



Bilan du projet RECYCONCH

Rappel du projet/contexte

La conchyliculture génère différents types de déchets. Sur le bassin de Thau on compte en moyenne environ 8000 tonnes de déchets produits par an, répartis comme suit :

- Coquilles : 4 450 tonnes
- Eau : 2 900 tonnes
- DIB : 650 tonnes.

Les DIB sont composés de bois, ferraille, poches, cordes, pearl-nets, lanternes, filets de moules, bacs polystyrènes, coupelles, mannes et filets de protection anti-daurades. Ces DIB sont intrinsèquement des coproduits puisqu'ils peuvent être réutilisés et transformés pour créer d'autres ressources.

Toujours dans une logique de production conchylicole vertueuse et d'économie circulaire, les conchyliculteurs de Méditerranée souhaitent donc engager une démarche de valorisation économique de leurs engins conchylicoles usagés, notamment ceux en PE (polyéthylène) et PP (polypropylène) tels que les poches, cordes, mannes et filets.

Cette volonté est en parfaite adéquation avec la loi 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire qui impose de mettre en place une démarche de Responsabilité Élargie du Producteurs (REP) d'engins de pêche/conchyliculture au 1er janvier 2025 si aucune démarche volontaire n'a été mise en place. C'est bien face à cela, que par souci de proactivité la coopérative souhaite mettre en place localement un dispositif structuré de gestion de ces engins conchylicoles.

En 2023, une rencontre a eu lieu avec la société Earthwake (<https://www.earthwake.fr/>) qui a développé une technologie de pyrolyse (combustion sans oxygène) capable de transformer les déchets de PE et PP en carburant.

Une fois broyés, les plastiques après pyrolyse donnent différents produits :

- 5 % de résidus carbonés
- 15 % d'essence directement utilisable après stabilisation
- 15 % de gaz servant à faire fonctionner le pyrolyseur
- 65 % de diesel directement utilisable après stabilisation.

Cette technologie est séduisante par une réutilisation directe des coproduits, mais également par :

- un investissement final limité (700 000 euros HT),
- le fait qu'elle ne nécessite pas une grande ingénierie puisque tout peut être maîtrisé à distance par Earthwake basé dans le Vaucluse et qu'un technicien et un manutentionnaire suffisent à faire fonctionner la machine pour un volume traité de 300 kg/jour,
- une emprise limitée dans l'espace (560 m²) pour 4 conteneurs : 1 pour le broyage et stockage, 1 pour le pyrolyseur, 1 pour le stockage du gaz émis par la pyrolyse et réservoir d'eau servant au refroidissement de la machine, 1 pour la stabilisation et diffusion des carburants produits.

Ainsi, les « Conchyliculteurs de Méditerranée » souhaitent évaluer la faisabilité de développer une telle unité sur le pourtour du bassin de Thau. La philosophie de départ est que les conchyliculteurs ne mettent plus leurs coproduits « pyrolysables » au DIB, mais les stockent au mas avant de les acheminer par eux-mêmes au pyrolyseur. Avec un système de stock tampon de carburant sur place, par une approche assez simple, le conchyliculteur pourra alors repartir avec un « équivalent carburant





» directement mis dans son véhicule. Au regard de la fiscalité liée au carburant, et en considérant que le conchyliculteur est propriétaire de ses déchets, la coopérative facturerait au conchyliculteur des frais de traitement de déchets, et non une revente de carburant.

A noter que la majorité des entreprises conchyloles de Méditerranée commercialisent en vente directe sur les régions Occitanie, Sud et Auvergne Rhône Alpes. Aussi le poste carburant pour se rendre sur les marchés en camion pèse de plus en plus dans la trésorerie des entreprises, et toute piste pour maîtriser cette charge est à privilégier.

Par souci de rentabilité, cette technologie serait proposée, à terme, à des non coopérateurs.

Description méthodologique du projet

Pour mener à bien ce premier volet, un questionnaire a été réalisé.

Ainsi, un travail de définition des informations à collecter a été mené :

- Quels sont les matériels plastiques utilisés en conchyliculture sur chaque territoire ?
- Quels sont les volumes de ces produits en fin de vie par territoire ?
- Comment et par qui sont-ils traités ?
- La gestion de ces déchets est-elle problématique pour les professionnels ? Dans quelle mesure ?

En outre, un recensement bibliographique a été réalisé afin de répondre aux questions suivantes :

- Quels produits conchyloles plastiques utilisés pour la partie élevage ?
- Quel usage pour chaque produit ?
- Quel(s) polymère(s) constituent ces produits ?
- Ces produits sont-ils monomatières ou multi-matières ?

Ce recensement a permis de recenser les différents matériels conchyloles et de dresser un tableau descriptif, qui a servi de référence protocoles de test en fonction des matières dans le volet 2.

Le deuxième volet du projet a permis de faire un test de la pyrolyse des plastiques en 2 temps, un premier échantillon de 15 kg pour calibrer la machine, puis un second de 300 kg pour un test grandeur nature.

Analyse qualitative du gisement de plastiques

La Méditerranée produit 7 à 11 000 an, et entre 5 à 7500 tonnes par an de moules.

La lagune de thau concentre 85 % de la production conchylole avec environ 500 producteurs.

Au vu de l'itinéraire technique et de la présente problématique, il convient de préciser par type d'élevage les plastiques utilisés.

En ostréiculture, sont utilisés :

- Des lanternes, ou pearl nets, utilisés pour le prégrossissement, qui ont une durée de vie qui peut atteindre 10 ans,
- Des poches utilisées pour le stockage avant purification, qui ont une durée de vie qui peut atteindre 15 ans,
- Des coupelles de captage,
- Des mannes en Polyéthylène Haute Densité (PEHD) utilisées essentiellement pour la purification, qui ont une durée de vie pouvant atteindre 20 ans,
- Des cordes en Polypropylène (PP), qui ont une durée de vie de 3 à 5 ans.





Lanternes et cordes d'huîtres

En mytiliculture, sont utilisés :

- Des filets à moules,
- Des filets anti prédation pour se prémunir de la prédation des daurades.



Filets à moules

Notons l'émergence de quelques techniques de production qui utilisent de nouveaux matériels :

- Le roll oyster développé par la société SEADUCER,
- L'écoécrin développé par Philippe CAMBON, conchyliculteur,
- Les paniers australiens testés par certains conchyliculteurs mais qui peinent à trouver une place dans le mode d'élevage et sur les structures.

Analyse quantitative du gisement plastique

Une enquête a été effectuée en face à face et par téléphone auprès d'un panel de coopérateurs varié pour évaluer la quantité de plastiques en PE et PP jetée par an.

Cette enquête a permis d'évaluer cette quantité à 250 kg par an en moyenne répartis comme suit :

Type de plastique	%
Cordes pour collage	47 %
Poches	21 %
Filets à moules	13 %
Pearl net	10 %
Lanterne	9 %





La préparation des échantillons

Sur la lagune de Thau, les plastiques sont collectés en porte à porte une fois par semaine par la société COVED et « poolés » avec l'ensemble des DIB.

Le choix de la solution « pyrolyse » est séduisante car elle pourrait permettre, à terme, de valoriser l'ensemble des plastiques PE et PP sans révolutionner les pratiques de tri des conchyliculteurs.

Le protocole expérimental défini avec Eartwake nécessitait un test préalable en laboratoire sur un échantillon de 15 kg de plastiques en mélange, puis un test à échelle industrielle sur un échantillon de 300 kg.

Le principe d'échantillonnage impliquait de refléter au mieux de la réalité du terrain en terme de proportion.

Durant l'été 2024, la coopérative a souhaité composer ses échantillons en utilisant les bennes dans le cadre des opérations « ports propres » réalisés par la COVED et Sète Agglopol Méditerranée.

Les bennes ont donc été stockées, puis triées par type de déchets plastiques pour composer les échantillons.



Retour des bennes des ports





Tri des bennes





Classification par type de déchets en vue de leur pesée avant expédition

Le principe de la pyrolyse

La pyrolyse, qui est une forme de recyclage chimique, permet une décomposition thermo-chimique à haute température dans un réacteur chauffé entre 350 et 550 °C en l'absence d'oxygène.

Une huile de pyrolyse est ainsi produite après condensation des gaz obtenus par suite de la pyrolyse des déchets plastiques.

Cette huile contient du gasoil, de l'essence et du kerosène.

Cette technologie est brevetée par la société EARTHWAKE et s'appelle « Chrysalis ».

La chrysalis permet de transformer des plastiques non recyclables en énergie et en molécules d'intérêts bas carbone :

- Utilisation du gasoil dans des groupes électrogènes pour produire de l'électricité décarbonnée, mais aussi dans du matériel paysager pour la coupe dite « essence » (tondeuse, élagueuse...);
- Utilisation de l'huile de pyrolyse par les pétrochimistes : vapocraquage pour refabriquer du plastique vierge à partir de l'huile. Ce produit est très recherché et est commercialisé 20 000 €/tonne. Il permet notamment aux industriels de justifier l'obligation de réincorporation de plastiques recyclés dans des nouveaux plastiques produits, comme le prévoit la réglementation européenne.

Les modules qui constituent le Chrysalis sont placés dans 3 conteneurs.





Etape 1 : les déchets plastiques sont transformés en paillettes dans un broyeur puis mélanger dans une cuve de stockage afin d'obtenir un mélange homogène ;

Etape 2 : Le broyat est introduit à l'état pâteux dans le réacteur, sans oxygène, à une température entre 200 et 300 °C. Le réacteur est ensuite chauffé à une température entre 350 °C et 550 °C, c'est ce l'étape de pyrolyse stricto sensu. Les gaz sont récupérés en sortie de pyrolyse ;

Etape 3 : les gaz obtenus sont refroidis dans des condenseurs pour obtenir des coupes dites gasoil, kérosène et essence. Ces coupes mutualisées forment l'huile de pyrolyse ;

En pratique, les gaz sont acheminés par tuyaux vers des condenseurs qui permettent de récupérer les différents composants en phase liquide et de les séparer grâce à des températures différentes :

- Gasoil obtenu entre 250 et 350 °C ;
- Essence et kérosène obtenus entre 50 et 250 °C ;
- Autre <50 °C.

Les résidus sont appelés les « chars ».

Test de la solution

Le premier échantillon, après broyage de chaque plastique séparément, a été pyrolysé en laboratoire sur site.

L'huile de pyrolyse ainsi obtenue a été envoyée pour analyses dans un laboratoire externe.

Les principaux résultats issus de cette première phase de test sont marqués par le fait que la réaction de pyrolyse a été réalisée avec une quantité plus importante de PP que de PEHD.

Ils pourraient être résumés ainsi :

- Production d'une huile légère favorisée, chargée en oléfines, en raison de la présence majoritaire de PP => cette huile est plus instable dans le temps.
- Le rendement en huile est acceptable (environ 67%), mais il serait recommandé d'essayer différentes combinaisons avec les différents types de plastique, par exemple en augmentant la quantité de PEHD, pour diminuer la quantité d'oléfines, afin d'améliorer la qualité de l'huile.
- La coupe de gasoil de pyrolyse obtenue pourrait être utilisée dans les groupes électrogènes ou des brûleurs de chaudières.

L'échantillon de 300 kg a été revu dans les pourcentages et complétés de nouveaux gisement illustrant la réalité de la collecte des plastiques des conchyliculteurs, au vu du gisement de déchets collectés dans les opérations ports propres.

Les plastiques composant l'échantillon de 300 kg ont été broyés chacun séparément et les quantités obtenues de broyat sont les suivantes :

Type de déchet	Masse
Cordes	92 kg
Pearlnet	1 kg
Lanternes	1,25 kg
Caisses/mannes	1,5 kg
Poches à huitres	148 kg
Filets à moules	17 kg
Poubelles	14,5 kg
Lanternes	20 kg
Bacs plats	5,5 kg
	300 kg





Cordes et filets broyés



Mannes et poubelles broyés

Après réflexion, il a été décidé de ne pas pyrolyser les pearl nets, les lanternes et les coupelles, car :

- Les pearl nets et les lanternes ont nécessité un temps de démontage très conséquent pour isoler les parties plastiques, temps que les professionnels ne passeraient pas dans une logique de tri à la source ;
- Les coupelles sont montées sur un tube en PVC et le PVC est exclu du processus de pyrolyse. La manipulation pour séparer les coupelles du tube central est également trop chronophage pour sembler réaliste dans une filière où la préparation des déchets incomberait aux professionnels.

Les résultats obtenus en plusieurs essais sur l'échantillon sont les suivants :

Masse totale mise dans le chrysalis	30 kg
Masse finale de char dans le chrysalis	2 kg
Rendement massique d'huile de pyrolyse	78 %
Rendement massique de gaz	15 %
% massique du char en fin de procédé	7 %





Vue interne du Chrysalis



Suivi de la pyrolyse sur téléphone





La distillation de l'huile de pyrolyse permet d'obtenir les carburants suivants :

Essence	26 %
Kérosène	32,7 %
Gasoil léger	22 %
Gasoil lourd	13,3 %
WAX	6 %

Les résultats et difficultés majeures de cette phase sont les suivants :

- Des difficultés ont été rencontrées au niveau du transfert, en effet les cordes étaient trop légères et représentaient un pourcentage important de l'échantillon ;
- Après correction et intervention manuelle, un rendement d'huile de pyrolyse de 78 % a été obtenu ;
- L'huile obtenue était de bonne qualité.

Les rendements extrapolés sur l'échantillon de 300 kg sont les suivants :

Essence	60,84 l
Kérosène	76,44 l
Gasoil léger	51,48 l
Gasoil lourd	31,2 l
WAX	14,04 l

Analyse des tests de pyrolyse

Le process de pyrolyse testé sur les ECU plastiques en mélange issus des opérations « ports propres » a montré une faisabilité technique, mais avec un bémol sur les proportions de cordes en PP dans le mélange de déchets pyrolysés. En effet, ce déchet après broyage est trop peu dense, foisonnant : il pose des difficultés techniques lors de l'introduction dans les machines.

Par ailleurs, le PP produit à la pyrolyse rend les huiles de pyrolyse instables. Une portion prépondérante des déchets en PEHD serait préférable, ça n'est toutefois pas la réalité du gisement des coopérateurs.

Mise en place d'une filière

Cette solution, bien que présentant quelques incertitudes dans le process, peut être intéressante mais nécessite un changement de pratique dans la gestion du tri par les coopérateurs et la collecte. En effet, il conviendrait de faire le tri à la source en isolant les plastiques pouvant « entrer » dans le Chrysalis, puis il faudrait que ce gisement soit collecté de manière séparée.

Dans une approche collective, ce gisement représentant entre 200 et 300 kg par coopérateur pourrait être stocké dans les mas, et acheminé par le coopérateur une fois par an à l'unité.

Si la piste de génération de carburant est toujours incertaine en l'absence de retour des douanes, une solution autant lucrative pourrait être la commercialisation de l'huile de pyrolyse. En effet, les pétrochimistes doivent dorénavant intégrer 30 % d'huile de pyrolyse issue du recyclage des plastiques pour créer du plastique. Cette huile se commercialise 2 000 €/tonne.

Dans notre cas de figure, d'après les analyses la production pourrait être la suivante :

Tonnage d'un pyrolyseur	300 kg
Rendement massique d'huile de pyrolyse	78 %
Production d'huile	234 kg
CA potentiel/300 kg	468 €
Capacité journalière de pyrolyse	600-900 kg
CA potentiel/jour ^{600kg}	936 €





A noter que les gaz produits sont réutilisés pour faire tourner le Chrysalis. Le gaz de pyrolyse est récupéré pour faire fonctionner le réacteur et est stocké pour le cycle suivant.

Il convient de compter 1,5 ETP pour faire tourner le Chrysalis.

Cet outil pourrait être adossé à l'usine de traitement des déchets conchylicoles, en proposant aux professionnels de venir une fois par an amener 300 kg de déchets.

Approche économique / Business plan sommaire

Acquisition machine clés en main	1 000 000 €
Subventions potentielles aides (FEAMPA)	500 000 €
Emprunt CT 2 ans avance trésor	500 000 €
Emprunt MT 7 ans	500 000 €

Elément	Détail	Montant n	Montant n+1
Chiffre d'affaires annuel	936 € /j x 250 j	234 000 €	234 000 €
Charges variables	Principalement maintenance car matière première non achetée, et pas de besoins électriques	10 000 €	10 000 €
Charges fixes	Salaire : 1,5 ETP x 25 050 €/an	38 250 €	38 250 €
	Assurances, mutuelle...	3 000 €	3 000 €
	Annuités CT 4 %	265 098 €	Perception subvention solde de l'emprunt
	Annuités LT avec différé 6 mois 3,6 %	41 039 €	82 078 €
Résultat brut		224 000 €	224 000 €
Résultat net		- 123 387 €	100 672 €

Perspectives

Malgré un coût d'acquisition important, la machine Chrysalis devient rentable dès la deuxième année. Elle s'inscrit dans une logique de valorisation des déchets et de recherche de solutions économiques pour les professionnels. Le bénéfice généré pourrait être partagé à parts égales entre les coopérateurs et le gestionnaire du site de traitement des déchets.

Ce modèle pourrait également être mis en avant dans une stratégie de marketing territorial et d'économie circulaire. Par exemple, avec une base de 100 coopérateurs, le bénéfice par entreprise pourrait atteindre environ 500 € par an.

Le Chrysalis pourrait aussi traiter d'autres types de plastiques, en complément des déchets des coopérateurs et des conchyliculteurs :

- Plastiques issus de la pêche (ex. engins de pêche usagés)
- Plastiques provenant des particuliers

Les pêcheurs, notamment en raison de nouvelles réglementations, pourraient être intéressés par cette solution pour valoriser leurs engins de pêche usagés. Le volume potentiel est important et pourra être évalué dans le cadre du Contrat de filière pêche en Occitanie.





Conclusion

Le projet RECYCONCH a permis de franchir une étape décisive dans la réflexion sur la valorisation des déchets plastiques de la conchyliculture méditerranéenne.

Face à un gisement annuel conséquent – environ 8 000 tonnes de déchets dont près de 250 kg de plastiques PE et PP par producteur – les coopérateurs ont su s'inscrire dans une démarche proactive, en anticipant les obligations réglementaires de la loi anti-gaspillage et de la Responsabilité Élargie du Producteur (REP) prévue pour 2025.

Les tests menés avec la technologie Chrysalis développée par Earthwake ont confirmé la faisabilité technique du procédé de pyrolyse sur les déchets plastiques conchylicoles. Les résultats sont encourageants : des rendements d'huile de l'ordre de 78 %, une production diversifiée (essence, kérosène, gasoil) et des résidus limités. Cette huile, au-delà d'un usage local comme carburant ou source d'énergie, présente un intérêt économique certain pour les industriels, notamment les pétrochimistes soumis à des quotas d'intégration de plastiques recyclés.

Toutefois, l'étude met en lumière plusieurs points de vigilance. La prédominance du polypropylène (cordes) dans le gisement, sa faible densité et son comportement en pyrolyse posent des contraintes techniques. Le tri à la source et l'adaptation des pratiques professionnelles seront indispensables pour garantir un flux de déchets adapté. Par ailleurs, si le modèle économique présente des perspectives positives – rentabilité atteinte dès la deuxième année et bénéfice potentiel pour chaque coopérateur – il repose sur un investissement important et sur la sécurisation des débouchés, qu'ils soient énergétiques ou industriels.





Ce projet ouvre également des perspectives plus larges : l'intégration d'autres plastiques issus de la pêche, d'autres industries ou de la collecte issue des particulateurs, l'ancrage territorial d'une unité de valorisation, et la contribution à une image de filière innovante et responsable. En renforçant l'autonomie énergétique des entreprises et en réduisant l'impact environnemental, RECYCONCH illustre la capacité des acteurs de la conchyliculture à s'adapter et à innover dans un contexte réglementaire et économique exigeant.

En résumé, RECYCONCH constitue un levier stratégique pour transformer une contrainte en une opportunité collective, environnementale et économique.

Les prochaines étapes consisteront à consolider le modèle technico-économique, à jalonner avec les autres producteurs de déchets et les opérateurs de la collecte des déchets conchylicoles une filière et à approfondir les partenariats.

