

Le recyclage des enrobés bitumineux:

*Cas des moyens et forts taux de recyclés
et du multi-recyclage,
la situation française*

Yves Brosseau

IFSTTAR

Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

France



Sommaire

- historique du recyclage en France
- situation et indicateurs en quelques chiffres
- bilan actuel (AE type, GT recyclage, taux, freins)
- évolutions vers le très fort taux et multirecyclage
- expérimentations et suivis en cours
 - Projets nationaux MURE et IMPROVEMURE
 - Projet Biorepavation (IFSTTAR)



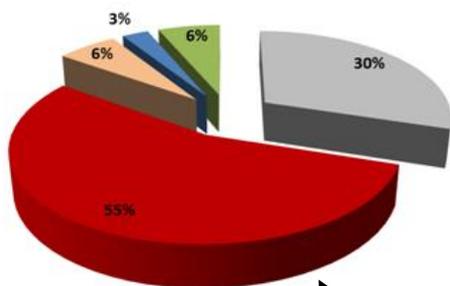
Le recyclage: une histoire ancienne

- 1970-80 : Premières applications aux USA et en Europe
- 1980-82 : Nombreuses expérimentations sur **RN- A** (DR, LCPC-SETRA)
 - Chantiers d'entretien appropriés: décollement couche de roulement
 - Fraisage à froid de grande capacité
 - Étude de formulation, méthodologie française
 - Centrale **TSE (TSM, courant parallèle, cage d'écureuil)**
 - Taux variables: 20 à 50 et même 60%
 - Couches roulement et liaison (AE: anciennes couches de roulement)
 - Suivis très rigoureux, premières recommandations et spécifications
- 1983-90: Abandon de la technique
 - Trop de contraintes vraies ou fausses:
 - Manque de motivation, de moyens matériels, d'assurance de chantiers,...
- 1990: Charte innovation autoroute : recyclage BBDr en BBDr (relance du recyclage ciblé)
 - Fort taux : 40 à 50%
 - Centrale **Astec double barrel**
 - Bon bilan d'ensemble
- 1992-2005: Stagnation, recyclage à faible taux 10%
- 2005-2017: Développement important, quasi-systématique du recyclage à chaud (tiède)
 - Engagement des partenaires (CEV, circulaires,...), recherches et innovations, GT, Guides...

- Production d'enrobés par an : 38 millions tonnes (95% de granulats)
- Production importante d'agrégats (7 millions de tonnes)
 - 40 % seulement réutilisés dans la route
 - soit 8 % de la consommation française de bitume non valorisée
- Contraintes budgétaires : matériaux plus économiques et sobres en énergie
➔ L'incorporation d'agrégats est une solution
- Initiatives législatives fortes pour le recours au recyclage
 - Utilisation au minimum de 70% en poids de déchets non dangereux issus de la déconstruction (Directive Européenne déchets, 2008/98/EC)
 - Réutilisation d'AE (Convention d'Engagement Volontaire, 2009)
 - Autorisation d'un minimum de 10% d'AE (Circulaire MEEDDM, 2009)



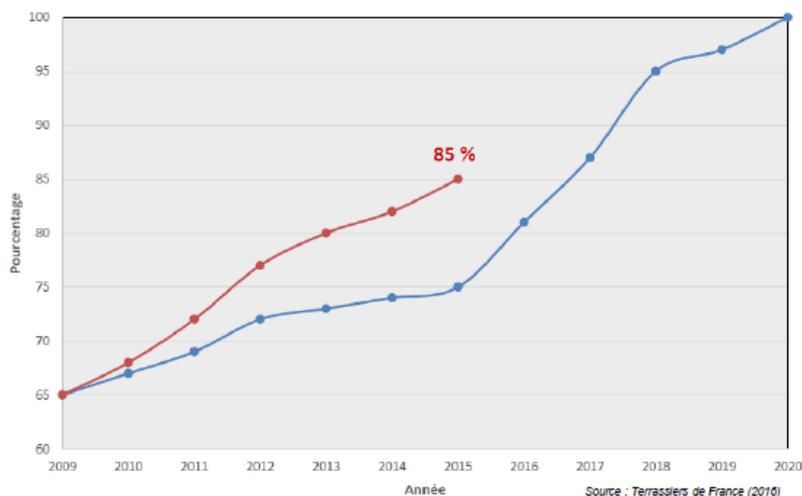
Recyclage des enrobés indicateurs



Source: IDRRIM 2017

1. Préserver les ressources non renouvelables

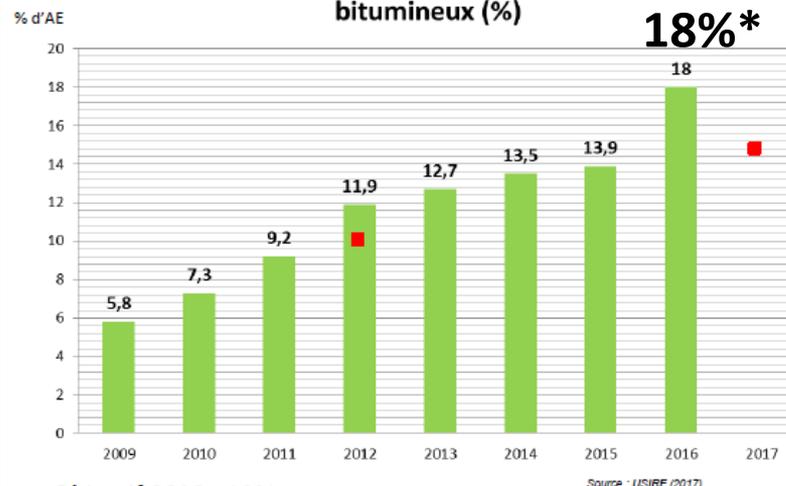
Indice de réemploi des matériaux extraits sur les chantiers



Objectif 2020 : 100 %

1. Préserver les ressources non renouvelables

Taux de réintroduction des AE dans les enrobés bitumineux (%)



Objectif 2012 : 10%

Objectif 2017 : 15%

- L'objectif de préserver les ressources non renouvelables est largement atteint, mais l'effort doit être permanent et l'action reposer sur une bonne intégration des pratiques.

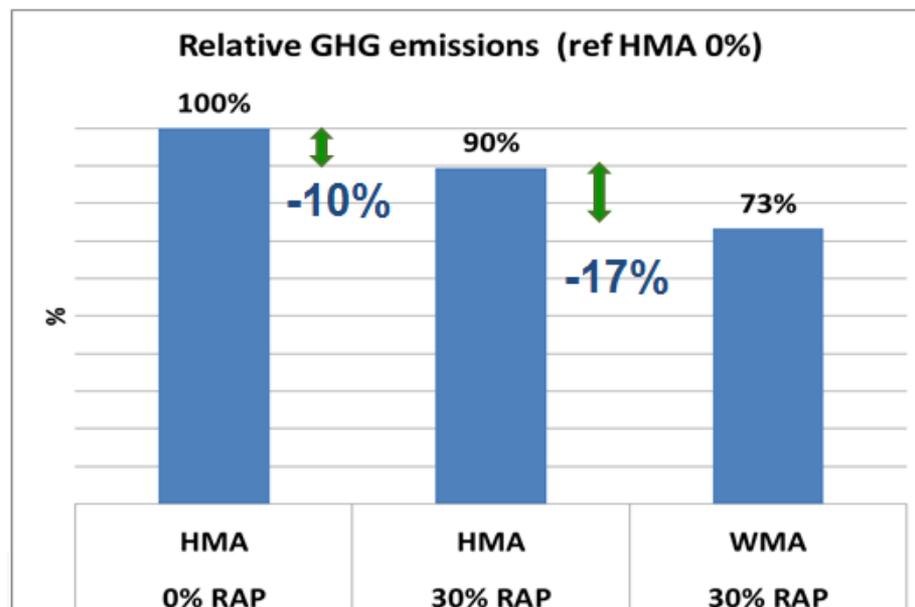
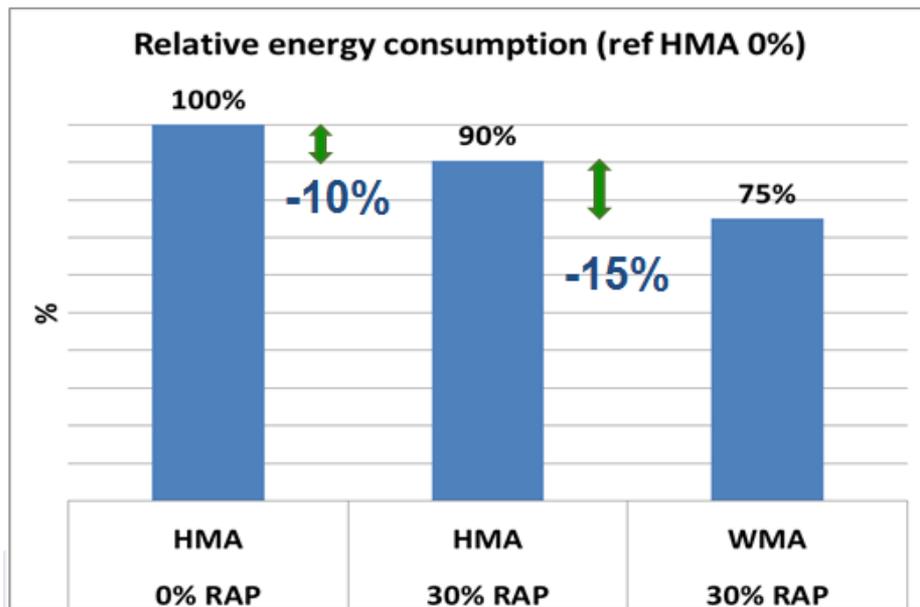
**Rappel : à 20% taux AE on recycle tout, à 18% en 2016 on recyclait 90% AE*

Gain de production du recyclage chaud et tiède

Gains sur l'énergie

Gains sur les GES

Source: ECORCE

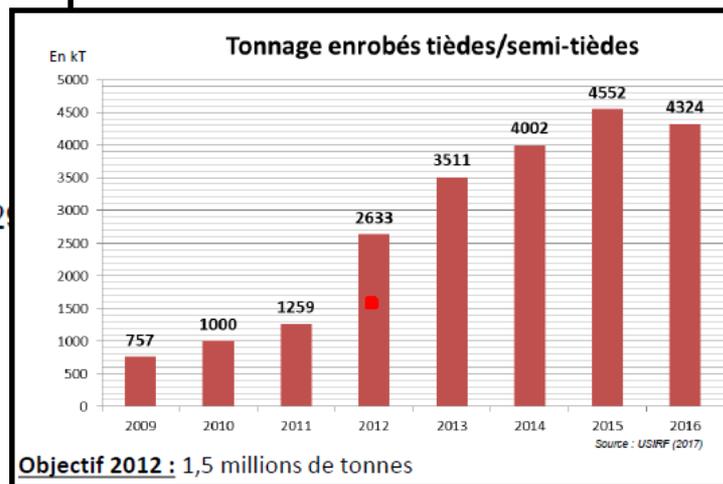
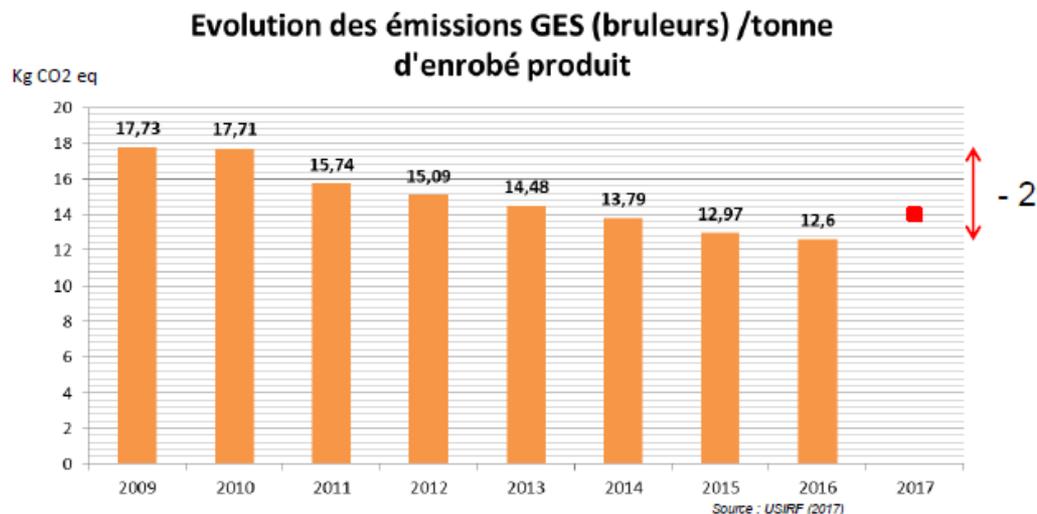


- Intérêt de combiner recyclage et tiède
- Toutefois des questions se posent sur la remobilisation du liant
- Etudes et recherches indispensables, avec retour d'expérience

Recyclage : réduction des GES

3. Réduire les émissions de gaz à effet de serre

Source: IDRRIM 2017



Objectif 2017 : Réduire de **10%** les émissions GES / point zéro 2011 (soit 14,16 kg CO2 / tonne d'enrobé)

Objectif 2020 : Réduire de **33%** les émissions GES / point zéro 2009 (soit 11,83 kg CO2 / tonne d'enrobé)

- Les objectifs de réduction des GES et de la consommation d'énergie sont largement dépassés, avec une dynamique des BB tièdes et froids à poursuivre, en incluant le recyclage en mode tiède.

Les freins à lever

- **Humains**

- Acceptabilité de nouvelles pratiques
- Interdiction d'usage dans certains marchés
- Responsabilités

- **Financier**

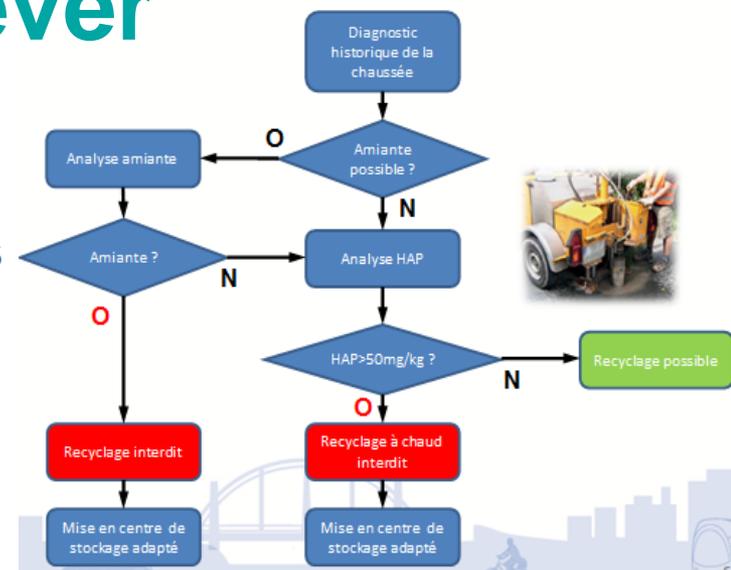
- Coûts et délais des études préalables
- Organisation des chantiers

- **Techniques**

- Manque de retour d'expérience
- Matériaux interdits (amiante, goudron) et propriétés des agrégats
- Pertinence des études de formulation en laboratoire (performances)
- Matériels spécifiques (taux moyen à fort)

- **Scientifiques**

- Niveaux de performances pour les taux d'AE moyen à fort
- Evolution avec la répétition de cycles de recyclage (multirecyclage)
- Degré de remobilisation de l'ancien bitume, effet des régénérants,...
- Empreinte environnementale des pratiques et des matériaux

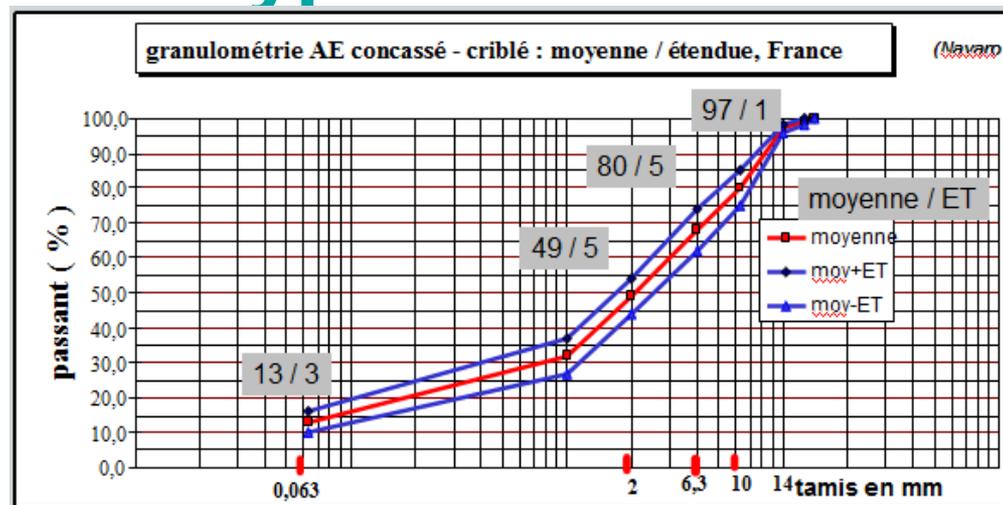


Détection substances dangereuses GT Idrrim
<https://www.idrrim.com/publications/2029.htm>

AE : profil type*

*AE provenances diverses, traités: trie, concassage-criblage 14mm, homogénéisé

Courbe après désenrobage



- Caractéristiques assez homogènes dans l'ensemble
- Teneur en liant : Moy **4,7%** Etendue : **3,8 à 5,3%**
- Liant récupéré : mi dur à dur
 - Pénétrabilité : Moy **15** Etendue **± 5 à 7** 1/10 mm
 - TBA : Moy **70** Etendue **± 3 à 5°C**
- Attention la dispersion peut parfois être forte:
 - Fines 7 à 30% TL 3,5 à 6,2% TBA 60 à 90 (et +)

*Origine Thèse J. Navaro : 1 chantier de 30 000 t et 14 centrales suivies sur 5 ans

GT recyclage



- GT IDRRIM depuis 2014
- Actualisation des taux :
 - Faible < 10% (pas d'étude, idem neuf)
 - **Moyen : 10 à 30%** (provenance AE, fq caractérisation)
 - Fort : 30 à 60% (non couvert)
- Procédés chaud *et tiède (reporté)*
- Classification des AE: essais et fréquences de caractérisation
- Freins actuels pour les forts taux (ou techniques tièdes):
 - Validation des études de formulation en laboratoire
 - Vérification par des épreuves de convenance sur chantier
 - Manque de retour terrain partagé
 - Manque de recul

Tableau 8 Utilisation des AE - Recommandations

Nature de la couche	Taux de recyclage (en %)	Classes				
		TL	B	G	R	F
Roulement	]10 ; 20]	TL2	B1	G2	R ₂ ¹	F1
	]20 ; 30]	TL1	B1	G1	R ₁	
Liaison et assises	]10 ; 20]	TL2	B2	G2	RNS	
	]20 ; 30]	TL1	B2	G1		

Recommandations du GT

- Classification des AE, traitements éventuels
- Réalisation des épreuves de formulation (conditionnement des matériaux)
- Adaptation des épreuves de formulation (compo, grade bitume)
- Conditions de validation (durée, écarts acceptables,...)
- Classification des centrales de fabrication
 - Taux moyen de recyclage du parc : 30% (5% humidité)
 - Taux fort à 60% : 2% du parc
 - 50/50 centrale continue et discontinue
 - Anneau de recyclage le plus répandu
- Contrôles spécifiques de fabrication et m.o.

Info : passer de 2 à 5 % d'eau crée une demande énergétique supplémentaire de 40 %

Classification des centrales pour le recyclage



Taux de recyclage des agrégats d'enrobés

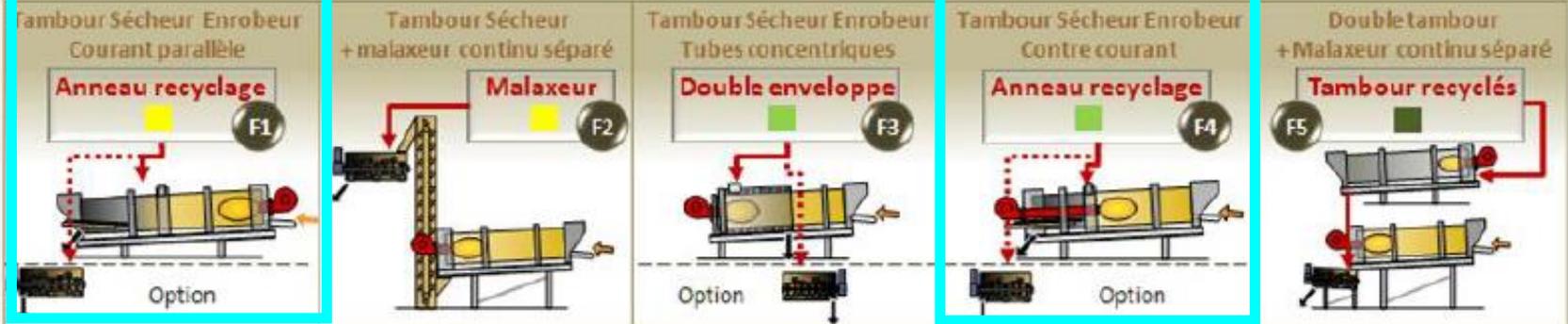
0 à 20%

20 à 40%

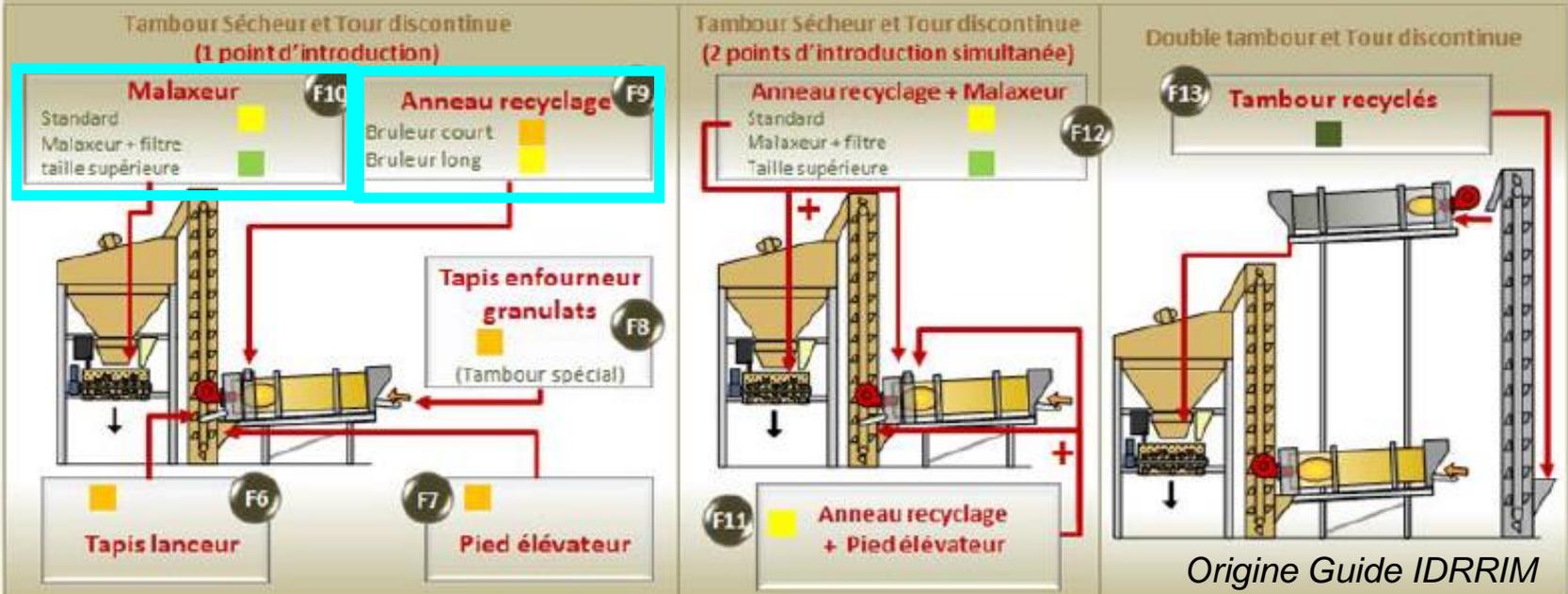
40-60%

> 60%

Installation type continu



Installation type discontinu



Origine Guide IDRRIM

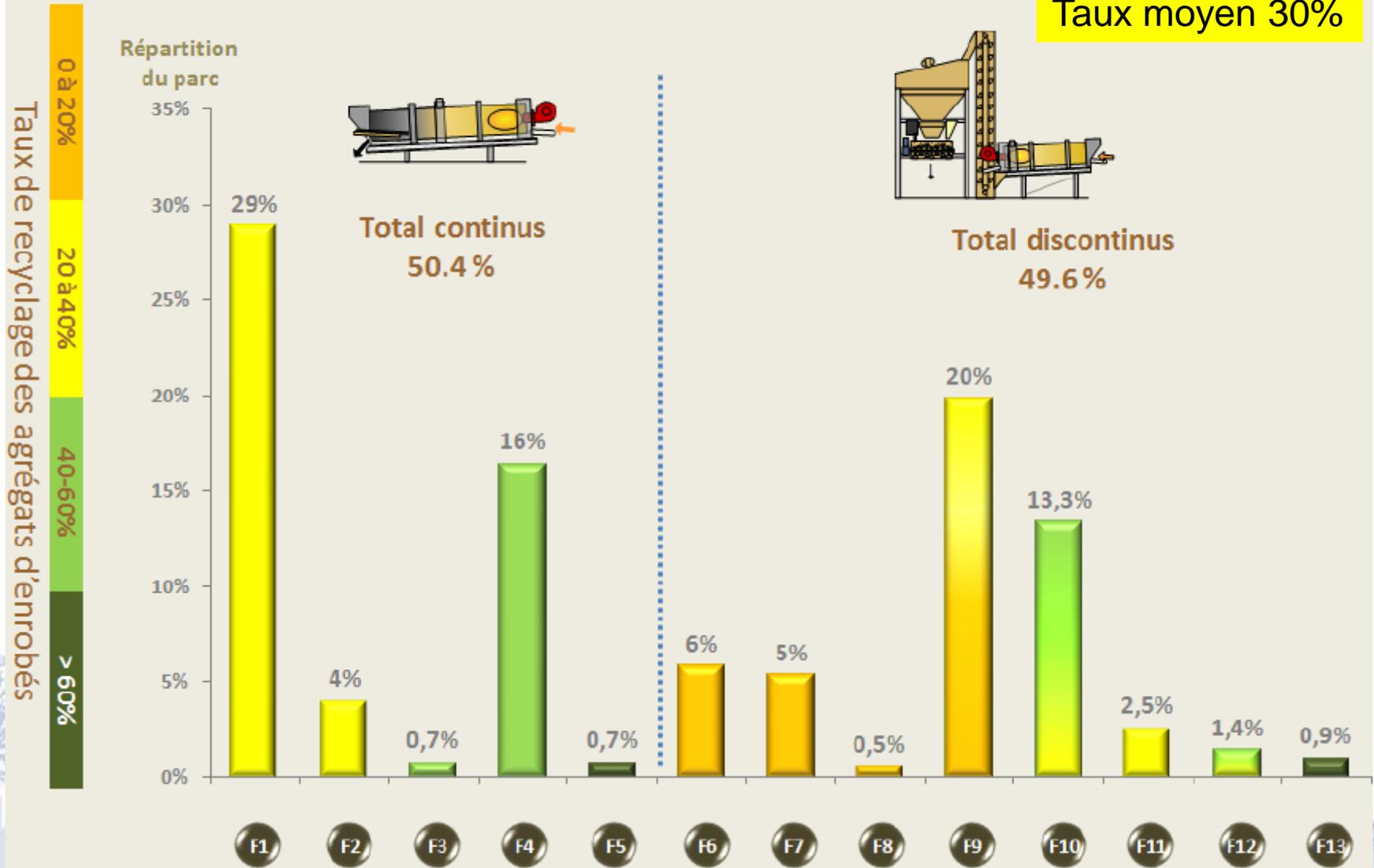
Classification des centrales pour le recyclage



Répartition estimée du parc France

Origine Guide IDRRIM

Taux moyen 30%



F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

F9

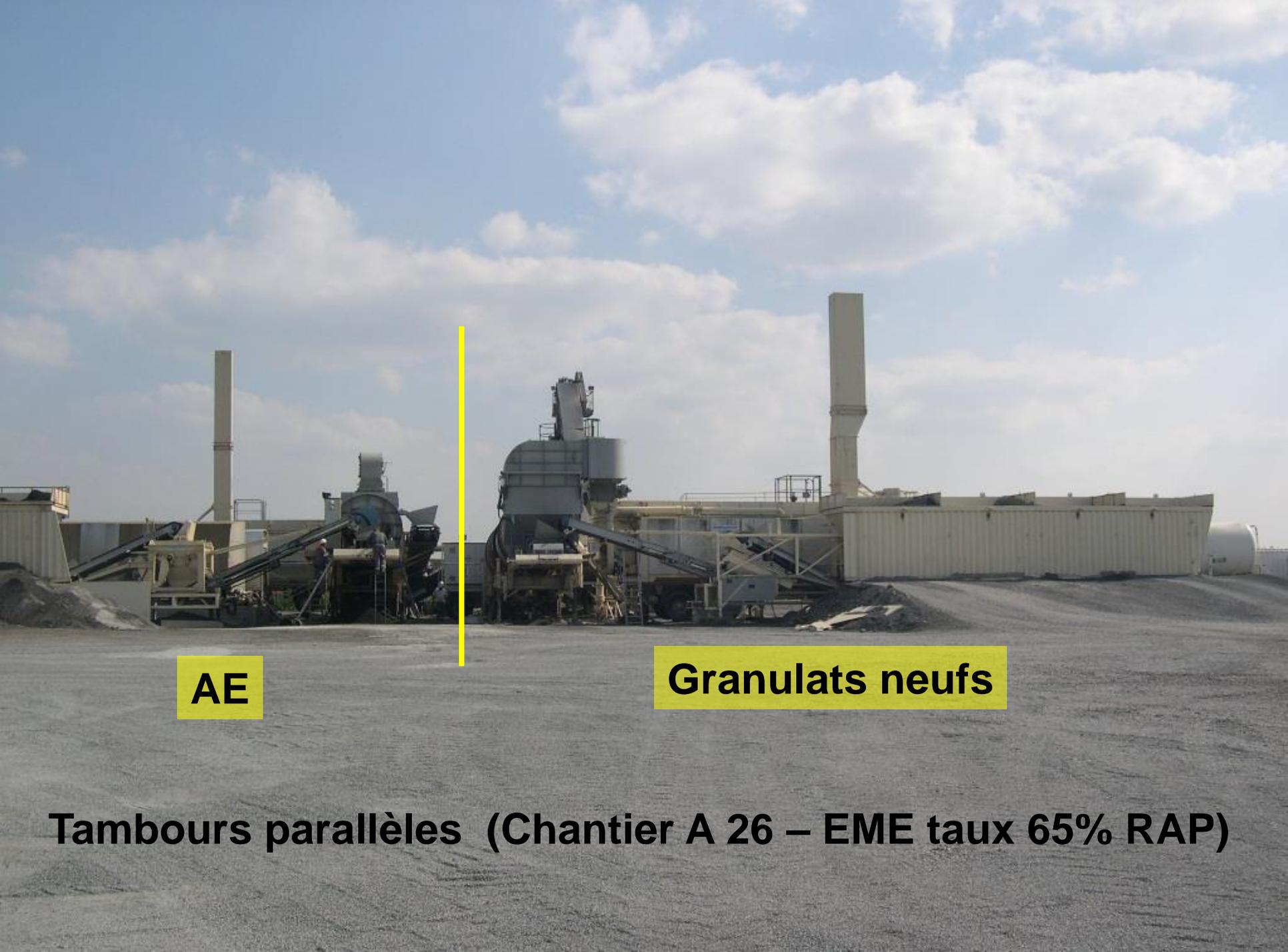
F10

F11

F12

F13





AE

Granulats neufs

Tambours parallèles (Chantier A 26 – EME taux 65% RAP)

Tambours parallèles

Centrale d'enrobage RMS 300 + Kit de recyclage TSR 25

AE

Granulats neufs

Multi-Recyclage des enrobés tièdes



Objectif: démontrer l'efficacité du recyclage des enrobés par des procédés tièdes

www.pnmure.fr/en/

- **Expérimentations** en vraie grandeur : nombreux chantiers de démonstration (8 à 10)
- 3 procédés : Chaud, Tiède avec additifs, Tiède mousse de bitume
- Test de régénérant
- 2 taux AE : 40% & 70%, comparaison avec 0%
- 3 cycles de recyclage

- 34 partenaires: *industriels/maitres d'ouvrage/labos de recherche CEREMA-IFSTTAR/écoles ENTPE ESTP*

Projet de recherche IMPROVMURE (2014-2018)

Coordination-financement : Agence Nationale de la Recherche



Objectifs:

- Identification les verrous scientifiques, techniques, et environnementaux du recyclage,
- **Comprendre les phénomènes et développer des modèles,**
- Améliorer les techniques

Sujets:

- Remobilisation des liaisons entre vieux et nouveau liant,
- Evolution des performances des matériaux en fonction des procédés et du nombre de cycle de recyclage (multi-recyclage)
- Reproduire en laboratoire le vieillissement *in situ*.

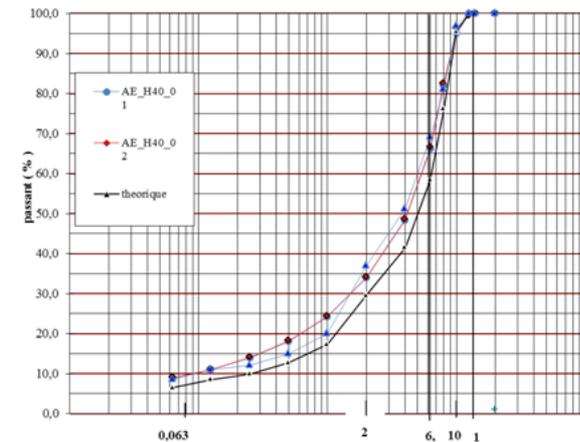
6 partenaires: industriels/Universités/Centre de Recherches

2 PhD's

Paper : <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.015>

Programme expérimental IFSTTAR

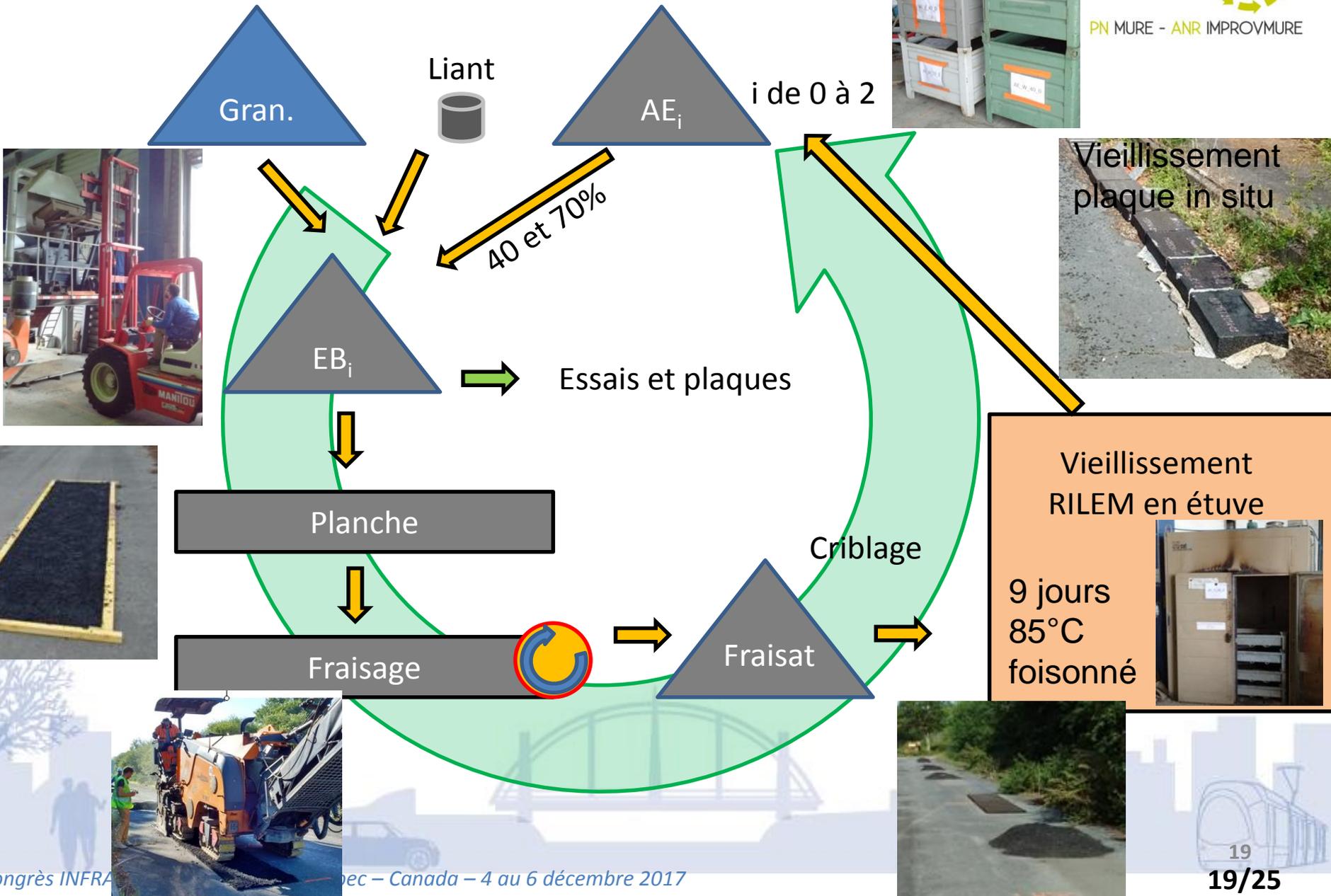
- 3 techniques
 - Chaud (référence)
 - Tiède additif
 - Tiède mousse
- 2 taux de recyclage
 - 40 % (bitume ajout 35/50)
 - 70% (bitume ajout 50/70)
- 3 cycles de recyclage
- 3 références sans recyclage



Fabrication+fraisage+criblage =
✓ + 5% fines et +5% sable
✓ Meilleure forme des gravillons

=> (3x2x3)+3 =21 formules/≈2 ans

Processus du multi-recyclage



Essais sur matériaux

PCG
Tenue à l'eau (Duriez)

Essais sur plaques 400x600

Plaque 1



Module
Fatigue
DSR
FTIR

Plaque 2



Conservation ≈1 an
(piste répannage)



Module
Fatigue
DSR
FTIR

- ✓ Performances
- ✓ Comparaison des vieillissements
résultats attendus fin 2018

Bio-recyclage des enrobés: l'après pétrole



- Partenaires internationaux : IFSTTAR, EIFFAGE, ISU, AC, WRI, UNOTT*
- Manège de fatigue : 4 secteurs

- EME ref **20% AE**** (bitume dur TL 5,5%)
- GB 5 « Eiffage » (liant TL 4,5%) **50% AE**



- Régénérant Bio sourcé : Kraton Chemical – à base de Pin (NL)
- Régénérant Bio sourcé : Iowa State – à base de Soja (USA)
- Liant de substitution : Bio sourcé à 90% (10% polymères – pétrole) Eiffage

* **AE liant assez dur : Péné 8 et TBA 88°C, non recyclage au sens du GT recyclage

- Etudes : méthodes **USA et F**

- Performances des matériaux bitumineux
 - Module, fatigue, orniérage, fissuration basse température, désenrobage,
- Propriétés des liants incidence du vieillissement

www.infravation.net/projects/BIOREPAVATION

ISU : Iowa State Institute (USA), WRI Western Reserch Institute (USA), UNOTT University of Nottingham (UK)

Evolution durant ces 10 dernières années:

Effets positifs des incitations, recherches et développements des pouvoirs publics, entreprises et centres de recherche pour le recyclage classique

- très forte augmentation du recyclage (3 fois + AE dans BB)
GB et EME taux moyen : 30 à 35%
BB épais roulement taux moyen : 25%
- limitation des BB tièdes (moins de 20%)

Pistes d'amélioration:

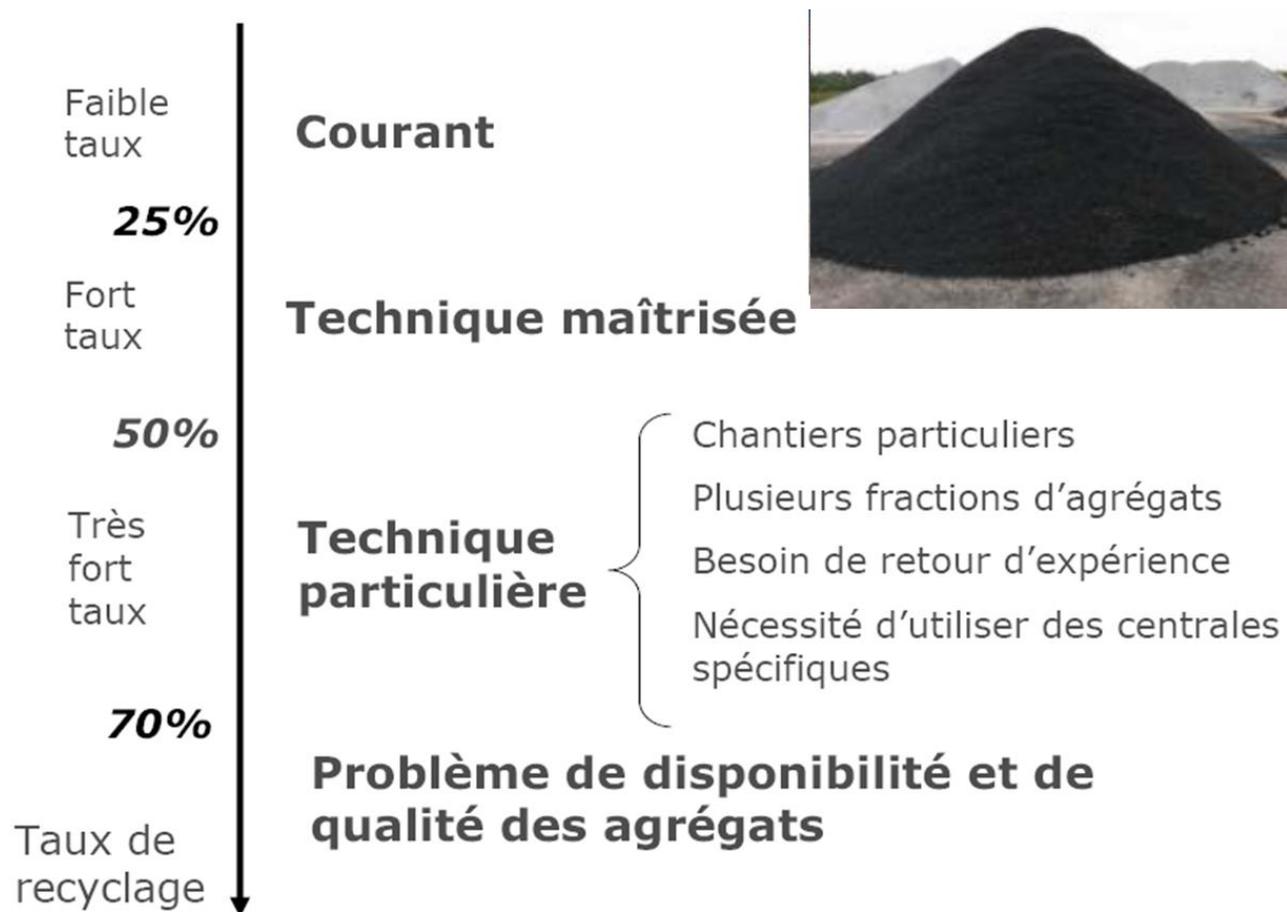
CT : consolidation des connaissances taux \approx 50% AE

MT: questionnement sur le recyclage tiède, le multi-recyclage, les régénérants

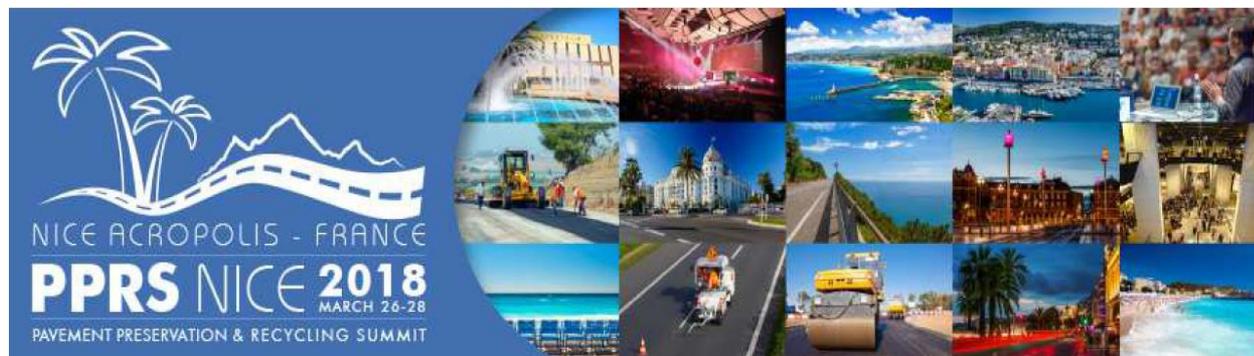
LT : explorer les nouvelles solutions après pétrole

Recyclage en centrale à chaud

Maîtrise du recyclage:



Evènements recyclage 2018 en EUROPE



Mars 2018: Pavement Preservation & Recycling Summit

<http://pprs2018.com/en>



Avril 2018: Transport Research Arena

www.traconference.eu

Merci de votre attention



**Ne jetez plus vos vieilles routes,
ré-utilisez les et recyclez les !**

Tout comme cette bouteille d'eau fabriquée à partir de 25% de plastique recyclé, demain on pourra dire:
nos routes se recyclent à plus de 50% et au moins 3 à 4 fois!