



MÉMOIRE DÉPOSÉ DANS LE CADRE DES CONSULTATIONS
PUBLIQUES ORGANISÉES PAR LA COMMISSION SUR LE
DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET URBAIN ET L'HABITATION

VERS UNE FEUILLE DE ROUTE MONTRÉLAISE EN ÉCONOMIE CIRCULAIRE



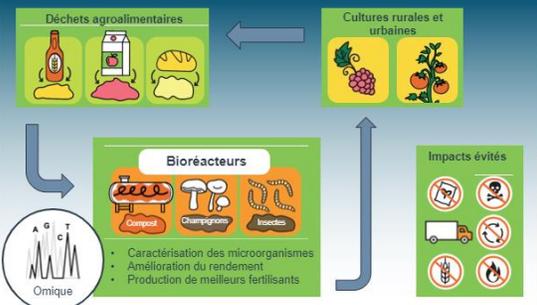
SOMMAIRE

La [Commission sur le développement économique et urbain et l'habitation](#) a lancé, le 16 février 2023, une consultation publique sur le projet de [Feuille de route montréalaise en économie circulaire](#). À titre d'acteur de l'écosystème d'affaires montréalais et de pilier de la bioéconomie, Génome Québec est fier de déposer le présent mémoire, afin de pouvoir contribuer au développement social et durable de la métropole.

La génomique, l'étude de l'ADN des organismes vivants, s'avère une approche des plus pertinentes pour propulser la roue de l'économie circulaire. En étudiant les microorganismes responsables de la décomposition et de la transformation des matières résiduelles, la génomique permet de générer de nouveaux produits au potentiel économique élevé, tels que des biocarburants, des fertilisants organiques pour les sols, des biopolymères ou des produits nutritionnels à valeur ajoutée.

Information sous embargo

Omics to Close the Loop | Utilisation de la génomique pour valoriser les déchets agroalimentaires locaux afin de réduire l'empreinte carbone



La génomique au service de l'économie circulaire pour une agriculture urbaine durable



Enjeux

- 41 % de la nourriture au Québec est perdue ou gaspillée
- La gestion des déchets alimentaires est inefficace, génère beaucoup de CO₂, et engendre des pertes financières importantes (50 \$ milliard par an au Canada)
- Les solutions existantes pour le compostage opèrent de façon inefficace puisqu'on ne comprend pas comment les microorganismes présents fonctionnent ou interagissent

Solutions

- ✓ Développement d'outils génomiques pour surveiller et optimiser le fonctionnement des bioréacteurs
- ✓ Génération de fertilisants commercialisables et sécuritaires pour les fermes urbaines ou rurales
- ✓ Partage de protocoles et meilleures pratiques pour éviter le gaspillage à chaque étape de la boucle

Avantages

- Approche évolutive de valorisation des déchets alimentaires adaptable aux centres urbains à travers le Canada
- Solutions inspirées de la nature où le gaspillage n'existe pas
- Réduction significative des émissions de gaz à effet de serre et transformation des déchets pour les ramener dans la chaîne alimentaire



Joan Laur, Université de Montréal
Louise Hénault-Ethier, INRS

[L'annexe 1](#) présente différents projets de recherche financés par Génome Québec au cours des dernières années en économie circulaire.

À propos de Génome Québec

Génome Québec est un organisme privé, à but non lucratif, fondé en 2000. Sa mission consiste à catalyser le développement et l'excellence de la recherche en génomique, son intégration et sa démocratisation. Chez Génome Québec, nous sommes persuadés que la génomique constitue un puissant facteur d'attraction de talents, d'entrepreneurs, de chercheurs et chercheuses et d'investissements. Notre modèle d'affaires, basé sur l'effet de levier du dollar public, est unique.

Que ce soit par le biais d'initiatives de cofinancement, par la mise en relation de partenaires académiques et industriels, ou par le développement d'activités de sensibilisation sur la génomique et son rôle en économie circulaire, Génome Québec souhaite se positionner comme partenaire de la métropole dans la mise en œuvre de sa Feuille de route en économie circulaire.

Génome Québec – Mémoire- Consultations publiques Commission sur le développement économique et urbain et l'habitation - Avril 2023

1

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	1
1. Mise en contexte.....	3
2. La génomique, une technologie de rupture	3
3. Génome Québec : notre mission	4
4. Génome Québec, un partenaire de choix pour propulser l'innovation en économie circulaire	5
CONCLUSION	7
Annexe 1. Quelques exemples de projets de recherche en génomique et en économie circulaire	8
Annexe 2. Un peu plus d'informations à propos de Génome Québec	11

1. Mise en contexte

Le 16 février 2023, la [Commission sur le développement économique et urbain et l'habitation](#) a lancé une consultation publique sur le projet de [Feuille de route montréalaise en économie circulaire](#). Ce document présente les orientations et priorités stratégiques retenues par la Ville de Montréal pour atteindre ses objectifs de transition écologique. Par cette démarche, l'administration souhaite faire émerger des pistes de solution pour accompagner, voire accélérer, la circularité de l'économie métropolitaine¹.

L'économie circulaire vise à réduire l'utilisation des ressources naturelles ainsi que son impact sur l'environnement. Avec un indice de circularité de 3,5 %, l'économie du Québec se situe bien en dessous de la moyenne mondiale (8,6 %) et de la cible de 17 % qui permettrait de limiter sous la barre des 2 degrés le réchauffement climatique². Il faut faire mieux.

Acteur de l'écosystème d'affaires montréalais, Génome Québec est fier de contribuer au développement social et durable du Québec en soutenant l'innovation en agriculture, foresterie, environnement et santé. C'est donc à titre de pilier de la bioéconomie du Québec que nous présentons ce mémoire à la commission. Dans une perspective d'économie circulaire et de développement durable, l'écosystème québécois de la bioéconomie offre certainement un potentiel riche et diversifié pour développer des solutions durables à des enjeux environnementaux, économiques et sociaux du 21^e siècle³.

2. La génomique, une technologie de rupture

La génomique est une discipline de la biologie moderne qui permet **d'étudier l'ensemble du matériel génétique d'un organisme vivant, qu'il s'agisse d'un humain, d'une plante, d'un animal ou d'un microorganisme**. Le **matériel génétique est contenu dans les gènes sous forme d'ADN**. C'est le **code de la vie** qui contient toute l'information permettant le développement, le fonctionnement, le maintien et la reproduction des organismes vivants.

La technologie nous permettant de lire l'ADN s'appelle le séquençage. Dans les dernières années, les coûts ont drastiquement chuté, rendant la technologie de plus en plus accessible⁴.

¹ Ville de Montréal (2023) [Vers une feuille de route montréalaise en économie circulaire](#), site Web consulté le 27 mars 2023.

² Idem

³ [Faits saillants du Forum Innovation sur la Bioéconomie au Québec](#), organisé par le Consortium de recherche et d'innovation en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ) du 20 juin au 6 juillet 2022. Site Web consulté le 4 avril 2023.

⁴ La cartographie du génome humain a coûté environ 3 milliards de dollars au début du 21^e siècle. Grâce aux séquenceurs de nouvelle génération de plus en plus performants, le coût s'élève aujourd'hui à quelques centaines de dollars et pourrait même passer sous la barre des 100 \$ d'ici quelques années. En 2013, le McKinsey Global Institute a d'ailleurs identifié la génomique comme l'une des 12 technologies ayant le potentiel de révolutionner l'économie mondiale, au même titre que la connectivité sans fil, les véhicules autonomes et l'Internet des objets (McKinsey Global Institute (2013) [Disruptive technologies: Advances that will transform life, business and the global economy](#)).

La génomique favorise le développement de systèmes d'économie circulaire puisqu'en étudiant l'ADN, le code de la vie, elle permet de caractériser la structure et les fonctions des organismes vivants qui contribuent à éliminer les déchets et la pollution, maintenir les produits et les matériaux en usage et régénérer les systèmes naturels. Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'économie circulaire repose sur ces trois principes clés⁵.

En 2020, le McKinsey Global Institute prédisait que jusqu'à 60 % des intrants physiques de l'économie mondiale pourraient potentiellement être produits biologiquement. Environ un tiers de ces intrants sont des matériaux biologiques (bois ou animaux élevés pour l'alimentation) et les deux tiers restants sont non biologiques (plastiques ou carburants), mais pourraient tout de même être produits ou remplacés par la biologie⁶.

3. Génome Québec : notre mission

Génome Québec est un organisme privé, à but non lucratif, fondé en 2000. **Sa mission consiste à catalyser le développement et l'excellence de la recherche en génomique, son intégration et sa démocratisation.** Au sein de l'organisme, l'équipe des affaires scientifiques assure la coordination des initiatives de financement, le suivi des projets financés ainsi que la concertation entre les principaux acteurs de l'écosystème.

Depuis sa création, plus d'un milliard de dollars, ont été investis par le biais de Génome Québec pour financer la recherche en génomique au Québec, dont près de 450 millions de dollars provenaient du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie. En étroite collaboration avec des partenaires comme Génome Canada, ou de manière autonome, Génome Québec lance des concours et administre des programmes de financement sur des thèmes stratégiques pour le développement socioéconomique du Québec. Notre portefeuille compte plus d'une centaine de projets actifs en santé humaine, agriculture, foresterie et environnement.

Figure 1. Financement des projets de recherche en génomique pour chaque secteur socioéconomique



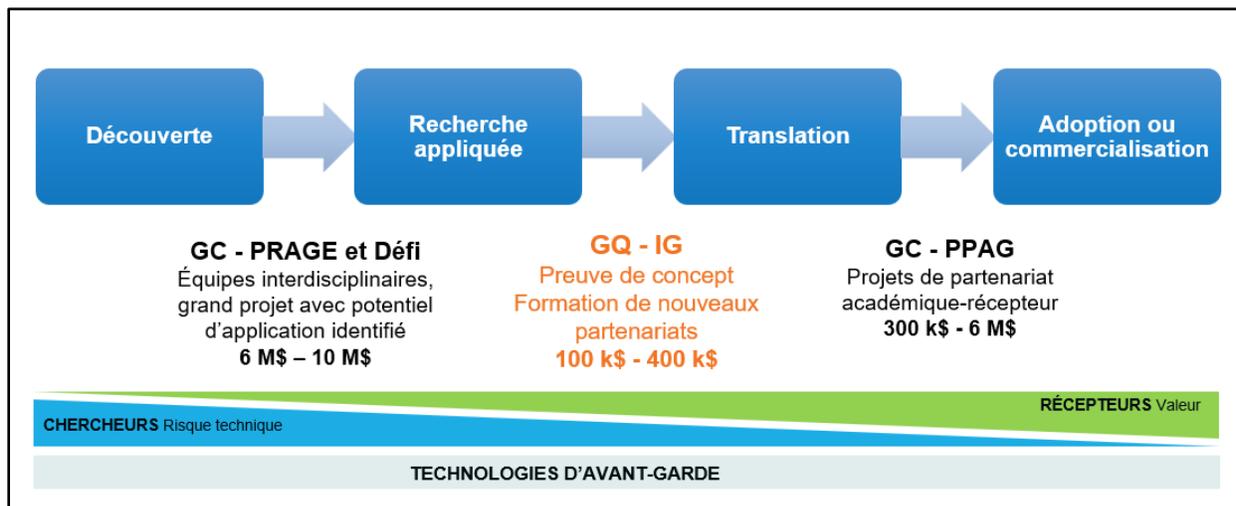
⁵ OCDE (2022) [Vers une stratégie d'économie circulaire à Montréal : comment accélérer la transition?](#).

⁶ McKinsey Global Institute (2020) [The Bio Revolution: Innovations transforming economies, societies, and our lives.](#)

Notre modèle d'affaires, basé sur l'effet de levier du dollar public, est unique. Chez Génome Québec, nous sommes persuadés que la génomique constitue un puissant facteur d'attraction de talents, d'entrepreneuriat, de recherche, et d'investissements.

L'appui financier de Génome Québec intervient à différentes étapes du cycle de l'innovation. La figure suivante présente les programmes disponibles en partenariat public-privé.

Figure 2. Programmes de financement disponibles en fonction du cycle de l'innovation



4. Génome Québec, un partenaire de choix pour propulser l'innovation en économie circulaire

De façon plus spécifique, la génomique s'avère une approche des plus pertinentes pour aider la Ville de Montréal à atteindre ses ambitieux objectifs environnementaux : réduire le gaspillage alimentaire dans le secteur public de 50 % d'ici 2025, être une ville zéro déchet d'ici 2030 et devenir carboneutre d'ici 2050⁷.

[L'annexe 1](#) présente différents exemples de projets de recherche financés par Génome Québec au cours des dernières années en économie circulaire. Ces projets ont été réalisés en étroite collaboration avec des parties prenantes des milieux municipaux, agricoles et forestiers; des secteurs pour lesquels la valorisation des matières résiduelles permet de générer des produits au potentiel économique élevé.

⁷ Montréal circulaire. [Évaluation de référence](#) (2022). Site Web consulté le 11 avril 2023.

En étudiant les microorganismes responsables de la décomposition et de la transformation des matières résiduelles, la génomique permet de⁸⁹ :

- Convertir les résidus organiques en biocarburants;
- Améliorer l'efficacité du compostage des matières organiques;
- Valoriser les déchets agro-industriels en produits à valeur ajoutée;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment celles reliées au transport et au traitement des matières résiduelles;
- Améliorer les capacités de dégradation du plastique des colonies de microbes;
- Éviter l'utilisation de produits chimiques polluants comme les pesticides pour les remplacer par des procédés biologiques plus verts.

Génome Québec souhaite offrir sa collaboration, afin d'aider la Ville de Montréal et ses partenaires à atteindre les objectifs fixés pour les orientations 1 et 2 du cadre stratégique de consultation, et plus particulièrement en ce qui a trait **au soutien de projets structurants facilitant l'innovation, l'expérimentation et la commercialisation de solutions circulaires dans le secteur bioalimentaire¹⁰.**

La collaboration de Génome Québec peut prendre différentes formes, dont notamment :

- **Le cofinancement d'initiatives visant à développer des solutions innovantes en économie circulaire;**
- **La mise en relation de partenaires académiques et industriels pour soutenir l'émergence de synergies circulaires;**
- **Le développement et l'animation d'activités de sensibilisation sur la génomique et son rôle en économie circulaire.**

⁸ Palanivel, H., Abda, E.M., Shah, S., Prabhu, S. V., Jayakumar, M., Karmegam, N., Kim, W., Govarthanam, M. (2023) Multi-faceted CRISPR-Cas9 strategy to reduce plant based food loss and waste for sustainable bio-economy – A review, Journal of Environmental Management, Volume 332, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117382>.

⁹ Circular bio-based Europe (2023) [Transforming urban waste into new bio-based products](#). Site Web consulté le 18 avril 2023.

¹⁰ Ville de Montréal (2023) [Vers une feuille de route montréalaise en économie circulaire](#), site Web consulté le 27 mars 2023.

CONCLUSION

Le développement durable de notre société moderne passera inévitablement par la recherche et l'innovation. Technologie de rupture reconnue pour son rôle révolutionnaire, la génomique constitue sans contredit un outil essentiel, au même titre que l'intelligence artificielle, pour aider notre société à accélérer son virage vers une économie circulaire.

Génome Québec est un organisme dont le modèle d'affaires est unique à plusieurs égards, tant du point de vue de l'effet de levier du dollar du Québec qu'au niveau de son expertise multisectorielle et multidisciplinaire. Génome Québec souhaite offrir sa collaboration à la Ville de Montréal, afin de développer des approches innovantes permettant d'éliminer les déchets et la pollution, maintenir les produits et les matériaux en usage et régénérer les systèmes naturels.

Que ce soit par le biais d'initiatives de cofinancement, par la mise en relation de partenaires académiques et industriels ou par le développement d'activités de sensibilisation sur la génomique et son rôle en économie circulaire, Génome Québec souhaite se positionner comme partenaire de la métropole dans la mise en œuvre de sa Feuille de route en économie circulaire.

En terminant, Génome Québec souhaite souligner tout le travail accompli à ce jour par la Ville de Montréal pour chiffrer, documenter, cartographier, concerter et consulter les parties prenantes commerciales, industrielles et institutionnelles de la métropole. Celles-ci constituent les acteurs de l'économie circulaire urbaine de demain.

Annexe 1. Quelques exemples de projets de recherche en génomique et en économie circulaire

Information sous embargo

GÉNOME QUÉBEC, UN PILIER DE LA BIO-INNOVATION • MARS 2023

Omics to Close the Loop | Utilisation de la génomique pour valoriser les déchets agroalimentaires locaux afin de réduire l'empreinte carbone

- Caractérisation des microorganismes
- Amélioration du rendement
- Production de meilleurs fertilisants

Enjeux

- 41 % de la nourriture au Québec est perdue ou gaspillée
- La gestion des déchets alimentaires est inefficace, génère beaucoup de CO₂, et engendre des pertes financières importantes (50 \$ milliard par an au Canada)
- Les solutions existantes pour le compostage opèrent de façon inefficace puisqu'on ne comprend pas comment les microorganismes présents fonctionnent ou interagissent

Solutions

- ✓ Développement d'outils génomiques pour surveiller et optimiser le fonctionnement des bioréacteurs
- ✓ Génération de fertilisants commercialisables et sécuritaires pour les fermes urbaines ou rurales
- ✓ Partage de protocoles et meilleures pratiques pour éviter le gaspillage à chaque étape de la boucle

Avantages

- Approche évolutive de valorisation des déchets alimentaires adaptable aux centres urbains à travers le Canada
- Solutions inspirées de la nature où le gaspillage n'existe pas
- Réduction significative des émissions de gaz à effet de serre et transformation des déchets pour les ramener dans la chaîne alimentaire

La génomique au service de l'économie circulaire pour une agriculture urbaine durable

Joan Laur, Université de Montréal
Louise Hénault-Ethier, INRS

UN VECTEUR DU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET DURABLE POUR LE QUÉBEC

Open Plastic | Utilisation de la génomique pour optimiser une plateforme microbienne de décomposition et valorisation des déchets plastiques

Enjeux

- Au Canada seulement, 29 000 tonnes de plastique se retrouvent dans l'environnement et les océans tous les ans
- Le plastique tue des milliers d'animaux marins chaque année et l'océan contient 1 kg de plastique pour tous les 5 kg de poissons
- Seulement 9 % du plastique est recyclé et malgré l'impact environnemental, la production continue d'augmenter

Solutions

- ✓ Innovations économiquement viables pour récupérer la valeur des déchets plastiques par le recyclage biochimique qui a un impact environnemental réduit comparé aux solutions actuelles
- ✓ Études génomiques pour découvrir et optimiser des enzymes microbiennes qui dégradent le plastique
- ✓ Développement de stratégies sectorielles ciblées pour diriger les utilisateurs vers des solutions sans déchets plastiques

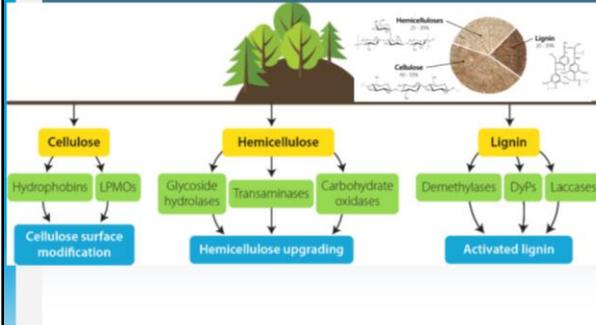
Bénéfices

- Au Canada, détourner 90 % du plastique vers le recyclage plutôt que les sites de décharge permettrait d'économiser 500 M\$ par an, créer plus de 40 000 nouveaux emplois à travers de nouvelles industries, et éviter l'émission de 1,8 million de tonnes équivalentes de CO₂ par an

Exploiter la puissance de la génomique pour décomposer les plastiques en composants recyclables

Laurence Yang, Queen's University
Jesse Greener, Université Laval
Karine Auclair, McGill

SYNBIOMICS: Génomique fonctionnelle et modèles techno-économiques pour une synthèse de biopolymères avancée



Enjeux

- Importance du secteur forestier Canadien pour l'économie (1,2 % du PIB)
- Développement durable de l'économie forestière -> Hausse de la demande en matériaux
- Compétition venant de l'internationale -> Nécessité de diversification du secteur (qualité des produits)
- Utilisation d'enzymes pour valoriser les fractions lignocellulosiques (vs dégradation)

Solutions

- ✓ Base de données caractérisant des protéines pour l'amélioration des biopolymères issus de ressources forestières (adhésifs, revêtements, etc.)
- ✓ Validation de biopolymère à valeur ajoutée pour les utilisateurs
- ✓ Aider les PME du secteur forestier à croître (\$) et diversification)
- ✓ Réduire la dépendance aux hydrocarbures (chimie verte)

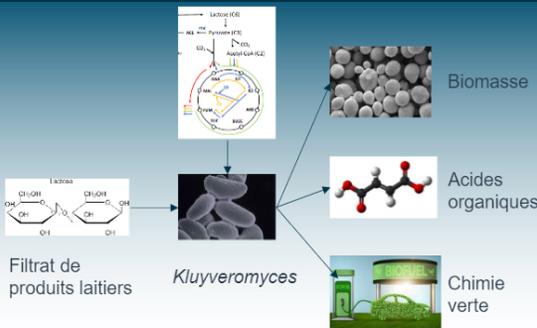


Valorisation des ressources forestières en bioproduits d'importance



Ontario Genomics
Emma Master, UofT
Adrian Tsang, Concordia

Mise au point d'un bioprocédé pour la valorisation du lactose



Enjeux

- Le filtrat provenant de la production de fromage et de lait est riche en lactose
- Le lactose est le maillon faible de l'industrie laitière :
 - Prix de vente faible et volatil
 - Usage limité (nutrition animale)
 - Polluant lorsque déversé directement dans l'environnement

Solutions

- ✓ Biologie synthétique et ingénierie métabolique
- ✓ Développement d'une souche de levure capable de croître dans le filtrat riche en lactose
 - Production de biomasse
- ✓ Introduction de voies métaboliques ciblées
 - Production d'acide fumarique
 - Autres molécules d'intérêt possible à terme
- ✓ Mise à l'échelle du bioprocédé



Souche de levure capable de transformer le lactose en acide fumarique



Vincent Martin
UNIVERSITÉ Concordia

PERFORM | Polyculture Environmental Resilience using FOrestry and biofood Rhizosphere Microbiota



La résilience environnementale par la polyculture

Frédéric Pitre, Université de Montréal



Enjeux

- L'agriculture en serre et l'agriculture urbaine sont des modèles cibles essentiels pour la production alimentaire et la sécurité alimentaire future du Québec
- Les sites terrestres contaminés ne peuvent pas être utilisés efficacement pour l'agriculture

Solutions

- ✓ Des plantes de culture dégagent des molécules phytochimiques dans les racines pour soutenir des fonctions telles que l'acquisition de nutriments et la tolérance au stress
- ✓ Ces molécules peuvent avoir des effets positifs sur les communautés microbiennes du sol qui forment des nodules dans les racines et améliorent la productivité des plantes de culture, lorsque cultivées en polyculture
- ✓ La caractérisation de ces communautés microbiennes par la génomique aidera au développement des outils et des pratiques de durabilité environnementales qui auront un impact sur la bioremédiation du sol et dans la production alimentaire urbaine en contribuant à une économie circulaire à faibles émissions de carbone

OptiFly | Une plateforme pour optimiser la capacité reproductive et la bioconversion des déchets alimentaires chez la mouche soldat noire à l'aide d'un outil génomique d'assignation de parenté



Les mouches soldats noires pour revaloriser les déchets alimentaires



Enjeux

- 170 millions de tonnes de denrées alimentaires sont perdues et gaspillées au Canada chaque année
- Moins de 25 % des matières organiques générées par l'industrie agroalimentaire sont recyclées; le reste est enfoui

Solutions

- ✓ Les mouches soldats noires se nourrissent de déchets organiques de l'industrie agroalimentaire
- ✓ Un outil de sélection génomique permettra d'optimiser la capacité reproductive de l'insecte
- ✓ Par un processus de sélection génétique, les entreprises pourront produire des souches de mouches plus performantes dans la valorisation des déchets organiques et de transformation de ces déchets en protéines entomologiques
- ✓ Ces protéines pourront ensuite être valorisées en alimentation d'animaux destinés à l'alimentation humaine

Annexe 2. Un peu plus d'informations à propos de Génome Québec

Affaires scientifiques

Chez Génome Québec, le Département des affaires scientifique est responsable de la conception de programmes de financement et assure le suivi des projets financés par le biais de différents concours.

Notre approche d'accompagnement des équipes de recherche favorise la collaboration avec les milieux récepteurs, qu'ils soient publics ou privés. L'accompagnement offert couvre toutes les étapes de réalisation des projets, de l'élaboration jusqu'à l'évaluation des retombées socioéconomiques.

Figure 3. Mandat du Département des affaires scientifiques



Éducation, communication et engagement social

Outre ses activités de financement de la recherche, Génome Québec met en œuvre des activités éducatives et des initiatives de communication, afin de contribuer à la démocratisation des connaissances scientifiques auprès de différents publics de 7 à 117 ans.

Notre [plateforme éducation](#) propose des activités clés en main gratuites aux écoles secondaires du Québec, élaborées avec des membres du personnel enseignant et des conseillers pédagogiques, afin de répondre à leurs besoins ainsi qu'aux exigences du programme Science et technologie du ministère de l'Éducation du Québec. De plus, tous les contenus et activités ont été développés avec le soutien d'équipes scientifiques.

Figure 4. Les activités de l'équipe du Développement stratégique et affaires publiques



Plateformes de services technologiques

Génome Québec opère des plateformes de services technologiques. Situé au CHU Sainte-Justine, le [Centre d'expertise et de services Génome Québec](#) est le plus grand fournisseur intégré de services de séquençage, de génotypage et de biopuces au Canada.

Ce centre dessert un millier de clients annuellement, provenant du Québec, du Canada et de l'international, et génère des revenus annuels de l'ordre de 17 millions de dollars.

Figure 5. Technologies disponibles au Centre d'expertise et de services Génome Québec



Plateformes de services technologiques

- Extraction d'ADN et ARN à partir de nombreux tissus
- Séquençage de nouvelle génération (NovaSeq, MiSeq, NextSeq, PacBio Sequel II, NovaSeq X Plus)
- Génotypage sur puce couvrant le génome (Illumina et Affymetrix) ou ciblé (Agena et Taqman)
- Analyse de méthylation sur puce ou par séquençage
- Analyse de variants structuraux (Bionano Saphyr)
- Séquençage Sanger
- Bio-informatique

 **Genome Québec**

Programmes de financement

Génome Québec administre, seul ou en collaboration avec d'autres organismes, différents programmes de financement de la recherche en génomique. La figure suivante présente les thèmes retenus pour les concours lancés avec Génome Canada.

Pour tous les programmes administrés, le financement est octroyé aux équipes de recherche académiques (et non aux entreprises privées partenaires du projet). La figure suivante présente les sommes investies pour supporter la recherche en génomique dans les grandes universités du Québec.

Figure 6. Financement de la génomique en cours au sein des universités québécoises depuis 2012

