

**FORMATION TECHNIQUE
BITUME QUEBEC
2020**

Développement durable

Jeudi 10 décembre 2020

**Paul Marsac
Laboratoire MAST-MIT
Université Gustave Eiffel
FRANCE**

Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud synthèse de l'expérience française

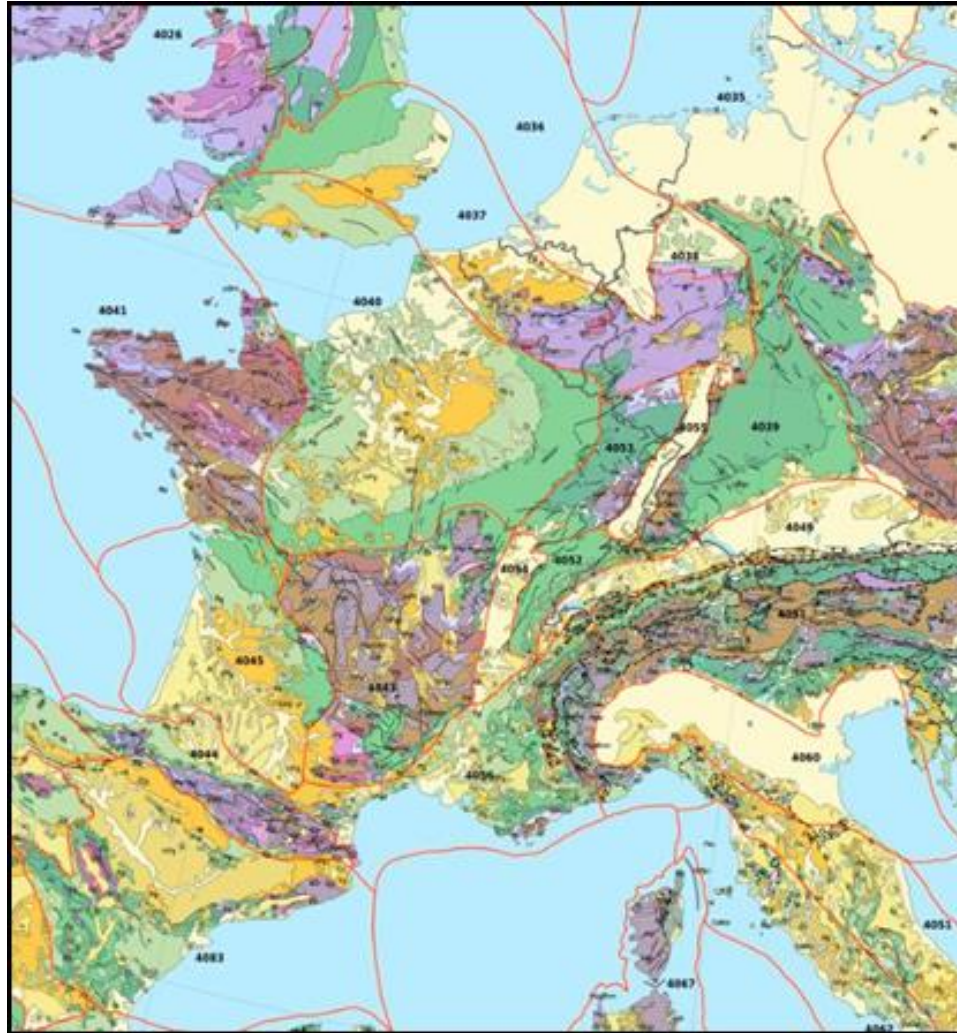
Plan

- **Contexte français**
- **Contributions au développement du recyclage sous différents aspects**
- **Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise**
 - ❑ *Présentation du guide recyclage*



Contexte français

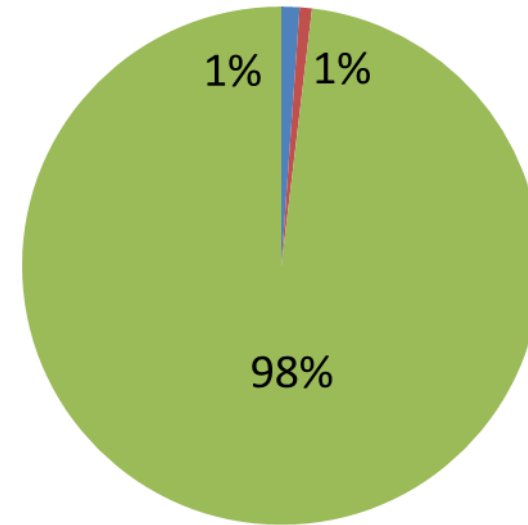
Géologie



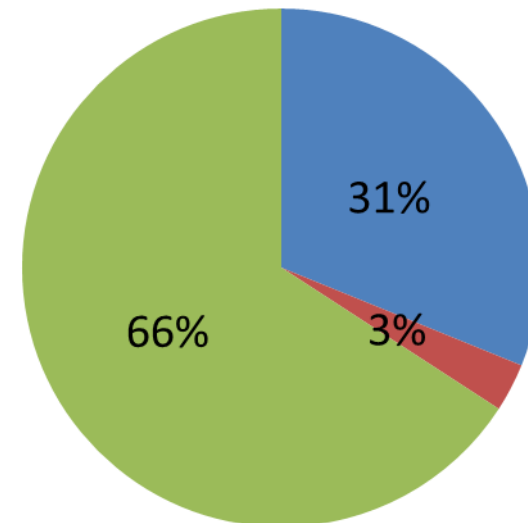
Des ressources en granulats répondants aux caractéristiques demandées pour la fabrication des enrobés bitumineux inégalement réparties sur le territoire

Contexte français

Réseau routier



Longueur (total 1,1 Mkm)



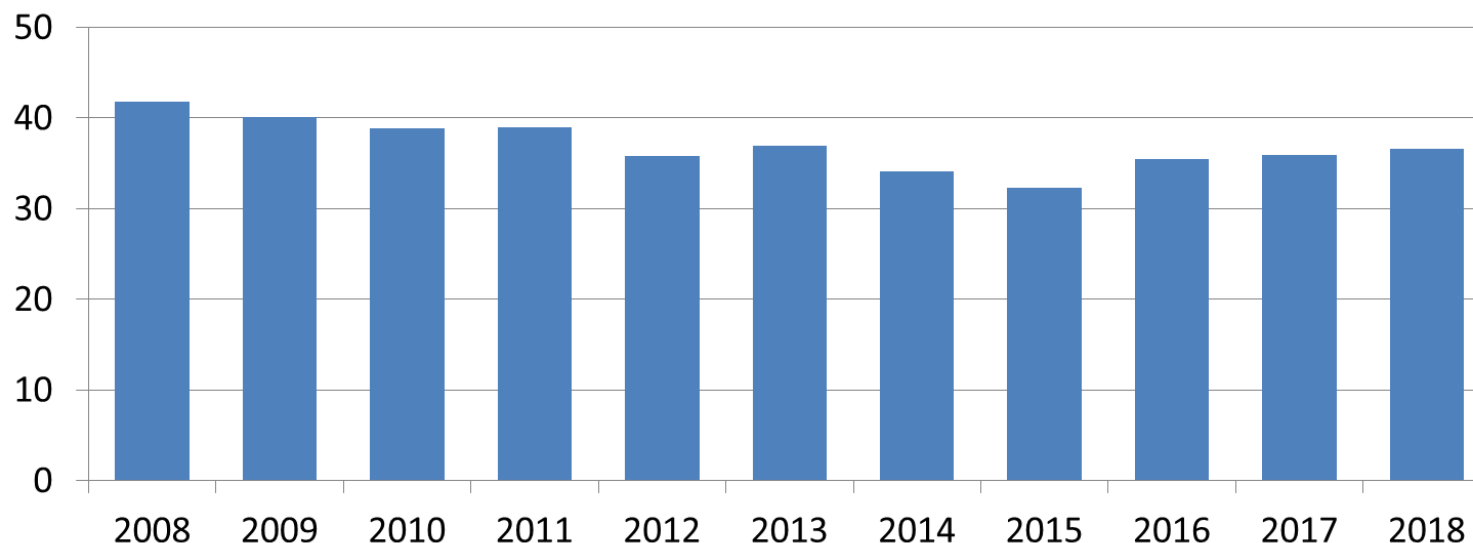
Répartition du trafic

- Autoroutes
- Routes Nationales
- Routes départementales et communales

Sources: Cerema, ASFA

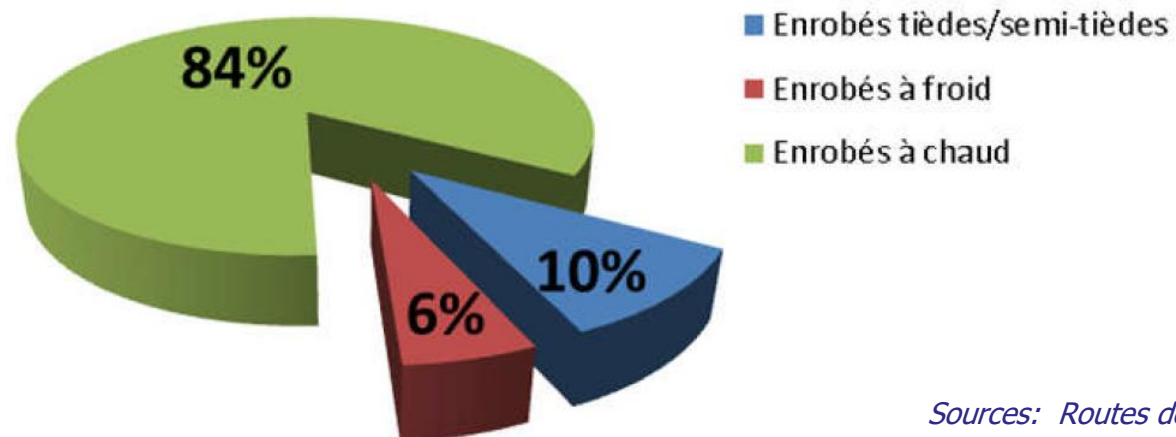
Contexte français

Evolution de la production d'enrobés bitumineux (Mt)

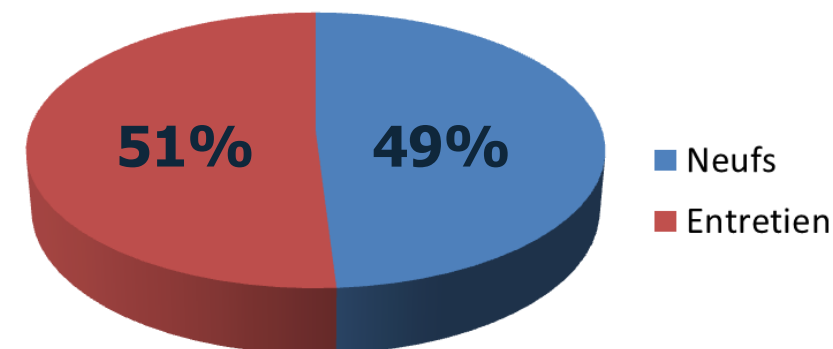


← **≈36 Mt/an)**

Répartition de la production (2018)



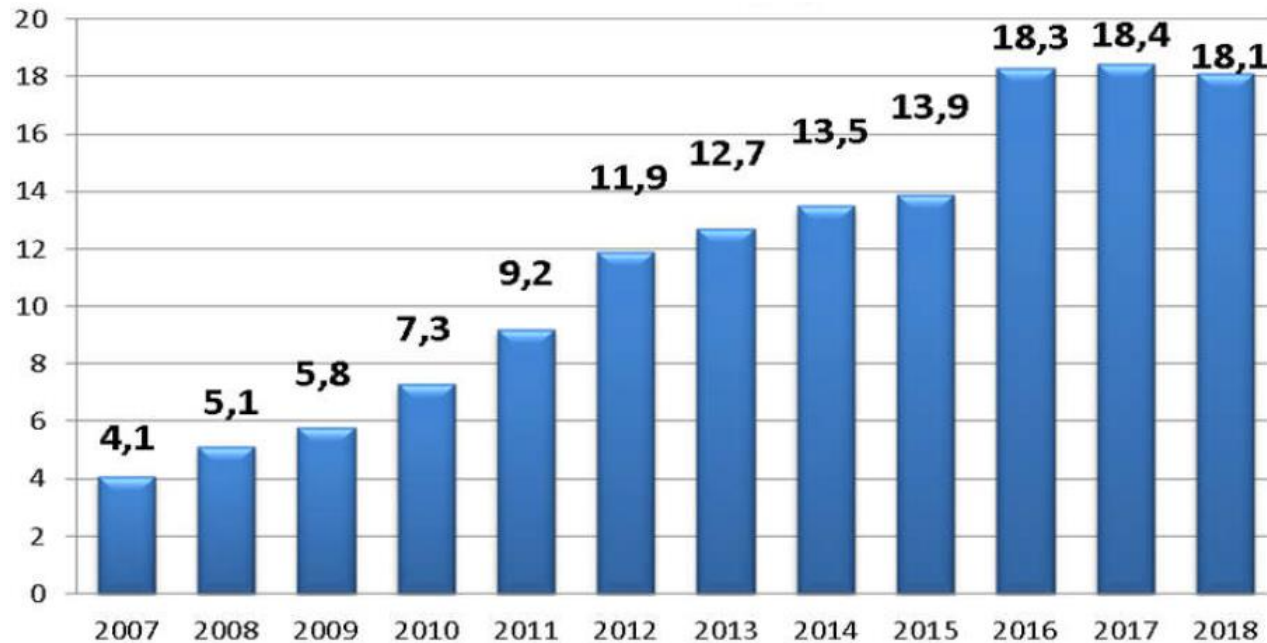
Nature des travaux



Sources: Routes de France, FNTF

Contexte français

Taux de réintroduction des agrégats d'enrobés dans les enrobés bitumineux (%)



**multiplié par environ 3 à 4
en 10 ans**

Sources Routes de France

Agrégats d'enrobés (AE) utilisés dans les enrobés neufs : 7,8Mt/an (2018)

Recyclage typique: 10 à 30% d'AE dans les enrobés à chaud

AE typique:

- teneur en bitume $\approx 5\%$
- pénétrabilité du liant $\approx 12 \text{ 1/10mm}$
- température de ramollissement bille-anneau $\approx 75^\circ\text{C}$

Aspect juridique

Depuis 2008, mise en place d'une politique proactive pour développer le recyclage

- Directive-cadre Européenne relative aux déchets (2008)

Objectif 2020: réutiliser au minimum 70% des déchets non dangereux issus de la déconstruction et de la démolition

- Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015)

Objectif 2017: au moins 10% de recyclés dans les couches de surface et au moins 20% dans les couches d'assise

Objectif 2020: au moins 20% de recyclés dans les couches de surface et au moins 30% dans les couches d'assise

Implication des parties prenantes

Engagement de la maîtrise d'ouvrage État

- **Circulaire du ministérielle (2009)**

Minimum de 10% de recyclés et ouverture des appels d'offres aux variantes avec critère de notation lié au taux de recyclage

Engagement des syndicats professionnels, de l'État et des Départements

- **Convention d'engagement volontaire (2009)**

Objectif de valoriser notamment la réutilisation des agrégats d'enrobés



Aspect normatif

Depuis 2008, les agrégats d'enrobés sont régis par une norme Européenne (EN 13108-8). Ils sont considérés comme un produit normalisé dont les caractéristiques doivent être déclarées dans une fiche technique type indiquant notamment:

➤ L'identification et le volume du stock

Fiche Technique d'Agrégats d'Enrobés (FTAÉ)			
Codification européenne : U AE 0/D			
N° identification du stock	Période de prélèvements : du / / au / / de constitution stock : du / / au / /		
Lieu de Stockage :	Quantité du stock		
Société :	☐ Stock tout-venant ☐ Stock spécifique		
Présence de polymères : ☐ oui ☐ nr ☐ non		Origine :	
Présence d'additifs : ☐ oui ☐ nr ☐ non		HAP : ☐ ≤ 50 mg/kg ☐ (≤ 500 mg/kg) ☐ >500mg/kg	
Présence d'amiante : ☐ oui ☐ non		Qtté d'hydrocarbures (C10-C21) ≤ 300 mg/kg ☐ oui ☐ non	
Mode d'élaboration : ☐ concassage ☐ criblage ☐ brut de rabotage			
Protection de stock : ☐ non protégé ☐ hangar ☐ bâche ☐ émulsion			
☐ autre (préciser)			

Aspect normatif

➤ Les caractéristiques du matériau et leur homogénéité:

- taille max des particules d 'AE
- teneur en matériaux étrangers
- teneur en liant
- caractéristiques du liant
- granulométrie des granulats
- caractéristiques des granulats
- masse volumique réelle

Nombre de résultats :									
Teneur en éléments étrangers (F)			Catégorie ⁽¹⁾		F _{dec}	F ₅	F ₁		

Nombre de résultats :									
Teneur en Liant (TL)			TL moy :		TL min :		TL max :		Δ :
			Catégorie ⁽¹⁾		TL _{NS}	TL ₂	TL ₁		

Nombre de résultats :										
Caractéristiques du liant (B)					Pénétrabilité (P)		TBA (S)			
					Moy.					
					min.					
					max.					
					Δ					
Catégorie ⁽¹⁾					B _{NS}	B ₂	B ₁			

Nombre de résultats :									
		2. D	1.4D	D	6.3 mm	2 mm	0.250 mm	0.063 mm	
Granulométrie (G)		Moy.							
		min.							
		max.							
		Δ							
Catégorie ⁽¹⁾					G _{NS}	G ₂	G ₁		

Nombre de résultats :									
Caractéristiques des Granulats (R)		LA		MDE		PSV		Ang	
		Moy.							
		min.							
		max.							
		Δ							
Catégorie ⁽¹⁾					R _{NS}	R ₃	R ₂	R ₁	

Masse Volumique Réelle (MVR)		Nombre de résultats :							
		MVR moy :		MVR min :		MVR max :		Δ :	

Essais facultatifs		Fraass							
		Teneur en asphaltènes							
		Aplatissement							
		Taux de polymères							

Aspect sanitaire

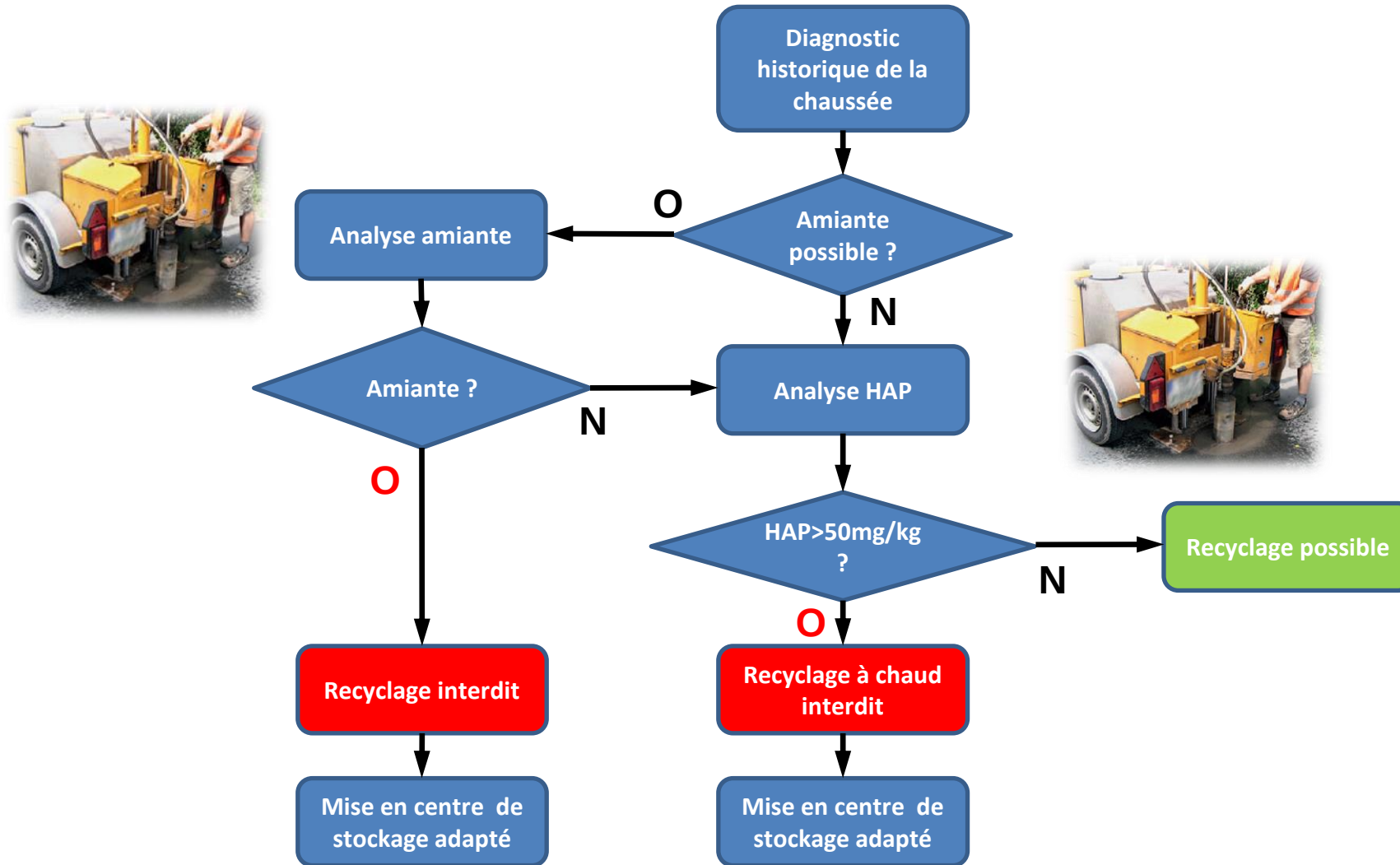
Certains enrobés contiennent des constituants, aujourd'hui interdits, reconnus comme pouvant générer des problèmes de santé pour les travailleurs lors de leur manipulation ou à leur contact.

- **fibres d'amiante utilisées en couches de roulement**
- **goudrons ou dérivés houillers à forte teneur en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) cancérigènes**

Leur détection relève de la responsabilité du maître d'ouvrage.

Aspect sanitaire

Détection des substances dangereuses avant rabotage



Logigramme simplifié d'analyse de la dangerosité

Rédaction d'un document de référence (2013)

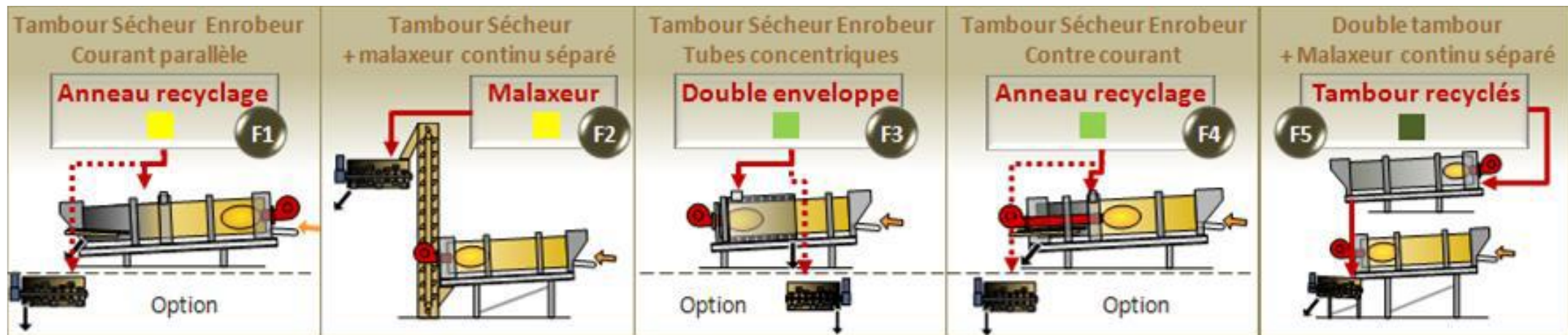
➤ Guide d'aide à la caractérisation des enrobés bitumineux



Aspect matériel

Inventaire du parc français des installations de fabrication d'enrobés (2013)

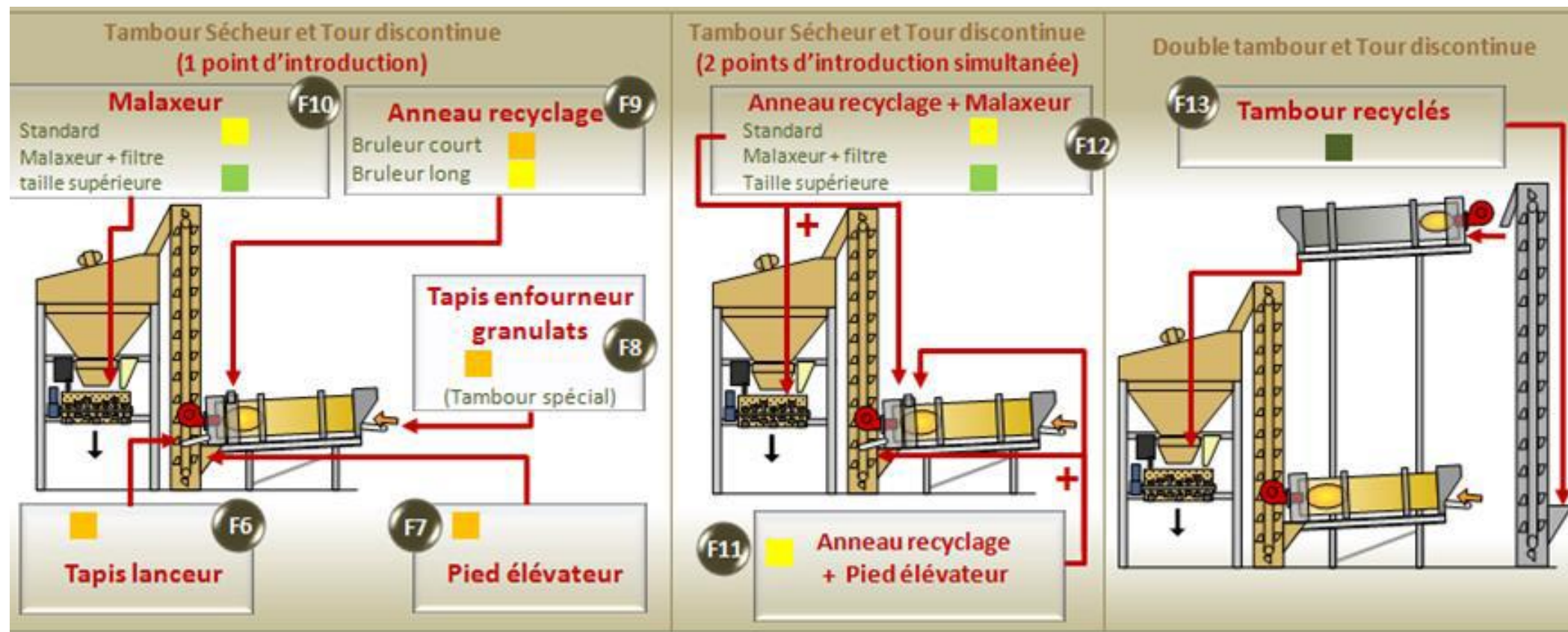
➤ Types d'installations en continu



Aspect matériel

Inventaire du parc français des installations de fabrication d'enrobés (2013)

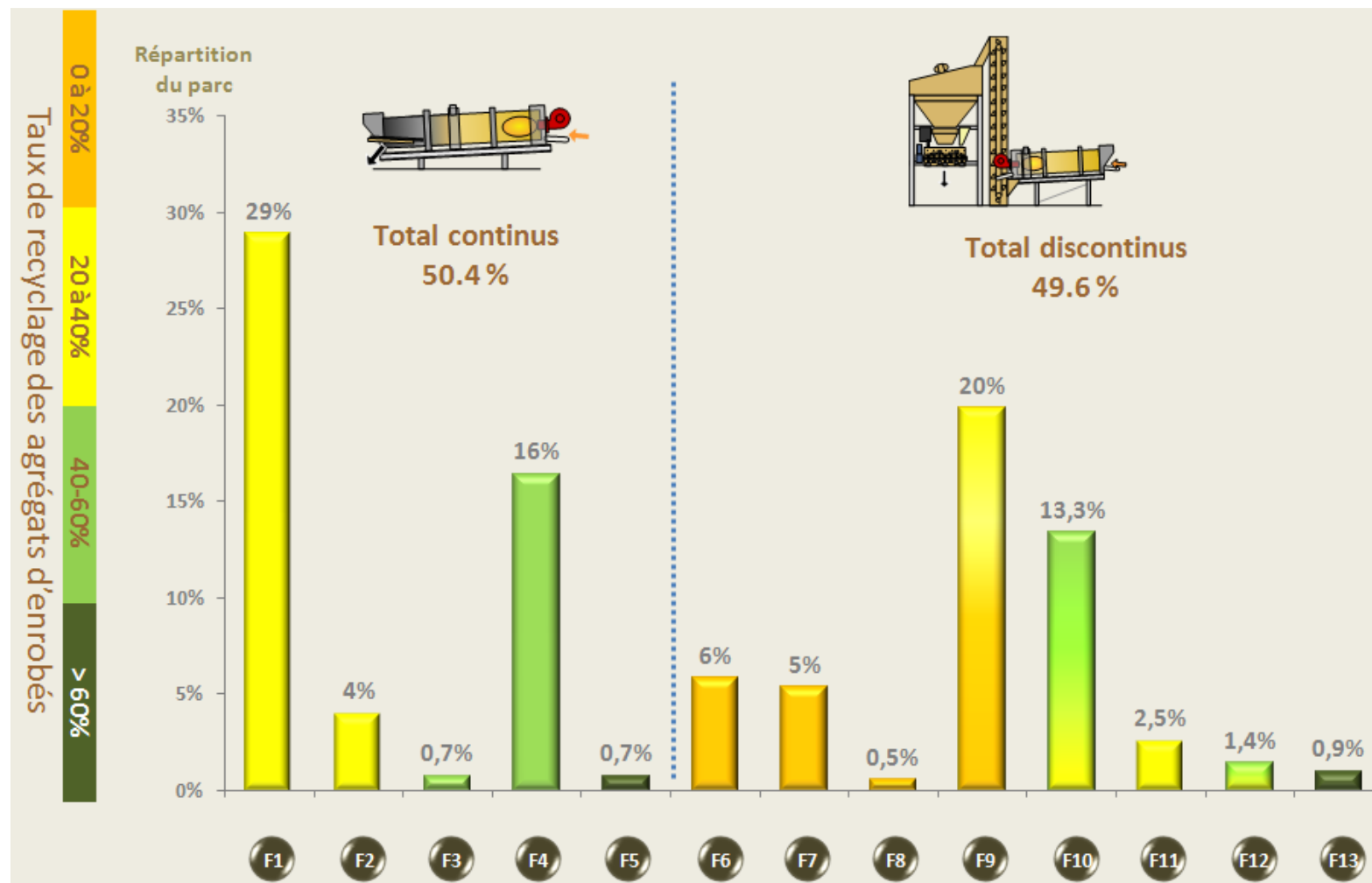
➤ Types d'installations en discontinu



Aspect matériel

Inventaire du parc français des installations de fabrication d'enrobés (2013)

➤ Répartition par type



Aspect matériel

Inventaire du parc français des installations de fabrication d'enrobés (2013)

- **Note d'information IDRRIM n° 26 "Matériels pour le recyclage en installations de production d'enrobés"**



NOTE D'INFORMATION

N°26
Juin 2013



Matériels pour le recyclage en installations de production d'enrobés

Le Comité opérationnel méthodologie de l'IDRRIM a commandé au groupe permanent du recyclage la rédaction d'un guide sur le recyclage à moyen et fort taux, en installation de production d'enrobés à chaud.

Le Comité opérationnel méthodologie a confié la rédaction de la partie dédiée au matériel à la Commission Matériel¹ du Comité opérationnel AVIS.

Conséquemment, cette note aborde uniquement la fabrication en installation de production et l'état du parc, à l'exclusion des sujets dédiés à la production des agrégats d'enrobés, la formulation, la gestion des chantiers, les domaines d'emploi, ou aspects administratifs, traités par ailleurs par le groupe permanent.

Sommaire

- [P.2 | Introduction](#)
- [P.3 | Généralités](#)
- [P.7 | Synthèse et Répartition des solutions continues et discontinues](#)
- [P.9 | Solutions continues](#)
- [P.14 | Solutions discontinues](#)
- [P.22 | Conclusion](#)

¹ CISMA (Syndicats des équipements pour Construction Infrastructures Sidérurgie et Manutention), USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) et SEMR (Station d'Essais des Matériels Routiers) de Blois.

<https://www.idrrim.com/publications/1687.htm>

Expérimentations

Un Projet National (2014-2018) sur le Multi-recyclage des enrobés tièdes PN MURE

➤ Objectifs:

- Identifier la ressource maximale disponible annuellement en France
- Établir les savoirs et savoir-faire nécessaires pour sécuriser la pratique conjointe du multi recyclage et des enrobés tièdes
- Établir la confiance de toutes les parties prenantes quant à la pérennité de ces techniques
- Maximiser le taux de réemploi des agrégats d'enrobés
- Contribuer à développer la renommée d'expertise, d'innovation et de savoir-faire de la Profession Routière française

➤ Chantiers expérimentaux avec recyclage à 40 et 70%

➤ 35 partenaires (industrie, maîtres d'ouvrages, gestionnaires, centres de recherche)



<https://www.pnmure.fr/>

Recherches

Un Projet de Recherche associé financé par l'Agence Nationale de la Recherche 

IMPROVMURE (Innovation en Matériaux et PROcédés pour la Valorisation du Multi-Recyclage des Enrobés)

➤ **Sujets:**

- Impacts environnementaux des AE et des enrobés (phase gazeuse et lixiviation)
- Remobilisation du liant issu des matériaux recyclés
- Evolution des propriétés thermomécaniques, chimiques et environnementales des enrobés après multi-recyclage
- Influence des procédés de fabrication sur les caractéristiques mécaniques et chimiques des enrobés et sur l'impact environnemental



<https://www.pnmure.fr/>

Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Comité de rédaction collégial

- industrie, maîtres d'ouvrages, gestionnaires, centres de recherche

➤ Domaine d'application

- **recyclage à chaud** sans abaissement de température **entre 10 et 40%**

Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Organisation du guide



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

- **Points clés du chapitre III Identification des agrégats**
 - **Distinction entre recyclage exogène/recyclage endogène**
 - Recommandations pour l'étude de faisabilité du recyclage endogène
 - **Définition de plan de contrôle des agrégats d'enrobés**
 - type d'essais retenus
 - fréquence de réalisation en fonction du taux et du type de couche
 - **Taux recommandé en fonction:**
 - de la classe de caractéristiques des AE
 - du type de couche



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Points clés du chapitre IV Formulation

- **Taux acceptable pour l'épreuve de formulation en fonction:**
 - du taux chantier visé
 - du type de couche
- **Température de chauffe des granulats en laboratoire en fonction:**
 - de la température de compactage visée
 - du taux de recyclage
- **Critères d'acceptabilité de la formule chantier**
 - critères sur les constituants
 - critères sur le mélange



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Points clés du chapitre V Fabrication

- Reprise de la note d'information matériel
- Point spécifique sur l'incidence de la teneur en eau des agrégats



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

- **Points clés du chapitre VI Mise en œuvre et contrôle**
 - **Contrôles complémentaires de l'usine d'enrobés**
 - vérification du dosage des agrégats d'enrobés
 - vérification de l'homogénéité du mélange fabriqué pour le temps de malaxage prévu



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Points clés du chapitre VII Recyclage entre 30 et 40%

▪ Pertinence du choix à évaluer en fonction:

- de la qualité et de la quantité des AE disponibles
- du type de centrale
- de l'aspect logistique
- de l'aspect environnemental

▪ Points de vigilance

- choix du bitume d'apport
- exigences complémentaires pour les couches de roulement
 - réalisation des épreuves de formulation au taux chantier
 - augmentation des fréquences des essais d'identification des agrégats

▪ Recommandations

- Recommandation d'une politique de capitalisation de l'expérience pour cette gamme de taux (conservation des données initiales et suivi d'évolution)

Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

➤ Points clés du chapitre 8 Aspect environnemental

▪ Exemples :

- économies en ressources et en énergie
- réduction des émissions de gaz à effet de serre
- incidence des distances de transport
- résultats globaux de l'extraction des ressources jusqu'à la mise en oeuvre



Capitalisation et diffusion de l'expérience acquise

Rédaction d'un guide « Recyclage des agrégats d'enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud »

**Publication fin 2020 ...
sauf imprévu**



Merci pour votre attention

Paul MARSAC

MAST/MIT

paul.marsac@univ-eiffel.fr



**Université
Gustave Eiffel**