

Mare Nostrum, MarIA Nostra

L'IA au secours de la bioplastification des mers

On ne pourra pas dépolluer les mers, c'est une réalité. Et ceux qui nous vendent des solutions pour extraire les plastiques des océans simplifient à outrance des phénomènes complexes et ignorent la tendance de bioplastification des mers qui est en train d'émerger. La conférence IADATE de rentrée co-organisée par l'Institut EuroplA, ARTech, le Département des Alpes-Maritimes et la Maison de l'Intelligence artificielle s'est penchée sur cette question. Maria Luiza Pedrotti, chercheuse en biologie marine au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer, nous en décrypte les contours.

par Magali Chelpi-den Hamer



Life in progress © Florian Draussin / Studio Laffitte

On estime à 460 millions le nombre de tonnes de plastique produites chaque année, dont 8 à 12 millions qui terminent en mer et qui vont petit à petit se désagréger en micro puis nano plastiques. La fourchette est large, mais grosso modo chaque année, 5 à 170 millions de microplastiques sont ajoutés aux océans et se mélangent aux écosystèmes. Ces plastico-entrants se muent en taxi de circonstance pour certains animaux marins, les transportant au gré des courants et des gyres océaniques dans des endroits où initialement, ils n'étaient pas prévus. Une autre conséquence est plus trophique et les plastiques prennent leur place dans la chaîne alimentaire marine en remontant de maillon à maillon du zooplancton jusqu'à l'homme. Et là, c'est la grande inconnue.

Le plastique est fantastique¹, certes, pour certains usages et quand on en maîtrise la chaîne de recyclage, mais il charrie une dose non négligeable de toxicité. Il y a cinquante ans, les bouteilles en plastique étaient faites en polyvinyl chloride (PVC). Il faudra attendre presque quarante ans pour changer de matériau après avoir réalisé que les vapeurs d'acide chlorhydrique qui étaient dégagées par la combustion du PVC redescendaient sur terre sous forme de pluies acides. Depuis la fin des années 1990, le PET a remplacé le PVC pour la fabrication des bouteilles en plastique et l'on a depuis pris conscience que les phtalates que l'on trouve dans le polyéthylène

Mare Nostrum, MarIA Nostra AI to the rescue of marine bioplastification

It's a fact that we won't be able to clean up the seas. And those selling us solutions to remove plastics from the oceans are oversimplifying complex phenomena and ignoring the emerging trend towards bioplastification of the seas. The autumn IADATE conference, co-organised by the EuroplA Institute, ARTech, the Alpes-Maritimes department and the Maison de l'Intelligence artificielle, looked at this issue. Maria Luiza Pedrotti, a researcher in marine biology at the Oceanography Laboratory in Villefranche-sur-Mer, explains how it works.

An estimated 460 million tonnes of plastic are produced every year, of which 8 to 12 million end up in the sea, where they gradually break down into micro and then nano plastics. The range is wide,



Plastic fossilium (extrait) © Florian Draussin / Studio Laffitte

téréphtalate (PET) sont des perturbateurs métaboliques et que par leur imprégnation microscopique insidieuse, ils ont un impact sur le vivant. Reste à caractériser cet impact de manière empirique et dans le temps long tout en trouvant des substituts industriels réalistes. Pas besoin d'ajouter que de l'eau va encore couler sous les ponts et que pendant ce temps, les plastiques en mer se fragmentent en milliardièmes de morceaux.

Si l'on ne peut pas dépolluer les mers, peut-on réduire le flux entrant des indésirables ?

Sans surprise, la source des déchets plastiques en mer est majoritairement terrienne. De l'objet à la nanoparticule, les plastiques sont transportés par le vent, les pluies et les rivières, et échouent à un moment en mer. Dans les océans, ce sont surtout les filets de pêche abandonnés qui font des dégâts sur la biodiversité. Les fils de nylon mettent 600 ans à se désagréger en milieu maritime, bien assez d'années pour capturer les malheureux animaux qui s'en approcheront de trop près.

En termes de volume de production, si on hiérarchise, les plastiques à usage unique sont ceux que les industriels produisent le plus. Les plastiques utilisés dans le secteur du bâtiment suivent avec plus de 20 % de la production de polymères dédié au BTP en Europe. Moins connue du grand public mais tout aussi océanisée, une autre source de plastique importante dans les océans est issue des textiles. Les chiffres sont éloquentes.

Au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer, Maria Luiza Pedrotti travaille sur ces problématiques avec ses équipes et a cherché à caractériser ces indésirables des océans. 47 % des polymères que l'on trouve dans les mers sont des emballages (les polyéthylènes, les propylènes, les polypropylènes). 14 % sont des fibres

textiles (les polyamides, les polyesters) qui, par les tuyaux d'évacuation des machines à laver, sont rejetées dans les stations d'épuration d'abord, et ensuite en mer, à un dosage qui dépend de la modernité de la station.

Les apports de la recherche

Les résultats des recherches sur la modélisation du bassin méditerranéen montrent l'omniprésence du plastique. Le constat de cette concentration est assez intuitif, la Méditerranée étant un bassin semi-fermé. Mais certains résultats font réfléchir. À l'entrée du Cap Corse, en plein milieu du sanctuaire Pélagos, les chercheurs ont trouvé par exemple autant de plastique que de zooplancton.

D'autres travaux ont modélisé la dynamique et temporalité de chute des plastiques due à la croissance du biofilm dessus. Et les résultats montrent que l'endroit où ils se déposent est bien loin de leur point d'entrée dans les mers. La coordination entre États côtiers méditerranéens apparaît dès lors essentielle sur toute action cherchant à endiguer le phénomène. Reste à mettre d'accord des politiques et des egos.

Des résultats qui gagnent à être relayés tellement ils font peur concernent les textilo-plastiques. Sur financement de SUEZ pendant trois ans, l'équipe de Maria Luiza Pedrotti a reconstitué le trajet des fibres synthétiques entre des machines à laver et la mer Méditerranée. Les résultats montrent que même dans le cas de stations d'épuration modernes (Haliotis sur Nice par exemple, qui retient 92 % des fibres synthétiques), des milliards de fibres textiles entrent par jour en Méditerranée (dans ce cas précis, 4,3 milliards). Une machine à laver pouvant produire jusqu'à 200 000 fibres par lavage, les volumes deviennent assez vertigineux lorsque l'on multiplie par le nombre d'habitants.

but roughly speaking, every year 5 to 170 million microplastics are added to the oceans and mix with ecosystems. These plastic inputs become taxis for certain opportunistic marine animals, transporting them with the ocean currents and to places where they were not initially intended to go. Another consequence is more trophic, with plastics taking their place in the marine food chain, passing from zooplankton to human beings. And that is where the great unknown lies.

Although plastic is fantastic, for certain uses and when the recycling chain is mastered, however it carries a significant dose of toxicity. Fifty years ago, plastic bottles were made of polyvinyl chloride (PVC). It was not until almost forty years later that the material was changed, after it was realised that the hydrochloric acid vapours released by the combustion of PVC were falling back to earth in the form of acid rain. Since the end of the 1990s, PET has replaced PVC in the manufacture of plastic bottles, and we have since realised that the phthalates found in polyethylene terephthalate (PET) are metabolic disruptors and that their insidious microscopic impregnation has an impact on living organisms. What remains to be done is to characterise this impact empirically and over time, while finding realistic industrial substitutes. Needless to say, more water will flow under the bridge, while plastics in the sea break up into millions of pieces.

If we can't clean up the seas, can we reduce the influx of undesirable waste?

Unsurprisingly, the source of plastic waste at sea is mainly land-based. From objects to nanoparticles, plastics are transported by the wind, rain and rivers, and eventually end up in the sea. In the oceans, it is mainly abandoned fishing nets that are damaging biodiversity. Nylon threads take 600 years to disintegrate in the marine environment, enough years to capture any unfortunate animals that come too close.



Et l'IA dans tout ça ?

Très concrètement, l'approche empirique se passe en deux temps. Un temps de collecte, en milieu maritime, avec lunettes de soleil et écran total, où toute une série de capteurs mesure les conditions marines (salinité, température...). Puis un temps de tri, moins glamour. De retour du terrain, les chercheurs séparent les plastiques de toute la matière organique et c'est à cette étape que l'IA entre en scène. Par la bonne vieille technologie du machine learning. Chaque élément est scanné séparément et sur ces bases, un logiciel - zooprocess - va petit à petit affiner la reconnaissance entre plastiques et zooplancton. L'objectif des chercheurs ici est de créer une base de données fiable pour aider à comptabiliser et à caractériser les types de plastique en Méditerranée.

Au-delà du comptage, d'autres travaux cherchent à comprendre comment, puisqu'on ne peut pas les enlever, les plastiques (du macro au nano) interagissent avec les organismes qui évoluent en milieu marin. C'est l'adoption d'une approche intégrative en somme pour comprendre tous les impacts du phénomène et surtout pour pouvoir agir dessus en recherche appliquée. En laboratoire, cela implique d'identifier les plastiques, de mesurer l'étendue de leur colonisation par le vivant et d'en caractériser les propriétés principales. Le biofilm est-il toxique ? pathogène ? envahissant ? Tout un travail de taxonomie est effectué au microscope pour classer la myriade de données empiriques qui a été collectée en mer. Des incubations en mer sont également menées pour comprendre les interactions entre les différents types de polymère et les micro-organismes marins.

Et après...

S'il ne faut pas diaboliser le plastique², c'est son usage qui est à repenser. Vade retro l'usage unique au vu de la disproportion entre temps d'usage et temps d'utilisation. Une bouteille en plastique disparaît après 450 ans, un gobelet après un demi-siècle, un sachet plastique a minima 20 ans. Tout ça pour 5 minutes d'utilisation et des process carbonés de production.

Depuis quelques années, une prise de conscience politique s'est faite et en France et dans l'Union européenne, on commence à poser ouvertement des interdictions, choses qui étaient impensables il y a quelques années à peine. Depuis 2017, la distribution de sacs en plastique est interdite. Les microbilles ont été interdites dans les cosmétiques en 2018 et les cotons-tiges ont été bannis en 2020. Depuis 2021, les pailles, les assiettes et les gobelets ne sont plus en usage et au-delà d'1,5 kg, le suremballage des fruits et légumes est enfin interdit. À quand celui des biscuits ???

En France, la loi anti-gaspillage pour une économie circulaire prévoit la fin progressive de tous les emballages en plastique à usage unique d'ici 2040. Du côté onusien, un Traité global sur les plastiques est en train de se mettre en place, initié en 2022 en Uruguay et continué à Paris en mai dernier. Le Kenya prend le relais mi-novembre pour continuer à développer cet instrument juridique sur les pollutions plastiques qui veut se profiler contraignant. Une première version ne devrait pas tarder à être rendue publique. Il est fort à parier que les producteurs de plastique fassent un peu la mine... ●

2. Tout objet en plastique est constitué d'une myriade d'éléments chimiques aux propriétés multiples qui vont du retardateur de flamme au fait de rendre transparent un objet ou d'en modifier la texture. On cherche pour autant rarement à connaître toutes les nuances de caractéristiques d'un objet en plastique (pour des questions de coût entre autres) et une vision qui a prédominé longtemps était assez court-termiste. On prend, on jette. Ce mantra de l'usage unique a eu sa période de gloire.

In terms of production volume, if we rank them in order of importance, single-use plastics are the ones that manufacturers produce the most. Plastics used in the construction industry follow, accounting for more than 20% of polymer production dedicated to the construction industry in Europe. Less well known to the general public, but just as ocean-going, another major source of plastic in the oceans is textiles. The figures speak for themselves.

At the Oceanography Laboratory in Villefranche-sur-Mer, Maria Luiza Pedrotti and her teams are working on these issues and have sought to characterise these undesirable ocean contaminants. 47% of polymers found in the seas are packaging (polyethylenes, propylenes, polypropylenes). 14% are textile fibres (polyamides, polyesters) which are discharged from washing machine drains first into sewage treatment plants and then into the sea, at a level that depends on how modern the plant is.

Research findings

The results of research into the modelling of the Mediterranean basin show the ubiquitous presence of plastic. This concentration is pretty much self-evident, given that the Mediterranean is a semi-enclosed basin. But some of the results give food for thought. At the entrance to Cap Corse, in the middle of the Pelagos sanctuary, for example, researchers found as much plastic as they did zooplankton.

Other work has modelled the dynamics and timing of the fall of plastics due to the growth of biofilm on them. And the results show that the place where they are deposited is a long way from their point of entry into the seas. Coordination between Mediterranean coastal states is therefore essential for any action to curb the phenomenon. All that remains is to get politicians and egos to agree.

The results are so frightening that they deserve to be publicised. With funding from SUEZ, Maria Luiza Pedrotti's team spent three years reconstructing the path taken by synthetic fibres between washing machines and the Mediterranean Sea. The results show that even with modern wastewater treatment plants (Haliotis in Nice, for example, which retains 92% of synthetic fibres), billions of textile fibres enter the Mediterranean every day (in this instance, 4.3 billion). As a washing machine can produce up to 200,000 fibres per wash, the volumes become quite staggering when multiplied by the number of inhabitants.

What about AI in all this?

In very practical terms, the empirical approach takes place in two stages. A collection phase,

in a marine environment, wearing sunglasses and sun block, where a whole series of sensors measure marine conditions (salinity, temperature, etc.). Then there's the less glamorous sorting stage. Back in the field, the researchers separate the plastics from all the organic matter, and this is where AI comes in. Using good old machine learning technology. Each element is scanned separately and on this basis, a software programme - zooprocess - will gradually refine recognition between plastics and zooplankton. The researchers' aim here is to create a reliable database to help count and characterise the types of plastic in the Mediterranean.

In addition to counting, other research is looking at how plastics (from macro to nano) interact with organisms in the marine environment, since they cannot be removed. In short, this means adopting an integrative approach to understand all the impacts of the phenomenon and, above all, to be able to act on them through applied research. In the laboratory, this involves identifying plastics, measuring the extent to which they are colonised by living organisms and characterising their main properties. Is the biofilm toxic? pathogenic? invasive? Taxonomic work is carried out under the microscope to classify the myriad of empirical data collected at sea. Incubations at sea are also being carried out to understand the interactions between different types of polymer and marine micro-organisms.

And afterwards...

Whilst we shouldn't demonise plastic, we should certainly rethink its usage.

In recent years, political awareness has been raised and in France and the European Union, bans are openly being implemented which was unthinkable just a few years ago. Since 2017, the distribution of plastic bags is prohibited. Microbeads were banned in cosmetics in 2018 and cotton swabs were banned in 2020. Since 2021, straws, plates and cups are no longer in use and for weights over 1.5 kg, overpacking of fruits and vegetables is finally prohibited. When's the one for biscuits coming?

In France, the anti-waste law for a circular economy foresees the gradual end of all single-use plastic packaging by 2040. On the UN side, a Comprehensive Plastics Treaty is being implemented, initiated in 2022 in Uruguay and continued in Paris last May. Kenya takes over mid-November to continue developing this legal instrument on plastic pollution that wants to stand out as being binding. A first version should soon be made public. It's a safe bet that the plastic producers are grumbling a bit... ●

Mare Nostrum est une initiative initiée par Diana Vicinelli Landi, présidente d'Art-Tech et experte IA au sein de l'Institut EuropaIA. Elle rassemble des scientifiques, des artistes et des acteurs engagés autour des enjeux de la pollution marine et du potentiel de contribution de l'IA. Le projet Mare Nostrum a été présenté à Venise en 2021, à Sophia Antipolis en 2022, au WAICF de Cannes en 2023 et à Villeneuve-Loubet et à Monaco pour la Journée mondiale de l'Océan.

L'association Art-Tech cherche à valoriser par le truchement des arts les recherches scientifiques des différents observatoires maritimes azuréens, à commencer par le CNR de Venise, le CNRISMAR de Portofino, et le laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer. L'association cherche aussi à vulgariser les avancées scientifiques au grand public pour que chacun puisse s'en saisir.

