

Compte-rendu de l'atelier de mobilisation des partenaires organisé dans le cadre de la programmation *Écosystèmes et Biodiversité* d'Ouranos sur le thème

**« Génétique et changements climatiques : »**

***Vers des pistes de recherche pour la conservation et l'adaptation de la biodiversité »***

Cet atelier d'une journée s'est tenu dans les locaux du MDDELCC (Édifice Marie-Guyart) à Québec, le 22 février 2018. Il a rassemblé une quarantaine de [participants](#) incluant des experts gouvernementaux et des chercheurs avec des spécialités très diverses.

Cet atelier est l'aboutissement d'un chantier de réflexion sur la génétique et les changements climatiques puisque cette thématique avait été identifiée comme un enjeu émergent à aborder dans le cadre de la programmation [Écosystèmes et biodiversité 2014-2019](#) d'Ouranos. Un sous-comité du Comité de programme *Écosystèmes et biodiversité* a donc été créé à cette fin et a élaboré le [programme](#) de l'atelier, avec l'aide d'experts du Centre de la science de la biodiversité du Québec (CSBQ).

## Objectifs

L'objectif de cet atelier était de mobiliser la communauté scientifique et d'engager un dialogue pour identifier des pistes de recherche en génétique pour la conservation et l'adaptation de la biodiversité, en:

- Présentant l'état des connaissances en génétique/génomique et les recherches entreprises pour répondre aux défis des changements climatiques, que ce soit en termes d'impacts, de vulnérabilités ou d'adaptation ;
- Dressant une « cartographie » des acteurs de la recherche et développement (R et D) en génétique au Québec, autant ceux qui produisent les connaissances (chercheurs, programmes de recherche) que ceux qui les appliquent (p. ex. ministères, laboratoires) ;
- Identifiant des sujets et/ou des pistes de recherche pour lesquels Ouranos peut contribuer significativement afin de répondre aux besoins de ses partenaires en adaptation aux changements climatiques.

## État des connaissances

Afin de bien comprendre les différents enjeux reliés à la génétique, neuf conférenciers aux spécialités diversifiées et travaillant autant dans les milieux universitaire que gouvernemental ont été invités à venir partager leurs travaux de recherche et leurs expériences dans ce domaine. Ainsi, tous les participants ont pu être informés des avancées très rapides réalisées en génétique et en génomique dans les dernières années. Ces présentations sont disponibles sur la [page web de l'événement](#).

Parmi celles-ci, il a été démontré que la recherche de l'ADN dans l'environnement (**l'ADN environnemental, ADN<sub>e</sub>**) est de plus en plus utilisée comme méthode d'échantillonnage, mais que les incertitudes liées à l'interprétation des résultats et au temps de résidence dans l'environnement sont encore méconnues. Par exemple, cette technique est utilisée pour le suivi de la biodiversité et la gestion de certaines populations aquatiques comme le saumon atlantique et la carpe asiatique. **L'holobiome** (la

communauté microbienne ainsi que son hôte) semble également être une avenue prometteuse pouvant mener à des applications très concrètes, incluant possiblement l'adaptation aux changements climatiques. En foresterie, il a été mentionné que la **sélection de nouvelles sources de semences** (provenances) mieux adaptées que les provenances locales pourraient permettre d'assurer un bon rendement forestier en climat futur. Enfin, avec la présentation de Génome Québec, les participants ont pu constater les possibilités offertes par la génomique à travers la gamme de projets financés au Canada et au Québec, et comment ces financements sont accessibles aux chercheurs. Les capacités et les avancées de la **bio-informatique** ont également été discutées.

Avec les questions soulevées suite à ces présentations, les participants ont pu constater que certaines avenues en R et D sont encore peu connues. À cet égard, des actions à mettre en place rapidement ont été suggérées pour faciliter l'échange d'informations en génétique et en génomique et pour acquérir une meilleure connaissance de ces sciences en évolution rapide. Les discussions ont aussi cherché à mieux comprendre comment ces sciences peuvent être appliquées pour nous aider à progresser dans d'autres domaines, p. ex. en adaptation aux changements climatiques.

Pour réduire le fossé entre la génomique, les enjeux de conservation et la recherche fondamentale, on recommande par exemple :

- Que les chercheurs en génomique communiquent davantage leurs recherches aux praticiens.
- Que la différence entre génétique et génomique<sup>1</sup> ne soit pas perçue comme une barrière, mais plutôt comme une opportunité pour aborder des questions plus précises.
- Qu'il y ait un engagement plus important du milieu académique dans la génomique de la conservation.
- D'identifier les outils génomiques les plus appropriés et pertinents pour la conservation de la biodiversité.

## Vers où doit-on aller ?

Suite aux présentations dressant l'état des connaissances, des discussions ont eu lieu en petits groupes. Ces groupes devaient répondre à trois questions portant sur les besoins (le QUOI), les partenaires clés (le QUI) et la mobilisation des expertises (le COMMENT). Les tableaux suivants compilent les réponses et les points soulevés lors de ces discussions en groupes<sup>2</sup>.

### Le QUOI

**Question 1.** *Quels sont les besoins actuels et/ou les lacunes à combler en génétique/génomique pour renforcer la conservation de la biodiversité et l'adaptation aux changements climatiques ? Pour chacun d'eux, identifiez des sujets (ou idées de projets) qui vous apparaissent les plus pertinents pour soutenir les actions de nos partenaires dans ces domaines.*

<sup>1</sup> La génétique est l'étude des gènes. La génomique est l'étude du/des génome(s).

<sup>2</sup> À noter que les énoncés de ces tableaux sont reproduits le plus fidèlement possible comme ils ont été mentionnés durant l'atelier afin d'éviter de mauvaises interprétations ou des reformulations divergentes.



| Élément de réponse ou de discussion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | GROUPE 1 | GROUPE 2 | GROUPE 3 | GROUPE 4 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Lacune :</b> Les gens (gouvernement, foresterie) n'ont pas de mandat pour conserver la biodiversité (espèces, génétique). Pour les arbres, cela se fait un peu plus parce que c'est important pour le maintien de la ressource. Manque d'infrastructures, d'engagement à long terme de la part des gouvernements dans la conservation de la biodiversité. |          |          |          | X        |
| <b>Besoin d'approches holistiques (écosystémiques) intégrant plusieurs niveaux d'information. Les écosystèmes ne sont pas des compartiments fermés et il faut considérer plusieurs niveaux taxonomiques, pas seulement une espèce.</b>                                                                                                                       | X        |          | X        |          |
| <b>Besoin</b> d'intégrer les différentes connaissances de la biologie (p. ex. intégration du microbiome à l'agriculture et la foresterie). Mais tout cela est moins important dans la conservation de la biodiversité.                                                                                                                                       |          |          |          | X        |
| <b>Besoin</b> d'identifier les principaux écosystèmes et/ou espèces vulnérables au niveau génétique (ceux qui ont peu de variabilité génétique). On a besoin de connaissance de base sur la diversité génétique présente.                                                                                                                                    |          |          |          | X        |
| <b>Besoin</b> de s'attarder sur des espèces clés des écosystèmes.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |          | X        |          |
| <b>Besoin de conserver une diversité génétique associée à des fonctions (services) écosystémiques plutôt qu'une diversité génétique associée à une espèce.</b>                                                                                                                                                                                               | X        | X        |          |          |
| <b>Besoin</b> de se poser les bonnes questions. La question de l'adaptation aux changements climatiques n'est pas vraiment posée, et donc pas vraiment financée.                                                                                                                                                                                             |          | X        |          |          |
| <b>Besoin</b> de tenir compte de la provenance (génétique) d'un individu lors de reboisements (arbres) ou d'ensemencement (poissons).                                                                                                                                                                                                                        |          |          |          | X        |
| <b>Besoin</b> de mettre en place un réseau disponible aux praticiens pour comprendre les différentes options auxquelles ils peuvent avoir accès, et qui offre à ceux-ci des solutions concrètes aux besoins.                                                                                                                                                 |          | X        |          |          |
| <b>Besoin</b> de programmes ou d'ateliers de formation en bio-informatique.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |          | X        |          |
| <b>Besoin</b> de plus de cours de biodiversité de base en foresterie ainsi que de formation en bio-informatique au niveau du baccalauréat.                                                                                                                                                                                                                   |          |          | X        |          |
| <b>Besoin</b> d'une meilleure compréhension des concepts clés et des problématiques (ex : génétique n'est pas l'équivalent de génomique)                                                                                                                                                                                                                     |          |          |          | X        |
| <b>Besoin</b> pour les experts en biodiversité d'avoir le réflexe d'aller chercher des réponses au niveau génétique.                                                                                                                                                                                                                                         |          |          | X        |          |
| <b>Besoin de clarifier comment utiliser les outils qui existent déjà pour les utiliser efficacement (p. ex. l'ADN environnemental).</b>                                                                                                                                                                                                                      |          | X        | X        |          |
| <b>Besoin</b> de caractériser la variabilité spatiale associée à la diversité génétique des espèces modèles utilisées en laboratoire.                                                                                                                                                                                                                        |          |          | X        |          |
| <b>Besoin</b> de caractériser la variabilité génétique des espèces non commerciales (p. ex. essences forestières non commerciales, invertébrés). Il manque du budget pour les espèces qui ne sont pas d'intérêt commercial.                                                                                                                                  |          |          | X        | X        |
| <b>Besoin</b> de mettre les ressources en commun et faire des récoltes/échantillonnages collectifs.                                                                                                                                                                                                                                                          |          |          | X        |          |
| <b>Idée de projet :</b> Caractériser la diversité génétique d'espèces parapluies pour mieux protéger celle des autres espèces.                                                                                                                                                                                                                               | X        |          |          |          |
| <b>Idée de projet :</b> Séquencer nos espèces emblématiques (pour mobiliser le public/communauté).                                                                                                                                                                                                                                                           |          |          |          | X        |
| <b>Idée de projet :</b> Utiliser la métagénomique pour identifier des groupements d'espèces (p.ex. les communautés d'invertébrés aquatiques).                                                                                                                                                                                                                | X        |          |          |          |
| <b>Idée de projet :</b> projets multi-organismes                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |          | X        |          |
| <b>Idée de projet :</b> expériences de transplantation de plusieurs espèces afin de mesurer leur plasticité et adaptation dans un cadre écosystémique.                                                                                                                                                                                                       |          |          | X        |          |
| <b>Idée de projet :</b> création d'un portail qui pourrait accueillir les données pour la diversité génétique au Québec.                                                                                                                                                                                                                                     |          |          | X        |          |

## Le QUI

**Question 2.** Quels sont les partenaires avec qui Ouranos devrait s'associer pour initier et soutenir efficacement la Ret D permettant de combler ces besoins et réaliser ces projets ?

| Élément de réponse ou de discussion                                                                                                                                                                                                    | GROUPE 1 | GROUPE 2 | GROUPE 3 | GROUPE 4 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Le QUI dépend, au cas par cas, (i) des besoins et/ou lacunes et (ii) des idées de projets qui y sont associés.                                                                                                                         | X        |          |          |          |
| NOUS (les participants à l'atelier)                                                                                                                                                                                                    |          | X        |          |          |
| <b>Partenaires (regroupements) universitaires</b>                                                                                                                                                                                      | <b>X</b> | <b>X</b> |          | <b>X</b> |
| CSBQ (beaucoup d'expertise au niveau génétique au Québec)                                                                                                                                                                              |          |          |          | X        |
| <b>Partenaires gouvernementaux</b>                                                                                                                                                                                                     |          | <b>X</b> |          | <b>X</b> |
| <b>Partenaires privés</b>                                                                                                                                                                                                              |          | <b>X</b> |          | <b>X</b> |
| Le public en général (p. ex. les écoles)                                                                                                                                                                                               |          | X        |          |          |
| Communicateurs scientifiques pour conscientiser la population au maintien de la diversité génétique                                                                                                                                    |          |          |          | X        |
| ONG locales (p. ex : canards illimités pour échantillonnage + savoir local)                                                                                                                                                            |          |          |          | X        |
| Philanthropes                                                                                                                                                                                                                          |          |          |          | X        |
| Partenaires autochtones                                                                                                                                                                                                                | X        |          |          |          |
| Organismes de cofinancement (p. ex. Mitacs)                                                                                                                                                                                            | X        |          |          |          |
| Équipes pluridisciplinaires                                                                                                                                                                                                            | X        |          |          |          |
| Banques de graines (semences)                                                                                                                                                                                                          |          | X        |          |          |
| Génome Canada                                                                                                                                                                                                                          |          | X        |          |          |
| <b>Génome Québec</b>                                                                                                                                                                                                                   |          | <b>X</b> | <b>X</b> | <b>X</b> |
| Calcul Canada                                                                                                                                                                                                                          |          | X        |          |          |
| Calcul Québec                                                                                                                                                                                                                          |          | X        |          |          |
| FQRNT                                                                                                                                                                                                                                  |          |          | X        |          |
| S'associer à des projets déjà existants (ne pas réinventer la roue). Beaucoup de projets en biodiversité et changements climatiques, dont plusieurs accumulent des échantillons depuis des années, pourraient s'ouvrir à la génétique. | X        |          |          |          |
| Il faut aller chercher l'expertise des gens sur les méthodes en génétique plutôt que les experts en taxonomie.                                                                                                                         | X        |          |          |          |
| Quel est le rôle de Ouranos ? Modélisation du climat, adaptation (10 thèmes: un de ceux-là porte sur la biodiversité).                                                                                                                 |          |          |          | X        |
| Rajouter quelqu'un en génomique dans le programme Éco-Bio d'Ouranos (plus précisément quelqu'un en génétique de population/évolution)                                                                                                  |          |          |          | X        |

## Le COMMENT

**Question 3.** Comment mobiliser l'expertise nécessaire autour de ces projets et quelles sont les stratégies pour y arriver ? P.ex. identifiez les possibilités d'arrimages, initiatives en génétique/génomique, programmes de recherche, financements disponibles.

| Élément de réponse ou de discussion                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | GROUPE 1 | GROUPE 2 | GROUPE 3 | GROUPE 4 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Ouranos pourrait guider les chercheurs vers des partenaires qui ont l'expertise en génétique/génomique. Inviter des experts en génétique/génomique dans les comités de programmes d'Ouranos.                                                                                                                                                      | X        |          |          |          |
| Ouranos devrait prendre le lead au niveau de la recherche sans forcément attendre le gouvernement. Peut-être qu'Ouranos pourrait prendre le lead pour aider à financer la description des certaines espèces afin de comprendre les mécanismes d'adaptation (p. ex. ADNe, les espèces d'arbres pour lesquelles on n'a toujours pas d'information). |          | X        |          |          |
| Il faut amener des écologistes vers les projets en génomique, et vice-versa.                                                                                                                                                                                                                                                                      | X        |          |          |          |
| <b>Mobiliser le public. Transférer les connaissances. Besoin de communication et d'éducation pour démystifier l'importance de la diversité génétique. C'est par la pression du public sur les ministères que l'on risque d'avoir un changement.</b>                                                                                               |          | X        | X        |          |
| Un des meilleurs moyens d'étudier l'adaptation, c'est la génomique. C'est une manière de convaincre.                                                                                                                                                                                                                                              |          | X        |          |          |
| Si on conserve la diversité des habitats et la diversité génétique, on conserve la capacité d'adaptation des espèces.                                                                                                                                                                                                                             |          | X        |          |          |
| Ouranos pourrait chapeauter les milieux académiques et les ministères et centraliser l'information. Ces derniers étant sous des juridictions séparées, il est difficile de trouver une personne clé pour la diversité génétique.                                                                                                                  |          |          | X        |          |
| Les regroupements du FRQNT pourraient être mis à contribution et créer un <i>momentum</i> sur l'importance de la diversité génétique et les changements climatiques. Par exemple, il pourrait y avoir un congrès/rencontre /atelier annuel sur le sujet.                                                                                          |          |          | X        |          |
| Il faudrait que l'importance de la diversité génétique pour les études de changement climatique soit une stratégie prioritaire tant pour Génome Québec que pour les ministères.                                                                                                                                                                   |          |          | X        |          |
| Génome Québec pourrait offrir du financement sur des projets à plus petits budgets pour favoriser l'investissement d'un plus grand nombre de projets plutôt que quelques méga projets sur un petit nombre d'espèces. Cela favoriserait l'amélioration des connaissances sur un plus grand nombre d'espèces.                                       |          |          | X        |          |
| Mettre l'emphasis sur des espèces "non-vedettes" (pas commerciales, pas utilisées en reboisement).                                                                                                                                                                                                                                                |          |          |          | X        |
| Associations (partenaires) spécialistes écosystémiques, écologies et spécialistes génétiques pour la faune et la flore: migration assistée (faunique).                                                                                                                                                                                            |          |          |          | X        |
| Espèces invasives?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |          |          | X        |
| Gros projet Barcode of life (pour le Québec).                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |          |          | X        |
| Échantillonner plus d'individus est mieux que plus d'info génétique pour chaque individu.                                                                                                                                                                                                                                                         |          |          |          | X        |
| Herbiers (génotypage)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |          |          | X        |

## Conclusions

### Faits saillants des discussions

Afin de faire ressortir les éléments les plus abordés par les participants, nous reprenons ici ceux qui ont été mentionnés par au moins 2 des 4 groupes de discussion dans leurs rapports en session plénière. Pour une liste exhaustive de tous les points discutés, le lecteur pourra se référer aux tableaux précédents.

**En ce qui concerne le QUOI**, les participants ont identifié plus fortement le besoin :

- D'approches holistiques (écosystémiques) intégrant plusieurs niveaux d'information :
  - Les écosystèmes ne sont pas des compartiments fermés et il faut considérer plusieurs niveaux taxonomiques, pas seulement l'espèce.
- De conserver une diversité génétique associée à des fonctions (services) écosystémiques plutôt qu'une diversité génétique associée à une espèce.
- De clarifier comment utiliser efficacement les outils existants (p. ex. l'ADN environnemental).
- De caractériser la variabilité génétique des espèces non commerciales (p. ex. essences forestières non commerciales, invertébrés) :
  - Il manque du financement pour faire des études sur les espèces qui ne sont pas d'intérêt commercial.

**En ce qui concerne le QUI**, les participants ont identifié plus fortement les partenaires suivants comme essentiels pour collaborer sur les enjeux génétiques :

- Partenaires (regroupements) universitaires
- Partenaires gouvernementaux
- Partenaires privés
- Génome Québec

**En ce qui concerne le COMMENT**, les participants ont identifié plus fortement les actions suivantes :

- Transférer les connaissances.
- Communiquer et éduquer pour démystifier l'importance de la diversité génétique.
- Mobiliser le public :
  - C'est par la pression du public sur les ministères que l'on risque d'avoir un changement.



## Prochaines étapes et retombées escomptées de l'atelier

**À court terme (6 mois – 1 an),** le Comité de programme Éco-Bio d'Ouranos se basera sur ce compte-rendu pour guider le développement de sa prochaine phase de programmation et élaborer une stratégie de développement de projets en génétique / génomique. Cette stratégie devrait permettre de combler les lacunes et les besoins identifiés lors de l'atelier. Aussi, en s'appuyant sur les expertises disponibles au Québec et en profitant des occasions de partenariats, il sera possible de lancer et soutenir des projets d'intérêts en impacts et adaptation aux changements climatiques répondant aux besoins des membres et partenaires d'Ouranos.

Nous espérons également que les idées émises lors de l'atelier continuent à se développer, à s'affiner, à être débattues entre spécialistes et vulgarisées, pour ensuite être présentées aux gestionnaires et décideurs. À cet égard, il faudrait réfléchir à un moyen de conserver le dynamisme créé par cet atelier et s'assurer que la réflexion collective entamée par les participants puisse être transférée et se propager au sein de la communauté intéressée (chercheurs, experts, praticiens, relayeurs et usagers). Cela pourrait prendre des formes variées (ateliers, forum, site web, blogue, communauté de pratique, etc.) qu'il conviendra de préciser et de mettre en œuvre rapidement pour poursuivre cet effort de mobilisation.

**À moyen terme (1-3 ans),** nous espérons que ces idées conduiront à la réalisation de projets de recherche permettant d'appuyer la mise en œuvre de l'adaptation sur deux fronts principaux :

- 1) Approfondir les connaissances des impacts des changements climatiques sur la biodiversité; en utilisant les outils génétiques et génomiques qui sont de plus en plus puissants et accessibles.
- 2) Appliquer les résultats de recherches génétiques/génomiques en environnement pour proposer des solutions concrètes et innovantes pour l'adaptation aux changements climatiques de la conservation et de la gestion de la biodiversité et des écosystèmes.

**À plus long terme,** nous souhaitons que ces idées puissent inspirer des chercheurs afin qu'ils démontrent, à travers des projets innovants orientés vers l'adaptation, tout le potentiel de la R et D en génétique/génomique. En effet, sur la base des sujets qui ont été abordés et de l'expertise collective rassemblée lors de cet atelier, il apparaît que les nouvelles applications et l'évolution rapide de ces sciences pourraient nous aider à relever le défi de l'adaptation aux changements climatiques dans de nombreux domaines et secteurs d'activités tels que la conservation et la gestion de la biodiversité et des écosystèmes, les ressources forestières, l'agriculture, les pêches et l'aquaculture, ou encore la qualité de l'eau et la santé publique.

Par conséquent, le programme Éco-Bio ainsi que les autres programmes d'Ouranos œuvrant dans ces secteurs devraient porter une attention particulière à l'évolution de la génétique/génomique et leurs applications, et chercher à favoriser de plus en plus l'intégration de ces disciplines scientifiques dans leurs programmations et leurs projets de recherche futurs en vulnérabilités, impacts et adaptation.

## Remerciements

### Organisation de l'atelier de mobilisation des partenaires Génétique et CC

Nous tenons à remercier les personnes suivantes qui, grâce à leur implication, avant, pendant et/ou après l'atelier, ont permis de présenter un programme de qualité et d'assurer le bon déroulement de cette journée de réflexion.

#### Rédaction du compte-rendu :

- Valérie Bourduas Crouhen et Robert Siron

#### Membres du sous-comité /Génétique et changements climatiques du programme Éco-Bio :

- Robert Siron (Ouranos)
- Valérie Bourduas Crouhen (Ouranos)
- Nathalie Martel (Ouranos / MDDELCC)
- Sabrina Courant (MDDELCC)
- Anouk Simard (MFFP)
- Catherine Périé (MFFP)
- Benoît Vanier (Hydro-Québec)
- Philippe Auzel (CSBQ)

#### Soutien scientifique, prise de notes et animation des discussions en groupes :

- Sébastien Renaut (CSBQ / UdeM)
- France Dufresne (CSBQ / UQAR)
- Simon Legault (Ouranos)
- Antoine Paccard (Musée Redpath / McGill)
- Astrid Tempestini (CSBQ / UQAR)