



UFR Sciences et Techniques
Licence renforcée de Physique-Chimie

Rapport du Projet Personnel de Recherche

Stratégie antifouling par texturation Sharklet d'un revêtement amphiphile



Hana FATHI

2023 - 2025

Tutrice : Christine BRESSY

Laboratoire : MAPIEM

Je remercie sincèrement ma tutrice, Mme Bressy du laboratoire Mapiem pour son écoute, sa bienveillance et ses conseils qui m'ont guidée tout au long de ce projet.

Un grand merci également à ma famille pour son soutien indéfectible, sa patience et ses encouragements qui m'ont beaucoup aidée à garder confiance et motivation.

Table des matières

I	Introduction	3
1	Contexte scientifique et enjeux	3
2	Stratégie antifouling adoptée	3
3	Objectifs et démarche scientifique	4
4	Problématique	4
II	Matériels et méthodes	4
1	Matériaux utilisés	4
2	Matériels	5
3	Élaboration des échantillons	5
4	Méthodes d'analyse de la mouillabilité	6
III	Résultats et discussion	7
1	Propriétés des matériaux	7
2	Modèles de mouillabilité	7
2.1	Modèle de Young	8
2.2	Modèle de Wenzel	8
2.3	Modèle de Cassie-Baxter	8
3	Résultats : angles de contact dynamiques (DCA)	9
3.1	Influence de la concentration d'additif sur surface lisse	9
3.2	Influence de la texturation Sharklet sur les angles de contact	10
3.3	Anisotropie de la mouillabilité sur surface Sharklet	11
4	Lien entre mouillabilité et antifouling	12
5	Résultats cinétique	12
5.1	Etudier les propriétés de surface par mesures d'angles de contact	12
5.2	Diffusion des tensioactifs amphiphiles vers la surface du revêtement	13
IV	Conclusion	15
V	Bibliographie	16

I Introduction

1 Contexte scientifique et enjeux

Le **biofouling marin**, ou « encrassement biologique », représente l'accumulation de biofilms et de micro-organismes marins sur les surfaces immergées [16] (Figure 1). Ce phénomène constitue un véritable défi pour l'industrie marine. En effet, il augmente considérablement les coûts de maintenance. Bien que couramment utilisés, les biocides figurent parmi les solutions ayant un impact environnemental important. De plus, ces solutions sont de moins en moins tolérées en raison du durcissement des réglementations[1]. Il est donc nécessaire de mettre en place de nouvelles solutions, innovantes et respectueuses de l'environnement.

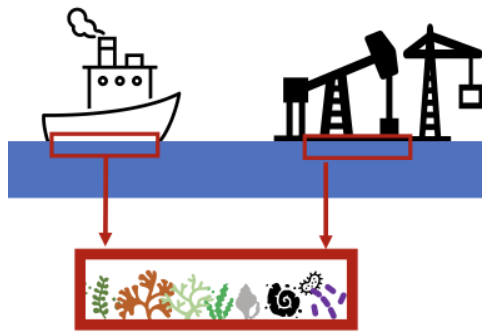


FIGURE 1 – Schéma biofouling marin (« encrassement biologique ») : accumulation d'organismes marins sur des surfaces immergées

2 Stratégie antifouling adoptée

C'est dans ce contexte que j'ai choisi de consacrer mon projet personnel de recherche (PPR) à cette problématique.

Mon travail porte sur le développement d'un matériau amphiphile combiné à la texturation biomimétique SharkletTM. Cette stratégie intégrée promet d'excellents résultats antifouling [16]. Le matériau amphiphile utilisé dans ce rapport est un copolymère PDMS-PEG.

Un revêtement amphiphile se réfère à un matériau présentant à la fois un segment hydrophobe et un autre hydrophile. La texturation, quant à elle, indique la modification d'une surface lui procurant des propriétés spécifiques [15]. Enfin, le biomimétisme s'inspire ici de la peau du requin, présentant naturellement une protection antifouling [14]. La microtopographie sharklet reproduit des micro-rectangles arrondis, arrangés en motif de losange.

Ce choix de combinaison s'explique par le fait que nous observons que certaines bactéries préfèrent s'installer sur des surfaces hydrophiles tandis que d'autres préfèrent les surfaces hydrophobes [3, 4]. Ce matériau présentant ces deux aspects induit une ambiguïté qui décourage l'ancrage des bactéries sur les surfaces immergées [13].

Cette stratégie intégrée renforce les mécanismes de protection en exploitant à la fois les propriétés chimiques des matériaux et les structures physiques inspirées de la nature [16, 15].

3 Objectifs et démarche scientifique

Ce projet vise à évaluer l'effet de cet additif amphiphile et de la structuration de surface sur la mouillabilité des revêtements, un paramètre étroitement lié à leur comportement antifouling.

La mouillabilité caractérise la capacité d'un liquide à s'étaler ou non sur une surface. Elle dépend de la tension interfaciale entre le liquide, la surface et l'air. Elle est évaluée par l'angle de contact (θ_w) [10].

Pour cela, plusieurs échantillons de PDMS ont été préparés :

- sans texturation (surfaces lisses),
- avec texturation Sharklet,
- avec ou sans ajout de l'additif amphiphile, à différentes concentrations.

La mouillabilité a été étudiée par la mesure :

- de l'angle de contact dynamique d'avancée (θ_a) et de recul (θ_r),
- de l'hystérésis d'angle de contact ($\theta_a - \theta_r$) (reflet de l'adhésion du liquide à la surface),
- et de la cinétique qui nous donne des informations sur la diffusion de l'additif.

4 Problématique

Nous faisons l'hypothèse que :

- l'additif amphiphile modifie la chimie de surface en introduisant un caractère mixte hydrophile/hydrophobe, ce qui peut réduire l'adhésion des biofilms,
- la texturation Sharklet modifie la mouillabilité apparente par effets topographiques,
- le couplage de ces deux stratégies pourrait aboutir à une réduction significative de l'adhésion bactérienne, ouvrant la voie à des revêtements antifouling plus efficaces.

II Matériels et méthodes

1 Matériaux utilisés

- Revêtement PDMS préparé avec un kit élastomère Sylgard 184TM (rapport agent de réticulation de base 10 : 1)
- Additif amphiphile DBE 311 (fournisseur : GELEST)

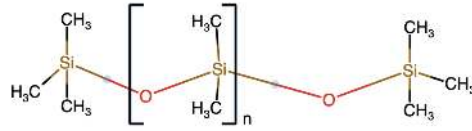


FIGURE 2 – Structure chimique du PDMS : $(C_2H_6OSi)_n$

2 Matériels

- Balance de précision (Denver Instrument)
- Seringue
- Spatule
- 3 récipients en plastique
- 6 boîtes de Pétri en verre
- 3 moules en polyéthylène microtexturé Sharklet 20SK 40 [15] ($40\ \mu\text{m}$ de hauteur, $20\ \mu\text{m}$ de largeur et d'espacement)

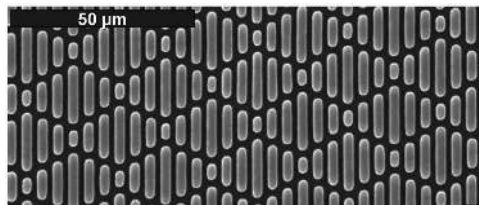


FIGURE 3 – Motif microtexturé Sharklet inspiré de la peau du requin [15]

3 Élaboration des échantillons

- Mélange PDMS + additif (0 %, 2 %, 4 %)
- Dépose sur moules Sharklet ou substrats lisses
- Réticulation à température ambiante pendant 48h
- Épaisseur finale des films : environ $3\ \text{mm}$

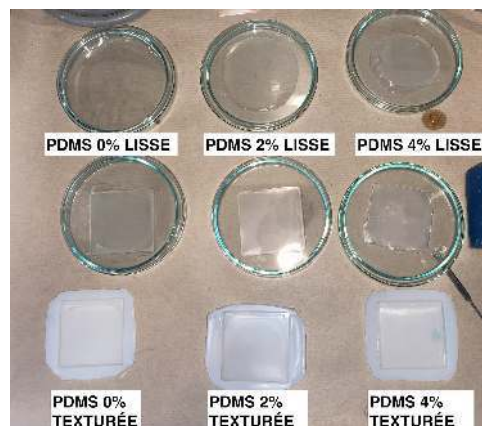


FIGURE 4 – Échantillons préparés (sur substrats lisses et texturés)

Composant (g)	Solution 1 0 % additif	Solution 2 2 % additif	Solution 3 4 % additif
Masses théoriques à prélever			
Additif	0,00	0,40	0,80
Huile	18,18	17,82	17,45
Réticulant	1,82	1,78	1,75
Masses pesées expérimentalement			
Additif	–	0,46	0,82
Huile	18,70	17,82	17,46
Réticulant	1,84	1,78	1,75

TABLE 1 – Masses théoriques et expérimentales des différentes solutions

Protocole :

Nous préparons trois solutions de 20 g contenant différentes concentrations massiques d'additif (0 %, 2 %, 4 %) (Table 1.)

Chaque mélange est homogénéisé manuellement dans des récipients en plastique puis dégazé sous vide pendant 20 min afin d'éliminer les bulles d'air. Après dégazage, pour chaque formulation (0 %, 2 % et 4 % d'additif), deux échantillons ont été réalisés : un coulé directement dans une boîte de Pétri (surface lisse) et un sur un moule texturé.

Ainsi, six échantillons ont été préparés au total (Figure 4).

4 Méthodes d'analyse de la mouillabilité

Mesures des angles de contact (Appareil : goniomètre (KRUSS ADVANCING))

— **Mesures dynamiques** (angles d'avancée θ_a et de recul θ_r)

- Calcul de l'hystérésis : $\Delta\theta = \theta_a - \theta_r$
- Répétabilité : 5 gouttes par condition, mesurées dans deux directions (parallèle et perpendiculaire à la texture Sharklet)
- Volume dosé : 10 μL , puis 15 μL , aspiration de 35 μL

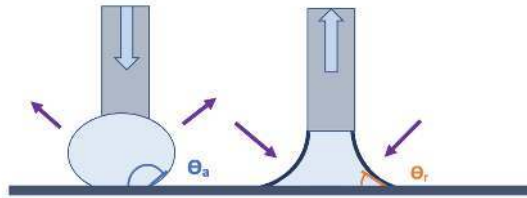


FIGURE 5 – Schéma illustrant les angles d'avancée et de recul. L'angle de contact à l'avancement correspond à l'angle maximal avant que la goutte n'avance sur la surface, tandis que l'angle de contact au recul est l'angle minimal avant que la goutte ne se rétracte. Il reflète l'adhérence de la goutte à la surface.

— Mesures cinétiques :

- Répétabilité : 3 gouttes sur surfaces lisses (0 %, 2 %, 4 %)
- Volume : 10 µL, observé pendant 10 minutes

III Résultats et discussion

1 Propriétés des matériaux

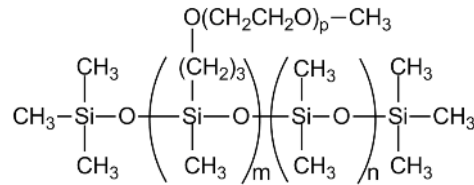


FIGURE 6 – Structure chimique du DBE 311

Propriété	Valeur / Description
Masse molaire approximative	800–1 200 g/mol
Densité	Environ 0,97 g/mL à 25 °C
Structure amphiphile	Structure PDMS hydrophobe avec segments PEG hydrophiles

TABLE 2 – Propriétés du DBE-311 [7]

Dans le cas du copolymère PDMS-PEG, le PDMS (hydrophobe) reconnu pour son efficacité dans la prévention de dépôt de salissure repousse l’eau en interagissant principalement avec des forces de dispersion de London [2]. Ceci induit une surface à faible énergie qui limite l’adhésion des biofilms. A l’inverse, le PEG, qui est hydrophile, forme des liaisons hydrogènes avec l’eau, ce qui permet de garder la surface bien hydratée.

Enfin, le copolymère résulte de l’alternance de blocs de PEG et de PDMS. Chaque segment garde ses caractéristiques propres, mais leur combinaison permet d’obtenir un matériau aux propriétés complémentaires [2, 3].

Lorsque le matériau est en contact avec l’eau, il se réorganise et diffuse à la surface. L’amphiphilie engendre une ambiguïté qui perturbe les bactéries[13]. Ce matériau a des propriétés qui vont réduire significativement l’adhésion des biofilms et faciliter le relâchement des organismes fixés .

Les segments hydrophiles vont au contact des molécules d’eau, tandis que les segments hydrophobes s’en éloignent.

2 Modèles de mouillabilité

Les modèles classiques de mouillabilité sont appliqués selon la nature des surfaces :

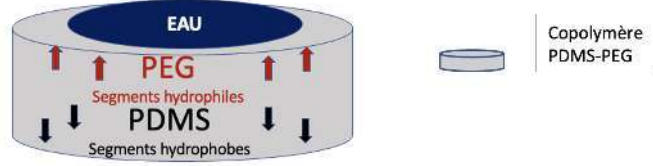


FIGURE 7 – Schéma simple de la réorganisation du copolymère au contact de l'eau

2.1 Modèle de Young

Le modèle de Young, appliqué à une surface idéale, décrit l'angle de contact θ en fonction des tensions interfaciales entre solide, liquide et vapeur [10]. Il sert de base aux modèles plus complexes qui intègrent la rugosité et l'hétérogénéité des surfaces.

2.2 Modèle de Wenzel

Le modèle de Wenzel améliore le modèle de Young en décrivant comment la rugosité d'une surface va modifier sa mouillabilité. Il suppose que la goutte remplit les aspérités de la surface [17, 8].

La rugosité r est le rapport entre la surface réelle et la surface apparente (projection à plat de la surface réelle).

$$r = \left(\frac{\text{surface réelle}}{\text{surface apparente}} \right) \quad (1)$$

$$\cos(\theta_W) = r \cos(\theta_Y) \quad (2)$$

- θ_W : angle de contact de Wenzel (surface rugueuse), il s'agit de l'angle de contact apparent
- θ_Y : angle de contact de Young théorique (surface lisse)

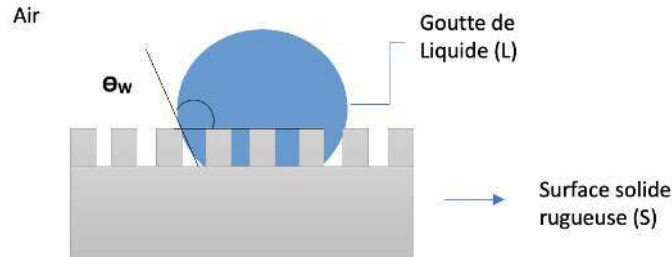


FIGURE 8 – Schéma modèle de Wenzel

Cette équation explique comment la mouillabilité est accentuée par la rugosité.

2.3 Modèle de Cassie-Baxter

Ce modèle quant à lui suppose que la goutte ne remplit pas les aspérités et qu'au contraire elle repose partiellement sur le solide et partiellement sur de l'air [6, 8].

$$\cos(\theta_{CB}) = f_s \cos(\theta_Y) + f_a \cos(\theta_a) \quad (3)$$

- θ_{CB} : angle de contact de Cassie-Baxter, il s'agit de l'angle de contact apparent

- θ_Y : angle de contact de Young théorique (surface lisse)
- θ_a : angle de contact sur la phase a . Or, dans le cas où la phase a est de l'air, on considère que le liquide ne mouille pas l'air, donc $\cos(\theta_a) = \cos(180^\circ) = -1$.
- f_s : fraction de surface solide en contact avec le liquide. Elle correspond à la proportion de la surface texturée effectivement occupée par le matériau solide.
- f_a : fraction de surface solide en contact avec l'air, $f_a = 1 - f_s$.

Ce modèle explique les effets superhydrophobes sur certaines surfaces texturées, comme le motif Sharklet [15].

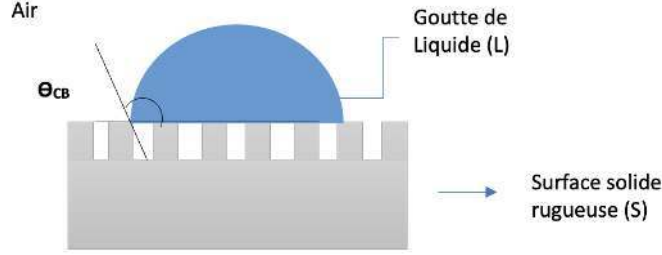


FIGURE 9 – Schéma modèle de Cassie-Baxter

L'application de ces modèles permet d'interpréter la différence de comportement entre surfaces lisses et surfaces texturées.

3 Résultats : angles de contact dynamiques (DCA)

Les mesures d'angle de contact ($\cos \theta_w$) à l'avancée (θ_a) et au recul (θ_r) permettent de caractériser la composition chimique de surface et son organisation. Un θ_a élevé indique une prédominance de domaines hydrophobes (comme le PDMS), tandis qu'un θ_r faible révèle la présence de zones hydrophiles (comme le PEG) [10, 2].

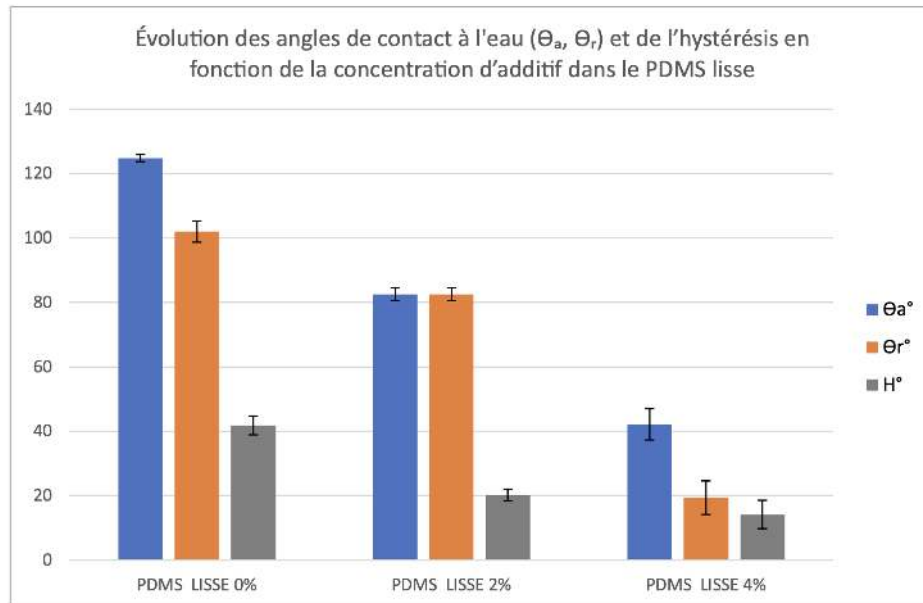
TABLE 3 – Mesures d'angles de contact ($^\circ$) $\cos \theta_w$ et hystérésis

Nom	$\theta_{adv}^\circ \pm \sigma$	$\theta_{rec}^\circ \pm \sigma$	$H^\circ \pm \sigma$
PDMS LISSE 0%	$124,4 \pm 1,14$	$82,6 \pm 3,29$	$41,8 \pm 2,9$
PDMS LISSE 2%	102 ± 2	$82,6 \pm 2$	$20,2 \pm 1,8$
PDMS LISSE 4%	$91,4 \pm 4,9$	$77,2 \pm 5,22$	$14,2 \pm 4,4$
PDMS \perp 0%	$147,2 \pm 1,64$	$95,8 \pm 2,49$	$51,4 \pm 3,1$
PDMS \parallel 0%	140 ± 0	100 ± 0	40 ± 0
PDMS \perp 2%	$146,8 \pm 1,64$	$96,2 \pm 1,3$	$50,6 \pm 0,5$
PDMS \parallel 2%	$130,4 \pm 1,5$	$101,4 \pm 1,5$	29 ± 1
PDMS \perp 4%	$122,4 \pm 4,6$	$95,8 \pm 3,8$	$26,6 \pm 6,1$
PDMS \parallel 4%	$110 \pm 2,45$	80 ± 0	30 ± 2

3.1 Influence de la concentration d'additif sur surface lisse

Discussion. L'ajout progressif de l'additif PEG-PDMS sur surface lisse entraîne une diminution marquée de θ_a , indiquant une migration des segments hydrophiles PEG vers l'interface air/solide [16]. Cette réorganisation modifie localement la chimie de surface, en rendant la surface plus hydrophile.

FIGURE 10 – Influence de la concentration d’additif sur les angles de contact à l’eau et l’hystérésis sur surface lisse de PDMS.



Interprétation. L’hystérésis reste élevée même sans additif, ce qui pourrait être attribué à une rugosité chimique ou à des défauts de surface. Elle tend à diminuer avec l’ajout de PEG, en cohérence avec des angles à l’avancée plus faibles.

3.2 Influence de la texturation Sharklet sur les angles de contact

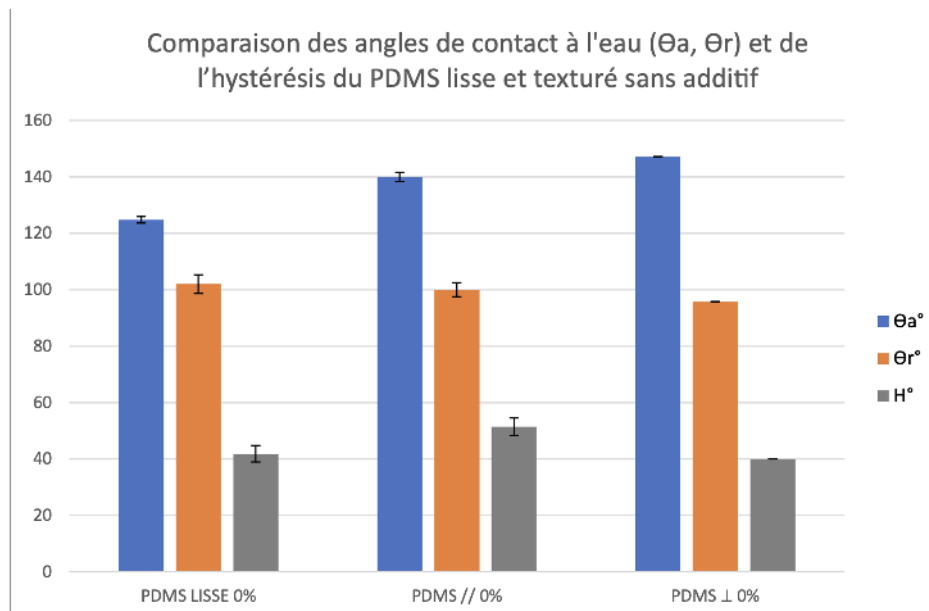


FIGURE 11 – Influence de la texturation Sharklet sur les angles de contact à l’eau et l’hystérésis pour du PDMS lisse et texturé sans additif.

La texturation Sharklet sur PDMS pur induit une nette augmentation de θ_a , révé-

lant une hydrophobie renforcée conforme au modèle de Cassie-Baxter : la goutte repose partiellement sur des poches d'air, réduisant le contact solide-liquide (Figure 11)[6, 15].

3.3 Anisotropie de la mouillabilité sur surface Sharklet

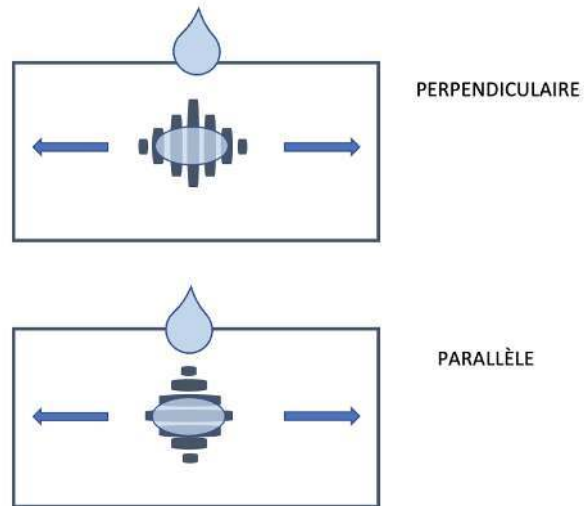


FIGURE 12 – Schéma des directions parallèle (//) et perpendiculaire (\perp) de la goutte d'eau sur la texturation Sharklet, influençant son étalement et la mouillabilité.

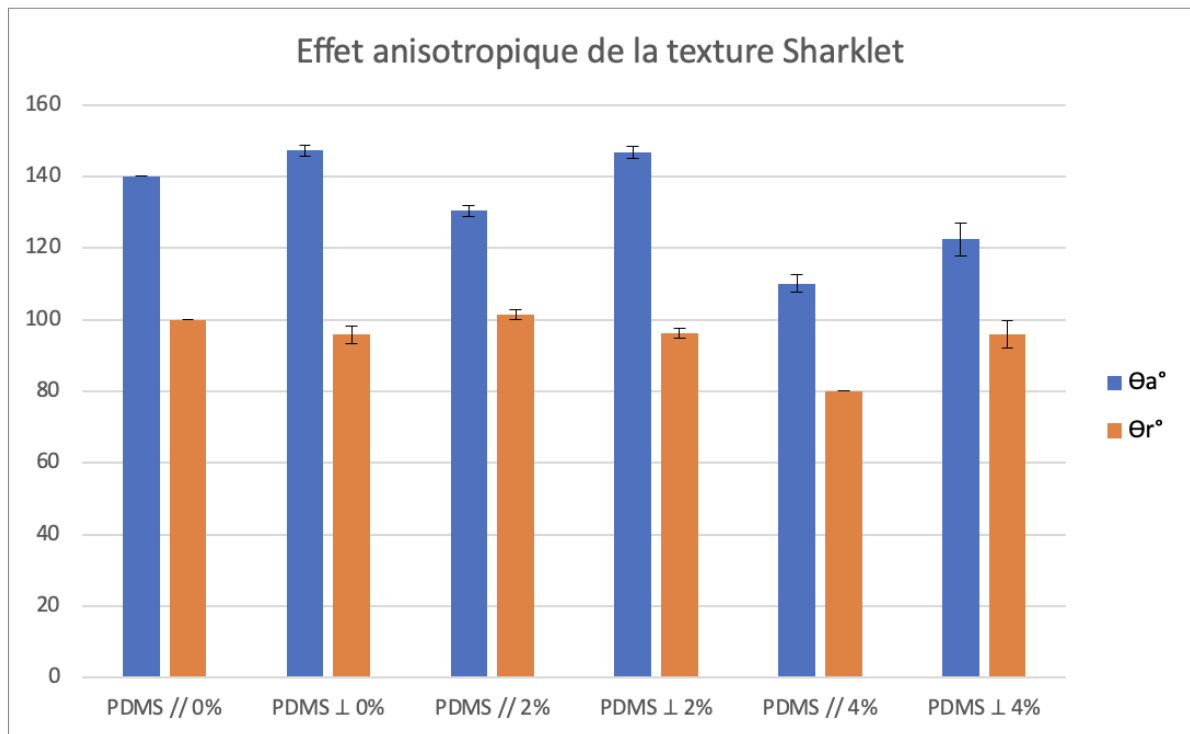


FIGURE 13 – Influence de la direction de mesure (parallèle vs. perpendiculaire à la texture Sharklet) sur les angles de contact avancé, de recul et sur l'hystérésis pour les différentes surfaces (lisses ou texturées, avec ou sans additif.)

La mouillabilité des surfaces texturées est fortement influencée par l'orientation de la goutte par rapport aux motifs Sharklet comme illustré en Figure 12.

Observation. Les mesures selon les directions parallèles et perpendiculaires à la texture révèlent une différence significative des angles de contact. (Figure 13).

Discussion. Cette anisotropie est typique des surfaces texturées unidirectionnelles. Les gouttes présentent un comportement plus mobile dans une direction que dans l'autre, ce qui affecte leur déplacement et leur évacuation par écoulement.

Analyse. Les angles de contact sont généralement plus élevés dans la direction perpendiculaire aux motifs, où la goutte est plus contrainte. Ces observations confirment le rôle de la micro-texturation dans le contrôle directionnel de la mouillabilité [15].

Lorsque l'additif est ajouté à ces surfaces texturées, θ_a diminue à nouveau, signe que les segments PEG restent actifs en surface même en présence de microstructures. Les différences entre mesures parallèles et perpendiculaires aux motifs révèlent un comportement anisotrope de la mouillabilité, avec des variations d'angles selon l'orientation de la goutte.[15, 13, 12]

4 Lien entre mouillabilité et antifouling

- Les surfaces hydrophiles, forment des couches hydratées qui empêchent l'adhésion des micro-organismes [9, 16]
- Les surfaces hydrophobes se caractérisent par un faible module élastique et une faible énergie de surface, ce qui facilite le phénomène de fouling-release : les salissures adhèrent faiblement et peuvent être éliminées plus facilement par l'écoulement de l'eau [4, 3].
- Une micro-texturation anisotrope (comme Sharklet) renforce ces effets en réduisant les points de contact disponibles pour l'adhésion, tout en guidant ou freinant le mouvement des gouttes et micro-organismes [15, 14]

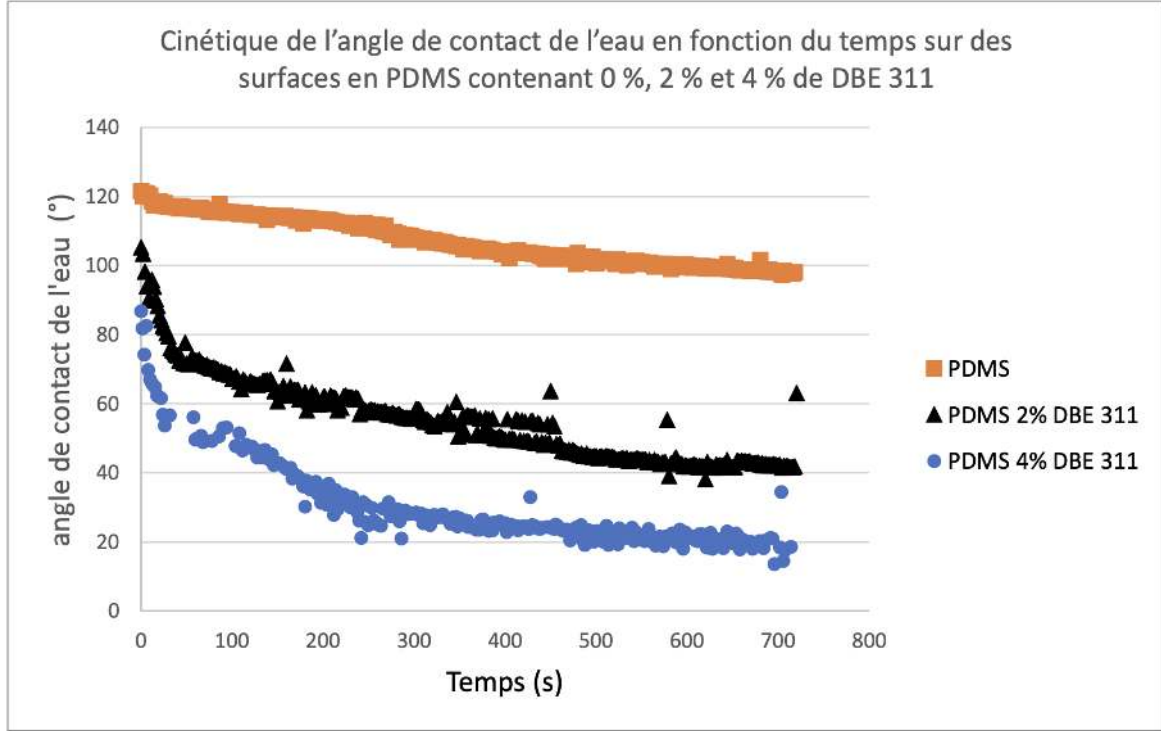
5 Résultats cinétique

5.1 Etudier les propriétés de surface par mesures d'angles de contact

Discussion.

- Les mesures de l'angle de contact de l'eau (θ_w) sur les surfaces PDMS contenant du DBE-311 (Figure 14) montrent une diminution rapide au cours du temps, atteignant une valeur seuil en moins de 10 minutes. À l'inverse, le PDMS pur (sans additif) présente une évolution plus modérée et linéaire de θ_w .
- L'ajout de DBE-311 accélère donc significativement la cinétique de mouillabilité, et cet effet est d'autant plus marqué que la concentration en additif est élevée. Les revêtements à 2 % et 4 % de DBE-311 deviennent ainsi nettement plus hydrophiles que le PDMS pur.

FIGURE 14 – Evolution de (θ_w) dans le temps pour des revêtements en PDMS avec 0 %, 2 % et 4 % de DBE-311



Analyse.

- Ce comportement s'explique par la présence des chaînes PEG du copolymère DBE-311 à la surface. Ces segments polaires favorisent les interactions hydrogène avec les molécules d'eau, augmentant ainsi l'hydrophilie.
- Cette cinétique rapide est cependant un indicateur important de l'efficacité anti-fouling, plusieurs études ayant montré qu'une modification rapide des propriétés de surface limite l'adsorption des protéines. C'est le cas notamment de l'étude de Soriano-Jerez *et al.* (2024), qui identifie le DBE-311 comme l'un des additifs les plus performants pour limiter le bioencrassement. Leur analyse souligne que la vitesse à laquelle les propriétés amphiphiles apparaissent en surface est un facteur déterminant de l'efficacité antifouling, au-delà des propriétés initiales du matériau.

5.2 Diffusion des tensioactifs amphiphiles vers la surface du revêtement

Pour estimer la diffusion des additifs amphiphiles à travers la matrice PDMS, plusieurs approches sont utilisées dans la littérature. Récemment, O'Brien et Paranjape [11] ont adapté un modèle dit de « dynamic surface tension » (DST), proposé par Hua et Rosen, qui permet de modéliser l'évolution de l'angle de contact au cours du temps par la relation suivante :

$$\cos \theta(t) = \cos \theta_m - \frac{\cos \theta_m - \cos \theta_0}{1 + \left(\frac{t}{\tau}\right)^n},$$

où θ_0 , θ_m , τ et n sont des paramètres extraits des données expérimentales. Ce modèle permet de distinguer différents régimes de mouillage, allant de l'induction à l'équilibre de

surface.

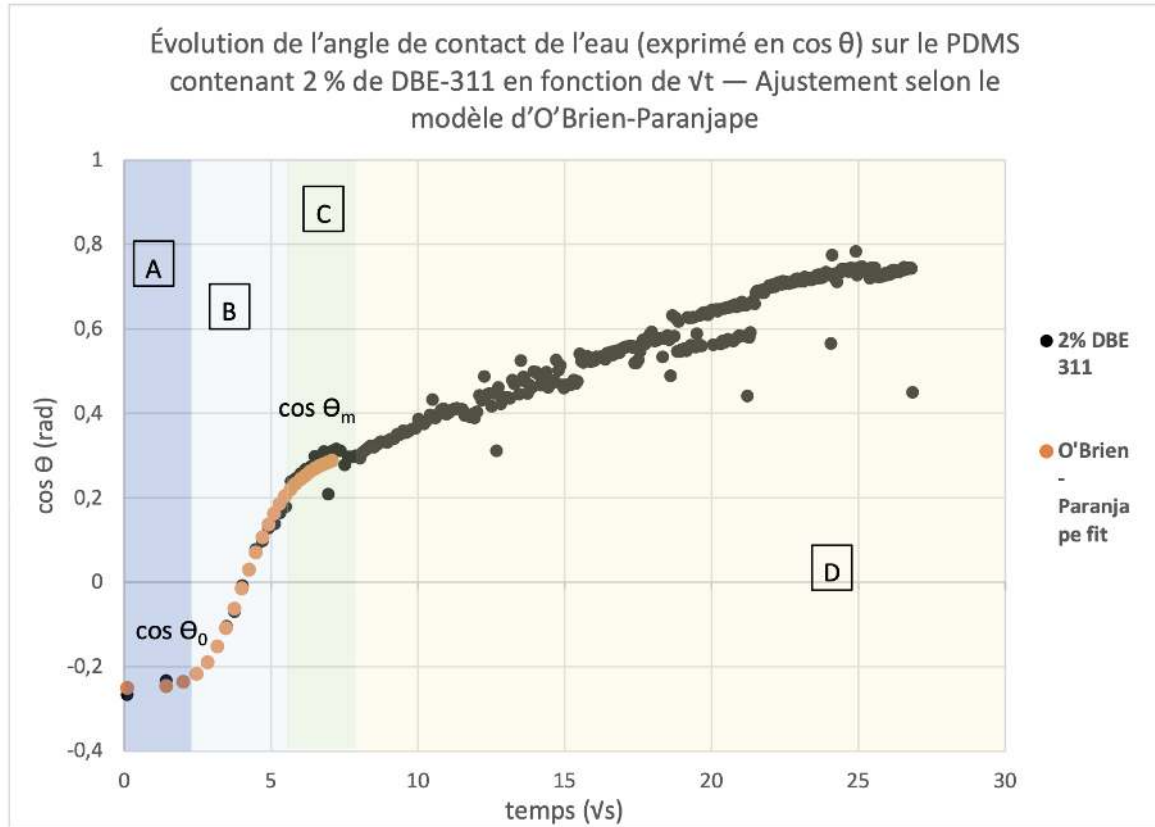


FIGURE 15 – Évolution de l'angle de contact de l'eau (exprimé en $\cos \theta_w$) sur le PDMS contenant 2 % de DBE-311 en fonction de \sqrt{t} . Ajustement selon le modèle d'O'Brien-Paranjape. Les quatre régimes de mouillage sont indiqués : (A) induction, (B) montée rapide, (C) état intermédiaire, (D) équilibre.

Le modèle a pu être appliqué au revêtement avec 2 % de DBE-311, ce qui a permis d'estimer un coefficient de diffusion (Figure 15). Faute d'un ajustement automatique concluant (méthode des moindres carrés), un ajustement manuel a permis de mieux reproduire la cinétique observée.

Pendant le régime dit de « montée rapide » (Figure 15), la pente de la variation de $\cos \theta$ en fonction de \sqrt{t} est proportionnelle à la racine carrée de la diffusivité. Cette dernière est donnée par la relation :

$$D = \pi \left(\left(\frac{\partial \cos \theta}{\partial \sqrt{t}} \right) \cdot \frac{\gamma_{LV}}{2c_0 RT} \right)^2$$

où :

- $\frac{\partial \cos \theta}{\partial \sqrt{t}}$ est la pente extraite du tracé de $\cos \theta$ en fonction de \sqrt{t} dans la zone linéaire (régime B),
- γ_{LV} est la tension superficielle liquide/vapeur de l'eau,
- c_0 est la concentration initiale d'additif dans le PDMS (en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$),
- R est la constante des gaz parfaits,

— T est la température absolue (en kelvins).

Les paramètres $\cos \theta_0$ (valeur initiale), $\cos \theta_m$ (valeur à l'équilibre de surface), et τ (temps caractéristique de transition) sont obtenus expérimentalement à partir de l'ajustement selon le modèle d'O'Brien-Paranjape [11](Table 4).

Résultats. Le coefficient de diffusion D obtenu pour l'échantillon à 2 % de DBE-311 est de l'ordre de $3,7 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ (Table 4), une valeur inférieure à celle rapportée par Soriano *et al.* (2024) pour une concentration de 4 %. Cette différence peut s'expliquer par la plus faible teneur en DBE-311 dans mon échantillon, limitant la mobilité des chaînes PEG.

TABLE 4 – Paramètres expérimentaux et valeur calculée de la diffusivité D pour le PDMS avec 2 % de DBE-311

Paramètres	Valeur
Pente $\left(\frac{\partial \cos \theta}{\partial \sqrt{t}}\right)$	0,1535
$\cos \theta_0$	-0,25
$\cos \theta_m$	0,32
n (paramètre du modèle)	6
τ (s)	4,5
Diffusivité D (m^2/s)	$3,7 \times 10^{-15}$

IV Conclusion

Cette étude a démontré que la mouillabilité des revêtements à base de PDMS est fortement influencée à la fois par la chimie et par la topographie de surface. L'ajout d'un copolymère amphiphile modifie la chimie de surface, tandis que la texturation Sharklet agit principalement sur la dynamique des gouttes. Leur combinaison engendre des effets complémentaires et synergiques.

Les mesures dynamiques et cinétiques ont permis de caractériser ces phénomènes. Cependant, aucune évaluation biologique n'a encore été menée à ce stade. Des tests en milieu marin, le développement de nouvelles géométries de texturation ou de copolymères innovants, représentent des perspectives particulièrement prometteuses pour prolonger ce travail.

V Bibliographie

Références

- [1] Agence européenne des produits chimiques (ECHA). Règlement relatif aux produits biocides (règlement (ue) n° 528/2012, type de produit 21), 2012.
- [2] Ronaldo Ariati, Flaminio Sales, Andrews Souza, Rui A Lima, and João Ribeiro. Polydimethylsiloxane composites characterization and its applications : a review. *Polymers*, 13(23) :4258, 2021.
- [3] Indrani Banerjee, Ravindra C Pangule, and Ravi S Kane. Antifouling coatings : recent developments in the design of surfaces that prevent fouling by proteins, bacteria, and marine organisms. *Advanced materials*, 23(6) :690–718, 2011.
- [4] Robert F Brady Jr and Irwin L Singer. Mechanical factors favoring release from fouling release coatings. *Biofouling*, 15(1-3) :73–81, 2000.
- [5] Michelle L Carman, Thomas G Estes, Adam W Feinberg, James F Schumacher, Wade Wilkerson, Leslie H Wilson, Maureen E Callow, James A Callow, and Anthony B Brennan. Engineered antifouling microtopographies–correlating wettability with cell attachment. *Biofouling*, 22(1) :11–21, 2006.
- [6] ABD Cassie and SJToTFS Baxter. Wettability of porous surfaces. *Transactions of the Faraday society*, 40 :546–551, 1944.
- [7] Gelest, Inc. DBE-311 : Silicone Copolymer Additive. <https://www.gelest.com/product/DBE-311/>.
- [8] Bo He, Neelesh A Patankar, and Junghoon Lee. Multiple equilibrium droplet shapes and design criterion for rough hydrophobic surfaces. *Langmuir*, 19(12) :4999–5003, 2003.
- [9] Zhoukun He, Xiaochen Yang, Na Wang, Linpeng Mu, Jinyuan Pan, Xiaorong Lan, Hongmei Li, and Fei Deng. Anti-biofouling polymers with special surface wettability for biomedical applications. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9 :807357, 2021.
- [10] Abraham Marmur. Wettability and the contact angle. *Soft Matter*, 5(1) :160–167, 2009.
- [11] Daniel J. O’Brien and Makarand Paranjape. Modeling dynamic surface tension on surfactant-enhanced polydimethylsiloxane. *Langmuir*, 37 :13610–13616, 2021.
- [12] Yolanda Soriano Jerez et al. Development of transparent coatings based on hydrogel technology with antibiofouling properties for photobioreactors. 2024.
- [13] Yolanda Soriano-Jereza, Elliot Gourlaouen, Ouassim Zerrouh, María del Carmen Cerón-García, Francisco M. Arrabal-Campos, Cristina Ruiz-Martínez, Ignacio Fernández, Juan José Gallardo-Rodríguez, Francisco García-Camacho, Emilio Molina-Grima, and Christine Bressy. Role of dynamic surface tension of silicone polyether surfactant-based silicone coatings on protein adsorption : An insight on the ‘ambiguous’ interfacial properties of fouling release coatings. *Progress in Organic Coatings*, 186 :108079, 2024.
- [14] Terrapin Bright Green and Biomimicry 3.8. Sharklet Case Study – Biomimicry Toolbox. <https://toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2015/01/Sharklet-Case-Study.pdf>, 2015.

- [15] Elora Védie, Raphaëlle Barry-Martinet, Vincent Senez, Mattias Berglin, Patrik Stenlund, Hugues Brisset, Christine Bressy, and Jean-françois Briand. Influence of sharklet-inspired micropatterned polymers on spatio-temporal variations of marine biofouling. *Macromolecular Bioscience*, 22(11) :2200304, 2022.
- [16] Elora Védie, Hugues Brisset, Jean-François Briand, and Christine Bressy. Bioinspiration and microtopography as nontoxic strategies for marine bioadhesion control. *Advanced Materials Interfaces*, 8(20) :2100994, 2021.
- [17] Robert N Wenzel. Resistance of solid surfaces to wetting by water. *Industrial & engineering chemistry*, 28(8) :988–994, 1936.