

# MÉMOIRE

## Consultation sur l'hydrogène vert et les bioénergies

### Positionnement des biotechnologies marines



## SOMMAIRE EXÉCUTIF

Les émissions de gaz à effet de serre proviennent de secteurs clés de notre économie tels que les transports et la production d'énergie, dont dépendent le développement et le bien-être des communautés. Il est primordial de poursuivre tant un objectif de réduction de certaines activités émettrices que de recherche de solutions alternatives pour réduire les émissions. Les bioénergies représentent de ce point de vue un ensemble d'opportunités, notamment à travers les solutions proposées par la filière des biotechnologies marines.

Des initiatives exploitant les fantastiques propriétés de bioressources marines dont les microalgues sont en développement et concernent la production de biocarburants et leur transformation par bioraffinage. Il est aussi reconnu que le marché des biocarburants d'algues se dirige vers une croissance appréciable au cours des prochaines années. D'ailleurs, différents projets d'innovation impliquant les microalgues sont en réalisation au Québec et à l'international et portent sur la biosynthèse de biocarburants.

Partout au Québec, actuellement, les initiatives en biotechnologies marines s'intensifient. Le défi est d'accélérer le développement de la filière des biotechnologies marines en assurant une approche intégrée à partir de l'exploitation durable des bioressources marines jusqu'aux usages par les entreprises dans différents marchés dont celui prioritaire des biocarburants.

Les recommandations suivantes sont soulevées en vue d'accélérer le développement de solutions portant sur la biosynthèse durable, fiable et renouvelable de biocarburants :

- Le maintien d'un plan de développement de la main-d'œuvre : Il est recommandé ici d'assurer et d'initier de nouveau des programmes ayant déjà démontré leur pertinence afin de favoriser la formation de haut niveau en milieu pratique de personnes provenant du milieu académique ainsi que l'accueil de diplômés actifs dans des projets de priorités ciblées autour des orientations économiques du Québec dont celles du développement des biocarburants.
- La croissance nécessaire de la recherche et de l'innovation soutenue par un plan d'action préconisant ce type de projets et leurs financement, afin de permettre entre autres de développer des applications en lien avec l'usage et le bioraffinage des bioressources marines microalgales et microbiennes pour la production de biocarburants et de produits à valeur ajoutée.
- Le développement et la continuité des initiatives favorisant d'une manière efficace et fluide les partenariats de recherche et d'innovation afin d'assurer une synergie dans le développement et l'usage des biotechnologies marines pour l'expansion du secteur des biocarburants.

Dans le cadre du défi d'autonomie et d'autosuffisance visé par le Québec, le développement économique ne peut se faire au détriment de la lutte aux changements climatiques. Ces recommandations soutiennent le développement des technologies vertes en tant que hautes priorités dans le cadre de la prospérité économique visée par le Québec.

**CONTRIBUTEURS :**

Marina Soubirou, Ph D.  
Coordonnatrice bioressources et biotechnologies marines  
Technopole maritime du Québec

Guy Viel, M Env. Ph D.  
Directeur général  
Centre de recherche sur les biotechnologies marines

21 janvier 2022

## 1. Introduction

Technopole maritime du Québec (TMQ) et le Centre de recherche sur les biotechnologies marines (CRBM) présentent conjointement ce mémoire dans le cadre de la consultation du gouvernement du Québec sur l'hydrogène vert et les bioénergies.

Ce mémoire comporte deux sections. Une première partie porte sur les biotechnologies marines et les solutions apportées par cette filière dans le contexte de la thématique de la consultation. Une deuxième partie du document présente les enjeux et les recommandations concernant la contribution des biotechnologies marines au développement de l'hydrogène vert et des bioénergies.

## 2. Mise en contexte

### Les biotechnologies marines au Québec

Les biotechnologies marines, dans l'économie bleue, sont les fers de lance de plusieurs grands pays partageant la même lecture que le Québec<sup>1,2,3,4</sup> pour leur importance dans l'économie. L'OCDE définit la biotechnologie comme étant l'application des principes scientifiques et de l'ingénierie à la transformation de matériaux par des agents biologiques pour produire des biens et des services. On parle de biotechnologie marine lorsque les ressources visées sont d'origine marine. Les biotechnologies marines possèdent un important potentiel de développement au sein du marché croissant de la bioéconomie. Alors que l'augmentation des dépenses en santé à travers le monde motive différents marchés, les cosmétiques, les nutraceutiques, les solutions environnementales, les produits agroalimentaires, l'aquaculture et les produits industriels font aussi croître le marché des biotechnologies marines<sup>5</sup>.

Une analyse révisée place la taille du marché mondial des biotechnologies marines à 5,4 milliards \$ US pour l'année 2027<sup>6</sup>. Étant donné que l'essor de l'économie circulaire en tant que modèle d'une nouvelle économie durable au XXI<sup>e</sup> siècle deviendra encore plus important dans l'ère post-COVID-19, le marché rebondira en phase avec l'amélioration du climat économique. À l'ère du développement durable, la biotechnologie marine volera la vedette car elle porte plusieurs éléments de réponses à diverses pratiques polluantes conventionnelles. Qu'il s'agisse de faire face à la menace des plastiques en utilisant des organismes marins pour produire des produits chimiques respectueux de l'environnement comme les biopolymères, *en développant l'énergie microbienne comme alternative respectueuse de l'environnement au pétrole brut et au gaz*, en développant des produits pharmaceutiques naturels et sûrs, la biotechnologie marine répond à plusieurs des questions les plus urgentes et les plus pressantes auxquelles nous sommes confrontés aujourd'hui.

Au Québec, on compte une quarantaine d'entreprises, de centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT), d'universités et un centre de recherche spécialisée valorisant les biomasses marines et les coproduits issus de la transformation de produits de la mer. Les organisations du secteur œuvrent ainsi dans de multiples domaines tels que l'agriculture, l'alimentation humaine et animale, les biocarburants, la chimie fine et industrielle, les cosmétiques ou encore le pharmaceutique. Grâce à la présence au Québec d'entreprises et d'organismes leaders dans le domaine, le secteur des biotechnologies et des bioressources marines du Québec est d'ores et déjà reconnu à l'échelle internationale.

<sup>1</sup> Avantage Saint-Laurent - la nouvelle vision maritime du Québec.

[https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role\\_ministere/vision-maritime/Pages/vision-maritime.aspx](https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/vision-maritime/Pages/vision-maritime.aspx) .

<sup>2</sup> [http://www.marinespecies.org/introduced/wiki/Marine\\_Biotechnology\\_international\\_summary](http://www.marinespecies.org/introduced/wiki/Marine_Biotechnology_international_summary)

<sup>3</sup> OECD, 2017. Marine Biotechnology: definitions, infrastructures, and directions for innovation.

<sup>4</sup> Rotter et al, 2021. The Essentials of Marine Biotechnology. Review article Front. Mar.Sci. 8: 1-53.

<sup>5</sup> Hurst, D.; Børresen, T.; Almesjö, L.; De Raedemaeker, F.; Bergseth, S. (2016). Marine biotechnology strategic research and innovation roadmap: Insights to the future direction of European marine biotechnology. Marine Biotechnology Strategic Research and Innovation RoadMap. 46 Pp.

<sup>6</sup> Global Marine Biotechnology Industry Summary, September 2020.

<https://www.reportlinker.com/p05817690/Global-Marine-Biotechnology-Industry.html>

## Gaz à effet de serre et changement climatique

Le système-terre est présentement en proie à de multiples changements d'ampleur du fait des activités humaines<sup>7</sup>, ceux-ci ayant des impacts non-linéaires et cumulatifs sur les communautés et les territoires. Appelés changements globaux, ces phénomènes comprennent notamment, sans s'y limiter, les changements climatiques. Depuis les années 1950, ces changements s'accroissent fortement sous l'effet de la croissance exponentielle de différents indicateurs socio-économiques tels que le nombre de véhicules motorisés, la population urbaine mondiale ou encore les investissements directs à l'étrangers<sup>8</sup>.

Un des visages les plus préoccupants des changements globaux est le réchauffement climatique. Selon les trajectoires actuellement suivies à l'échelle globale et en l'absence d'une réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'ici à 2060 la planète devrait enregistrer un réchauffement de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels<sup>9</sup>. A l'heure actuelle, « les activités humaines ont provoqué un réchauffement planétaire d'environ 1 °C au-dessus des niveaux préindustriels, avec une fourchette probable allant de 0,8 °C à 1,2 °C »<sup>10</sup>. Or, au-delà de 1,5 °C les conséquences seraient désastreuses avec un accroissement de la propagation de maladies et de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes mais aussi avec une raréfaction critique de certaines ressources naturelles indispensables telles que l'eau douce<sup>11</sup>.

Les émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines sont une des causes majeures de ce réchauffement et de ses conséquences. « Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, qui ont augmenté depuis l'époque préindustrielle en raison essentiellement de la croissance économique et démographique, sont actuellement plus élevées que jamais, ce qui a entraîné des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sans précédent depuis au moins 800 000 ans. Leurs effets, associés à ceux d'autres facteurs anthropiques, ont été détectés dans tout le système climatique et il est extrêmement probable qu'ils aient été la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle. [...] Il est extrêmement probable que plus de la moitié de l'augmentation observée de la température moyenne à la surface du globe entre 1951 et 2010 est due à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre d'origine anthropique et à d'autres forçages anthropiques conjugués »<sup>12</sup>.

Il est ainsi de la première importance de limiter nos émissions de gaz à effet de serre car « si elles se poursuivent, les émissions de gaz à effet de serre provoqueront un réchauffement supplémentaire et une modification durable de toutes les composantes du système climatique, ce qui augmentera la probabilité de conséquences graves, généralisées et irréversibles pour les populations et les écosystèmes. Pour limiter l'ampleur des changements climatiques, il faudrait réduire fortement et durablement les émissions de gaz à effet de serre, ce qui, avec l'adaptation, est susceptible de limiter les risques liés à ces changements »<sup>13</sup>.

---

<sup>7</sup> Steffen, W. et al. (2004). Executive Summary: Global Change and the Earth System. A Planet under Pressure. Stockholm, SE: IGBP Secretariat, Royal Swedish Academy of Sciences.

<sup>8</sup> Steffen, W. et al. (2015). « The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration », *The Anthropocene Review*, 2(1), p. 81-98.

<sup>9</sup> GIEC (2019). Réchauffement planétaire de 1,5 °C – Résumé à l'intention des décideurs. 32 p.

<sup>10</sup> GIEC (2019). Réchauffement planétaire de 1,5 °C – Résumé à l'intention des décideurs. 32 p.

<sup>11</sup> GIEC (2019). Réchauffement planétaire de 1,5 °C – Résumé à l'intention des décideurs. 32 p.

<sup>12</sup> GIEC (2014). Changements climatiques 2014, rapport de synthèse - Résumé à l'intention des décideurs. 33p.

<sup>13</sup> GIEC (2014). Changements climatiques 2014, rapport de synthèse - Résumé à l'intention des décideurs. 33p.

Ces émissions proviennent de secteurs clés de notre économie tels que les transports et la production d'énergie, dont dépendent au premier chef le développement et le bien-être des communautés. Il est ainsi primordial de poursuivre tant un objectif de réduction de certaines activités émettrices que de recherche de solutions alternatives pour la réduction des émissions. Les bioénergies représentent de ce point de vue un ensemble d'opportunités, notamment à travers les solutions proposées par la filière des biotechnologies marines.

### Solutions proposées par les biotechnologies marines

Les microorganismes marins et les microalgues ont, au cours de l'évolution, développé des stratégies adaptatives très variées. Des initiatives exploitant leurs fantastiques propriétés sont en développement dont celles concernant la production de biocarburants et leur transformation par bioraffinage<sup>14,15</sup>. Il est aussi reconnu que le marché des biocarburants d'algues se dirige vers une croissance appréciable au cours des prochaines années<sup>16</sup>.

**Le marché global des biocarburants à base d'algues atteindra 11,4 milliards de dollars d'ici 2027<sup>17</sup>.**

Au milieu de la crise de la COVID-19, le marché mondial des biocarburants à base d'algues, estimé à 6,8 milliards de dollars américains en 2020, devrait atteindre une taille révisée de 11,4 milliards de dollars américains d'ici 2027, avec un TCAC de 7,5% au cours de la période 2020-2027.

Les microalgues sont à la source du développement de divers procédés reliés au secteur de la bioénergie. D'une manière durable et fiable, il est possible de les reproduire à haute densité en milieu confiné. Différents projets d'innovation impliquant les microalgues sont en réalisation au Québec et à l'international et portent sur la biosynthèse de biocarburants. En voici des exemples :

- Biotransformation des coproduits générés par l'industrie de production de bioéthanol. Depuis plusieurs années, l'équipe du CRBM effectue des travaux de recherche et d'innovation visant l'usage par les microalgues des coproduits de distillerie des usines de production de bioéthanol de Greenfield Global, avec la contribution des experts de l'entreprise. Le projet est à l'étape de démonstration précommerciale pour une production d'algues à hautes densités pour des produits à valeur ajoutée.
- Biotransformation d'un coproduit de l'industrie laitière par les microalgues en biocarburant. Par la contribution des expertises d'Agropur, de Greenfield Global, du CRBM et de deux CCTT (Innofibre, Innovation maritime), ce projet préconise le développement, au CRBM, d'un procédé de production pour l'obtention d'un biocarburant répondant aux spécifications d'usage en navigation maritime. À termes, les volumes du coproduit laitier convertis en biocarburant pourraient permettre de remplacer près de 10% de la consommation annuelle québécoise de fioul lourd utilisée pour le transport maritime et ainsi contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction de GES fixés par l'OMI (International Maritime Organization)<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> Green Chem., 2011, 13, 1399.

<sup>15</sup> Bastien A., J.-M. Bergeron-Girard; S. Cartier, G. Viel, M. Benyagoub. Valorisation industrielle des microalgues, état de la situation en 2013. Le Biosourcé, no. 6. 68 pages.

<sup>16</sup> Algae 2020- Biofuel Markets and Commercialization Outlook, 2009.

<sup>17</sup> [www.Businesswire.com/news/home/20210310005389/en/Global-Algae-Biofuels-Market-Report-2021-Market-to-Reach-11.4-Billion-by-2027---U.S.-Market-is-Estimated-at-1.8-Billion-While-China-is-Forecast-to-Grow-at-11.4-CAGR---ResearchAndMarkets.com](https://www.businesswire.com/news/home/20210310005389/en/Global-Algae-Biofuels-Market-Report-2021-Market-to-Reach-11.4-Billion-by-2027---U.S.-Market-is-Estimated-at-1.8-Billion-While-China-is-Forecast-to-Grow-at-11.4-CAGR---ResearchAndMarkets.com)

<sup>18</sup> <https://cribiq.qc.ca/portefeuille-de-projets/biotransformation-d-un-coproduit-de-l-industrie-laitiere-par-les-microalgues-pour-la-production-d-un-biocarburant-destine-au-transport-maritime>

- La production d'hydrogène. La production de bio-hydrogène à partir de microalgues, y compris de cyanobactéries (algues bleu-vertes), attire la notoriété commerciale en raison de son potentiel en tant que source d'énergie alternative. Elle est ainsi considérée comme intéressante et prometteuse pour l'énergie propre. Il existe plusieurs évidences des progrès technologiques récents vers une production durable d'hydrogène à partir de microalgues<sup>19, 20</sup>.

### Défi et enjeux de la filière des biotechnologies marines

Partout au Québec, actuellement, les initiatives en biotechnologies marines s'intensifient<sup>21,22</sup>. Le défi est d'accélérer le développement de la filière des biotechnologies marines en assurant une approche intégrée à partir de l'exploitation durable des bioressources marines jusqu'aux usages par les entreprises dans différents types de marchés<sup>23</sup> dont celui prioritaire des biocarburants. Pour répondre à ce défi, les plus importants enjeux rencontrés sont les suivants :

L'industrie - une vision à long terme	Une vision à long terme a pour effet de favoriser le soutien à des projets de développement (aval) en incluant l'amélioration du développement de connaissances (amont). La recherche et l'innovation doivent être soutenus et menés de front et en coordination.
Le développement du marché et de l'offre	Le défi est d'accélérer le développement en assurant une approche complète, intégrée et durable. Le partenariat en réseau de plusieurs acteurs de la chaîne de valeur dont les acteurs de la recherche et de l'innovation, du secteur public et de l'entreprise privée est nécessaire pour atteindre cet objectif.
Les besoins de compétences et d'expertises	Saisir les opportunités en biotechnologie marine nécessite la participation d'acteurs formés dans des domaines spécifiques. Les chaînes d'activités démontrent la différence entre les études et les procédés à réaliser en fonction de la grande famille d'intrants marins. Ainsi, l'accès à du personnel spécifiquement qualifié pour les études et procédés doit être considéré lors de la poursuite d'une opportunité de marché.

<sup>19</sup> Khetkorn W et al., 2027. Microalgal hydrogen production – A review. *Bioresources technology*. 243 :1194-1206

<sup>20</sup> Wang et al., 2021. Microalgae: The future supply house of biohydrogen and biogas. *Front. Energy. Res.* 2021 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2021.660399/full>

<sup>21</sup> Grysole, J. 2019. The Marine Biotechnology Industry in Quebec: An Emerging Sector. *Industrial Biotechnology*, 15:3.

<sup>22</sup> Badri et al, 2019. Marine Biotechnology in Québec: Science and Innovation Highlights. *Industrial Biotechnology*, 15: 3.

<sup>23</sup> Consultation sur la nouvelle vision maritime du Québec inspirée du projet Saint-Laurent - Faire du Québec un leader dans le développement et la valorisation de la biomasse marine par la conception et la fabrication de produits à haute valeur ajoutée. Mémoire présenté par le groupe de travail du comité exécutif sur les biotechnologies marines à l'attention du Secrétariat à la Stratégie maritime; octobre 2019.



### 3. Recommandations

À cause du caractère émergent et de l'engouement mondial pour les biotechnologies marines dont celui des biocarburants, les enjeux soulevés s'inscrivent dans le contexte d'une filière de plus en plus compétitive, active et dynamique. Les recommandations suivantes sont soulevées afin de répondre à ces enjeux en vue d'accélérer le développement de solutions portant sur la biosynthèse durable, fiable et renouvelable de biocarburants :

- Le maintien d'un plan de développement de la main-d'œuvre : attrait, formation, rétention et croissance des emplois et initiatives de soutien à des nouveaux emplois dans ce domaine. Il est recommandé ici d'assurer et d'initier de nouveau des programmes ayant déjà démontré leur pertinence afin de favoriser la formation de haut niveau en milieu pratique de personnes provenant du milieu académique ainsi que l'accueil de diplômés actifs dans des projets de priorités ciblées autour des orientations économiques du Québec dont celles du développement des biocarburants.
- La croissance nécessaire de la recherche et de l'innovation soutenue par un plan d'action préconisant ce type de projets et leurs financement, afin de permettre entre autres de développer des applications en lien avec l'usage et le bioraffinage des bioressources marines microalgales et microbiennes pour la production de biocarburants et de produits à valeur ajoutée.
- Le développement et la continuité des initiatives favorisant d'une manière efficace et fluide les partenariats de recherche et d'innovation afin d'assurer une synergie dans le développement et l'usage des biotechnologies marines pour l'expansion du secteur des biocarburants.

Dans le cadre du défi d'autonomie et d'autosuffisance visé par le Québec, le développement économique ne peut se faire au détriment de la lutte aux changements climatiques. Ces recommandations soutiennent tout particulièrement le développement des technologies vertes en tant que hautes priorités dans le cadre de la prospérité économique visée par le Québec.