

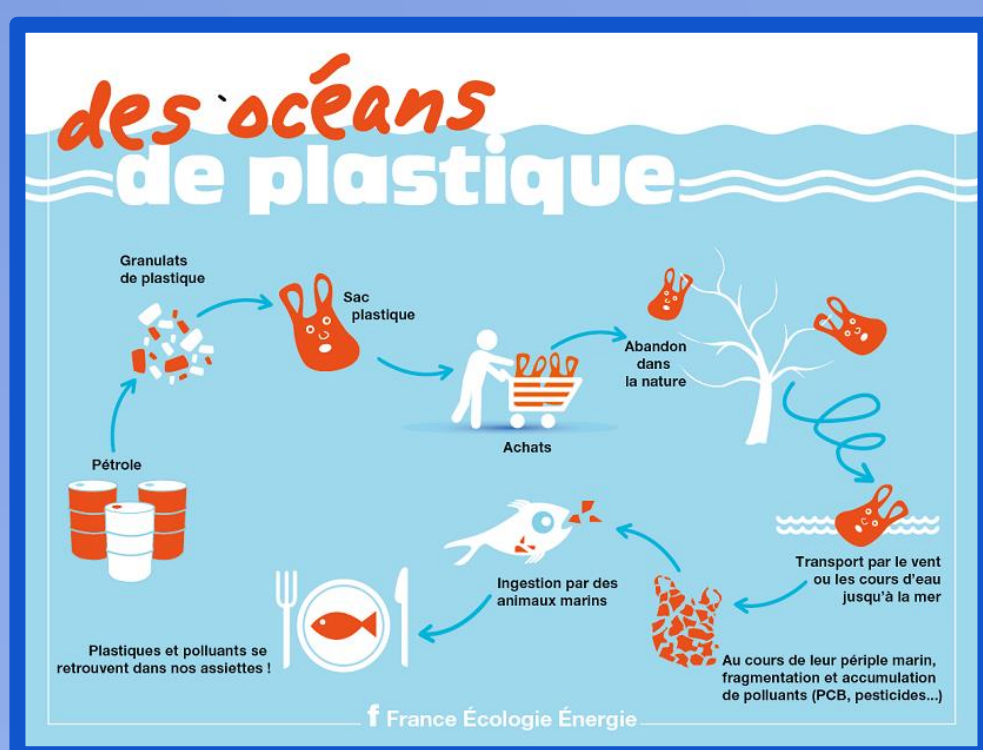
Plasticode

Plus les années passent, plus notre planète accumule toutes sortes de pollutions. La pollution plastique est l'une des plus importantes et dangereuses pour les êtres vivants. L'ampleur de la **pollution du milieu marin** par les déchets plastiques est très importante. Une fois dans l'océan, il est très difficile, voire impossible, de nettoyer ces déchets. Nous avons introduit des molécules qui fluorescent dans différents plastiques afin de pouvoir les coder chimiquement et les rendre identifiables et traçables.

Etat des lieux : Les plastiques, fléau des océans !

Constat

Environ **5 000 milliards de morceaux de plastique** flottent déjà dans les océans. La durée de vie du plastique va de **450 ans à une durée indéterminée** et suite à leur ingestion par les animaux, l'Homme est impacté. On ingère environ **5g de plastique par semaine**, soit une carte vitale.



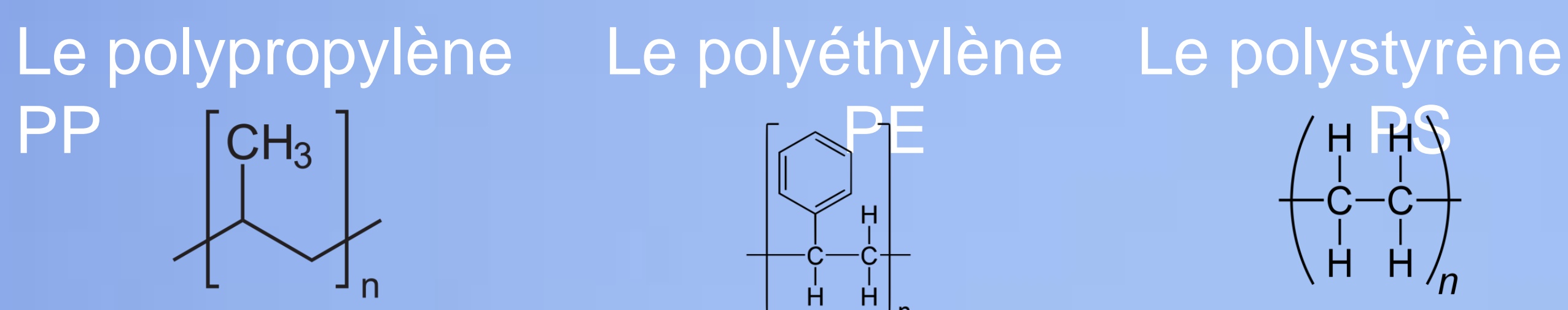
Protocole

- Prélever du sable tout les 20 mètres sur la plage du Mourillon (Toulon) dans plusieurs cubes de 147 cm³, soient 588cm³ au total.
- Mettre le sable prélevé au soleil sur du papier absorbant pour pouvoir le sécher.
- Tamiser le sable dans 3 tamis de mailles différentes
- Identifier les macro-plastiques par spectroscopie infrarouge

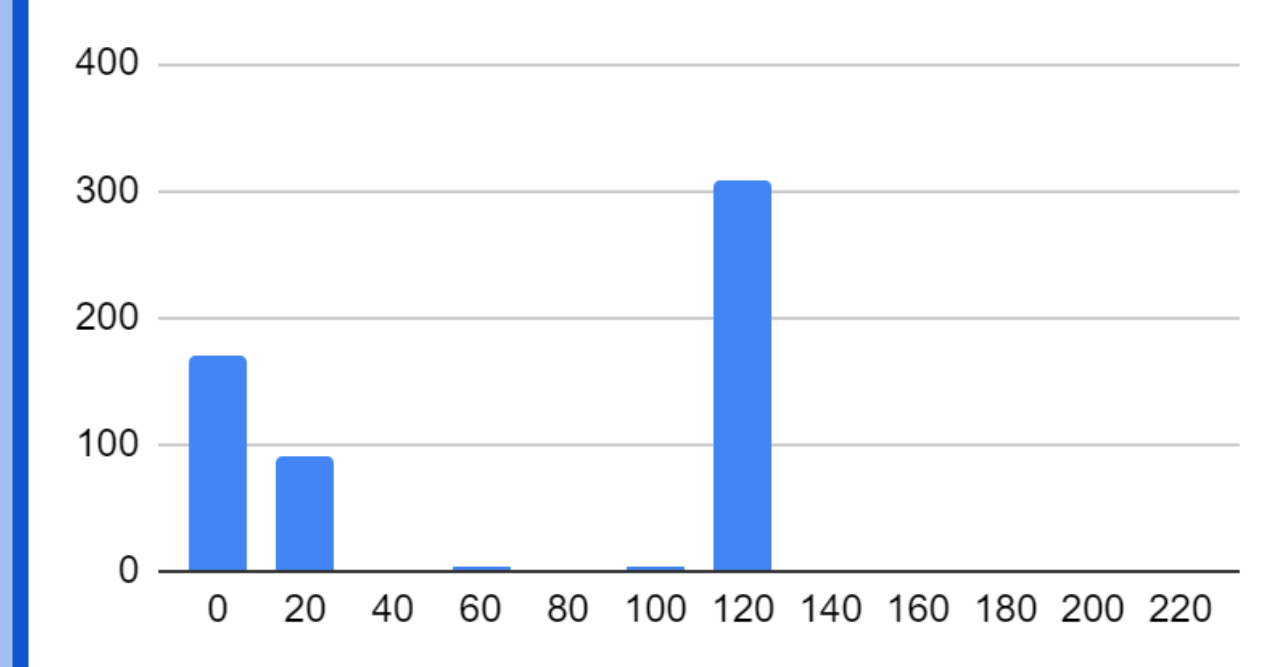


Résultats

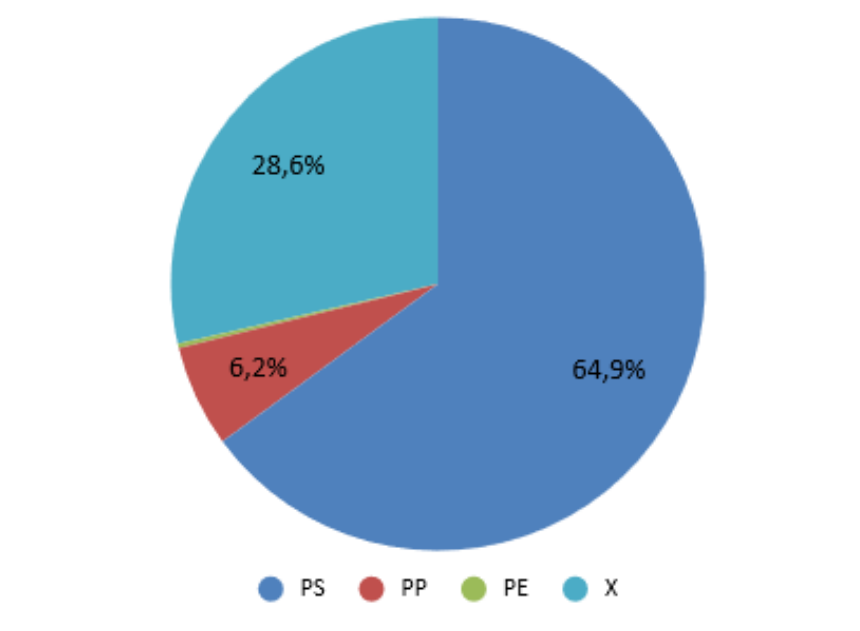
Nous avons trouvé 3 plastiques différents :



Masse en mg / points de prélèvements :



Pourcentages de types de plastiques dans les échantillons trouvés :



Conclusion

Le plastique se retrouve principalement au milieu de l'anse et aux extrémités de la plage, conséquence des courants marins. Le plastique retrouvé sur la plage est majoritairement du polystyrène.

MAPIEM et MIO: films PLA dopé aux fluorophores

Dans un premier temps, nous avons sélectionné des molécules fluorescentes et avons cherché à voir si ces molécules fluoresçaient à l'état solide. Nous avons alors procédé à l'analyse de ces molécules par spectrofluorimétrie en utilisant une cellule pour les solides.

Analyses fluo

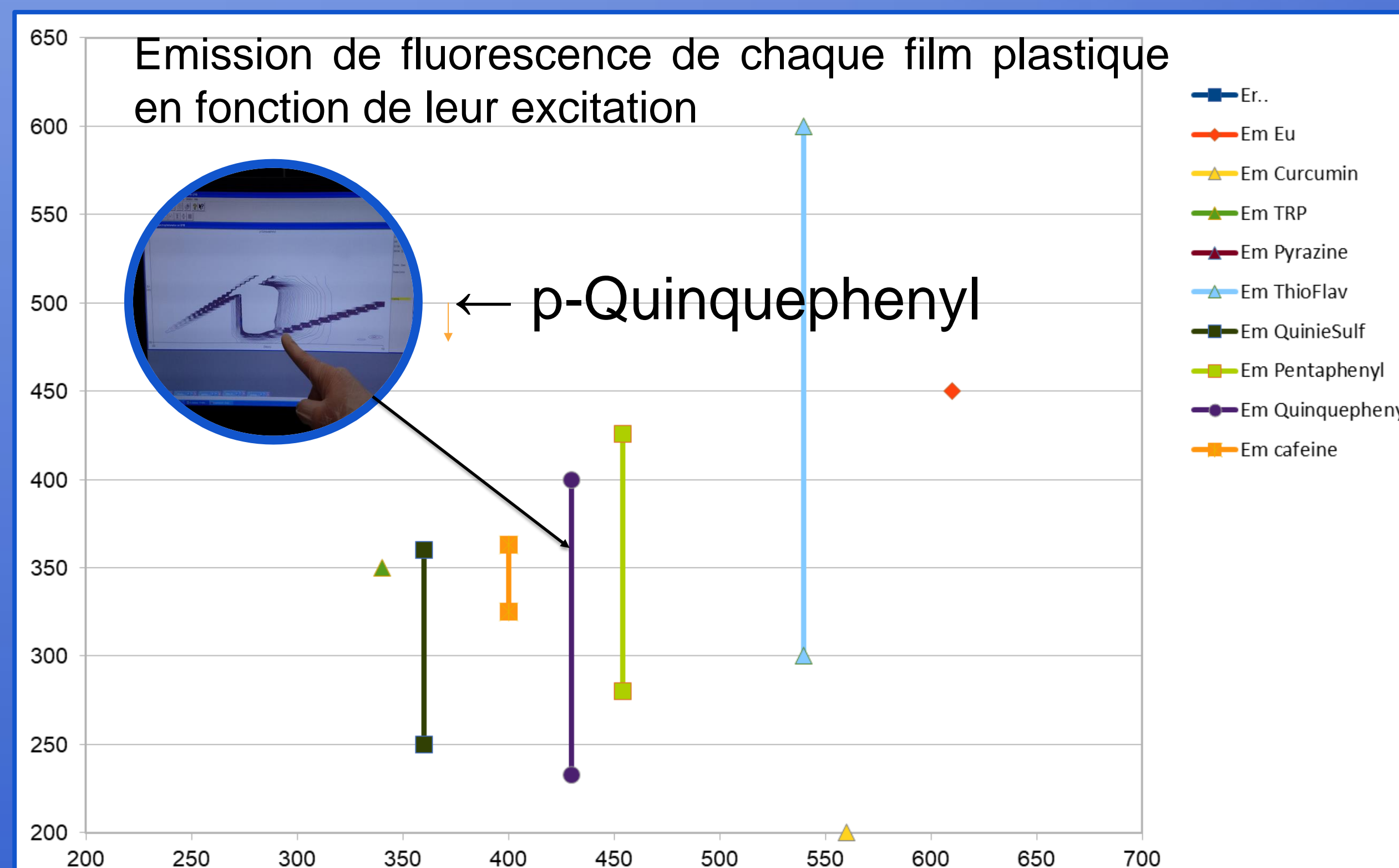
Nous avons réalisé des films plastiques à partir de billes de PLA dissoutes dans du solvant (dichlorométhane) auxquels nous avons ajouté des molécules fluorophores.

Protocole film plastique

- Peser le PLA (0,355g) avec l'aide d'une balance de précision.
- Introduire 23 mL de solvant dans une fiole puis ajouter le PLA et agiter pour accélérer la dissolution.
- Une fois le PLA en solution dans le solvant, ajouter 2% de fluorophore dans une fiole.
- Verser dans les moules et laisser sécher jusqu'à formation du film plastique.

Résultats

Nous avons 10 molécules qui fluorescent dans les films de PLA. On ne retiendra que 3 molécules qui fluorescent en émettant dans le domaine du visible pour une excitation de 400 nanomètres.



← Film plastique



← Spectrofluorimètre

École des Mines d'Alès: PLA dopé et impression 3D

Protocole

Nous avons utilisé la quantité de molécules fluorescentes restantes dans plusieurs boîtes :

- Europium : 10 boîtes de 0,45g
- Thioflavin-T : 10 boîtes de 0,49g
- P-Quinquephenyl : 5 boîtes de 0,036g



Balance précise à 0,001g

- À l'aide d'une extrudeuse baxis, on a fusionné du PLA avec chaque molécule fluorescente pour fabriquer 4 sacs de 1 kg de granulés.

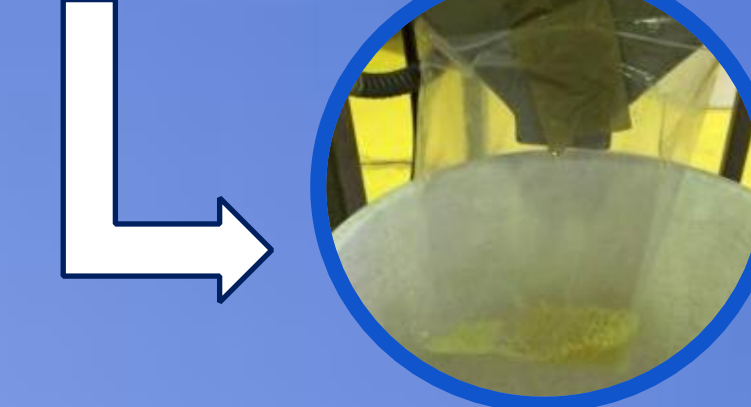


Intégration des molécules fluorescentes dans la trémie d'alimentation de l'extrudeuse

- Le procédé prend environ 16 min. Le fil est refroidi par l'eau avant d'être broyé en petit granulés.



← Extrudeuse



Réalisation

Pour cela, nous avons utilisé une extrudeuse monovis qui transforme les granulés de PLA (dopé avec un fluorophore) en jonc afin de les transformer en fil pour imprimante 3D. Comme vu précédemment, le jonc est refroidi dans de l'eau avant d'être séché et roulé autour de bobine plastique. Création de 4 bobines de fil plastique PLA (1km de fil par bobine) dopées respectivement avec l'Europium, la Thioflavin et le P-Quinquephenyl.



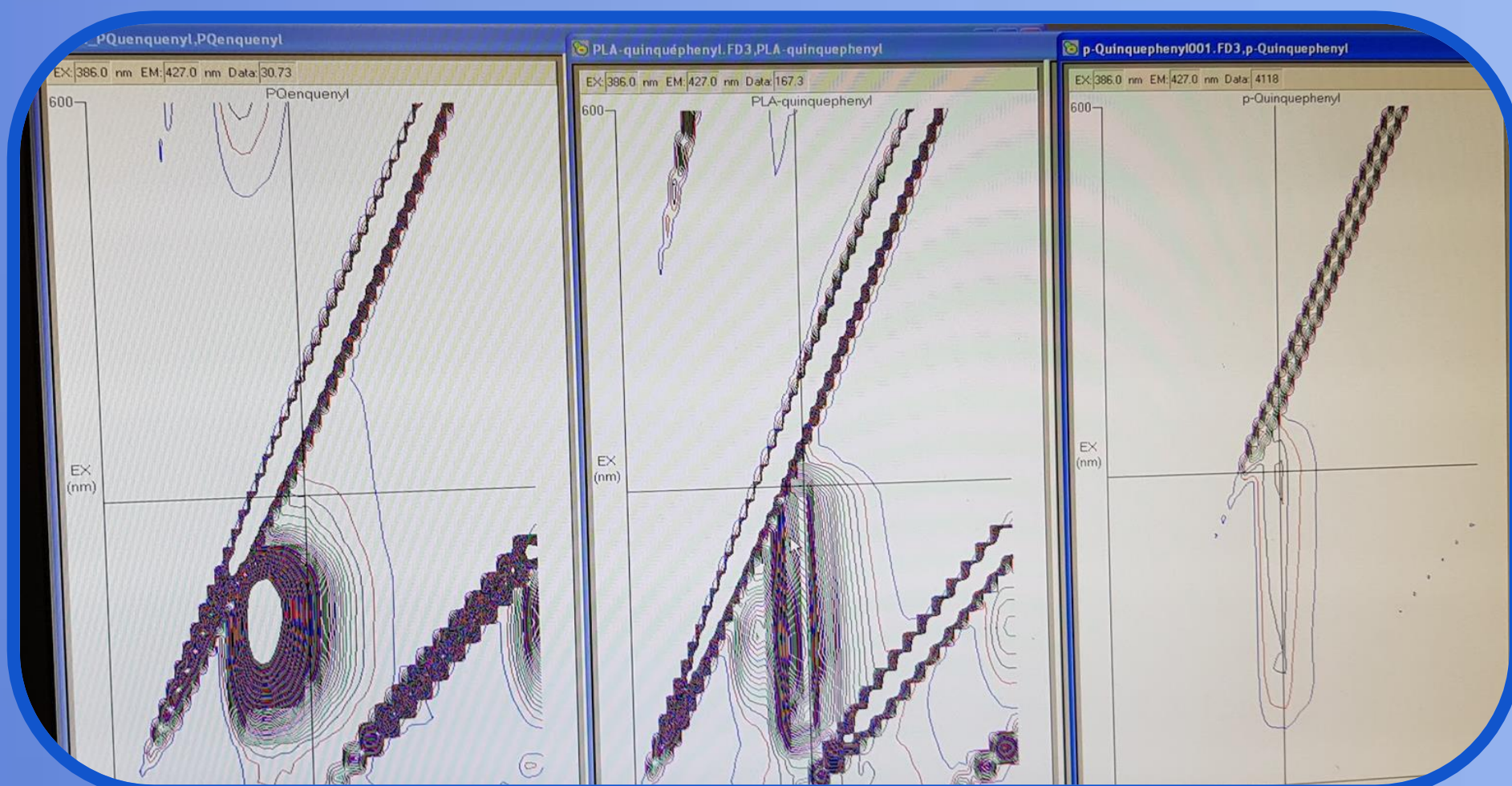
↑ Bobine de fil

Plasticode: La chimie au secours des océans

Constat

Retour au laboratoire MIO de Toulon afin d'analyser les échantillons de PLA avec les molécules fluorescentes préalablement imprimés en 3D avec les différentes bobines produites quelques semaines auparavant aux Mines d'Alès.

Résultats



Fil impression 3D / film / solide pur

Analyse du PLA dopé au P-Quinquephenyl (spectrofluorimètre)



Mesures

P-Quinquephenyl			
Longueurs d'onde	Solide pur	Film (Dilution)	Fil impression 3D (Extrusion)
Excitation(nm)	350	400	373
Émission(nm)	390-470	390-470	320

Thioflavin			
Longueurs d'onde	Solide pur	Film (Dilution)	Fil impression 3D (Extrusion)
Excitation(nm)		400	480
Émission(nm)		430-540	460

Europium			
Longueurs d'onde	Solide pur	Film (Dilution)	Fil impression 3D (Extrusion)
Excitation(nm)	610	400	610
Émission(nm)	400	590-620	280-400

Analyse

Il y a évolution de la fluorescence des molécules dans le Plastique au cours des expériences (mesure au spectrofluorimètre de la fluorescence de la molécule (solide pur), la molécule dissoute dans le PLA (film) et enfin la molécule intégrée au PLA par extrusion (fils impression 3D)).

Bien que les molécules présentent toujours des propriétés fluorescentes, les molécules ont été modifiées par la chauffe déplacement du spectre d'émission vers les petites longueurs d'ondes (blueshift). Il faut également faire attention aux additifs présent dans le PLA susceptibles de fluorescer.



Conclusion

Dans le projet Plasticode, La chimie apporte une solution à la gestion des déchets plastiques afin de pouvoir tracer chimiquement chaque déchet (macroplastique ou microplastique) et ainsi rendre chaque entreprise plus responsable selon le principe du pollueur-payeur.

Et pour aller plus loin...

Schéma de principe du Plasticode

