

Séminaire de restitution CCLEAR

Impact des conditions climatiques sur les infrastructures routières

Action des UV : étude en laboratoire et sur site

03 février 2015

Virginie MOUILLET

Laboratoire d'Aix-en-Provence / Direction Territoriale Méditerranée

Cerema

virginie.mouillet@cerema.fr

Contexte de l'étude

Sujet de rattachement :

« Étude de la durabilité des infrastructures routières à long terme : Prise en compte du vieillissement des matériaux et de la fatigue de la structure »

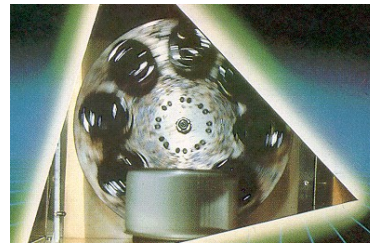
Facteurs de vieillissement

Température

Oxydation

UV solaires

↓
surface



Rolling Thin Film Oven Test

« RTFOT »

(NF EN 12607-1)

163° C et 75 min sous air



Pressure Ageing Vessel

« PAV »

(NF EN 14769)

100° C et 20h à une pression d'air de 2.1 MPa

Distorsions terrain / laboratoire ⇒ UV non pris en compte ?

Objectifs

➔ Étudier l'effet des UV sur le vieillissement **chimique** des couches très **superficielles** des revêtements bitumineux

➔ Situer le vieillissement UV

Vieillessement de laboratoire
(RTFOT + 20 H PAV)

Vieillessement sur route

(Mouillet, V.; Farcas, F.; Chailleux, E.; Sauger, L.

“Evolution of bituminous mix behaviour submitted to UV rays in laboratory compared to field exposure”
Journal of Materials & Structure, Volume 47, Issue 8, 2014, Page 1287-1299)

Démarche suivie (1)

- Comparaison de plusieurs types de vieillissement : en laboratoire et sur site - sur enrobé et sur liant modifié seul

Vieillissement sur l'enrobé bitumineux

Vieillissement sur le liant

Exposition aux UV à 44°C et à différents temps de séjour

Vieillissement *in situ*

- 12 , 26 et 44 mois

Béton Bitumineux Drainant à base de bitume élastomère (mis en œuvre sur une chaussée fortement circulée du Sud de la France) :

- formule granulométrique : 0/10
- épaisseur de la couche : 4 cm
- teneur en liant : 4,5%
- teneur en vides : 24,3%

Simulation du durcissement à court terme (enrobage)

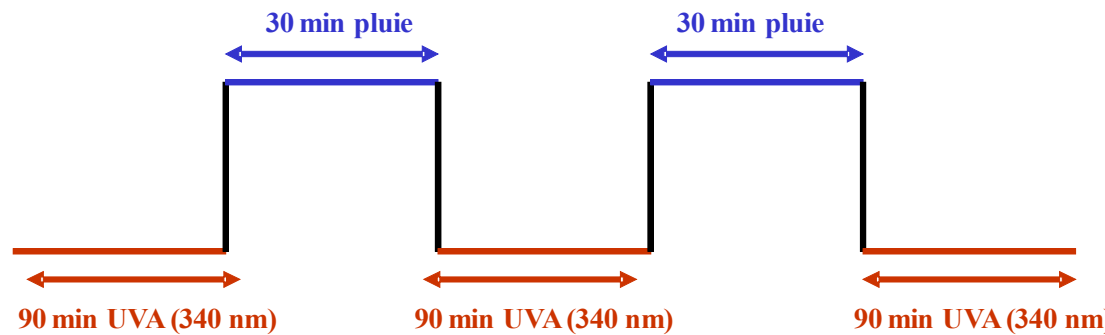
-RTFOT à 163°C –
(NF EN 12607-1)

Simulation du vieillissement à long terme (plusieurs années de service)

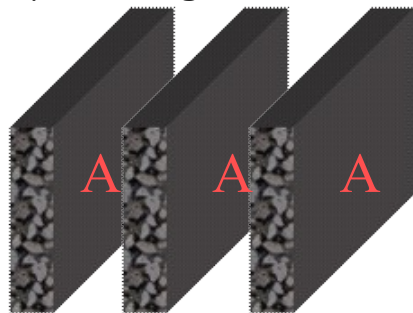
-RTFOT à 163°C + 20h PAV –
(NF EN 14769)

Démarche suivie (2)

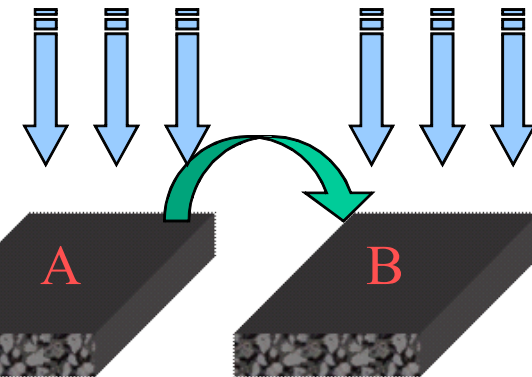
- Vieillesissement artificiel aux UV de « tranches » d'enrobés :
choix de l'appareil Q-UV avec lampes fluorescentes UV-A (NF EN ISO 4892-3)



Préparation des éprouvettes
par sciage (8 cm X 24 cm X 1 cm)

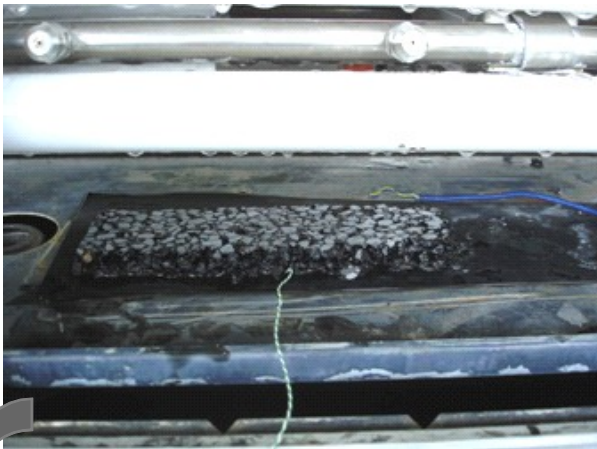


Vieillesissement UV

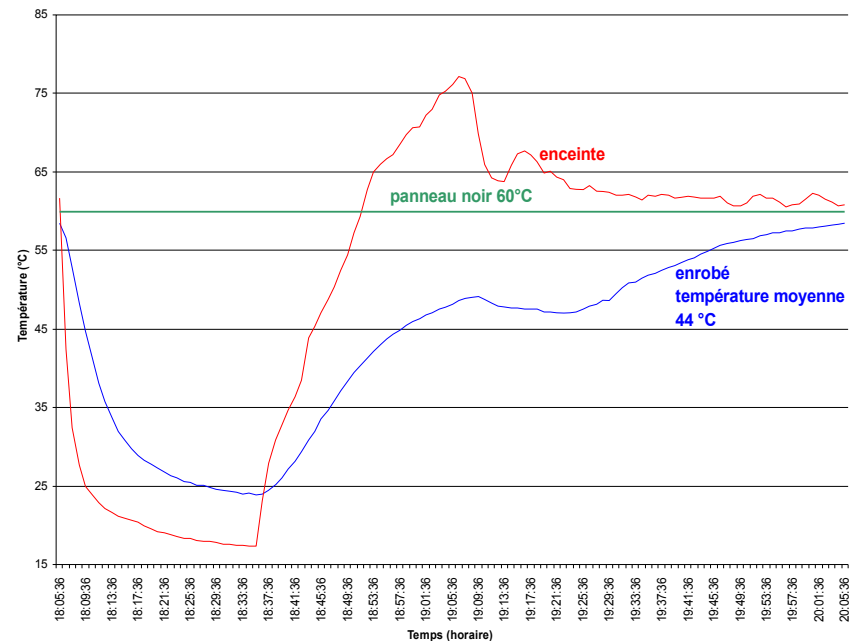


Démarche suivie (3)

- Mesure de la température moyennes des éprouvettes soumis au rayonnement UV :
→ découplage de l'effet thermique de l'effet photo-oxydatif



température moyenne de 44° C calculée sur 8 cycles à mi-épaisseur des éprouvettes



Résultats obtenus

Influence des UV sur le vieillissement en laboratoire des « tranches » d'enrobés

→ *Impact sur les caractéristiques physico-chimiques :*

<i>Caractéristiques physico-chimiques mesurées</i>	Durée du vieillissement	$ \Delta_{((Thermique+UV) - Thermique)} $	Contribution des UV dans le processus global d'oxydation
Température Bille & Anneau (NF EN 1427)	800h	6,6°C	1,4%
	1600h	9,2°C	12,0%
Indice infrarouge des carbonyles (Méthode des LPC n°69)	800h	2,4%	77,4%
	1600h	5,0%	78,1%
Indice infrarouge des sulfoxydes (Méthode des LPC n°69)	800h	2,1%	19,1%
	1600h	1,7%	15,9%
Indice infrarouge de la partie butadiène du SBS (Méthode des LPC n°69)	800h	0,4%	22,2%

- **Effet des UV très prononcé sur la production de carbonyles**
- **Effet des UV plus modéré sur la production des sulfoxydes et la diminution de la teneur en double-liaison des chaînes butadiène du SBS**

Résultats obtenus

Influence des UV sur le vieillissement en laboratoire des « tranches » d'enrobés

→ *Impact sur les caractéristiques rhéologiques :*

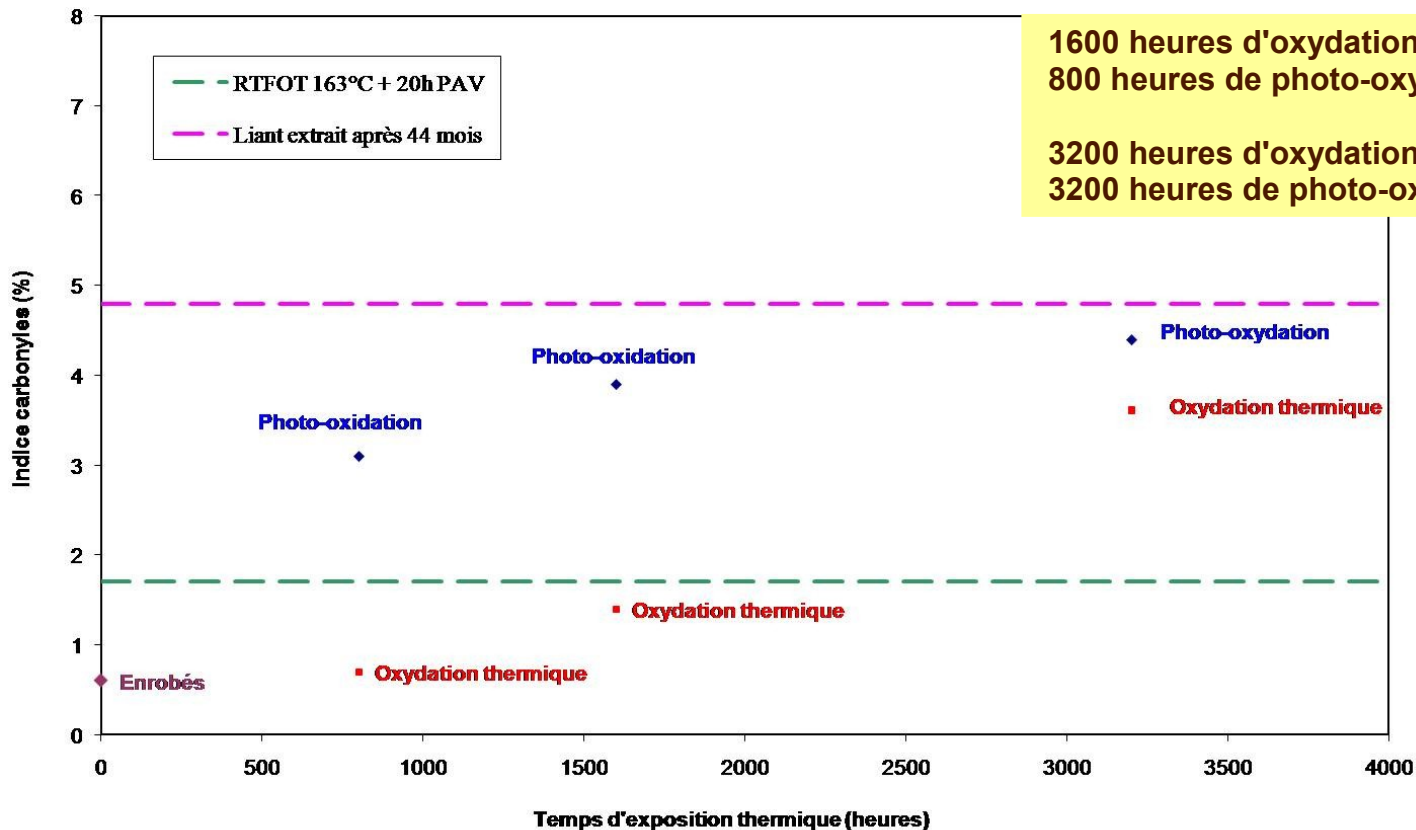
<i>Caractéristiques rhéologiques mesurées</i>	Durée du vieillissement	$ \Delta_{((Thermique+UV) - Thermique)} $	Contribution des UV dans le processus global d'oxydation
Température pour laquelle l'angle de phase est égal à 27°	800h	6,2°C	31,8%
	1600h	11,8°C	45,2%
Température pour laquelle l'angle de phase est égal à 45°	800h	9,0°C	22,7%
	1600h	16,1°C	33,8%

- **Effet des UV plus marqué pour la température à laquelle l'angle de phase est égal à 27°**
→ **capacité du liant à dissiper les contraintes à basse température dépendante des UV**

Résultats obtenus

Comparaison des niveaux de vieillissement des enrobés après exposition UV en laboratoire et sur site

→ *Cinétique de production des carbonyles*



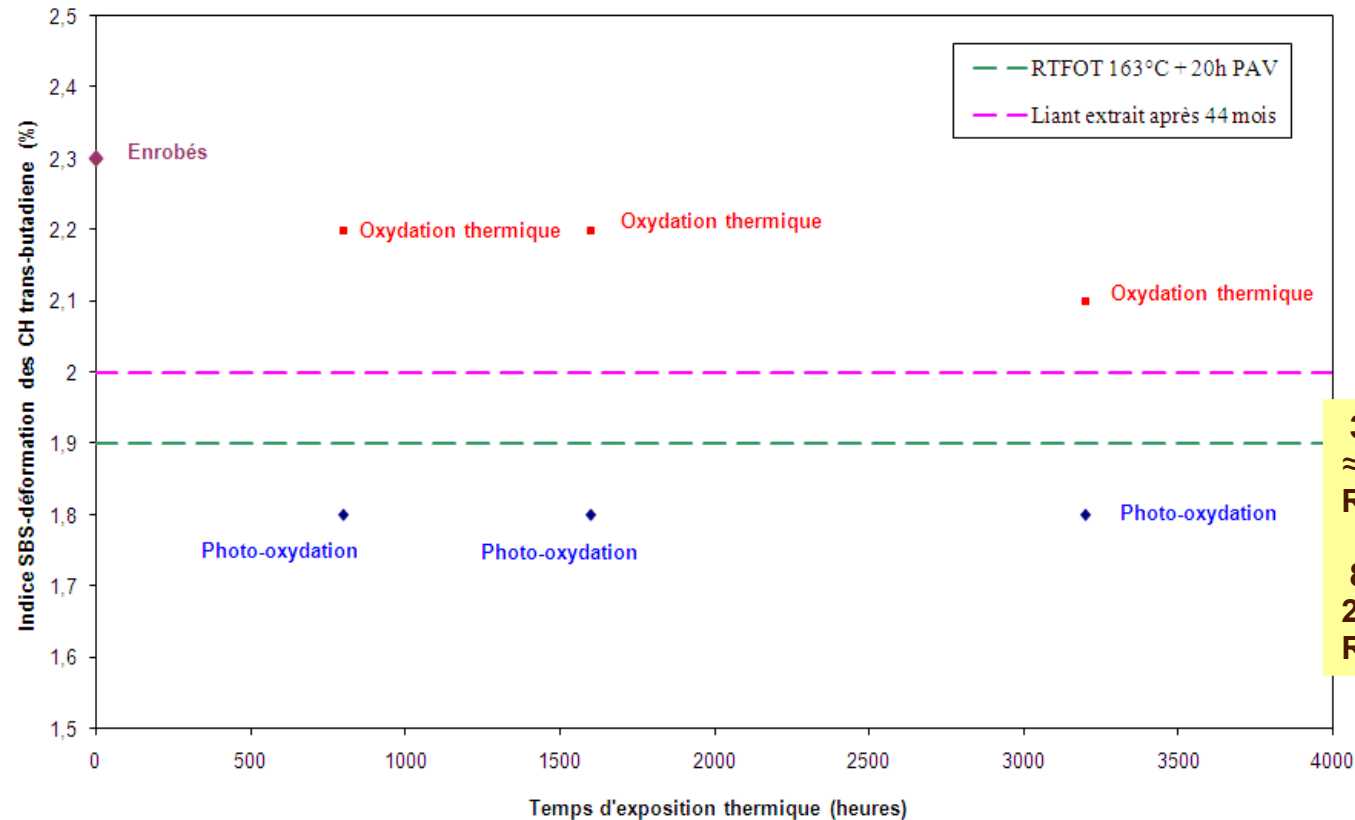
1600 heures d'oxydation thermique \approx RTFOT + PAV
800 heures de photo-oxydation $>$ RTFOT + PAV

3200 heures d'oxydation thermique $<$ 44 mois sur site
3200 heures de photo-oxydation $<$ 44 mois sur site

Résultats obtenus

Comparaison des niveaux de vieillissement des enrobés après exposition UV en laboratoire et sur site

→ *Cinétique de diminution de la teneur en double-liaison des chaînes butadiène du SBS*



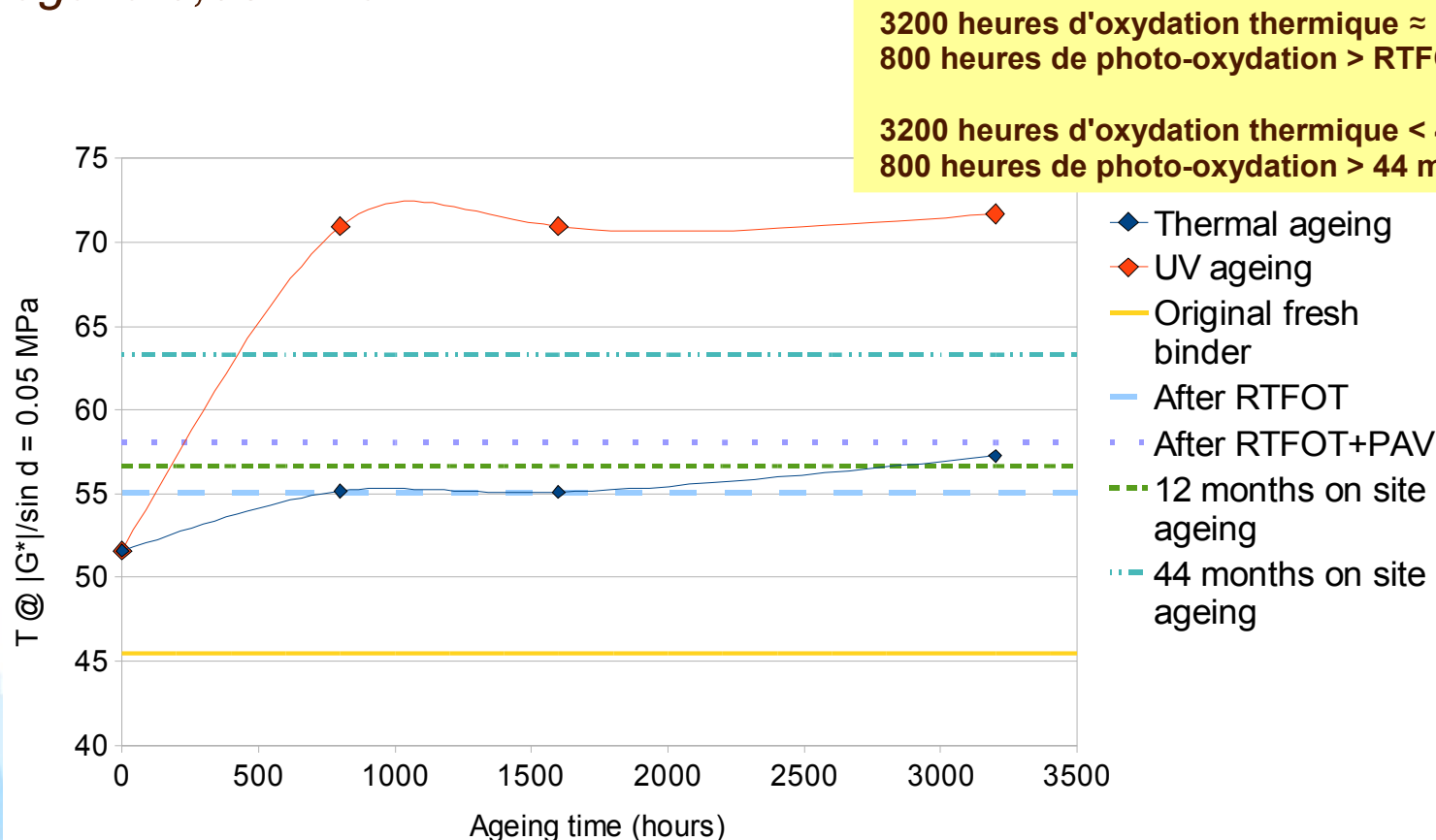
3200 heures d'oxydation thermique ≈ 9% de dégradation du polymère < RTFOT + PAV et 44 mois sur site

800 heures de photo-oxydation = 22% de dégradation du polymère > RTFOT + PAV et 44 mois sur site

Résultats obtenus

Comparaison des niveaux de vieillissement des enrobés après exposition UV en laboratoire et sur site

Cinétique d'augmentation de la température pour laquelle $|G^|/\sin \delta$ est égal à 0,05 MPa*



3200 heures d'oxydation thermique \approx RTFOT + PAV
800 heures de photo-oxydation $>$ RTFOT + PAV

3200 heures d'oxydation thermique $<$ 44 mois sur site
800 heures de photo-oxydation $>$ 44 mois sur site

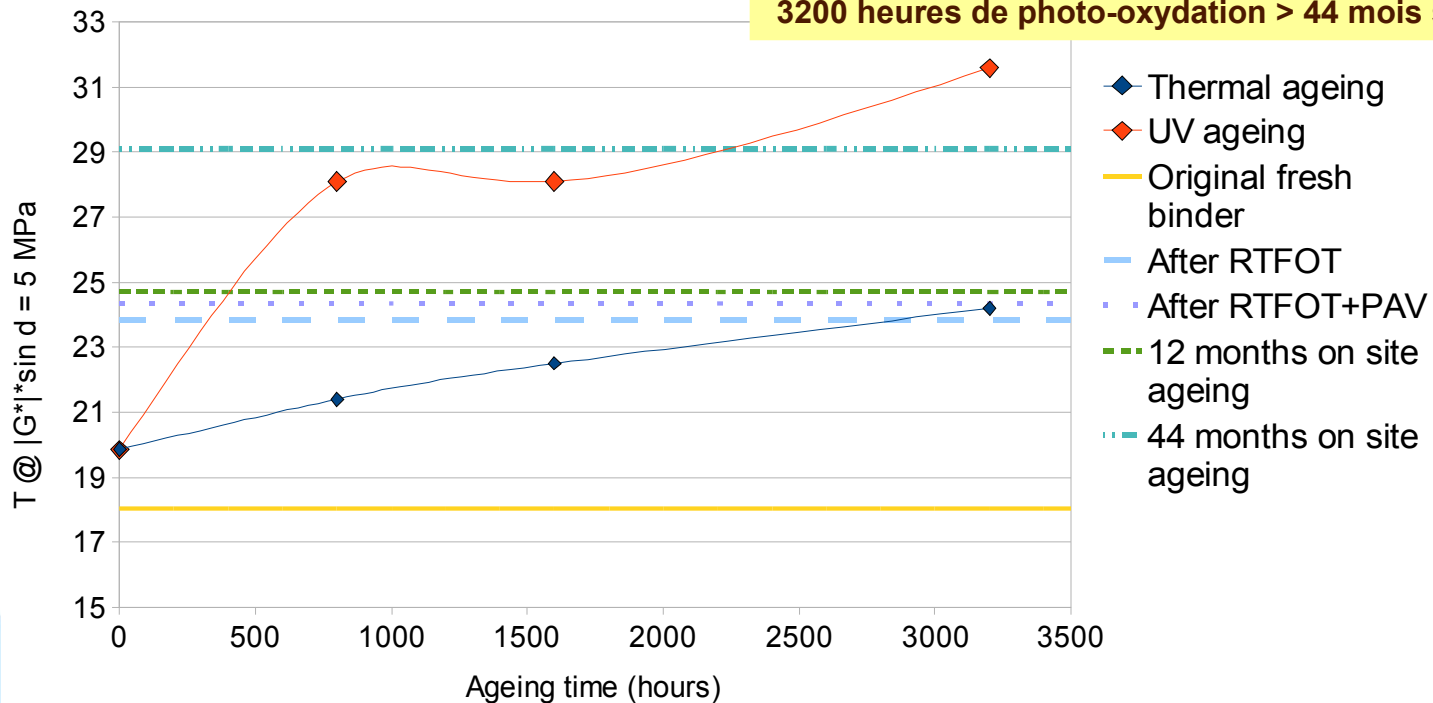
Résultats obtenus

Comparaison des niveaux de vieillissement des enrobés après exposition UV en laboratoire et sur site

Cinétique d'augmentation de la température pour laquelle $|G^|. \sin \delta$ est égal à 5 MPa*

3200 heures d'oxydation thermique \approx RTFOT + PAV
800 heures de photo-oxydation $>$ RTFOT + PAV

3200 heures d'oxydation thermique $<$ 44 mois sur site
3200 heures de photo-oxydation $>$ 44 mois sur site



Synthèse des résultats

➔ Mise en évidence d'un effet des UV sur le vieillissement **chimique** des enrobés bitumineux de surface à base de bitume/polymère:

- *Augmentation de la teneur en carbonyles*
- *Diminution de la teneur en double liaison des chaînes butadiène du SBS*
- *Accroissement de la rigidité du liant*

➔ Comparaison des niveaux de vieillissement des matériaux sous différentes conditions oxydatives:

A) vis-à-vis des propriétés rhéologiques :

- *RTFOT + PAV \approx 3200 heures d'oxydation thermique*
- *RTFOT + PAV $<$ 800 heures de photo-oxydation*
- *44 mois sur site \approx 3200 heures d'oxydation thermique*
- *44 mois sur site \approx 3200 heures de photo-oxydation*

B) vis-à-vis de la production de produits oxygénés :

- *RTFOT + PAV \approx 1600 heures d'oxydation thermique*
- *RTFOT + PAV $<$ 800 heures de photo-oxydation*
- *44 mois sur site $>$ 3200 heures d'oxydation thermique*
- *44 mois sur site $>$ 3200 heures de photo-oxydation*

Conclusions

- ▶ Introduction lors du vieillissement simulé en laboratoire des enrobés d'une séquence d'exposition aux UV -> effet des UV significatif
- ▶ Accroissement de la vitesse d'oxydation par les UV
- ▶ Différenciation de la cinétique d'évolution des matériaux selon la présence ou pas de radiations UV :
 - sous-estimation de l'évolution réelle du bitume dans un enrobé en couche de surface par les méthodes normalisées de vieillissement en laboratoire du liant
 - meilleure simulation du vieillissement à long-terme en intégrant les UV à l'oxydation thermique