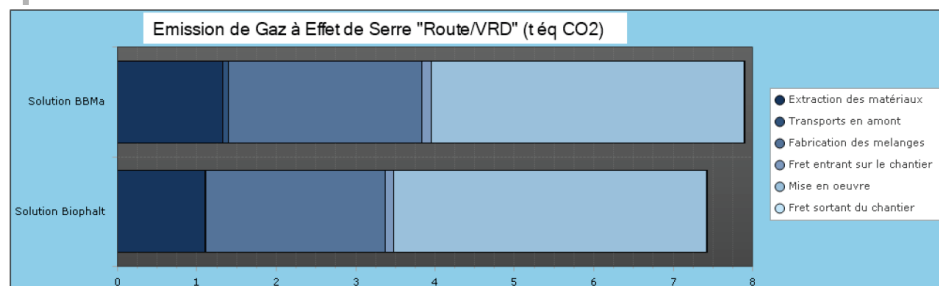
Le projet de la RD924



► Calcul centré sur la fabrication des mélanges



► Calcul complet chantier:



L'innovation au service des PP



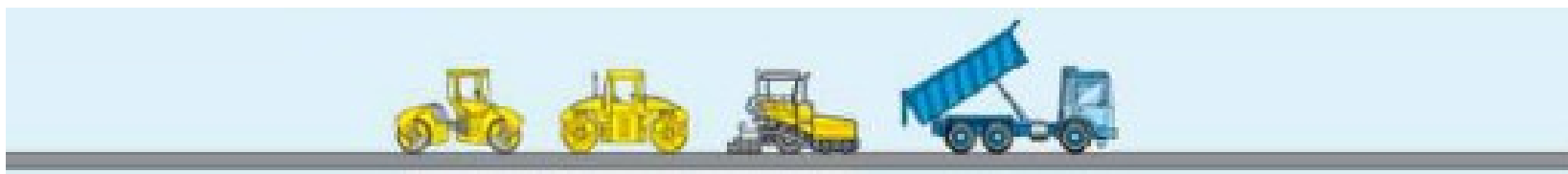
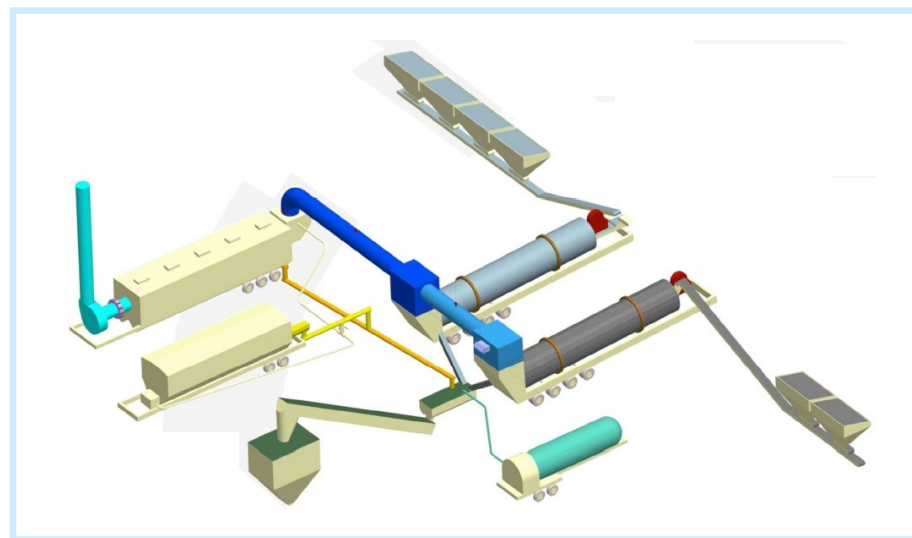
- ▶ Déployer une démarche itérative progressive
- ▶ Suivre certaines étapes : Passation contrat de travaux / Mise au point protocole d'expérimentation / Suivi / ReTex
- ▶ Montée en puissance des élus, des MOA et des ETR
- ▶ Mobiliser les leviers de la commande publique
- ▶ Soutien à l'innovation en permettant maturité industrielle, fiabilité et comparabilité des produits
- ▶ Responsabilité collective des MOA par leurs volumes de commande
- ▶ Réponse aux mutations sociétales et environnementales portées par la voie des élus
- ▶ Actionner des solutions combinées pour répondre aux enjeux



Retrouvez-nous sur www.orne.fr

Tél. 02 33 81 60 00





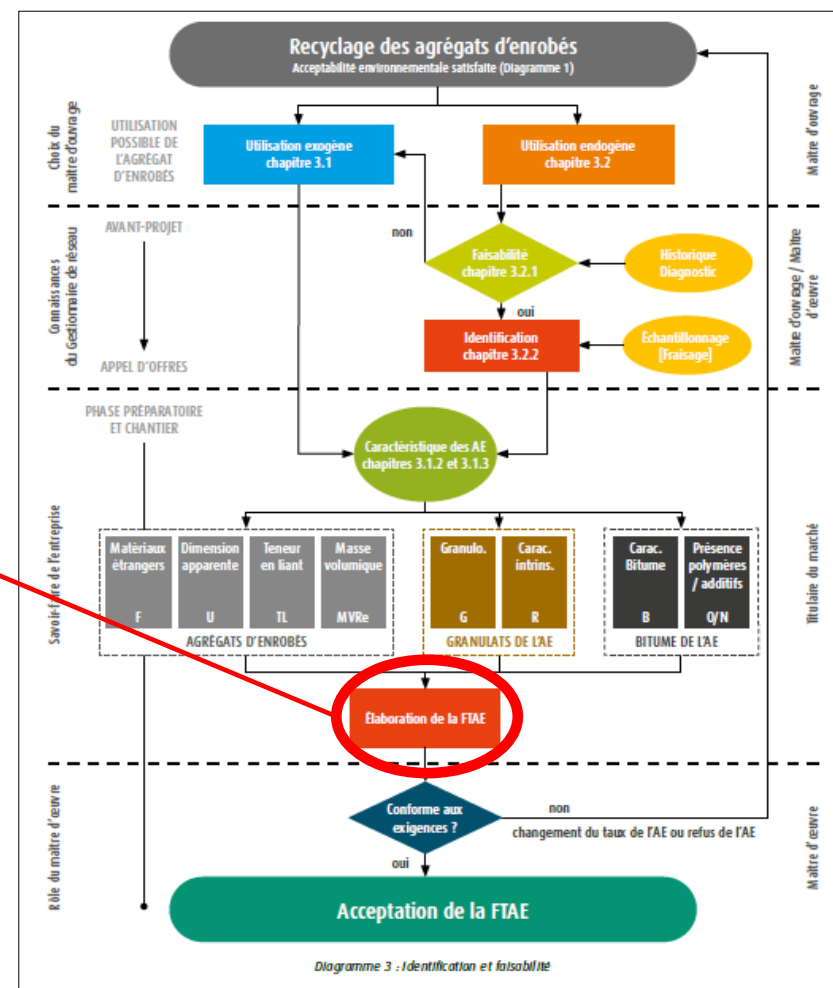
ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Identification et Faisabilité

- Fraisât de chantier
- Retours de déconstruction
- Excédents de travaux
- Rejets de production

Fiche Technique d'Agrégats d'Enrobés (FTAE)	
Codification européenne : U AE 0/D	
N° identification du stock :	Période de prélèvement : du / / au / /
Lieu de stockage :	Quantité du stock :
<input type="checkbox"/> Stock tout venant <input type="checkbox"/> Stock spécifique	
Présence de polymères : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Origine : <input type="checkbox"/> HAP : <input type="checkbox"/> < 50 mg/kg <input type="checkbox"/> < 100 mg/kg <input type="checkbox"/> > 100 mg/kg	
Présence d'additifs : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non QM d'hydrocarbures (C10-C21) : <input type="checkbox"/> < 300 mg/kg <input type="checkbox"/> > 300 mg/kg	
Présence d'amiante : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
Mode d'élaboration : <input type="checkbox"/> concassage <input type="checkbox"/> criblage <input type="checkbox"/> brul de rebatage	
Protection du stock : <input type="checkbox"/> non protégé <input type="checkbox"/> hangar <input type="checkbox"/> bâche <input type="checkbox"/> emulsion <input type="checkbox"/> autre (préciser) :	
Nombre de résultats :	
Teneur en éléments étrangers (F)	Catégorie (1) F _{0.075} F _{0.15} F _{0.3}
Nombre de résultats :	
Teneur en Liant (TL)	TL moy : TL min : TL max : Δ :
Catégorie (1) TL _{0.075} TL _{0.15} TL _{0.3} TL _{0.6}	
Nombre de résultats :	
Caractéristiques du liant (B)	Moy. min. max. Δ : Catégorie (1) B _{0.075} B _{0.15} B _{0.3} B _{0.6}
Nombre de résultats :	
Granulométrie (G)	Moy. min. max. Δ : Catégorie (1) G _{0.075} G _{0.15} G _{0.3} G _{0.6}
Nombre de résultats :	
Caractéristiques des Granulats (R)	Moy. min. max. Δ : Catégorie (1) R _{0.075} R _{0.15} R _{0.3} R _{0.6}
Nombre de résultats :	
Rejet Volumique (MVR)	Moy. min. max. Δ : MVR moy : MVR min : MVR max : Δ :
Essais facultatifs :	
Fractions :	
Teneur en hydrocarbures :	
Ajustement :	
Taux de polymères :	

→ FT Agrégats Enrobés



ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Identification et Faisabilité

- Matériaux étrangers (F)
- Teneur en liant (TL)
- Caractéristique du bitume (B)
- Homogénéité granulométrie (G)
- Catégorie des granulats (R)

Nature de la couche	Taux de recyclage (en %)	Classes				
		TL	B	G	R	F
Roulement]10 ; 20]	TL ₂	B ₁	G ₂	R ₂ ⁽¹⁾	F ₁
	]20 ; 30]	TL ₁	B ₁	G ₁	R ₁
	]30 ; 40] ⁽³⁾	TL ₁	B ₂	G ₁	R ₁
Liaison	]10 ; 20]	TL ₂	B ₂	G ₂	R ₁₆
	]20 ; 30]	TL ₁	B ₂	G ₁	
	]30 ; 40] ⁽³⁾	TL ₁	B ₁	G ₁	R ₂ ou R ₃ ⁽²⁾
Assises	]10 ; 20]	TL ₂	B ₂	G ₂	R ₁₆
	]20 ; 30]	TL ₁	B ₂	G ₁	
	]30 ; 40] ⁽³⁾	TL ₁	B ₁	G ₁	R ₂ ou R ₃ ⁽²⁾

⁽¹⁾ La catégorie R₂ pour les classes de trafic inférieures ou égales à T3 est suffisante.

⁽²⁾ En conformité avec les recommandations sur les choix de granulats des chaussées (note IDRRM n° 24 à la sortie du guide).

⁽³⁾ Se référer au chapitre 7 relatif aux recommandations sur le recyclage entre 30 et 40 %.

→ Recommandations du taux de recyclage

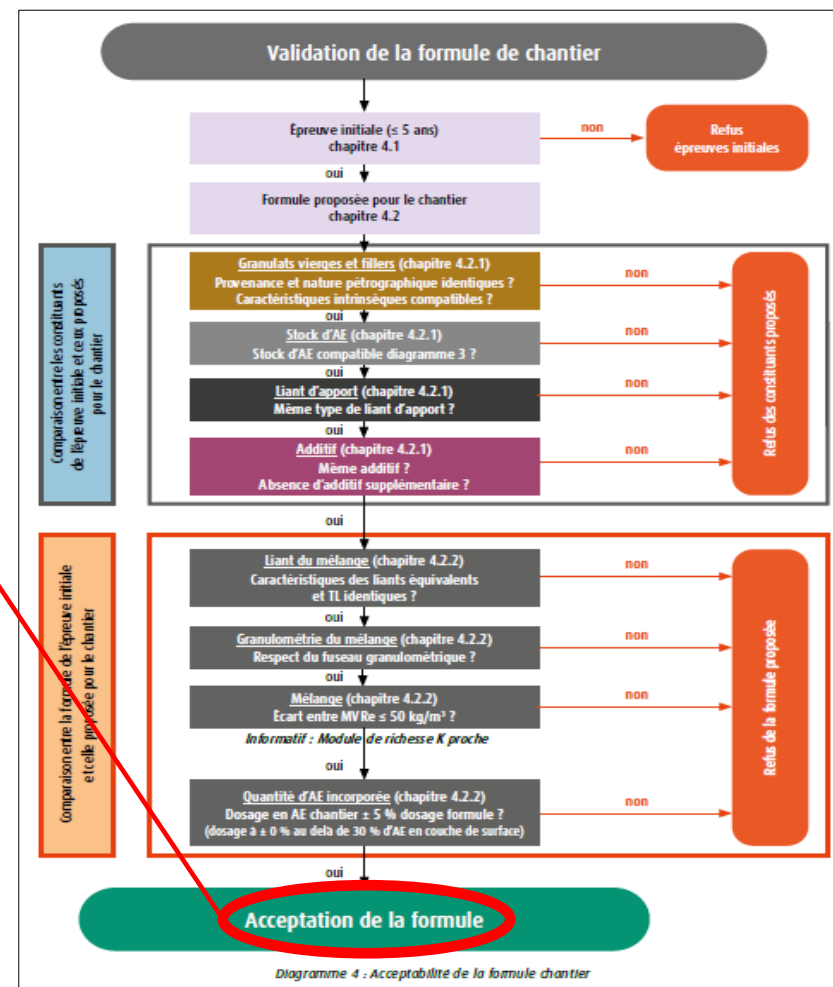
ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Formulation des Mélanges

- Type d'enrobé
- Niveau de trafic
- Enjeux du chantier
- Choix du Maître d'Ouvrage

→ Fiche Technique « Produit »

Fiche Technique Formule		Formule n° :																																
Appellation : EN : EB 14 Assise 35/50 - 30 % AE F : GB 0/14 classe 3 à 30 % AE		Entreprise : Référence : NF EN 13108-1																																
Conditions de réalisation de l'étude de laboratoire																																		
Température de fabrication du mélange : <input type="text"/>																																		
Si abaissement de T°C préciser : <input type="checkbox"/> Système « boîte à mousse » <input type="checkbox"/> Liant additivé (autre référence et FOS des additifs) <input type="checkbox"/> Autre à préciser : <input type="text"/>																																		
Modalités de malaxage : (GR + F) (180°C & 30s) + AE chaud (110°C & 30s) + B chaud (180°C & 120s)																																		
Date de réalisation de l'étude : oct.-21 Epreuve de niveau 4																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fraction</th> <th>référence</th> <th>Provenance</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0/2</td> <td>2020-xx</td> <td>Bon caillou</td> <td>19,92</td> </tr> <tr> <td>2/6</td> <td>2020-xx</td> <td>Bon caillou</td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>6/10</td> <td>2020-xx</td> <td>Bon caillou</td> <td>15,00</td> </tr> <tr> <td>10/14</td> <td>2020-xx</td> <td>Bon caillou</td> <td>12,00</td> </tr> <tr> <td>AE 0/0</td> <td>2020-xx</td> <td>Stock : 2020 - 01</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Teneur en Liant d'apport</td> <td>35 / 50</td> <td>3,08</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Teneur en liant Totale</td> <td></td> <td>4,30%</td> </tr> </tbody> </table>			Fraction	référence	Provenance	%	0/2	2020-xx	Bon caillou	19,92	2/6	2020-xx	Bon caillou	20,00	6/10	2020-xx	Bon caillou	15,00	10/14	2020-xx	Bon caillou	12,00	AE 0/0	2020-xx	Stock : 2020 - 01	30,00	Teneur en Liant d'apport		35 / 50	3,08	Teneur en liant Totale			4,30%
Fraction	référence	Provenance	%																															
0/2	2020-xx	Bon caillou	19,92																															
2/6	2020-xx	Bon caillou	20,00																															
6/10	2020-xx	Bon caillou	15,00																															
10/14	2020-xx	Bon caillou	12,00																															
AE 0/0	2020-xx	Stock : 2020 - 01	30,00																															
Teneur en Liant d'apport		35 / 50	3,08																															
Teneur en liant Totale			4,30%																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Granulométrie du mélange</th> </tr> <tr> <th>Taux (%)</th> <th>Norme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>100</td></tr> <tr><td>16</td><td>99</td></tr> <tr><td>14</td><td>94</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>86</td></tr> <tr><td>10</td><td>73</td></tr> <tr><td>8</td><td>63</td></tr> <tr><td>6</td><td>57</td></tr> <tr><td>4</td><td>49</td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td></tr> <tr><td>1</td><td>20</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>15</td></tr> <tr><td>0,25</td><td>10</td></tr> <tr><td>0,063</td><td>5,7</td></tr> </tbody> </table>			Granulométrie du mélange		Taux (%)	Norme	20	100	16	99	14	94	12,5	86	10	73	8	63	6	57	4	49	2	30	1	20	0,5	15	0,25	10	0,063	5,7		
Granulométrie du mélange																																		
Taux (%)	Norme																																	
20	100																																	
16	99																																	
14	94																																	
12,5	86																																	
10	73																																	
8	63																																	
6	57																																	
4	49																																	
2	30																																	
1	20																																	
0,5	15																																	
0,25	10																																	
0,063	5,7																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Caractéristiques des constituants utilisés pour l'étude</th> </tr> <tr> <th colspan="2">1 - Liant d'apport</th> </tr> <tr> <td>Provenance</td> <td>Raffinatoire</td> </tr> <tr> <td>Type de liant</td> <td>35/50</td> </tr> <tr> <td>Pénétrabilité à 25°C (1/10 mm)</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Température de ramollissement Bille et Autenre (°C)</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Densité</td> <td>1,021</td> </tr> <tr> <td colspan="2">2 - Aggrégats d'enrobés (A.E.)</td> </tr> <tr> <td>Teneur en liant (%)</td> <td>4,30</td> </tr> <tr> <td>Catégorie</td> <td>F₀, F₁, H₀, G₀, F₂₅</td> </tr> <tr> <td colspan="2">3 - Granulats secs</td> </tr> <tr> <td>Catégorie selon NF P 18-545</td> <td>C 0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Caractéristiques de l'enrobé</td> </tr> <tr> <td>Module de richesse, K</td> <td>2,85</td> </tr> <tr> <td>taux (Mg/m³) selon NF EN 12607-5 Méthode 1 (type)</td> <td>2,450</td> </tr> </thead> </table>			Caractéristiques des constituants utilisés pour l'étude		1 - Liant d'apport		Provenance	Raffinatoire	Type de liant	35/50	Pénétrabilité à 25°C (1/10 mm)	40	Température de ramollissement Bille et Autenre (°C)	53	Densité	1,021	2 - Aggrégats d'enrobés (A.E.)		Teneur en liant (%)	4,30	Catégorie	F ₀ , F ₁ , H ₀ , G ₀ , F ₂₅	3 - Granulats secs		Catégorie selon NF P 18-545	C 0	Caractéristiques de l'enrobé		Module de richesse, K	2,85	taux (Mg/m³) selon NF EN 12607-5 Méthode 1 (type)	2,450		
Caractéristiques des constituants utilisés pour l'étude																																		
1 - Liant d'apport																																		
Provenance	Raffinatoire																																	
Type de liant	35/50																																	
Pénétrabilité à 25°C (1/10 mm)	40																																	
Température de ramollissement Bille et Autenre (°C)	53																																	
Densité	1,021																																	
2 - Aggrégats d'enrobés (A.E.)																																		
Teneur en liant (%)	4,30																																	
Catégorie	F ₀ , F ₁ , H ₀ , G ₀ , F ₂₅																																	
3 - Granulats secs																																		
Catégorie selon NF P 18-545	C 0																																	
Caractéristiques de l'enrobé																																		
Module de richesse, K	2,85																																	
taux (Mg/m³) selon NF EN 12607-5 Méthode 1 (type)	2,450																																	



ENROBES A FORT TAUX D'AGREGATS

Formulation des Mélanges

- Compactabilité (PCG)
- Tenue à l'eau (ITSR)
- Résistance à l'orniérage
- Module de rigidité (R)
- Résistance à la fatigue (ϵ)

The image shows a technical form titled 'Fiche technique Formule' for bituminous mix design. It includes fields for 'Appellation, classe, type', 'Liant', and 'Type à déclarer'. There are also sections for 'Conditions de réalisation de l'étude de laboratoire' and 'Résultats de l'étude de laboratoire'. The form is partially filled out with example data.

Appellation, classe, type	Liant	% de vide PCG	Tenue à l'eau ⁽¹⁾	Résistance à l'orniérage	Module	Fatigue
BBSG 1 0/10	Type à déclarer	V _{min4} à V _{max10} (60 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P₁₀ (≤10 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min5 500} (≥ 5 500 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %
BBSG 1 0/14	Type à déclarer	V _{min4} à V _{max9} (80 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P₁₀ (≤10 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min5 500} (≥ 5 500 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %
BBSG 2 0/10	Type à déclarer	V _{min5} à V _{max10} (60 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P_{7,5} (≤7,5 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min7 000} (≥ 7 000 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %
BBSG 2 0/14	Type à déclarer	V _{min4} à V _{max9} (80 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P_{7,5} (≤7,5 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min7 000} (≥ 7 000 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %
BBSG 3 0/10	Type à déclarer	V _{min5} à V _{max10} (60 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P₅ (≤5 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min7 000} (≥ 7 000 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %
BBSG 3 0/14	Type à déclarer	V _{min4} à V _{max9} (80 girations)	ITSR ₇₀	<ul style="list-style-type: none"> • P₅ (≤5 % - 60° C et 30 000 cycles) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • S_{min7 000} (≥ 7 000 MPa à 15° C, 10 Hz ou 0,02 s) • V_I = 5 % - V_S = 8 % 	<ul style="list-style-type: none"> • ϵ_{6-100} (≥100.10⁻⁶ à 10° C, 25 Hz) • V_I = 5 % - V_S = 8 %

→ Spécifications des enrobés bitumineux (NF EN 13108)

Table ronde n°3:

Comment réduire l'impact énergétique des infrastructures : Les techniques à froid et tièdes

Panorama sur les techniques à froid

1- Présentation du guide APAQ sur les techniques à froid

1- Initiatives du département de Seine Maritime sur les techniques à froid

- *1 Stéphanie PERES : Chef du service entretien du patrimoine routier au Conseil Départemental de Seine Maritime et APAQ*

2- Témoignages croisés de deux départements sur leur Politiques d'entretien routier avec leurs choix techniques et environnementaux et de deux entreprises sur les techniques mises au point pour réduire l'impact énergétique

- *Martin Lecointre Directeur des routes du département du Calvados*
- *André Kerbourc'h , Frédéric Ledru (Colas)*
- *Stéphane Theret Direction de la Mobilité- Adjoint au Pôle technique et gestion de la route au Conseil départemental de l'Eure*
- *Vincent Labbe, Sébastien Harasse (Eurovia)*

Focus rapide sur les enrobés tièdes : mêmes intervenants



APAQ
Normandie

Journée technique Techniques à froid

31 Janvier 2023



SEINE-MARITIME
- LE DÉPARTEMENT -

Département de la Seine-Maritime - Quai Jean-Moulin- 76001 ROUEN



APAQ Normandie



APAQ

Normandie

Association pour la Promotion et l'Amélioration de la Qualité des infrastructures en Normandie

- Une association
- Ses membres
- Ses objectifs
- Lieu d'échanges et de réflexions
 - Groupes de travail
 - « Promouvoir les techniques à froid »

Président : Yves JOLIVEL

2 collèges :

- ✓ Promouvoir la qualité par des démarches de partenariat et d'échanges
- ✓ Maitres d'ouvrages, et maitres d'œuvre

Un conseil d'administration paritaire

- ✓ Entreprises
- ✓ En suscitant des échanges d'expériences
- ✓ En aidant leur développement
- ✓ En rassemblant les résultats pour en assurer la diffusion
- ✓ En éditant des brochures techniques
- ✓ En organisant des journées techniques à l'intention de tous les acteurs de notre industrie



Promouvoir les techniques à froid

- Pour qui ?
- Pourquoi ?
- Sous quelle forme ?

Éléments déclenchant (2018)

- ✓ Contexte budgétaire
- ✓ Contexte législatif et réglementaire : LTECV

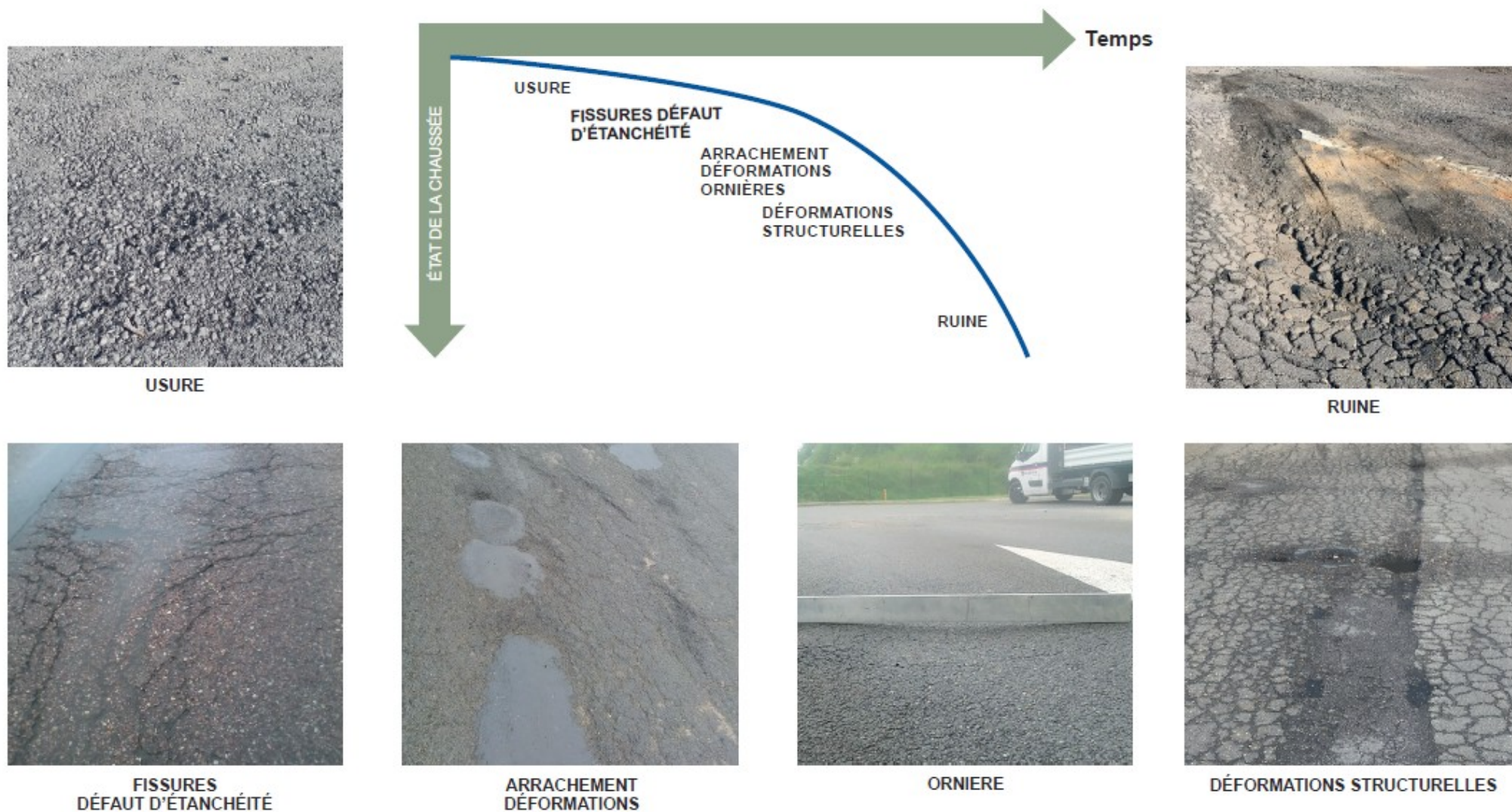
Renforcés

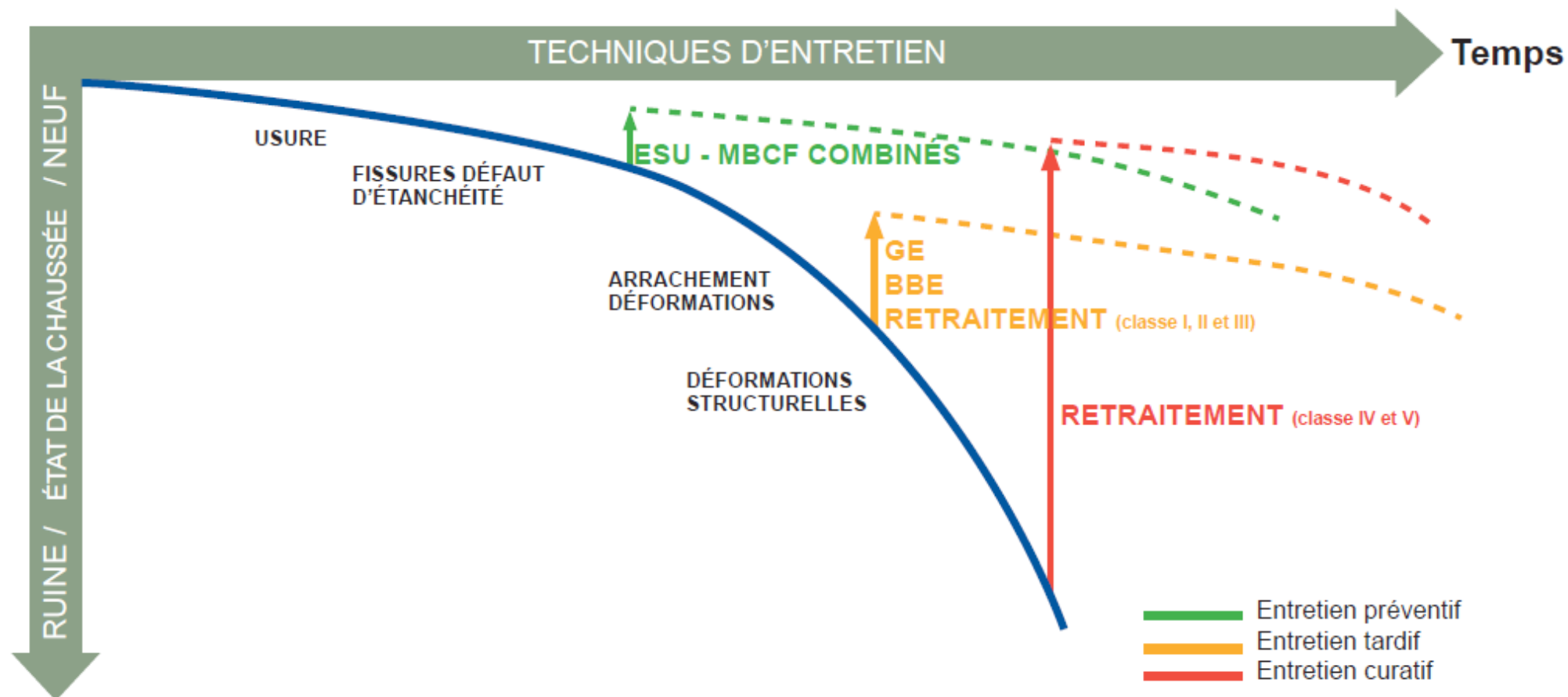
- ✓ Contexte réglementaire (CCAG)
- ✓ Contexte énergétique

Brochure



VIEILLISSEMENT DE LA ROUTE







CHOIX DES TECHNIQUES À FROID POUR LES COUCHES DE SURFACE

	ESU Enduit superficiel d'usure	MBCF Matériaux bitumeux coulés à froid	COMBINÉS Revêtements superficiels	BBE Béton bitumeux à l'émulsion	GE Grave émulsion de reprofilage*	Retraitement en place de la couche de roulement* Classe III
Objectifs	€-€€	€€-€€€	€€-€€€	€€€€	€€	€€€
Restaurer l'étanchéité	+++	++	++	++	++	++
Renforcer l'adhérence	+++	+	++	+	sans objet	sans objet
Réduire la gêne à l'usager (rapidité de mise en œuvre)	-	+++	++	+++	++	+++
Corriger les déformations légères	=	+	=	+++	+++	+++
Corriger les déformations lourdes	non adapté	non adapté	non adapté	+	++	++
Renforcer la structure	non adapté	non adapté	non adapté	+	non adapté	+
Utiliser les matériaux recyclés	-	-	-	++	+++	+++

Avis : (+++) effet très favorable (++) effet significatif (+) effet sensible (=) sans effet (-) effet négatif

*nécessite une couche de surface

CHOIX DES TECHNIQUES À FROID POUR LES COUCHES D'ASSISE

Objectifs	GRAVE ÉMULSION	RETRAITEMENT EN PLACE DE LA CHAUSSEE		
	Émulsion de bitume et mousse de bitume	Émulsion de bitume Classe I et II	Liant hydraulique Classe IV	Mixte Classe V
Corriger les déformations légères, les remontées de fissuration	++	+++	+++	+++
Supprimer les décollements d'interface de couches	=	++	+	+
Corriger les déformations lourdes	++	++	+++	+++
Renforcer la structure	+ à ++ suivant épaisseur	+	+++	+++
Utiliser les matériaux recyclés ou matériaux en place	++	+++	+++	+++
Épaisseur mise en œuvre ou traitée	8 à 15 cm	8 à 15 cm	20 à 30 cm	10 à 30 cm

Avis : (+++) effet très favorable (++) effet significatif (+) effet sensible





SEINE-MARITIME
- LE DÉPARTEMENT -

merci

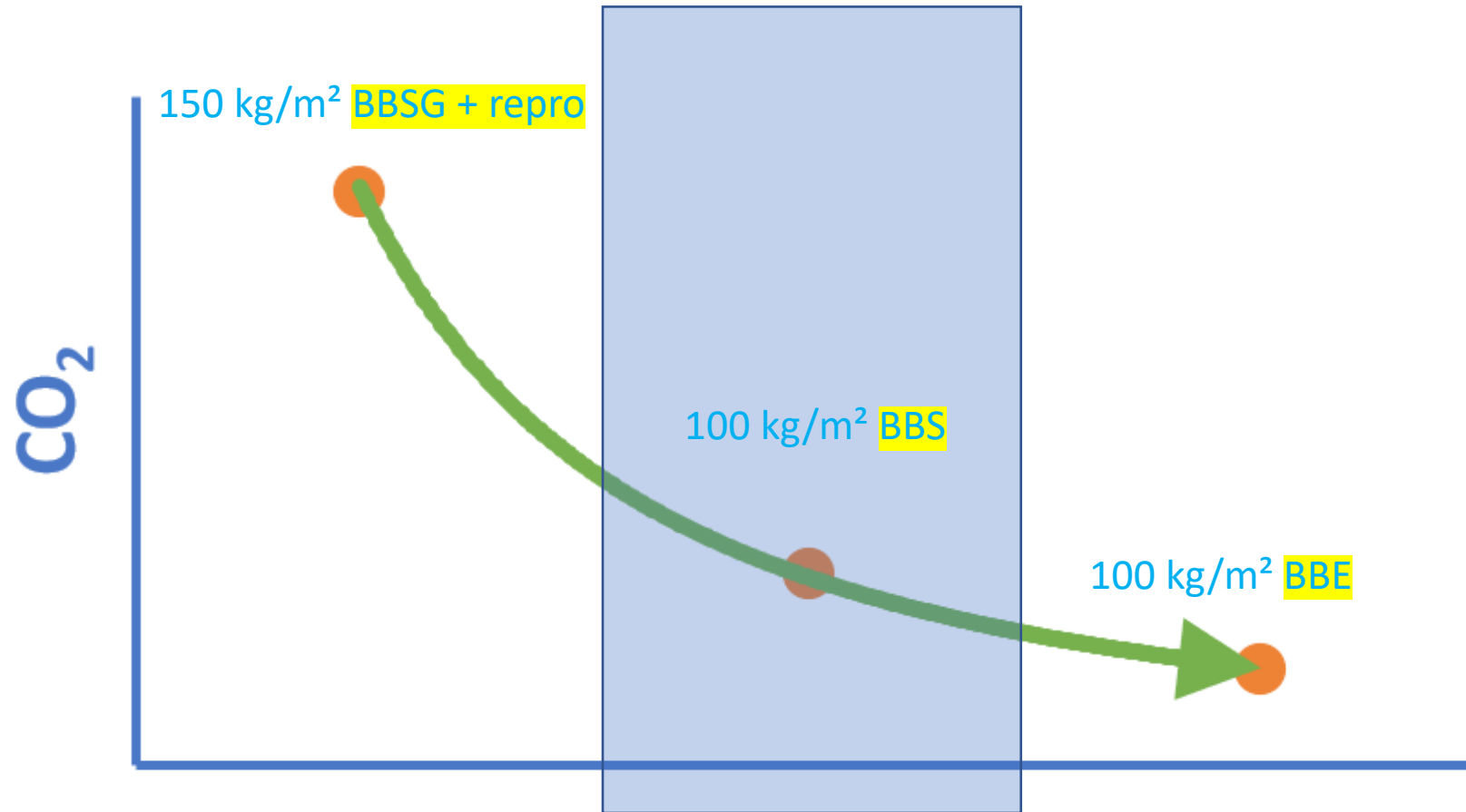
LES BETONS BITUMINEUX SOUPLES

présentation entreprise Colas

Marché de fourniture et mise en œuvre enrobés souple BBS

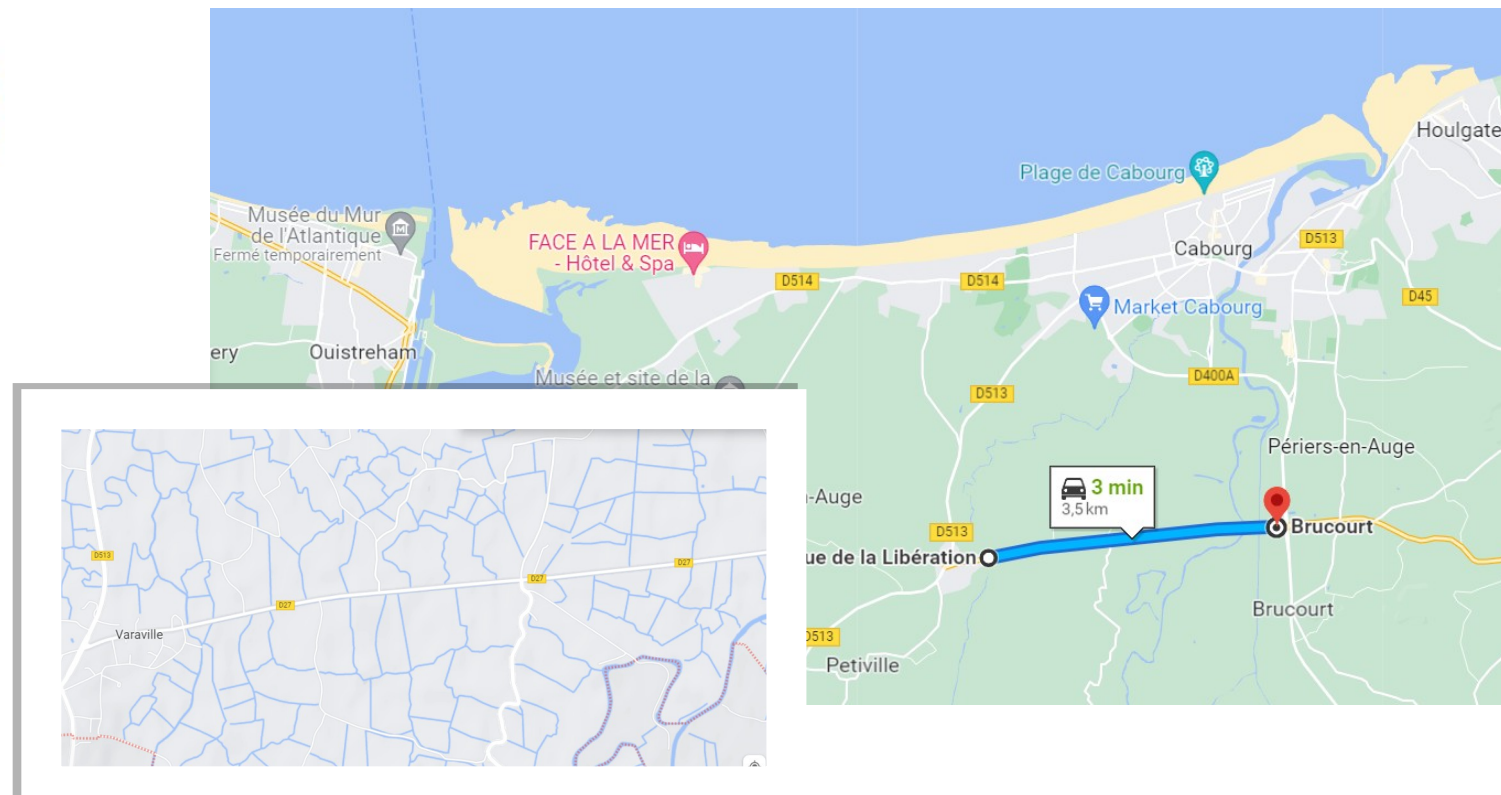
- Adaptés au faibles trafics – jusqu'à T3
- Adaptés à des supports souples : jusqu'à 200.1/100 mm,
- Adaptés à des supports déformés
 - mise en œuvre de 3 à 8 cm sans reprofilage,
- Jusqu'à 30% d'agrégats d'enrobés recyclés autorisés,
- Permet une température de fabrication $\leq 130^{\circ}\text{C}$ en fabrication tiède.

Marché de fourniture et mise en œuvre enrobés souple BBS



RETRAITEMENT DE CHAUSSEE A L'EMULSION

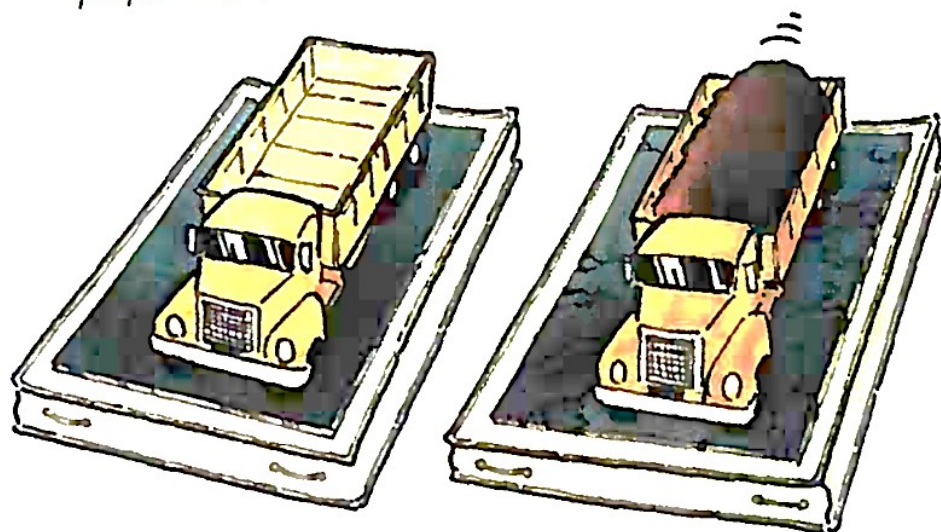
Route départementale 27 – Varaville (14)



Route départementale 27 – Varaville (14)

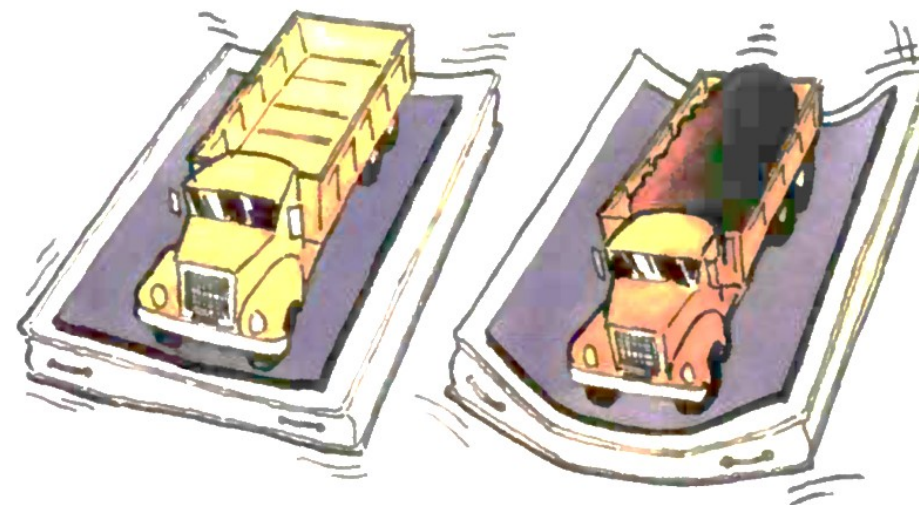
CHAUSSÉES SEMI-RIGIDES

plaque de verre



CHAUSSÉES SOUPLES

plaque de caoutchouc

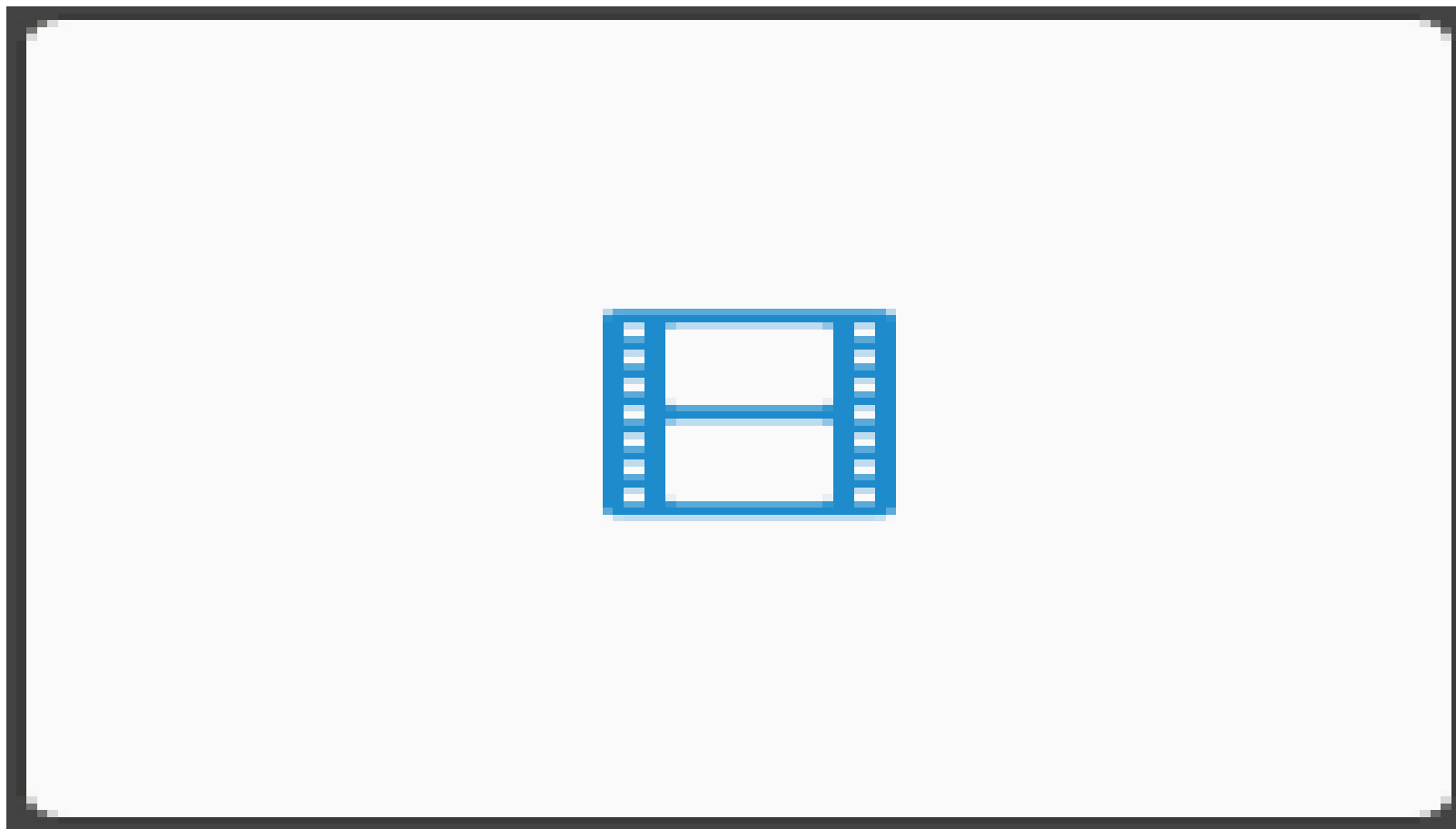


Route départementale 27 – Varaville (14)



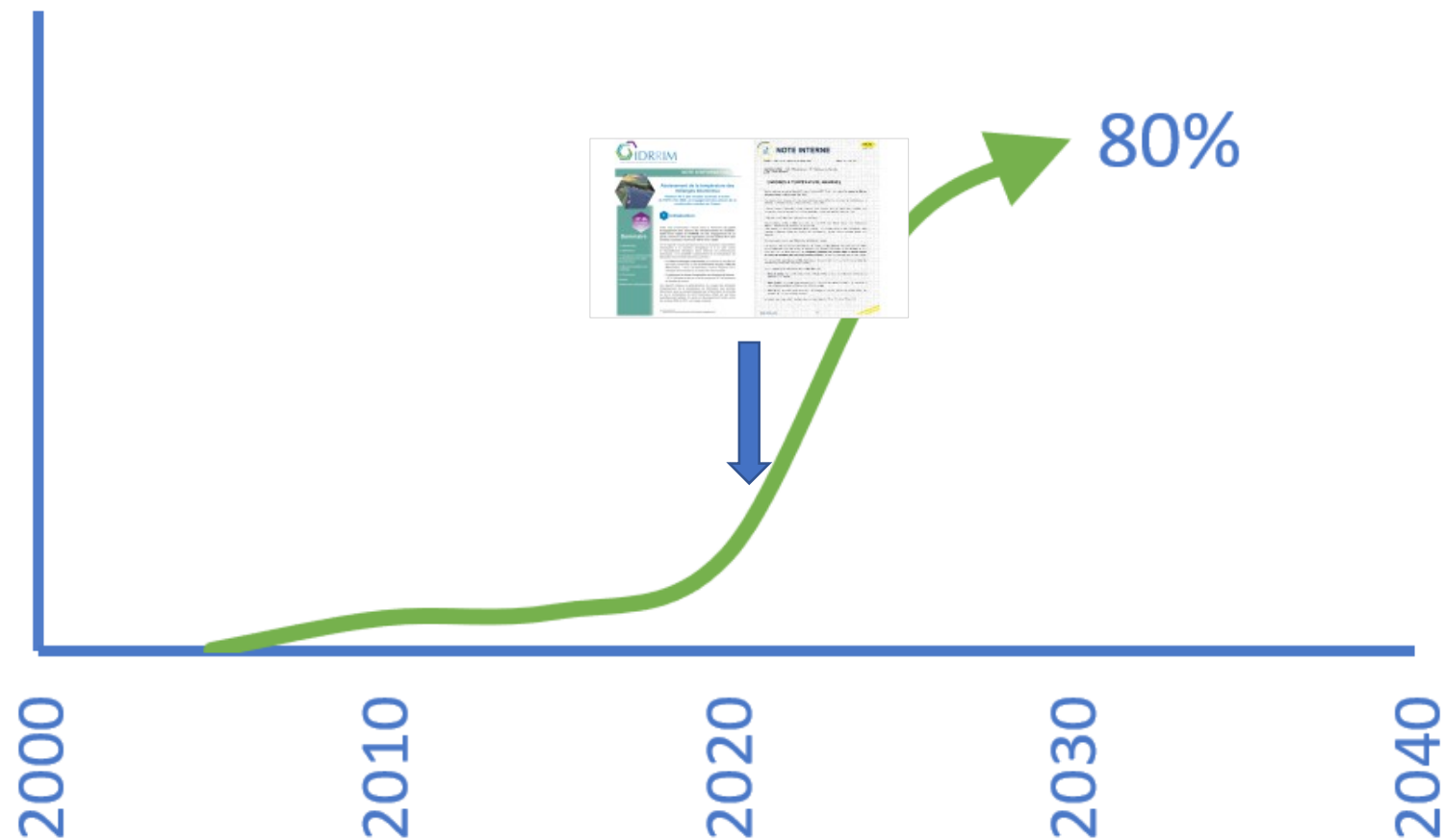
Le 27 janvier 2005

Route départementale 27 – Varaville (14)



FABRICATION DES ENROBES A TEMPERATURE ABAISEE

Enrobés à températures abaissées



NOTE D'INFORMATION



N° 46
FÉVRIER
2021

Sommaire

- 1 | Introduction
- 2 | Définitions
- 3 | Usage des abaissements de température en 2020 : Etat des lieux
- 4 | Recommandations de l'IDRRIM
- 5 | Conclusion
- Annexe
- Références bibliographiques

Abaissement de la température des mélanges bitumineux

Réaliser 80 % des enrobés courants à moins de 150°C d'ici 2030, un engagement des acteurs de la construction routière en France

1 Introduction

Cette note d'information s'inscrit dans la démarche du pacte d'engagement des acteurs des infrastructures de mobilité¹, établi sous l'égide de l'IDRRIM. Un des engagements de ce pacte, commun à tous les signataires, est de réaliser 80 % des enrobés courants à moins de 150°C d'ici à 2030.

Un tel objectif s'inscrit pleinement dans les évolutions industrielles nécessaires à la transition énergétique et à la lutte contre le réchauffement climatique. Sans diminuer les performances techniques, ni la durabilité, l'abaissement de la température de fabrication des enrobés bitumineux permet :

- De **réduire l'énergie consommée** pour sécher et chauffer les granulats, limitant de ce fait les **émissions de gaz à effet de serre (GES)** ; - 30°C à la fabrication, c'est en moyenne 12 % d'énergie économisée sur la production des enrobés.
- De **diminuer le risque d'exposition aux fumées de bitume** ; - 30 °C à la mise en œuvre, c'est en moyenne 75 % d'émissions de fumées en moins.

Cet objectif implique la généralisation de l'usage des procédés d'abaissement de la température de fabrication des enrobés bitumineux, que ce procédé dépende de la fabrication de l'enrobé ou de la composition du liant bitumineux utilisé qui est alors spécifiquement adapté. Or, après un développement continu entre les années 2009 et 2015, cet usage a baissé.

¹ www.idrrim.com/evenements-idrrim/pacte-engagement/



NOTE INTERNE



Document interne à l'IDRRIM - À ne pas divulguer

Document interne à l'IDRRIM - À ne pas divulguer

Document interne à l'IDRRIM - À ne pas divulguer

ENROBÉS À TEMPÉRATURE ABAISSÉE

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

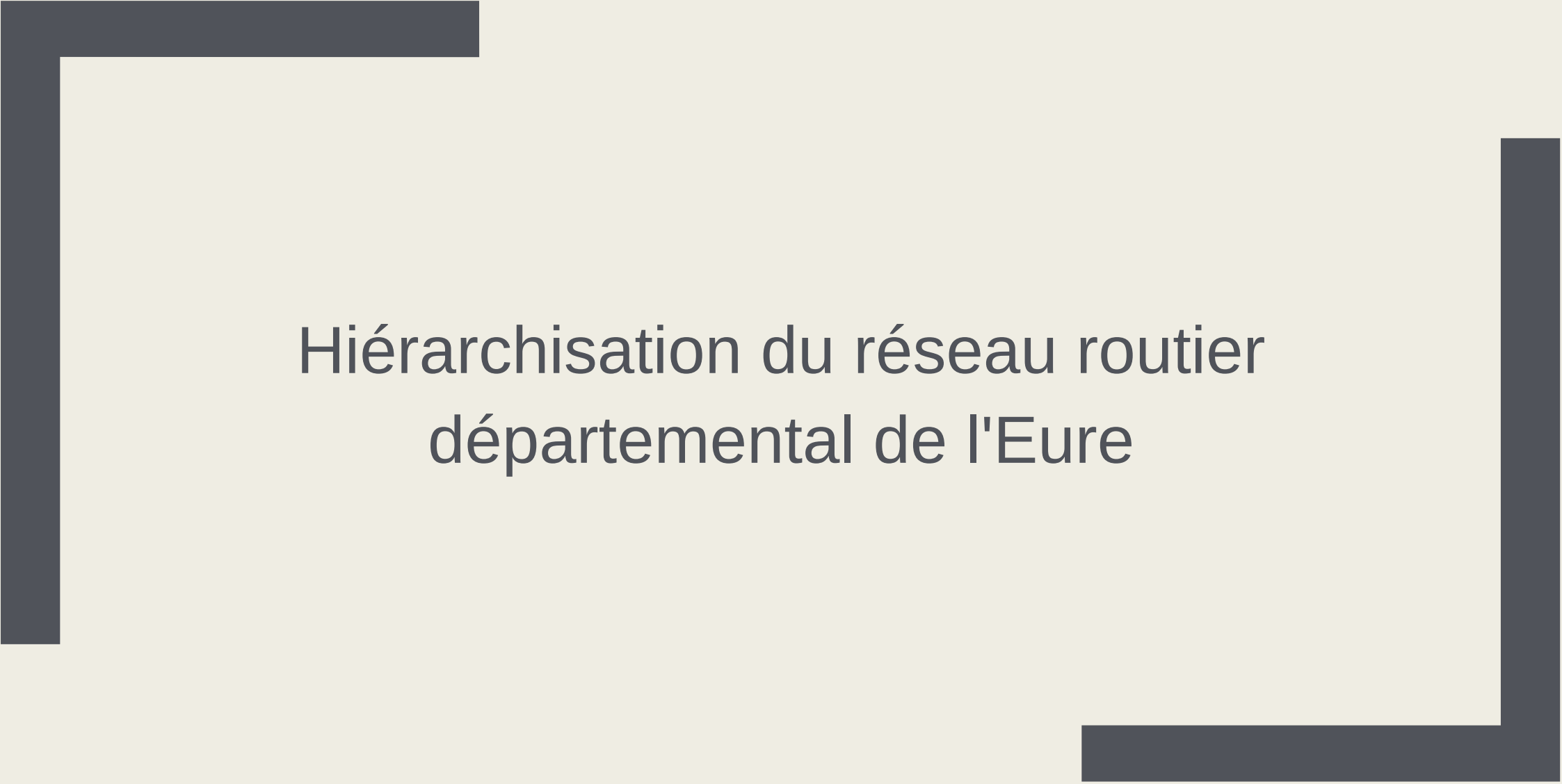
Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

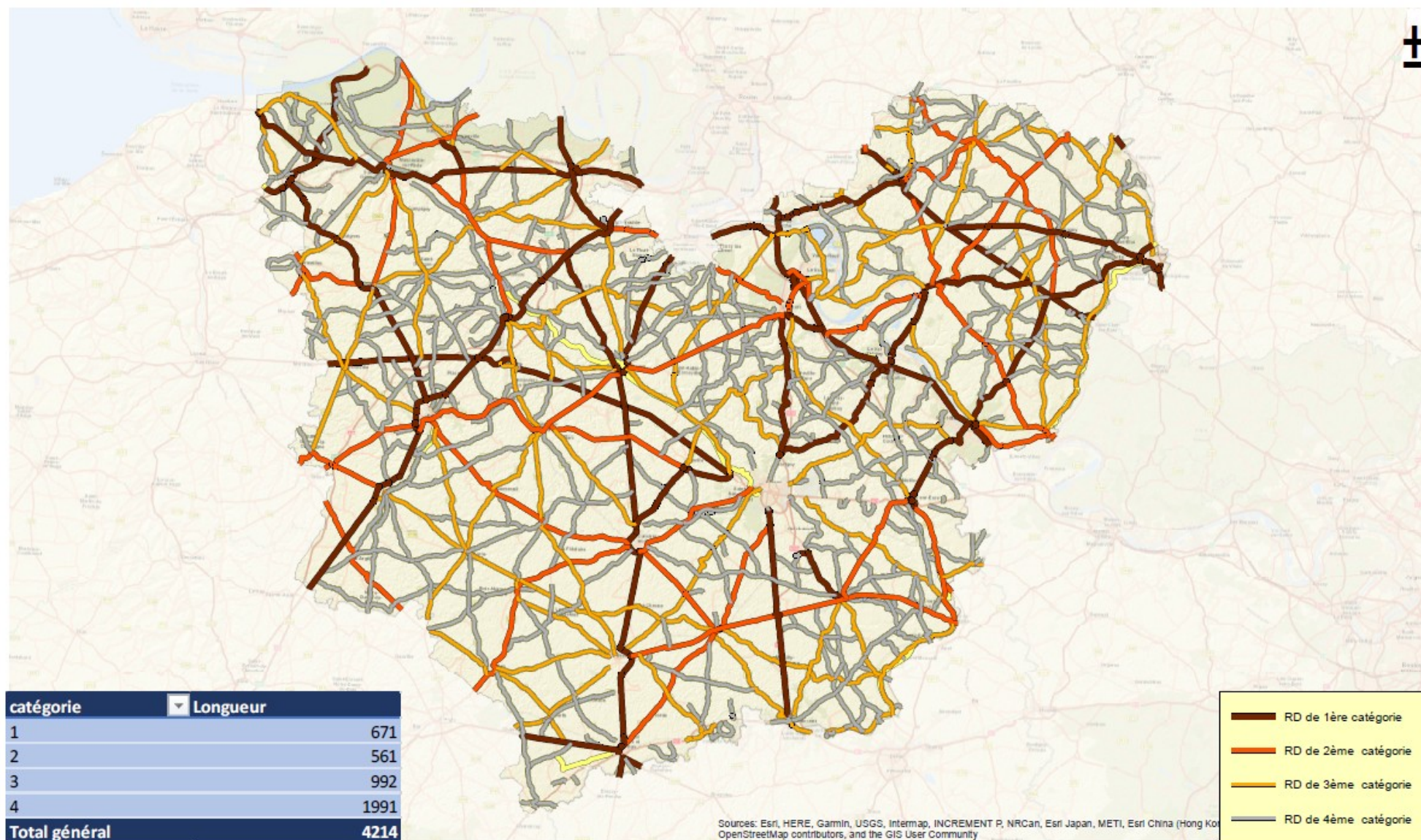
Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.


Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

Le présent document a pour objet de définir les conditions de mise en œuvre des enrobés à température abaissée (ETA) et de préciser les modalités de leur utilisation.

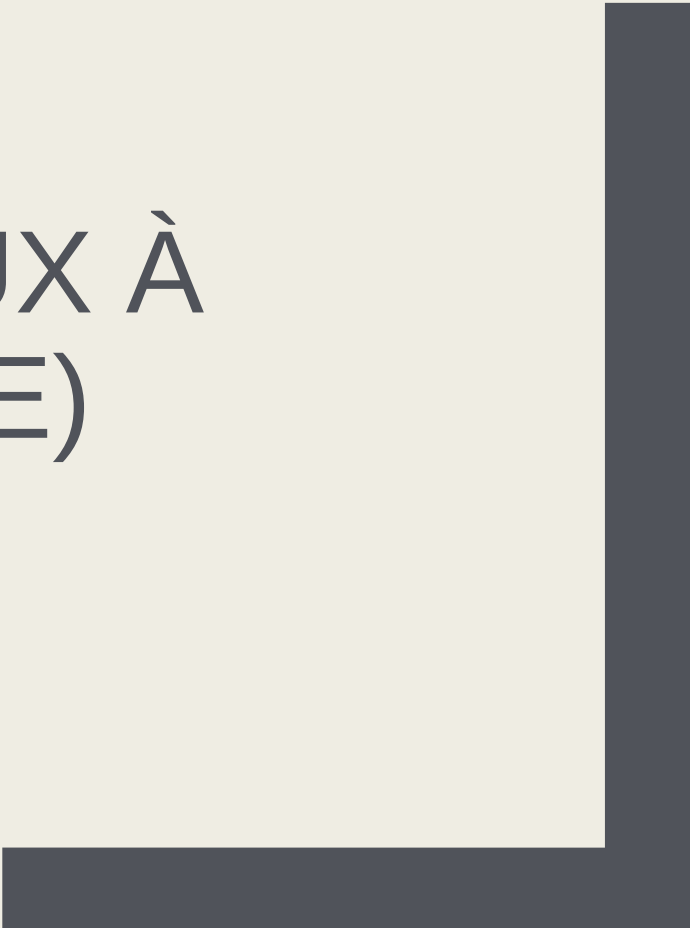


Hiérarchisation du réseau routier départemental de l'Eure





BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)



BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)

Caractéristiques

→ Épaisseur variable selon formulation

→ Propriétés particulières :

Épaisseurs (cm)	Très Mince (TM)	Mince (M)	Épais (E)
BBE Type 1	2-3	3-5	-
BBE Type 2	2-3	3-5	5-8

- Enrobage complet avec plus grande richesse en liant dans phase mastic (répartition liant hétérogène)
- Non stockable (BBE type 2) ou à stockabilité limitée (BBE type 1 – 24h max)
- Frottement interne élevé (film de liant mince sur gravillons qui gardent des contacts directs) → bonne résistance au fluage et donc à l'orniérage si compactage optimal
- Souplesse (s'adapte aux supports déformables grâce à une phase mortier/mastic riche en liant)
- Capacité élevée de reprofilage (passage en une seule couche sur support raisonnablement déformé)

→ Granulats C III a Ang 3 (a minima) et non gélifs (éruptifs ou alluvionnaires)

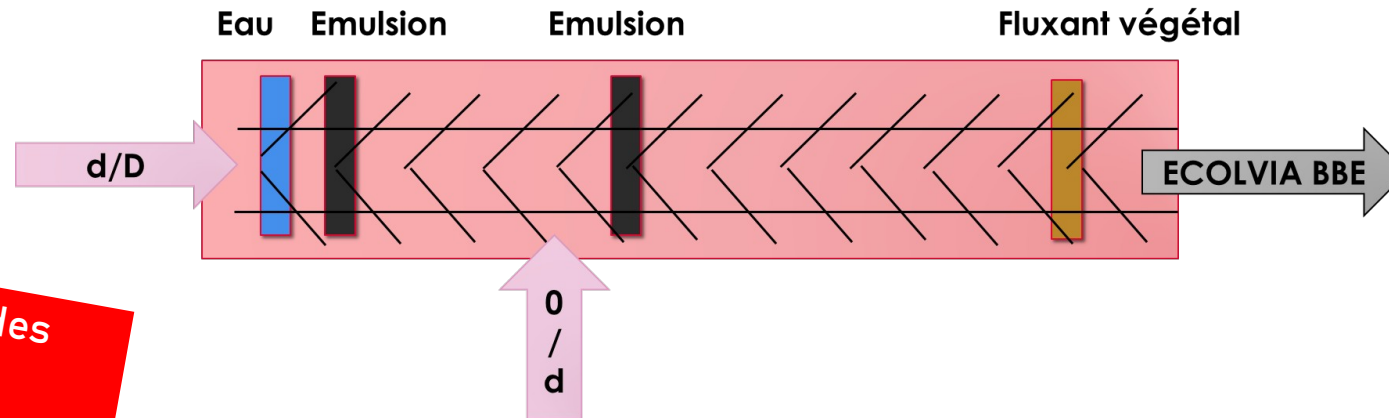
→ Teneur en liant résiduel théorique de 4.8 à 5,1 % pour BBE type 1 et de 5 à 5,3 % pour BBE type 2

BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)

Fabrication

Usines d'enrobage
fixes ou mobiles
spécialisées

Enrobage séquencé
+ fluxant végétal



Prélaquage à froid des
gravillons
souvent nécessaire



BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)

Domaines d'emploi

Trafic faible à moyen ($\leq T3$ pour BBE type 1 et $\leq T2$ pour BBE type 2)

Couche de roulement – produit souple – Adapté aux supports déformables
Usines d'enrobage spécialisées – séquençage – ajout de fluxant
Granulats : Eruptif et alluvionnaires

ECOLVIA BBE Stockable
Type 1 : TM et M
Trafic faible
Sensible au jeune âge

0/6 et 0/10
3 à 5 cm
Emulsion fluxée
Couche d'accrochage selon contexte

ECOLVIA BBE
Type 2 : TM, M et Epais
Trafic moyen
Montée en cohésion rapide

0/6 et 0/10 possibilité AE
3 à 8 cm
Couche d'accrochage Obligatoire

BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)

Points clefs sur chantier

- Visite sur site en présence du client
- Ancrage longitudinal et transversal à prévoir (finition à « 0 » interdite)
- Conditions météorologiques
 - Période d'application d'avril à octobre
 - Absence de pluie à 24h, support sec ou légèrement humide, température $\geq 15^{\circ}\text{C}$ (idéal)
 - Zones ombragées et fortement sollicitées en fin de saison
- Transport
 - Bâchage obligatoire
 - Limiter les distances de transport



BÉTON BITUMINEUX À L'ÉMULSION (BBE)

Points clefs sur chantier

→ Mise en oeuvre

- Finisseur avec table HPC (double dameurs)
- Absence de chauffe sur la table (éventuellement au démarrage)
- Couche d'accrochage obligatoire (250 g/m² de bitume résiduel)

→ Compactage

- Vibrant tandem VT1 + pneu P1 lesté (arrosage et produit anti-adhésif)

→ Remise en circulation

- Immédiate
- Marques de crampons (tracteurs) et/ou légères blessures dans zones de cisaillement

→ recompactage possible a posteriori mais fermeture recommandée si fort cisaillement

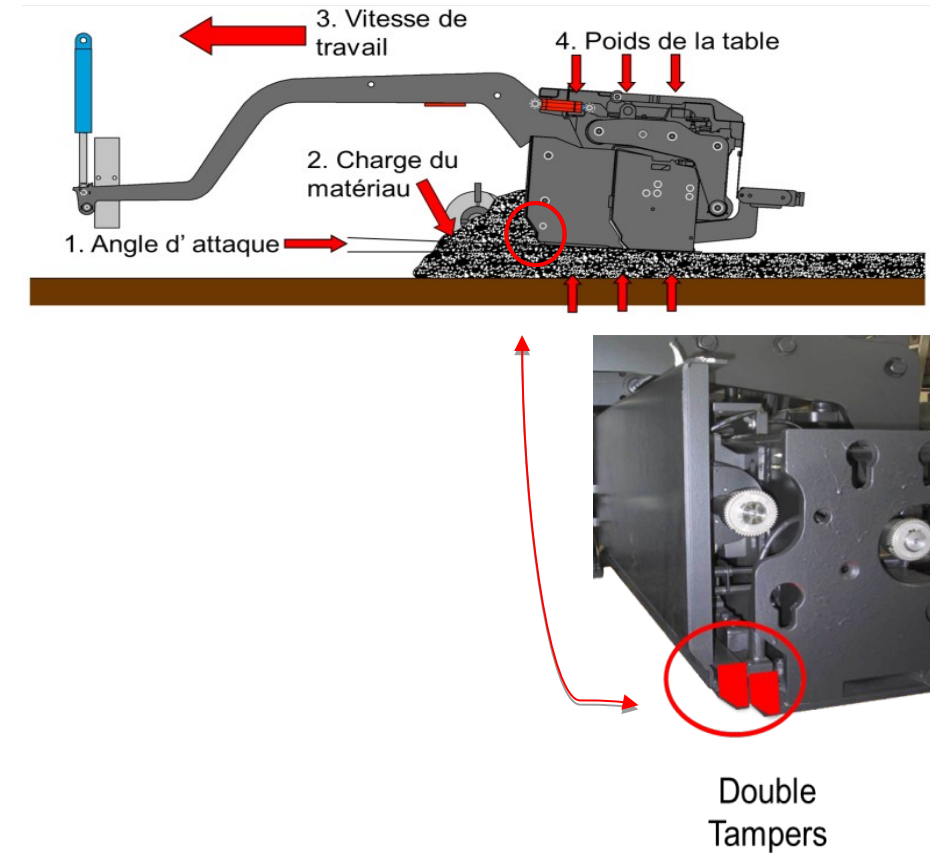




Table ronde n°4:

La résilience face au changement climatique : exemples et projets

1 - Méthodologie pour mener des études de résilience des infrastructures :

- *Marion SCABELLO (CEREMA Normandie Centre)*

2- L'observatoire des routes sinistrées par la sécheresse en région Centre-Val-de-Loire

- *Lamine IGHIL AMEUR (CEREMA- Centre Val de Loire)*

3- Projet LIBAROT (Liant Bas Carbone pour l'Infrastructure routière) – utilisation de coquillages dans les produits routiers :

- *Nassim SEBAIBI (Responsable de l'Unité de recherche Builders-Ecole d'ingénieurs de Caen - anciennement ESITC)*

4- Les enjeux globaux de l'économie circulaire au regard des transitions climatiques, environnementales et énergétiques et le label 2EC

- *Virginie AMANT (CEREMA)*



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



LA RÉSILIENCE DES INFRASTRUCTURES FACE AUX ALÉAS CLIMATIQUES

Marion Scabello - Cerema

31 Janvier 2023



LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



ADAPTATION : Gérer l'inévitable

action de traiter les conséquences du changement climatique en **anticipant** les impacts des aléas par des prévisions et des projections pour ainsi réduire la vulnérabilité des infrastructures au court, moyen et long terme.



ATTENUATION : éviter l'ingérable

action de réduire l'impact des infrastructures sur les émissions de GES à travers des mesures concernant les matériaux, les procédés, ...

→ **Notion de résilience** : « la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à faire face à un événement, une tendance ou une perturbation dangereuse, en répondant ou en se réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation, d'apprentissage, et de transformation » (GIEC)

QUELS ALÉAS CLIMATIQUES POUR QUELS IMPACTS ?



Sécheresse et
hausse des
températures



Inondations
et crues



Dégâts
hivernaux



Eboulements



Problématiques
locales très
diverses

- Evolution des aléas climatiques
- Augmentation des moyennes et augmentation des extrêmes
- Fréquences et impacts diverses selon les territoires
- Impacts sur les infrastructures, les usagers, les budgets et les territoires

D'où l'importance

- ✓ De passer à une gestion préventive plus intégrée
- ✓ D'optimiser l'existant et l'utilisation des ressources
- ✓ Connaitre la vulnérabilité de son territoire
- ✓ Adopter une gestion intégrée des patrimoines d'infrastructures de transport

MÉTHODOLOGIE DU CEREMA



- Méthode et expertise développée par le Cerema dans le cadre du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique
- Une méthode développée pour la route et **transposable** à différentes problématiques :
 - Différentes **échelles** géographiques : Département, DIR, Métropole, communes, port, ...
 - Différentes **typologie de réseaux** de transport : routier, ferroviaire, maritime, multimodal, ...
 - Différents **contextes climatiques** : urbain, rural, côtier, montagnard, outremer, ...

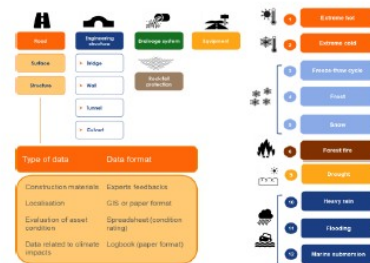
Une démarche en 2 volets :

1. Diagnostiquer les vulnérabilités aux aléas climatiques actuels et futurs
2. Elaborer une stratégie d'adaptation pour des infrastructures résilientes

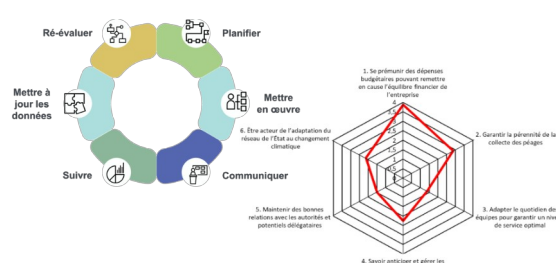
Adaptation Measures (Infrastructure Related)	Adaptation Measures (Traffic Related)	Adaptation Measures (Infrastructure Related)	Adaptation Measures (Traffic Related)
Road adaptation measures: Bridge retrofit, Tunnel protection, Road widening, Relocation of roads, etc.	Intelligent Transport Systems (ITS), Early warning systems, Roadside assistance, etc.	Periodic maintenance, Service restoration, etc.	Integration of climate change in the design phase, Technical regulations, Adaptation of current regulations to climate change, etc.
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100



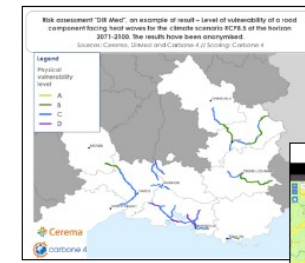
Assister les maîtres d'ouvrage



Estimer les vulnérabilités



Préciser des objectifs de résilience



Sensibiliser, former et communiquer



MÉTHODOLOGIE DU CEREMA

Les résultats

- Identification des sensibilités actuelles aux aléas climatiques
- Analyse de l'évolution des vulnérabilités dans un contexte de changement climatique
- Identification de solutions d'adaptation
- Définition d'une stratégie de résilience avec priorisation des solutions d'adaptation

Objectifs possibles de la démarche

- ✓ Adapter les solutions techniques
- ✓ Prioriser les solutions d'adaptation
- ✓ Améliorer les politiques et stratégies de gestion
- ✓ Optimiser les dépenses budgétaires
- ✓ Améliorer la résilience du réseau et des territoires



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité



Cerema

OFFRES CEREMA POST CRISE
«AMÉNAGER À VOS CÔTÉS LES
TERRITOIRES RÉSILIENTS»

Améliorer la résilience de vos infrastructures et réseaux de transport : Diagnostiquer les vulnérabilités aux aléas climatiques actuels et futurs



CONTEXTE

Les infrastructures de transport font face à de nombreux aléas d'origine naturelle ou anthropique : des événements extrêmes endommagent ou détruisent régulièrement routes, ponts, plateformes portuaires et aéroportuaires.

Les effets de ces intempéries sont aggravés par l'urbanisation, l'artificialisation des sols, le manque de suivi des ouvrages critiques, la sous-estimation de la vulnérabilité de l'environnement et le changement climatique.

Lorsque les infrastructures de transport deviennent inopérantes, deux crises successives surviennent : difficultés dans les opérations de secours, puis réhabilitation ou reconstruction des infrastructures sous forte contrainte budgétaire. A cela s'ajoutent les impacts indirects sur les usagers et sur l'économie liés aux difficultés de déplacement.

Rendre les infrastructures résilientes aux risques est une réponse à privilégier pour sauvegarder durablement un patrimoine essentiel. La prise en compte de la résilience dans les investissements - travaux neufs, de maintenance ou de réhabilitation - n'est ainsi plus une option pour la puissance publique, Etat et Collectivités.

THÉMATIQUES ASSOCIÉES

- * Résilience des infrastructures et réseaux de transport
- * Résilience des territoires
- * Climat

VOTRE BESOIN

Vous gérez un réseau d'infrastructures de transport et vous préoccupez de la continuité d'activité.

Vous craignez que des aléas mal estimés ne viennent anéantir votre patrimoine et mettre en péril l'activité économique de votre région ou de votre périmètre d'action.

Vous souhaitez identifier les vulnérabilités, physiques ou fonctionnelles, de vos infrastructures et préparer une réponse globale.

Vous souhaitez être accompagnés par des experts de la résilience des réseaux de transport pour définir la stratégie d'action adaptée à vos besoins réels.

LA RÉPONSE DU CEREMA

Le Cerema réalise une analyse de risques sur votre patrimoine, identifie les points critiques de votre réseau ou de vos plateformes, évalue les dommages potentiels et vous propose des solutions d'atténuation des effets de ces aléas. Une offre intégrée d'accompagnement comporte : diagnostic des vulnérabilités, hiérarchisation des différentes solutions, définition et déploiement des solutions, communication vers les parties prenantes.

Identifier les vulnérabilités : votre stratégie de résilience

Etape essentielle de la démarche Cerema d'amélioration de la résilience d'un réseau de transport, elle s'appuie sur : un périmètre d'étude adapté aux objectifs du territoire, l'identification des aléas et leurs évolutions possibles, la qualification des vulnérabilités physiques et fonctionnelles, l'analyse des impacts sur les déplacements.

Lorsque vulnérabilités des infrastructures et impacts pour le territoire sont connus, le Cerema vous accompagne dans l'identification des solutions et de leurs coûts, afin de les prioriser et les mettre en œuvre.

Assistance à maîtrise d'ouvrage

Votre stratégie de résilience étant adoptée, le Cerema propose des solutions techniques éprouvées et neutres et vous accompagne dans la rédaction des marchés de maîtrise d'œuvre. Il vous apporte également son expertise en phase travaux, afin de lever toute difficulté technique. Le Cerema vous aide, enfin, à identifier les aides disponibles et à lancer les travaux au plus vite.

EXEMPLES D'ÉTUDES RÉALISÉES



Définitions des objectifs et périmètres en vue de la réalisation d'une analyse de vulnérabilité (2019- 2020)



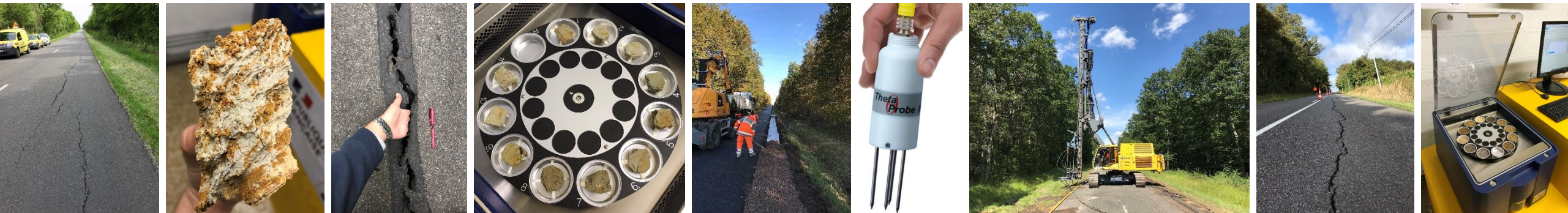
Evaluation de la vulnérabilité de l'Axe Seine au changement climatique et identification des solutions d'adaptation (AMO) (2020-2021)

Techniques routières innovantes et durables

Conférence Technique Territoriale | Caen, le 31 janvier 2023

Table ronde : La résilience face au changement climatique exemples et projets

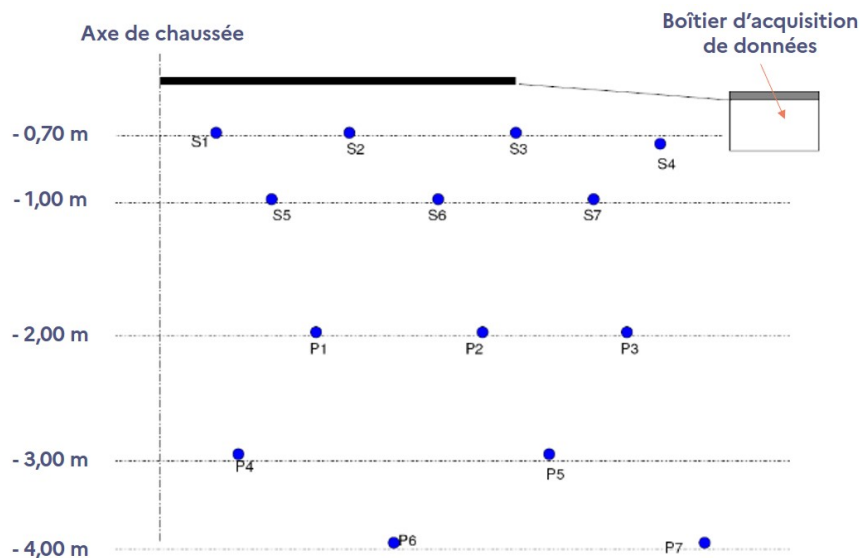
Lamine IGH LAMOUR



Impacts de la sécheresse sur les routes exposées au RGA

- Retour d'expérience suite à une instrumentation in situ dans le Loir-et-Cher (LRPC, 2009)

Schéma d'implantation des sondes tensiométriques sur un demi-profil de chaussée



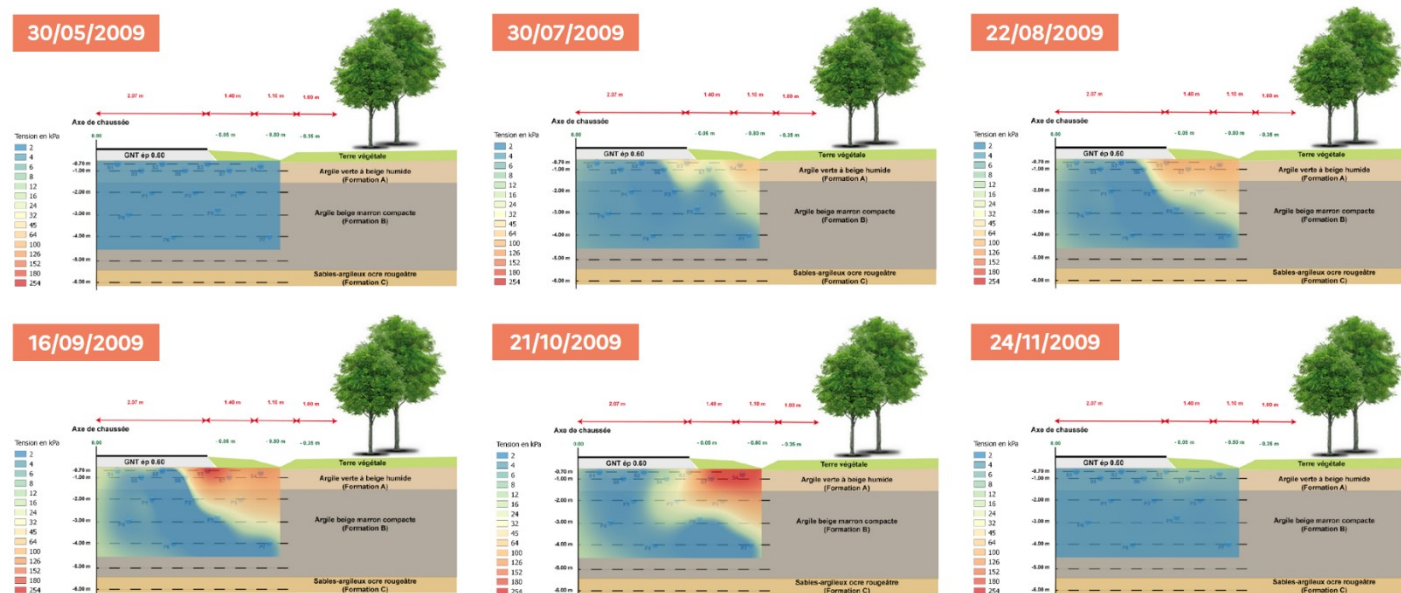
Sondes Vt er nark®



Mn i t or®

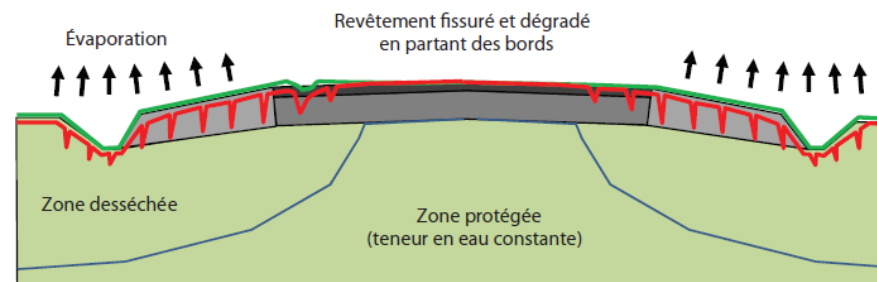


Cartographies de la succion du sol mesurée in situ sous une demi chaussée et son accotement entre le 30/05 et le 24/11/2009



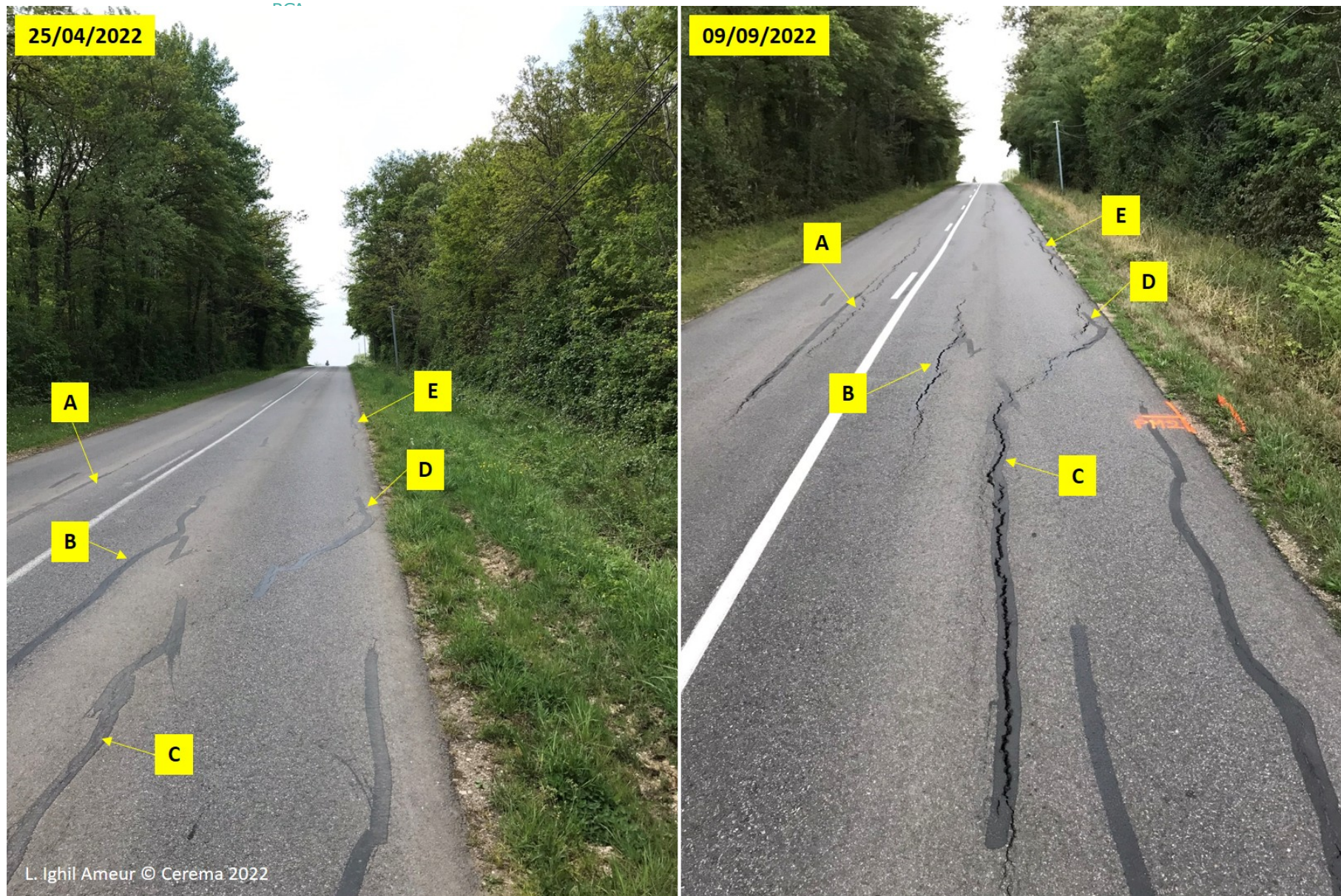
© Cerema

Mécanismes de dégradation d'une chaussée exposée à la sécheresse (Magnan, 2013)



Impacts de la sécheresse sur les routes exposées au RGA

- Illustration de l'impact de la sécheresse 2022 sur une route départementale exposée



ORSS, un observatoire inédit pour la résilience des infrastructures routières

L'Observatoire

➤ L'Observatoire des Routes Sinistrées par la Sécheresse (ORSS) du Cerema, c'est ce jour :



Pour en savoir plus



5 départements partenaires



1,56 M€



8 sites / 15
planches
d'essais



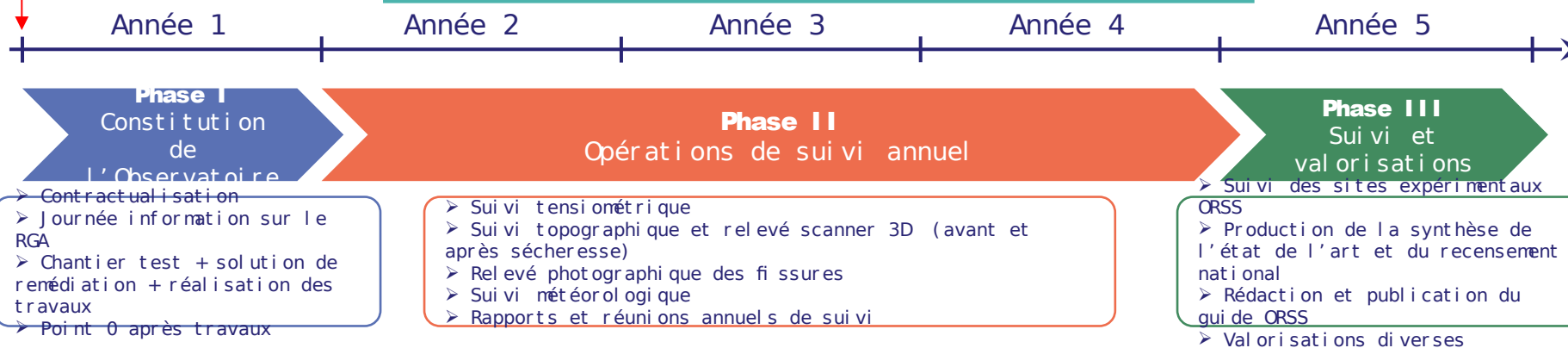
15 solutions
dont 7
procédés



~ 2,5 km de
routes
confortées

Calendrier prévisionnel de l'Observatoire

Date de signature des
conventions Cerema &
départements CvdL*



* Départements de la région Centre-Val de Loire partenaires du projet ORSS : Cher (18), Indre (36), Indre-et-Loire (37), Loir-et-Cher (41) et Loiret (45)

ORSS, un observatoire inédit pour la résilience des infrastructures routières

L'Observatoire

Solutions catégorie 1



1 Réhabilitation de l'enrobé avec le principe du Recycl'ovi a® (seul et renforcé par une géogrid)

2 Stabilisation mécanique de la couche porteuse par deux lits de géogrid triaxiale TriAx®

3 Consolidation de la structure de chaussée par pose de blocs de Compostyrène®



Solutions catégorie 2



4 Étanchéification verticale par encapsulage avec une géomembrane

5 Étanchéification horizontale des accotements (par géomembrane ou par enduit de surface)

6 Consolidation du sol sous chaussée par injection de résine expansive URETEK®



Solution catégorie 3



7 Stabilisation chimique du sol sous chaussée par injection du Remedi aCl ay®



GT Résilience des routes exposées au RGA et leur adaptation au changement climatique

25/ 11/ 2022)

- Chantiers tests réalisés ou en cours de l'ancement
- Phase d'auscultation/ suivi ou de prospect ion



Agence d'Angers
Xavier CHARRIER



DIR NF/ GPG
Jérôme REVEL

DIRECTION TERRITORIALE

- ★ Siè ge
- Agence
- Autre site

DIRECTION TECHNIQUE

- ⬠ Direction générale (Bron - Vaulx-en-Velin - Lyon)

Agence de Blois
Lamène IGHIL AMEUR

Direction technique RISQUES, EAUX ET MER

Direction territoriale OUEST

Direction territoriale SUD OUEST

Direction territoriale HAUTS-DE-FRANCE

Direction territoriale NORMANDIE CENTRE

DIR NFRA/ GPI A
Isabelle LIENARD



Direction territoriale ILE-DE-FRANCE

Agence de Nancy
Bakri BASMAJI



Direction territoriale EST

Direction technique INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT & MATÉRIAUX

Agence d'Autun
Frédéric JEANPIERRE



Direction territoriale CENTRE EST

Direction technique TERRITOIRES & VILLE

DIR S/ NFRA
Olivier MARTIN





Merci de votre attention



Rapport de la Cour des comptes

La Cour des comptes a publié le 10 mars 2022 son rapport sur « **L'entretien des routes nationales et départementales** »

Les routes sont également impactées par les effets du changement climatique. Même si le sujet aurait mérité davantage de développement et d'attention dans ce rapport, une section lui a néanmoins été dédiée en pages 42-44 intitulée « **La résilience des infrastructures à l'épreuve du changement climatique** »

La Cour des comptes cite dans ce rapport (page 42) les travaux du Cerema, Institut Carnot Clim'adapt, en partenariat avec 5 départements de la région Centre-Val de Loire ; Cher (18), Indre (36), Indre-et-Loire (37), Loir-et-Cher (41) et Loiret (45) dans le cadre du projet de recherche **ORSS** "Observatoire des Routes Sinistrées par la Sécheresse"

Pour en savoir
plus



L'ENTRETIEN DES ROUTES NATIONALES ET DÉPARTEMENTALES

Rapport public thématique
Mars 2022



Résilience des infrastructures

RGAR Retrait-gonflement des sols argileux

La série de fiches « Résilience des infrastructures » donne aux gestionnaires une information technique sur les conséquences du changement climatique sur les infrastructures.

Cette fiche de la série « Résilience des infrastructures » traite du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux (RGAR) et de ses conséquences sur les infrastructures routières. Dans le contexte du changement climatique, ce phénomène risque d'engendrer plus de dommages et nécessite d'être pris en compte. Cette fiche, divisée en trois parties, définit les enjeux de la problématique (partie 1), contribue à améliorer la connaissance du patrimoine routier (partie 2) afin de déterminer les moyens d'action pour le rendre plus résilient (partie 3).



Aléas climatiques et météorologiques influençant le retrait-gonflement des sols argileux



Fiche n° 01 - Janvier 2022



collection | Connaissances



Pour en savoir
plus

Fiches « Résilience des infrastructures »

Le Cerema, Institut Carnot Clim'adapt, vient de publier la première fiche d'une série de fiches "**Résilience des infrastructures**", qui donne aux gestionnaires une information technique sur les conséquences du changement climatique sur les infrastructures

Cette fiche n°01 est consacrée au phénomène de **RGAR** et son impact sur les infrastructures routières

Dans le contexte du changement climatique, ce phénomène risque d'engendrer plus de dommages et nécessite d'être pris en compte. Cette fiche, divisée en trois parties ; définit les enjeux de la problématique (partie 1), contribue à améliorer la connaissance du patrimoine routier (partie 2) afin de déterminer les moyens d'action pour le rendre plus résilient (partie 3)"


Cont act

Lami ne **I G H I L A M E U R**



Doct eur en Mécani que des Sol



Me contact er 
ameur@cerema.f r

I ani ne. i ghi l -



LIBAROT

Liants Bas Carbone pour infrastructure routière

Nassim SEBAIBI: Responsable de l'Unité de Recherche - Builders Ecole d'Ingénieurs

Mohammed Zelloufi: Ingénieur R&D - Builders Ecole d'Ingénieurs

Julien WALIGORA: Chef de Projets Recherche & Innovation – Eiffage Infrastructures





Présentation du projet

1

Contexte

2

Objectifs

3

**Partenaire
s**

4

**Plannin
g**

5

**Tâche
s**

1

Contexte

- ✓ Normandie : 1^{ère} région productrice d'huîtres en France avec **250 000 tonnes / an**
- ✓ Absence de filière de récupération, d'élaboration et de valorisation des déchets de coquilles d'huîtres en Normandie
- ✓ Ces coquilles (riche en Calcaire (CaCO_3)) = ressource pour matériaux routiers et de génie civil



Blainville-sur-Mer. Coquilles d'huître, une ressource locale à valoriser

La montagne de déchets de coquilles d'huître qui se dresse au fond du havre est récupérée par une entreprise bretonne qui se charge de valoriser ces coproduits de l'ostréiculture.

Ouest-France
Publié le 22/03/2021 à 05h50

Abonnez-vous

ÉCOUTER

LIRE PLUS TARD



Vingt-quatre camions chargés chacun de 30 t de coquilles d'huître ont déjà transporté les coquilles d'huître jusqu'en Bretagne. | OUEST-FRANCE

❖ Objectifs techniques et environnementaux :

- Développement de nouveaux liants hydrauliques et matériaux routiers bas CO₂ par rapport aux matériaux conventionnels pour la même application.
- Diminution de la consommation de ressources naturelles par la valorisation des déchets de coquilles, sous forme broyées et concassées.



❖ Objectifs techniques et environnementaux :

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre des infrastructures routières et de génie civil

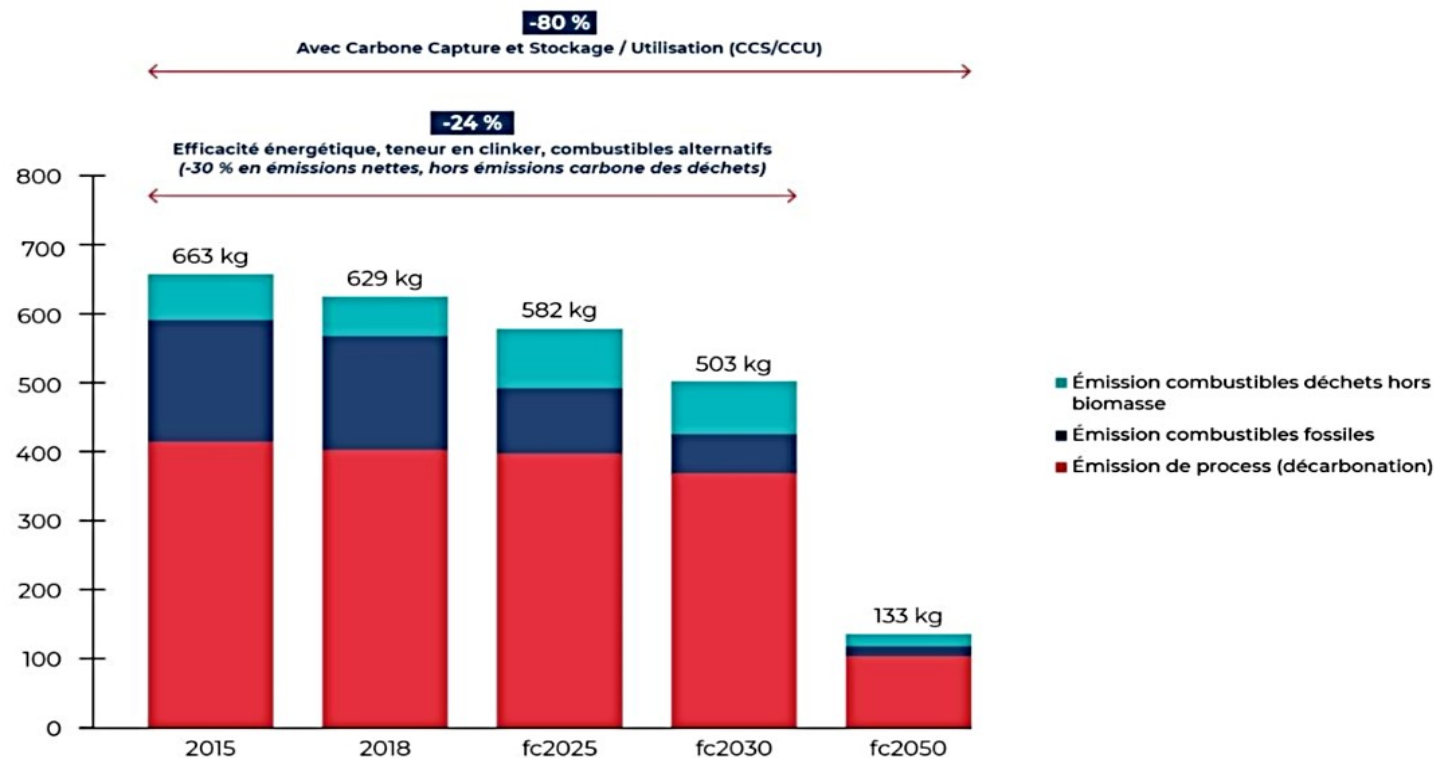


Figure : Evolution des émissions CO₂ du secteur cimentier (Source : Feuille de route de la filière ciment, 2021)

❖ Objectifs socio-économiques :

- Structuration et développement d'une filière de récupération / valorisation des coquilles d'huîtres

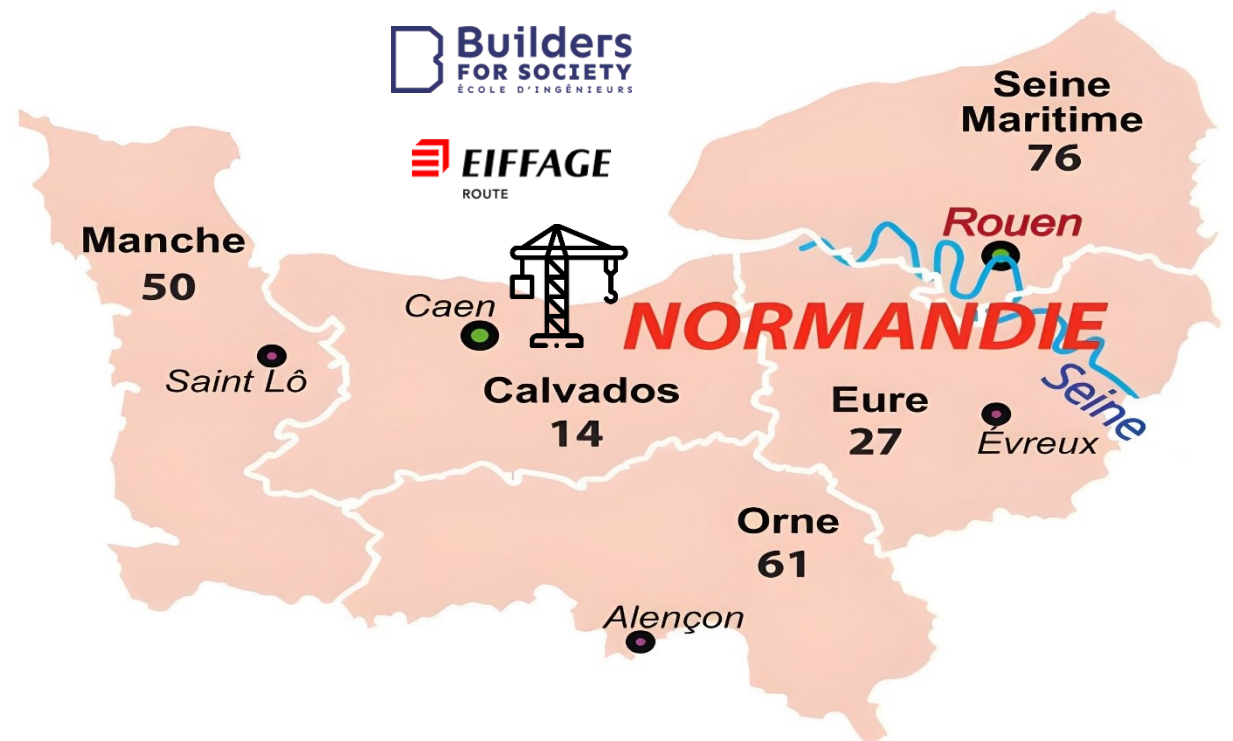


- Réalisation de chantiers expérimentaux
- Déploiement d'une zone de démonstration et infrastructures bas carbone

❖ Trois partenaires :

- Laboratoire de recherche **Builders Lab** de Builders Ecole d'Ingénieur, basé à Epron en Normandie
- Entreprise Eiffage Route en Normandie
- Eiffage Infrastructures en Ile de France

- Consortium à dimension interrégional
- Partenariat académique et industriel



4

Planning

- Planning prévisionnel du projet : 24 mois

Tâches	Lead	Temps
MT M : Management	ESITC Caen	24 mois
Coordination et animation des partenaires		
Rédaction et signature d'un accord de consortium		
Comité de pilotage		
Comité technique	ESITC Caen	9 mois
MT C : Valorisation des résultats et communication		
Valorisation des résultats et communication (congrès National et International, publications scientifiques...), Kit de communication, réseaux sociaux		
MT T1 : Sourcing des coproduits coquilliers, processus de transformations, CdC de l'application		
Identification des gisements de coproduits coquilliers	Eiffage Infrastructures	8 mois
Analyse des différentes méthodes d'éliminations de la matières organiques, broyages et criblages		
Elaboration d'un cahier des charges (CdC)		
MT T2 : Développement technique et scientifique du liant à faible impact environnemental à base de coproduits coquilliers		
Formulation et optimisation des liants activés à base de coproduits coquillier/matériaux traités pour les deux applications ciblées	ESITC Caen	14 mois
Caractérisation des matériaux bas carbone		
Etude et développement d'une approche performancielle		
MT T3 : Echantillonnages et prototypes		
Chantiers tests	Eiffage Route	10 mois
Caractérisation In-situ et retour d'expérience		
MT T4 : Evaluation environnementale	Eiffage Infrastructures	10 mois
Fiche de déclaration environnementale sanitaire (FDES)		
Analyse du cycle de vie (ACV)		

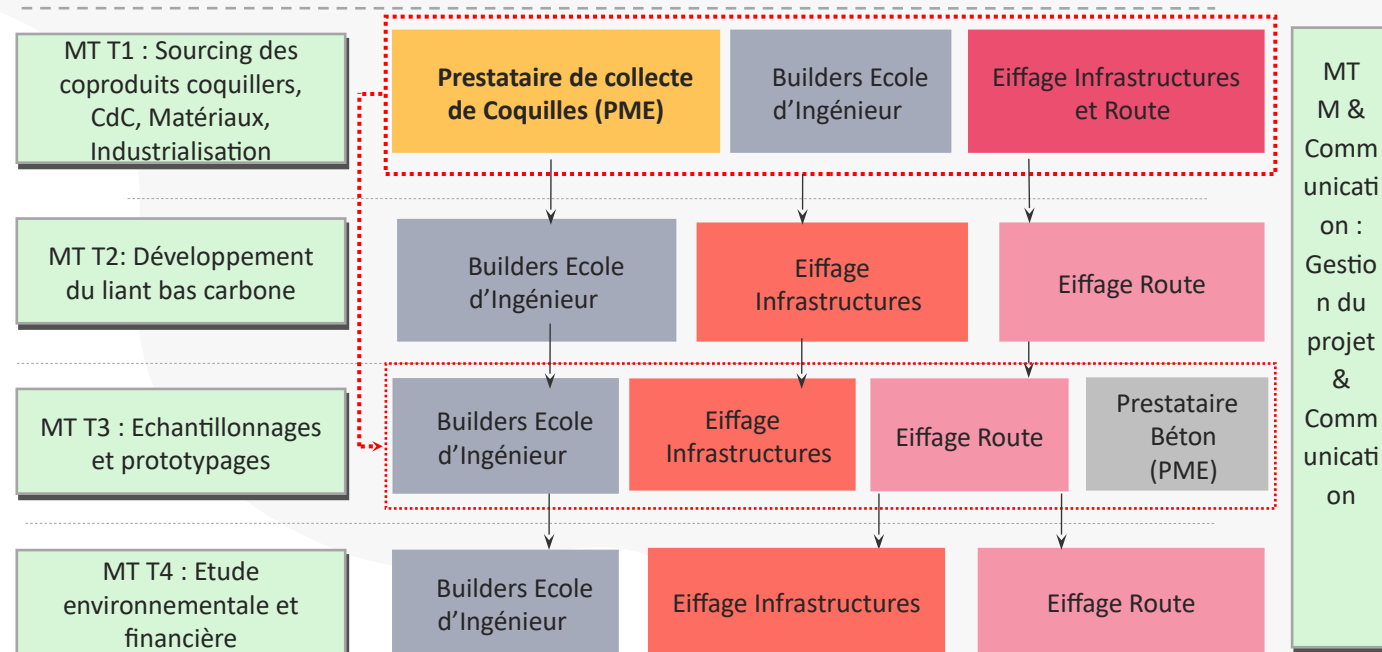


Figure : Diagramme du projet décrivant le lien entre les MT, les partenaires et le coordinateur de chaque MT

- Actions de communication :

- ✓ Réseaux sociaux, site internet
- ✓ Participation à des conférences (nationales, internationales)
- ✓ Présentation du projet à des événements locaux (J'NOV, Fête de la science, etc.)



❖ **Le caractère innovant du projet Libarot est double :**

- ✓ La mise en place d'un nouveau liant à faible empreinte carbone (une teneur moindre en clinker).
- ✓ La préservation des granulats naturels non renouvelables par l'addition des coquilles concassées de même granulométrie dans la composition des matériaux formulés.

❖ **Les applications industrielles ciblées :**

- Stabilisation des couches de fondation routières où de sol naturel,
- Béton de route non drainants (propreté, bordure, glissière de sécurité et matériaux autocompactants)

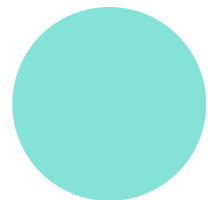




❖ Chantiers expérimentaux :

Chantiers tests en Normandie et en Ile-de-France :

- ✓ Travaux routiers : sous-couche routière avec le liant bas carbone coquiller formulé,
 - ✓ Éléments connexes de l'infrastructures routière : béton de bordure, de propreté, de comblement à base du liant bas carbone coquiller élaboré et les déchets de coquilles concassés.
 - ✓ Possibilité de réaliser des **enrobés bitumineux** intégrant des coquilles concassées sur la base du savoir-faire Eiffage Route (travaux de recherche initiés en 2021)
-
- Chantiers réalisés pour le compte de maîtres d'ouvrage avec application du Décret n° 2021-1634 du 13 décembre 2021 relatif aux achats innovants et portant diverses autres dispositions en matière de commande publique.
 - Dispositif qui permet de passer un marché sans publicité ni mise en concurrence préalables portant sur des travaux, fournitures ou services innovants dont la valeur estimée est inférieure à 100 000 euros HT.



**Merci pour votre
attention !**

Mettez de
l'économie
circulaire dans vos
projets de
construction et
d'aménagement





LABEL

ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

Qu'est ce que c'est ?

- **Un label national** qui vise à identifier et valoriser les bonnes pratiques de la profession en matière de prévention et de gestion des déchets.
- **Une démarche ambitieuse reconnue** par les acteurs du BTP et reposant sur les méthodologies nationales
- **Une garantie d'agir dans le respect de la réglementation** et des règles d'acceptabilité environnementale et sanitaire



LABEL

ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

Une charte au cœur du processus



LABEL
ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE



Charte d'engagement

Label 2EC pour la valorisation de matériaux alternatifs ainsi que la prévention et la gestion des déchets générés dans le cadre de projets

Le Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTE) propose aux porteurs de projet, public ou privé, le label 2EC.
Ce label a pour vocation de développer l'économie circulaire dans le domaine de la construction. Il permet d'offrir aux acteurs de l'acte de construire une reconnaissance de l'utilisation de matériaux alternatifs dans un projet et de la bonne gestion des déchets générés par la conception du même projet.

L'obtention du label 2EC est soumise à la mise en œuvre d'exigences définies dans une charte d'engagement. Cette charte d'engagement a été élaborée dans le cadre d'un groupe de travail regroupant :
— Le Ministère de la Transition écologique et solidaire,
— La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France (DRIEE),
— Le Cerema,
— La Métropole de Lyon,
— La Région Île-de-France,
— Le Conseil Départemental de Seine-et-Marne,
— La Société du Grand Paris,
— Syntec Ingénierie,
— Le Syndicat des Entreprises de Déconstruction, Démolition et Recyclage (SEDDRe),
— La Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTTP),
— L'Union Nationale des Exploitants du Déchet (UNED),
— La Fédération Professionnelle des Entreprises du Recyclage (FEDEREC),
— Et Enckell Avocats.



UNEV

Union Nationale des Entreprises de Valorisation



ed
ENCKELL
AVOCATS



GRAND LYON
la métropole



SEINE & MARNE
LE DÉPARTEMENT

DRIEE Île-de-France

Direction régionale et interdépartementale de
l'environnement et de l'énergie



LABEL

ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

Le projet peut- être labellisé s'il correspond
à des projets de construction et
d'aménagement :

- valorisant des matériaux alternatifs
- prévenant et gérant les déchets de conception du projet

Un aménagement faisant l'objet d'une procédure ou d'une autorisation d'urbanisme : zone d'aménagement concertée, projet urbain partenarial, lotissement, parc de loisirs, terrain de golf, etc.



Un comblement de cavités souterraines pouvant être d'origine anthropique ou naturelle

La construction, la réhabilitation ou l'entretien d'infrastructures de transport et d'ouvrages associés : voies de circulation, aires de stationnement, merlons paysagers ou phoniques, plateformes d'activités économiques, pistes et aires de stationnement d'aéronefs



LABEL

ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE



5 bonnes raisons de demander le label 2EC



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité

- **Être accompagné** *via* la mise en œuvre d'une charte d'engagement
- **Faire valoir ses engagements**
d'acteur responsable en faveur d'une économie circulaire dans les projets d'aménagement et de construction
- **Faciliter l'acceptabilité sociale**
des projets sur le territoire
- **Contribuer à une société du recyclage** en phase avec les ambitions de la transition écologique
- **Bénéficier d'échanges de bonnes pratiques** au sein d'une communauté d'acteurs de la



Le Cerema accompagne la labellisation des projets...

A toutes les étapes de votre démarche d'économie circulaire

- ✓ Conformité de votre projet aux règles de l'art et aux méthodes reconnues par le ministère de l'écologie en matière de prévention et de gestion des déchets du BTP
- ✓ **Instruction de vos engagements**
- ✓ **Réalisation d'audits**
- ✓ Attribution de **labels** aux stades de Conception, Réalisation et Achèvement des travaux liés à la labellisation

Pour communiquer sur votre engagement en faveur d'une économie circulaire

- ✓ Mise à disposition d'un **kit de communication**, enrichi tout au long du projet
- ✓ Mise en visibilité sur le **site internet** du label 2EC



LABEL

ENGAGEMENT
ÉCONOMIE
CIRCULAIRE

Pour en savoir plus

label-2ec@cerema.fr
www.label-2ec.fr