

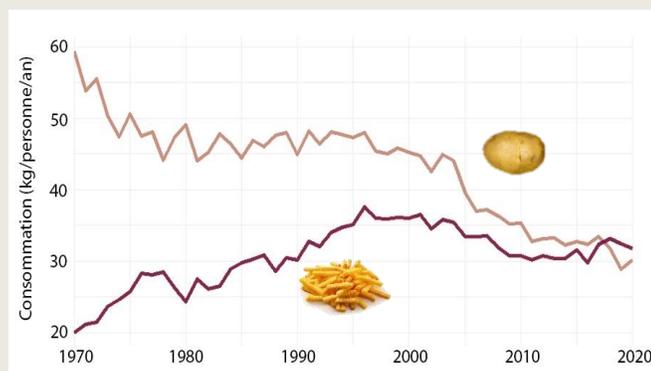
CRÉATION DE LIGNÉES DIPLOÏDES DE POMMES DE TERRE AVEC UN PROFIL AROMATIQUE UNIQUE

Rapport du projet — 2020-2023

Pourquoi s'intéresser aux arômes de la pomme de terre de terre?

La consommation de la pomme de terre fraîche est en baisse depuis plusieurs années au profit d'autres aliments jugés plus attrayants. Depuis le début des années 2000, la consommation de pomme de terre de table a diminué de près de 30%. Cette baisse est notamment liée à la perception des consommateurs qui voient la pomme de terre comme un produit de commodité avec une valeur limitée sur le plan gustatif. Or, les consommateurs recherchent de plus en plus une expérience culinaire avec des produits qui se démarquent sur le plan aromatique. Cette tendance est illustrée par la diversité de tomates ou de pommes que l'on retrouve sur nos tablettes depuis quelques années. **Le développement de variétés distinctes est donc primordial pour assurer la pérennité du secteur.**

L'arôme de la pomme de terre est un caractère souvent laissé de côté en raison d'un manque de connaissances et de compétences techniques. Grâce à une plateforme d'analyse à la fine pointe de la technologie ainsi que la mise au point d'un protocole d'extraction spécifique à cette culture, l'équipe de recherche est maintenant capable de déterminer efficacement le profil en composés aromatiques de n'importe quelle lignée de pomme de terre (objectif 1).



Consommation de pomme de terre aux États-Unis au cours des dernières années. La demande pour la pomme de terre fraîche a diminué alors que celle pour la pomme de terre transformée a augmenté. Source des données : USDA.

Qu'est-ce qu'une pomme de terre diploïde?

En contraste avec la plupart des plantes agricoles qui sont diploïdes (2 copies de chaque chromosome par cellule), la plupart des cultivars actuels de pomme de terre sont tétraploïdes (4 copies par cellule), ce qui ralentit grandement les gains réalisés en amélioration génétique. Le cultivar Russet Burbank illustre à lui seul parfaitement ce constat. Commercialisé en 1902, il est encore le cultivar le plus cultivé en Amérique du Nord, une situation pour le moins étonnante compte tenu des ressources investies chaque année pour trouver de nouveaux cultivars.

Face à cette situation, un mouvement global prend de l'ampleur dans le but de transformer la pomme de terre commerciale d'une plante tétraploïde à une plante diploïde. Ce regain d'intérêt pour la forme diploïde découle en grande partie des possibilités qu'offrent les nouvelles ressources génétiques. Avec le séquençage du génome de la pomme de terre, il est maintenant possible d'identifier les gènes précis associés à un éventail de caractéristiques importantes pour les producteurs et les consommateurs. Le développement de marqueurs génétiques est aussi simplifié et permet une sélection beaucoup plus ciblée des parents et de leurs descendances. Il est cependant très difficile d'utiliser ces outils avec une plante tétraploïde d'où l'intérêt de convertir la culture sous sa forme diploïde. L'équipe de recherche participe à ce mouvement mondial qui vise à réduire la ploïdie de la pomme de terre afin de faciliter le développement de nouveaux cultivars (objectif 2).



Pour surpasser les **défis techniques et génétiques de la pomme de terre** et proposer dans un temps limité des cultivars adaptés aux conditions canadiennes et possédant des profils aromatiques uniques, le laboratoire de Charles Goulet de l'Université Laval a décidé de concentrer ses efforts sur **trois problématiques d'importance** qui ralentissent les programmes actuels d'hybridation.

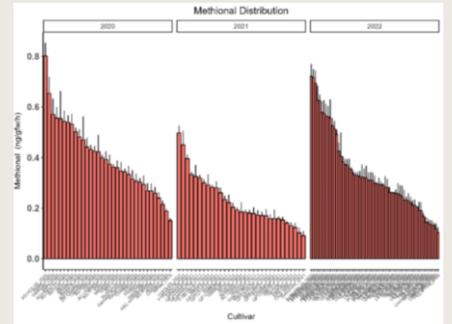
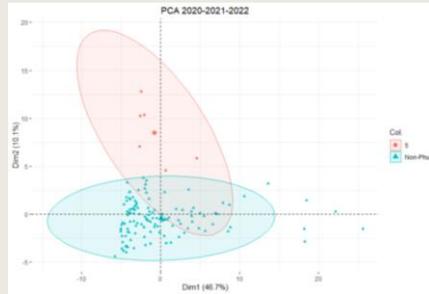
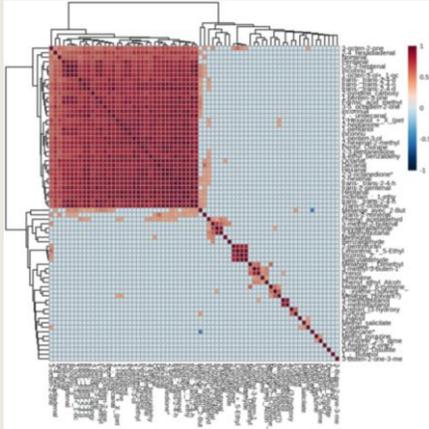


Objectif 1 - Déterminer le profil aromatique d'une collection de cultivars et de lignées diploïdes et tétraploïdes

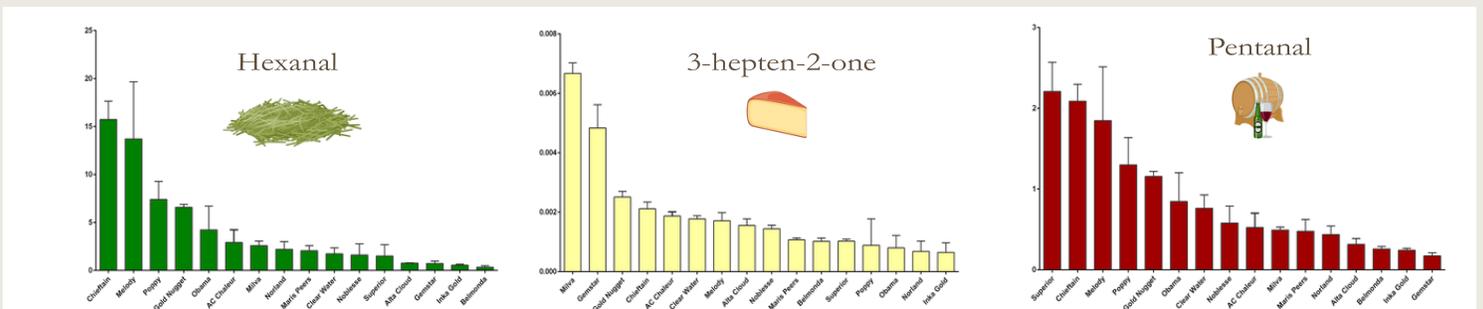
Une méthode d'analyse des composés volatils émis par les tubercules de pommes de terre a été mise au point au cours de l'hiver 2022 et permet maintenant d'identifier et quantifier 76 composés volatils différents.

Cette méthode bonifiée a été utilisée pour analyser le profil en composés volatils d'une centaine de cultivars commerciaux et lignées élites de partenaires (CRPTQ, Progest, Agriculture Canada) cultivés en champ au cours des étés 2020, 2021 et 2022.

L'équipe de recherche s'est également procuré une vingtaine de lignées de pommes de terre diploïdes du groupe Phureja qu'elle souhaitait étudier afin d'apporter de la variabilité génétique et gustative au projet. Cependant, ces lignées diploïdes ancestrales originaires des Andes ne produisent peu ou pas de tubercules dans les conditions de jours longs associées à l'été au Québec. De greffes ont donc été réalisées en serre pour produire des tubercules et ainsi réaliser l'extraction et l'analyse des composés volatils de ces lignées.



Un protocole a été mis au point dans le laboratoire afin de pallier le fait que les pommes de terre émettent de faibles quantités de composés volatils. La standardisation de la cuisson selon la taille des tubercules, la récolte des arômes et leur concentration a donc été optimisée spécialement pour cette espèce. Afin de recueillir les différents composés volatils, de petits cubes de pommes de terre cuites sont placés dans un tube en verre. Un flux d'air transporte et piège les arômes dans une colonne contenant un polymère. Après une élution avec un solvant, les échantillons sont analysés par chromatographie en phase gazeuse afin d'identifier et de quantifier les composés volatils présents. Des analyses statistiques ont été réalisées afin de comparer les profils en composés volatils des différents cultivars/lignées et déterminer lesquels sont les plus intéressants du point de vue aromatique pour réaliser de futurs croisements et créer les lignées diploïdes.



Différences dans les profils aromatiques de 16 cultivars. Certains composés varient peu entre les cultivars. Au contraire, d'autres composés comme l'hexanal (**verdure**), le 3-hepten-2-one (**fromage**) et le pentanal (**vin et noix**) varient beaucoup plus. C'est la présence et l'abondance des différents composés volatils qui sont responsables de l'arôme caractéristique d'un cultivar.



Objectif 2 - Développer des lignées dihaploïdes à partir des cultivars les plus intéressants

Comment transformer la pomme de terre en une culture diploïde?

La réduction de la ploïdie se fait en réalisant des croisements entre des cultivars tétraploïdes et une lignée inductrice du groupe Phureja. Le bagage génétique de ces dernières n'est pas conservé lors de la formation de l'embryon, résultant en des lignées qui auront seulement conservé le matériel génétique contenu dans le gamète du parent tétraploïde élite et donc avec la moitié seulement du nombre de chromosomes (dihaploïde).



Depuis le début du projet, plus de **4 500 croisements** ont été réalisés en serre. Ce travail a permis de développer un total de **202 lignées dihaploïdes**, issues de 20 cultivars parentaux tétraploïdes :

- 66 lignées issues de 4 cultivars de pommes de terre blanches (Superior, Maris Peer, AC Chaleur, Jemseg)
- 51 lignées issues de 8 cultivars de pommes de terre rouges (Chieftain, Viking, Dark Red Chieftain, Red Acadian, AG161, AG163, AG194, Elmo)
- 73 lignées issues de 5 cultivars de pommes de terre à chair jaune (Gold Nugget, Inka Gold, Doubloon, Yellow Finn, Gold Coin)
- 9 lignées issues de 2 cultivars de pommes de terre Russet (Campagna, Gemstar Russet)

Les lignées dihaploïdes les plus prometteuses ont été plantées au champ afin d'évaluer leur performance agronomique et leur profil en composés volatils. Certaines de ces lignées ont très bien performé au champ et offrent un profil en arômes unique.



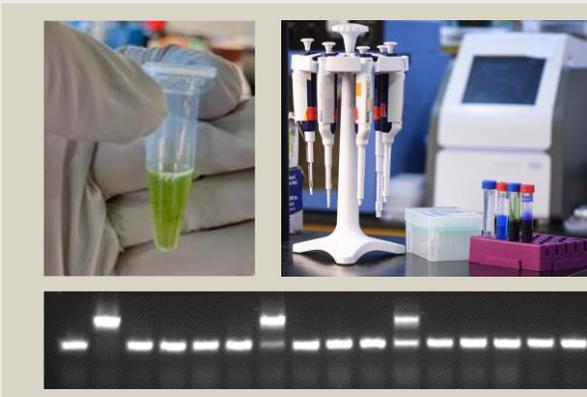
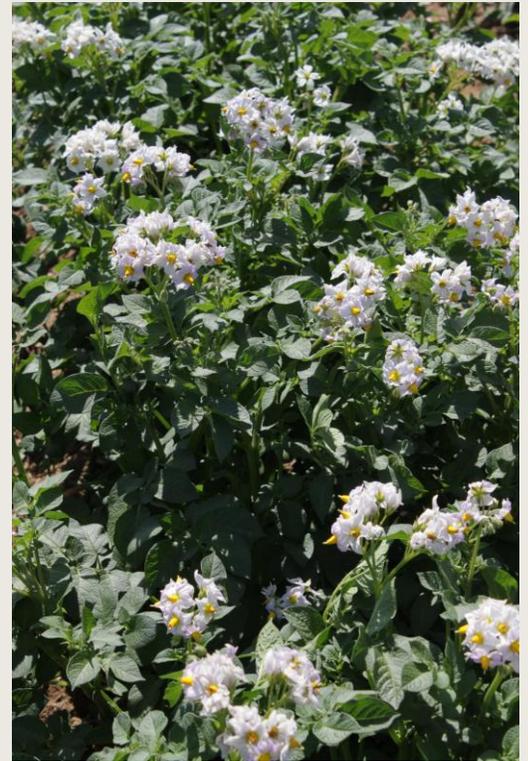
Rendement d'un cultivar tétraploïde (4 copies du génome par cellule) et d'une lignée diploïde (2 copies du génome par cellule) créée à partir de cette dernière. Cette lignée offre un rendement équivalent à la lignée parentale avec un profil aromatique similaire, tout en permettant d'utiliser plus facilement les outils génétiques.

Objectif 3 - Introduire des allèles d'auto-compatibilité dans la population de lignées diploïdes et améliorer la floraison

L'incapacité de fixer rapidement un caractère par auto-pollinisation et/ou rétro-croisements nuit grandement au développement de nouveaux cultivars. La plupart des pommes de terre sont en effet auto-incompatibles, c'est-à-dire qu'elles possèdent des gènes provoquant le rejet du pollen du même cultivar ou d'un cultivar fortement apparenté. Pour y remédier, l'équipe de recherche s'est penchée sur le gène Sli qui permet d'inhiber ce mécanisme d'auto-incompatibilité.

Un marqueur génétique de type INDEL (INsertion/DELétion) a été développé grâce à des outils informatiques et les données de séquençage de la pomme de terre disponibles en ligne pour déterminer la présence du gène Sli qui inhibe l'auto-incompatibilité (restaure l'auto-compatibilité). Ce marqueur a été testé avec succès sur 22 cultivars parentaux et 86 lignées dihaploïdes.

- 3 cultivars parentaux sont homozygotes pour l'allèle Sli et 17 cultivars en possèdent au moins une copie
- 22 lignées dihaploïdes sont homozygotes pour l'allèle Sli et 39 lignées sont hétérozygotes



Le marqueur génétique Sli est efficace pour prédire l'auto-compatibilité. L'ADN des plants est extrait, amplifié par PCR, puis les résultats sont lus sur gel d'agarose. Chieftain est auto-incompatible alors que Superior possède les deux versions du gène (hétérozygote). Ce nouvel outil permettra de faciliter le choix de lignées auto-compatibles pour introduire ce caractère dans les futures lignées, mais aussi sélectionner les individus auto-compatibles dès le stade de plantule.

Un des problèmes les plus courants pour la création de nouveaux cultivars de pomme de terre est la faible fertilité des lignées parentales. Plusieurs lignées intéressantes ne produisent en effet aucune fleur. Le sentier métabolique de la floraison est régulé par de nombreux facteurs environnementaux et intrinsèques à la plante. Parmi ces derniers, les protéines de la famille PEBP jouent un rôle clé dans la transition florale des méristèmes. Les PEBPs représentent donc des cibles potentielles pour le développement de plants de pommes de terre plus florifères. Notre équipe a donc travaillé à identifier des PEBPs qui inhibent la floraison pour trouver des variantes naturelles de ces gènes. Il sera ainsi plus facile de produire de nouvelles lignées hautement florifères dans l'optique de fixer des caractères d'intérêt et faciliter le développement de nouvelles variétés diploïdes à haut potentiel agronomique.



Des retombées positives

En développant des lignées diploïdes avec un profil aromatique unique, le projet offre du matériel novateur pour la création de cultivars mieux adaptés aux besoins des producteurs et correspondant aux attentes en évolution du marché. Ces cultivars offriront à terme un **avantage concurrentiel**, notamment pour **maintenir l'intérêt des consommateurs** face à la multitude d'options alimentaires. Étant diploïdes, les lignées permettront d'utiliser les outils génétiques à leur plein potentiel et offriront **plus de flexibilité** pour s'ajuster aux nouveaux défis agricoles, des sécheresses plus fréquentes à la diminution des intrants.

Vous voulez en apprendre davantage sur le profil aromatique des cultivars testés ou sur les pommes de terre diploïde? N'hésitez pas à nous contacter. (charles.goulet@fsaa.ulaval.ca)



La recherche, un investissement qui porte ses fruits

Le support des producteurs, par l'entremise du CRPTQ, et des autres partenaires a permis de réaliser un projet de haut niveau qui aura des répercussions à court, moyen et long terme sur la recherche et l'innovation dans le domaine. Le projet a permis de former de futurs professionnels qui pourront, à leur tour, contribuer à la progression de l'industrie. Le projet a aussi permis de tisser des liens entre des groupes de chercheurs, notamment d'Agriculture Canada, du CRPTQ, de l'Université McGill et d'AgriNova, résultant en d'autres projets de recherche (en cours ou en préparation) et contribuant à maintenir un milieu riche, créatif et ingénieux pour l'industrie. L'implication des producteurs a donc eu un effet levier important pour propulser davantage la recherche et l'innovation.

Un projet et des étudiants qui se démarquent

Les étudiants du projet ont dévoilé leurs résultats dans plusieurs congrès scientifiques ici et à l'étranger. Leurs projets ont été sélectionnés pour des présentations orales devant des foules de plusieurs centaines de chercheurs et professionnels de l'industrie. Ils se sont démarqués, chacun à leur manière, pour la qualité de leurs travaux et leur capacité à vulgariser leur projet. Samuel Gagnon, étudiant au doctorat, a remporté le deuxième prix pour la meilleure présentation au congrès *Canadian Association for Plant Biotechnology* à l'été 2023. Cyntia Belzile, étudiante à la maîtrise, a quant à elle remporté le troisième prix de la meilleure présentation étudiante au 107^e congrès de *l'Association Américaine de la Pomme de terre (PAA)*.

