

Utilisation des carbones issus de la biomasse en lubrification

Congrès SFEC – 16 mai 2018



Y. Debaud¹, P. Thomas¹, S. Gaspard², C. Yacou², N. Nomède-Martyr¹, A. Molza³, L. Romana¹

¹ Groupe de Technologie des Surfaces et Interfaces (GTSI), EA 2432, Université des Antilles, 97159 Pointe à Pitre Cedex, France

² COVACHIM-M2E, EA 3592, Université des Antilles, 97159 Pointe à Pitre Cedex, France

³ C3MAG, FED 4132, Université des Antilles, 97159 Pointe à Pitre Cedex, France

Sommaire

- Contexte
- Essais tribologiques : les conditions expérimentales
- Additifs liquides : les huiles végétales
- Additifs solides : les charbons actifs
- Etude du degré de graphitisation du charbon actif sélectionné
- Essais tribologiques sur mélange huile de base + additifs : Résultats
- Etude des propriétés anti-usure

Contexte du projet de recherche



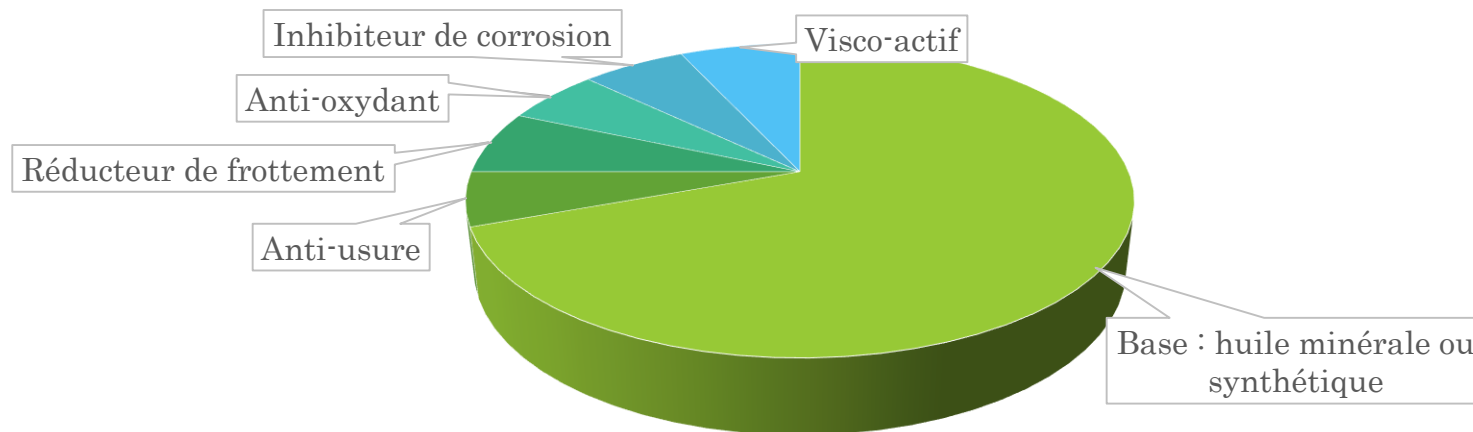
- Phénomènes de frottement et d'usure : causes principales des pertes de performances et de durabilité des systèmes mécaniques
- Techniques de fabrication de pièces métalliques (engrenages, roulements à billes, segments, pistons et chemises) → Répondre aux exigences économiques grandissantes du marché :
 - Amélioration de la durabilité des matériaux
 - Augmentation des performances
 - Réduction du coût de la maintenance
 - Baisse de la consommation en énergie
- Recours à la tribologie (science qui étudie les phénomènes de frottement, d'usure et de lubrification) → Constitue un enjeu économique important



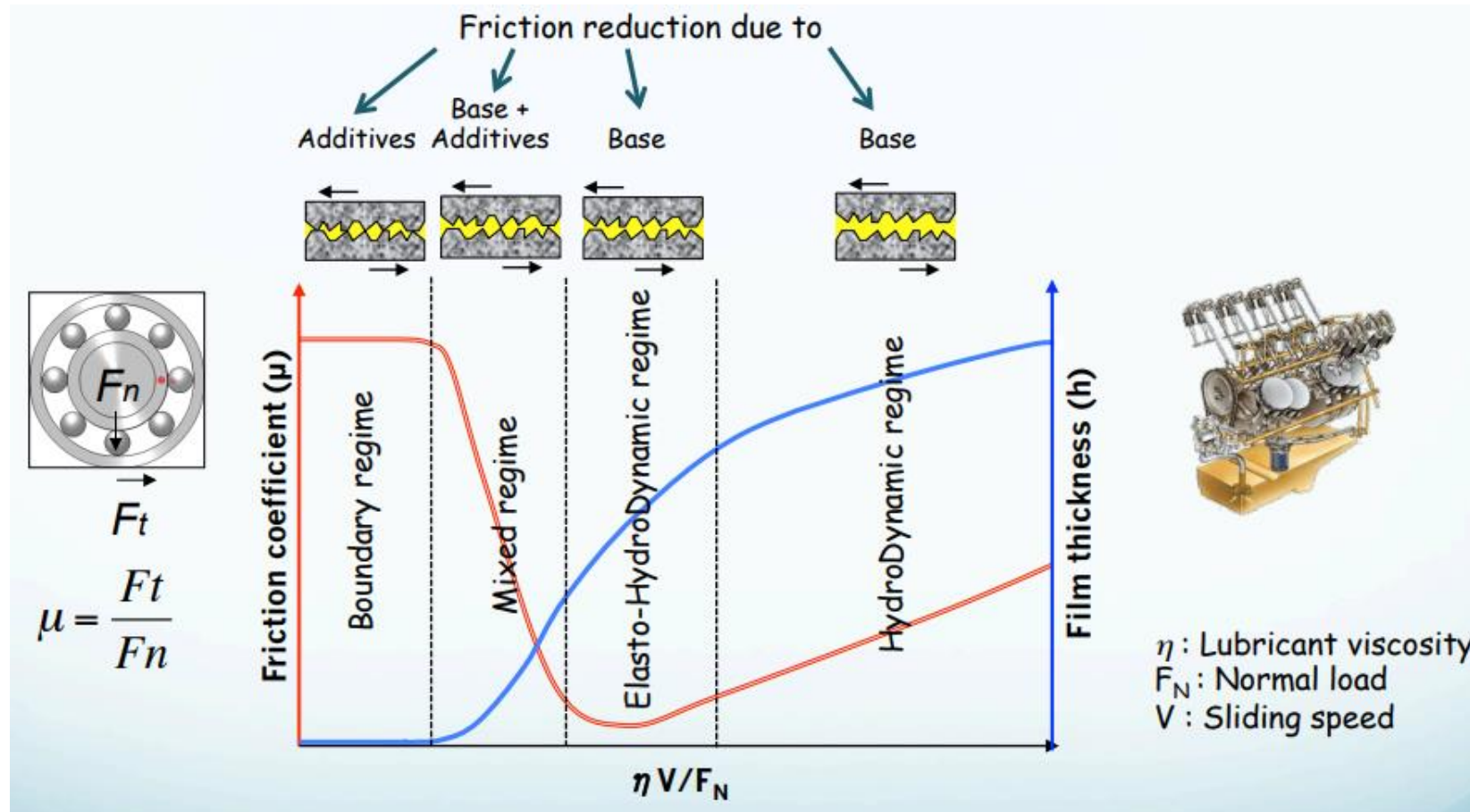
Contexte : lubrification liquide



- Lubrification → Minimiser le frottement et protéger les surfaces de l'usure
- Lubrifiant : base (huile minérale ou de synthèse) + additifs (anti-usure, réducteur de frottement, anti-oxydant)
- Les bases lubrifiantes pures n'assurant pas toutes les fonctions protectrices, des additifs sont ajoutés afin d'améliorer leurs propriétés tribologiques



Les régimes de lubrification



Contexte : lubrification liquide

Utilisation d'huiles végétales

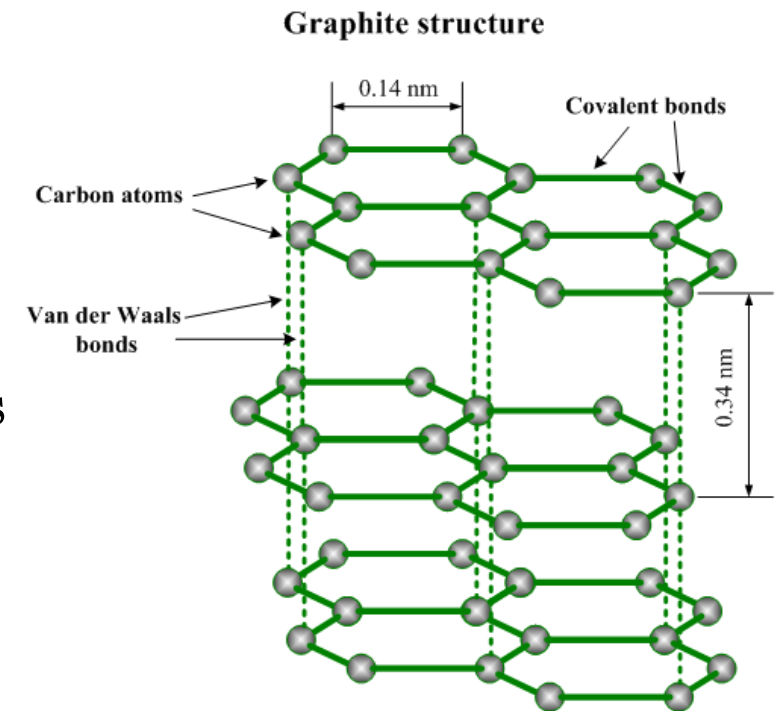
- Intérêt croissant de l'utilisation de produits biodégradables
 - Problèmes environnementaux → Limiter la pollution liée à l'utilisation des lubrifiants et fluides hydrauliques à base d'huiles minérales
- Utilisation des huiles végétales riches en acides gras
 - Meilleure lubrification et efficacité en tant que composés anti-usure (en comparant aux huiles minérales ou synthétiques)



Contexte : lubrification liquide

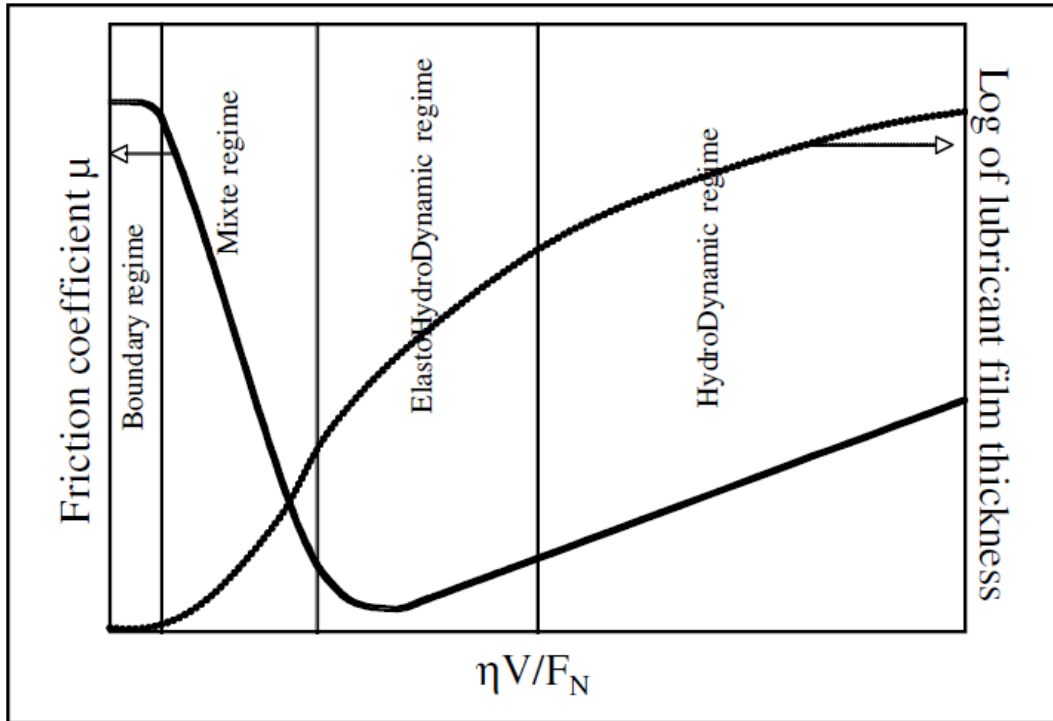
Utilisation d'additifs solides

- Nouvelles stratégies de lubrification
 - Particules colloïdales en dispersion dans les lubrifiants
 - Approvisionner le contact glissant en particules solides
 - Constituer instantanément le film tribologique
- Matériaux lamellaires, tel le graphite, bons additifs candidats
 - Structure en feuillets
 - Faibles interactions Van der Waals



Essais tribologiques

Les conditions expérimentales



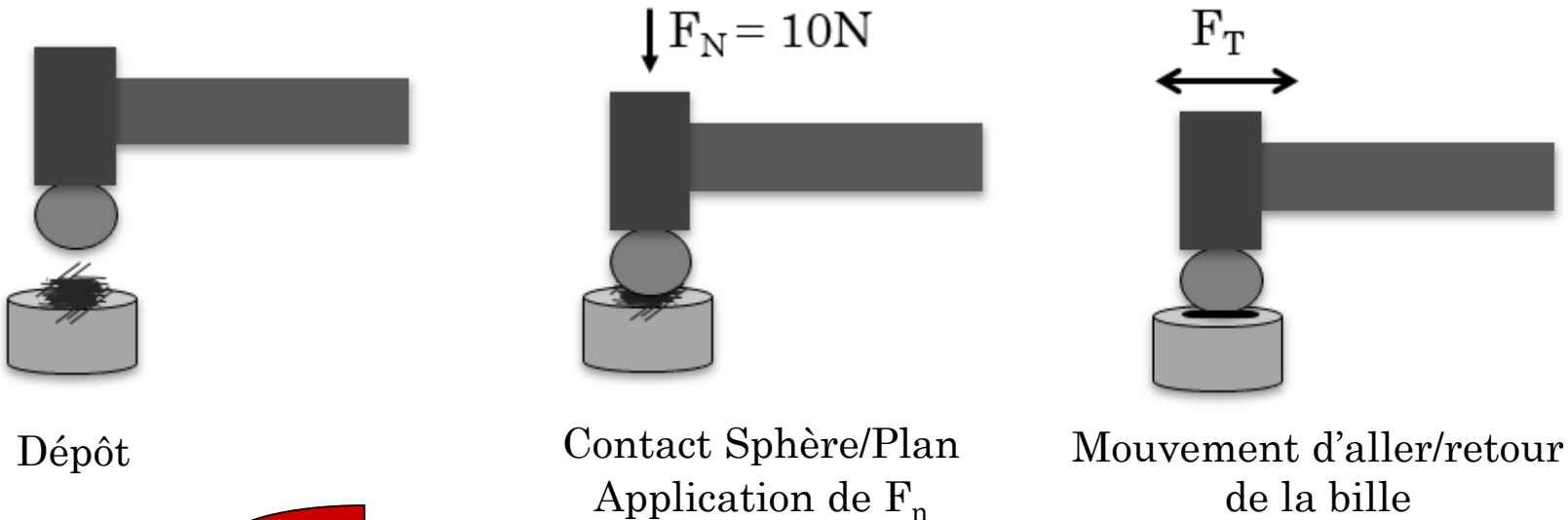
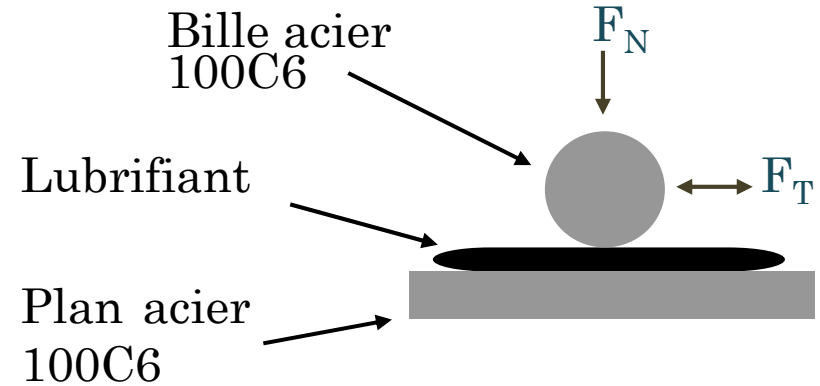
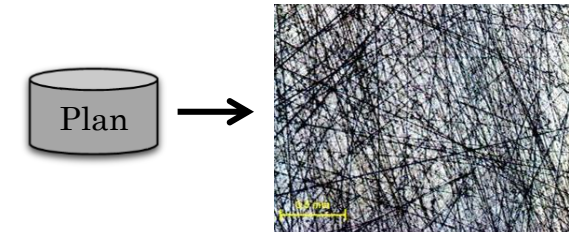
Représentation de la courbe de Stribeck
Détermination des régimes de lubrification

- Etude tribologique dans le régime de lubrification limite
 - Faible vitesse de déplacement
 - Forte charge
 - Coefficient de frottement μ élevé
 - Usure importante
- Conditions :
 - Force Normale: 10 N
 - Vitesse de déplacement: 3 mm/s

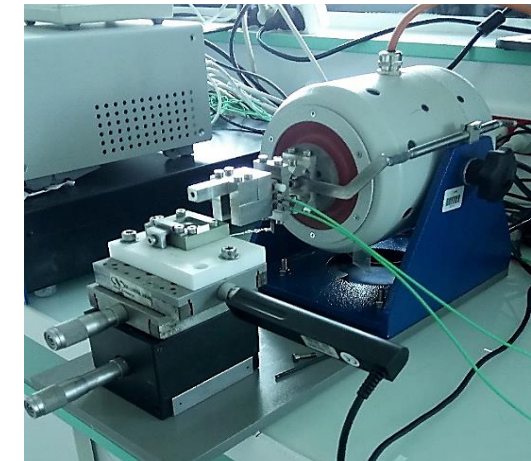
Essais tribologiques

Les conditions expérimentales

- Force Normale: 10 N
- Vitesse de déplacement: 3 mm/s
- Diamètre de l'aire de contact: 140 μm (Théorie de Hertz)
- Pression au centre du contact: 1 GPa



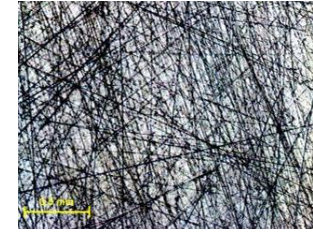
Coefficient de frottement $\mu = F_T / F_N$



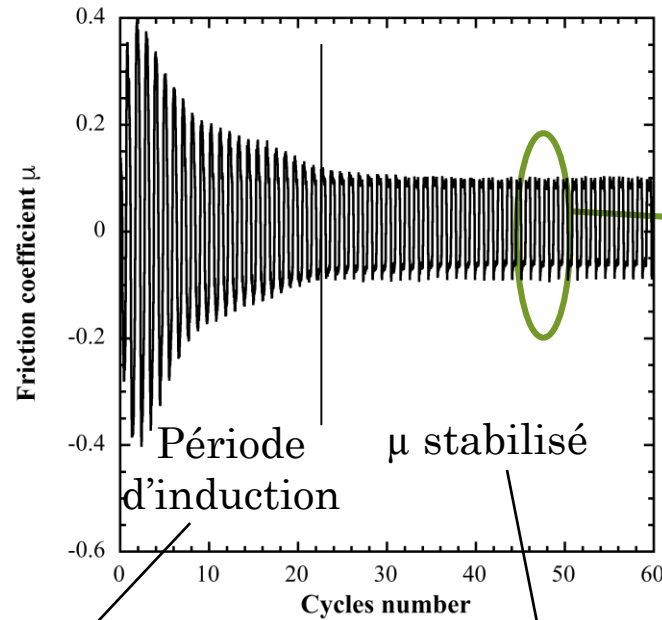
Tribomètre alternatif à contact sphère/plan

Essais tribologiques

Les conditions expérimentales

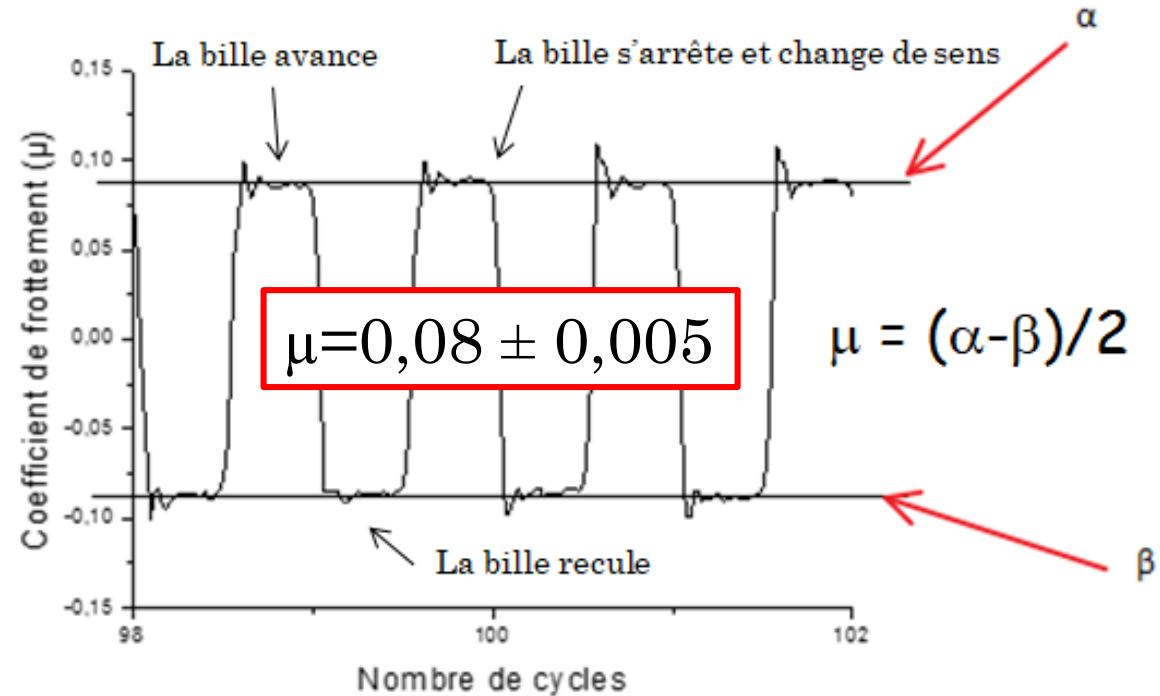


- Cas du graphite



Formation
du tribofilm

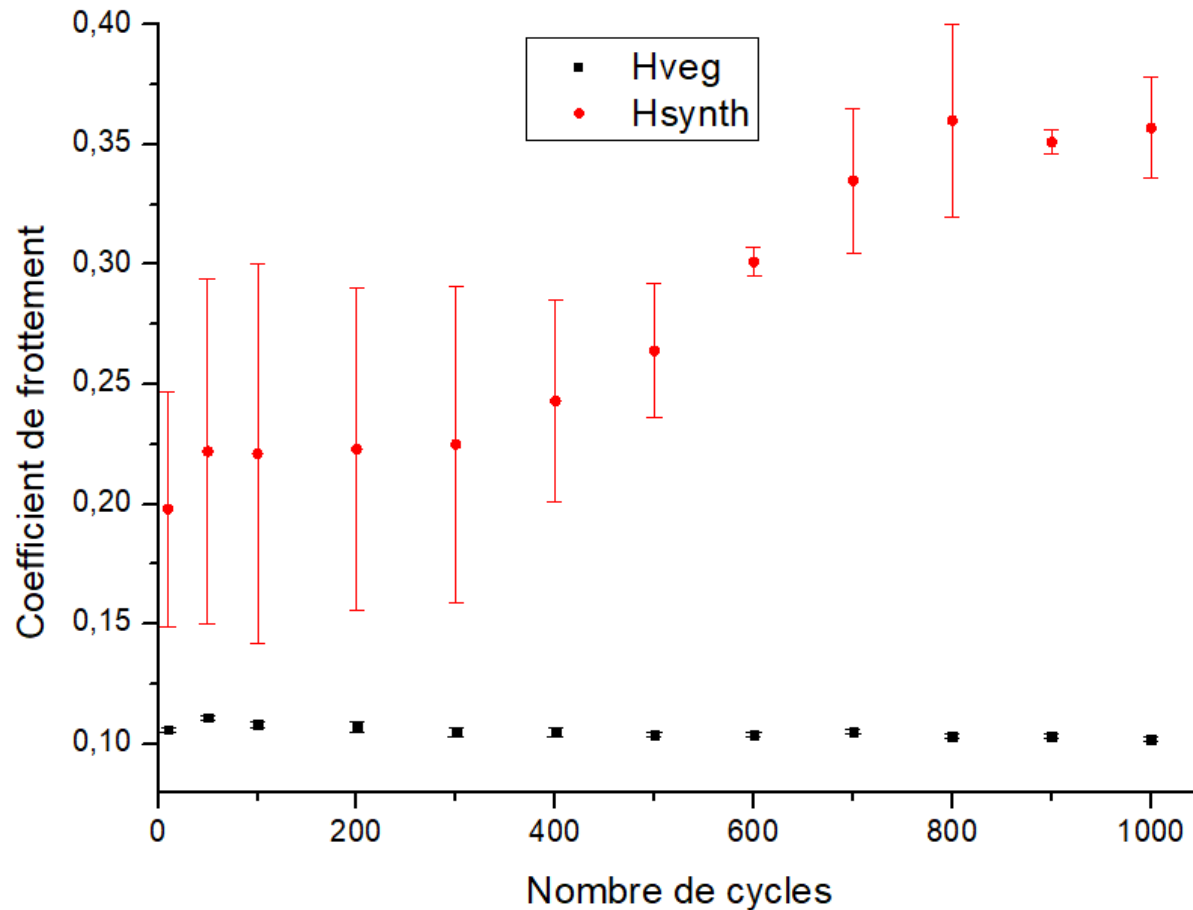
Tribofilm
formé



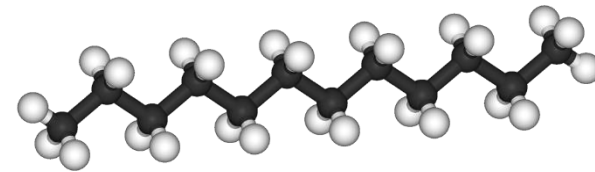
Répétabilité : 3 traces par échantillons

Additif liquide

Comparaison huile de synthèse et huile végétale

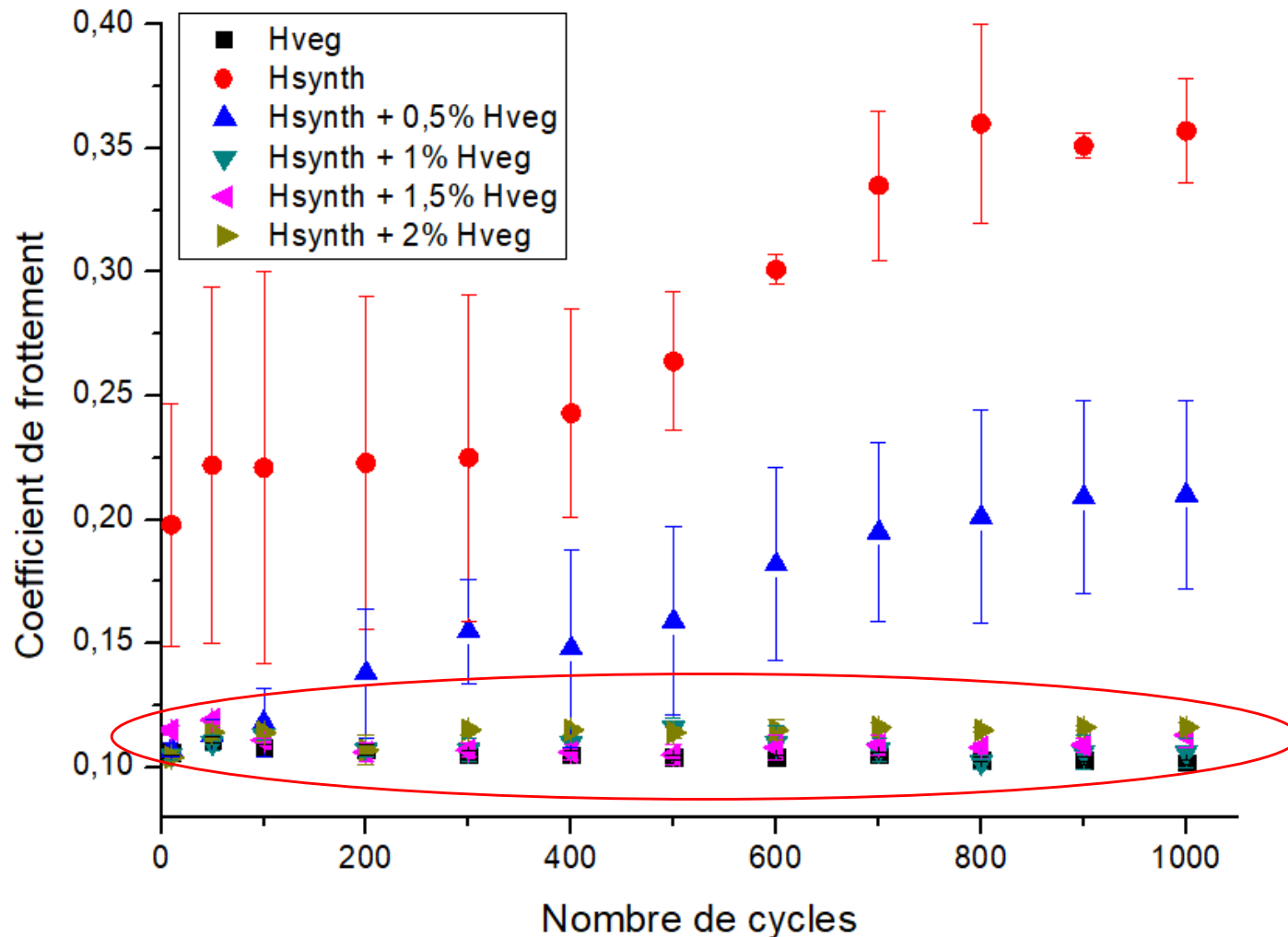


- Dodécane, huile de synthèse, utilisé comme notre base lubrifiante de référence, liquide huileux peu volatile



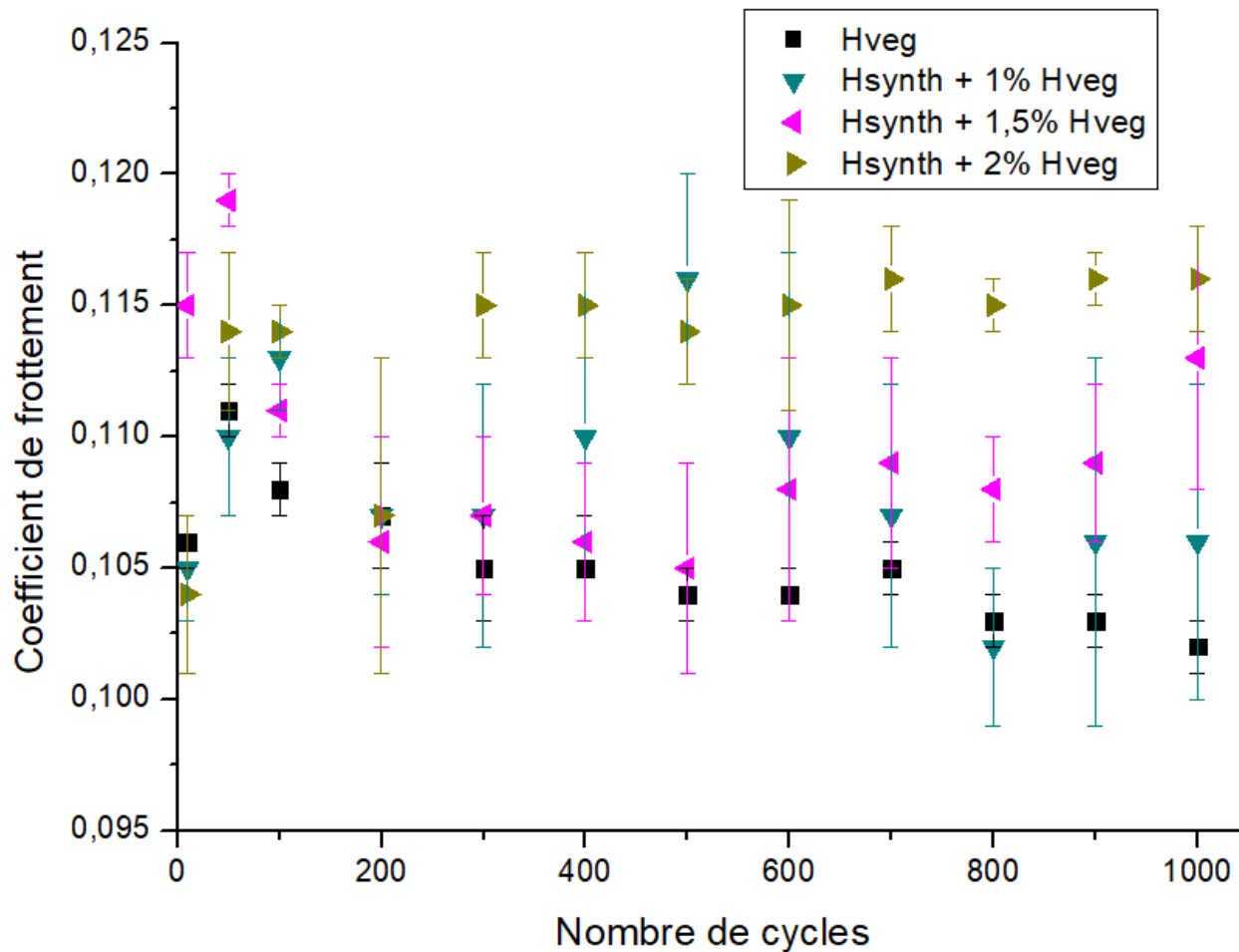
- Huile végétale plus efficace que l'huile de synthèse comme lubrifiant

Mélange huile de synthèse et huile végétale dans différentes proportions



- Stabilisation du coefficient de frottement dès ajout de 1% en poids d'huile végétale au dodécane

Mélange huile de synthèse et huile végétale dans différentes proportions



- Après 600 cycles, les coefficients de frottement sont plus faibles pour le mélange à 1% en poids d'huile végétale

Mélange avec 1% en poids d'Hveg optimal

Additifs solides

Les précurseurs de charbons actifs



- Bagasse



- Sargasse



- Galba

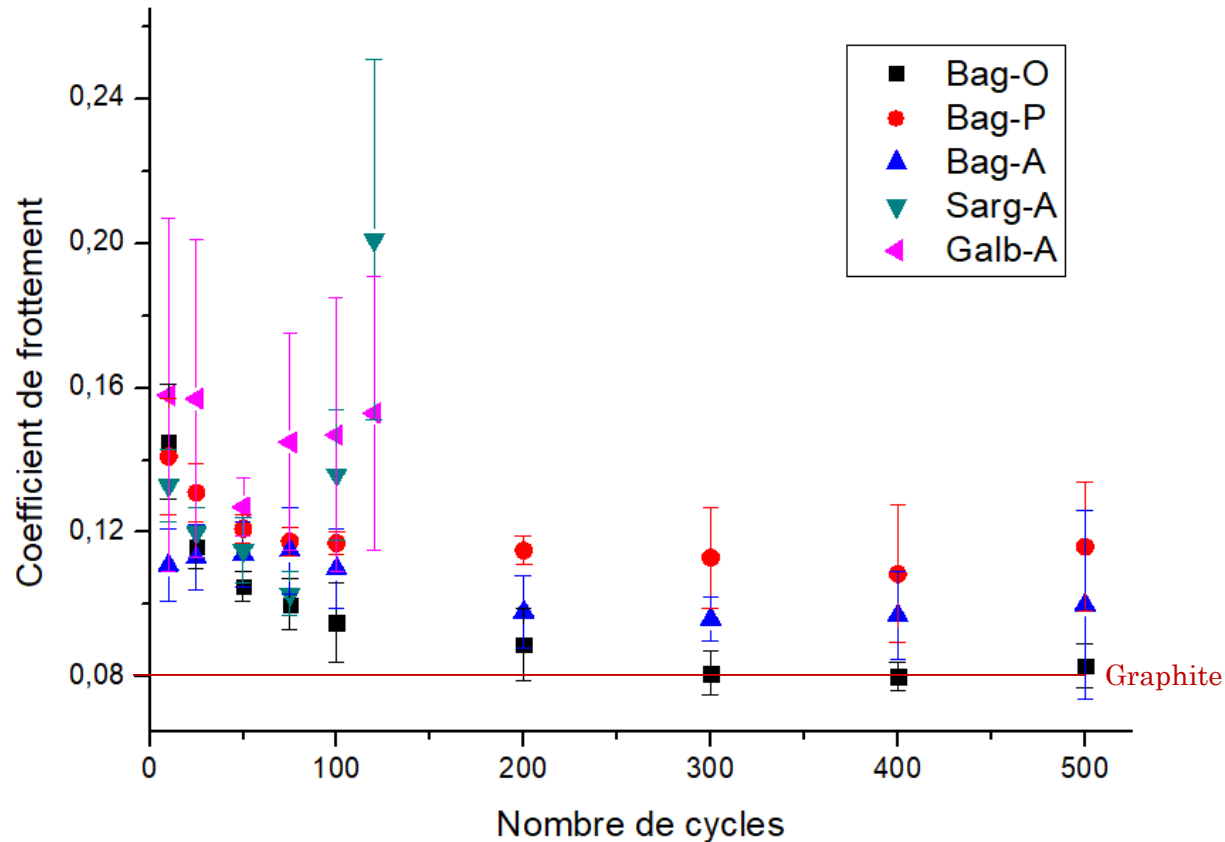
- Synthèse des charbons actifs par pyrolyse / activation
- Etude de l'influence de divers paramètres (durée d'activation, activation physique ou chimique)

Préparation des charbons actifs

Précurseur	Echantillon	Traitement	Activation
Bagasse	Bag-P	Pyrolyse à 800°C	X
	Bag-O	Pyrolyse à 800°C	Physique : Vapeur d'eau
	Bag-A	Pyrolyse à 600°C	Chimique : H_3PO_4
Sargasse	Sarg-A	Pyrolyse à 600°C	Chimique : H_3PO_4
Galba	Galb-A	Pyrolyse à 600°C	Chimique : H_3PO_4



Sélection des charbons actifs



- **Sarg-A et Galb-A**

→ Mauvaise tenue du film, barres d'erreurs importantes

- **Bag**

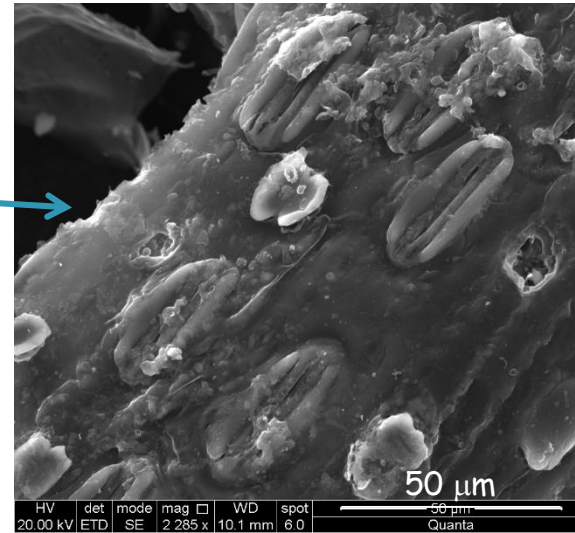
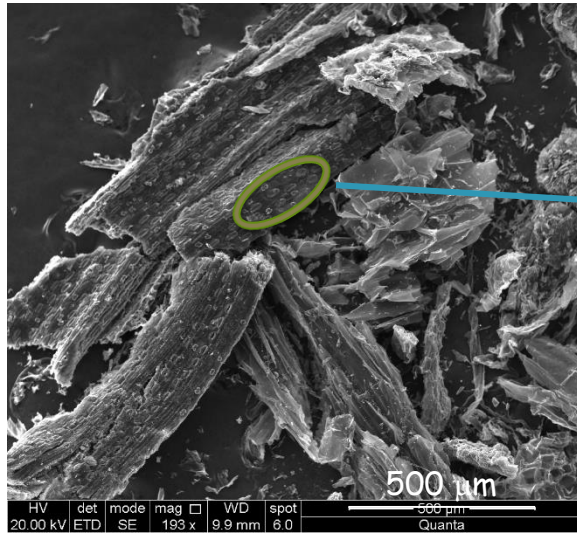
→ Candidats prometteurs pour une application en tant qu'additifs pour lubrifiants

- Faibles valeurs de coefficients de frottement pour Bag-O (proche du graphite)

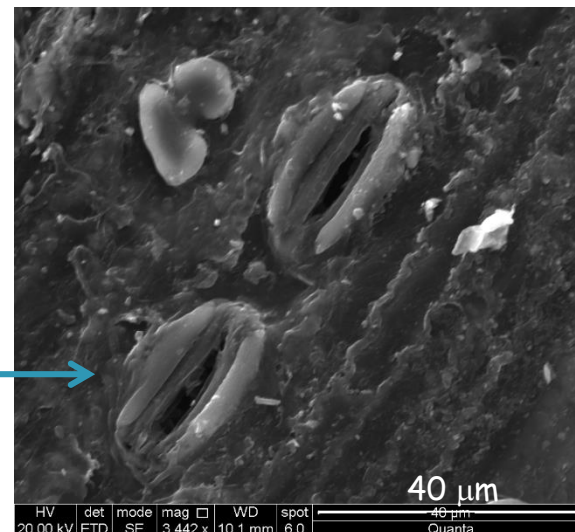
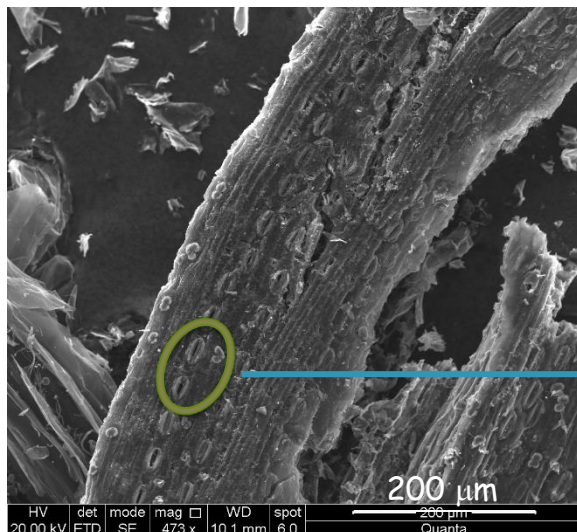
Bag-O

Analyse Microscopie Electronique à Balayage

Morphologie Bag-P



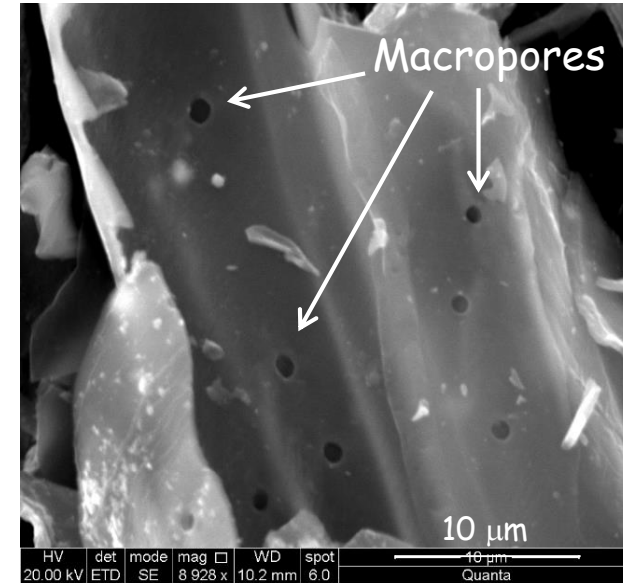
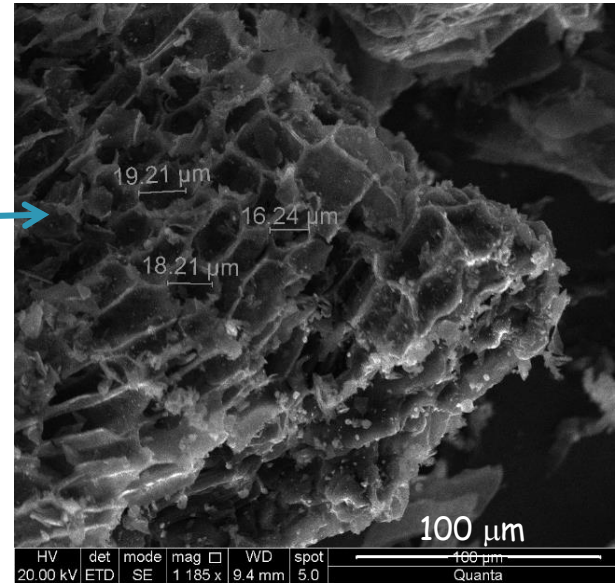
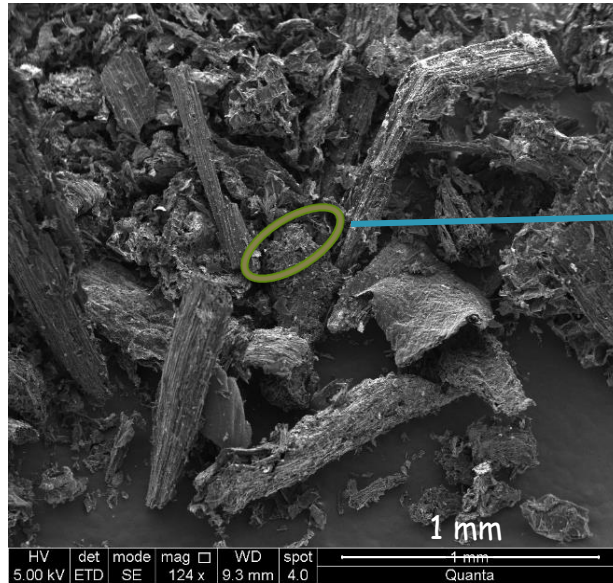
Particules de 0,4mm à 1mm



Pores fermés ou partiellement fermés (≈ 25 μm de long)

Analyse Microscopie Electronique à Balayage

Morphologie Bag-O

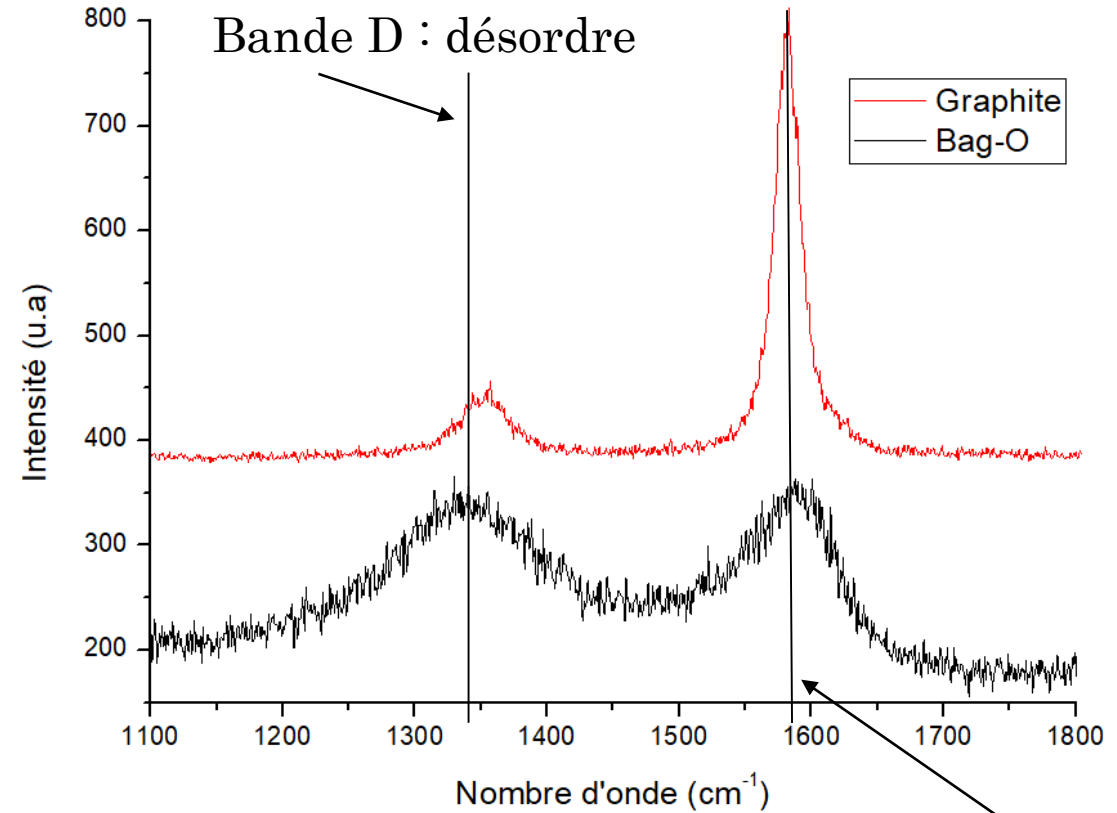


Présence de canaux ($15 \mu\text{m} < D < 25 \mu\text{m}$)

Présence de macropores ($0,7 < D < 1 \mu\text{m}$)

Etude du degré de graphitisation des particules initiales - Raman

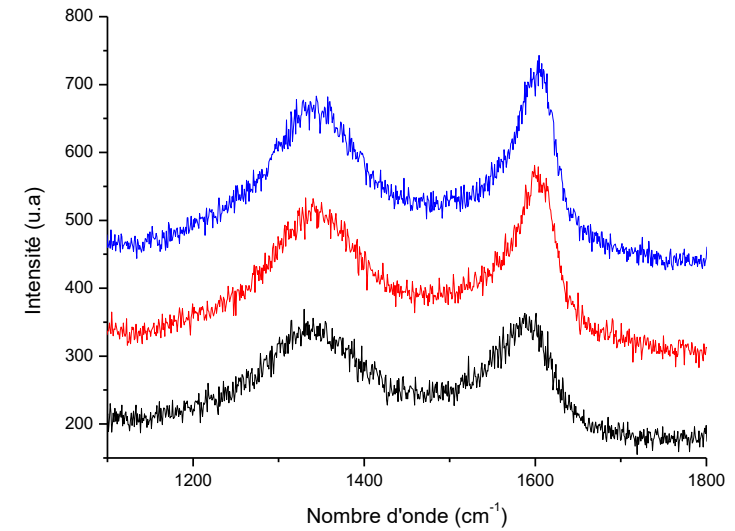
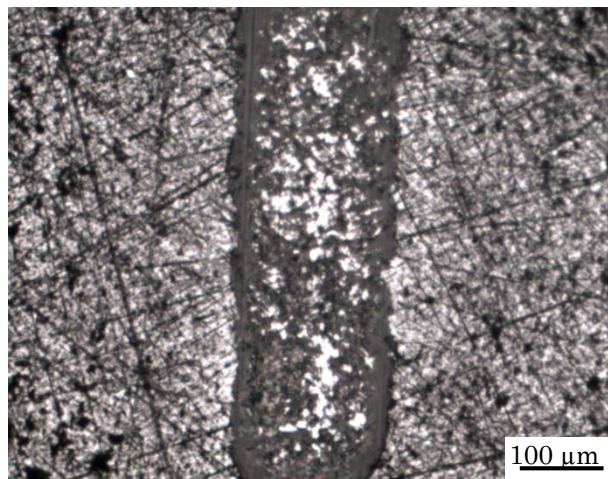
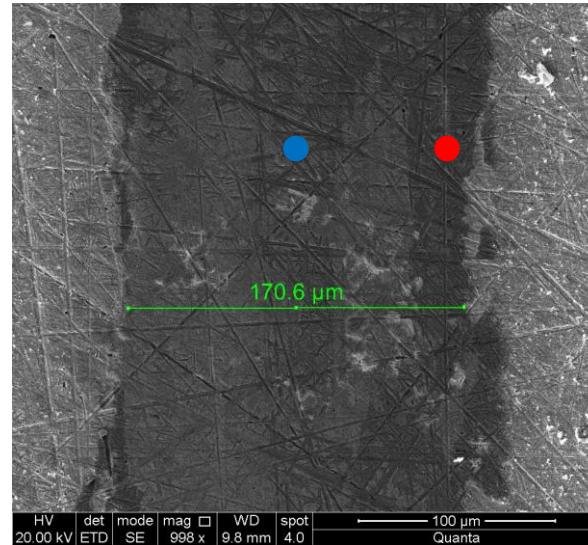
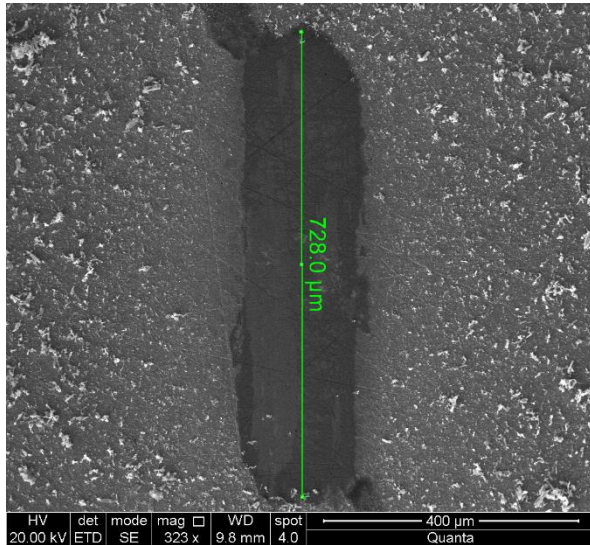
Particules	Degré de graphitisation I_G/I_D
Graphite exfolié	$3,65 \pm 0,01$
Bag O	$0,60 \pm 0,01$



Nos charbons actifs sont très peu graphitisés, car faibles températures de pyrolyse (600°C - 800°C)

Bande G : vibration d'élongation des plans de graphène (carbone sp^2)

Caractérisation des traces

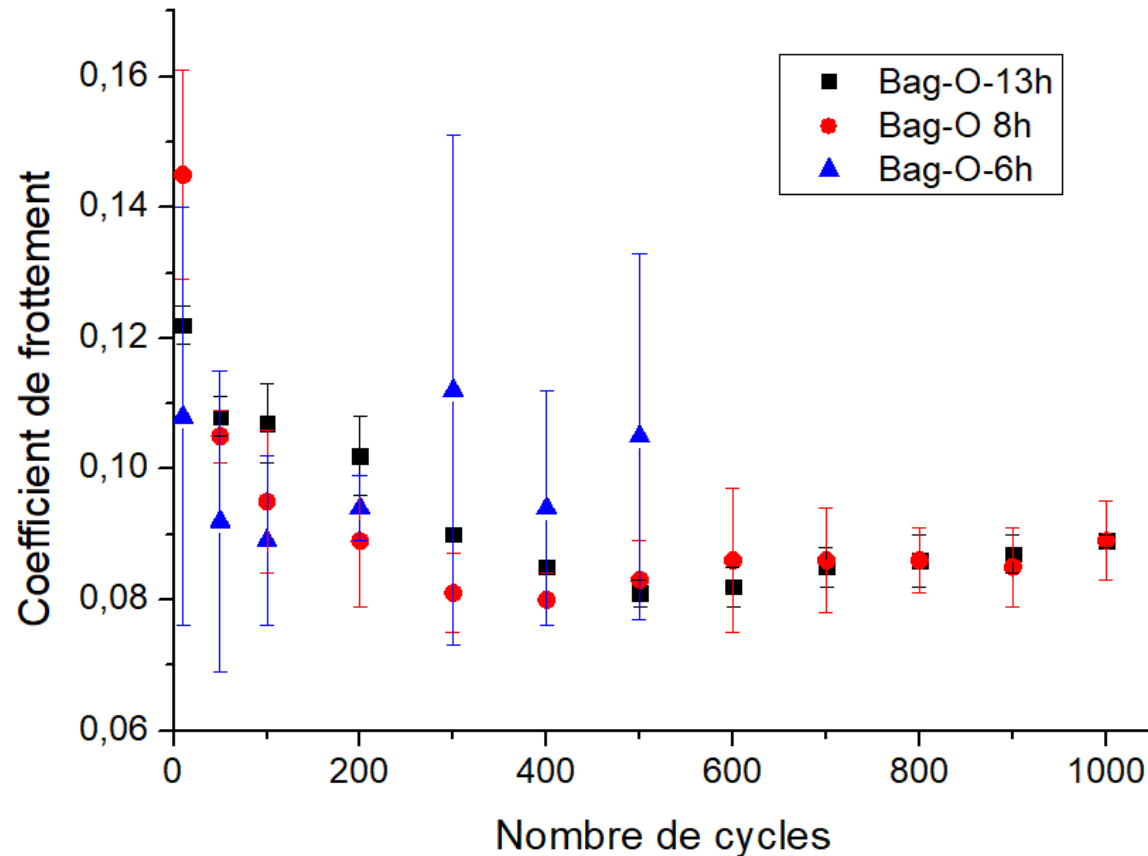


Bag-O	I_G/I_D
Avant frottement	$0,60 \pm 0,01$
Périphérie trace	$0,55 \pm 0,01$
Centre Trace	$0,52 \pm 0,01$

Largeur trace : 170 μm

Faibles variations d'intensité entre les différents points de mesure → Pas de modification structurale

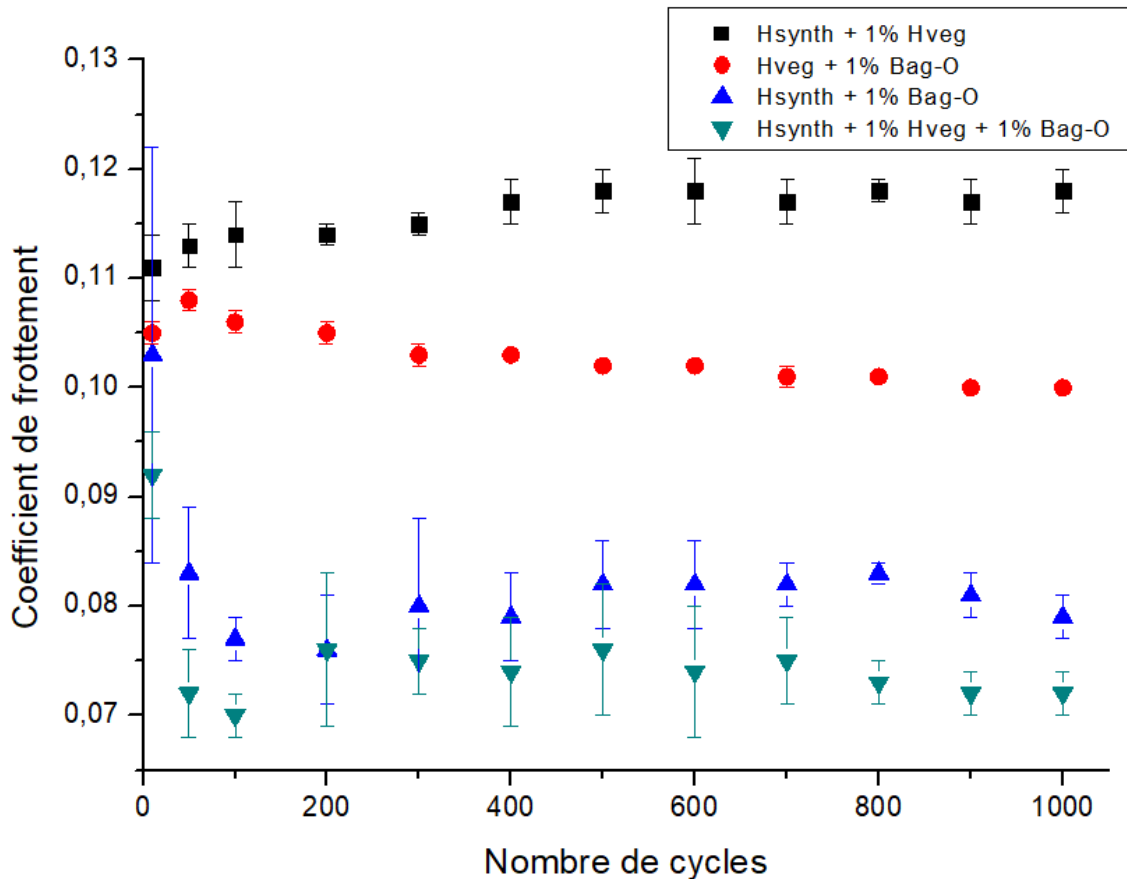
Bag à différentes durée d'activation



- Problème de tenue du tribofilm pour une faible durée d'activation
- Forte barre d'erreur pour la bagasse activée durant 6h

Durée d'activation optimale de 8h

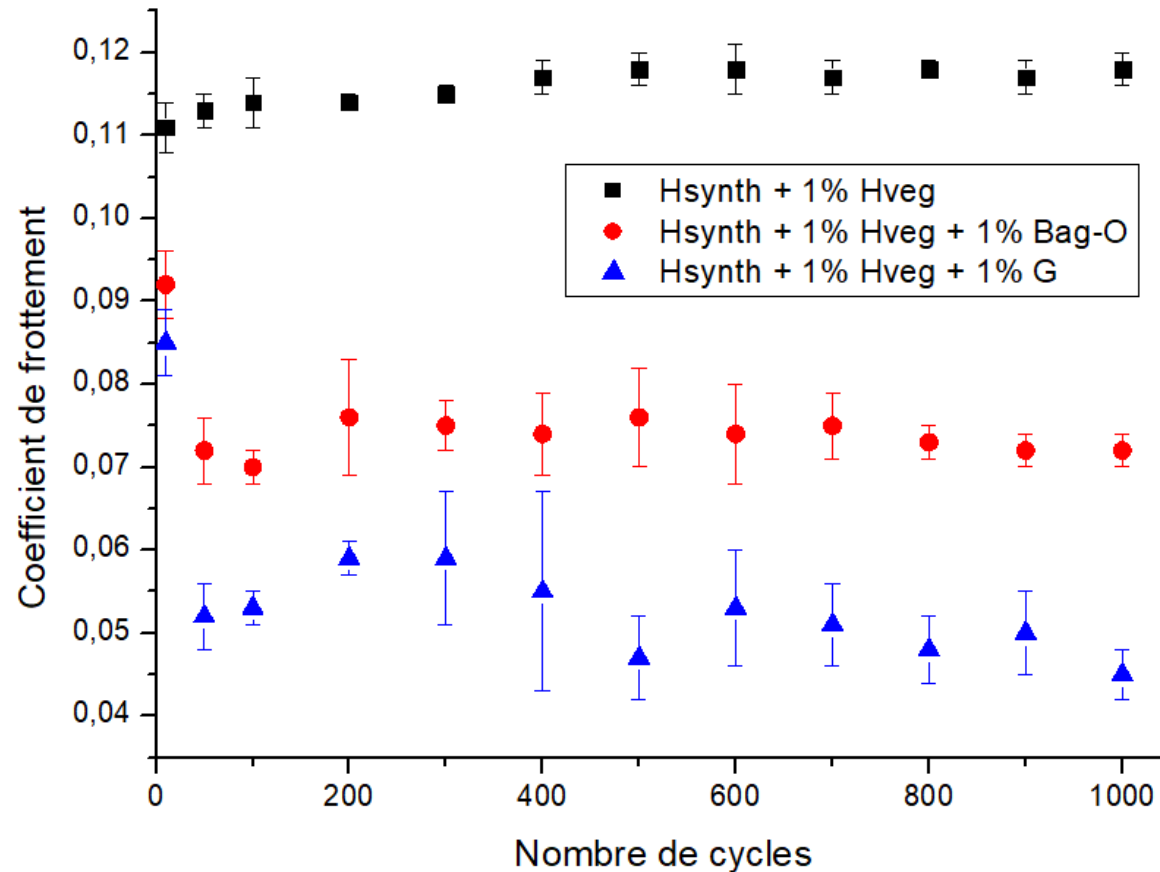
Mélanges huiles et charbon actif



- L'ajout de charbon actif Bag-O dans le mélange d'huiles améliore les propriétés lubrifiantes
- Le mélange huile de synthèse + huile végétale + charbon actif possède les meilleures propriétés tribologiques

Efficacité du charbon Bag-O

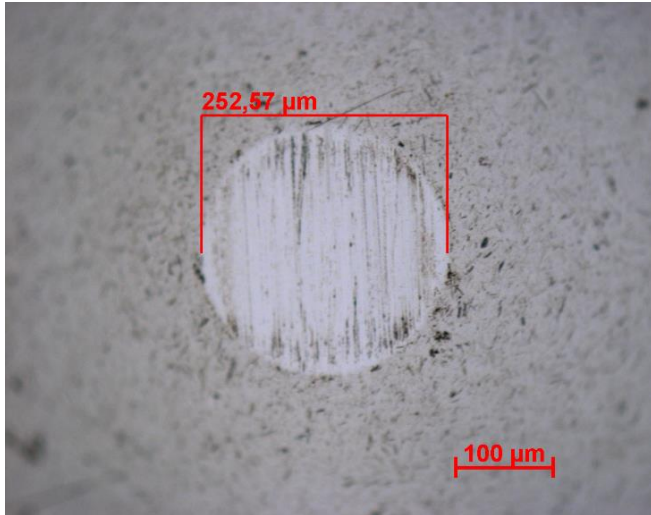
Comparaison Graphite – Charbon Actif dans un mélange d’huiles



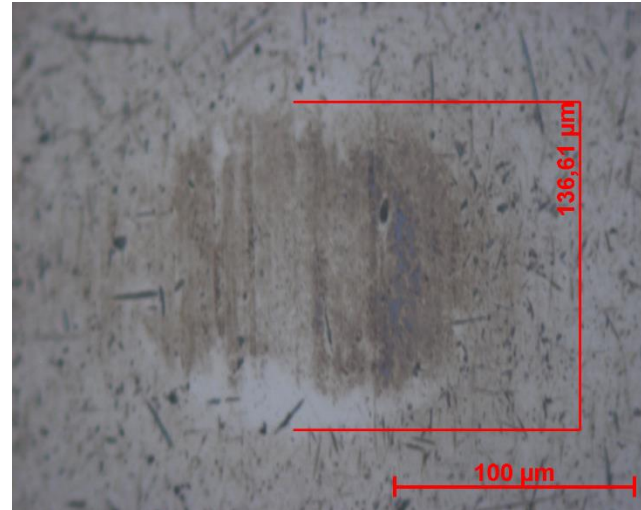
- L'ajout d'additif solide entraîne la diminution du coefficient de frottement μ
- Le charbon Bag-O est moins efficace que le graphite dans le mélange d'huiles
- Interactions graphite/huiles et carbones poreux/huiles différentes

Etude des propriétés anti-usure

Hsynth + 1%Hveg

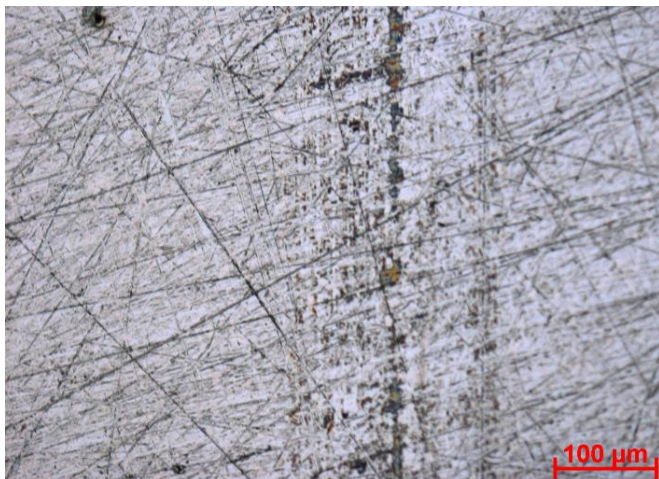


Hsynth + 1%Hveg + 1%Bag-O



Traces obtenues après
1 000 cycles de frottement

Forte réduction de
l'usure avec ajout
de charbon Bag-O



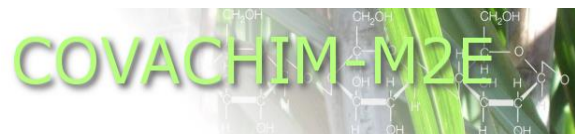
Conclusion

- *Propriétés tribologiques*

- Les charbons actifs réalisés à base de bagasse possèdent les meilleures propriétés tribologiques
- L'activation des charbons actifs permet d'améliorer leurs propriétés tribologiques
- Le charbon Bag-O est un candidat prometteur pour son utilisation en tant qu'additif solide réducteur de frottement et anti-usure
- Les huiles végétales sont des lubrifiants plus efficaces que les huiles minérales ou de synthèses étudiées
- Le charbon Bag-O se rapproche des propriétés du graphite

- *Perspectives*

- Recherche du meilleur compromis degré de graphitisation/porosité des charbons actifs avec l'optimisation des méthodes de synthèse
- Analyse chimique des huiles végétales pour corréler la composition et les performances en lubrification
- Etude de l'interaction carbone poreux/huiles



Merci pour votre attention



Congrès SFEC – 16 mai 2018

Yoan DEBAUD – Ingénieur de recherche au GTSI

Université des Antilles, Campus de Fouillole Pointe-à-Pitre

yoan.debaud@univ-antilles.fr

