

VI.1- Introduction :

L'essai de fluage statique uniaxial est adopté et mis en pratique dans plusieurs entreprises et laboratoires dans le monde. Cet essai simple est utilisé pour la vérification des résultats de l'essai Marshall. Cette vérification est nécessaire pour évaluer la résistance d'un enrobé bitumineux à la déformation viscoplastique car l'essai Marshall s'est révélé insuffisant.

L'essai de fluage statique détermine la résistance à la déformation permanente d'une éprouvette cylindrique d'un mélange bitumineux par une compression simple sous un chargement constant et sans confinement.

Les échantillons testés sont des éprouvettes du type Marshall conservées dans l'étuve à la température de l'essai qui est de 60°C pendant 4 heures, temps considéré suffisant pour que la température arrive jusqu'au noyau de l'éprouvette.

VI-2. But de l'essai

L'essai de fluage en compression simple uni-axial, peut être effectué sur tous les types de matériaux bitumineux ; il a été corrélé avec des expériences d'orniérage conduites sur des structures routières réelles.

Il complète les essais de formulation classique et permet de conformer l'influence des paramètres de formulation et de fabrication sur la stabilité au fluage des enrobés bitumineux. Ce comportement est très influencé par les conditions climatiques.

VI-3. Appareil utilisé

Il existe plusieurs types d'appareils utilisés pour effectuer l'essai de fluage statique. L'appareil utilisé dans notre travail est représenté à la figure VI.1. Cette appareil a été développé au laboratoire des routes et aérodromes de la faculté de génie civil de l'USTHB.

La figure VI.1 présente un appareil qui est utilisé pour mesurer la consolidation des sols et est conçu par la société de fabrication des matériels d'essais CONTROLS.

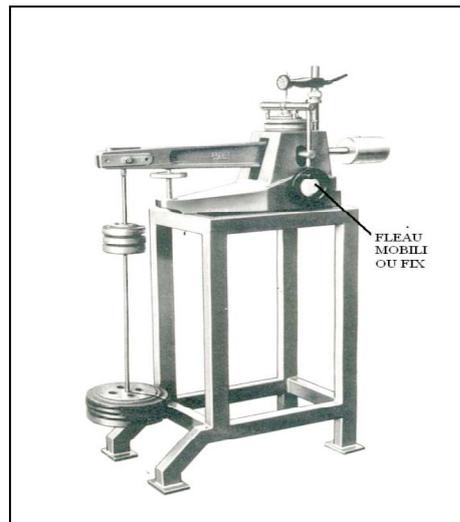


Figure. VI.1 Appareil utilisé pour la consolidation des sols.

Nous avons fixé sur le plateau inférieur de cet appareil un bac à eau fabriqué en métal galvanisé, ce dernier est relié grâce à une tuyauterie spéciale ; à un bain-marie muni d'une pompe hydraulique haute pression. Le bain-marie ; la pompe hydraulique et le bac à eau forment tous les trois un circuit fermé pour l'eau qui conserve une hauteur et une température constantes dans le bac pendant l'essai (Figure. VI.2).



Figure. VI.2.Appareillage mis au point en laboratoire et utilisé pour les essais de fluage sur enrobés bitumineux

VI.4. Conditions particulières de l'essai, mode opératoire et valeurs déterminées

VI.4. 1.Conditions particulières de l'essai

Les conditions particulières de l'essai sont établies selon la norme anglaise BS 598.Ces conditions sont aussi confirmées par Ugé et Van de Loo ainsi que par J. Zawadzki , Hushek et Pigois .

L'enregistrement de la déformation initiale après 15s de chargement avait été choisit arbitrairement. Le nombre de 15s est à peu près le même temps moyen du stop d'un bus sur un arrêt.

Les conditions d'essai sont :

- Mélanges testés : Enrobé à Module Elevé EME 0/14.
- Températures de l'essai : +25°C, +40°C et +60°C.
- Contraintes des compressions appliquées : $\sigma_0 = 0.14\text{Mpa}, 0.28\text{Mpa}, 0.42\text{Mpa}$.
- Type d'éprouvettes utilisées : Éprouvettes Marshall compactées à 50 coups par face.
- Écart maximum d'épaisseur toléré suivant plusieurs génératrices : 0.1 mm
- Temps de conditionnement des éprouvettes : 4 heures .
- Intervalles des lectures : chaque 15 secondes pendant la première minute, puis chaque minute pendant les dix premières minutes, puis chaque 5 minutes jusqu'à 1h.

Les mêmes intervalles sont utilisés pendant la recouvrance.

- ✓ Temps de chargement : 1h.
- ✓ Temps de déchargement : 1h.

Notre objectif consiste en :

- La détermination de l'influence de la température sur le comportement rhéologique de l'enrobé (60°C°).
- La détermination de l'influence de la teneur en PR Plast Module sur le comportement rhéologique de l'enrobé .
- La détermination de l'influence du chargement sur le comportement de l'enrobé (10kg).

VI.4. 2.Mode opératoire

Après avoir conserver l'échantillon pendant 4 heures à la température de l'essai, on la place entre les deux plaques métalliques dans le bain-marie, porté préalablement à la même température, en faisant en sorte qu'elle soit totalement immergée.

- On applique une contrainte de compression σ_0 pendant 1h et on mesure la déformation axiale,
- On décharge tout en mesurant le retour des déformations.

VI.4. 3.Valeurs déterminées

La contrainte appliquée, ainsi que les composantes de la déformation mesurées durant l'essai sont représentées dans la figure VI.3 :

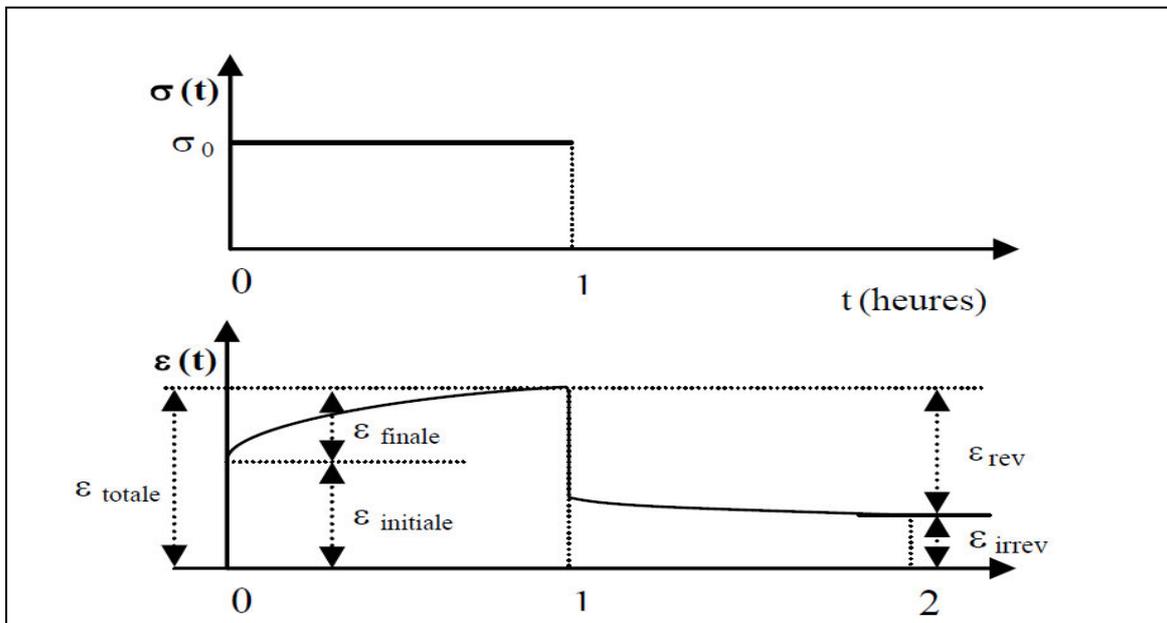


Figure.VI.3. Contrainte appliquée et composantes de la déformation mesurée durant les périodes de chargement et de déchargement dans l'essai de fluage statique

Où :

σ_0 : Contrainte de compression appliquée sur l'éprouvette.

ϵ_{tot} : Déformation totale enregistrée après 1h de chargement.

ϵ_{init} : Déformation initiale enregistrée après 15s de chargement.

ϵ_{final} : Déformation finale complémentaire.

ϵ_{irr} : Déformation irréversible ou permanente.

ϵ_{rev} : Déformation réversible.

❖ Les déformations durant l'essai sont calculées par :

$$\epsilon(t, T) = \frac{\Delta h}{h_0} \mathbf{100} \quad [\%] \dots\dots\dots(\text{VI.1})$$

Avec :

- $\epsilon(t, T)$: Déformation axiale de l'éprouvette durant le temps de chargement (t) en secondes à la température (T) en °C.
- h_0 : Hauteur initiale de l'éprouvette.
- Δh : Déformation axiale (changement de distance entre les surfaces chargées).

- ❖ Le module de rigidité en fluage statique est calculé par :

$$S_M(t, T) = \frac{\sigma_0}{\varepsilon(t, T)} \quad [\text{MPa}] \dots \dots \dots (\text{VI.2})$$

Avec :

- $S_M(t, T)$: Module de rigidité du mélange sous charge statique durant le temps de Chargement (t) en secondes à la température (T) en °C.
- σ_0 : contrainte de compression appliquée.

- ❖ Le quotient de la déformation réversible après 1 heure de déchargement et la déformation totale après 1 heure de chargement (valeur de recouvrement viscoélastique (RVE), a été calculée et ceci pour distinguer une différence entre les mélanges :

$$RVE = \frac{\varepsilon_{rev}}{\varepsilon_{tot}} \mathbf{100} \quad [\%] \dots \dots \dots (\text{IV.3})$$

- ❖ Le sens de la déformation initiale et de la déformation finale pour la résistance aux déformations permanentes peut être clairement apprécié si ces deux déformations sont comparées à la déformation totale. pour cela les déformations initiales et finales comme pourcentages des déformations totales ont été calculées.

VI-5. Résultats et interprétations de l'essai de fluage statique:

Les résultats sont représentés sur les figures VI.4

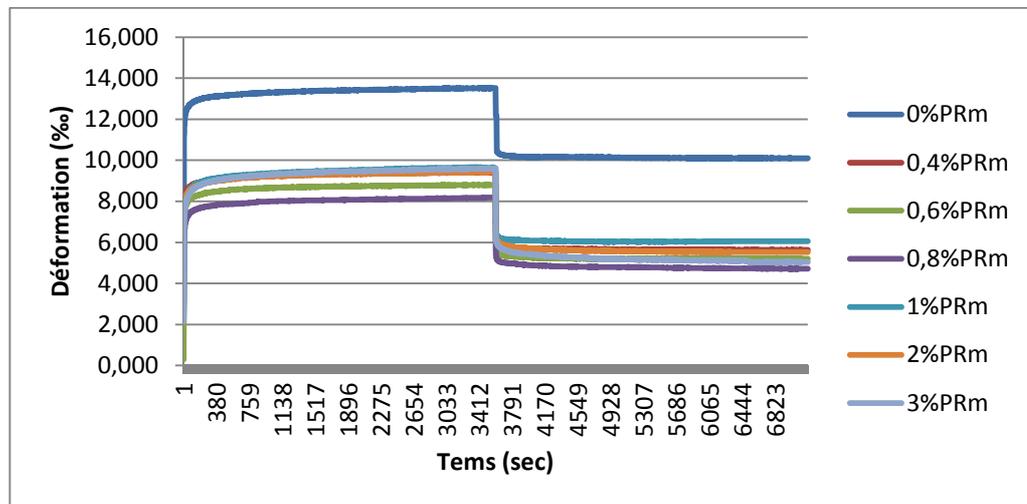


Figure VI.4. Influence de la teneur en PR PLAST Module sur le fluage des enrobés à 60 °C

D'après les résultats représentés dans les figures précédentes on remarque que :

Les courbes obtenues montrent que l'évolution de la déformation en fonction du temps et de la teneur en PR PLAST Module, présentent les mêmes allures,

Les enrobés avec teneur en PR PLAST Module 0% donnent les déformations les plus élevées,

Les déformations totales des enrobés sont améliorées avec l'ajout de PR PLAST Module.

On remarque une nette diminution des déformations totales pour les enrobés à module élevé avec 0,4%, 0,6 % et 0,8 % de PLAST Module, mais pour les enrobés à module élevé avec 1,2% et 3 % de PR PLAST Module, les déformations sont plus importantes et elles sont supérieures à celles l'enrobé avec 0,8% en PR PLAST Module.

L'enrobé avec une teneur en PR PLAST Module 0,8% donne les déformations les plus faibles,

L'enrobé avec les teneurs en PR PLAST Module de 0,4%, 2%, 1% et 3% donnent un comportement quasi similaire.

Influence de la PR PLAST Module sur la déformation initiale, la déformation totale et la déformation finale :

Les déformations initiales enregistrées après 15 secondes de chargement et Les déformations totales enregistrées après 1 heure de chargement et Les déformations finales complémentaires enregistrées après 1 heure de chargement ; sont présentées sur la figure VI.6.

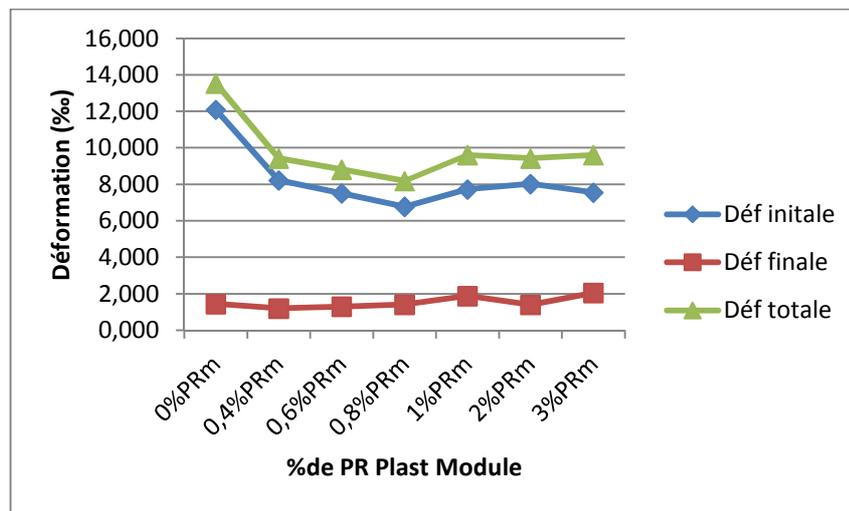


Figure VI.5: Influence de PR PLAST Module sur la déformation initiale, la déformation finale et la déformation totale

L'analyse des résultats de l'essai de fluage statique montre que les déformations totales des enrobés sous les conditions de chargements sont améliorés avec l'ajout de PR PLAST Module.

L'amélioration est plus importante pour un pourcentage de PR PLAST Module de 0.8% .

On remarque aussi un peu doux vers la stabilisation de la déformation totale pour des teneurs en PR PLAST Module de 1% ,2%et3% et on peut dire qu'elle a resté stable à ces teneurs.

La déformation initiale diminue pour les enrobés à modules élevé jusqu'à 0.8 % de PR PLAST Module puis augmente légèrement.

La déformation finale, qui est la déformation complémentaire entre la déformation initiale et la déformation totale enregistrée après une heure de chargement , est minimale pour une teneur en PR PLAST Module de 0.4 % puis augmente aussi légèrement.

Influence de la PR PLAST Module sur la déformation réversible et la déformation irréversible :

Les déformations réversibles et **irréversible** des enrobés étudiés aux différentes teneurs en PR PLAST Module sont présentées sur la figure VI.7 :

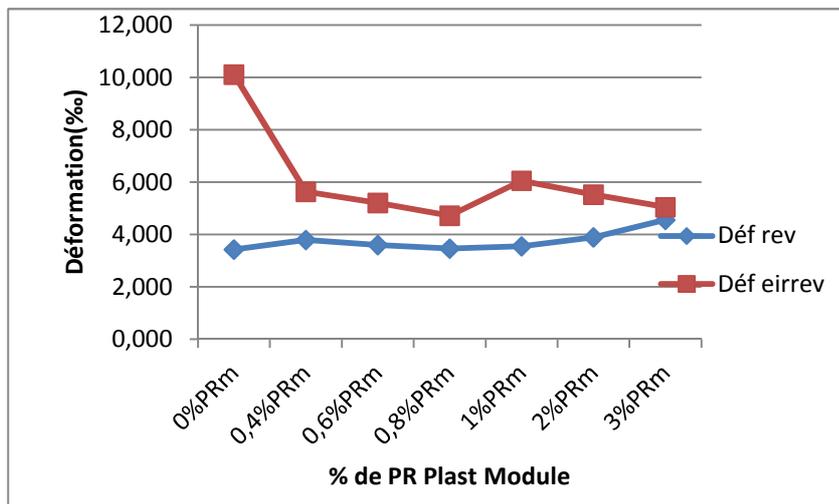


Figure VI.6: Influence de la PR PLAST Module sur la déformation réversible et la déformation irréversible

On remarque un léger gain dans les déformations réversibles enregistrées, quelque soit la teneur d'ajout.

Au niveau des déformations irréversibles, qui sont plus importantes, On note pour les déformations irréversibles une diminution jusqu'à une teneur de 0.8%, avec une chute considérable à 0.4 %. , mais à la teneur de 1 % augmente et après la teneur 1% (2 et 3 %) on remarque une diminution des déformations irréversibles.

Influence de la PR PLAST Module sur le module de rigidité initial et le module de rigidité total:

La figure VI.7 représente les valeurs du module de rigidité au fluage statique des enrobés enregistrés après chargement.

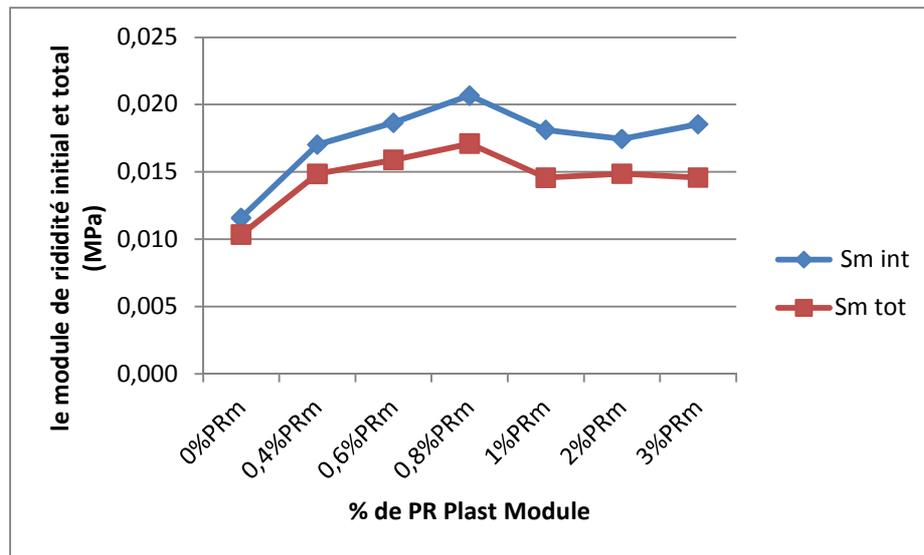


Figure VI.7: Influence du PR PLAST Module sur le module de rigidité initial et le module de rigidité total.

Pour une teneur en *PR PLAST Module* comprise entre 0.4% et 0.8 % l'enrobe présente une nette amélioration du module de rigidité au niveau de toutes les étapes de chargement (initial et final).

Les enrobés avec un surdosage en *PR PLAST Module* seraient moins résistants à l'action des chargements de longues durées.

On remarque aussi une diminution du module de rigidité pour des teneurs en *PR PLAST* de 1% ,2%et3% et on peut dire qu'il ya stabilisation de la valeur des modules.

Le module de rigidité le plus élevé est celui du mélange bitumineux avec une teneur en *PR PLAST Module* de 0.8%.

Influence de la PR PLAST module sur le recouvrement viscoélastique :

La variation des valeurs du (R.V.E) en fonction de la teneur en PR PLAST module est présentées sur la figure VI.8 :

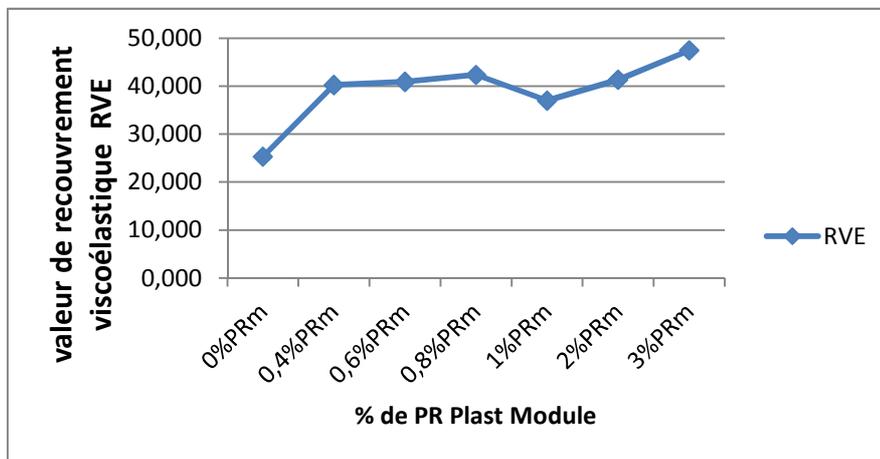


Figure VI.8: Influence de la PR PLAST module sur le recouvrement viscoélastique

Le recouvrement viscoélastique (RVE) qui est le quotient de la déformation réversible après 1 heure de déchargement sur la déformation totale après 1 heure de chargement a été calculé et ceci pour distinguer une différence entre les mélanges bitumineux confectionnés avec différentes teneurs en PR PLAST module.

Cette quantité est maximale pour une teneur en PR PLAST module 3 % de PR PLAST module.

On remarque aussi une diminution de la valeur du (R.V.E) pour des teneurs en PR PLAST de 1% puis il augmente.

VI-6. Conclusion

Les résultats obtenus suite aux essais de fluage statique en compression simple, nous permettent d'évaluer les caractéristiques rhéologique des enrobés bitumineux testés à savoir :

- les déformations initiales et le module de rigidité initial,
- les déformations totales et le module de rigidité total,
- la déformation réversible et la déformation irréversible
- le recouvrement viscoélastique (RVE),

Et d'après ces essais nous constatons que :

Tous les enrobés testés présentent les mêmes courbes.

Tous les enrobés testés présentent une déformation permanente irréversible après l'essai de recouvrance.

Pour une teneur en *PR PLAST Module* de comprise entre 0.4% et 0.8 % l'enrobe à module élevé présente une nette amélioration des résultats (déformation ; module de rigidité; recouvrement viscoélastique).

Les meilleurs résultats ont été obtenus pour les mélanges à 0.8% de PR PLAST module.

Quand on atteint 0.8%de PR PLAST Module, les résultats diminuent malgré l'augmentation des teneurs en PR PLAST Module.

Ces résultats (teneur optimale eu PR Plast Module de 0.8%) confirment ceux des résultats DURIEZ et MARSHALL.