

SYNERGIE POTENTIELLE DE *CHLORELLA VULGARIS* ET DES EXOPOLYSACCHARIDES DE *BACILLUS SUBTILIS* POUR LA COAGULATION ET LA SÉDIMENTATION DES MICROPLASTIQUES

Problématique

- La pollution plastique constitue un enjeu environnemental majeur.
- La fragmentation des plastiques en microplastiques (MP) engendre des effets potentiels sur la santé humaine.
- Les coagulants chimiques industriels créent des polluants secondaires.

Limite : peu d'études ont exploré l'effet combiné de la microalgue *Chlorella vulgaris* et des EPS.

Chlorella vulgaris

Microalgue qui sécrète des substances coagulantes interagissant avec les MP.

Bacillus subtilis

Bactérie dont le biofilm contient des exopolysaccharides (EPS) coagulant les MP.

Hypothèse

Puisque *C. vulgaris* et *B. subtilis* sécrètent individuellement des substances capables de coaguler les MP, leur combinaison permettra d'augmenter de façon synergique la formation d'agglomérats et la sédimentation des MP.

Objectif

Évaluer si la combinaison de *C. vulgaris* et des EPS produits par *B. subtilis* entraîne une augmentation significative de la coagulation et de la sédimentation des MP comparativement aux effets individuels de *C. vulgaris* et des EPS.

Méthodologie

- Culture *C. vulgaris* ($2,5 \times 10^6$ cellules/mL) dans BG-11
- Culture *B. subtilis* dans TSB, extraction du biofilm et quantification des EPS (20 mg/L)
- Préparation des groupes témoins et du groupe expérimental
 - Groupes témoins
 - 3 témoins négatifs : (i) MP seuls, (ii) *C. vulgaris* seule et (iii) EPS seuls ($N=2$)
 - 2 témoins positifs : (i) *C. vulgaris* + MP et (ii) EPS + MP ($N=2$).
 - Groupe expérimental
 - C. vulgaris* + EPS + MP ($N=2$)

- Évaluation qualitative et quantitative des agglomérats de MP par microscope photonique
- Traitement des images par ImageJ (National Institutes of Health, USA) et analyse des données par codage Python (Python Software Foundation, USA).

Discussion

Hypothèse partiellement confirmée par les résultats qualitatifs et quantitatifs

Limites méthodologiques

- La balance utilisée (précision : 0,001 g) limite l'exactitude des mesures comme celle de la masse des MP.
- Les MP employés étaient fins, pas uniformes et pas colorés, ce qui rendait difficile la distinction entre une agrégation réelle et la variabilité initiale des MP.
- L'agitateur horizontal n'assurait pas un contact continu entre les agents coagulants et les MP, réduisant ainsi l'efficacité de la coagulation.

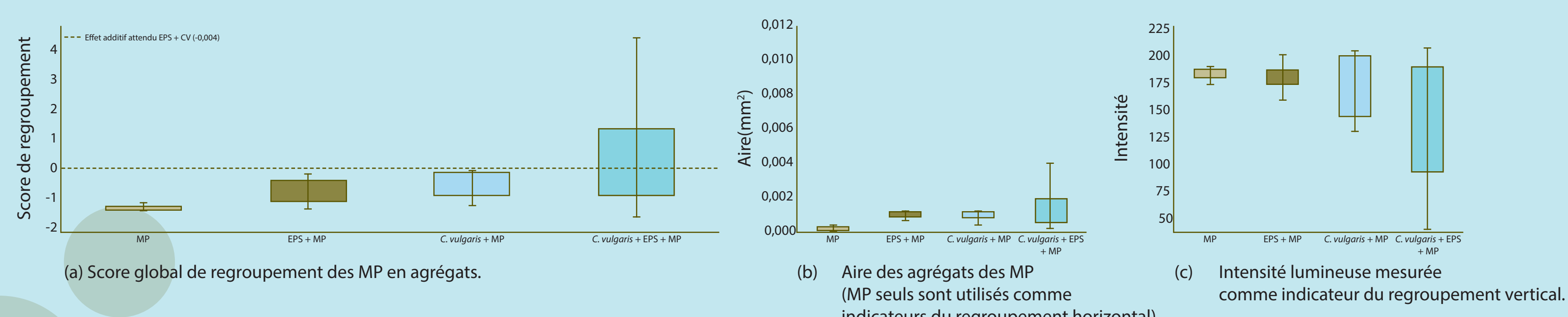


Figure 3 : Comparaison de l'agrégation des MP en présence et en absence de *C. vulgaris* et des EPS bactériens après le traitement des images microscopiques par le logiciel ImageJ et leur analyse statistique par codage Python

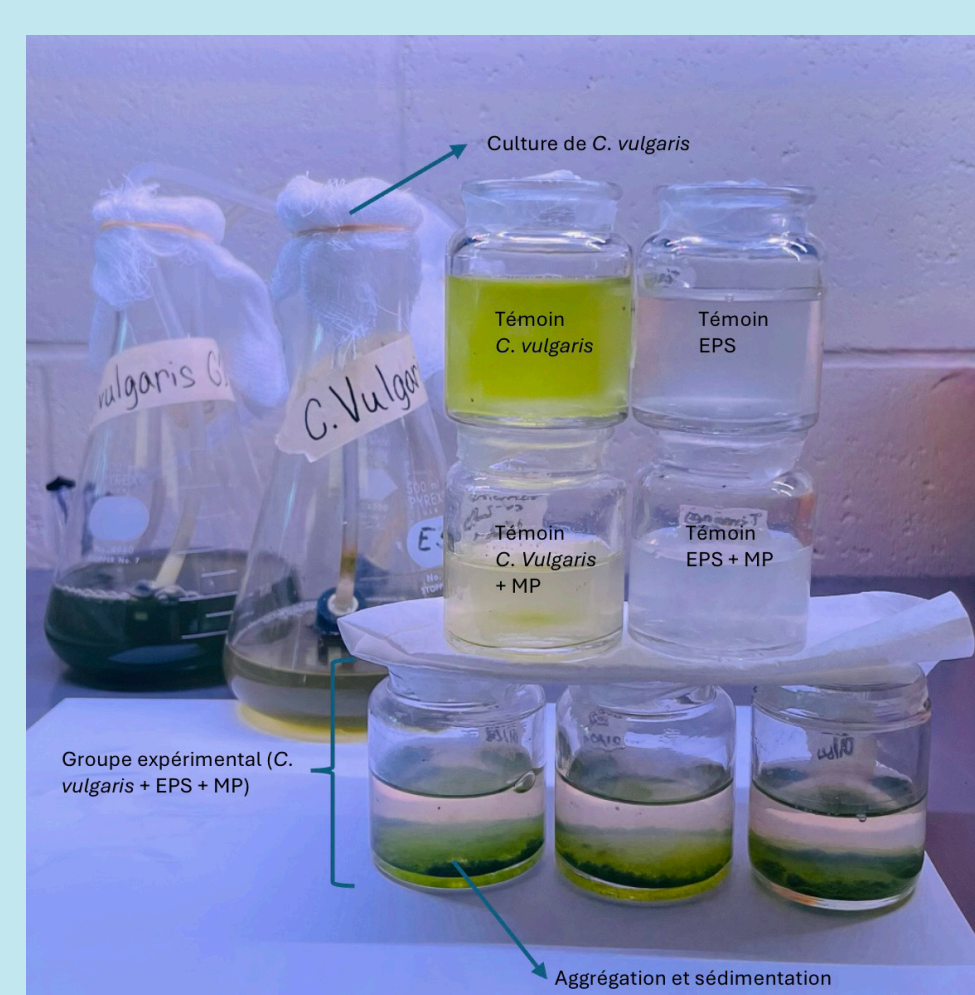


Figure 1 : Résultats qualitatifs des groupes témoins et du groupe expérimental des MP en présence de *C. vulgaris* et des EPS bactériens, obtenus après 10 jours de mise en contact

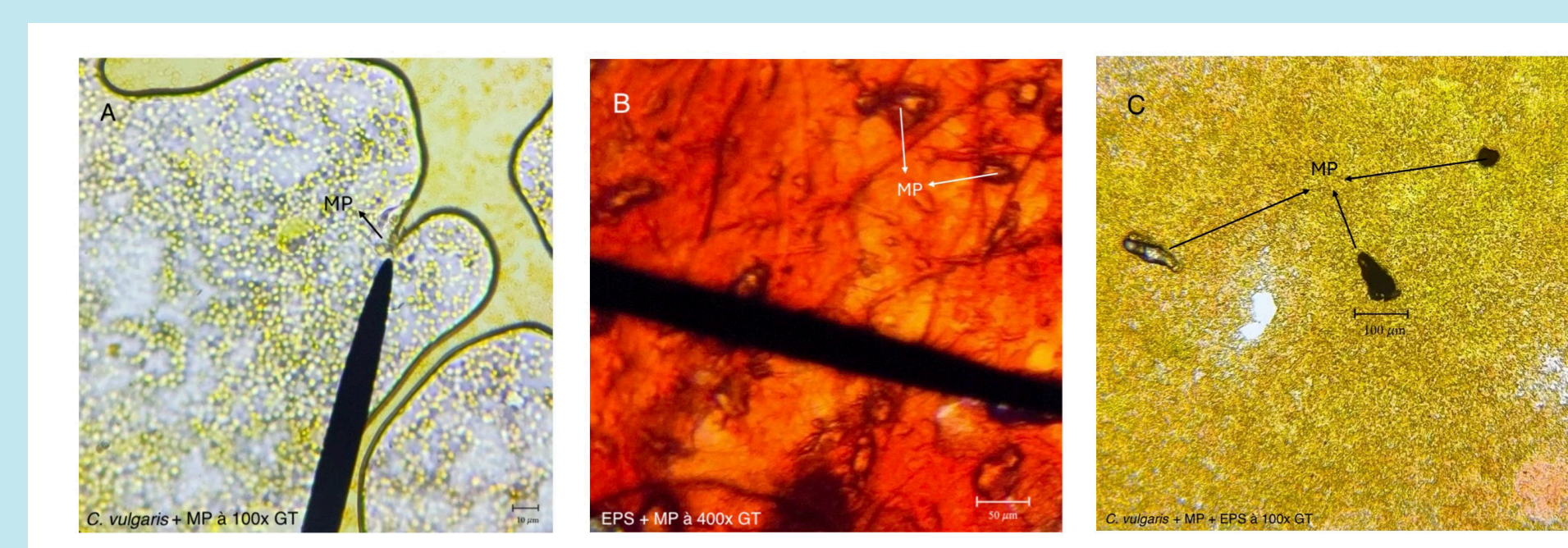


Figure 2 : Images au microscope optique : (A) *C. vulgaris* + MP, (B) EPS bactériens marqués avec le rouge du Congo + MP, (C) *C. vulgaris* + MP + EPS bactériens marqués avec le rouge du Congo

| Groupes | Valeur de p | Différence | Interprétation |
|--|-------------|-------------------|--------------------|
| <i>C. vulgaris</i> + EPS + MP vs EPS + MP | 0,0139 | Significative | Effet confirmé |
| <i>C. vulgaris</i> + EPS + MP vs <i>C. vulgaris</i> + MP | 0,0600 | Non significative | Effet non confirmé |
| <i>C. vulgaris</i> + EPS + MP vs MP | 0,0004 | Significative | Effet confirmé |

Tableau 1 : Comparaison du score global de regroupement des MP en agrégats de chaque groupe par le test de Mann-Whitney unilatéral

Conclusion

- Hypothèse partiellement confirmée : la combinaison de *C. vulgaris* et des EPS a produit un effet additif minimal d'agrégation de MP
- À faire : comparer la masse des agrégats sédimentés à la masse totale de MP
- Cette approche constitue une alternative écologique prometteuse aux coagulants chimiques

Remerciements

Nous remercions Ihsan El Imrani pour sa supervision, Ali Meghoufel l'initiation au logiciel ImageJ, ainsi que Godsend Zhong pour son aide précieuse lors des analyses statistiques.

Références

- Li, F. Y., Song, G. Y., Zhang, Q. X. & Hou, M. H. (2026). Molecular weight fractionated extracellular polymeric substances (EPS) impart different aggregation characteristics on polystyrene nanoplastics. *Scientific Reports*, 16(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-42401-6>
- Nasrabadi, A. E. & Bonyadi, Z. (2025). Evaluation of the rate of *Chlorella vulgaris* biofilm on polyvinyl chloride microplastics in aqueous solutions. *Results in Engineering*, 26, 105189.
- Nayanathara Thathsarani Pilapitiya, P. G. C., & Ratnayake, A. S. (2024). The world of plastic waste : A review. *Cleaner Materials*, 11, 100220. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100220>
- Sahini, M. G. & Banyikwa, A. T. (2026). A comprehensive review of coagulation as a technique for microplastics removal from water. *Discover Chemistry*, 3(1), 157. <https://doi.org/10.1007/s44371-026-00627-3>
- Yadav, M. K., Song, J. H., Vasquez, R., Lee, J. S., Kim, I. H., & Kang, D. K. (2024). Methods for detection, extraction, purification, and characterization of exopolysaccharides of lactic acid bacteria — a systematic review. *Foods*, 13(22), 3687. <https://doi.org/10.3390/foods13223687>