

Bioraffinerie des biomasses marines par protéolyse enzymatique

Contexte et enjeux

La gestion et l'exploitation durable de la ressource alimentaire marine, dans le respect de la biodiversité, constitue un véritable enjeu planétaire et il est urgent d'accroître la mise en valeur de l'intégralité de la biomasse exploitée, tout en respectant l'environnement, afin de pérenniser la filière mer dans son ensemble. La bioraffinerie des co-produits (à tort considérés comme des déchets) et produits d'origine marine, aquacole ou halieutique doit satisfaire les nouvelles attentes sociétales particulièrement centrées sur des concepts de durabilité, notamment par rapport à la gestion de la ressource et à l'impact environnemental des filières de valorisation. Dans ce contexte il est nécessaire d'intensifier les travaux sur les procédés biotechnologiques alternatifs aux procédés classiques pour la bioraffinerie de la biomasse marine.

Au sein de l'Institut, la bioraffinerie de la biomasse issue de la filière agro-halieutique (pêche, aquaculture, transformation) en produits d'intérêts est, pour l'essentiel, étudiée au travers de l'hydrolyse enzymatique contrôlée.

IDmer s'est préférentiellement centré sur la protéolyse², c'est-à-dire la fragmentation des protéines en éléments de plus petites tailles à l'aide de protéases conduisant d'un côté à la solubilisation de peptides qui peuvent alors être extraits par filtration membranaire ou par séparation centrifuge et de l'autre côté à la concentration voire la purification de la partie solide restante non soluble (arête, coquille, carapace). La libération des lipides contenus dans la matrice solide initiale étudiée peut également être facilitée par l'action des enzymes. Ce procédé permet donc proposer de technologies « douces » (à faible utilisation de solvants et réactifs chimiques et à basse consommation énergétique) d'obtention de différents composés d'intérêts sans atteindre nécessairement des températures importantes pouvant entraîner la dénaturation de certains composés.

Cette approche permet donc de revisiter les pratiques d'extraction d'huiles et de concentration protéiques, mais autorise également la valorisation plus complète de peptides actifs, de pigments, de glucides ou de lipides d'intérêt, d'éléments aromatiques ou d'éléments inorganiques et leur utilisation dans différents domaines applicatifs (cf. Figure 1.).

Le besoin croissant à l'échelle de la planète en ressources naturelles, notamment alimentaires, apparaît à terme comme supérieur aux capacités des biomasses actuellement exploitées. Pour apporter des solutions à cette pénurie programmée, parmi les voies d'action, deux concernent directement l'Institut :

1. limiter les pertes liées à l'exploitation des ressources actuelles
2. élargir le champ des ressources exploitables.

¹ Une part non négligeable des captures marines ne trouvent pas de finalité en alimentation humaine. Les rejets (captures accessoires) représentent à eux seuls 8 millions de tonnes (soit près de 8% du volume des captures). Viennent ensuite les activités de transformation avec des rendements moyens de 0,5 (50% de filet et 50% de co-produits) puis les pertes occasionnées lors du stockage et de la distribution. Au final, selon les régions du monde et les pratiques, ce sont entre 30 et 50 % des captures qui sont perdues et ne peuvent trouver des finalités alimentaires (Global Food Losses and Food Wastes, F.A.O, 2011)

² Notre approche de la bioraffinerie ne se limite cependant pas à l'utilisation exclusive de protéases. Des travaux ont ainsi été initiés et visent à fragmenter les matrices algales par l'utilisation de polysaccharidases

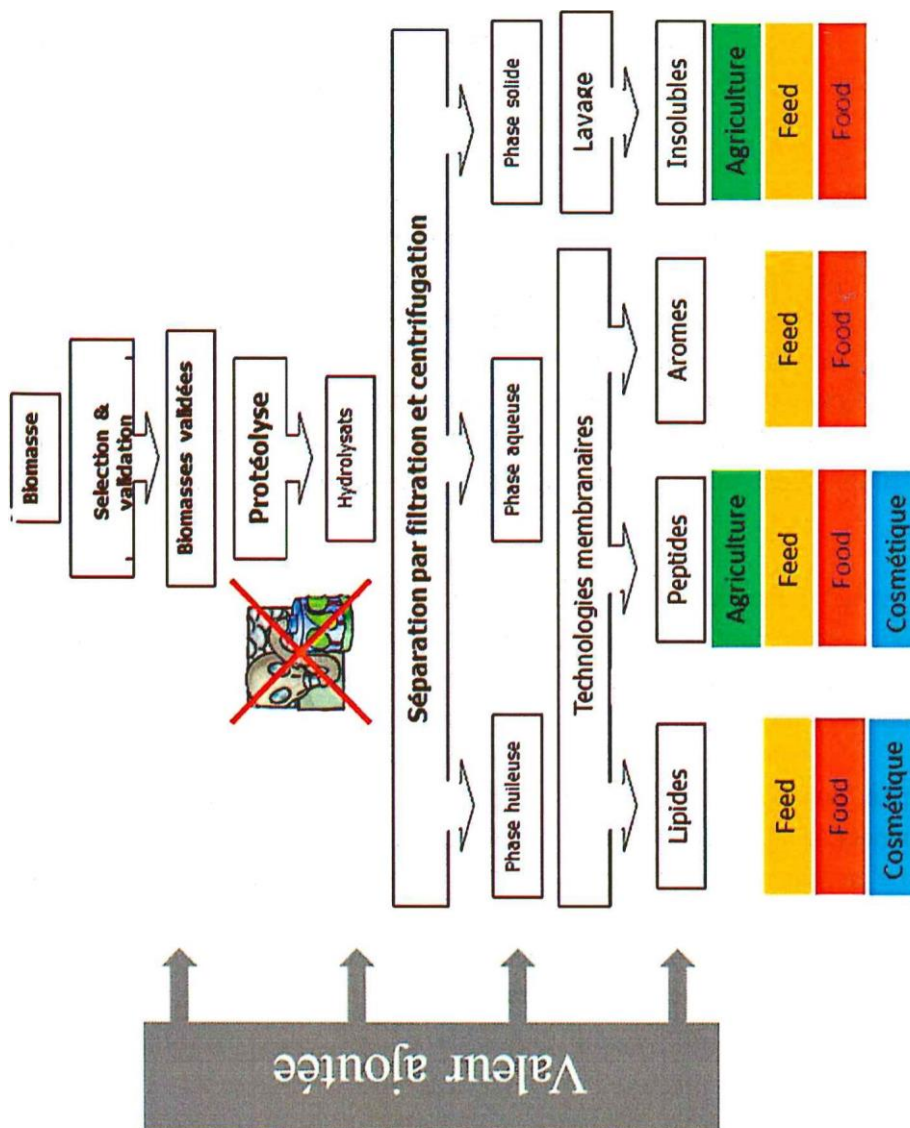


Figure 1 : schéma général de bioraffinerie à IDMer

Résidus de l'industrie de transformation : exemple des résidus de filetage de poisson

La plupart des espèces de poissons sont commercialisées en France en ayant au minimum subi une ou plusieurs transformations : -éviscération, - étêtage, - parage, - filetage, - pelage, ...Seule une partie du poisson entier finit ainsi sous forme de filets dans l'assiette du consommateur. En France il existe une filière de collecte et de valorisation de ces résidus (tête, arête, peau, viscères...) bien organisée ce qui fait qu'un très faible tonnage termine réellement sous le statut de déchets.

Depuis sa création IDMer collecte et valorise certains de ces résidus en utilisant la technique de l'hydrolyse enzymatique. Au cours du temps, l'Institut a perfectionné son savoir-faire en la matière en optimisant les étapes unitaires du procédé (broyage, hydrolyse, séparation, séchage) dans un but économique bien évidemment mais aussi pour permettre la co-valorisation et ainsi maximiser la valeur ajoutée pour ses clients.

Si chaque cas est particulier, certaines généralités peuvent toutefois être données à savoir que l'objectif va être de solubiliser au maximum les protéines pour les retrouver dans la phase soluble sous forme de

peptides. La séparation des phases est un des paramètres clés puisqu'il va moduler le degré de pureté des fractions obtenues.

Sur un poisson maigre, 2 voire 3 fractions vont pouvoir être valorisées en fonction des marchés visés, de la qualité des matières premières et des attentes du client (cf. Figure 2). Par exemple en partant d'arêtes de gadidés il va être possible avec notre procédé de récupérer une majeure partie des protéines initiales sous forme de peptides solubles d'une part et d'autre part d'obtenir des arêtes parfaitement nettoyées. Chacune de ces 2 fractions ont actuellement des applications dans les domaines de l'alimentation animale et la nutrition humaine notamment dans la nutraceutique. Dans certains cas, la fraction soluble peut faire l'objet de fractionnements sélectifs afin d'enlever les particules et de diviser par membrane en fonction de la taille des peptides. Cette étape assez coûteuse permet néanmoins de calibrer les lots et de cibler certains marchés à forte valeur ajoutée (complément alimentaire avec allégation d'activité biologique).

La très bonne connaissance des matières premières, la maîtrise des procédés d'hydrolyse et la capacité de ses outils font d'IDmer un interlocuteur de choix dans les actions de mise en valeur des résidus de poissons (mareyeur, conserveur...). Dans certains cas, il peut s'avérer pertinent de séparer à la source les sous-produits pour générer des produits particuliers avec des marchés très ciblés. C'est le cas par exemple des peaux de poissons qui à l'issue d'un traitement spécifique vont permettre l'obtention d'hydrolysats de collagène qui intéressent fortement l'industrie cosmétique.

3 Le volume de ces résidus de poissons peut être estimé à 150-200.000 tonnes par an résultant des activités de transformation des produits des pêcheries françaises mais aussi des produits d'importation notamment du saumon (Penven, Anaïs, Perez-Galvez, Raul, et Bergé, Jean-Pascal. By-products from fish processing: focus on French industry. Utilization of Fish Waste, 2013, vol. 1).

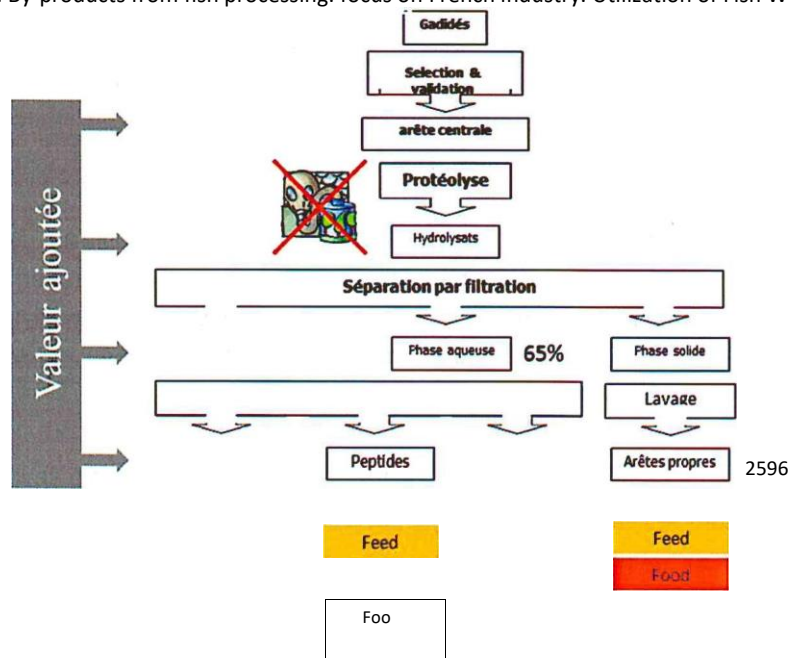


Figure 2: schéma de bioraffinerie d'un poisson maigre : exemple des arêtes centrales de gadidés

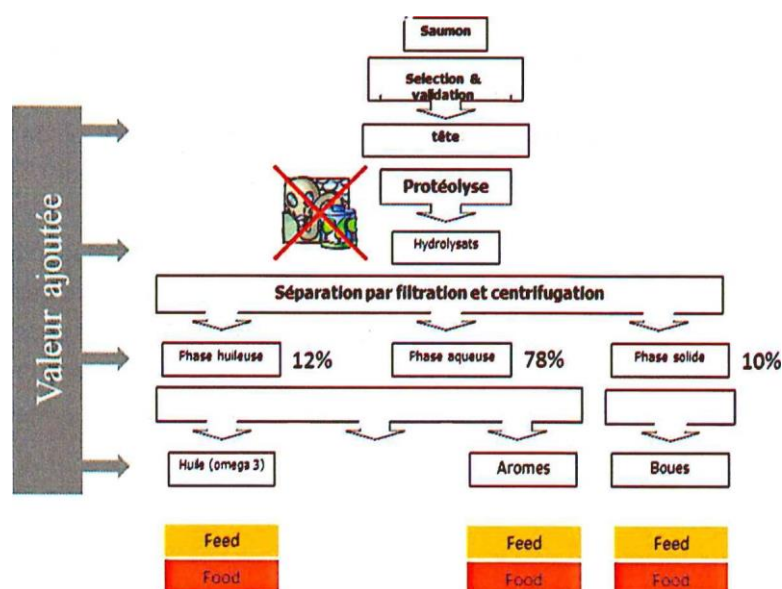


Figure 3: schéma de bioraffinerie d'un poisson gras : exemple des têtes de saumon

Biomasse disponible et valorisable : exemple de la crépidule

Parmi les espèces dites invasives, il en est une, la crépidule (*Crepidula fornicata*) qui retient l'intention depuis plusieurs années. Ce mollusque gastéropode d'environ 5 cm et originaire d'Amérique du Nord colonise en effet à ce jour la plupart des côtes bretonnes et normandes ainsi qu'une partie de la façade Atlantique (Tableau 1). Du fait d'un taux de reproduction élevé, sa capacité de colonisation est très importante aboutissant à des populations denses qui entrent alors en compétition avec les mollusques filtreurs cultivés ou sauvages.

Tableau 1: Gisement de crépidules estimé au niveau national

Gisement estimé (tonnes)

Zone géographique	250 000
Baie de Saint Brieuc	
Baie du Mont Saint Michel	150 000
Rade de Brest	127 000
Baie de Marennes d'Oléron	5 000
Baie d'Arcachon	155

L'effet le plus important de cette prolifération massive est l'homogénéisation des fonds avec une accumulation de coquilles (à 10 000/m²) et de biodépôts (matières organiques rejetées). Cela se traduit par une baisse de la biodiversité de la macrofaune. Enfin, les crépidules peuvent parfois occasionner de graves nuisances aux activités de pêche, conchylicoles et à la biodiversité avec comme conséquences : abandon de certaines zones de pêche, augmentation des activités de tri, diminution de la taille des espèces récoltées.

Pour endiguer cette colonisation et limiter les nuisances, des projets de collecte et valorisation ont été mis en place en Bretagne mais sans jamais atteindre la réussite technique et commerciale escomptée^{1•2}. A notre connaissance, tous les projets jusqu'à maintenant ont visé à une valorisation de la chair nécessitant une étape préalable de décorticage ou décoquillage³. En effet, comme la chair de la crépidule est comestible, il est tout à fait possible d'envisager sa valorisation sous l'angle de l'alimentation humaine et/ou animale. La difficulté réside néanmoins à le faire dans une gamme de prix acceptable par le marché ce qui n'a pas été le cas pour le « berlingot de mer », nom commercial récemment utilisé par la société S.L.P.

Pour limiter les coûts de production tout en maximisant la valeur des produits dérivés, IDmer se propose d'utiliser la technique de l'hydrolyse enzymatique afin de liquéfier la totalité de la chair et d'obtenir ainsi 2 fractions : une poudre de protéines hydrolysées et les résidus de coquille dépourvus de toute trace de matière organique. Compte tenu de la nature des matières premières il conviendra au préalable de bien les nettoyer (lavage « classique ») puis de les concasser (broyage léger) afin de permettre l'action des enzymes protéolytiques.

Cette stratégie de valorisation est également tout à fait pertinente pour les autres mollusques bivalves qui « ne trouvent pas preneur » comme par exemple les moules sous taille.

¹ Le projet AREVAL (Association pour la REcolte et la VALorisation des crépidules en Bretagne-nord), association portée par le comité départemental des pêches des Côtes d'Armor

² Slimper Limpet Processing (Cancale): entreprise développée pour le décorticage de chair de crépidules ; commercialisation à destination de la consommation humaine.

³ Par choc thermique sous pression (eau chaude, vapeur,...) ou par utilisation de hautes pressions

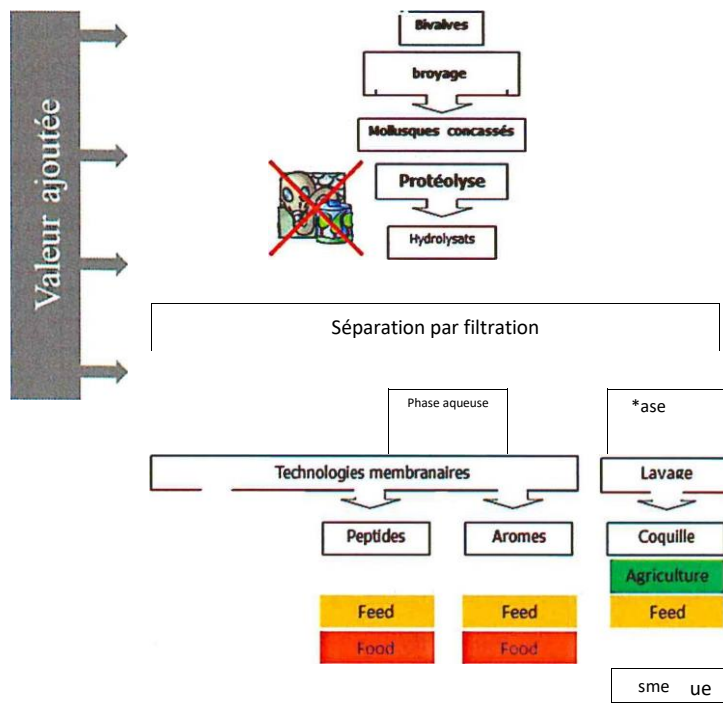


Figure 4: schéma de bioraffinerie d'un mollusque bivalve

Biomasse potentiellement disponible et valorisable : exemple des algues invasives

Depuis plusieurs années, des algues opportunistes prolifèrent et s'échouent sur les côtes françaises et particulièrement bretonnes en raison de l'eutrophisation croissante des eaux côtières. Ces échouages d'algues (vertes, brunes ou rouges) peuvent sur certaines zones être très abondants notamment en période estivale. Ce phénomène d'échouage massif, plus connu en Côtes d'Armor et Finistère, touche également les littoraux du sud de la Bretagne, de la Loire Atlantique et de la Vendée (cf.

Figure 5). Ils sont perçus comme une pollution et portent atteinte à l'image de la Bretagne en engendrant une pollution visuelle, olfactive et sanitaire⁴.

Pour pallier à ce problème d'échouages, certaines communes littorales mettent en place le ramassage⁵ de ces algues parfois à tort quand il s'agit de lasses de mer, indispensables à la préservation des dunes et élément clé de l'écologie et de la biodiversité terrestre et marine. De plus, ce ramassage s'accompagne trop souvent du retrait de grande quantité de sable entraînant une altération de la morphologie de la plage et de la côte rendant l'écosystème vulnérable à l'érosion.

Dans le monde les algues sont très largement utilisées pour de multiples usages : de l'alimentation humaine en tant que légume ou PAI, à la nutrition-santé, la fabrication de cosmétiques, ou encore pour la fabrication d'aliments pour animaux, mais aussi dans le domaine des engrais, de l'agrofourmiture et du traitement de l'eau. Il est donc logique de s'intéresser à ces échouages et de tenter de convertir ces nuisances en produits d'intérêt. Cependant, compte tenu de la législation française (liste positive d'algues agréées en alimentation humaine) et de la nature des collectes (algues en mélange avec du sable, algues partiellement décomposées...) il convient de réfléchir à une autre approche.

Cela fait maintenant près de 3 années qu'IDmer travaille sur la problématique des stocks de biomasse qui de par leur nature échappe aux circuits traditionnels de collecte et de valorisation. C'est le cas pour les gisements occasionnels tels que les échouages d'algues qui peuvent être massifs mais limités dans le temps. Pour ce faire, il convient d'aborder le problème avec une autre logique. Plutôt que de transporter la biomasse (ici en l'occurrence du sable des algues et beaucoup d'eau) à l'unité de traitement, pourquoi ne pas implanter temporairement le procédé de transformation au plus près de la ressource ? Les avantages d'une telle logique sont multiples : réduction drastique de la logistique, fraîcheur maximale, économie circulaire...L'institut a donc travaillé à la mise au point d'une unité compacte de traitement biotechnologique à même de

⁴ En 2009, la mort subite d'un cheval intoxiqué par l'hydrogène sulfuré (HS) produit par la décomposition des algues vertes, à Saint-Michel-en-Grève (22) a provoqué un « vent de panique » et la responsabilité de l'Etat a été mise en cause. Suite au contentieux entre l'Etat français et l'Union Européenne sur le sujet, un plan d'action a été mis en place en 2010 dans plusieurs bassins versants du Finistère et des Côtes d'Armor (8 baies particulièrement touchées) afin de lutter contre le développement des algues vertes sur le littoral et de prévenir les proliférations

⁵ En plus de leur impact environnemental non négligeable, ces collectes sont d'un coût souvent élevé pour les communes qui le pratiquent

transformer les biomasses (en l'occurrence ici les algues) en produits d'intérêt utilisables localement (en alimentation animale ou en fertilisants agricoles) (cf.

Figure 6). Afin de procéder au nettoyage sur place des algues tout en minimisant les quantités d'eau, une deuxième unité (déjà opérationnelle) est à prévoir en amont

Remarque : D'avril 2014 à octobre 2015, de manière quasi-continue, les Antilles françaises ont été victimes d'échouages massifs de sargasses, à l'origine de troubles sanitaires, de désordres économiques et environnementaux. En 2016, une mission sous mandat gouvernemental, a été conduite pour « formuler des recommandations opérationnelles afin d'organiser la filière de ramassage, stockage, traitement et de la valorisation des algues sargasses dans une perspective de gestion sur le long terme ». ⁶. Dans leurs conclusions les rapporteurs indiquent que « les seules possibilités de valorisation capables d'absorber de grandes quantités de sargasses sont des valorisations de type agricole, sous forme d'épandage sur les cultures ou surfaces en herbe et, selon les capacités en place, de compostage »

⁶ T. Florenne ; F. Guerber ; F. Colas-Belcour (Juillet 2016) Le phénomène d'échouage des sargasses dans les Antilles et en Guyane



Figure 5: Echouage de l'algue rouge *Solieria cordalis* en septembre 2015 sur la presqu'île de Rhuy (source Ouest France)

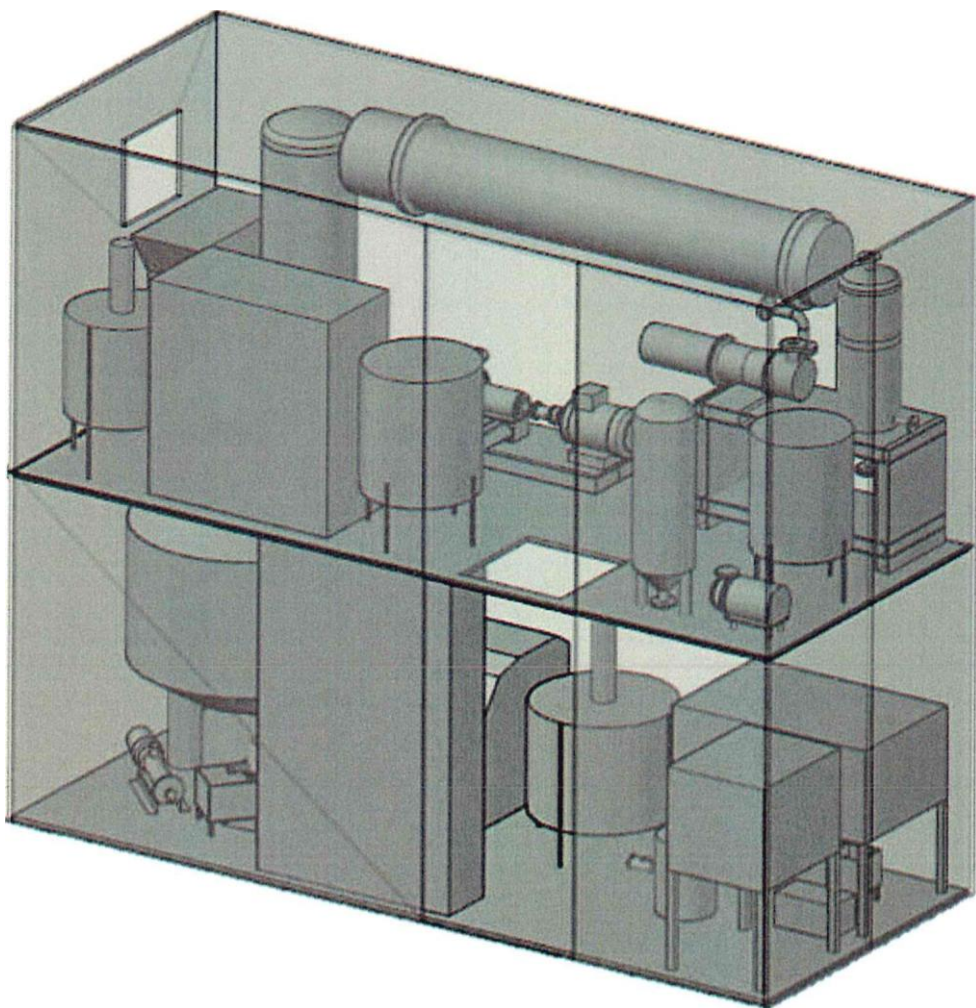


Figure 6:
Représentation de l'unité compacte mobile de bio-traitement