LA ROUTE MURE POUR LE RECYCLAGE

Toulouse, mardi 25 février 2020

Approche environnementale: impact du procédé de fabrication et du taux de recyclage

PN MURE - ANR IMPROVMURE

Approche environnementale:

Les émissions dans l'eau

FINANCÉ PAR ANR
INDURA
IREX Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil
ROUTES DE FRANCE AU COEUR DE TOUTES LES MOBILITÉS
LES TRAVAUX PUBLICS FÉDÉRATION NATIONALE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
PN MURE - ANR IMPROVMURE

Essai de lixiviation (TC 351)

EN 16637-2

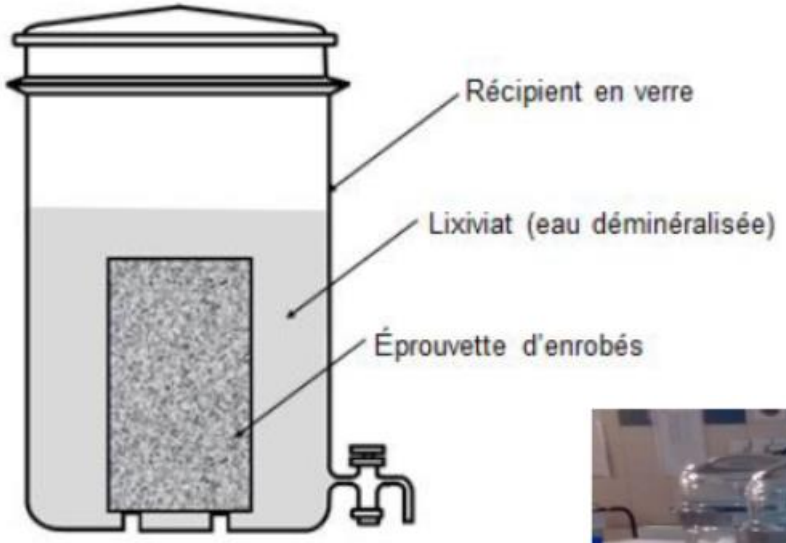


Figure 1. Récipient de lixiviation dynamique de surface

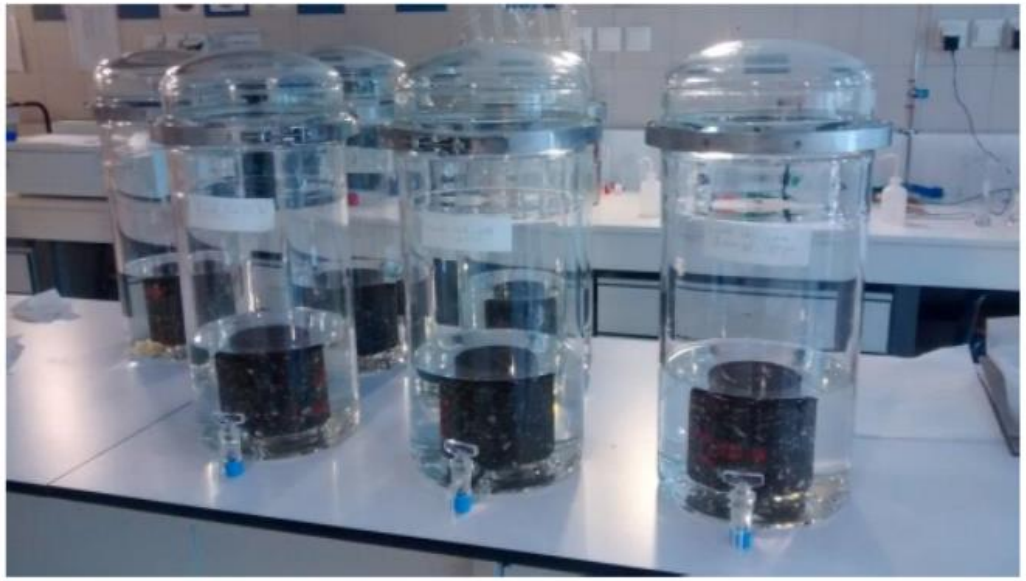


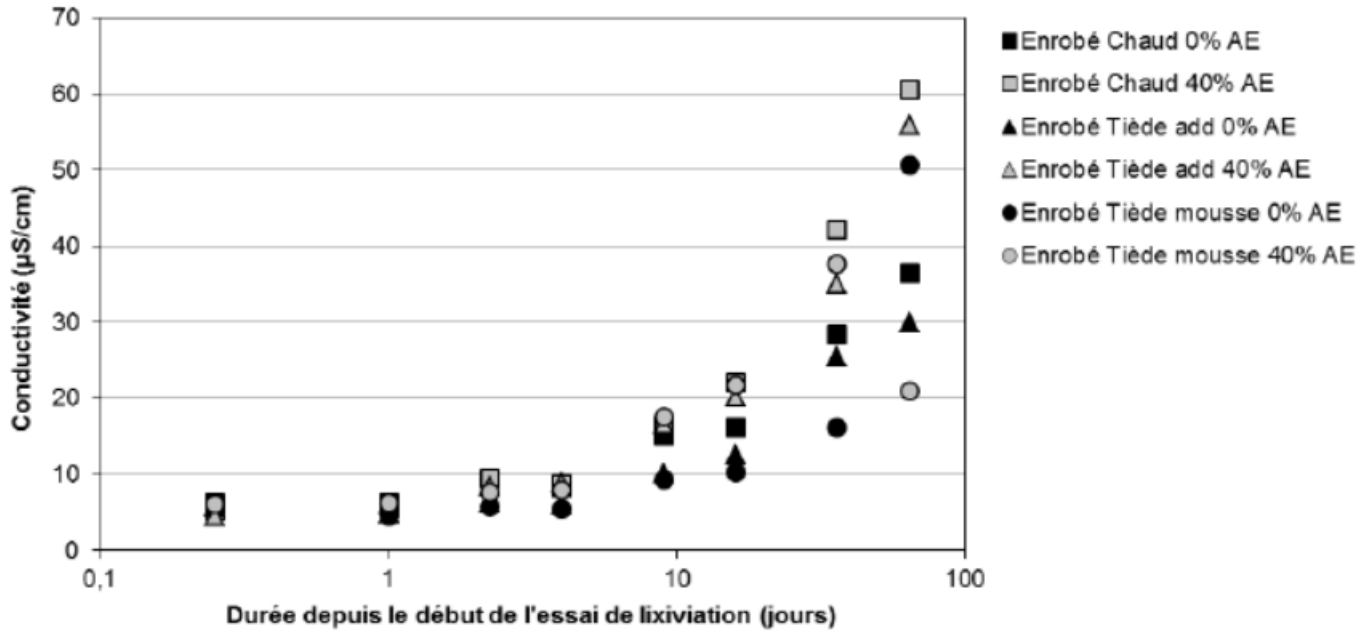
Figure 2. Lixiviation des six éprouvettes d'enrobés

Résultats obtenus – 0 et 40% AE

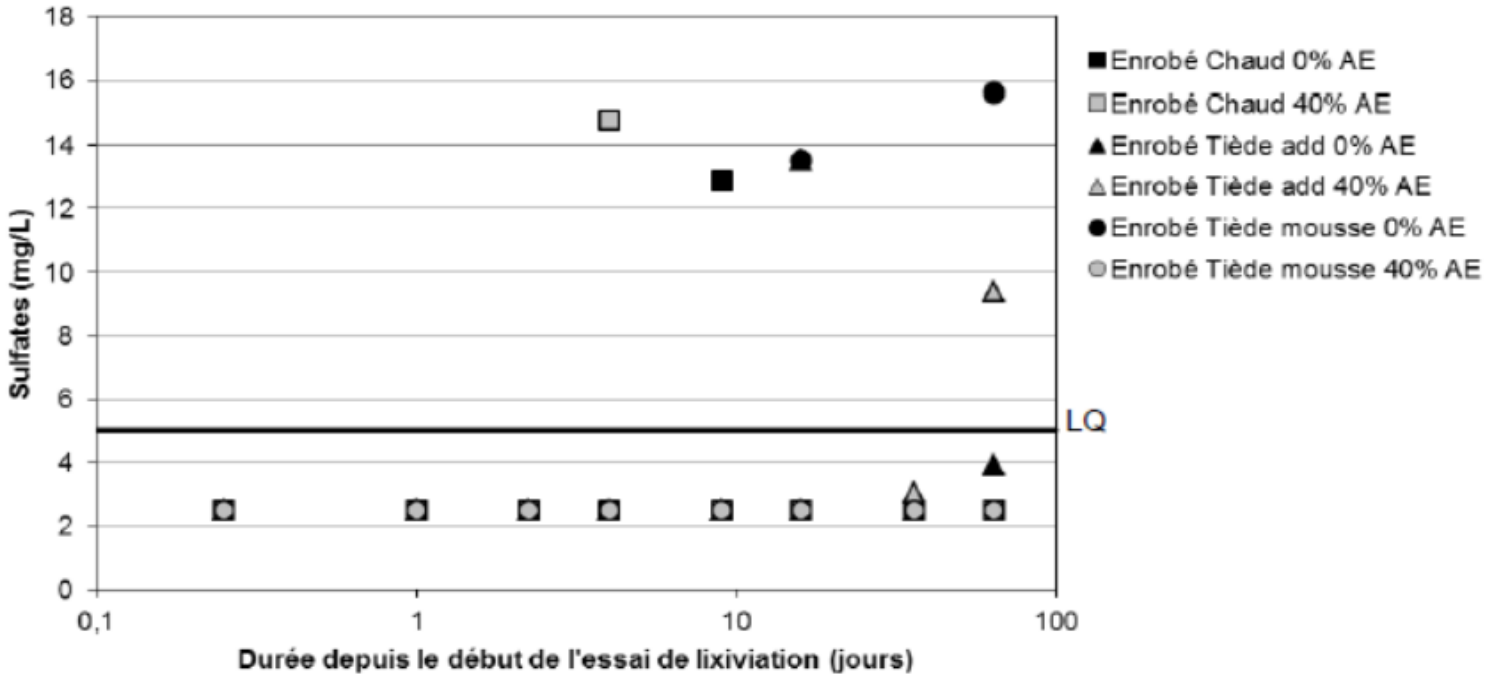
Tableau 2. Durée des étapes de lixiviation

Etape *j*	Durée de l'étape t_j (jours)	Durée de l'essai depuis t_0 (jours)
1	0,25 ± 5%	0,25 ± 5%
2	0,75 ± 5%	1 ± 5%
3	1,25 ± 5%	2,25 ± 5%
4	1,75 ± 5%	4 ± 5%
5	5 ± 5%	9 ± 5%
6	7 ± 5%	16 ± 5%
7	20 ± 5%	36 ± 5%
8	24 ± 4 j.	60 ± 4 j.

Conductivités plus élevées que certaines données déjà publiées. Restent cependant très faibles



Exemple des sulfates:



Toutes les données convergent vers les mêmes conclusions:

- Les substances relarguées sont en très faible concentration.
- Les valeurs mesurées sont fréquemment inférieures aux limites de quantification des méthodes d'analyse.
- Les quantités mesurées en sulfates, chlorures, fluorures et COD sont 20 à 100 fois inférieures aux VLE hollandaises pour les matériaux de construction.
- Il n'y a pas de différence significative entre les différents enrobés.

Approche environnementale:

Les émissions dans l'air

PN MURE - ANR IMPROVMURE

Durant la fabrication en usine d'enrobés:

Les mesures d'émissions pratiquées actuellement sur les usines se font sur régime stabilisé (au moins 2 heures de fonctionnement stable) et respectent un protocole réglementé et partagé avec le Ministère de l'Ecologie et de la Transition Solidaire.

Les tonnages pratiqués sur les chantiers de septembre 2015 n'ont pas permis d'effectuer des mesures.

Un protocole est à l'étude pour permettre des mesures significatives.

Durant la mise en œuvre sur chantiers:

Sur les chantiers, des mesures d'exposition aux fumées de bitume peuvent être réalisées pour voir l'influence de différents paramètres.
Ces mesures requièrent également une durée de chantier assez longue. Le protocole n'a pu être testé sur les chantiers du PN Mure.

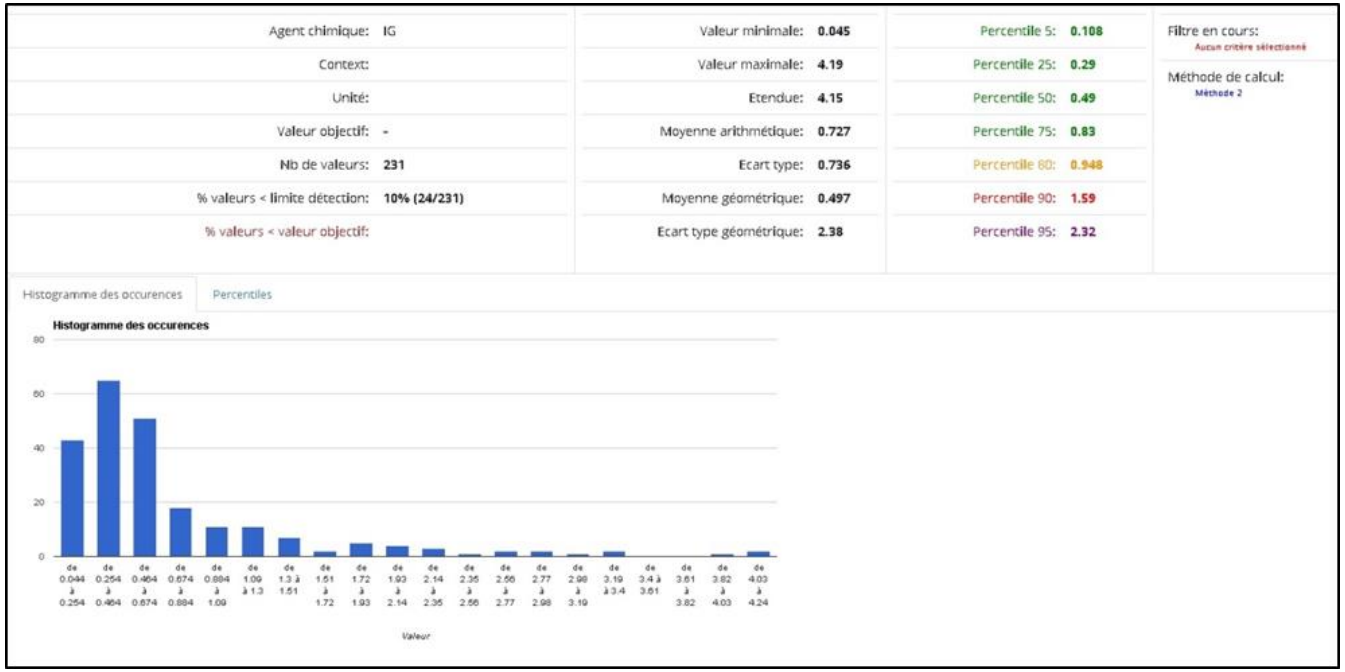
Il a donc été décidé de mettre à la disposition du GT8, les résultats d'une étude menée sur 2 années consécutives avec l'INRS sur 75 chantiers.

Cette étude fait l'objet d'une publication dans le prochain n° de la revue HST de l'INRS.

Mesure de l'indice global d'exposition:

2 pompes pour capter l'ensemble des composés de l'air respiré, permettant de mesurer un indice global d'exposition

Le capteur en limite de chantier pour établir la référence environnementale



L'indice global mesuré sur 96 journées de travaux.

Toutes les données permettent d 'établir les conclusions suivantes à partir des mesures de cet indice global:

- Influence positive de l'abaissement de la température de mise en œuvre (-25%) et de l'utilisation de systèmes d'aspiration des fumées sur les finisseurs (-65%).

- Pas d'influence du taux de recyclage sur les chantiers évalués (de 0 à 40%).

Approche environnementale:

La consommation énergétique & comparaisons SEVE

FINANCÉ PAR ANR
INDURA
IREX Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil
ROUTES DE FRANCE AU COEUR DE TOUTES LES MOBILITÉS
LES TRAVAUX PUBLICS FÉDÉRATION NATIONALE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
PN MURE - ANR IMPROVMURE

Objectifs de ces mesures

PN MURE - ANR IMPROVMURE

- Établir une corrélation entre les démonstrateurs (centrale) à des teneurs d'AE de plus de 30% jusqu'à 70% et les « modèles thermiques » des éco-comparateurs SEVE et ECORCE.

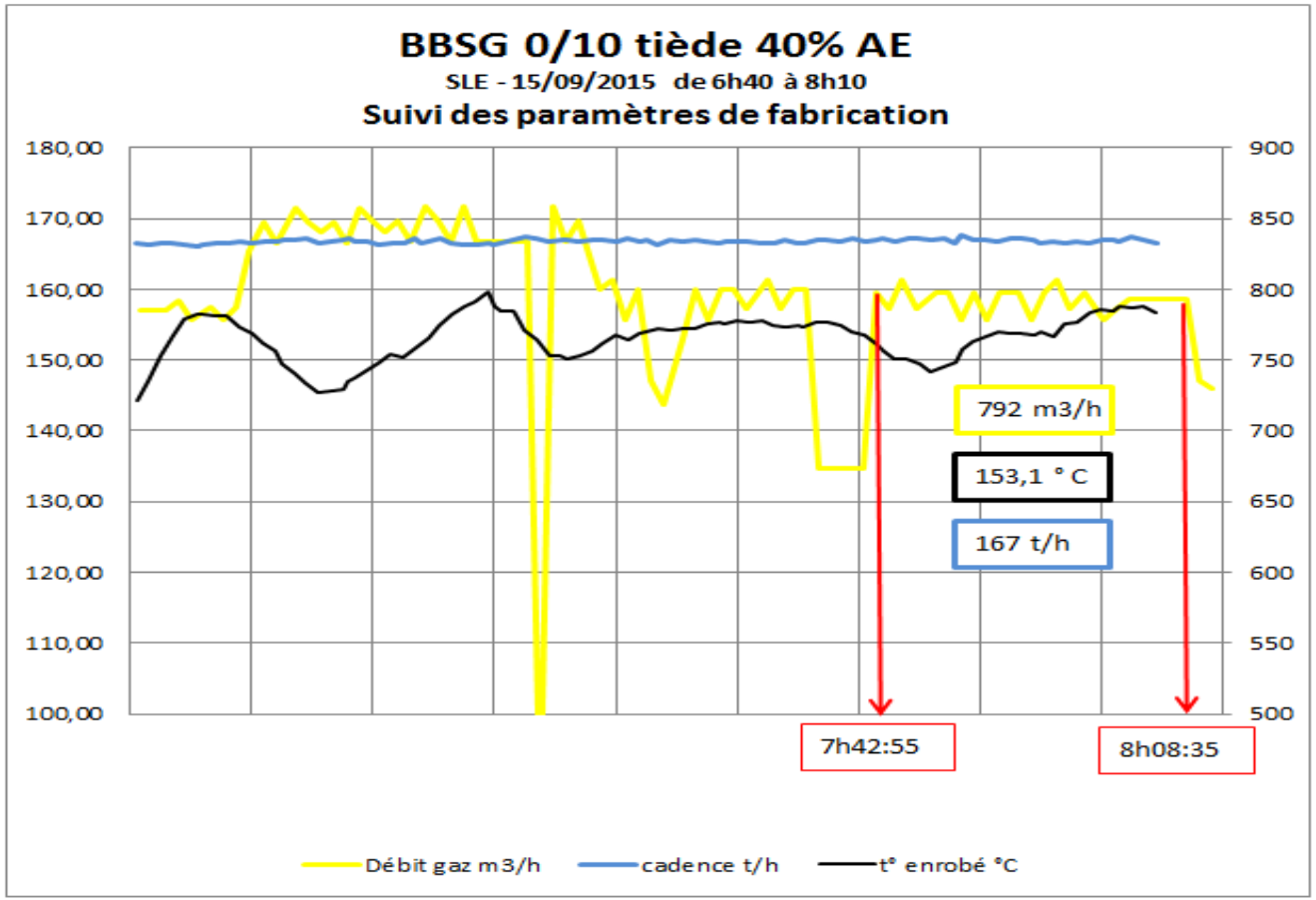
- Établir une corrélation entre les démonstrateurs à tièdes et les « modèles thermiques » des éco-comparateurs SEVE et ECORCE.

- Etablir un cahier des charges pour effectuer des relevés énergétiques en usine d'enrobés.

Approche de la consommation énergétique par le débit instantané de combustible

Consommation énergétique au bruleur selon la méthode du "débit instantané de combustible" - Production 1 (tiède add/40%) - SLE (15-09-2016)	
Débit de gaz moyen sur la période (m3/h)	792
Volume équivalent sur la période (m3)	343,2
Volume normé équivalent sur la période (Nm3)	436,6
Energie consommée (kWh)	4972,8
Energie consommée (MJ)	17902,2
Cadence (t/h)	167,0
Production (t)	72,4
Energie à la tonne (MJ/t)	247,4
Energie à la tonne (kWh/t)	68,7

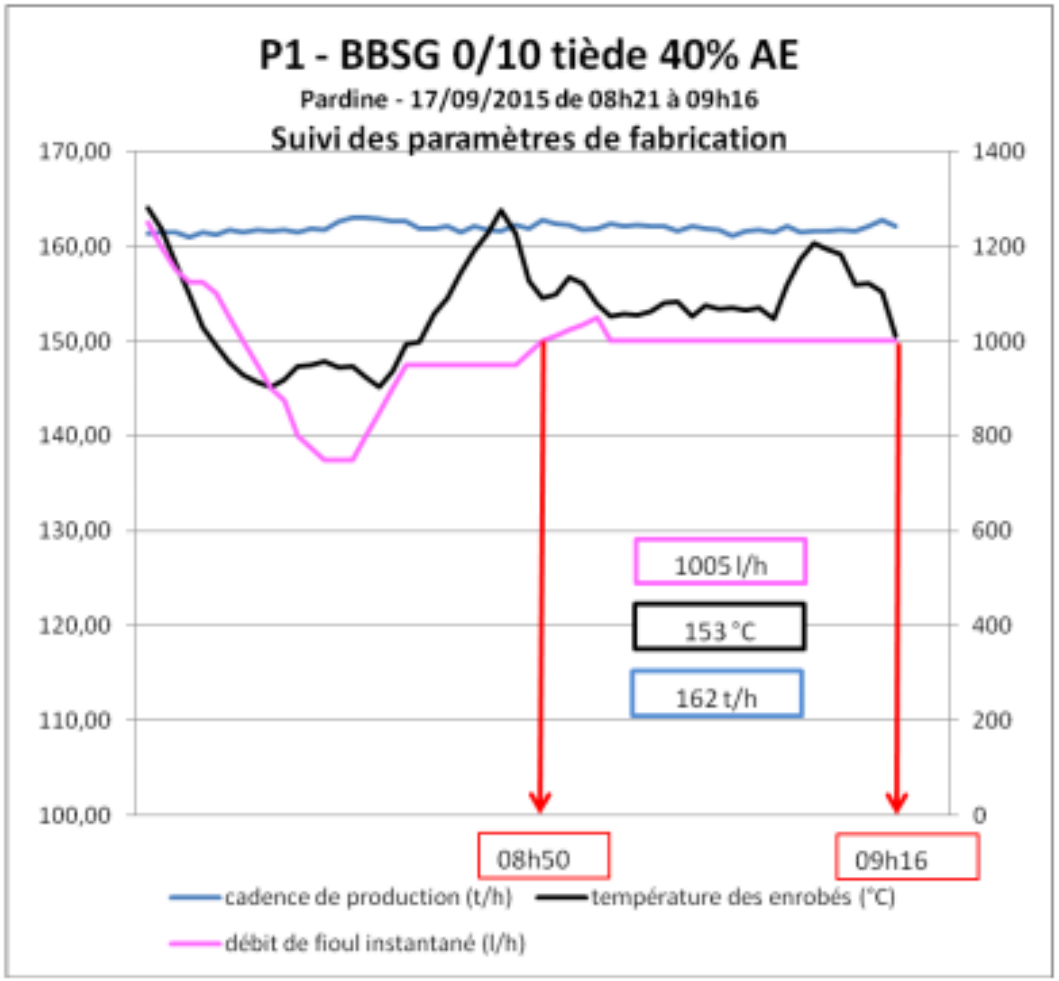
Tableau 4 - Consommation énergétique au bruleur selon la méthode du "débit instantané de combustible" - Production 1 (tiède add/40%) - SLE (15-09-2016)



Approche de la consommation énergétique par le débit instantané de combustible

Consommation énergétique au bruleur selon la méthode du "débit instantané de combustible" - Production 1 (tiède mousse/40%) – Centrale de Pardines (17-09-2016)	
Débit instantané de fioul (l/h)	1005
Volume relevé sur la période (l)	435,5
Calcul du PCI (kWh/l)	12,51
Energie consommée relevée (kWh)	5448,1
Energie consommée relevée (MJ)	19613,18
Tonnes produites /h	162,0
Tonnes produites sur la période	70,2
Energie à la tonne MJ/t	280,2
Energie à la tonne kWh/t	77,83

Tableau 10 - Consommation énergétique au bruleur selon la méthode du "débit instantané de combustible" - Production 1 (tiède mousse/40%) – Centrale de Pardines (17-09-2016)



Graphique 5 - Suivi des paramètres de production du BBSG 0/10 tiède mousse à 40% AE (17-09)

Tableau récapitulatif:

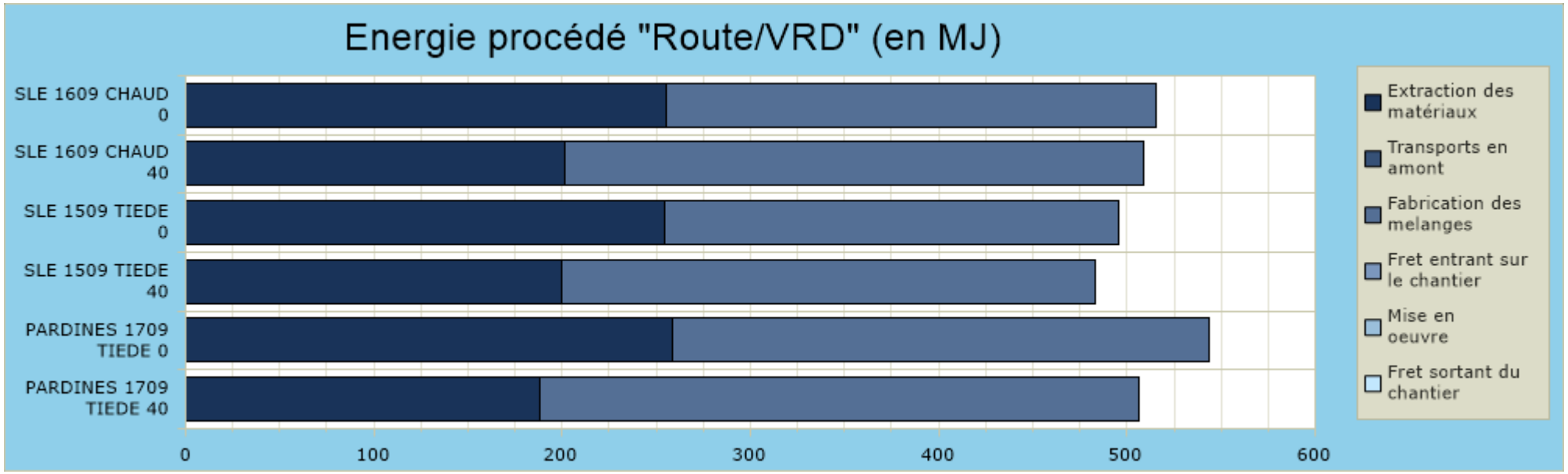
Comparaison des différents procédés à iso-humidité et iso-AE pour la détermination de l'influence du procédé (tiède additif-tiède mousse-chaud)					
	Productions	Consommations équivalentes à iso-humidité (0% d'eau dans le mix) (MJ)	Comparaison % à iso- humidité-AE (chaud/tiède add.)	Comparaison % à iso- humidité-AE (chaud/tiède mousse)	Comparaison % à iso humidité--AE (tiède mousse /tiède add.)
SLE 15-09-2015	Prod 2 – BBSG 0/10 tiède add 0% - 90t	176	-30%		-2%
	Prod 1 – BBSG 0/10 tiède add 40% - 270t	205	-13%		-3%
SLE 16-09-2015	Prod 1 – BBSG 0/10 chaud 0% - 90t	229			
	Prod 2 – BBSG 0/10 chaud 40% - 270t	231			
Pardines 17-09-2015	Prod 2 – BBSG 0/10 tiède mousse 0% - 90t	181		-27%	
	Prod 1 – BBSG 0/10 tiède mousse 40% - 270t	210		-10%	

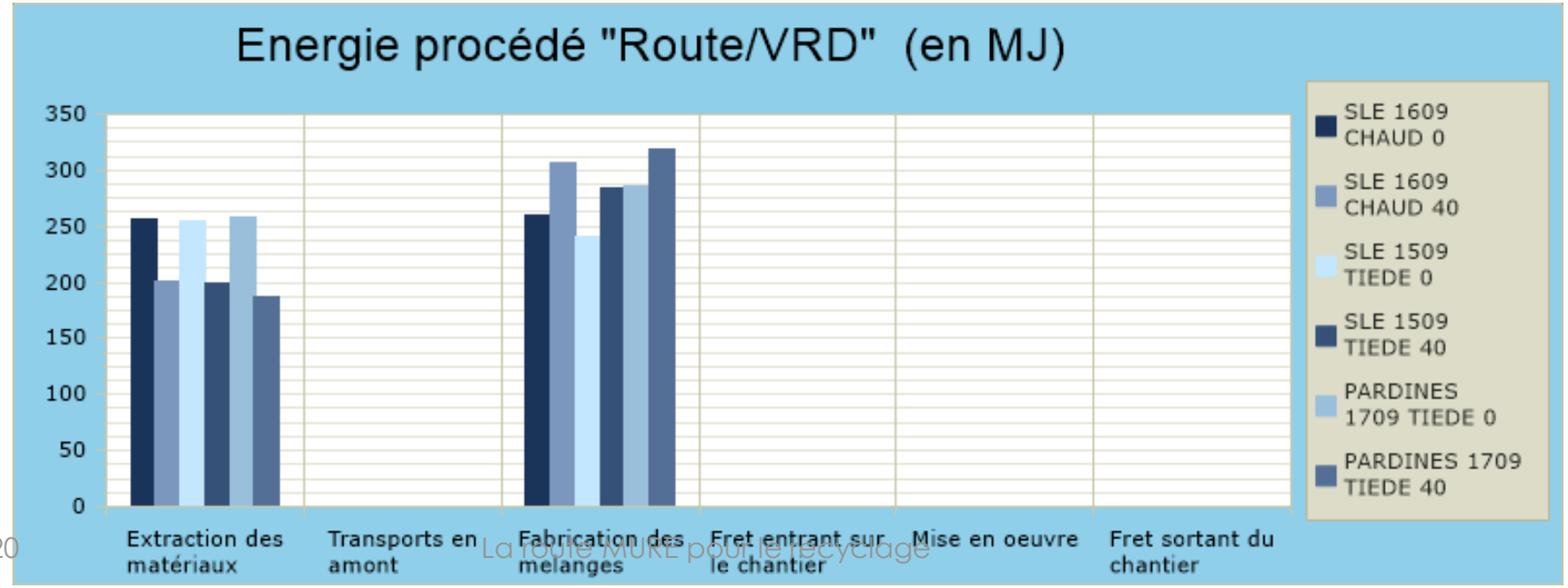
Tableau 14 - Comparaison des différents procédés à iso-humidité et iso-AE pour la détermination de l'influence du procédé (tiède additif-tiède mousse-chaud)

Premières conclusions:

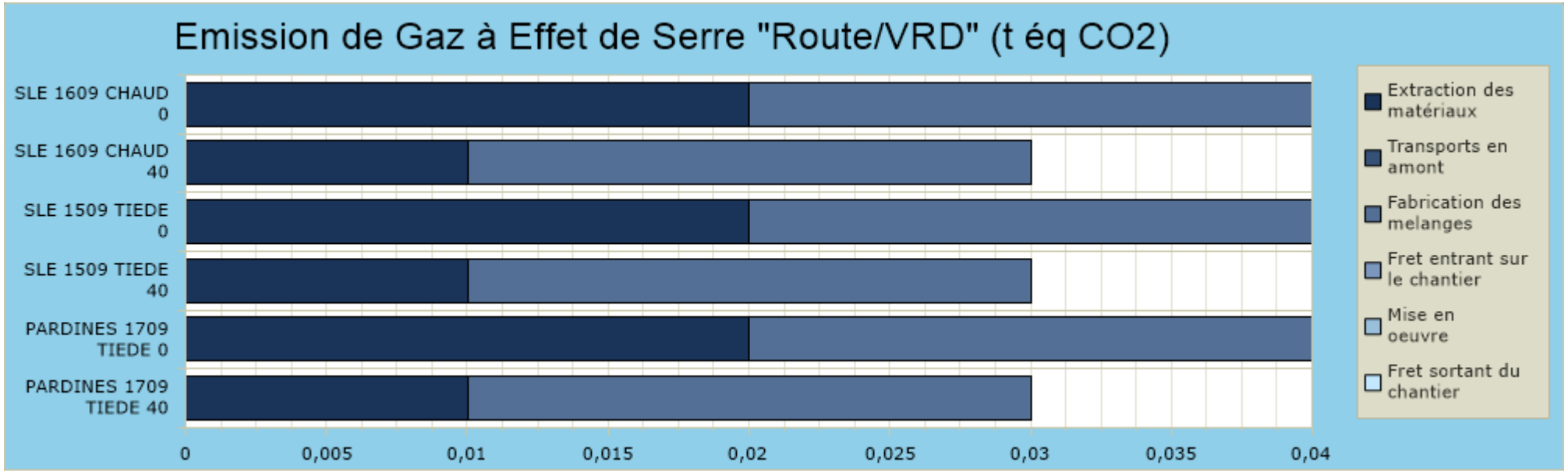
- Périodes de fabrication très courtes et temps de stabilisation importants;
- Quand le taux d'AE est de 40%, augmentation sensible de la consommation de combustible, en partie car la teneur en eau des AE est plus élevée que celles des matériaux neufs;
- La consommation ne dépend pas du procédé (tiède-mousse/tiède-additivé) à 2% près;
- La réduction d'énergie en passant d'un enrobé chaud à tiède est autour de 30% sans AE et 10% avec AE;
- L'ajout d'AE dans le procédé chaud n'a pas d'influence sur la consommation énergétique.

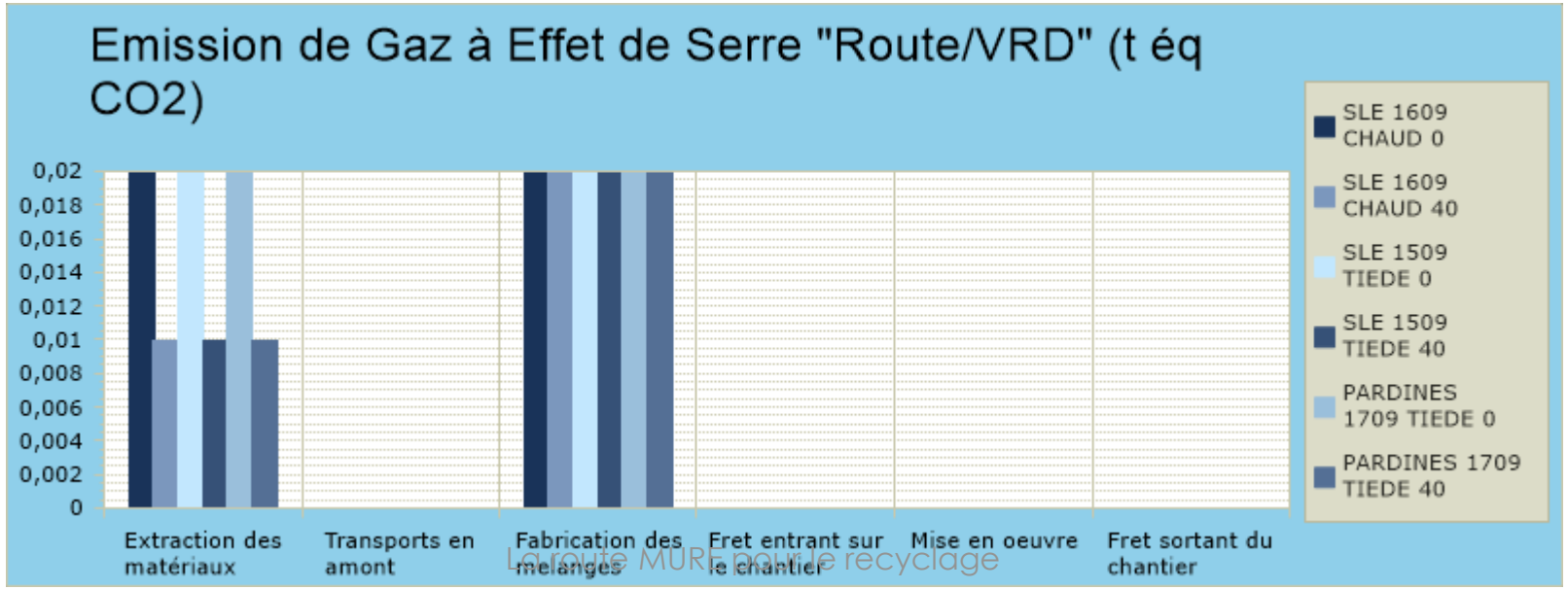
Simulation SEVE des productions SLE et Pardine





Simulation SEVE des production SLE et Pardine





Comparaison entre consommations réelles et simulations SEVE

Comparaison entre consommations réelles "débit instantané" et simulations SEVE				
	Productions	Consommation réelle "Débit instant." (MJ)	Modèle thermique SEVE (MJ)	Comparaison Débit/SEVE
SLE 15-09-2015	Prod 2 – BBSG 0/10 tiède add 0% - 270t	196	177	-11%
	Prod 1 – BBSG 0/10 tiède add 40% - 90t	247	219	-13%
SLE 16-09-2015	Prod 1 – BBSG 0/10 chaud 0% - 90t	248	195	-27%
	Prod 2 – BBSG 0/10 chaud 40% - 270t	273	235	-7%
Pardines 17-09-2015	Prod 1 – BBSG 0/10 tiède mousse 40% - 270t	243	221	-10%
	Prod 2 – BBSG 0/10 tiède mousse 0% - 90t	280	250	-12%
Moyenne				-15%

Tableau 15 - Comparaison entre consommations réelles "débit instantané" et simulations SEVE

SEVE a tendance à sous-estimer de 15% la consommation énergétique lors de l'étape fabrication du mélange. Il faut néanmoins tenir compte des périodes de mesures très courtes.

Approche environnementale:

SEVE & le multi-recyclage

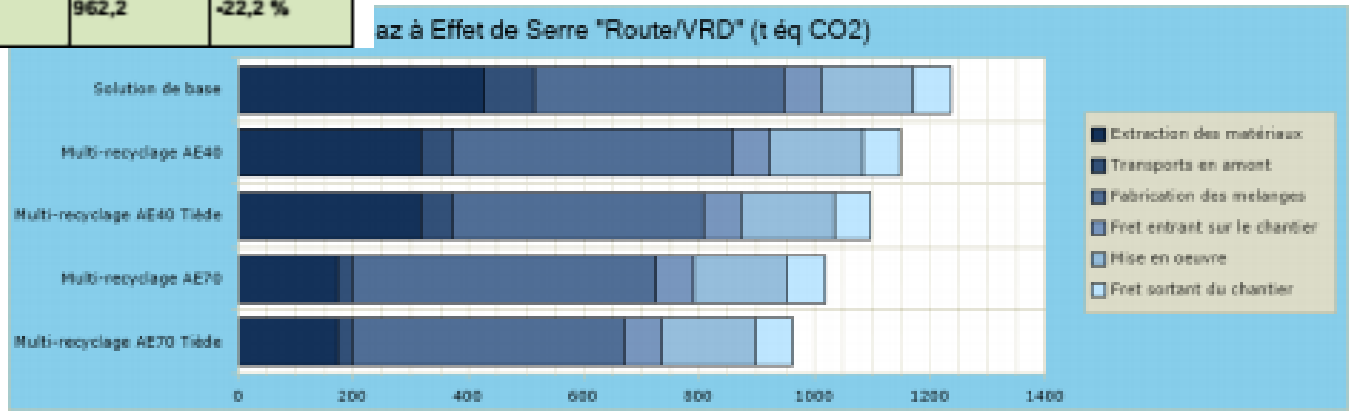
PN MURE - ANR IMPROVMURE

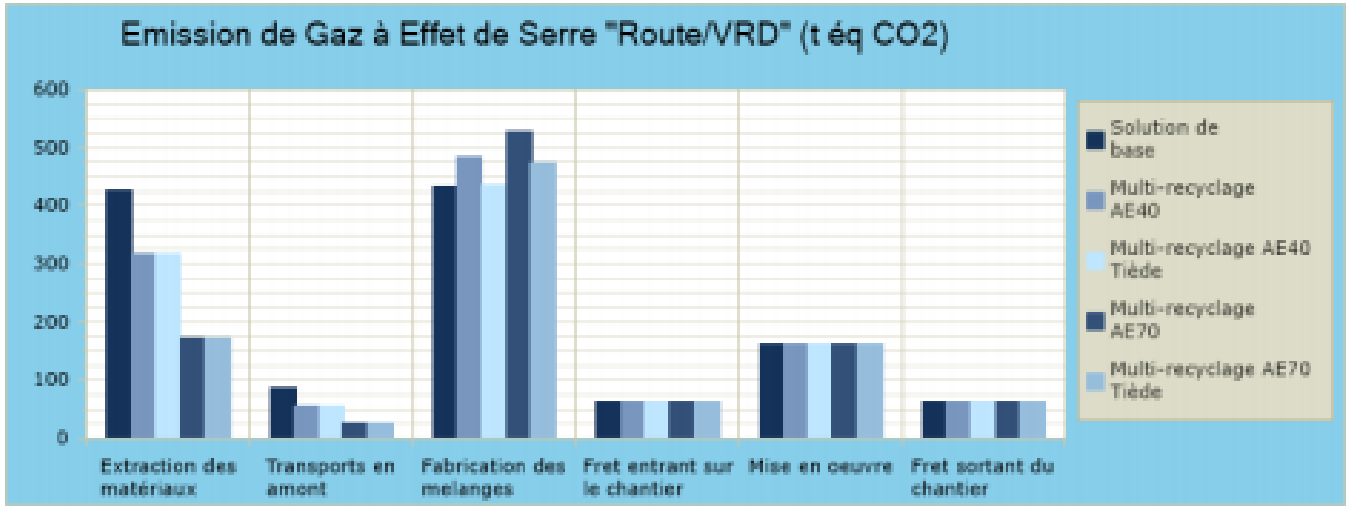
Comparaison SEVE établie pour le multi-recyclage

- Solution de base : 1 chaussée avec 3 séquences successives d'entretien
- Solution 1: 3 séquences d'entretien avec 40 % AE à chaud
- Solution 2: 3 séquences d'entretien avec 40 % AE à tiède
- Solution 3: 3 séquences d'entretien avec 70 % AE à chaud
- Solution 4: 3 séquences d'entretien avec 70 % AE à tiède

Les résultats: indicateur GES (t éq CO_2)

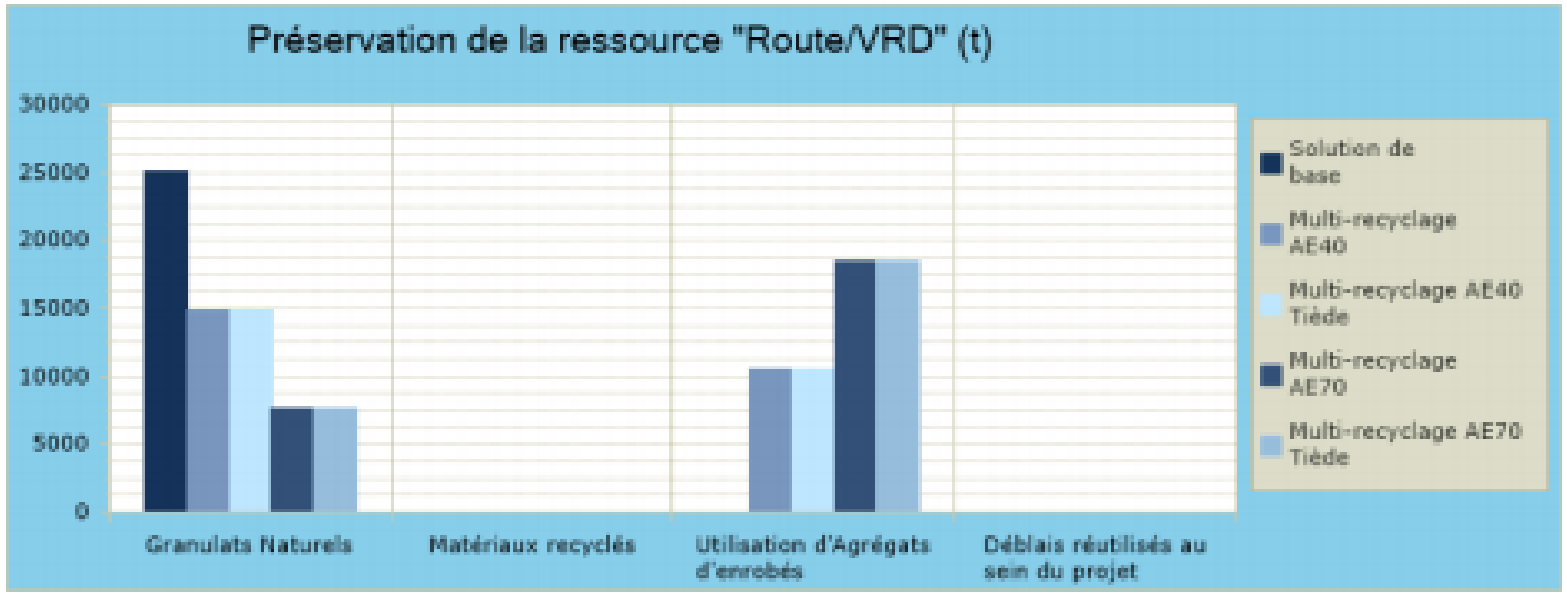
		Emissions de gaz à effet de serre (t éq CO2)							
		Extraction des matériaux	Transports en amont	Fabrication des melanges	Fret entrant sur le chantier	Mise en oeuvre	Fret sortant du chantier	Total	Comparaison / Base
Solution de base	Route/VRD	428,2	85,5	431,9	64,9	162,1	64,5	1 237,1	
Multi-recyclage AE40	Route/VRD	317,2	54,6	485,5	64,9	162,1	64,5	1 148,8	-7,1 %
Multi-recyclage AE40 Tiède	Route/VRD	317,2	54,6	435,4	64,9	162,1	64,5	1 098,8	-11,2 %
Multi-recyclage AE70	Route/VRD	172,5	25,1	528,7	64,9	162,1	64,5	1 017,8	-17,7 %
Multi-recyclage AE70 Tiède	Route/VRD	172,5	25,1	473,1	64,9	162,1	64,5	962,2	-22,2 %





Les résultats: indicateur Préservation de la ressource

		Préservation de la ressource (t)			
		Granulats naturels	Utilisation de matériaux recyclés	Utilisation d'agrégats d'enrobés	Déblais réutilisés au sein du projet
Solution de base	Route/VRD	25 031,2	0,0	0,0	0,0
Multi-recyclage AE40	Route/VRD	14 923,4	0,0	10 584,0	0,0
Multi-recyclage AE40 Tiède	Route/VRD	14 923,4	0,0	10 584,0	0,0
Multi-recyclage AE70	Route/VRD	7 594,0	0,0	18 522,0	0,0
Multi-recyclage AE70 Tiède	Route/VRD	7 594,0	0,0	18 522,0	0,0
Comparaison / Base	Multi-recyclage AE40 - Solution de base	-40,4 %	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
Comparaison / Base	Multi-recyclage AE40 Tiède - Solution de base	-40,4 %	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
Comparaison / Base	Multi-recyclage AE70 - Solution de base	-69,7 %	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable
Comparaison / Base	Multi-recyclage AE70 Tiède - Solution de base	-69,7 %	Non Applicable	Non Applicable	Non Applicable



- Merci de votre attention

PN MURE - ANR IMPROVMURE