

RÉSEAU DES PLANTES BIO-INDUSTRIELLES DU QUÉBEC

Rapport final 2022-2023



15 février 2023

Rédaction du rapport

Snizhana Olishevskaya, Ph.D.

Coordonnatrice du Réseau des plantes bio-industrielles du Québec,
Centre de recherche sur les grains (CÉROM) inc.

Coordonnatrice de l'atelier des graminées pérennes

Huguette Martel, agr.

Conseillère en plantes fourragères et plantes pérennes à des fins bio-industrielles, MAPAQ (Direction régionale de l'Estrie)

Coordonnateur de l'atelier des saules à croissance rapide :

Michel Labrecque, Ph.D.

Professeur, Institut de recherche en biologie végétale (IRBV)
Université de Montréal

Collaborateurs externes

Philippe Seguin, Ph.D.

Professeur, Université McGill

Marjolaine Bernier-Leduc, agr.

MAPAQ-Gaspésie

Louise Morin

Conseillère en développement des entreprises agroalimentaires,
Centre local de développement Abitibi

Alain-François Lamont

Contremaître, Pépinière municipale, Ville de Boisbriand

Roger Samson

Directeur, REAP-Canada

Remerciements

Sébastien Boquel, Ph.D.

Chercheur en entomologie, CÉROM

Alexis Latraverse, M. Sc.

Professionnel de recherche en entomologie, CÉROM

Nicolas Bergeron

Technicien agricole, CÉROM

Benjamin Mercier, agr.

Professionnel de recherche, CÉROM

Alexandre Michaud

Étudiant, Université de Montréal

**Responsable du
Centre de recherche**

Francis Girard, Directeur général et directeur scientifique,
Centre de recherche sur les grains (CÉROM) inc.

Centre de recherche sur les grains (CÉROM) inc.

740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC, CANADA, J3G 0E2
Tél. : 450 464-2715 Téléc. : 450 464-8767 <https://www.cerom.qc.ca/>

Le rapport peut être cité comme suit : Olishevskaya S. 2023. Rapport final des activités 2022-2023 du Réseau des plantes bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM. Saint-Mathieu-de-Beloeil. 35 pages.

La réalisation des activités du RPBQ présentées dans ce rapport est rendue possible grâce au soutien financier du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ).

Table des matières

Introduction	3
Atelier des graminées pérennes (saison 2022).....	4
Méthodologie	4
Sites d'étude et cultivars	4
Entretien des parcelles.....	4
• <i>Fertilisation</i>	4
• <i>Contrôle des mauvaises herbes</i>	5
Prise de données et récolte	5
Résultats de la saison 2022	5
Panic érigé	5
• <i>Implantation 2012</i>	6
• <i>Implantation 2015</i>	10
• <i>Implantation 2016</i>	13
Dépistage du <i>Tilletia maclaganii</i> et des cécidomyies du panic érigé.....	19
• <i>Dépistage du Tilletia maclaganii sur le panic érigé</i>	19
• <i>Dépistage des cécidomyies du panic érigé</i>	21
Miscanthus géant	22
Conclusions sur les résultats agronomiques des graminées pérennes obtenus en 2022	26
Discussion et conclusion sur les résultats agronomiques des graminées pérennes obtenus pendant les 10 ans d'étude.....	27
Panic érigé	27
Miscanthus géant	31
Perspectives.....	33
Références	34

Introduction

Depuis 2010, le Réseau des plantes bio-industrielles du Québec (RPBQ), en collaboration avec différents acteurs du milieu agricole tels que les producteurs, les responsables d'atelier, les sélectionneurs, les chercheurs et les conseillers agricoles, travaille sur l'étude et la documentation des aspects agroéconomiques des plantes bio-industrielles pouvant être utilisées comme matière première pour la production de divers bioproduits.

Les résultats obtenus par le RPBQ au cours des 10 dernières années ont fait l'objet de publications des guides de production du [saule à croissance rapide](#), du [panic érigé](#), du [sorgho sucré](#), et du [chanvre industriel](#).

En 2022, le RPBQ a finalisé la prise de données agronomiques des plantes pérennes telles que le panic érigé (PÉ) et le miscanthus géant (MG) implantés dans les différentes régions du Québec durant la période 2011-2016. Ce rapport présente les résultats obtenus pour divers cultivars de ces plantes.

Atelier des graminées pérennes (saison 2022)

Méthodologie

Sites d'étude et cultivars

La prise des données agronomiques a été effectuée sur trois sites expérimentaux en 2022 (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des sites d'étude des graminées pérennes

Site	UTM	Type de sol	Région
La Pocatière (LAP)	2123	Argileux	Bas-Saint-Laurent
Sainte-Anne-de-Bellevue (SAB)	2935	Loam sableux	Montréal
Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB)	2930	Loam argileux	Montréal

L'origine des cultivars commerciaux de PÉ ensemencés entre 2011 et 2016, les nouvelles lignées de PÉ développées par REAP-Canada, de même que l'origine des deux hybrides de miscanthus géant (MG) utilisés sont décrites dans le Rapport des activités 2019-2020 du RPBQ [2].

Concernant le MG, puisqu'il n'a pas survécu à l'hiver suite à son implantation à LAP en 2011, les données agronomiques analysées en 2022 ne concernent que les hybrides « Nagara » et « Europe » cultivés à SAB et à SMB, et l'hybride « Nagara » cultivé SMB lorsqu'il a été retiré de l'analyse depuis 2021.

Entretien des parcelles

- **Fertilisation**

La fertilisation a été effectuée en se basant sur le *Guide de référence en fertilisation* pour la culture de prairie [3] et sur le protocole indiqué dans le Rapport final des activités 2021-2022 du RPBQ [1].

Les applications d'engrais minéral (Tableau 2) ont été réalisées sur les trois sites fin avril-début mai 2022. L'azote a été fourni sous forme de nitrate (27-0-0).

Tableau 2. Fertilisation réalisée sur les parcelles de graminées pérennes en 2022.

Site	Culture	Implantation	Azote, unité ou kg/ha	Phosphore, unité ou kg/ha	Potassium, unité ou kg/ha	Date d'application
SAB	PÉ	2012	60	25	0	18 mai 2022
	MG	2011	90	25	0	
LAP	PÉ	2012 et 2016	60	25	0	6 mai 2022
SMB	PÉ	2012, 2015 et 2016	60	25	0	12 mai 2022
	MG	2011	70	25	0	

SAB : Sainte-Anne-de-Bellevue, Université McGill; **LAP** : La Pocatière, CDBQ; **SMB** : Saint-Mathieu-de-Beloeil, CÉROM.

- **Contrôle des mauvaises herbes**

Aucun herbicide n'a été appliqué sur les trois sites en raison de la très faible présence de mauvaises herbes. Une fauche mécanique autour des parcelles a été réalisée périodiquement.

Prise de données et récolte

Pour pouvoir enregistrer de nouvelles variétés de PÉ au programme Protection des obtentions végétales, les sélectionneurs doivent démontrer la différence de plusieurs paramètres morphologiques tels que la hauteur, la maturité, la largeur des feuilles et le rendement les nouvelles lignées et leurs témoins. Donc, tous ces paramètres agronomiques sont inclus dans le protocole pour la saison 2022-2023. C'est le même protocole qui a été utilisé pour la prise des données en 2021 [3]. Une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du programme R a été réalisée afin de comparer les valeurs de différents paramètres en fonction des cultivars, des sites et des années des semis.

Résultats de la saison 2022

Panic érigé

Ce rapport présente la comparaison du rendement et de la hauteur de divers cultivars de PÉ implantés en 2012, 2015 et 2016. La largeur des feuilles et la maturité des graines ont été évaluées seulement pour les nouvelles lignées développées par REAP-Canada, mis en place en 2015 et 2016 à SMB et à LAP.

- **Implantation 2012**

Hauteur

La hauteur des lignées et des cultivars de PÉ semés en 2012 a varié selon le site d'implantation et l'année de production (Tableau 3). Le sommaire des six (6) dernières années démontre que les lignées « CIR- II » et « CIRE-II » atteignent une hauteur significativement plus élevée (199 et 197 cm) que leur témoin « Cave-in-Rock » (186 cm). De façon similaire, « Blue Jacket » et « Tecumseh » étaient significativement plus hauts (186 et 185 cm) que leurs témoins « Sunburst » (174 cm) et « Summer » (178 cm), respectivement (Tableau 3).

Tableau 3. Hauteur moyenne (2015-2020) du panic érigé implanté en 2012 en fonction des cultivars et de l'année de récolte.

Cultivars <i>Moyenne des sites / cultivars</i>	Sommaire 6 ans	Hauteur, cm					
		Sommaire annuel					
		2022	2021	2020	2019	2018	2017
Blue Jacket	186 ^{BC}	196 ^{ABC}	187 ^{AB}	179 ^A	179 ^{BC}	187 ^{AB}	174 ^{CD}
Cave-in-Rock	186 ^{BC}	191 ^{BCD}	189 ^{BC}	175 ^{AB}	185 ^{AB}	182 ^B	187 ^C
CIR-II	199 ^A	209 ^A	198 ^{AB}	172 ^{ABC}	183 ^{ABC}	184 ^{AB}	201 ^{AB}
CIRE-II	197 ^A	204 ^A	196 ^A	176 ^{AB}	192 ^A	196 ^A	203 ^A
Carthage	184 ^{BCD}	188 ^{BCD}	187 ^{ABC}	176 ^{AB}	186 ^{AB}	187 ^{AB}	186 ^{BC}
Forestburg	162 ^F	178 ^D	163 ^D	159 ^{CD}	159 ^E	162 ^D	140 ^F
Shawnee	189 ^B	198 ^{AB}	188 ^{AB}	167 ^{ABCD}	179 ^{BC}	182 ^B	183 ^{CD}
Shelter	181 ^{CD}	188 ^{BCD}	182 ^{ABC}	163 ^{BCD}	175 ^{BCD}	180 ^{BC}	184 ^{CD}
Southlow	174 ^E	183 ^{CD}	161 ^D	156 ^D	180 ^{ABC}	175 ^{BCD}	178 ^{CD}
Summer	178 ^{DE}	185 ^{BCD}	180 ^{ABCD}	166 ^{ABCD}	171 ^{CD}	175 ^{BCD}	172 ^{DE}
Sunburst	174 ^E	183 ^D	174 ^{CD}	167 ^{ABCD}	167 ^{DE}	170 ^{CD}	160 ^E
Tecumseh	185 ^{BCD}	196 ^{ABCD}	186 ^{ABC}	168 ^{ABCD}	176 ^{BCD}	177 ^{BC}	181 ^{CD}

Rendement

Le rendement moyen du PÉ obtenu en 2022 (6,9 t/ha) s'est avéré plus élevé qu'en 2020 (5,4 t/ha) (Figure 1, Tableau 4).

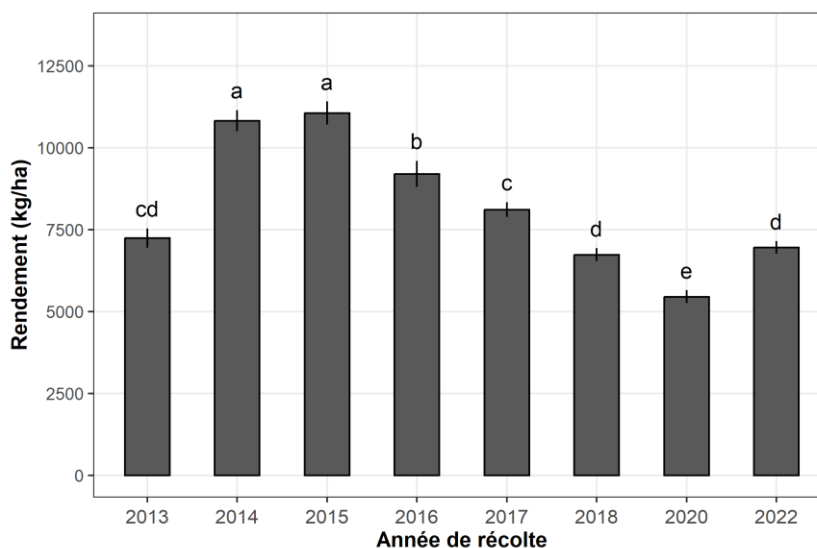


Figure 1. Rendements moyens de tous les cultivars de panic érigé de tous les sites semés en 2012 en fonction de l'année de récolte.

*la biomasse de tous les cultivars de PÉ semés en 2012 n'a pas été récoltée en 2019 et en 2021 dans tous les sites d'étude; la récolte n'a pas été faite à AUG et à NOR depuis 2020 et 2022, respectivement.

Les cultivars « Shawnee », « Cave-in-Rock » et son dérivé « CIRE-II » ont obtenu les rendements moyens les plus élevés (environ 9,0 t/ha) au cours des huit dernières années (2014-2022) de récolte, alors que les cultivars « Forestburg », « Southlow » et « Tecumseh » ont fourni les rendements les plus faibles (6,5 – 6,9 t/ha) (Tableau 4).

Le site de SMB a constamment fourni les meilleurs rendements (9,8 t/ha), suivi par LAP (environ 8,8 t/ha) (Tableau 4). L'analyse statistique a démontré l'effet du site sur le rendement moyen (2014 à 2018) de divers cultivars de PÉ (Tableau 5).

Tableau 4. Rendements moyens (2015-2022) du panic érigé implanté en 2012 en fonction des cultivars, des sites et de l'année de récolte*.

Rendement en matière sèche (kg/ha)							
Cultivars Moyenne des sites/cultivars	Sommaire (2015-2022)	Sommaire annuel					
		2022	2020	2018	2017	2016	2015
Blue Jacket	8465 ^{BC}	7486 ^{ABC}	4896 ^{ABC}	6363 ^{ABC}	7242 ^{ABCD}	7983 ^{ABCD}	9474 ^{BCD}
Cave-in-Rock	9129 ^A	8153 ^A	5608 ^A	6986 ^A	7756 ^{ABC}	9517 ^{AB}	9823 ^{BCD}
CIR-II	8934 ^{AB}	6666 ^{ABC}	4243 ^{BC}	6203 ^{ABC}	8330 ^{AB}	8399 ^{ABCD}	10187 ^{BCD}
CIRE-II	9223 ^A	8071 ^{AB}	4980 ^{ABC}	7363 ^A	7837 ^{ABC}	9541 ^A	11125 ^{AB}
Carthage	7724 ^D	6211 ^{BC}	4828 ^{ABC}	6318 ^{ABC}	6536 ^{CDE}	7967 ^{ABCD}	9309 ^{BCDE}
Forestburg	6766 ^E	5905 ^C	4710 ^{AB}	5357 ^{BCDE}	6120 ^{DE}	6689 ^{CD}	7353 ^F
Shawnee	9034 ^A	7889 ^{AB}	5434 ^{AB}	6784 ^A	8319 ^A	9340 ^{ABC}	11842 ^A
Shelter	7929 ^{CD}	6402 ^{ABC}	4055 ^C	6107 ^{ABC}	7932 ^{ABC}	7913 ^{ABCD}	9051 ^{CDEF}
Southlow	6942 ^E	5904 ^C	4220 ^{ABC}	5158 ^C	5641 ^E	7495 ^{CD}	8319 ^{CDEF}
Summer	7958 ^{CD}	5938 ^C	4966 ^{ABC}	6525 ^{AB}	7287 ^{ABCD}	7653 ^{CD}	8051 ^{DEF}
Sunburst	7627 ^D	6927 ^{ABC}	5647 ^A	6134 ^{ABC}	6706 ^{BCDE}	7302 ^D	7976 ^{CE}
Tecumseh	6533 ^E	6456 ^{ABC}	4467 ^{ABC}	5769 ^{ABC}	6305 ^{CDE}	7603 ^{BCD}	7516 ^F
Sites							
Moyenne des cultivars et années/site							
LAP	8878 ^B	9760 ^A	8285	8771 ^A	8471 ^B	9477 ^B	10738 ^B
NOR	—	—	2973	5132 ^D	6090 ^C	5517 ^E	5045 ^D
AUG	—	—	—	5767 ^C	5101 ^D	7269 ^C	6359 ^D
SAB	5739 ^C	3630 ^B	3430	4547 ^D	6102 ^C	6017 ^D	7643 ^C
SMB	9870 ^A	6155 ^B	6010	7885 ^B	9929 ^A	13617 ^A	14024 ^A

*la biomasse de tous les cultivars de PÉ semés en 2012 n'a pas été récoltée en 2019 et en 2021 dans tous les sites d'étude; la récolte n'a pas été faite à AUG et à NOR depuis 2020 et 2022, respectivement.

À titre d'exemple, le cultivar « Cave-in-Rock » ainsi que ses dérivés « Shawnee », « CIR-II » et « CIRE-II » étaient significativement les plus productifs (13 t/ha) par rapport aux autres cultivars cultivés à SMB (Tableau 5). Bien que les sites de SAB et de SMB aient reçu à peu près la même quantité de chaleur (Tableau 1), les rendements de ces cultivars et des lignées étaient presque deux fois plus faibles à SAB et variaient entre 6,7 et 7,2 t/ha (Tableau 5). Par contre, ils sont restés les plus productifs à SAB. Les faibles rendements de PÉ à SAB pourraient être expliqués par la présence d'adventices en abondance. En effet, avant l'implantation du PÉ, des semis volontaires de mauvaises herbes ont eu lieu pendant plusieurs années dans le cadre de projets en malherbologie. La réalisation d'un autre essai dans deux sites ayant aussi 2930 UTM, mais avec différents types de sol (sableux et argileux), pourrait éclairer cet aspect.

Tableau 5. Rendements moyens (2014-2018) du panic érigé implanté en 2012 en fonction des cultivars et des sites d'étude.

Cultivars	Rendement en matière sèche (kg/ha)				
	AUG	LAP*	NOR	SAB	SMB
Blue Jacket	5930 ^{ABC}	10148 ^A	5387 ^{ABCD}	5862 ^{BCDE}	11848 ^{BC}
CIR-II	6633 ^A	—	3984 ^{DE}	7142 ^{AB}	13706 ^A
CIRE-II	6240 ^{AB}	10315 ^A	4684 ^{ABCDE}	6967 ^{BC}	13667 ^A
Carthage	6270 ^{AB}	—	2041 ^E	5501 ^{DE}	11803 ^{BC}
Cave-in-Rock	5804 ^{ABC}	10594 ^A	4609 ^{BCDE}	6784 ^{ABCD}	12812 ^{AB}
Forestburg	4680 ^C	7577 ^B	6028 ^{AB}	5065 ^E	9051 ^{EF}
Shawnee	6377 ^{AB}	9887 ^A	3401 ^E	7277 ^A	13480 ^A
Shelter	6381 ^{AB}	—	3382 ^{CDE}	6636 ^{ABCD}	11647 ^{BC}
Southlow	5379 ^{BC}	—	3259 ^{DE}	5226 ^E	10090 ^{DE}
Summer	5951 ^{AB}	—	6464 ^A	6808 ^{ABCD}	11173 ^{CD}
Sunburst	5708 ^{ABC}	8289 ^B	5821 ^{ABC}	5753 ^{CDE}	10332 ^{DE}
Tecumseh	6577 ^{AB}	10148 ^A	5513 ^{ABCD}	6582 ^{ABCD}	8475 ^F

*la récolte de certains cultivars de PÉ n'a pas été faite à LAP à cause d'une forte présence de mauvaises herbes.

En ce qui concerne les sites situés plus au nord de la province, le site à NOR avec seulement 1823 UTM (loam-argileux) était le moins productif. Les cultivars « Summer », « Sunburst », « Forestburg » et les lignées « Tecumseh », « Blue Jacket » et « CIRE-II » étaient les plus adaptés à ces conditions climatiques. Leurs rendements variaient entre 4,6 et 6,4 t/ha (Tableau 5). À LAP (2123 UTM, argileux), aucune différence statistique de rendement de PÉ n'a été observée chez les cultivars et les lignées les plus performants « Blue Jacket », « CIRE-II », « Cave-in-Rock », « Shawnee » et « Tecumseh » produisant entre 9,8 et 10,3 t/ha (Tableau 5). Au site de AUG (2404 UTM, loam à loam argileux), tous les cultivars à l'exception de « Forestburg » et de « Southlow » présentaient des performances de productivité statistiquement similaires (5,7-6,6 t/ha) (Tableau 5). Le site de SMB (2930 UTM, loam argileux) a permis à la plupart de cultivars de fournir un rendement très élevé, variant entre 10,3 et 13,7 t/ha (Tableau 5).

En résumé, les données collectées depuis 10 ans ont démontré une tendance similaire dans la production de divers cultivars de PÉ implantés en 2012 :

- Le PÉ a atteint son rendement le plus élevé à la troisième ou quatrième année de production;
- Les cultivars « Shawnee », « Blue Jacket », « Cave-in-Rock » ainsi que ses dérivés « CIR-II » et « CIRE-II » étaient les plus productifs dans la province parmi ceux testés, avec un rendement moyen se situant entre 8 et 9 t/ha ;
- LAP et SMB étaient les sites les plus favorables pour la production du PÉ (entre 9 et 13 t/ha) parmi les sites où le PÉ a été implanté.

- **Implantation 2015**

Afin d'augmenter les performances agronomiques des cultivars existants, de nouvelles lignées ont été développées par REAP-Canada à partir de « Cave-in-Rock », « Summer » et « Sunburst ». Ces dernières ont été implantées à SMB en 2015.

Rendement et hauteur

Le rendement de toutes les lignées et leurs témoins obtenu en 2022 a été plus élevé par rapport aux années précédentes (Tableau 6).

Bien que le rendement des lignées n'ait pas été significativement différent de celui de leurs témoins en 2021 et 2022, les rendements moyens de six (6) ans de nouvelles lignées « Blue Jacket » et « RC Blue Jacket-V » étaient significativement plus élevés de celui de leur témoin « Sunburst ». Les dérivés de « Cave-in-Rock » et de « Summer » n'ont montré aucune différence significative en rendement par rapport à leurs témoins (Tableau 6).

Tableau 6. Rendements moyens des lignées de panic érigé implantées en 2015 à Saint-Mathieu-de-Beloeil en fonction de l'année de récolte.

<i>Rendement en matière sèche (kg/ha)</i>								
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire	Sommaire annuel					
		6 ans	2022	2021	2020	2019	2018	2017
Cave-in-Rock	T1	7275 ^{AB}	5716 ^A	4383 ^A	4849 ^B	10054 ^A	8522 ^{AB}	10126 ^{AB}
Summer	T2	6993 ^{AB}	6105 ^A	4396 ^A	5838 ^{AB}	8033 ^A	9249 ^{AB}	8340 ^B
Sunburst	T3	6478 ^B	5345 ^A	3549 ^A	5504 ^{AB}	8188 ^A	7723 ^B	8560 ^B
Blue Jacket	3	7587 ^A	5633 ^A	4121 ^A	5727 ^{AB}	9259 ^A	9673 ^{AB}	11112 ^A
RC Blue Jacket-V	3	7196 ^A	5715 ^A	4046 ^A	5320 ^B	8976 ^A	9167 ^{AB}	9951 ^{AB}
RC CIR-V	1	7947 ^A	5517 ^A	4385 ^A	7558 ^A	9301 ^A	10061 ^{AB}	10860 ^{AB}
RC CIRE-IV	1	7947 ^A	5934 ^A	4079 ^A	6626 ^{AB}	9189 ^A	9597 ^{AB}	12258 ^A
RC HT-II x CIR-III	1	8125 ^A	6391 ^A	4575 ^A	6679 ^{AB}	8851 ^A	10583 ^A	11671 ^A
RC Tecumseh-V	2	7435 ^A	5835 ^A	4266 ^A	6237 ^{AB}	9412 ^A	8570 ^{AB}	10288 ^{AB}

Les hauteurs de toutes les lignées ainsi que leurs témoins étaient significativement plus élevées en 2022 par rapport à l'année précédente (Tableau 7). De plus, le sommaire des six (6) dernières années démontre que toutes les lignées étaient significativement plus hautes que leurs témoins respectifs, à l'exception de « RC HT-II x CIR-III » et de son témoin « Cave-in-Rock » (Tableau 7).

Tableau 7. Hauteurs moyennes des lignées de panic érigé implantées en 2015 à Saint-Mathieu-de-Beloeil en fonction de l'année de récolte.

<i>Hauteur (cm)</i>								
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire	Sommaire annuel					
		6 ans	2022	2021	2020	2019	2018	2017
Cave-in-Rock	T1	188 ^B	194 ^C	174 ^{BC}	179 ^{AB}	202 ^{CD}	191 ^{CD}	186 ^{CD}
Summer	T2	171 ^C	192 ^{CD}	159 ^C	166 ^{BC}	179 ^E	163 ^E	164 ^E
Sunburst	T3	170 ^C	177 ^D	160 ^C	168 ^{BC}	174 ^E	173 ^E	167 ^E
Blue Jacket	3	190 ^B	196 ^{BC}	180 ^{AB}	181 ^{AB}	202 ^{CD}	193 ^{CD}	185 ^{CD}
RC Blue Jacket-V	3	186 ^B	192 ^{CD}	173 ^{BC}	181 ^{AB}	193 ^D	199 ^D	180 ^D
RC CIR-V	1	206 ^A	218 ^A	197 ^A	193 ^A	213 ^{AB}	209 ^{AB}	208 ^{AB}
RC CIRE-IV	1	195 ^B	203 ^{ABC}	184 ^{AB}	176 ^{ABC}	210 ^{BC}	203 ^{BC}	193 ^{BC}
RC HT-II x CIR-III	1	208 ^A	212 ^{AB}	194 ^A	194 ^A	223 ^A	217 ^A	209 ^A
RC Tecumseh-V	2	190 ^B	202 ^{ABC}	181 ^{AB}	183 ^{AB}	195 ^D	193 ^D	187 ^D

Largeur des feuilles

Largeur des feuilles est un paramètre agronomique utilisé par les sélectionneurs pour mieux décrire des nouvelles variétés de PÉ et pouvoir les enregistrer au programme Protection des obtentions végétales.

En 2022, aucune différence significative n'a été observée entre la largeur des feuilles des nouvelles lignées dérivées de 'Cave-in-Rock' (« RC CIR-V », « RC CIRE-IV » et « RC HT-II x CIR-III ») et celle de leurs témoins respectifs en 2022 (Tableau 8).

Par contre, les feuilles des lignées « RC Tecumseh-V », « Blue Jacket » et « RC Blue Jacket-V » étaient significativement plus larges que celles de leurs témoins « Sunburst » et « Summer », respectivement. En comparant les données du sommaire des cinq (5) dernières années, nous constatons que les feuilles de toutes les lignées étaient significativement plus larges que leurs témoins respectifs (Tableau 8).

Tableau 8. Largeur des feuilles des diverses lignées de panic érigé semées à Saint-Mathieu-de-Beloil en 2015.

Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire	Largeur des feuilles (cm)				
		5 ans	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	1,08 ^{BC}	1,08 ^{ABC}	1,20 ^{AB}	1,06 ^{ABC}	1,09 ^{ABC}	0,98 ^{ABC}
Summer	T2	0,88 ^E	0,88 ^E	0,99 ^E	0,90 ^{CD}	0,84 ^E	0,80 ^E
Sunburst	T3	0,89 ^E	0,86 ^E	1,02 ^{DE}	0,80 ^D	0,91 ^{DE}	0,88 ^{DE}
Blue Jacket	3	1,06 ^{BC}	1,00 ^{BC}	1,19 ^{AB}	1,05 ^{ABC}	1,06 ^{ABC}	1,03 ^{ABC}
RC Blue Jacket-V	3	1,03 ^{CD}	1,00 ^{CD}	1,16 ^{BC}	1,00 ^C	1,04 ^{BCD}	0,93 ^{BCD}
RC CIR-V	1	1,16 ^A	1,13 ^A	1,31 ^A	1,18 ^A	1,19 ^{AB}	0,98 ^{AB}
RC CIRE-IV	1	1,10 ^{AB}	1,08 ^{AB}	1,16 ^{AB}	1,06 ^{ABC}	1,15 ^A	1,06 ^A
RC HT-II x CIR-III	1	1,16 ^A	1,14 ^A	1,25 ^A	1,20 ^{AB}	1,16 ^A	1,07 ^A
RC Tecumseh-V	2	0,97 ^D	0,93 ^D	1,07 ^{CD}	1,00 ^{BC}	0,94 ^{CDE}	0,93 ^{CDE}

Maturité des graines

La maturité des grains de PÉ a été évaluée selon l'échelle de dureté des grains (4,0-4,9) et du stade de développement [4]. Ce paramètre est indispensable dans la sélection de nouvelles variétés afin de déterminer le moment où les plantes atteignent leur maturité et, par conséquent, déterminer la période de récolte pour la semence. La comparaison de maturité des plantes permet également aux sélectionneurs de comprendre les périodes de pollinisation des graminées et donc de choisir la meilleure façon d'effectuer les croisements.

Pour obtenir des données plus précises, la dureté des grains des nouvelles lignées semées à SMB en 2015 a été évaluée deux fois durant la saison, soit en septembre et en octobre (Tableau 9). Comme prévu, les grains de toutes les lignées et leurs témoins étaient plus durs en octobre. Aucune différence significative quant à la dureté des grains des nouvelles lignées et leurs témoins n'a été observée.

Tableau 9. Dureté des grains des diverses lignées de panic érigé semées à Saint-Mathieu-de-Beloeil en 2015.

Cultivars/lignées	Témoin	<i>Dureté des grains (unité)</i>					
		2022		2021		2020	
		22 septembre	11 octobre	21 septembre	8 octobre	16 septembre	7 octobre
Cave-in-Rock	T1	4,57 ^A	4,66 ^{AB}	4,35 ^C	4,47 ^{BC}	4,38 ^{DE}	4,66 ^{ABC}
Summer	T2	4,51 ^A	4,58 ^B	4,52 ^{AB}	4,57 ^{ABC}	4,50 ^{BC}	4,64 ^{BC}
Sunburst	T3	4,59 ^A	4,63 ^{AB}	4,57 ^A	4,65 ^A	4,62 ^A	4,74 ^A
Blue Jacket	3	4,60 ^A	4,67 ^{AB}	4,56 ^A	4,57 ^{ABC}	4,55 ^{AB}	4,70 ^{ABC}
RC Blue Jacket-V	3	4,60 ^A	4,63 ^{AB}	4,55 ^A	4,62 ^{AB}	4,57 ^{AB}	4,70 ^{ABC}
RC CIR-V	1	4,53 ^A	4,69 ^{AB}	4,37 ^C	4,50 ^{ABC}	4,36 ^{DE}	4,66 ^{ABC}
RC CIRE-IV	1	4,61 ^A	4,71 ^A	4,35 ^C	4,42 ^C	4,43 ^{CD}	4,71 ^{AB}
RC HT-II x CIR-III	1	4,49 ^A	4,67 ^{AB}	4,27 ^C	4,42 ^C	4,30 ^E	4,61 ^C
RC Tecumseh-V	2	4,55 ^A	4,59 ^{AB}	4,4 ^{BC}	4,50 ^{ABC}	4,50 ^{BC}	4,66 ^{ABC}

• Implantation 2016

Des lignées développées par REAP-Canada dérivées de « Cave-in-Rock », « Summer » et « Sunburst » ont été implantées à SMB et à LAP en 2016 afin de comparer l'effet des différences climatiques sur divers aspects agronomiques. Les critères recherchés étaient une meilleure adaptation aux terrains plus humides ainsi qu'une germination plus hâtive lors de l'implantation.

Hauteur

La hauteur des lignées de PÉ cultivées à SMB était significativement plus élevée en 2022 que celle de leurs témoins (Tableau 10). Cette tendance n'a toutefois pas été observée à LAP (Tableau 11). Seules les lignées « RC CIR-VI » et « RC HT-II x CIR-III » ont été plus hautes que leur témoin « Cave-in-Rock » (Tableau 11). En général, la hauteur des diverses lignées de PÉ implantées à SMB et à LAP était plus élevée en 2022 qu'en 2021 et 2020 (Tableau 10 et 11). Cela pourrait s'expliquer, du moins en partie, par des précipitations plus abondantes dans ces deux sites en 2022 par rapport aux deux (2) années précédentes (Figure 2A).

Une étude de cinq ans a permis de constater le fait que la hauteur moyenne des lignées de PÉ était significativement plus élevée par rapport à leurs témoins. Cette tendance a été observée sur deux sites d'étude soit à SMB et à LAP (Tableau 10 et 11).

Tableau 10. Hauteur moyenne des diverses lignées de panic érigé implantées en 2016 à Saint-Mathieu-de-Beloil en fonction de l'année de récolte.

<i>Hauteur (cm)</i>							
Sommaire annuel							
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire 5 ans	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	173 ^E	193 ^D	165 ^{CD}	166 ^C	190 ^{CD}	146 ^{CD}
Summer	T2	160 ^F	177 ^E	155 ^D	160 ^D	172 ^E	124 ^E
Sunburst	T3	156 ^F	166 ^F	153 ^D	159 ^D	169 ^E	131 ^E
RC Blue Jacket-VI	3	180 ^D	200 ^{CD}	175 ^{BC}	177 ^{BC}	197 ^{BCD}	151 ^{BCD}
RC Tecumseh-VI	2	176 ^{DE}	195 ^D	176 ^{BC}	174 ^C	185 ^D	151 ^D
RC CIR-VI	1	200 ^A	223 ^A	199 ^A	195 ^A	208 ^A	175 ^A
RC CIRE-IV	1	188 ^C	208 ^B	186 ^{AB}	179 ^{AB}	204 ^{AB}	162 ^{AB}
RC HT-II × CIR-III	1	190 ^{BC}	211 ^B	190 ^{AB}	185 ^{AB}	203 ^{ABC}	161 ^{ABC}
RC CIR-III × HT-II	1	193 ^B	216 ^{AB}	191 ^{AB}	185 ^A	208 ^{AB}	162 ^{AB}
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	189 ^C	208 ^{BC}	187 ^{AB}	180 ^{AB}	204 ^{AB}	162 ^{AB}

Tableau 11. Hauteur moyenne des diverses lignées de panic érigé implantées en 2016 à La Pocatière en fonction de l'année de récolte.

<i>Hauteur (cm)</i>							
Sommaire annuel							
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire 5 ans	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	172 ^C	198 ^B	185 ^{BC}	172 ^E	156 ^E	150 ^E
Summer	T2	154 ^D	175 ^{CD}	171 ^C	151 ^F	148 ^F	127 ^F
Sunburst	T3	152 ^D	168 ^D	170 ^C	157 ^F	141 ^F	126 ^F
RC Blue Jacket-VI	3	185 ^B	208 ^{AB}	199 ^{AB}	183 ^D	181 ^{CD}	154 ^{CD}
RC Tecumseh-VI	2	170 ^C	196 ^{BC}	183 ^{BC}	163 ^E	166 ^{DE}	147 ^{DE}
RC CIR-VI	1	202 ^A	219 ^A	211 ^A	193 ^A	203 ^A	182 ^A
RC CIRE-IV	1	191 ^B	205 ^{AB}	198 ^{AB}	190 ^{BC}	188 ^{BC}	170 ^{BC}
RC HT-II × CIR-III	1	202 ^A	223 ^A	213 ^A	194 ^{AB}	194 ^{AB}	188 ^{AB}
RC CIR-III × HT-II	1	190 ^B	216 ^{AB}	204 ^A	186 ^{CD}	175 ^C	169 ^C
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	188 ^B	205 ^{AB}	203 ^A	187 ^{CD}	178 ^C	172 ^C

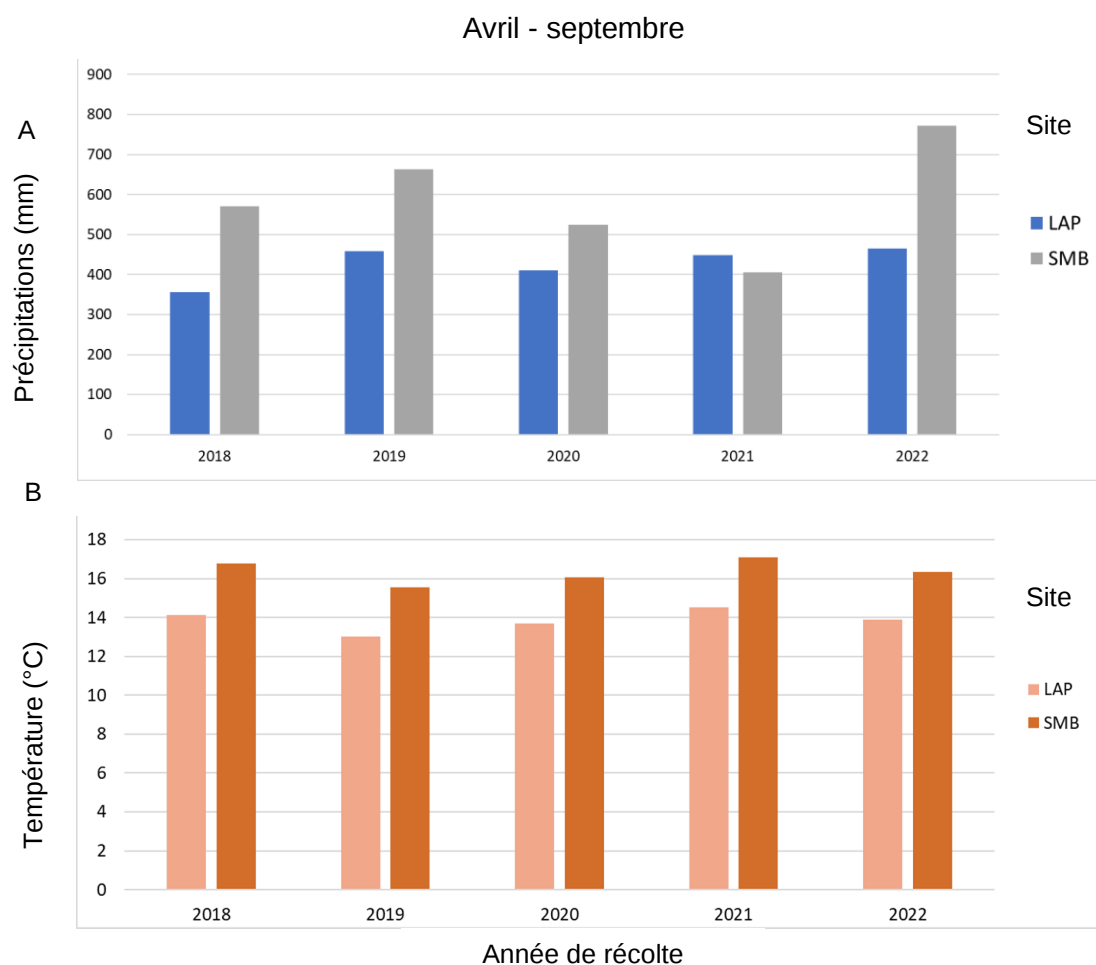


Figure 2. Précipitations totales (A) et température moyenne (B) enregistrées durant la saison de croissance à La Pocatière (LAP) et à Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB) au cours des cinq dernières années.

Rendement

Concernant le rendement, celui-ci était plus élevé en 2022 qu'en 2021 chez les lignées et leurs témoins cultivés sur deux sites d'étude (Tableau 12 et 13). Les rendements moyens des lignées « RC CIR-VI » et « RC CIR-III x HT-II » cultivées à LAP étaient significativement plus élevés (9,3 et 8,9 t/ha, respectivement) par rapport à leur témoin « Cave-in-Rock » (8,7 t/ha) (Tableau 13). Cette tendance n'a pas été observée à SMB (Tableau 12). En ce qui concerne une lignée « RC Tecumseh-VI », son rendement moyen de 5 ans était significativement plus élevé que celui de son témoin « Summer » et ceci s'applique à deux sites d'étude (Tableau 12 et 13). Finalement, le rendement moyen de croisement « RC CIRE-IV x BJ-V » était plus faible par rapport à celui de son témoin « Cave-in-Rock »

et significativement plus élevé que celui de son témoin « Sunburst » cultivés à SMB et à LAP (Tableau 12 et 13).

Tableau 12. Rendements moyens des diverses lignées de panic érigé implantées en 2016 à Saint-Mathieu-de-Beloeil en fonction de l'année de récolte.

<i>Rendement en matière sèche (kg/ha)</i>							
Sommaire annuel							
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire 5 ans	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	6643 ^{ABCD}	6698 ^{AB}	5362 ^A	6264 ^{AB}	9578 ^A	5319 ^{AB}
Summer	T2	5097 ^E	6179 ^B	4841 ^{AB}	5658 ^{ABC}	6229 ^{BC}	2325 ^B
Sunburst	T3	4975 ^E	6645 ^{AB}	4089 ^B	5187 ^C	6321 ^C	2760 ^B
RC Blue Jacket-VI	3	6393 ^{CD}	7257 ^{AB}	5556 ^{AB}	6177 ^{ABC}	8889 ^{AB}	4304 ^{AB}
RC Tecumseh-VI	2	6327 ^D	7197 ^{AB}	5295 ^{AB}	6023 ^{BC}	8455 ^{ABC}	4799 ^{AB}
RC CIR-VI	1	6950 ^{AB}	6649 ^{AB}	5873 ^A	6319 ^{AB}	10343 ^A	5310 ^{AB}
RC CIRE-IV	1	6324 ^{BCD}	6756 ^{AB}	4812 ^{AB}	6608 ^{AB}	8377 ^{ABC}	5355 ^A
RC HT-II × CIR-III	1	7050 ^{ABC}	6903 ^{AB}	6595 ^A	7129 ^{AB}	9365 ^A	5091 ^A
RC CIR-III × HT-II	1	7331 ^A	7070 ^A	5998 ^A	7596 ^A	9200 ^A	6264 ^A
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	6437 ^{BCD}	6867 ^{AB}	5079 ^{AB}	5903 ^{ABC}	9352 ^A	4879 ^A

Tableau 13. Rendements moyens des diverses lignées de panic érigé implantées en 2016 à La Pocatière en fonction de l'année de récolte.

<i>Rendement en matière sèche (kg/ha)</i>							
Sommaire annuel							
Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire 5 ans	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	8720 ^{BC}	9037 ^{AB}	8874 ^A	11494 ^{AB}	8475 ^{ABC}	6491 ^{AB}
Summer	T2	7240 ^D	8411 ^B	8109 ^{AB}	9229 ^{ABC}	6966 ^{BC}	4487 ^B
Sunburst	T3	6592 ^D	7841 ^{AB}	6707 ^B	8036 ^C	6560 ^C	3950 ^B
RC Blue Jacket-VI	3	8373 ^{BC}	8160 ^{AB}	7392 ^{AB}	10131 ^{ABC}	9839 ^{AB}	6257 ^{AB}
RC Tecumseh-VI	2	7781 ^C	7269 ^{AB}	8203 ^{AB}	9167 ^{BC}	7963 ^{ABC}	6719 ^{AB}
RC CIR-VI	1	9337 ^A	8429 ^{AB}	8765 ^A	11085 ^{AB}	10071 ^A	8314 ^{AB}
RC CIRE-IV	1	8816 ^{BC}	9266 ^{AB}	8737 ^{AB}	10704 ^{AB}	8705 ^{ABC}	7481 ^A
RC HT-II × CIR-III	1	8989 ^{AB}	10602 ^A	8854 ^A	9597 ^{AB}	8823 ^{ABC}	7231 ^A
RC CIR-III × HT-II	1	9488 ^A	9321 ^{AB}	9100 ^A	11241 ^A	10220 ^A	7977 ^A
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	8953 ^{BC}	9014 ^{AB}	8518 ^{AB}	10142 ^{ABC}	8774 ^{ABC}	8334 ^A

Les rendements moyens (2018-2022) de toutes les lignées de PÉ et leurs témoins était 1,5 fois plus élevé à LAP (8,7 t/ha) qu'à SMB (6,9 t/ha) (Figure 3), même si les précipitations pendant les cinq dernières années étaient toujours plus faibles à LAP par rapport à celles de SMB (Figure 2A) et la température moyenne était plus élevée à SMB par rapport à celle à LAP (Figure 2B).

Cet écart pourrait être expliqué par une forte pression de mauvaises herbes l'année d'implantation du PÉ à SMB. Même si les mauvaises herbes ont bien été contrôlées par la suite, le PÉ n'a pas pu s'enraciner dans les endroits où elles étaient présentes. La réalisation d'un autre essai dans deux sites ayant le même type de sol, mais différentes unités thermiques, permettrait de clarifier cet aspect.

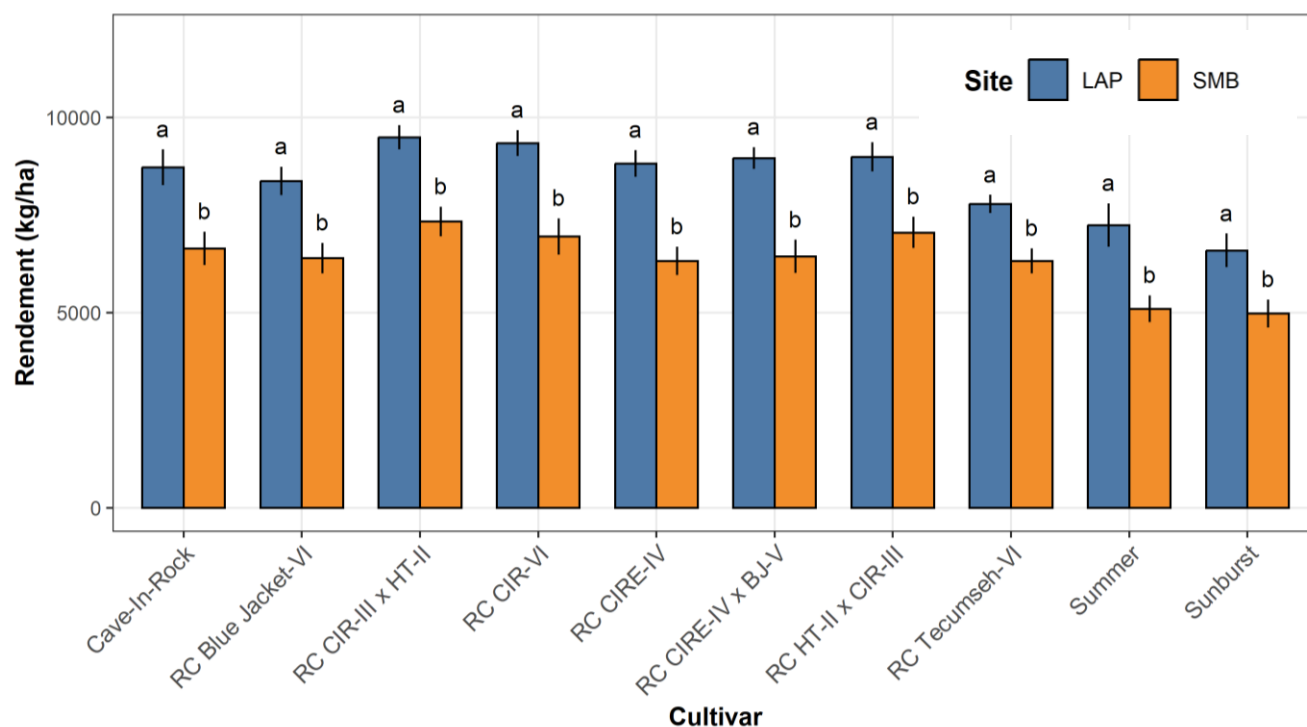


Figure 3. Rendements moyens (2018-2022) de divers cultivars de panic érigé à La Pocatière (LAP) et à Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB).

Largeur des feuilles et maturité des grains

Aucune différence significative quant à la largeur des feuilles n'a pu être observée entre les diverses lignées de PÉ et leurs témoins dans deux sites d'étude en 2022 (Tableau 14).

Tableau 14. Largeur des feuilles des diverses lignées de panic érigé semées à Saint-Mathieu-de-Beloil et à La Pocatière en 2016.

Cultivars/lignées	Témoin	Largeur des feuilles (cm)									
		Saint-Mathieu-de-Beloil					La Pocatière				
		2022	2021	2020	2019	2018	2022	2021	2020	2019	2018
Cave-in-Rock	T1	1,06 ^{AB}	1,08 ^{BCD}	1,05 ^{CD}	1,06 ^{ABC}	1,01 ^{AB}	1,11 ^{ABC}	1,14 ^A	0,93 ^{BC}	1,15 ^{AB}	0,93 ^A
Summer	T2	0,73 ^C	0,93 ^D	0,97 ^F	0,87 ^D	0,81 ^{BC}	0,92 ^C	0,75 ^C	0,74 ^F	0,74 ^E	0,73 ^C
Sunburst	T3	0,97 ^{AB}	0,94 ^D	0,97 ^{EF}	0,93 ^{BCD}	0,86 ^B	0,96 ^{BC}	0,87 ^{BC}	0,87 ^{EF}	0,83 ^{DE}	0,82 ^B
RC Blue Jacket-VI	3	1,03 ^{AB}	1,04 ^{CD}	1,02 ^{DF}	1,04 ^{ABC}	0,97 ^{AC}	1,15 ^{AB}	1,02 ^{AB}	0,95 ^{CD}	1,00 ^{BC}	0,94 ^{AB}
RC Tecumseh-VI	2	0,91 ^{BC}	0,96 ^D	0,96 ^{EF}	0,89 ^{CD}	0,87 ^B	0,98 ^{BC}	0,84 ^{BC}	0,93 ^{DE}	0,95 ^{CD}	0,86 ^{ABC}
RC CIR-VI	1	1,07 ^{AB}	1,27 ^{AB}	1,19 ^{AB}	1,10 ^A	1,16 ^A	1,24 ^A	1,09 ^A	1,07 ^{AB}	1,23 ^A	1,03 ^A
RC CIRE-IV	1	1,09 ^{AB}	1,15 ^{ABC}	1,15 ^{BCD}	1,09 ^{AB}	1,00 ^{AB}	1,23 ^A	0,99 ^{AB}	1,04 ^{AB}	1,23 ^A	1,0 ^A
RC HT-II × CIR-III	1	1,17 ^A	1,21 ^{ABC}	1,13 ^{ABC}	1,06 ^{AB}	1,19 ^A	1,15 ^{AB}	1,02 ^{AB}	1,12 ^A	1,24 ^A	0,99 ^A
RC CIR-III × HT-II	1	1,09 ^{AB}	1,27 ^A	1,24 ^A	1,15 ^A	1,13 ^A	1,28 ^A	1,07 ^A	1,09 ^{AB}	1,17 ^A	0,98 ^{AB}
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	0,99 ^{AB}	1,18 ^{ABC}	1,09 ^{BCD}	1,04 ^{ABC}	1,0 ^{AB}	1,19 ^A	1,07 ^A	1,04 ^{BC}	1,16 ^{AB}	0,88 ^{ABC}

La dureté des grains de PÉ a été évaluée en fin septembre ainsi qu'au début d'octobre 2022 à SMB et à LAP, mais aucune différence significative n'a été remarquée entre les lignées et leurs témoins (Tableau 15). En octobre, les grains de toutes les lignées ainsi que leurs témoins étaient plus matures qu'en septembre.

La prise des données de tous ces paramètres pendant 10 ans d'étude dans le cadre du RPBQ a permis à REAP-Canada de commercialiser les lignées « Cave-in-Rock-II », « Cave-in-Rock Early-IV » et le croisement de « CIRE-IV×BJ-V » qui sont disponibles sur le marché sous les noms « RC Big Rock II », « RC Chippewa » et « Sundance », respectivement.

Tableau 15. Dureté des grains des diverses lignées de panic érigé semées à Saint-Mathieu-de-Beloeil et à La Pocatière en 2016. *

Cultivars/lignées	Témoin	Dureté des grains (unité)						
		Saint-Mathieu-de-Beloeil				La Pocatière		
		20/09/2022	21/09/2021	8/10/2022	8/10/2021	21/09/2021	4/10/2022	8/10/2021
Cave-in-Rock	T1	4,48 ^A	4,39 ^A	4,64 ^{AB}	4,68 ^A	4,40 ^C	4,75 ^A	4,70 ^B
Summer	T2	4,54 ^A	4,56 ^B	4,60 ^{AB}	4,66 ^A	4,43 ^C	4,62 ^A	4,73 ^B
Sunburst	T3	4,55 ^A	4,68 ^A	4,61 ^{AB}	4,69 ^A	4,80 ^A	5,00 ^A	4,90 ^A
RC Blue Jacket-VI	3	4,58 ^A	4,57 ^B	4,64 ^{AB}	4,68 ^A	4,50 ^B	4,87 ^A	4,80 ^A
RC Tecumseh-VI	2	4,50 ^A	4,51 ^{BC}	4,56 ^{AB}	4,60 ^A	4,38 ^C	4,62 ^A	4,75 ^{AB}
RC CIR-VI	1	4,50 ^A	4,35 ^D	4,68 ^{AB}	4,64 ^A	4,38 ^C	4,00 ^A	4,60 ^{BC}
RC CIRE-IV	1	4,60 ^A	4,43 ^{CD}	4,65 ^B	4,71 ^A	4,38 ^C	4,37 ^A	4,48 ^{BC}
RC HT-II × CIR-III (Cycle2)	1	4,57 ^A	4,41 ^{CD}	4,65 ^{AB}	4,67 ^A	4,38 ^C	4,12 ^A	4,48 ^{BC}
RC CIR-III × HT-II (Cycle 2)	1	4,54 ^A	4,57 ^D	4,61 ^{AB}	4,66 ^A	4,35 ^C	4,00 ^A	4,70 ^B
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	4,60 ^A	4,51 ^B	4,71 ^A	4,71 ^A	4,40 ^C	4,87 ^A	4,58 ^{BC}

*pour des raisons techniques, la dureté des grains n'a pas été évalué à LAP en septembre 2022

Dépistage du *Tilletia maclaganii* et des cécidomyies du panic érigé

- Dépistage du *Tilletia maclaganii* sur le panic érigé

Le dépistage des inflorescences de PÉ infectées par *Tilletia maclaganii* (champignon phytopathogène responsable du charbon de tête) a été effectué sur trois sites expérimentaux, soit à SAB, à SMB et à LAP. Tel qu'anticipé, aucun cultivar n'a manifesté de symptômes reliés au charbon de tête à LAP (2123 UTM), confirmant que le développement de cette maladie nécessite des conditions plus chaudes et plus humides, telles que retrouvées au sud du Québec (sites de SMB et de SAB).

En 2022, le nombre d'inflorescences infectées d'un même cultivar a été plus élevé par rapport au dépistage effectué les années précédentes sur le PÉ implanté en 2015 et 2016 à SMB (Tableau 16). Tous les cultivars de PÉ implantés en 2012 à SMB ont manifesté des symptômes du charbon de tête pour la première fois en 2022 (Tableau 1). Le dépistage du charbon de tête des inflorescences de PÉ implanté en 2012 à SAB n'a pas été effectué en 2022 pour des raisons techniques.

Tableau 16. Nombre d'inflorescences de panic érigé infectées par *Tilletia maclaganii* à SMB en fonction de l'année du dépistage.

Implantation 2016				
N	Cultivar/lignée	2020	2021	2022
1	Cave-in-Rock	0	22	226
2	Summer	0	44	355
3	Sunburst	0	0	33
4	RC Blue Jacket-VI	0	7	61
5	RC Tecumseh-VI	1	43	434
6	RC CIR-VI	13	17	214
7	RC CIRE-IV	1	20	211
8	RC HT-II × CIR-III	0	5	65
9	RC CIR-III × HT-II	4	5	59
10	RC CIRE-IV × BJ-V	13	75	616
Implantation 2015				
N	Cultivar/lignée	2020	2021	2022
1	Cave-in-Rock	2	35	184
2	Summer	1	44	133
3	Sunburst	0	61	180
4	Blue Jacket	1	6	79
5	RC Blue Jacket-V	17	10	132
6	RC CIR-V	7	60	165
7	RC CIRE-IV	3	27	149
8	RC HT-II × CIR-III	14	33	118
9	RC Tecumseh-V	4	43	432
Implantation 2012				
N	Cultivar/lignée	2020	2021	2022
1	Cave-in-Rock	0	0	24
2	Blue Jacket	0	0	38
3	Forestburg	0	0	34
4	Shawnee	0	0	3
5	Southlow	0	0	66
6	Sunburst	0	0	1
7	Tecumseh	0	0	31
8	CIR-II	0	0	2
9	CIRE-II	0	0	17
10	Carthage	0	0	79
11	Shelter	0	0	7
12	Summer	0	0	5

Bien qu'on observe une augmentation du nombre d'inflorescences infectées chaque année, il faut tout de même considérer que cette quantité est relativement faible. Jusqu'à présent, l'impact de la présence du champignon sur le rendement n'est pas aussi important que celui rapporté en Ontario ou aux États-Unis.

Les données obtenues confirment la nécessité de continuer à faire le dépistage annuel du charbon de tête en tenant compte des changements climatiques. Il est recommandé pour les producteurs de récolter en dernier les champs démontrant des symptômes afin d'éviter de contaminer les champs exempts de charbon de tête.

- **Dépistage des cécidomyies du panic érigé**

Le dépistage des cécidomyies du PÉ a été effectué sur les implantations de 2012, 2015 et 2016 à SAB, à SMB et à LAP, mais aucun symptôme de l'infestation par cet insecte n'a pu être observé.

Miscanthus géant

Rendement

En 2022, le rendement du MG a été évalué à SMB et à SAB. La récolte a été effectuée le 28 octobre et le 2 novembre 2022, respectivement.

L'analyse statistique a démontré qu'il n'existe pas de différence significative entre le rendement des hybrides « Nagara » et « Europe » cultivés à SAB (Figure 4).

Tel qu'observé précédemment, en 2022, l'hybride « Nagara » s'est montré plus productif à SMB (34,8 t/ha) qu'à SAB (24,4 t/ha) (Figure 5). Cela pourrait s'expliquer par des précipitations plus abondantes dans ces deux sites en 2022 par rapport aux années précédentes (Figure 6). Le rendement de l'hybride « Nagara » significativement plus élevé à SMB qu'à SAB pendant 2020-2022 pourrait être expliqué, du moins en partie, par la différence de densité des tiges de MG cultivé dans deux types de sol différents, soit loam sableux à SAB et loam argileux à SMB (Tableau 1).

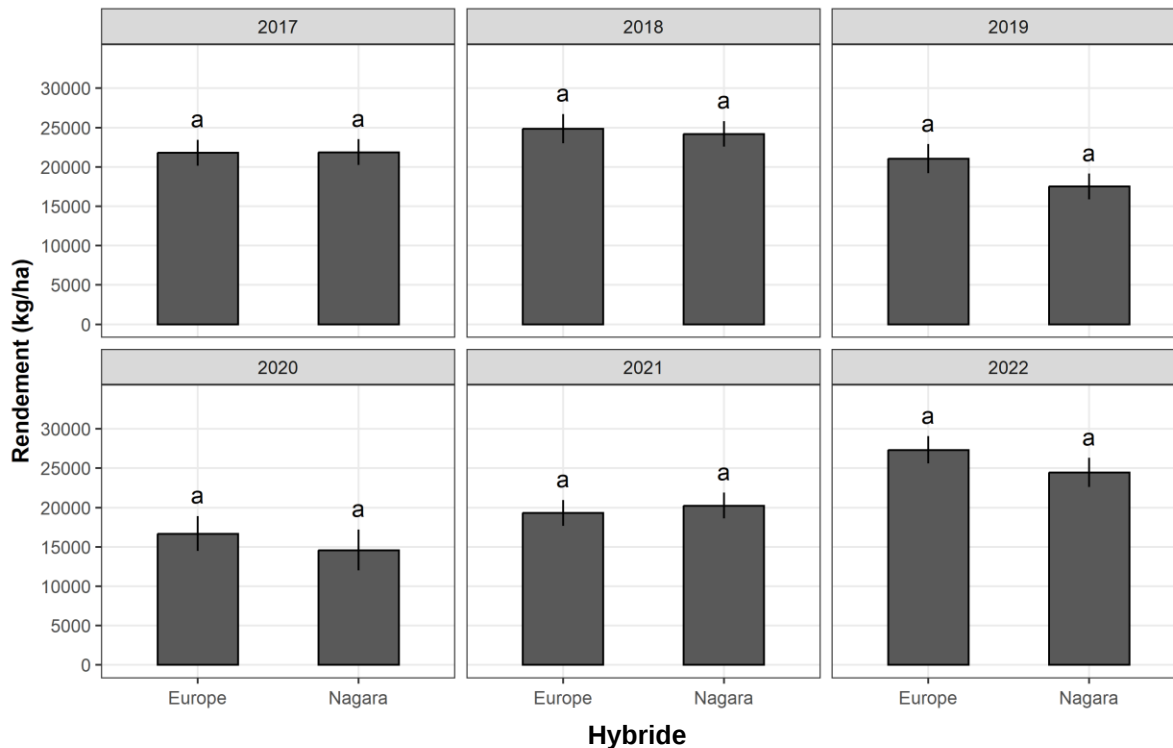


Figure 4. Comparaison du rendement moyen des six dernières années de deux hybrides de miscanthus géant implantés en 2011 à SAB.

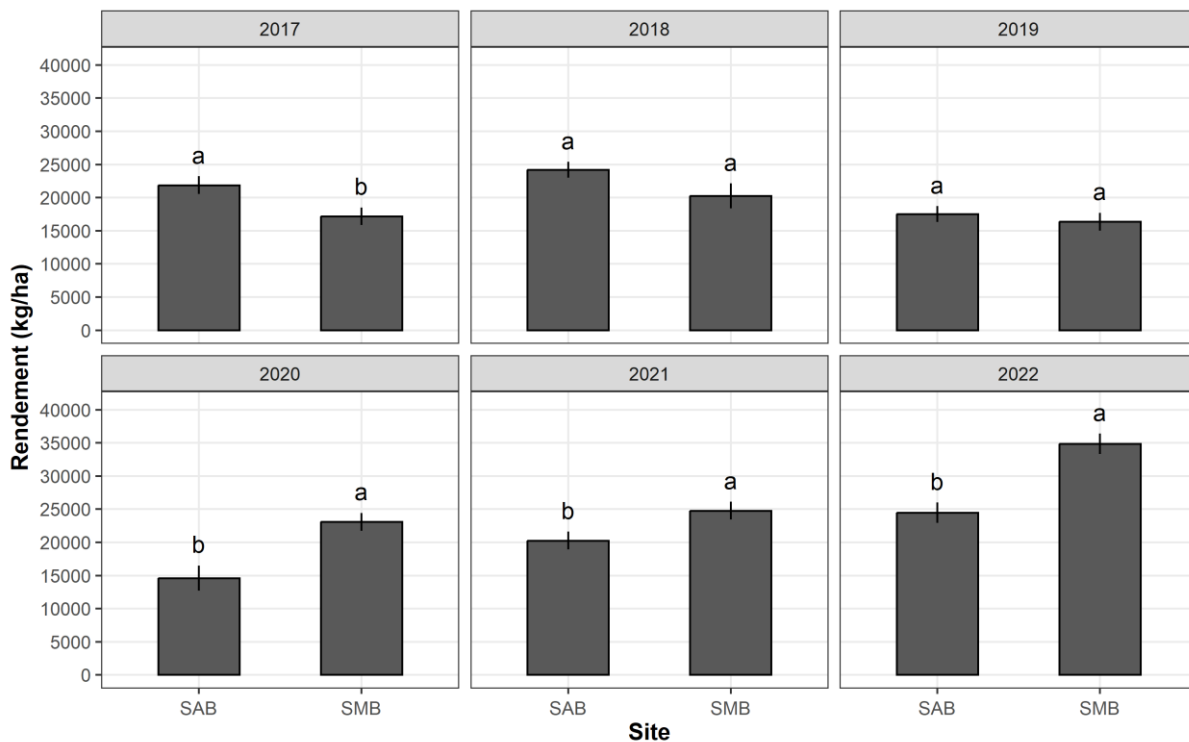


Figure 5. Comparaison du rendement moyen des six dernières années de l'hybride de miscanthus géant « Nagara » à SAB et à SMB.

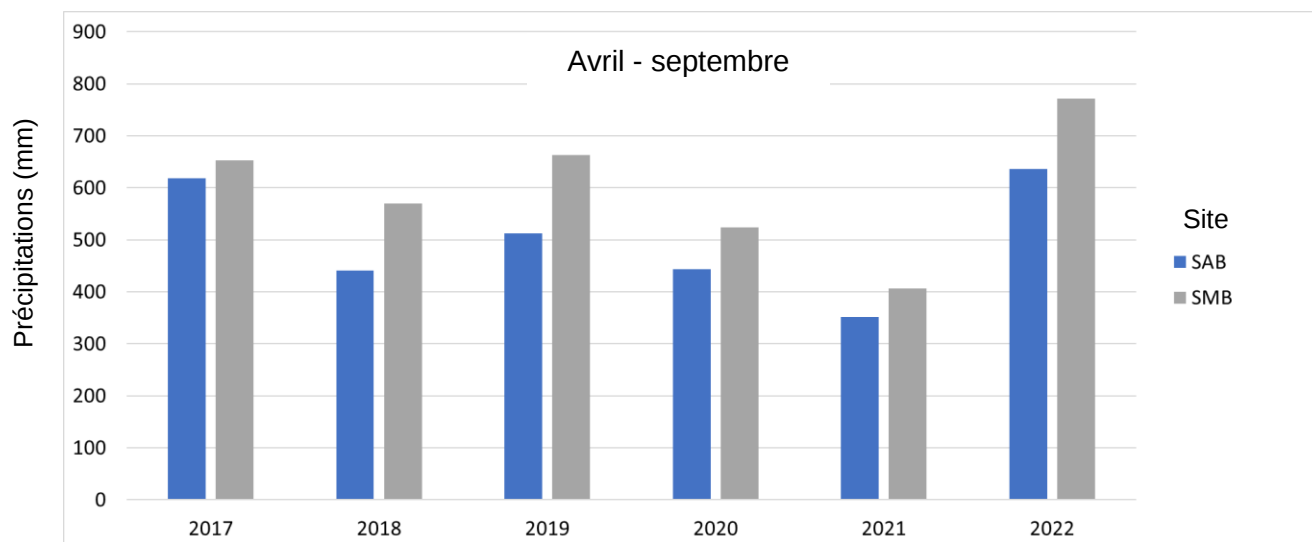


Figure 6. Précipitations totales enregistrées durant la saison de croissance (avril-septembre) à Sainte-Anne-de-Bellevue (SAB) et à Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB) au cours des six dernières années.

Hauteur

Lors des années de production 2020-2021, la hauteur de l'hybride « Nagara » implanté à SAB n'était pas statistiquement différente de celle de l'hybride « Europe » (Figure 7). Par contre, en 2022, l'hybride « Nagara » était 21 cm plus haut que l'hybride « Europe » au site de SAB (Figure 7).

Tel qu'observé lors des années précédentes, l'hybride « Nagara » cultivé à SAB était plus haut en 2022 que celui cultivé à SMB, soit 365 cm et 283 cm, respectivement (Figure 8). Cette différence peut être expliquée, du moins en partie, par la différence de type de sol retrouvé aux deux sites. Bien que les deux sites reçoivent 2930 UTM, le sol du site à SAB est loam sableux, alors qu'à SMB, il s'agit d'un loam argileux (Tableau 1).

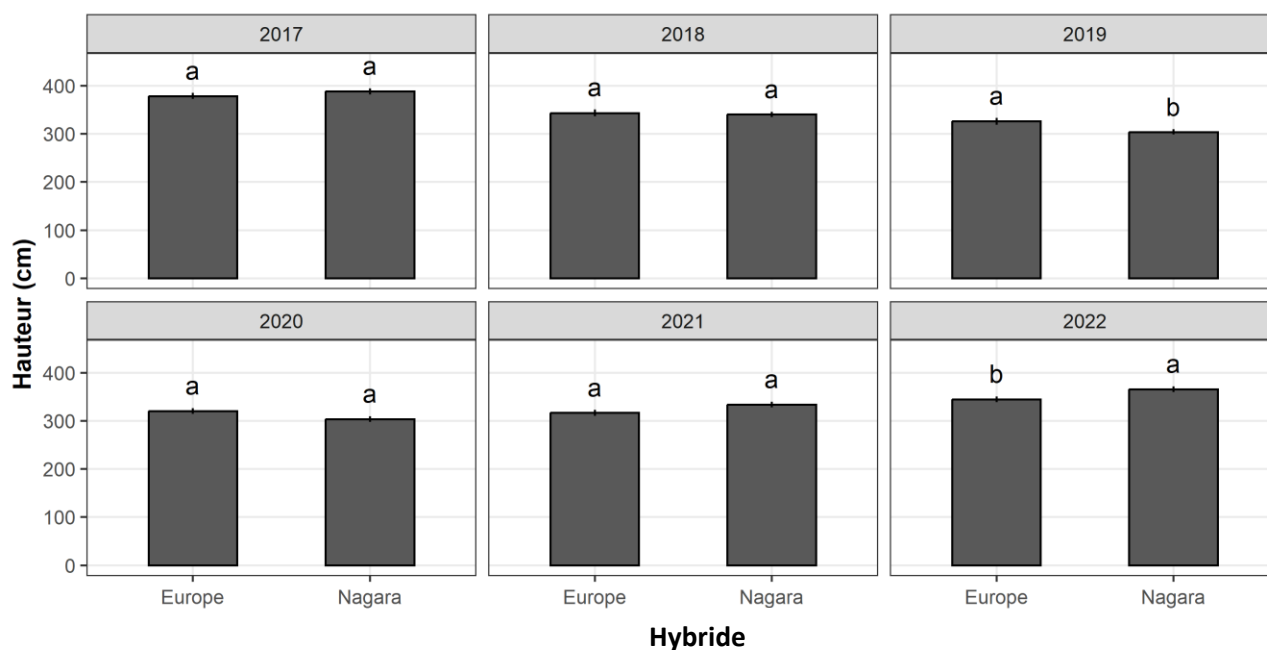


Figure 7. Comparaison de la hauteur moyenne des six dernières années de deux hybrides de miscanthus géant implanté en 2011 à SAB.

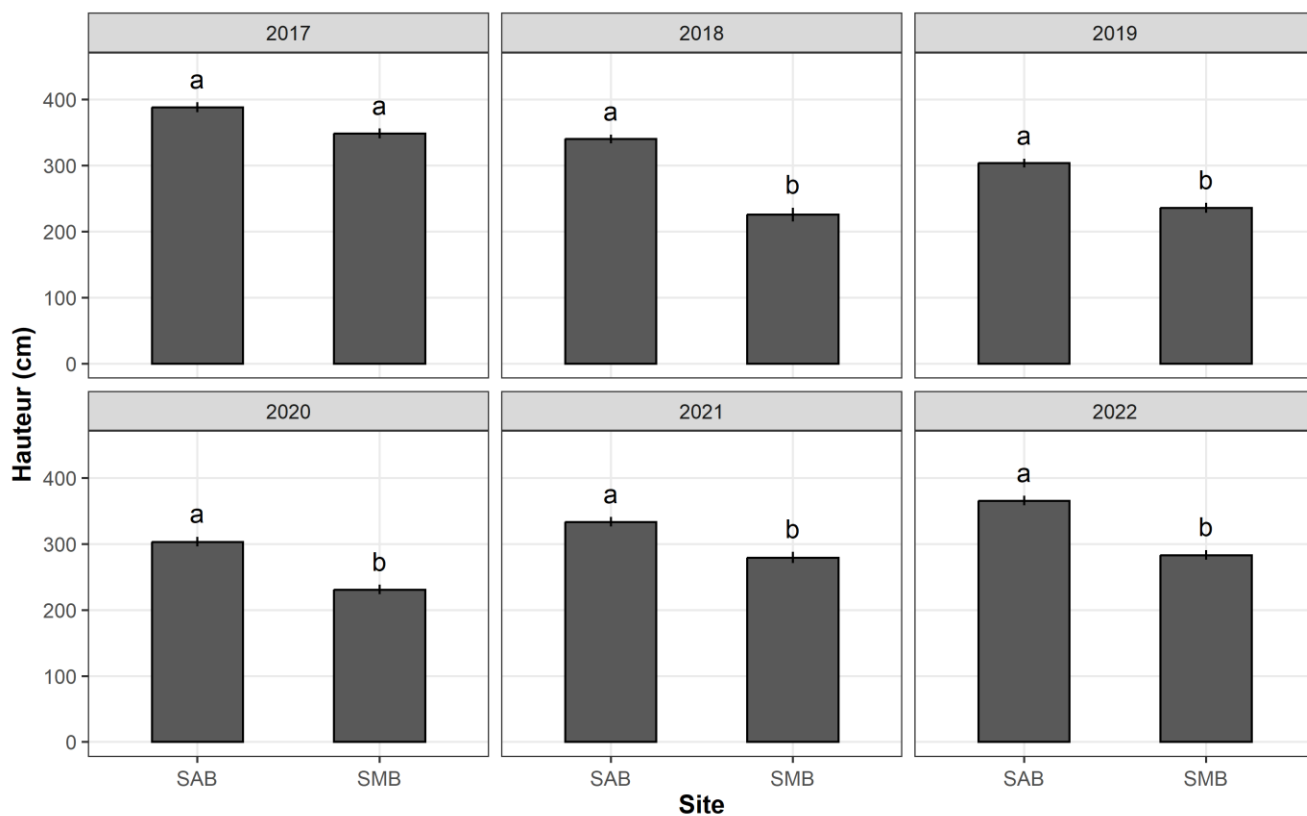


Figure 8. Comparaison de la hauteur moyenne des six dernières années de l'hybride « Nagara » de miscanthus géant à SAB et SMB.

Conclusions sur les résultats agronomiques des graminées pérennes obtenus en 2022

Les activités du RPBQ en 2022-2023 ont permis d'évaluer les aspects agronomiques du PÉ et du MG sur trois sites expérimentaux et de tirer les conclusions suivantes :

- Les rendements moyens des lignées « Blue Jacket » et « RC Blue Jacket-V » cultivées à SMB étaient significativement plus élevés (7,1 et 7,5 t/ha, respectivement) par rapport à leur témoin « Sunburst » (6,4 t/ha);
- Les rendements moyens des lignées « RC CIR-VI » et « RC CIR-III x HT-II » cultivées à LAP étaient significativement plus élevés (9,3 et 8,9 t/ha, respectivement) par rapport à leur témoin « Cave-in-Rock » (8,7 t/ha);
- Le rendement moyen de « RC Tecumseh-VI » était significativement plus élevé (6,3 t/ha) que celui de son témoin « Summer » (4,9 t/ha) dans deux sites d'étude;
- Le rendement moyen de croisement « RC CIRE-IV x BJ-V » était significativement plus élevé par rapport à son témoin « Sunburst », soit 8,9 et 6,6 t/ha à LAP et 6,4 et 4,9 6,6 t/ha à SMB, respectivement;
- Le nombre d'inflorescences du PÉ infectées par *T. maclaganii* en 2022 a été plus élevé qu'au cours des trois années précédentes, suggérant la propagation de cette maladie, mais demeurant sous contrôle;
- Aucun signe d'une infestation par la cécidomyie du PÉ n'a été observé dans les trois sites en 2022;
- L'hybride « Nagara » s'est montré plus productif à SMB (34 t/ha) qu'à SAB (24 t/ha).

Discussion et conclusion sur les résultats agronomiques des graminées pérennes obtenus pendant les 10 ans d'étude

Panic érigé

Le panic érigé (*Panicum virgatum* L.) est une graminée herbacée pérenne de climat chaud, provenant des prairies semi-arides du Centre-Ouest des États-Unis [5]. Pour le cultiver au Québec de manière rentable, il est recommandé d'avoir au moins 2200 UTM [7]. Contrairement aux cultures annuelles, le PÉ requiert des applications d'herbicides à l'implantation et l'année suivante pour favoriser son établissement. Une fois implanté, il ne requiert que peu d'intrants. Sa récolte s'effectue tous les ans durant 10 à 15 ans en utilisant la même machinerie que celle des fourrages [6, 7].

Le guide de production du PÉ [7], rédigé dans le cadre des activités du RPBQ, explique comment planter, entretenir, produire et récolter cette culture au Québec. Ce guide précise aussi comment choisir le cultivar selon la zone de rusticité et le rendement potentiel du PÉ dans différentes régions du Québec.

Selon les données du RPBQ, le rendement du PÉ varie selon la région, le type de sol et le cultivar choisi. Le rendement moyen annuel du PÉ a été le plus élevé à SMB (8 à 14 t/ha) suivi par LAP (8 à 10 t/ha), SAB (5 à 8 t/ha), AUG (5 à 7 t/ha) et NOR (4 à 6 t/ha) (Tableau 17) [1,2,8].

Tableau 17. Rendement annuel de panic érigé selon le site d'étude.

Sites	UTM	Type de sol	Région	Rendement (t/ha)
Normandin (NOR)	1823	Loam argileux	Saguenay–Lac-Saint-Jean	4 à 6
La Pocatière (LAP)	2123	Argileux	Bas-Saint-Laurent	8 à 10
Saint-Augustin-de-Desmaures (AUG)	2404	Loam à loam argileux	Capitale-Nationale	5 à 7
Sainte-Anne-de-Bellevue (SAB)	2935	Loam sableux	Montréal	5 à 8
Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB)	2930	Loam argileux	Montérégie	8 à 14

Les conditions climatiques du site à NOR ne permettent pas de produire le PÉ de manière rentable. Les cultivars les plus performants ne sont pas rustiques et les mauvaises herbes germent très rapidement empêchant à la croissance du PÉ en lui faisant compétition.

La rentabilité de production du PÉ varie selon le marché de la région. Le prix actuel de la paille de PÉ au Québec se situe entre 160 et 200 \$/t. Un document rédigé par le CRAAQ présente plus d'information sur le coût de production et la rentabilité de la culture de PÉ [9].

Dix années d'étude du RPBQ ont démontré que le PÉ atteint le plus haut rendement (8-12 t/ha/an) à la troisième année de croissance. Le rendement reste assez élevé pour les 2-3 années qui suivent et varie selon les conditions météorologiques de la région. Par la suite, le rendement tend à diminuer graduellement. Les précipitations est un facteur important pour la productivité de la plante. Ainsi, les précipitations plus abondantes observées en 2022 par rapport aux années précédentes (Figure 2 A) pourrait expliquer la légère augmentation du rendement constatée à la 10^e année de production (Figure 1).

La tendance à la baisse du rendement après 7-9 ans de production de PÉ et la stabilité du rendement pendant 17 ans de production ont été constatées par les chercheurs européens [10,11]. Parmi les cultivars étudiés de type *Upland*, « Cave-in-Rock » a démontré le plus haut rendement (10,1 t/ha/an) en Grèce, tandis que « Forestburg » était le plus productif (9,1 t/ha/an) en Italie [11].

Selon les données du RPBQ, le rendement le plus élevé de PÉ a été obtenu à SMB avec 2930 UTM (Tableau 4 et 5). « Cave-in-Rock » était le plus performant avec un rendement moyen de 9,1 t/ha/an, tandis que « Forestburg » était le moins productif avec 6,7 t/ha/an (Tableau 4 et 5).

La performance en rendement de « Cave-in-Rock » et des lignées qui en sont issues (« CIR-II », « CIRE-II ») ainsi que d'autres cultivars a été étudiée par les sélectionneurs de REAP-Canada [12]. Selon les données des essais effectués en 2011 et en 2012, « Tecumseh » et « Cave-in-Rock », cultivés à SAB, étaient les plus productifs avec un rendement de 10,4 et 10,3 t/ha/an respectivement. Leurs rendements à Cookshire-Eaton étaient significativement plus bas, soit 4,2 et 7,3 t/ha/an. Les chercheurs expliquent cet écart par la différence pédoclimatique des deux sites et par une forte présence de mauvaises herbes dans le site de Cookshire-Eaton par rapport au site de SAB [12].

Les sélectionneurs de REAP-Canada ont continué à développer de nouvelles lignées à partir de « Cave-in-Rock » qui possèdent une germination plus rapide et une meilleure adaptation aux conditions climatiques des différentes régions du Québec.

De nouveaux essais ont été mis en place dans différentes régions du Québec de 2011 à 2016 dans le cadre des activités du RPBQ. Cette étude de 10 ans a démontré la stabilité en rendement moyen élevé (8-9 t/ha/an) du cultivar « Cave-in-Rock » et ses dérivés « CIR-II », « CIRE-II » et « Shawnee » dans toute la province.

Les cultivars qui ont été récemment commercialisés par REAP-Canada sont décrits ci-après :

- « RC Big Rock II » (lignée « Cave-in-Rock-II ») est une variété de longue saison démontrant une maturité tardive (155 jours). Cette variété est recommandée pour les régions de longue saison ayant 2700 UTM.
- « RC Chippewa » (lignée « Cave-in-Rock Early-IV ») est une variété de mi-saison. Elle atteint la maturité en même temps que « Cave-in-Rock » (146 jours) et peut être implantée dans les régions ayant 2500 UTM et plus.
- « RC Sundance » (croisement « CIRE-IV x BJ-V ») est considérée comme une variété ayant une maturité de précoce à moyen (140 jours). Cette variété est suggérée pour les régions nordiques ayant au moins 2200 UTM.

Le rendement de ces trois cultivars varie entre 8 et 11 t/ha/an, selon les données du RPBQ.

Aucune différence significative en rendement n'a été trouvée entre la lignée « CIR-II » (8,9 t/ha/an) et son témoin « Cave-in-Rock » (9,1 t/ha/an) dans les essais effectués par le RPBQ pendant 10 ans (Tableau 4 et 5). En revanche, le rendement de la lignée « CIR-II » a été légèrement plus élevé (11,1 t/ha/an) que celui de son témoin « Cave-in-Rock » (10,3 t/ha/an) dans les essais effectués par d'autres chercheurs à SAB en 2012 [12].

Contrairement à l'implantation de PÉ en 2012, dans la plupart de cas, les rendements des nouvelles lignées de PÉ implantés en 2016 étaient significativement plus élevés que ceux de leurs témoins. De plus, le rendement du PÉ implanté en 2016 était étonnamment 1,5 fois plus élevé à LAP (7,8-10,6 t/ha/an) par rapport à SMB (6,1-7,0 t/ha/an) pendant cinq dernières années (Figure 3). En 2017, la forte présence de mauvaises herbes à l'implantation de PÉ observée à SMB [13] peut expliquer en partie les écarts de rendement entre les deux sites ayant un sol lourd (loam-argileux à SMB et

argileux à LAP). À partir de 2018, les mauvaises herbes ont été bien contrôlées [1, 2, 8, 29], et le rendement du PÉ aurait dû être plus élevé à SMB, un site plus chaud de 807 UTM qu'à la LAP (Tableau 17). Par contre, ce n'est pas ce qui a été observé. Il est donc possible que le PÉ n'ait pas pu s'enraciner dans les endroits où les mauvaises herbes étaient présentes en forte abondance. La réalisation d'un autre essai dans deux sites ayant le même type de sol mais des unités thermiques différentes permettrait de clarifier cet aspect.

En plus de la chaleur, le type de sol est aussi un facteur important pour l'implantation et la production de PÉ. Selon la littérature [7,14, 15], les meilleurs rendements sont obtenus dans les sols plus légers (ex. sableux) ayant un drainage naturel efficace. Ces sols se réchauffent plus rapidement au printemps, permettant d'écourter le temps de germination l'année du semis. En revanche, les sols lourds (ex. argile, loam argileux) ralentissent le développement racinaire et augmentent les probabilités de déchaussement naturel par les cycles de gel-dégel durant le printemps.

Toutefois, selon les données du RPBQ collectées depuis 10 ans, le site de SMB (loam argileux) et le site de LAP (argileux) sont les sites les plus favorables pour la production du PÉ (entre 9 et 13 t/ha) au Québec.

Au Québec, les producteurs cultivent généralement le PÉ dans des sols de types loam argileux ou loam sableux. Selon le témoignage de Monsieur Daniel Clément (Ferme Madeléo inc.), qui possède un champ de 300 ha de PÉ à Cookshire-Eaton en Estrie, il est possible d'obtenir un bon rendement de PÉ sur les deux types de sol, si le champ est bien drainé et les mauvaises herbes sont bien contrôlées lors de l'année d'implantation. « La fertilisation adéquate, surtout pendant deux premières années de production de PÉ, est un facteur aussi très important », affirme le producteur.

Monsieur Norman Caron (Ferme Norac inc.), un producteur de Salaberry-de-Valleyfield en Montérégie, cultive le PÉ depuis 20 ans dans des sols argileux et loam sableux. Au total, il possède 200 ha de culture de PÉ. Il a remarqué une légère augmentation du rendement de 1 à 1,5 t/ha dans les sols argileux par rapport à celui cultivé dans les sols sableux. « Cela est dû à la meilleure capacité du sol argileux à retenir l'eau dont la plante a besoin pour sa croissance », explique M. Caron.

Selon le témoignage de ces deux producteurs, le rendement de PÉ cultivé en Estrie (2400 UTM) est 1,5 fois plus faible (7-8 t/ha) par rapport à celui cultivé en Montérégie (3000 UTM; 10-12 t/ha).

La mise en place d'un autre essai de production de PÉ dans la même zone climatique, mais dans les champs ayant deux différents types de sol, à savoir argileux et sableux, est nécessaire pour éclairer l'effet du type de sol sur le rendement de PÉ.

Miscanthus géant

Le miscanthus est une graminée rhizomateuse pérenne originaire d'Asie ayant un métabolisme en C4, cultivée sur une période de 15-20 ans et ayant un potentiel important de production de biomasse.

En Europe, on retrouve des cultivars de deux espèces, *Miscanthus sinensis* Andersson et *M. sacchariflorus* (Maxim.), mais plus largement l'hybride *Miscanthus x giganteus* (MG) J. M. Greef et Deuter ex Hodk. et Renvoize, qui serait un croisement naturel entre les deux espèces précédentes, le rendant stérile et non invasif [6, 16]. Il se multiplie ainsi uniquement par voie végétative.

Le MG est bien adapté aux différents types de sols et de climats. En Europe, il a une large zone de croissance, allant du sud de l'Italie (37° de latitude nord) au Danemark (56° de latitude nord). En Amérique du Nord, la zone optimale de croissance du MG s'étend du golfe du Mexique au centre du Canada [17].

Pourtant, en Europe du Nord [18] et au Québec [6], plusieurs sites d'essais ont rapporté la faible survie à l'hiver du MG (surtout de l'hybride « Europe ») suivant l'année d'implantation, traduisant une mauvaise tolérance au froid.

Par contre, en Ontario, où le climat est plus clément, l'entreprise *New Energy Farms* développe et commercialise une gamme variée de cultures énergétiques pérennes, dont le MG en tête de liste.

Le rendement du MG varie en fonction du moment de la récolte, des conditions pédologiques et climatiques et des pratiques culturales (irrigation, fertilisation, etc.) [19].

Au Québec, le MG atteint son plus haut rendement à la troisième année de production, taux qui varie entre 12,5 et 25 t/ha/an selon le climat de la région, du type de sol et de l'hybride choisi [6, 13, 20]. L'entretien et la récolte du MG peuvent se faire avec des machines agricoles conventionnelles en utilisant toutefois des couteaux adaptés lors de la fauche ou une fourragère avec un nez rotatif [16].

Selon les données du RPBQ, l'hybride « Nagara » peut produire environ 16 t/ha/an de biomasse en Montérégie, tandis qu'en Capitale-Nationale et en Estrie son rendement peut atteindre 25 t/ha/an [13].

Au Québec, divers hybrides de MG ont été mis en culture par les producteurs agricoles d'Agri-Tech 2000 après l'obtention d'un financement d'un Laboratoire rural (2009-2014) du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. Le projet a été réalisé principalement dans la MRC Les Basques, dans la région du Bas-Saint-Laurent, en démontrant un potentiel de rendement de MG en matière sèche jusqu'à 17,8 t/ha/an [21].

Aux États-Unis, le rendement de MG varie entre 25 et 37 t/ha/an dans l'Illinois [22] et entre 17,5 et 25 t/ha/an en Pennsylvanie [23].

En Europe, il a été démontré que la récolte hâtive effectuée en octobre permet d'obtenir un rendement presque deux fois plus élevé (20 à 50 t/ha/an) [24, 25] que la récolte tardive effectuée en février-avril (10 à 30 t/ha/an) [26, 27].

À titre d'exemples, certains essais de récolte en octobre démontrent des rendements maximaux de 17 tonnes (Danemark), 17-30 tonnes (Allemagne et Autriche), 25 tonnes (Pays-Bas), 39 tonnes (Portugal) et 42-49 tonnes (France). Des essais de récolte tardive en février-avril démontrent des rendements maximaux de 10 tonnes (Danemark), 11-17 tonnes (Royaume-Uni), 14 tonnes (Espagne), 10-20 tonnes (Allemagne), 16-17 tonnes (Pays-Bas), 22 tonnes (Autriche), 20-25 tonnes (Italie), 26-30 tonnes (Portugal) et 30 tonnes (France) [28].

Au Québec, où le climat est plus rigoureux, les résultats du RPBQ démontrent une perte de 50 à 60 % en rendement de matière sèche de MG lors d'une récolte printanière (mi-mai) [29]. Cela s'explique principalement par les tiges cassées durant la période hivernale. Seulement la récolte à l'automne (octobre-novembre) permet d'obtenir le meilleur rendement qui varie entre 12,5 à 25 t/ha/an selon la région québécoise, le type de sol et l'hybride choisi.

Pourtant, la plupart des producteurs de MG au Québec, principalement au Bas-Saint-Laurent, le récolte au printemps pour avoir de la biomasse sèche (environ 7 t/ha/an) et éviter sa mortalité durant l'hiver (Monsieur René Cimon, agr., MAPAQ, contact personnel).

Perspectives

Les connaissances des aspects agroenvironnementaux et économiques recueillies au cours des 10 dernières années ont permis d'identifier les espèces les plus propices au développement d'une filière bio-industrielle québécoise. Plus que jamais, il est clair que le développement d'espèces de graminées pérennes dédiées à la bio-industrie constitue un secteur prometteur, permettant à la fois de soutenir une agriculture durable, de diversifier les marchés, mais également de faire partie des solutions pour une diminution des gaz à effet de serre (GES).

En tenant compte des résultats obtenus lors des dernières années, le RPBQ avec ses partenaires souhaiterait poursuivre les travaux portant sur les espèces de graminées pérennes :

- Le panic érigé (PÉ) :
 - Maintien des parcelles d'essai à Saint-Mathieu-de-Beloeil, à Sainte-Anne-de-Bellevue et à Sainte-Anne-de-la-Pocatière et les utiliser afin :
 - D'évaluer l'impact de la culture de PÉ sur la structure du sol;
 - De comprendre ce qui entraîne une baisse de rendement après 7-8 ans de culture.
 - Déterminer les conditions permettant l'implantation du PÉ en mode de production biologique;
 - Mener un projet sur les méthodes de destruction du PÉ en régie conventionnelle et en mode de production biologique;
 - Évaluer l'impact pour les rotations de cultures sur un retour de PÉ;
 - Poursuivre la veille technologique et stratégique permettant d'identifier des opportunités de développement ainsi que des débouchés pour le PÉ.
- Le miscanthus géant (MG) :
 - Production d'un guide de culture en utilisant les résultats obtenus par le RPBQ au cours des 10 dernières années;
 - Développement d'un projet portant sur les pratiques culturales favorisant l'implantation du MG et sa survie à l'hiver;
 - Étudier de façon plus approfondie les stratégies de récolte à utiliser avec le MG.

Ces projets permettront de bien connaître les diverses caractéristiques et particularités agronomiques de ces plantes, et ainsi mieux informer les producteurs quant aux diverses étapes de leur culture, de leur implantation à leur destruction au champ.

Références

1. Olishevskia S. 2022. Rapport final des activités 2021-2022 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 71 p.
2. Olishevskia S. 2020. Rapport final des activités 2019-2020 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 73 p.
3. Allaire S. et Angres D. 2011. Guide de référence en fertilisation. 2e édition, Parent L.-É., Gagné G. Editeurs. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec - CRAAQ: 519 p.
4. Moore K.J. 1991. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agronomy Journal*, 83(6): p. 1073–1077.
5. Teel A., Barnhart S., Miller G. 2003. Management guide for the production of switchgrass for biomass fuel in Southern Iowa. Iowa Cooperative Extension, Iowa State University of Science and Technology. Publication Agronomy, 2-1: 3 p.
6. Lalonde O. 2016. Rapport final des activités 2010-2016 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 95 p.
7. Martel H., Lalonde O. 2018. Guide de production du panic érigé. Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec. Agri-Réseau: 41 p.
8. Olishevskia S. 2019. Rapport final des activités 2018-2019 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 66 p.
9. Panic érigé – Budget à l'hectare. 2023. CRAAQ, ADGEX 186/821: 7 p.
10. Alexopoulou E., Zanetti F., Scorida D. et al. 2015. Long-term yields of switchgrass, giant reed and miscanthus in the Mediterranean basin. *Bioenergy Research*, 8: 1492–1499 p.
11. Alexopoulou E., Zanetti F., Papazoglou E.G. et al., 2020. Long-term productivity of thirteen Lowland and Upland switchgrass ecotypes in the Mediterranean region. *Agronomy*, 10 (923): 14 p.
12. Delaquis E., Samson R., Seguin P. et al. 2014. Impacts of improved switchgrass and big bluestem selections on yield, morphological characteristics, and biomass quality. *Advances in Agriculture*. <https://doi.org/10.1155/2014/192824>
13. Olishevskia S. 2018. Rapport final des activités 2017-2018 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 41 p.
14. Samson R., Delaquis E., Deen B. et al. 2016. Switchgrass Agronomy. Ontario Biomass Producers Co-Operative inc.: 82 p.

15. Mitchell R., Vogel K. & Schmer M. 2019. Switchgrass (*Panicum virgatum*) for Biofuel Production. *Farm-Energy*. <https://farm-energy.extension.org/switchgrass-panicum-virgatum-for-biofuel-production/#Introduction>
16. Gauthier G., Somer L. 2013. Guide pratique de la culture de miscanthus. ValBiom, Avec le soutien de la Wallonie-DG03: 31 p.
17. Heaton E. and Teske T. 2011. Giant miscanthus for biomass production. 2011. Factsheet, Iowa State University, Department of Agronomy, AG201: 2 p.
18. Walsh M. and Jones M.B. 2001. Miscanthus for energy and fibre. London. James & James: 192 p.
19. Fradj N.B., Rozakis S., Borzęcka, Matyka M. 2020. Miscanthus in the European bio-economy: A network analysis. *Industrial crops and products*, 148: 30 p.
20. Lalonde O. and Matteau I. 2017. Rapport final des activités 2016-2017 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec. CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 45 p.
21. Cimon R., 2014. Revitalisation et dynamisation du secteur agricole et industriel par l'implantation du *Miscanthus giganteus*. Laboratoire rural 2009-2014.
22. Williams M.J., Douglas J. 2011. Planting and managing giant miscanthus as a biomass energy crop. *Technical Note*, 4: 30 p.
23. Miscanthus budget for biomass production. Renewable and alternative energy fact sheet. Penn State Extension, 2013: 4 p.
24. Clifton-Brown J., Stampfl P., Jones M. 2004. Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions. *Global Change Biology*, 10(4): 509-518.
25. Lewandowski I., Clifton-Brown J., Scurlock J., Huisman W. 2000. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. *Biomass Bioenergy*, 19(4): 209–227.
26. Lesur C., Jeuffroy M.-H., Makowski D. et al. 2013. Modeling long-term yield trends of *Miscanthus giganteus* using experimental data from across Europe. *Field Crops Research*, 149: 252–260.
27. Miguez F.E., Villamil M.B., Long S.P., Bollero G.A. 2008. Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus giganteus* growth and biomass production. *Agricultural Forest Meteorology*, 148 (8-9): 1280–1292.
28. Nsanganwimana F., Pourrut B. Mench M., Douay F. 2014. Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 143: 123–134.
29. Olishevskaya S. 2021. Rapport final des activités 2020-2021 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM, Saint-Mathieu-de-Beloeil (QC): 72 p.