



## Concept de chaussée flexible à Très Faible Énergie **Chaussée TFE**



**Benoit Champagne, ing., M.A.**

Chef de division – Gestion des actifs de voirie

Ville de Montréal

**Marc Proteau, ing.**

Directeur technique Amérique du Nord  
Groupe Eurovia

## Sommaire

- La gestion des actifs de voirie à la Ville de Montréal
- Présentation du concept de chaussée TFE
- Matériaux proposés
- Réalisations depuis 2008
- Réalisations des travaux
- Analyse du cycle de vie environnementale
- Instrumentation de planches expérimentales
- Potentiel de développement des chaussées TFE
- Conclusion



# La gestion des actifs de voirie à la Ville de Montréal

Les faits :

	Réseau artériel	Réseau local
Que possède-t-on?	845 km	3 214 km
Quelle en est la valeur?	3,4 G\$	7,5 G\$
Quel en est l'état?	C+ ↓	C ↓
Combien doit-on investir?	162,6 M\$	273,2 M\$

Investissements 2012	80 M\$	70 M\$
Entretien 2012	6 M\$	15 M\$

# La gestion des actifs de voirie à la Ville de Montréal

Les enjeux :

Assurer la pérennité des infrastructures de transport par la mise en place d'un financement dédié et l'optimisation du rendement des investissements

Assurer les besoins de mobilité de tous les montréalais en repensant le partage de l'espace public entre les différents usagers

Améliorer la qualité de vie des citoyens, protéger l'environnement et promouvoir une croissance économique durable

# La gestion des actifs de voirie à la Ville de Montréal

Les stratégies :

Assurer la pérennité des infrastructures de transport par la mise en place d'un financement dédié et l'optimisation du rendement des investissements

Fonds de voirie

Plan d'intervention intégré eau-voirie

Assurer les besoins de mobilité de tous les montréalais en repensant le partage de l'espace public entre les différents usagers

Plan de transport 2008 – 18e chantier

*« Chaque projet sera conçu, non pas seulement comme un lien routier, mais comme un véritable projet urbain intégré. »*

# La gestion des actifs de voirie à la Ville de Montréal

Améliorer la qualité de vie des citoyens, protéger l'environnement et promouvoir une croissance économique durable

## Plan de développement durable de la collectivité 2010-2015

Améliorer la qualité de l'air et réduire les émissions de gaz à effet de serre

*Réduire de 30 % les émissions de GES d'ici 2020*

*Atteindre le standard pancanadien en matière de concentration de particules fines dans l'air*

Pratiquer une gestion responsable des ressources

*Récupérer 80 % des matières recyclables*

*Implanter des mesures de réduction à la source, de récupération et de revalorisation*



C'est dans ce contexte que s'inscrivent les projets TFE

## ➤ Principaux intérêts du concept

- Approche en développement durable pour la construction/réhabilitation de routes
  - Diminution de l'empreinte environnementale
  - Augmentation du recyclage
  
- Évolution du coût de l'énergie
  
- Approche permettant la réduction de la consommation d'énergie très efficace
  - Concept valable pour les principaux travaux de réhabilitation; surtout pendant l'excavation des fondations existantes et/ou l'enlèvement de dalles de béton en milieu urbain
  
- **Réalisation possible d'une structure complète de chaussée, sans chauffage des matériaux bitumineux**

## ➤ Comment optimiser l'économie d'énergie dans les structures de chaussées flexibles?

« Principe des 3R »

- Recycler
- Réutiliser
- Réduire
  - Volume du camionnage
  - **Température : la fabrication des procédés à chaud est l'activité qui consomme plus d'énergie lors de la construction d'une chaussée conventionnelle**

# Concept de chaussée TFE

## ➤ Plus concrètement :

- Recycler et/ou réutiliser les matériaux existants
- Réduire l'épaisseur de la couche de roulement
- Réduire l'épaisseur de la structure en utilisant des matériaux traités
- Réduire l'épaisseur de la couche des sous-fondations, en utilisant un matériel améliorant la protection contre le gel et la drainabilité de la structure
- Maximiser l'utilisation des procédés à froid et la réduction de la température des enrobés (enrobés tièdes lorsque nécessaire)



**DJL**

## STRUCTURE DE CHAUSSÉE FLEXIBLE À TRÈS FAIBLE ÉNERGIE



**CHAUSSÉE T.F.E.**

(rue Locale)

### Coupe transversale proposée

A Trottoir
B Écran drainant
C Pierres concassées

	ÉPAISSEUR
D Gripfibre 0/6 mm (optionnel)	10 mm
E Écolvia	70 mm
F Recyflex EBC	200 mm
G Recyflex PI (pouvoir isolant)	250 mm
H Membrane géotextile	
I Sol-support	

Idée originale : Marc Proteau

# Matériaux proposés pour le concept TFE

***Chaussée T.F.E.***

***Nouveau concept de chaussée à très faible énergie***

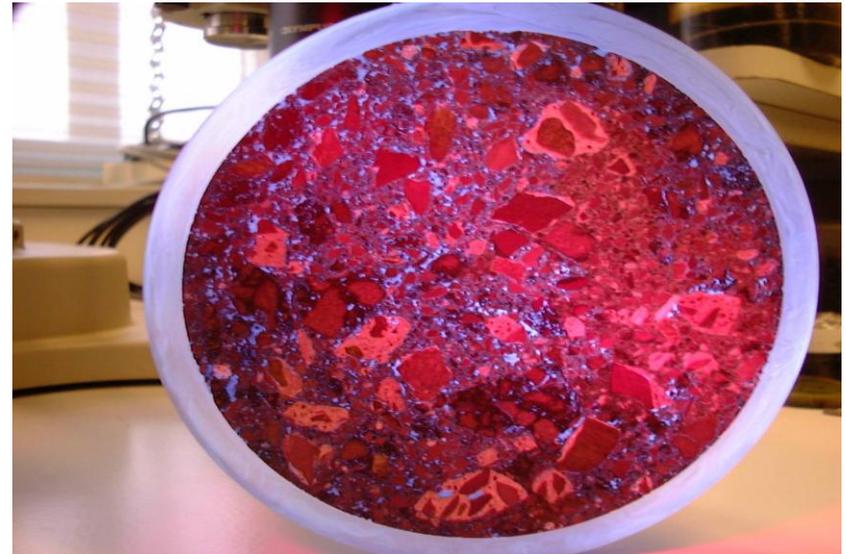
## ➤ Matériau à forte drainabilité en sous-couche

- Matériau traité à froid en centrale
- Teneur en matière recyclée de 30-50 % (bétons concassés)
- Faible densité = isolation par les vides, 1 800 kg/m<sup>3</sup>
- Liant composite : émulsion de bitume et ciment/chaux hydratée
- Réduction de la pénétration du gel
- Forte perméabilité (vides ± 30 %)



## ➤ Matériau structurant en couche de base

- Matériau traité à froid en centrale
- Matériau utilisant de **30 à 100 %** de matériaux recyclés (provenant des chaussées existantes)
- Liant composite : émulsion de bitume et ciment/chaux hydratée
- Capacité structurale hautement améliorée comparativement au matériau granulaire
- Module résilient en traction indirecte à 15°C > 3 000 MPa
- Densité de 2 100 kg/m<sup>3</sup> (vides 12-15 %)



# Recyflex EBC



## Pose et compaction



## ➤ Mélange à froid pour couche d'usure, **Écolvia**

- Procédé **100 %** à froid
- Matériau hautement évolutif (montée en cohésion, dépendant des conditions climatiques)
- Teneur en vides de 10-12 %
- **Enrobage à 100 %**
- Possibilités d'utilisation de fraisats d'enrobés à fort taux



BÉTON BITUMINEUX  
À FROID

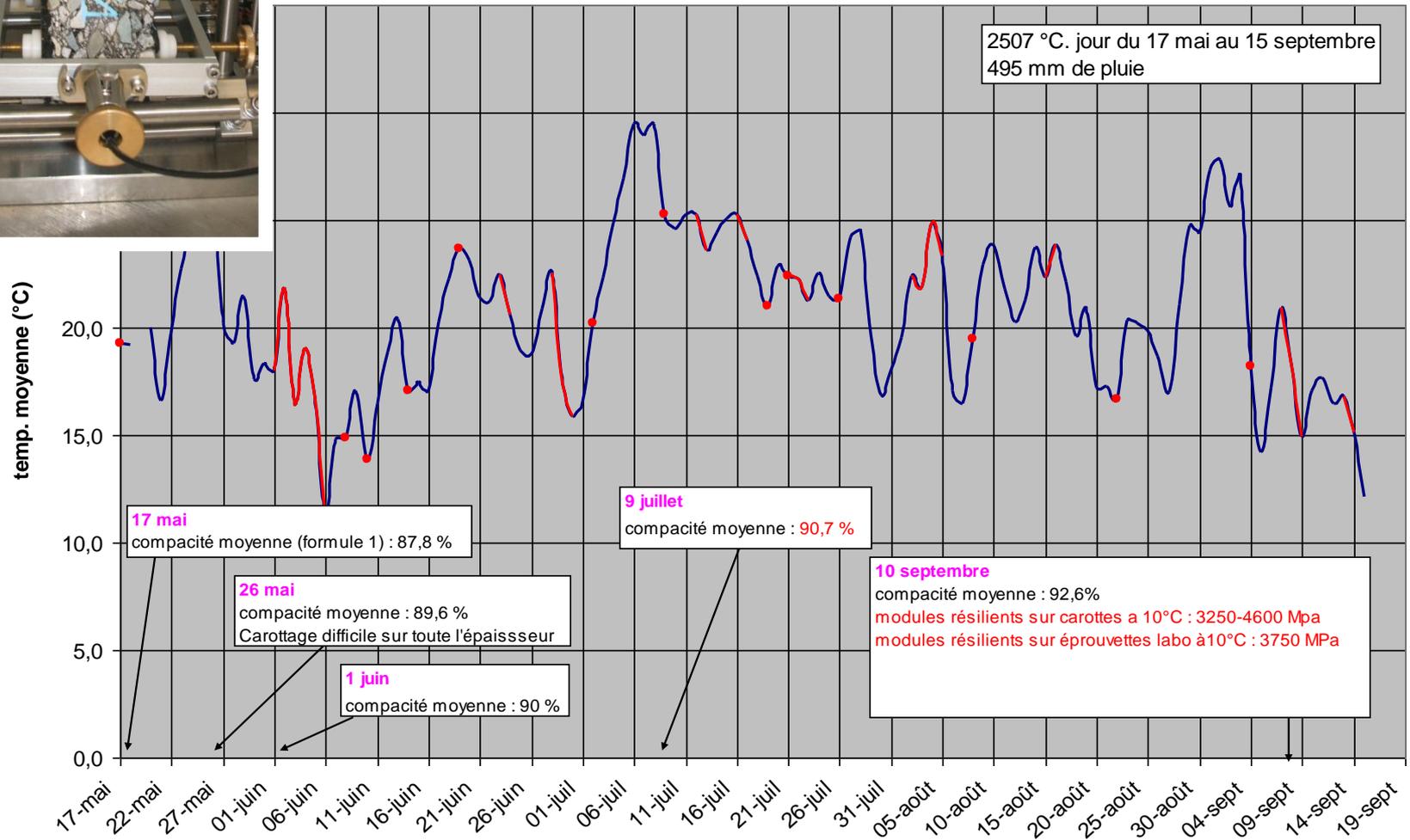


ÉCOLVIA





## Température moyenne et évolution de la compacité Écolvia (formule n°1) : réalisée le 17 mai 2010, à Carignan



# Application de l'ÉCOLVIA



# Gripfibre (optionnel en surface)

## ➤ Enrobés coulés à froid

- Procédé à froid utilisant une émulsion de bitume
- Application ultra mince (7 à 15mm) au lieu de 30 à 40mm pour un mélange à chaud conventionnel
- Texture comparable à un mélange à chaud

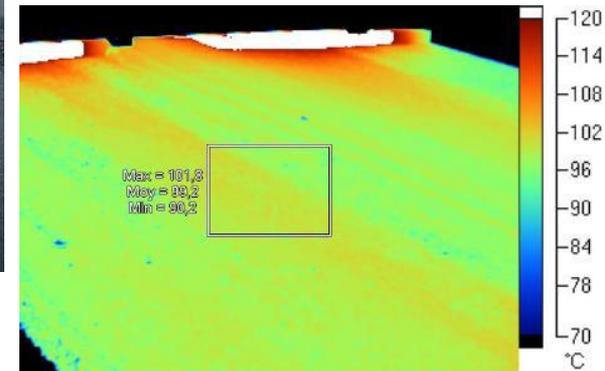


# Enrobés tièdes Tempéra Dat H5 (trafics supérieurs et saison tardive)



Option qui permet la réalisation du concept TFE jusqu'à la mi-novembre

Température de malaxage -50°C



IR001277.IS2  
29/10/2010 13:46:49

# Grille analytiques – Matériaux

## Concept TFE

	Enrobés tièdes  Tempera	ECF  Gripfibre	BBF  Écolvia	Grave recyclée structurante  Recyflex EBC	Grave recyclée drainante  Recyflex FD
Réduction des températures	X	X	X	X	X
Procédé à froid		X	X	X	X
Réduction de l'épaisseur de la couche d'usure		X		X	
Réduction de l'épaisseur de la base de fondation				X	
Réduction de l'épaisseur de la couche de fondation (gel)					X
Matériau recyclé	X		X	X	X

# Réalisations depuis 2008

# Réalisation 2008

## ↗ Rue Molière

- Faible trafic
- Limitation des camions lourds
- Réhabilitation complète des réseaux souterrains



Recyflex EBC

Recyflex FD

# Réalisations 2010

➤ Rue de Rouen

➤ Rue des Érables



# Réalisation des travaux

# Réalisation de travaux



Moins de travaux d'excavation grâce au concept de chaussée TFE



Production de mélange à froid avec un matériel de chantier mobile



Application du RECYFLEX FD



Compactage du RECYFLEX FD

# Réalisation de travaux



Application du RECYFLEX EBC



Application du RECYFLEX EBC



Couche d'accrochage (enduit)



Pose d'ÉCOLVIA sur une couche d'accrochage spéciale

# Réalisation de travaux



Application d'ÉCOLVIA



ÉCOLVIA : mélange vert (12°C)



ÉCOLVIA après compactage



Texture ÉCOLVIA

# Analyse du cycle de vie environnementale

## ***Bienfaits écologiques***

- *Économies d'énergie jusqu'à 50 %*
- *Réduction des GES de l'ordre de 40 %*
- *Réutilisation des matériaux de démolition*
- *Optimisation de la profondeur d'excavation*

# Analyse complète de l'impact environnemental

**GAÏA**  
B.E.

**BILAN DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES CHANTIERS**

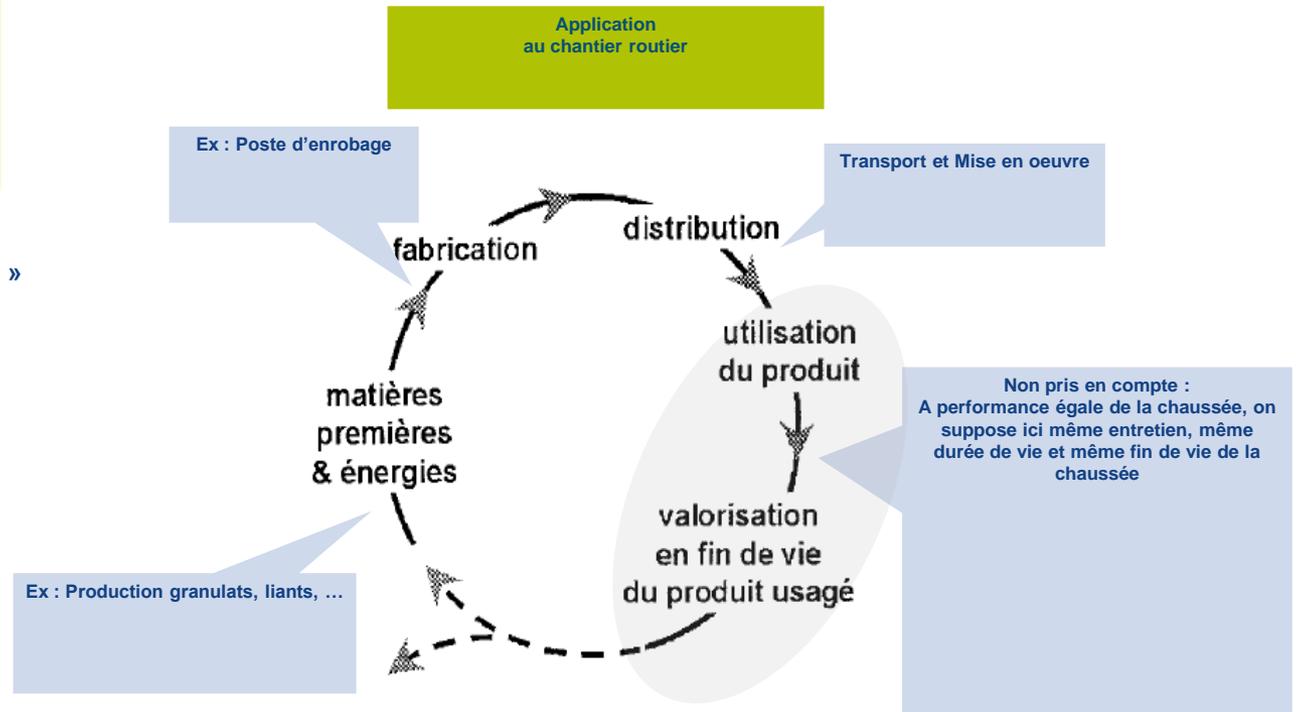
Chantier : \_\_\_\_\_

Client : \_\_\_\_\_

Maitre d'œuvre : \_\_\_\_\_

Date de remise du rapport : \_\_\_\_\_

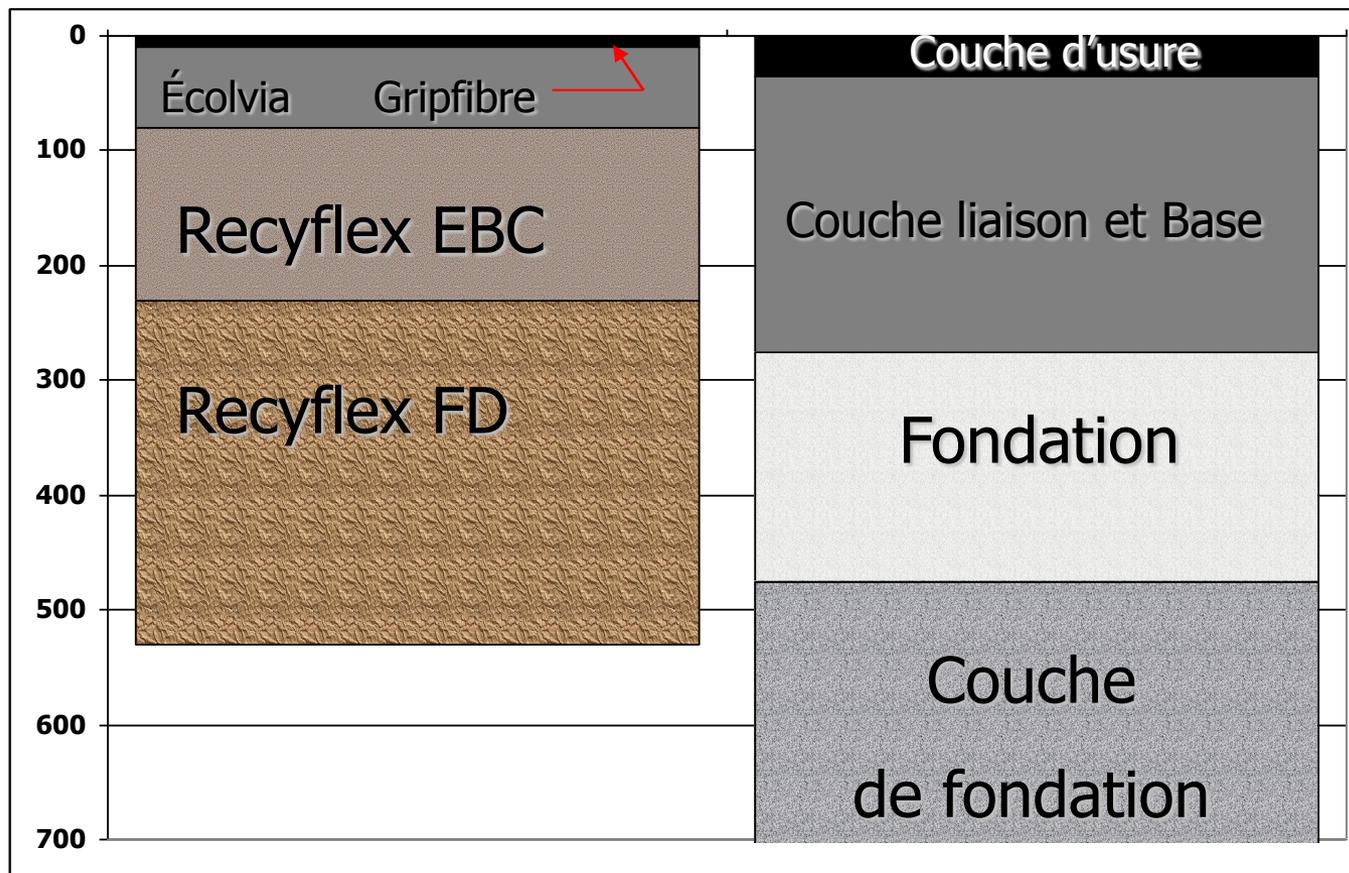
»



# Analyse complète de l'impact environnemental

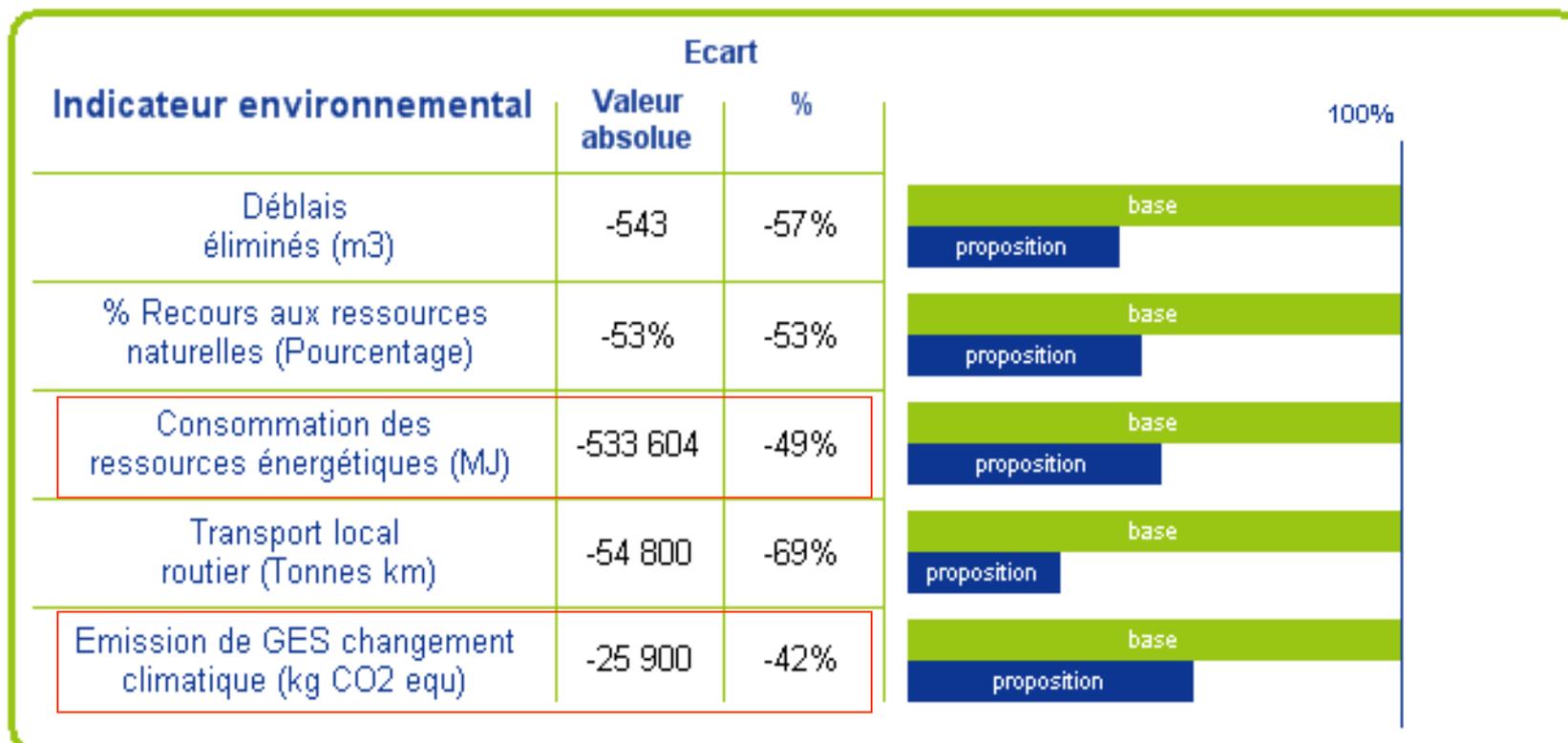
Chaussée TFE (51 cm)

Conventionnel (89 cm)



# Analyse complète de l'impact environnemental

## Résultats GAIA



# Analyse complète de l'impact environnemental

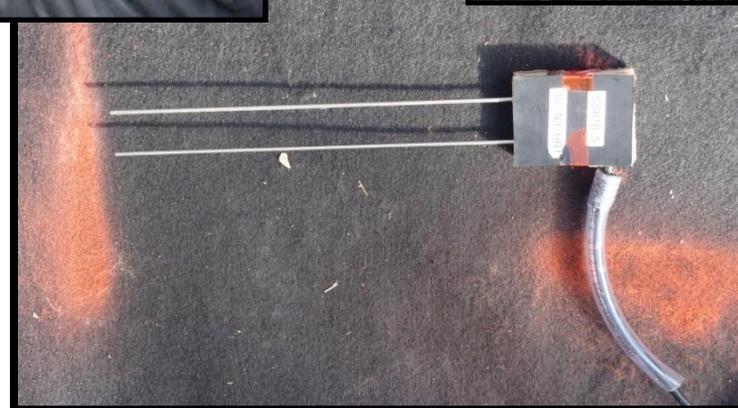
## Analyse du concept TFE : Perspectives sur une période de 10 ans

Indices environnementaux	10 km/an	50 km/an	50 km/an pendant 10 ans	Mise en état
<b>Consommation de ressources énergétiques</b>  Mégajoule (X10e6)  Consommation annuelle équivalente	-25 126 hab.	-125 631 hab.	-1 250 <b>6 310 hab.</b>	Consommation/habitant au Québec/an= 198 000 Mj
Transport  Tonnes km (X1000)	- 4 500	-22 500	<b>-225 000</b>	
<b>Émissions de gaz à effet de serre</b>  Tonnes CO2 équiv.	-860 71 hab.	<b>-4 300</b> 354 hab.	<b>-43 000</b> <b>3 550 hab.</b>	Émission/habitant au Québec/an = 12,1 tonnes  Émission/car/an = 3 tonnes
Excavation  M3	-31 000	-155 000	<b>-1 550 000</b>	

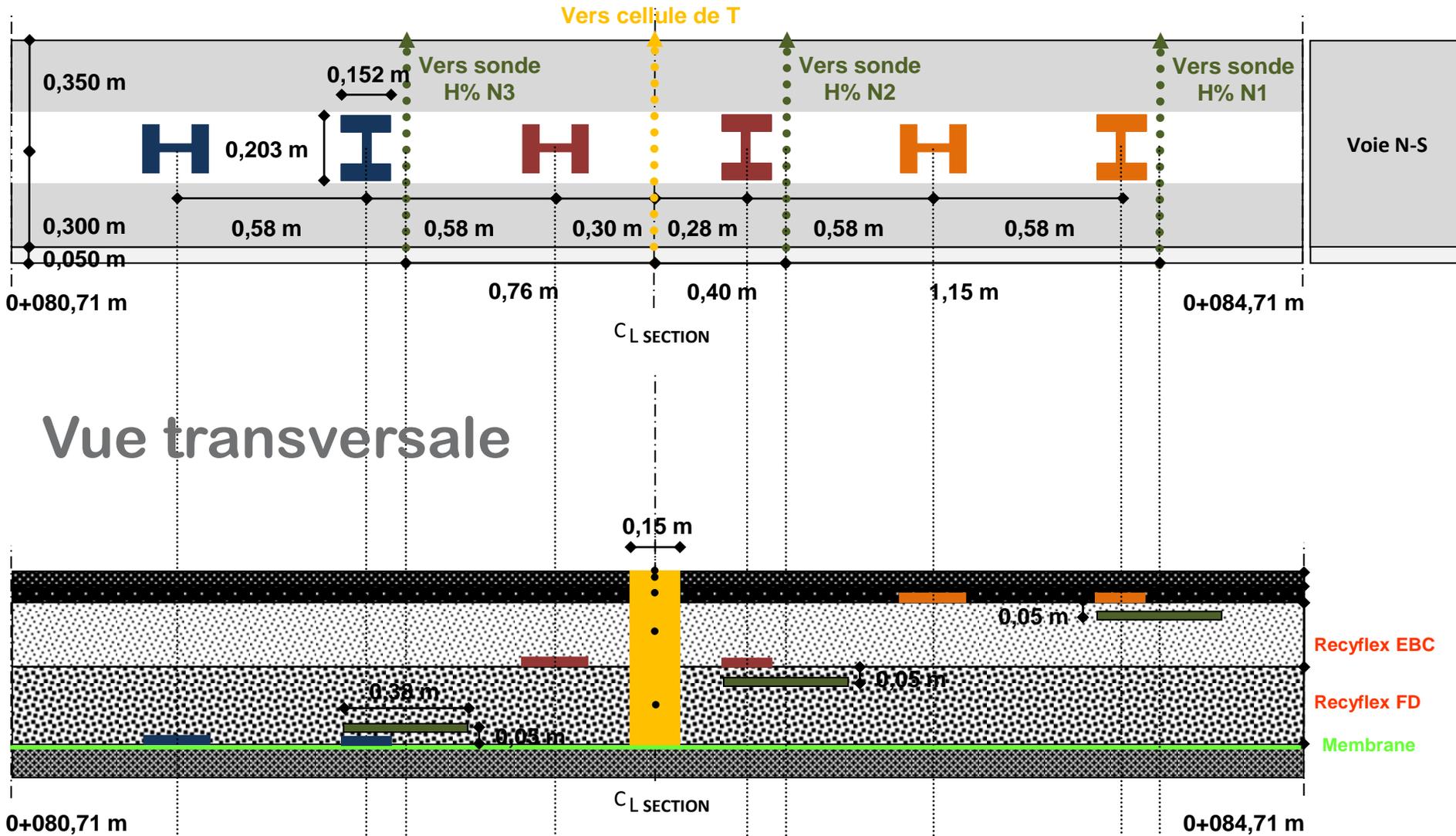
# Instrumentation du site expérimental

## Rue des Érables

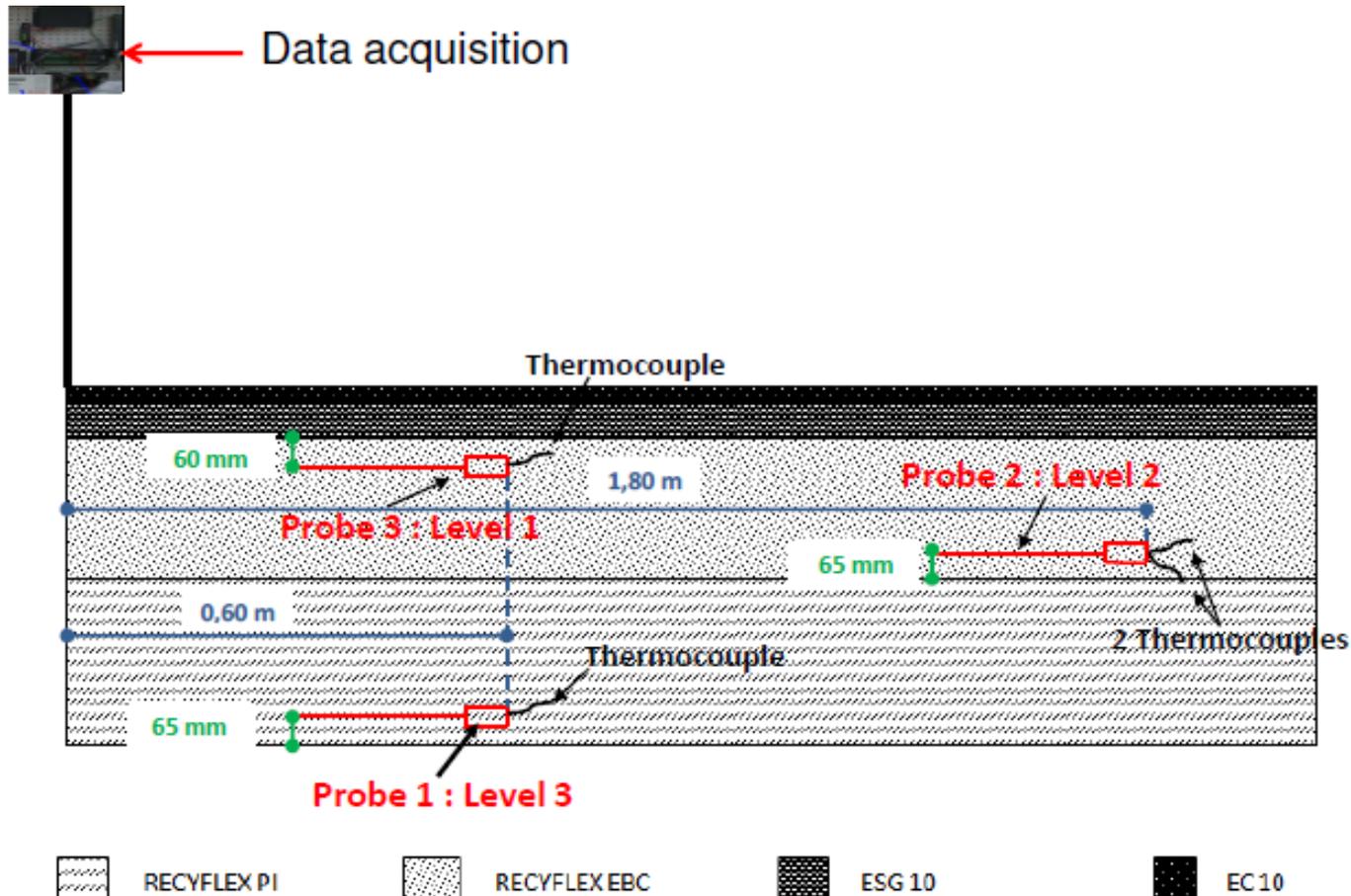
# Instrumentation du site : installation des capteurs



# Jauges de déformation

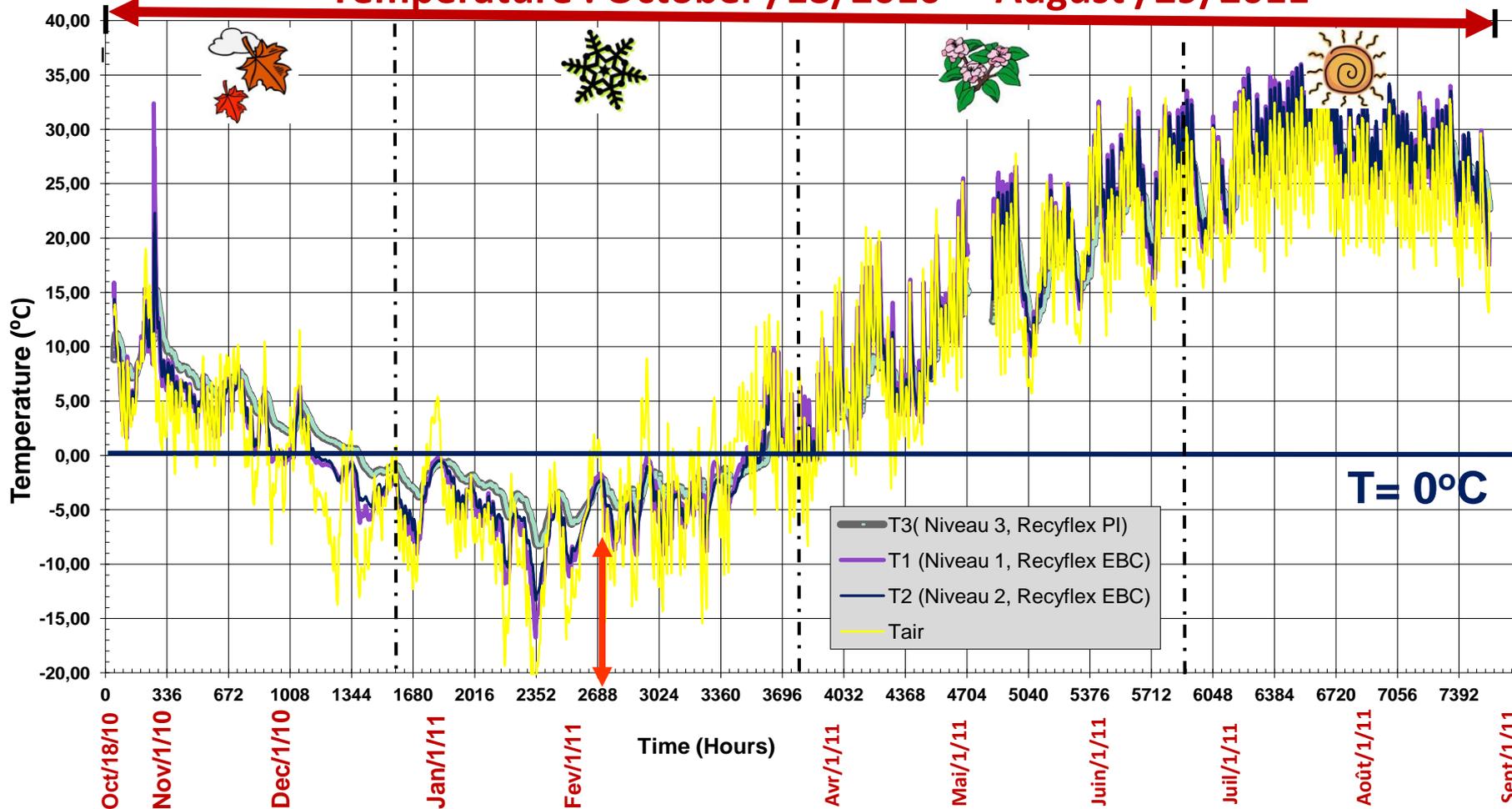


# Positionnement des sondes et des thermocouples



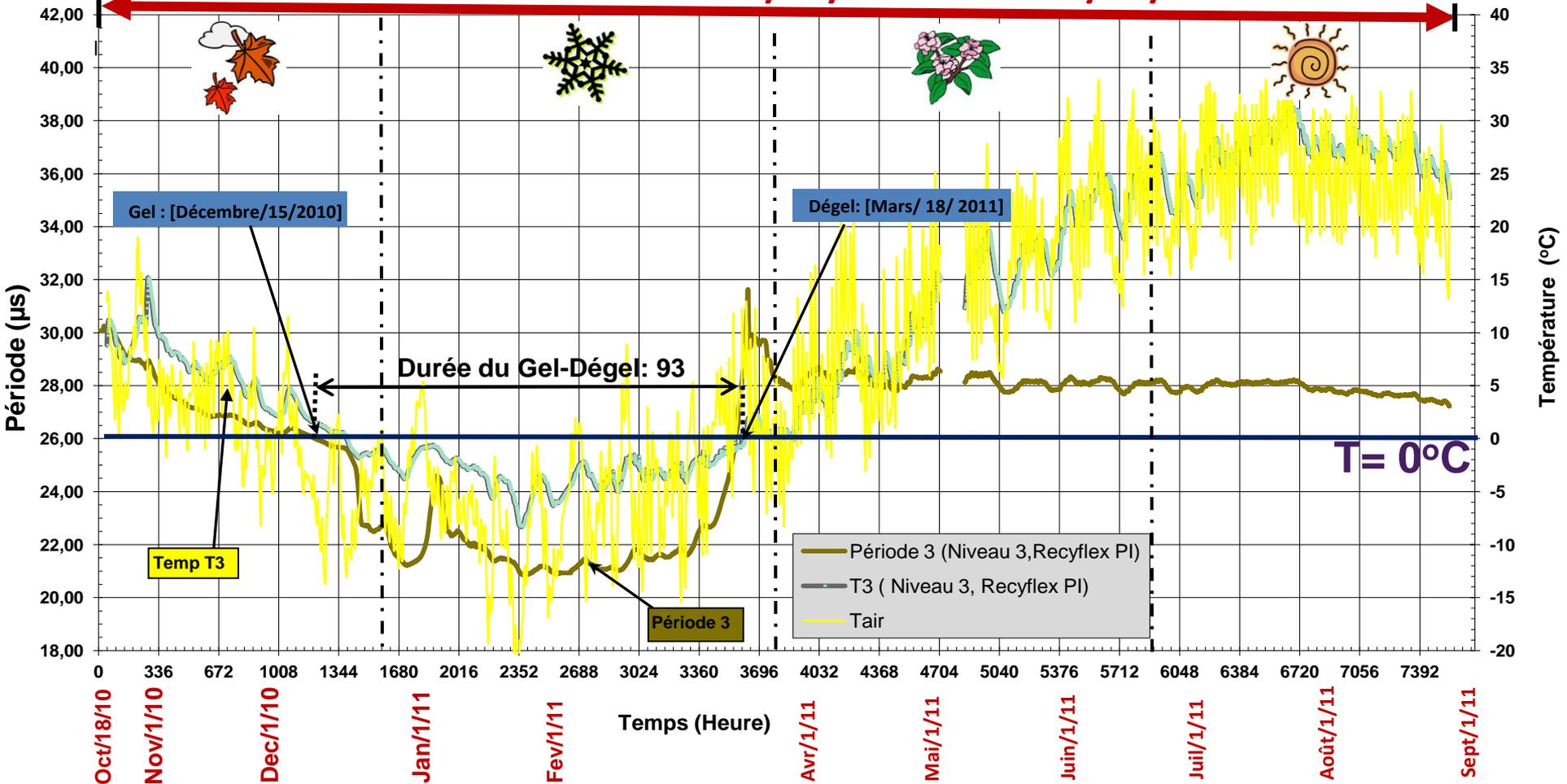
# Résultats préliminaires: Température des différentes couches, TFE

Temperature : October /18/2010 - August /29/2011

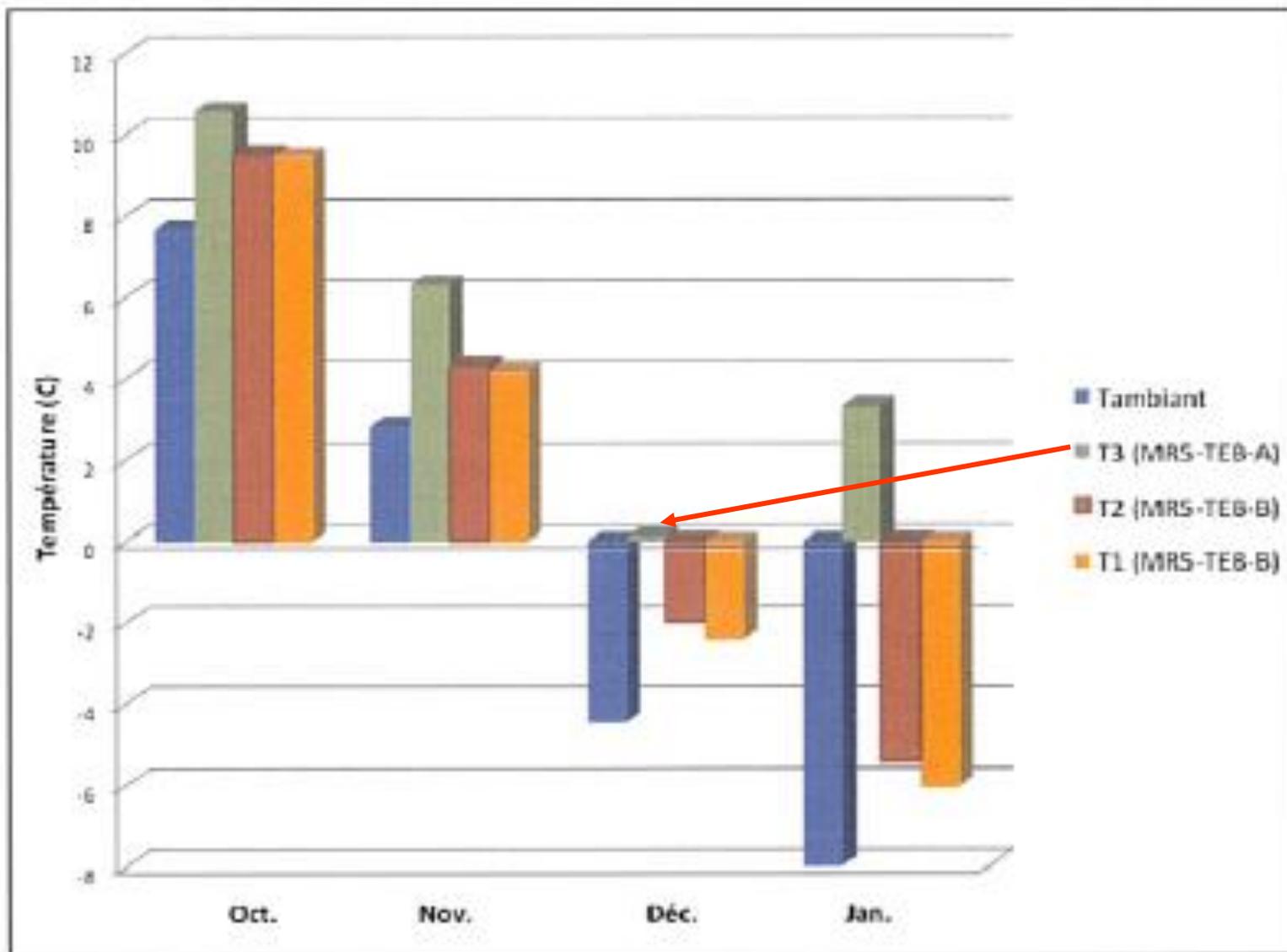


# Résultats préliminaires: Recyflex PI (Niveau -3)

## RECYFLEX PI : Octobre /18/2010 - Août /29/2011



# Températures moyennes mensuelles



# Potentiel de développement des chaussées TFE

ENROBÉ TIÈDE ET ÉCOLVIA

(Collectrice)



DJL

## STRUCTURE DE CHAUSSÉE FLEXIBLE À TRÈS FAIBLE ÉNERGIE



### Coupe transversale proposée

A	Trottoir
B	Écran drainant
C	Pierres concassées

	ÉPAISSEUR	
D	Enrobé tiède 0/10 mm	30 mm
E	Écolvia	70 mm
F	Recyflex EBC	175 mm
G	Recyflex PI (pouvoir isolant)	300 mm
H	Membrane géotextile	
I	Soi-support	

Idée originale : Marc Proteau

# ENROBÉ TIÈDE ET ÉCOLVIA (Artérielle)



**DJL**

## STRUCTURE DE CHAUSSÉE FLEXIBLE À TRÈS FAIBLE ÉNERGIE



**Coupe transversale proposée**

<b>A</b> Trottoir
<b>B</b> Écran drainant
<b>C</b> Pierres concassées

	<b>ÉPAISSEUR</b>
<b>D</b> Enrobé tiède 0/10 mm	40 mm
<b>E</b> Écolvia	70 mm
<b>F</b> Recyflex EBC	225 mm
<b>G</b> Recyflex PI (pouvoir isolant)	300 mm
<b>H</b> Membrane geotextile	
<b>I</b> Sol-support	

Idée originale : Marc Proteau

# Conclusion

# Conclusion

- Le concept est né d'un assemblage possible de précédentes expériences de développement et de nouveaux procédés
- La combinaison de chaque procédé individuel procure un concept global « vert » qui maximise l'économie d'énergie
- En complément de l'aspect technique, l'aspect écologique prend de plus en plus d'importance dans le choix du type d'intervention (**rapport écologie - technicité/prix**)
- Le développement du concept TFE permettra aux industriels de la route de contribuer à réduire la production de gaz à effet de serre

# Conclusion

Les chaussées TFE pourront assurer une meilleure qualité de vie aux habitants et protégera l'environnement pour les générations futures.



- Le concept de chaussée TFE est le résultat d'un partenariat public-privé
- Ce nouveau concept répond au projet de développement durable de la Ville de Montréal

## ➤ Futurs développements de concept TFE

- Amélioration des caractéristiques de Recyflex FD :
  - Pouvoir isolant
  
- Écolvia III :
  - Montée en cohésion contrôlée
  - Recyclage de fraissais d'enrobés
  - Utilisation d'émulsion polymère
  - Nouveau processus d'enrobage
  
- Utilisation d'enrobés Tempéra avec fort taux de recyclage (collectrices et artérielles)
- Application avec d'autres clients
- Observations à ce jour:
  - Aucune anomalie quelconque (déformations, fissurations)
  - Efficacité de la couche drainante traitée encourageante