

FOCUS PROSPECTIF

BIORAFFINERIES APPLIQUEES AUX COPRODUITS MARINS

PARTIE III



Edité par Biotech Santé Bretagne



www.biotech-sante-bretagne.fr

Juin 2026

Tous droits réservés pour tous pays

Aux termes de l'article 40 de la loi du 11 mars 1957 « Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause est illicite ». L'article 41 de la même loi n'autorise que « les copies ou reproduction strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et les « analyses et courtes citations », « sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source ». Toute représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, ne respectant pas la législation en vigueur, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et 429 du Code pénal

PARTIE III

Valorisation des ressources dans le cadre d'installations de bioraffineries et Exemples

Delphine PIROT

3.1- Les technologies

3.1.1 Les technologies biochimiques

3.1.1.1 Fermentation et digestion anaérobie

3.1.1.2 Hydrolyse enzymatique

3.1.2 Les technologies thermochimiques

3.1.3 Les technologies physiques

3.1.3.1 Les méthodes classiques

3.1.3.2 Les méthodes plus durables dites « vertes »

3.1.4 Les technologies chimiques

3.2- Des exemples de bioraffineries

3.2.1 Bioraffineries des coproduits d'animaux marins

3.2.1.1 Les poissons

3.2.1.2 Les crustacés

3.2.2 Bioraffineries des macroalgues brunes, rouges, vertes

3.2.3 Bioraffineries des microalgues

3.3- Défis et perspectives

Conclusion



EXTRAITS

du document de 65 pages

Le contexte

Dans le cadre du Schéma Régional des Biomasses, les acteurs bretons ont choisi de retenir la valorisation énergétique comme dernière solution au regard du contexte technico-économique (Cf. Fig. 3).

Il est important de rappeler qu'il s'agit bien de la solution de valorisation ultime et que l'alimentation humaine et animale, la valorisation matière, le retour au sol et l'usage pour la chimie sont à privilégier.

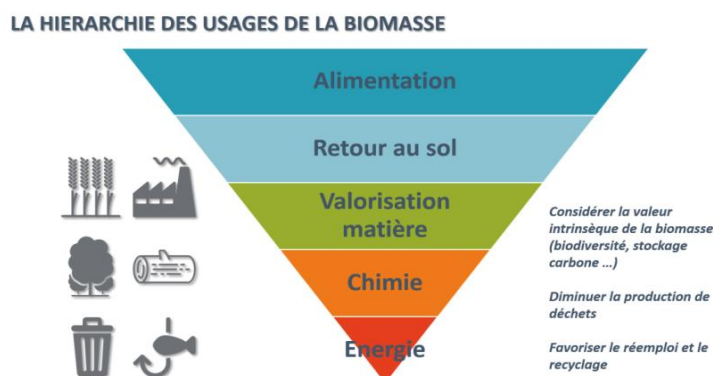


Figure 3 – Schéma Régional des Biomasses en Bretagne – Consultation publique (2019)¹



Ainsi, la mise en place de plateformes pour la récupération efficace, séquentielle ou simultanée, de divers produits issus de déchets complexes est essentielle. Le

choix des substances cibles et des techniques employées doit être rationnel et fondé sur des paramètres économiques et environnementaux mesurables.

3.1 – Les technologies

Elles sont généralement classées en quatre grandes catégories : les techniques de conversion biochimique, les procédés thermochimiques, les méthodes physiques et les méthodes chimiques, ces deux dernières étant souvent complémentaires (Cf. Fig.4).

La demande mondiale croissante en produits renouvelables et durables a conduit à une exploration accrue de nouvelles technologies et procédés d'extraction/séparation/purification moins agressifs que leurs homologues classiques qui font appel à des solvants issus de la pétrochimie. Ces technologies doivent être efficaces et offrir flexibilité et polyvalence

pour gérer un large éventail de matières premières dans le cadre des bioraffineries. Au fil du temps, les techniques évoluent et parviennent désormais à cibler un ou plusieurs principes actifs qui peuvent être directement utilisés ou incorporés à un autre produit. La variété des procédés utilisés, seuls ou en association, toujours plus respectueux de l'environnement, permettent une extraction des composés comparable aux techniques classiques. Pour rappel, l'intégration de plusieurs procédés durables au sein d'une bioraffinerie permet d'optimiser la valorisation selon le principe du « zéro déchet » et d'une économie circulaire.

¹ <https://bretagne-environnement.fr/notice-documentaire/schma-rional-biomasse-de-bretagne>

Technologies de conversion

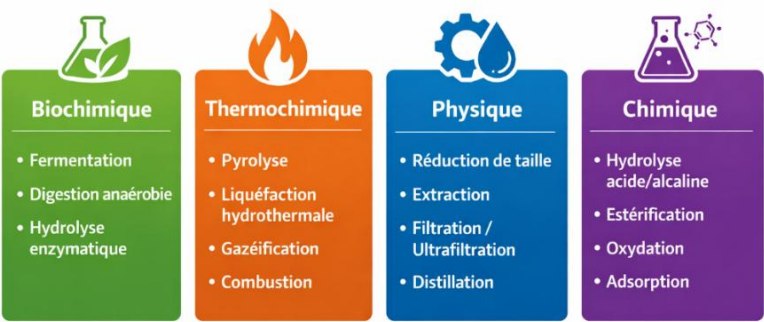


Figure 4 : Technologies de conversion de la matière dans un schéma de bioraffinerie – Inspiré de Bakar *et al.* (2024)

Depuis les années 1990, la chimie verte (ou chimie durable) a émergé comme une alternative respectueuse de l'environnement. Elle vise à concevoir des produits et des procédés chimiques qui réduisent, voire éliminent, l'utilisation ou la production de substances nocives. Le tableau ci-après compare les deux approches.

Paramètres	Procédés traditionnels	Procédés verts
Conditions générales de réaction	Traitement chimique, souvent à haute température et pression	Les réactions chimiques se déroulent généralement à température et pression ambiantes
Nature des réactifs	Réactifs, persistants ou toxiques. De nombreux solvants organiques ont des effets néfastes sur la santé	Les solvants verts sont inertes, recyclables et durables
Source d'énergie	Énergie élevée provenant généralement de combustibles fossiles	Réactions chimiques à faible consommation d'énergie
Catalyseurs	Les catalyseurs peuvent inclure des éléments du tableau périodique. Certains peuvent être toxiques. Certains procédés nécessitent une chaleur élevée ou des conditions de pression	Les micro-organismes et les enzymes servent de biocatalyseurs stables et économiques
Changements des ressources	Dégradation drastique. Conçu exclusivement pour la phase d'utilisation	La dégradation fait partie de la conception, « dégradation programmée » ou « instabilité déclenchée »
Création de fonctionnalité du produit	La fonctionnalité est créée par le nouveau matériau lui-même	La fonctionnalité est créée par la structure. Possibilité d'améliorer les bioactivités
Type de procédés	Linéaire	Circulaire
Approche de gestion	Traitement des déchets	Valorisation des déchets
Rentabilité	Production chimique maximale pour une rentabilité minimale	Production chimique maximale de matériaux bénins pour une rentabilité accrue

Tableau 1 - Comparaison des procédés traditionnels et écologiques – Venugopal *et al.* (2023)

Des exemples de bioraffineries

Bioraffineries de coproduits d'animaux marins

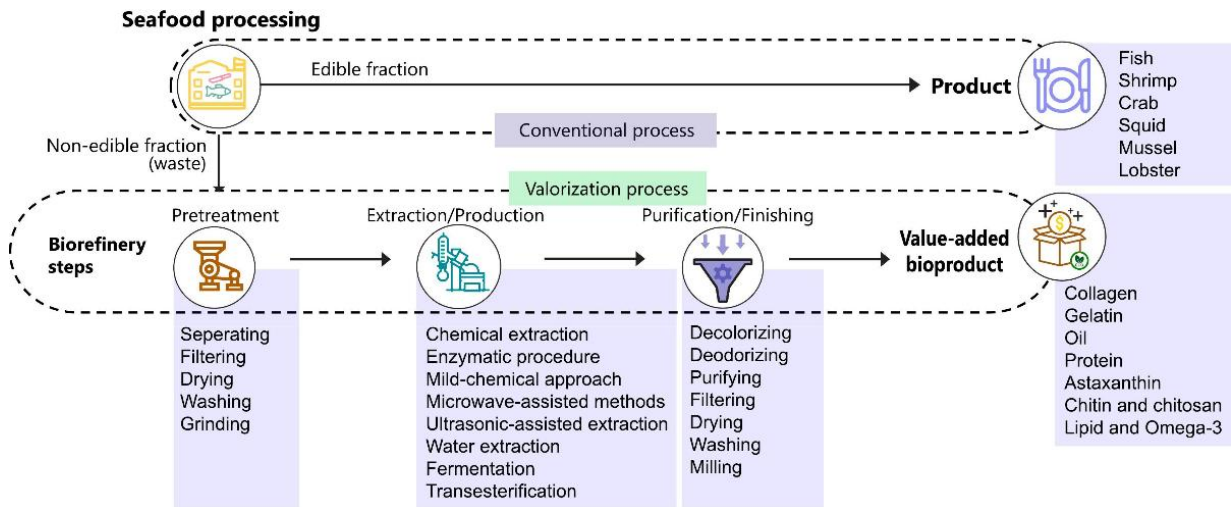


Schéma d'intégration d'une bioraffinerie de produits de la mer en tant que processus de valorisation dans une chaîne de transformation des produits de la mer. – Yuzoff M. A. *et al.* (2024)

Bioraffineries des coproduits de crustacés

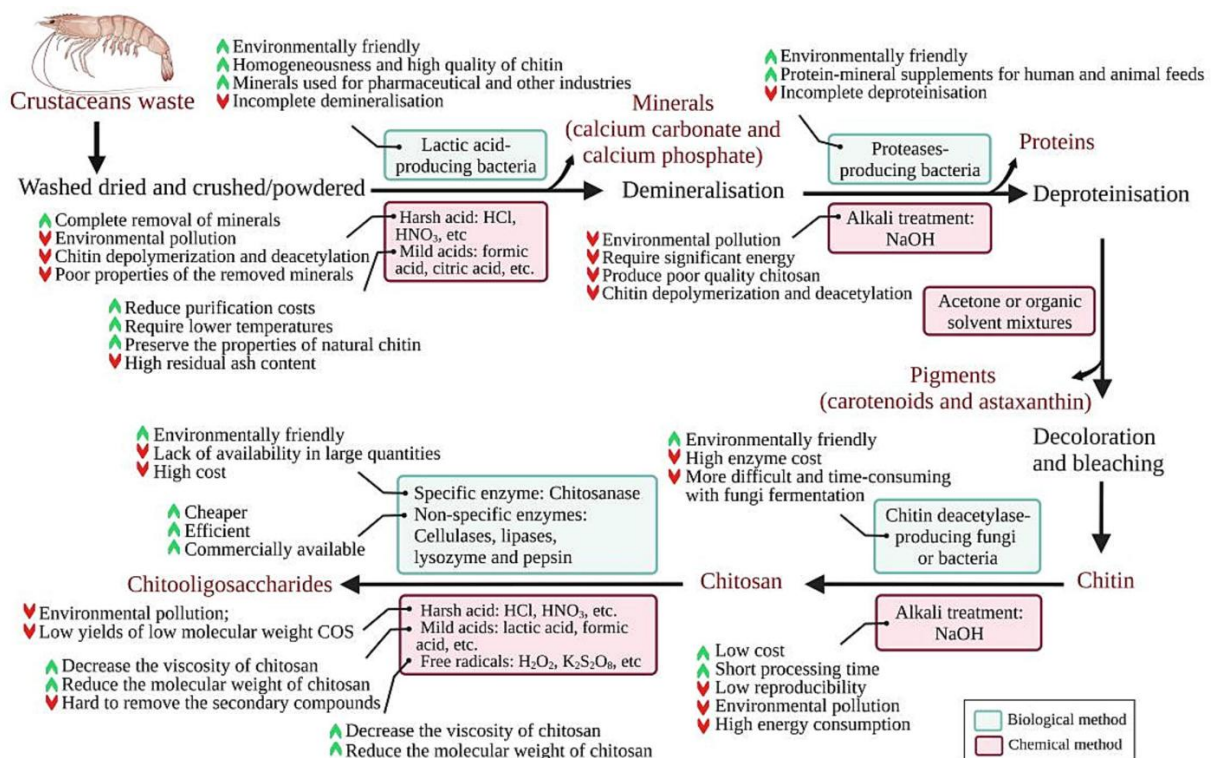


Figure 21 – Comparaison des procédés chimiques (en rose) et biologiques (en vert) de récupération de la chitine des sous-produits de crustacés. – Zhang Z. *et al.* (2024)

Bioraffineries des coproduits de macroalgues

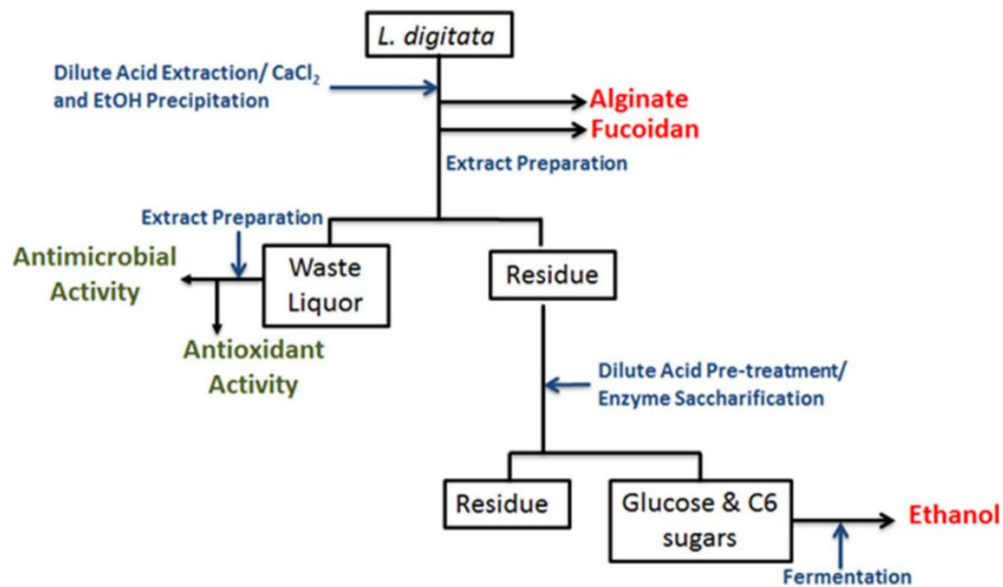


Schéma du procédé de bioraffinage développé pour *L. digitata* pour l'extraction de composés à valeur ajoutée en plus du bioéthanol et des flux de résidus à bioactivité potentielle – Kostas *et al.* (2017)

Bioraffineries des microalgues

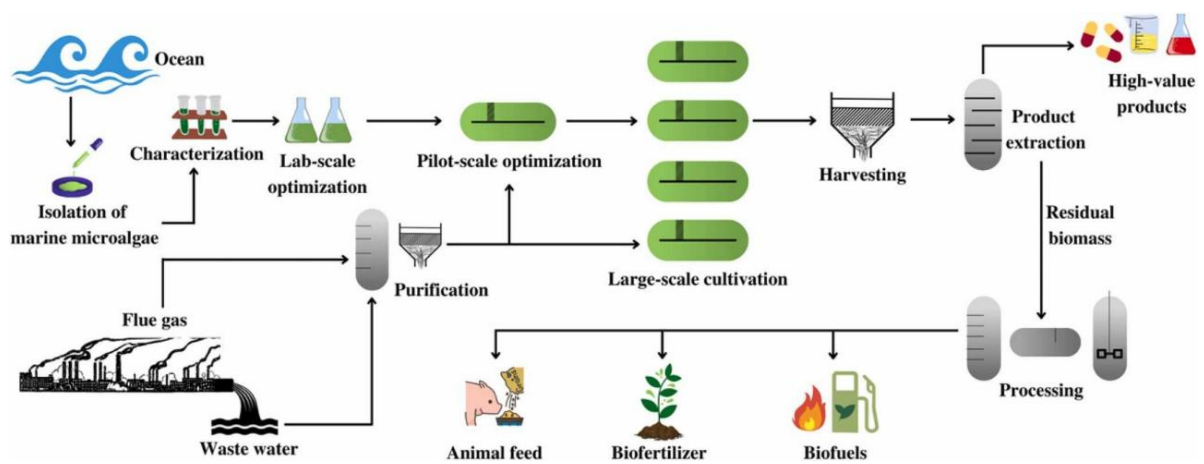


Figure 37 – Bioraffinerie optimisée de microalgues marines - Nishshanka *et al.* (2022)

Défis et perspectives

Malgré des années de recherche et des investissements croissants, la bioraffinerie marine peine encore à atteindre une industrialisation massive et compétitive. Ce retard s'explique par un certain nombre de défis à relever, d'ordres technique, économique, réglementaire, environnemental et socio-culturel.

En effet, ce sont des systèmes complexes à plusieurs étapes qui font appel à de nombreuses parties prenantes. Leur mise en œuvre requiert donc une expertise à tous les stades de la chaîne de valeur, ainsi qu'une vision claire de l'ensemble des matières premières, des résidus et des produits finis.

Les défis techniques

Les défis économiques

Les défis environnementaux et de durabilité

Les défis réglementaires et normatifs

Les défis socio-culturels et d'acceptabilité