



Texturation au laser vs revêtements hydrophobes dans les éoliennes | Série d'études ACV - partie 2

26 août 2025, 11:04

Felipe Baroni

Dans notre récente étude comparative d'analyse du cycle de vie (ACV), l'impact environnemental de la texturation au laser femtoseconde a été évalué par rapport à un système de revêtement hydrophobe conventionnel utilisé pour les pales d'éoliennes.

Lutter contre l'accumulation de glace sur les éoliennes

Si les éoliennes jouent un rôle essentiel dans la transition vers les énergies renouvelables, elles ne sont pas sans poser de difficultés. Un problème majeur est la formation de glace sur les pales, qui réduit leur aérodynamisme, augmente la charge mécanique et peut causer des temps d'arrêt coûteux. Jusqu'ici, ce problème a été résolu à l'aide de revêtements hydrophobes, associés à d'autres mécanismes conçus pour repousser l'eau, empêcher la glace d'adhérer à la surface et faire fondre la glace une fois formée. Ces revêtements sont souvent à base de silicone et nécessitent un apprêt pour une adhérence efficace. Leur mise en œuvre implique plusieurs étapes, notamment le nettoyage de la surface, l'application au pistolet, le durcissement et un entretien après application.

Comparaison de deux traitements de surface

L'étude s'est concentrée sur le traitement d'une surface de 18 m². Le traitement au laser comprenait plusieurs phases, telles que le prénettoyage de la surface, la texturation au laser à l'aide d'un scanner polygonal, la filtration de l'air pour capturer les particules et la gestion des déchets en fin de vie. Comparativement, le procédé de revêtement comprenait la production et le transport des apprêts et des revêtements, l'application par pulvérisation, l'utilisation de solvants, les émissions de COV pendant le durcissement et l'élimination des filtres et des conteneurs de produits chimiques usagés.

Principaux résultats concernant les performances environnementales

Les principaux points d'attention concernant l'environnement identifiés dans l'ACV comprennent le potentiel de contribution au changement climatique, les sources d'énergie non renouvelables et l'épuisement des ressources. Pour le procédé laser, la majeure partie de l'impact provenait de la consommation d'électricité et de la production d'équipements laser. L'efficacité du scanner polygonal a été estimée à 2,6 m²/h et il a fallu environ 100 kWh pour traiter la totalité des 18 m². Cependant, l'absence de recours aux produits chimiques, et donc l'absence de COV, ainsi que la production minimale de déchets ont largement compensé cette consommation d'énergie. En fait, 90,7 % de l'impact environnemental du laser était lié à la phase d'application, notamment par la consommation d'électricité et la production d'équipements laser, tandis que les déchets en fin de vie étaient négligeables.

Comparativement, le procédé de revêtement conventionnel affichait un impact environnemental total plus élevé, principalement dû à la production et à l'application du revêtement lui-même. Les émissions de COV contribuaient à elles seules de manière significative au changement climatique et à la dégradation de la qualité de l'air. De plus, le revêtement nécessitait le recours à de multiples matériaux, parmi lesquels des solvants et des filtres, venant chacun augmenter la consommation d'énergie et la production de déchets globales. Selon l'ACV, le score unique d'impact du procédé de revêtement était plus de deux fois supérieur à celui du procédé laser (11,25 mPts contre 4,15 mPts), ce qui indique un avantage évident pour la texturation au laser sur le plan de l'impact environnemental global.

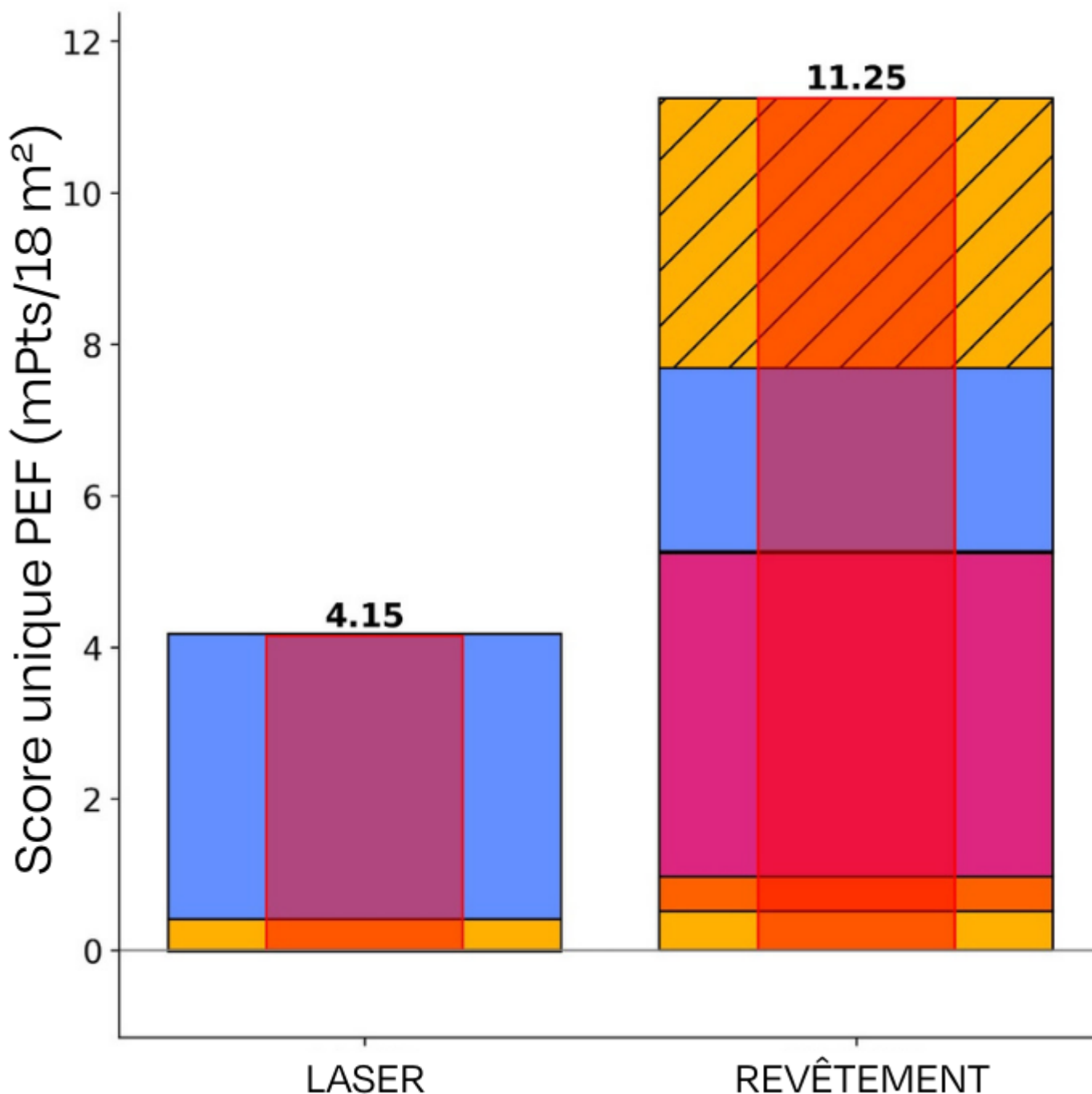


Figure 1. Score unique (mPts/18 m²) de l'empreinte environnementale du produit (PEF) absolue et relative comparant le laser femtoseconde et un revêtement époxy

L'influence de la durée de vie et de l'efficacité

Une autre conclusion importante de l'étude concerne l'importance de la durée de vie (DdV) et de l'efficacité dans la détermination du seuil de performance entre les deux procédés. Il a été supposé que la durée de vie du traitement laser était 1,25 fois plus longue que celle du revêtement. Même en réduisant ce rapport, le procédé laser restait plus performant que le revêtement dans la plupart des catégories environnementales, à condition que l'efficacité du laser reste supérieure à une valeur seuil. Par exemple, avec une efficacité de 2,63 m²/h, le laser atteignait la même performance environnementale que le revêtement avec un rapport de DdV de seulement 0,38. Cela signifie que même si la surface modifiée au laser tenait moins de la moitié de la durée de vie

prévue, elle offrirait toujours un impact environnemental inférieur à celui du revêtement.

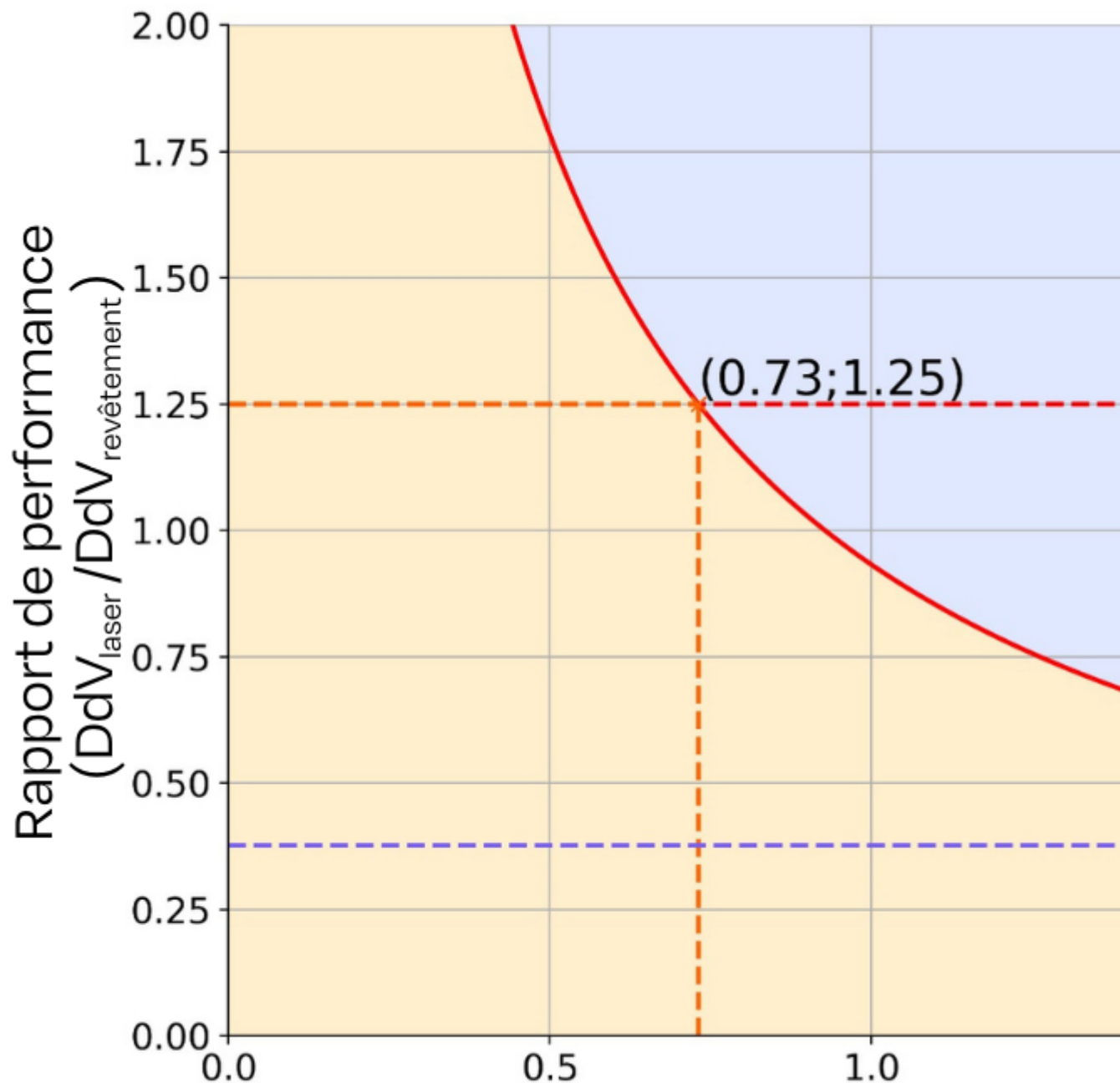


Figure 2. Seuil de performance du score unique d'empreinte environnementale du produit (PEF) montrant l'effet de la durée de vie des deux traitements de surface sur l'impact environnemental

Conclusion

La texturation des surfaces au laser femtoseconde représente un changement de paradigme dans l'ingénierie durable des surfaces. Les données de l'analyse du cycle de vie (ACV) confirment que la texturation au laser non seulement répond aux attentes environnementales, mais les dépasse, faisant de ce procédé un choix incontournable pour les industries qui s'efforcent d'améliorer à la fois leurs performances et leur durabilité.

Découvrez le projet FEMTOFUNC

Cette étude de cas s'inscrit dans le cadre plus large des recherches du projet FEMTOFUNC sur la fonctionnalité biomimétique des surfaces.

[Découvrez le projet FEMTOFUNC](#)

Série d'études LCA sur l'utilisation des lasers femtosecondes

Dans une série de 4 parties, nous présentons brièvement nos conclusions et nous montrons que le laser femtoseconde surpasse l'utilisation de revêtements du point de vue de l'impact environnemental:

[Partie 1: la texturation au laser femtoseconde, une solution durable pour les surfaces](#)

[Partie 3: laser vs revêtements antibactériens sur les poignées de porte](#)

[Partie 4: texturation au laser vs revêtements en chrome dur dans les roulements](#)

Auteurs



Felipe Baroni