

## **RÉSEAU DES PLANTES BIO-INDUSTRIELLES** **Rapport final 2020-2021**



15 février 2021

**Rédaction du rapport**                      Coordonnatrice du Réseau des plantes bio-industrielles du Québec,  
Snizhana Olishevskaya, Ph.D.              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-Estrie

**Coordonnateur de l'atelier des saules à croissance rapide :**

Michel Labrecque, Professeur              Institut de recherche en biologie végétale (IRBV)

**Collaborateurs**

Philippe Seguin, Professeur	Université McGill
Caroline Halde, Professeure	Université Laval
Julie Lajeunesse, Chercheuse	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Céline Georlette, Chercheuse	Centre de développement bioalimentaire du Québec Inc.
Dominique Martin, agr.	MAPAQ-Gaspésie
Louise Morin, agr.	Conseillère en développement des entreprises agroalimentaires, Centre local de développement Abitibi
Alain-François Lamont,	Contremaître, Pépinière municipale, Ville de Boisbriand
Roger Samson, Directeur	R.E.A.P.-Canada
Antoine Dionne, M. Sc.	Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection, MAPAQ
Alexis Latraverse, M. Sc.	Professionnel de recherche en entomologie, CÉROM
Samara Driessen, M. Sc.	Professionnelle de recherche en régie des grandes cultures, CÉROM

**Responsable du**                                      Gabriela Martinez, Directrice générale,  
**Centre de recherche**                              Centre de recherche sur les grains inc. CÉROM

Centre de recherche sur les grains inc. CÉROM  
740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil, QC, CANADA, J3G 0E2  
Tél. : 450 464-2715                      Téléc. : 450 464-8767                      www.cerom.qc.ca

**Le rapport peut être cité comme suit :**      Olishevskaya S. 2021. Rapport final des activités 2020-2021 du Réseau des Plantes  
Bio-industrielles du Québec (RPBQ). CÉROM. Saint-Mathieu-de-Beloeil. 72 pages.

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

# TABLE DES MATIÈRES

Introduction	5
Sommaire des activités 2020	6
<b>Atelier saule à croissance rapide</b>	6
Sites d'étude	7
Cultivars et dispositif expérimental	8
Fréquence des recepages	9
Entretien et fertilisation	10
Mesures de croissance	11
Analyses statistiques	12
Résultats	12
Comparaison de la hauteur et du diamètre des saules	12
Comparaison des rendements en biomasse en 2020	17
Biomasse totale récoltée suivant les deux cycles de recepage testés	19
Dépistage des ravageurs et des maladies fongiques des saules	24
Conclusion sur les résultats agronomiques des saules	29
<b>Atelier des graminées pérennes</b>	31
Sites d'étude et choix des cultivars	31
Panic érigé	31
Miscanthus géant	34
Site de Stratford	34
Entretien des parcelles	35
Prise de données et récolte	38
Résultats de la saison de croissance 2020	39
Panic érigé	39
Semis 2011	39
Semis 2012	43
Semis 2015	46
Semis 2016	49
Dépistage de <i>Tilletia maclaganii</i> du panic érigé	56
Dépistage de Cécidomyies du panic érigé	59
Miscanthus géant : comparaison du rendement en fonction de la période de récolte	60
Stratford	62
Conclusions sur les résultats agronomiques des graminées pérennes	64
Publication et transfert de connaissances du RPBQ	65

Avancement dans le développement de la chaîne de valeur pour les plantes bio-industrielles	67
Bioproduits issus de la pyrolyse du panic érigé	67
Étude stratégique et technico-économique sur le potentiel d'utilisation des bio-fibres issues du PE, du MG et du SCR	68
Produits chimiques biosourcés à haute valeur ajoutée	69
Biomasse de PE en tant que bio-absorbant	70
Enjeux des transformateurs	70
Références	71

# INTRODUCTION

Afin que le Québec profite des nouveaux développements de la bioéconomie par le déploiement de chaînes de valeurs bio-industrielles, principalement dans les régions agricoles périphériques, il est important de tenir compte des enjeux économiques, agricoles et environnementaux reliés à l'approvisionnement en biomasse agricole.

C'est dans ce contexte que depuis 2009, le CÉROM coordonne le Réseau des plantes bio-industrielles du Québec (RPBQ). Par son action, le RPBQ et ses partenaires ont entrepris des essais afin de parfaire les connaissances agronomiques reliées à la production des cultures bio-industrielles (pérennes et annuelles) au Québec.

L'ensemble des projets réalisés par le RPBQ a permis de colliger plusieurs informations agronomiques et techniques. Certains de ces résultats ont permis de réaliser des guides de production pour les cultures annuelles (le sorgho sucré et le chanvre industriel) et les cultures pérennes (le panic érigé et le saule à croissance rapide) qui sont disponibles sur Agri-Réseau. Avec les années, le réseau a établi des liens avec des partenaires de différents horizons afin d'explorer les débouchés potentiels d'utilisation de la biomasse agricole pour le développement de divers bioproduits.

Les connaissances des aspects agronomiques, environnementaux et économiques recueillies pendant une dizaine d'années d'étude permettront aux conseillers agricoles, aux producteurs et autres intervenants du milieu de recommander les espèces de PBI les mieux adaptées aux conditions pédoclimatiques agricoles québécoises. Ces informations permettront également d'identifier les espèces à privilégier en fonction des besoins du marché ou autres.

Ce rapport présente les données agronomiques de divers cultivars du saule à croissance rapide (SCR), du panic érigé (PE) et du miscanthus géant (MG) cultivées dans les différentes régions du Québec, ainsi que l'avancement dans le déploiement de chaînes de valeurs utilisant ces différentes plantes bio-industrielles.

## SOMMAIRE DES ACTIVITÉS 2020

Cette section du rapport présente un compte rendu des résultats agronomiques obtenus en 2020 durant la saison de croissance des cultures et dresse un bilan général du potentiel de production des SCR, du PE et du MG comme plantes bioindustrielles.

### Atelier saule à croissance rapide

Depuis plus de quarante ans, des saules sont cultivés pour des fins de production de biomasse un peu partout dans le monde [1]. On mise principalement sur des approches de culture intensive sur courte rotation (CICR), parfois appelées taillis à courte rotation (TCR) ou « *short rotation coppice* » (SRC). La méthode de culture implique la mise en terre de boutures suivant une haute densité spatiale (15 à 18 000 plants par hectare) et la récolte répétitive des parties aériennes. Plus de détails sur la production de saules sont maintenant disponibles dans le rapport récemment publié grâce au soutien du RPBQ [2].

En 2011, le RPBQ a confié à Michel Labrecque, chercheur à l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) et professeur associé à l'Université de Montréal, la responsabilité de la filière « saules » au sein du Réseau. Huit sites de plantation ont été établis dans autant de zones aux conditions pédoclimatiques différentes permettant de comparer la croissance et la résistance aux ravageurs et aux maladies de cinq cultivars de saule. Suivant un premier cycle de production 2011-2014, un second cycle s'est amorcé en 2015 pour évaluer et comparer les rendements à plus long terme et suivant des cycles de recepage différents.

L'étude a donc pour objectifs d'évaluer les performances, les rendements ainsi que la résistance aux maladies et ravageurs de cinq cultivars de saule cultivés dans diverses régions du Québec. L'étude permettra aussi de comparer les rendements en fonction de deux différentes fréquences de recepage et finalement de statuer sur les meilleurs cultivars à utiliser selon les régions.

## Sites d'étude

Au cours de l'hiver 2011, huit sites ont été sélectionnés afin de répondre aux objectifs primaires de cette étude. Ces sites sont répartis à travers le Québec (Figure 1) et présentent des différences parfois marquées de climat régional tel que le montrent les données rapportées au Tableau 1 et tirées d'informations disponibles sur le site du Consortium régional en climatologie Ouranos. Il est à noter cependant que pour diverses raisons, les sites de St-Lambert, d'Alma et de St-Roch-de-l'Achigan ont dû être abandonnés et aucun résultat concernant ces sites ne sera présenté dans ce rapport.

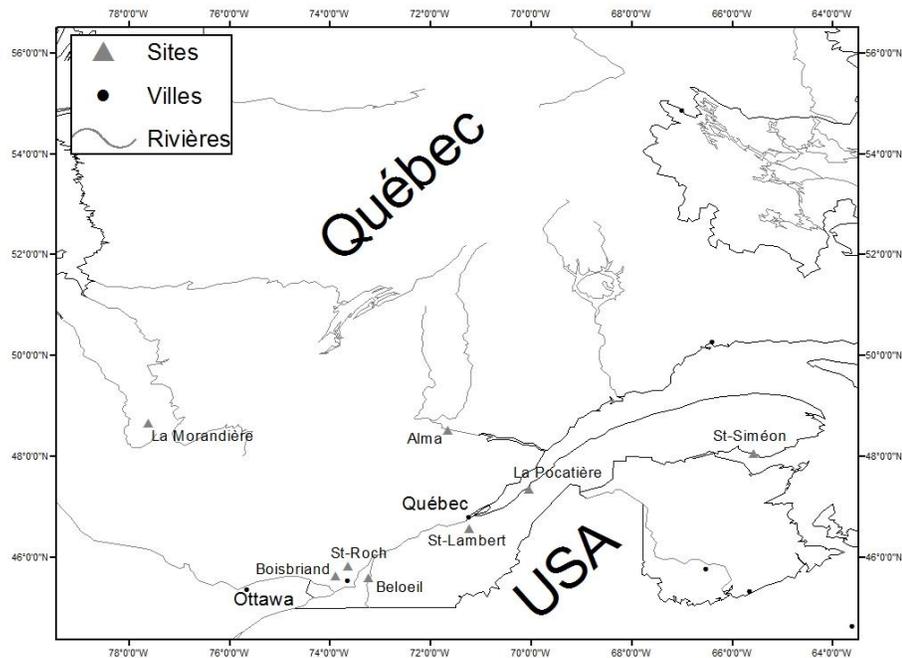


Figure 1. Localisation des huit sites inclus au début de l'étude en 2011. Les sites de St-Lambert et d'Alma ont été abandonnés depuis.

Tableau 1. Localisation et principales caractéristiques pédoclimatiques<sup>1</sup> des sites d'étude.

Site	T° annuelle moyenne (°C)	PPT totale/an (mm)	T° estivale J-J-A <sup>2</sup> (°C)	PPT estivale J-J-A <sup>2</sup> (mm)	Degrés-jour annuel (> 4°C)	Texture du sol
La Morandière	1,3	914	15,8	306	1554	Argileux
Alma*	2,5	961	17,4	317	1751	-
St-Siméon	4,4	1021	15,3	291	1263	Laom-sableux
St-Lambert*	3,7	1145	17,3	348	1915	-
La Pocatière	4,6	947	17,5	277	1874	Argileux
Boisbriand	6,5	996	20,1	282	2375	Laom-argileux-sableux
St-Roch-de-l'Achigan*	6,0	995	19,7	287	2287	-
Beloeil	7,0	1012	20,2	292	2435	Loam-argileux

Note : \* Site ne faisant plus partie de l'étude

1. Selon les informations publiées par Ouranos (<https://www.ouranos.ca>), moyenne pour 1981-2010

2. J-J-A : Signifie, juin, juillet et août, et correspond à la saison de croissance.

3. PPT : précipitations

## Cultivars et dispositif expérimental

Au printemps 2011, un dispositif expérimental a été installé sur chacun des sites sélectionnés. Le dispositif en bloc complet impliquait cinq cultivars de saule, soient *Salix dasyclados* ('SV1'), *Salix viminalis* ('5027'), *Salix miyabeana* ('SX61', 'SX64' et 'SX67') aléatoirement répartis dans des parcelles, le tout répliqué dans quatre blocs comme le montre la Figure 2. Le même dispositif a été reproduit sur chacun des huit sites.

Les saules ont été mis en place au printemps 2011. Des boutures dormantes des cinq cultivars ont été utilisées et ont été plantées à 30 cm d'espacement le long de cinq rangs espacés de 1,80 mètre (Figure 2). Dans chacun des rangs, vingt boutures ont été mises en terre, pour un total de 100 plants par cultivar par bloc (soit 400 plants par cultivar par site).

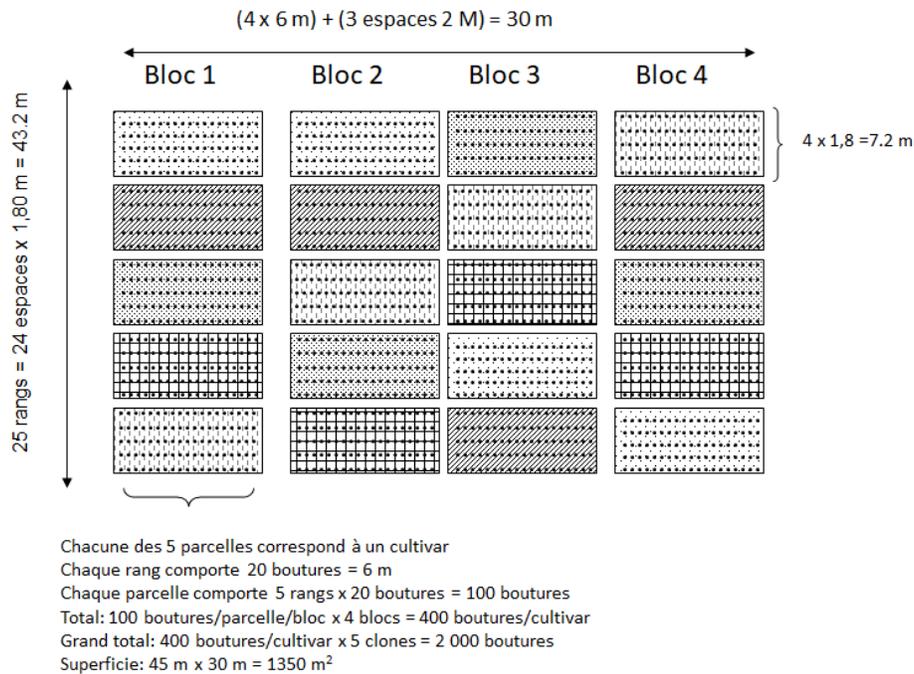


Figure 2. Dispositif expérimental mis en place sur les sites d'essais.

## Fréquence des recepages

La fréquence à laquelle les saules sont récoltés peut avoir des répercussions importantes sur les coûts d'opération comme sur les rendements. Ainsi, un traitement impliquant des fréquences de recepage différentes a été introduit afin de vérifier les conséquences sur la réponse des saules en fonction des espèces et des lieux de culture. Depuis l'automne 2014, le dispositif expérimental a été partagé de sorte que deux des blocs sont coupés aux deux ans et les deux autres le sont aux trois ans (Tableau 2). Le traitement aurait pu être appliqué autrement et nous sommes conscients que cette façon de faire introduit une forme de pseudoréplication dans notre approche, puisque le traitement n'est pas également appliqué à chacun des blocs. C'est toutefois le compromis que nous avons choisi puisqu'autrement le recepage d'une partie de chaque parcelle aurait créé de petits espaces coupés au milieu de saules non coupés avec un effet d'ombrage important et des effets non souhaités sur les plants ainsi réprimés.

Tableau 2. Fréquence des recepages selon les deux traitements appliqués.

	Recepage aux deux ans	Recepage aux trois ans
Automne 2014	✘	✘
Automne 2015		
Automne 2016	✘	
Automne 2017		✘
Automne 2018	✘	
Automne 2019		
Automne 2020	✘	✘

## Entretien et fertilisation

Au cours des années de suivi de ces dispositifs, il est important de noter qu'aucun désherbage n'a été nécessaire. Les saules étant bien établis, le développement de mauvaises herbes était relativement limité sur tous les sites. Nous constatons cependant une plus forte abondance de compétition là où la croissance des saules était moins forte.

Des amendements en fertilisant chimique ont été apportés au cours de l'étude. Des doses d'urée (46-0-0) équivalant à 100 kg de N ha<sup>-1</sup> ont ainsi été appliquées comme indiqué au Tableau 3.

Tableau 3. Fréquence des applications en fertilisant au cours de l'étude entre 2014 et 2020\*.

	Recepape aux deux ans	Recepape aux trois ans
Automne 2014	RECEPAGE	RECEPAGE
Printemps 2015		
Automne 2016	RECEPAGE	
Automne 2017		RECEPAGE
Printemps 2018		
Automne 2018	RECEPAGE	
Printemps 2019		
Automne 2019		
Automne 2020	RECEPAGE	RECEPAGE

\*Les cellules colorées en vert correspondent à des applications d'urée pour un équivalent d'apport en azote de 100kg ha<sup>-1</sup>.

## Mesures de croissance

À la fin de la saison 2020, des mesures de croissance et de rendements en biomasse ont été réalisées sur toutes les parcelles de tous les sites. La hauteur de la plus haute tige et le diamètre de celle-ci (mesuré à 10 cm au-dessus du sol à l'aide d'un vernier) ont été mesurés sur neuf plants choisis au hasard sur les trois rangs du milieu de chaque parcelle (trois plants par rang).

Ces mêmes neuf plants ont ensuite été coupés à la base et la biomasse aérienne ainsi récoltée a été pesée au champ. Afin d'évaluer le pourcentage d'eau et évaluer la biomasse sèche des échantillons, des portions prélevées à différents niveaux de tiges (1 tige/plant x 2 plants/parcelle X 2 blocs) ont été prélevées et placées dans un sac de papier. Le poids frais de ces échantillons a été mesuré puis les échantillons ont été placés à l'étuve à 55°C pour au moins une semaine, puis peser à nouveau.

Notons que dû à diverses contraintes, sur le site de Saint-Siméon, six plants par parcelle, au lieu de neuf, ont été échantillonnés et seules les biomasses ont été échantillonnées.

## Analyses statistiques

Une analyse de variance à trois critères de classification a été utilisée pour comparer les valeurs de hauteur, de diamètre et de rendement annuel en biomasse selon les cultivars, les sites et l'âge des tiges (hauteur et diamètre) ou la longueur de la rotation (rendement annuel). Lorsque l'analyse de variance a mis en évidence des différences au seuil  $\alpha \leq 0,05$ , des tests de comparaison multiple à postériori (Tukey HSD) ont été réalisés. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel JMP 14.0.

## Résultats

### Comparaison de la hauteur et du diamètre des saules

La hauteur et le diamètre des tiges des divers cultivars de saule mesurés sur chacun des sites sont présentés au Tableau 4 et à la Figure 3. L'analyse de variance montre que ces valeurs, tant pour la hauteur que pour le diamètre varient significativement ( $p < 0,001$ ), mais que les interactions sites x cultivars ne montrent pas de différence significative.

Comme on peut le voir à la Figure 3 et au Tableau 5, seul le cultivar '5027' présente des tiges significativement plus courtes, et tous les sites se comparent, sauf pour le site d'Abitibi (La Morandière en Abitibi) où les plants sont beaucoup moins hauts.

Les diamètres suivent un peu cette même tendance (Tableau 5) sauf que le site de La Pocatière se distingue avec des tiges aux diamètres significativement plus gros (tous cultivars confondus).

Tableau 4. Comparaison de la hauteur et du diamètre des tiges de saule de deux ans mesurés sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Site	Cultivar	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)
<b>Abitibi*</b>	5027	131,5	8,9
	SV1	157,9	8,2
	SX61	252,5	13,8
	SX64	257,8	12,1
	SX67	239,3	13,9
<b>Beloil</b>	5027	316,5	16,0
	SV1	451,1	22,1
	SX61	455,6	25,8
	SX64	410,4	24,1
	SX67	457,0	28,0
<b>Boisbriand</b>	5027	237,1	12,2
	SV1	427,2	15,6
	SX61	501,4	22,3
	SX64	376,4	21,0
	SX67	353,8	19,2
<b>La Pocatière</b>	5027	398,8	25,1
	SV1	447,8	25,4
	SX61	452,8	28,9
	SX64	410,8	30,9
	SX67	465,4	33,3

\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

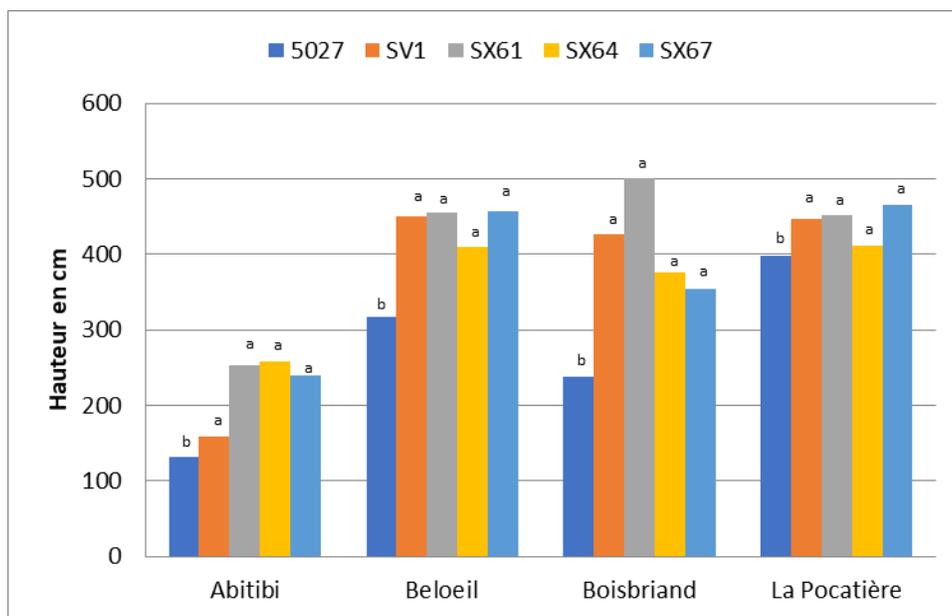


Figure 3. Comparaison de la hauteur des plants de deux ans (recepés aux deux ans) sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Des lettres différentes au-dessus des colonnes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ )

Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Tableau 5. Résultats des tests de comparaison multiple *a posteriori* (Tukey HSD) pour les valeurs de hauteur et de diamètre de tiges de deux ans des saules sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Comparaison des hauteurs			
Selon les sites		Selon les cultivars	
<b>Boisbriand</b>	A	'SX61'	A
<b>La Pocatière</b>	A	'SX64'	A
<b>Beloeil</b>	A	'SX67'	A
<b>Abitibi</b>	B	'SV1'	A
		'5027'	B
Comparaison des diamètres			
<b>La Pocatière</b>	A	'SX61'	A
<b>Beloeil</b>	AB	'SX64'	A
<b>Boisbriand</b>	B	'SX67'	A
<b>Abitibi</b>	C	'SV1'	B
		'5027'	B

Des lettres différentes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ )

Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Pour les saules qui ont été soumis à une fréquence de recepage de trois ans, les résultats sont différents et nous avons observé plus d'interactions entre les cultivars et les sites. Les valeurs moyennes pour les hauteurs et diamètres sont présentées au Tableau 6. Le cultivar '5027' est généralement le moins performant, mais qu'il réussit mieux à La Pocatière et à Boisbriand. On a remarqué aussi que, quel que soit le cultivar, de fortes valeurs sont souvent enregistrées à La Pocatière. Cela demeure étonnant considérant la localisation géographique de ce site.

Tableau 6. Comparaison de la hauteur et du diamètre des tiges de saule de trois ans mesurés sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Site	Cultivar	Hauteur (cm)	Diamètre (mm)
<b>Abitibi*</b>	5027	30,8	5,1
	SV1	140,1	8,6
	SX61	209,9	10,6
	SX64	255,4	11,3
	SX67	223,4	10,1
<b>Beloeil</b>	5027	355,1	19,0
	SV1	449,2	23,4
	SX61	497,3	31,0
	SX64	440,3	27,1
	SX67	446,5	27,2
<b>Boisbriand</b>	5027	428,3	21,3
	SV1	520,3	25,1
	SX61	574,1	30,3
	SX64	533,5	31,5
	SX67	483,6	27,1
<b>La Pocatière</b>	5027	404,1	31,1
	SV1	554,1	35,3
	SX61	431,0	31,7
	SX64	412,6	33,6
	SX67	489,9	37,6

\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

La Figure 4 présente graphiquement comment ces résultats varient d'un site à l'autre. On remarque que les valeurs des sites de Beloeil, Boisbriand et La Pocatière se comparent assez bien et que pour ces trois sites, la plupart des cultivars enregistrent des hauteurs statistiquement comparables.

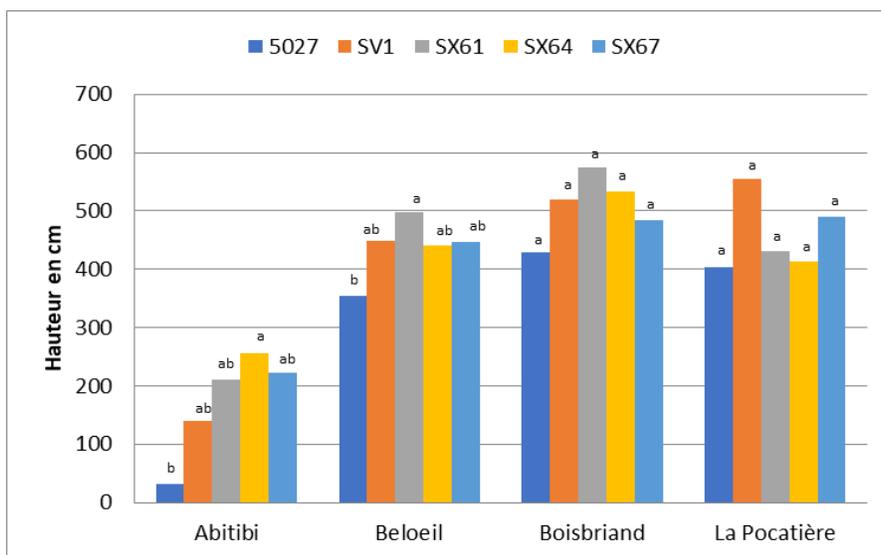


Figure 4. Comparaison de la hauteur des plants de trois ans (recepés aux trois ans) sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Des lettres différentes au-dessus des colonnes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ )

Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

La comparaison des diamètres des tiges de saules de trois ans ressemble à ce qui a été présenté plus haut pour les tiges de deux ans (Tableau 7 et Tableau 5). Les plus forts diamètres tous cultivars confondus ont été mesurés à La Pocatière ( $p < 0,05$ ).

Tableau 7. Résultats des tests de comparaison multiple *a posteriori* (Tukey HSD) pour les valeurs de hauteur et de diamètre de tiges de trois ans des saules sur quatre des cinq sites expérimentaux.

Comparaison des diamètres			
Selon les sites		Selon les cultivars	
La Pocatière	A	'SX61'	A
Boisbriand	B	'SX64'	A
Beloeil	B	'SX67'	A
Abitibi*	C	'SV1'	AB
		'5027'	B

Des lettres différentes au-dessus des colonnes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

## Comparaison des rendements en biomasse en 2020

De façon générale la production de biomasse aérienne constitue le paramètre le plus intéressant lors de la culture de plantes pour des fins industrielles, notamment pour l'énergie. Il demeure toutefois que des plantes moins productives peuvent être intéressantes si la cible d'intérêts est un produit du métabolisme [3]. En effet, la relation entre la productivité en biomasse aérienne et l'élaboration de certains métabolites varie selon les conditions de culture et les niveaux de stress biotiques et abiotiques [4].

Les rendements en biomasse aérienne mesurés sur chacun des sites pour chaque cultivar sont présentés aux Tableaux 8 et 9. Ces résultats ont été établis à partir des valeurs moyennes du poids sec par plant suivant les échantillonnages des plants de deux ans et trois ans. L'estimation du rendement à l'hectare s'est faite en multipliant la valeur moyenne de poids secs par la densité équivalente des saules à l'hectare. Nous avons pris une valeur très conservatrice de 16 500 plants par hectare, considérant une légère mortalité de tiges (< 5%) dans les parcelles expérimentales au cours des années.

Tableau 8. Rendements en biomasse aérienne, en tonnes sèches par hectare, pour des tiges de deux ans de cinq cultivars testés sur cinq sites expérimentaux, mesurés en 2020.

	<b>Abitibi*</b>	<b>Beloil</b>	<b>Boisbriand</b>	<b>La Pocatière</b>	<b>St-Siméon</b>
<b>5027</b>	0,52	17,60	10,52	28,67	10,13
<b>SV1</b>	2,35	29,74	14,47	30,94	21,98
<b>SX61</b>	7,18	28,77	24,34	22,86	18,18
<b>SX64</b>	5,45	25,75	20,70	21,25	14,71
<b>SX67</b>	6,60	39,12	14,63	26,61	18,71

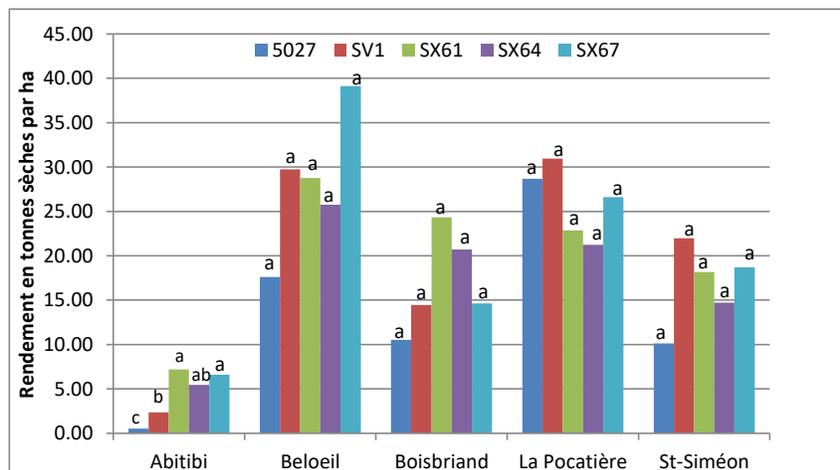
\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Tableau 9. Rendements en biomasse aérienne en tonnes sèches par hectare pour des tiges de trois ans de cinq cultivars testés sur cinq sites expérimentaux, mesurés en 2020.

	Abitibi*	Beloil	Boisbriand	La Pocatière	St-Siméon
<b>5027</b>	0,89	41,79	23,72	42,66	15,07
<b>SV1</b>	2,45	52,55	39,85	<b>63,58</b>	51,76
<b>SX61</b>	4,99	45,41	43,14	28,66	31,88
<b>SX64</b>	4,70	38,77	53,25	36,76	29,60
<b>SX67</b>	4,01	50,69	37,84	38,25	32,88

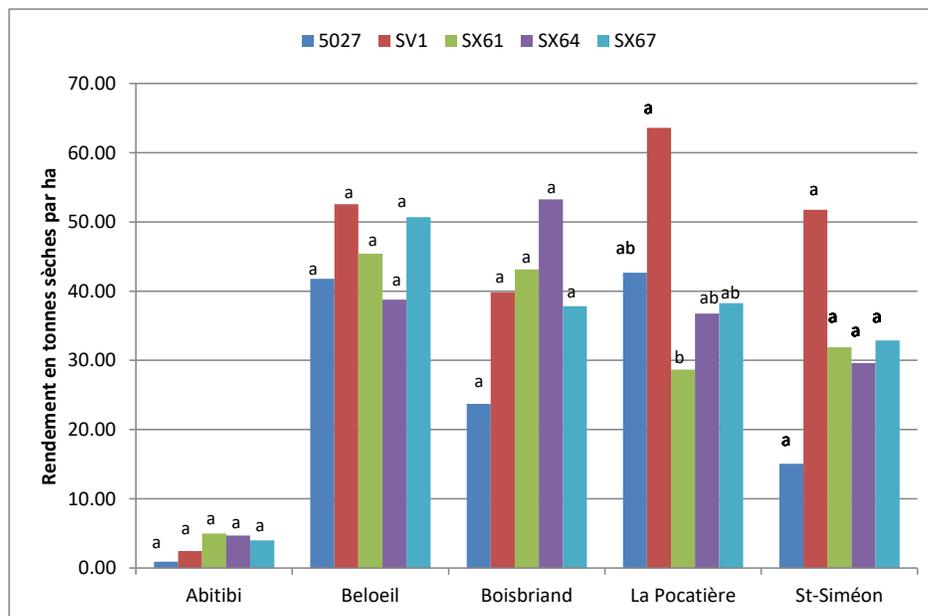
\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Les Figures 5 et 6 présentent les résultats des analyses de Tukey et permettent de comparer les valeurs moyennes des rendements de chaque cultivar, sur chacun des sites. Dans l'ensemble, les meilleurs rendements sont obtenus à Beloil, le site le plus au sud de la province. À l'opposé, le site en Abitibi est toujours le moins productif. En général, et pour les deux fréquences de recepage, nous constatons très peu de différence statistique entre les rendements des cultivars sur chacun des sites. Notons un rendement significatif plus grand pour le cultivar 'SV1' récolté suivant une fréquence de trois ans sur le site de La Pocatière. En fait, cette impressionnante valeur de 63,58 tonnes sèches correspond à une valeur annuelle de 21,2 t/ha, et à la plus haute valeur de biomasse récoltée tous sites et tous cultivars confondus (Tableau 9 et Figure 6).



Des lettres différentes au-dessus des colonnes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ )  
Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Figure 5. Comparaison des rendements obtenus pour une croissance de deux ans en biomasse sur les cinq sites expérimentaux en fonction du cultivar.



Des lettres différentes au-dessus des colonnes indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ )  
 Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Figure 6. Comparaison des rendements obtenus pour une croissance de trois ans en biomasse sur les cinq sites expérimentaux pour chacun des cultivars.

## Biomasse totale récoltée suivant les deux cycles de recepage testés

En 2020, la récolte des saules et les mesures de biomasse nous ont permis de comparer l'effet de deux fréquences de recepage différentes sur la biomasse totale en fonction du cultivar de saule, la moitié des saules ayant été cultivée sur un cycle de deux ans et l'autre sur un cycle de trois ans (Tableau 2).

La fréquence de recepage de deux ans ou de trois ans n'a pas entraîné de différences significatives sur les rendements, sans égard au cultivar (Tableau 10) En effet, ceux-ci demeurent tout aussi productifs qu'ils soient récoltés aux deux ans ou aux trois ans. Ce résultat est intéressant, d'une part parce que peu d'études de cette nature ont été réalisées sur une aussi longue période de temps et, d'autre part, parce que la littérature scientifique rapporte des résultats contradictoires à ce sujet. Ainsi, Bullard et al. (2002) [5] concluent qu'une plus grande fréquence de recepage conduirait à une plus grande récolte en biomasse. Une étude plus récente, conduite au Japon [6] concluait que des fréquences de recepage plus rapprochées avaient des effets négatifs sur la productivité des saules.

Tableau 10. Résultats de l'analyse de variance visant à évaluer l'effet du site, du cultivar et de la fréquence du recepage sur les rendements en biomasse.

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
<b>Site</b>	4	4	10,42	191,7250	<b>&lt;,0001</b>
<b>Recepage</b>	1	1	10,81	0,9584	0,3490
<b>Site*Recepage</b>	4	4	10,42	1,6874	0,2259
<b>Cultivar</b>	4	4	41,67	9,9984	<b>&lt;,0001</b>
<b>Site*Cultivar</b>	16	16	40,94	3,3123	<b>0,0010</b>
<b>Recepage*Cultivar</b>	4	4	41,67	0,0873	0,9859
<b>Site*Recepage*Cultivar</b>	16	16	40,94	0,3682	0,9831

Nparm : nombre de paramètres, DF : degrés de liberté, DF Den : nombre de degrés de liberté pour le dénominateur du F ratio  
 En caractères gras, les effets ou interactions présentant un effet significatif ( $p < 0,05$ ).

La Figure 7 compare les valeurs cumulées de biomasse suivant toutes les récoltes effectuées pour le cycle de deux ans (2016, 2018 et 2020) et de trois ans (2017 et 2020). Il est difficile de dégager des constances puisque les rendements d'un cycle à l'autre sont évidemment influencés par les conditions météorologiques. Étonnement, le cultivar '5027' a démontré un bon rendement sur le site de Boisbriand suivant le recepage de 2018 (cycle de deux ans). Ce cultivar généralement moins productif semble avoir connu de bonnes saisons de croissance en 2019 et 2020. Il en est de même pour le cultivar 'SX64' sur le site d'Abitibi entre 2015 et 2017 (cycle de trois ans). On s'explique mal qu'après une si bonne croissance, ce cultivar ait été si peu productif par la suite (2017-2020). Une analyse plus poussée de ces résultats en lien avec les conditions climatologiques de chacune des années pour chacun des sites apporterait peut-être des éléments d'explication.

Si les fréquences de recepage n'ont pas entraîné de différence significative (Tableau 10), nous observons des différences intéressantes quant à la biomasse totale récoltée pour les différents cultivars sur chacun des sites, mais sur une longue période de temps. Ainsi, sur le site en Abitibi, les cultivars 'SX61', 'SX64' et 'SX67' ont fourni les meilleurs rendements. Sur les sites plus méridionaux (Boisbriand et Beloeil), seul le cultivar '5027' se démarque par sa mauvaise performance. Les quatre autres cultivars présentant des performances de productivité statistiquement similaires.

Pour les sites de La Pocatière et St-Siméon, plus à l'est, c'est le cultivar 'SV1' qui se démarque davantage (Tableau 10 et Figure 7).

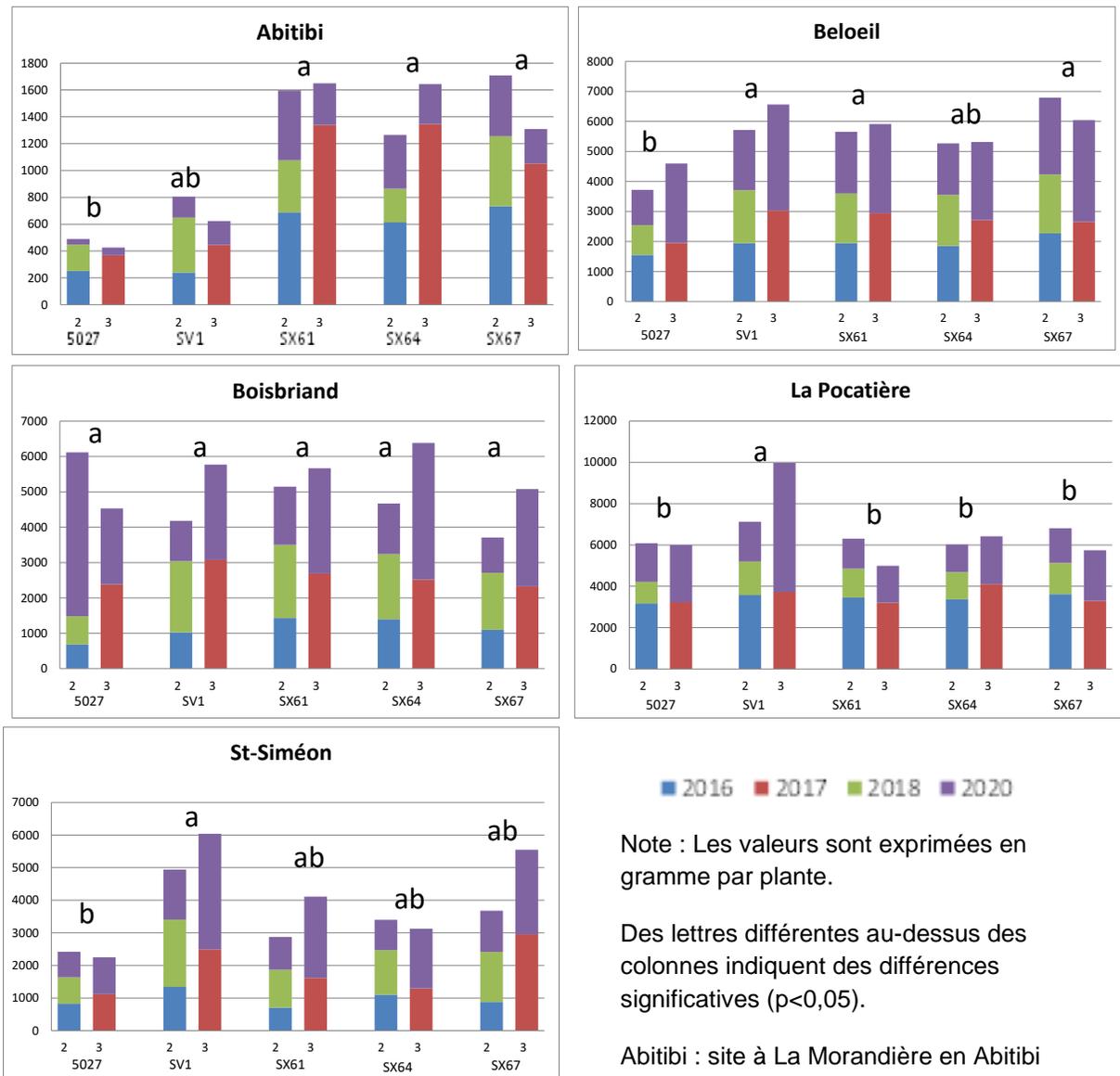


Figure 7. Comparaison des rendements en biomasse (g/plant) cumulés selon des fréquences de récolte de deux ou trois ans pour chacun des cultivars sur les cinq sites expérimentaux.

Les valeurs présentées à la Figure 7 (biomasse cumulée par plant) sont rapportées à l'hectare sur la base d'une densité de 16 500 plants ha<sup>-1</sup>. Au Tableau 12, nous présentons ces mêmes valeurs, mais sur une base annuelle. En fait, les valeurs du Tableau 11 sont divisées par six, pour les six années de culture (2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020) qui ont permis de cumuler et de récolter cette biomasse.

Ces Tableaux nous permettent de mettre en valeur les excellents rendements mesurés sur le site de La Pocatière, notamment pour cultivar 'SV1'. Celui-ci a permis de cumuler près de 150 tonnes sèches par hectare, soit l'équivalent de presque 25 tonnes sèches par année, suivant deux récoltes espacées aux trois ans (2017 et 2020).

La Figure 7 nous permet également de constater que la productivité des divers cultivars semble s'accroître au fil des années, particulièrement sur les sites plus au sud (Boisbriand et Beloeil). Les rendements mesurés suivant la plus récente récolte (2020) ont donné lieu aux plus grandes valeurs de biomasse récoltée (en mauve sur la Figure 7). De meilleurs rendements avec les années, combinés à des coûts d'entretien minimaux viennent renforcer les arguments économiques en faveur de la croissance des saules.

Tableau 11. Biomasse totale (tonne sèche ha<sup>-1</sup>) récoltée et cumulée (2014-2020) suivant deux cycles de recepage pour les cinq cultivars cultivés sur cinq sites expérimentaux.

Site	Recepage	5027	SV1	SX61	SX64	SX67
<b>Abitibi*</b>	2 ans	7,34	12,06	23,94	18,97	25,62
	3 ans	6,39	9,35	24,74	24,66	19,65
<b>Beloeil</b>	2 ans	55,77	85,73	84,83	79,07	101,87
	3 ans	68,96	98,43	88,73	79,76	90,63
<b>Boisbriand</b>	2 ans	91,77	62,70	77,22	70,03	55,60
	3 ans	67,95	86,55	85,02	95,77	76,20
<b>La Pocatière</b>	2 ans	91,22	106,92	94,51	90,29	102,19
	3 ans	89,92	149,53	74,92	96,27	86,11
<b>St-Siméon</b>	2 ans	36,28	74,09	43,10	50,97	55,17
	3 ans	33,69	90,55	61,63	46,90	83,20

\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

Tableau 12. Rendements annuels moyens en biomasse (tonne sèche ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>) calculés pour la période 2014-2020 suivant deux cycles de recepage pour les cinq cultivars cultivés sur cinq sites expérimentaux.

Site	Recepage	5027	SV1	SX61	SX64	SX67
<b>Abitibi*</b>	2ans	1,22	2,01	3,99	3,16	4,27
	3ans	1,06	1,56	4,12	4,11	3,27
<b>Beloil</b>	2ans	9,30	14,29	14,14	13,18	16,98
	3ans	11,49	16,40	14,79	13,29	15,10
<b>Boisbriand</b>	2ans	15,30	10,45	12,87	11,67	9,27
	3ans	11,33	14,42	14,17	15,96	12,70
<b>La Pocatière</b>	2ans	15,20	17,82	15,75	15,05	17,03
	3ans	14,99	24,92	12,49	16,04	14,35
<b>St-Siméon</b>	2ans	6,05	12,35	7,18	8,49	9,19
	3ans	5,62	15,09	10,27	7,82	13,87

\*Abitibi : site à La Morandière en Abitibi

## Dépistage des ravageurs et des maladies fongiques des saules

Bien que le budget limité de 2020 n'ait pas permis d'effectuer le dépistage des ravageurs du SCR dans tous les 5 sites expérimentaux, certains ravageurs et agents phytopathogènes du SCR ont été détectés dans le site de Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB).

Ainsi, la défoliation complète de *Salix viminalis* 'SV5027' et *Salix dasyclados* 'SV1' causée par l'alimentation des chenilles de *Lymantria dispar* a été observée le 6 juin 2020 (Figure 8). Trois mois plus tard, lors de la repousse des feuilles, les mêmes cultivars ont été la cible des chenilles à bosse rouge *Schizura concinna* (Figure 9), résultant encore une fois la défoliation complète. L'infestation de ceux deux cultivars du SCR par ces deux ravageurs a été observée dans la même période de croissance en 2019 et en 2018 à SMB.

La spongieuse *Lymantria dispar* est un des principaux défoliateurs des feuillus en Amérique du Nord. Cette espèce extrêmement polyphage peut se nourrir de plus de 500 espèces de plantes [7].

Comme organisme de quarantaine, la spongieuse est sous la surveillance de la Division de la production et de la protection des végétaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Un inventaire annuel des populations est effectué à l'aide de pièges à phéromone depuis 1954. Tel qu'observé lors de notre étude, les dommages sont causés uniquement par la chenille de la spongieuse qui s'alimente dès la formation des feuilles au mois de mai. Lorsque l'arbre est complètement défolié, les larves quittent l'arbre et migrent en groupe à la recherche de nouvelles sources de nourriture [7]. Malgré la capacité des arbres à refaire leur feuillage au cours de l'été, les dommages entraînent une importante réduction de croissance.

Pour protéger les arbres isolés ou d'ornement, il est recommandé de ramasser et de détruire les masses d'œufs que l'on retrouve à l'automne sur les arbres, les pierres ou tout autre objet. Au mois de juin, on peut récolter les larves âgées lorsqu'elles se rassemblent dans des endroits ombragés en ceinturant la base des troncs avec du papier goudronné [7].

La chenille à bosse rouge, *Schizura concinna*, est strictement nord-américaine. C'est une espèce polyphage qui se nourrissant du feuillage de plusieurs arbres et arbustes tels que le peuplier, le saule et le pommier [8]. Elle produit généralement une génération par année, bien qu'une seconde génération partielle soit possible. Le développement larvaire s'étale de juillet à la mi-septembre, tel qu'observé sur notre site à SMB (Figures 8-10).



Figure 8. Défoliation complète du *Salix viminalis* 'SV5027' causée par l'alimentation des chenilles de *Lymantria dispar* (SMB, le 6 juin 2020).



Figure 9. Abondance de jeunes chenilles à bosse rouge *Schizura concinna* sur *Salix viminalis* 'SV5027' (SMB, le 27 août 2020).



Figure 10. Infestation de *Salix viminalis* 'SV5027' par les chenilles à bosse rouge *Schizura concinna* (SMB, le 28 août 2019).

Parmi les moyens de lutte, on recommande d'éliminer les chenilles présentes sur les branches touchées. On suggère d'intervenir de façon localisée dans le cas des arbres gravement infestés. En cas d'infestation d'importance économique, utiliser des insecticides sélectifs (par exemple, *Bacillus thuringiensis*) ou des insecticides à large spectre [9].

Plusieurs chancres longitudinaux de 3 à 8 cm de long, d'aspect liégeux, craquelé et fendillé (Figure 11) ont été observés sur plusieurs cultivars de SCR à la fin de l'été 2020. À l'intérieur de la tige, nous avons pu observer une trentaine d'œufs de grillons sous le chancre, appartenant au genre *Oecanthus* (famille Gryllidae). Les *Oecanthus*, en pondant leurs œufs à l'intérieur de tiges d'arbustes, causent fréquemment un arrêt partiel du transport de la sève vers les feuilles, ainsi que des déformations. Ces insectes sont généralement peu dommageables pour les cultures. Cependant, les tiges endommagées par la présence d'œufs de grillons dans la moelle, sous les chancres, deviennent plus sensibles aux bris mécaniques et les trous de ponte sont des portes d'entrée pour divers pathogènes [10].



Figure 11. Chancre de saule à croissance rapide causé par la ponte d'œufs du grillon arboricole *Oecanthus* sp. (A : chancre de *Salix viminalis* 'SV5027', site de SMB, le 27 août 2020; B : nymphe de grillon arboricole; C : Œufs oviposés par *Oecanthus forbesi*)

En 2019 et 2020, on a observé souvent le chancre noir des tiges et l'antracnose des feuilles de saule à croissance rapide, les maladies fongiques causées par *Glomerella salicis* (syn. *Glomerella miyabeana*) et *Glomerella cingulata* (Figures 12 et 13). Les taches marbrées beiges à brunes foncées, sans halo, jaune, de forme irrégulière apparaissent sur les tiges et les feuilles basales, médianes et terminales à la fin d'été. Le champignon du chancre noir du saule (*G. miyabeana*) tue les nouvelles pousses et provoque l'apparition de chancres sur le matériel infecté. La défoliation est souvent complète et peut résulter à la mort de l'arbre en trois ans environ [11].

Des conditions météorologiques fraîches et humides sont propices à l'apparition de la maladie, mais celle-ci varie en intensité d'année en année et d'une localité à l'autre. Il n'existe aucun produit homologué contre le chancre noir. Il est recommandé de rabattre (15 à 30 cm plus bas que le dernier symptôme) et détruire les branches infectées pendant la saison de dormance afin de réduire la propagation des maladies [12]. La taille des arbres ne devrait pas se faire par temps humide. Le ratissage des feuilles mortes au printemps avant la sortie du nouveau feuillage est également recommandé.



Figure 12. Chancre noir des tiges et anthracnose des feuilles de *Salix viminalis* 'SV5027' causés par *Glomerella cingulata* (SMB, le 27 août 2019).



Figure 13. Chancre noir des tiges et anthracnose des feuilles de *Salix viminalis* 'SV5027' causé par *Glomerella salicis* et *Glomerella cingulata* (SMB, le 27 août 2020).

## Conclusion sur les résultats agronomiques des saules

Cette étude amorcée en 2011 arrive à terme. Par les mesures et le suivi rigoureux qui ont été réalisés, ce projet nous a permis d'obtenir des données précieuses rarement rapportées dans la littérature scientifique. Le présent projet a aussi permis de comparer les cultures de saules en CICR suivant un vaste gradient de conditions pédoclimatiques, allant des conditions idéales, comme celles que l'on retrouve dans le sud de la province, aux situations les plus extrêmes en termes de climat.

Tous les cultivars faisant partie de cette étude, à l'exception de '5027', ont présenté des rendements relativement comparables d'une région à l'autre et d'une année à l'autre. Sur les sites plus au sud (Boisbriand et Beloeil) les rendements des quatre cultivars autres que '5027', sont statistiquement similaires. Toutefois, en 2020, nous avons observé certaines différences entre les cultivars notamment sur le site de La Pocatière, où le cultivar 'SV1' s'est révélé particulièrement productif. Il appert que ce cultivar gagne en performance avec les années notamment sur les sites plus nordiques. C'est d'ailleurs ce cultivar qui a présenté les meilleurs rendements sur le site de La Pocatière avec des valeurs annuelles de près de 25 tonnes sèches à l'hectare. Il est difficile de comprendre les raisons qui ont favorisé une telle réponse, mais il est permis de penser qu'il s'agit d'un ensemble de conditions (température, précipitations, absence de la pression des ravageurs) qui favorise cette région du Québec et ce cultivar en particulier. Il serait probablement un cultivar à recommander pour la culture des saules dans le Bas-du-Fleuve, mais aussi en Gaspésie où il a également très bien performé.

À l'opposé, les résultats obtenus en Abitibi sont décevants. Les rendements pour l'ensemble des cultivars représentent à peine 10% de ce qui est mesuré sur les autres sites. Il semble que la culture de saules pour des fins énergétiques (où la production de biomasse est importante) n'est pas à encourager dans cette région de la province, et ce, malgré des conditions climatiques comparables à celles d'autres régions telle que la Gaspésie. Il est probable que la nature très argileuse des sols du site de La Morandière en Abitibi constitue un élément additionnel qui limite le développement des saules. Plusieurs espèces de saules poussent pourtant de façon naturelle en Abitibi. Peut-être y aurait-il intérêt dans de futures études de s'intéresser aux espèces indigènes de la région.

De façon générale, nous avons pu démontrer le formidable potentiel de productivité de ces végétaux. Nous avons également mis en évidence que ces rendements élevés peuvent être maintenus même après plusieurs années de culture et un minimum d'interventions et d'intrants. De plus, l'accroissement des rendements suivant chacune des récoltes constitue un élément fort rassurant pour de futurs producteurs de saules.

Les deux fréquences de rotation qui ont été appliquées comme traitement comparatif ont conduit à des rendements en biomasse comparables. En soi, ceci n'est pas une mauvaise nouvelle puisque cela démontre que la réponse des cultivars étudiés n'est pas affectée par le rythme des récoltes. Cela permet de choisir l'une ou l'autre des fréquences de recepage selon la disponibilité des instruments de récolte ou celle des travailleurs sans craindre des impacts sur les rendements.

Le contexte énergétique au Québec a changé au cours des dernières années rendant ces cultures bioindustrielles moins attrayantes pour la filière des énergies renouvelables. Il n'en demeure pas moins que les saules ont un potentiel de croissance et de productivité extraordinaire, et cette étude en a bien fait la preuve. Nous sommes aussi convaincus qu'il existe de nouveaux cultivars plus récemment créés qui pourraient offrir une meilleure performance que ceux qui ont été testés par cette étude.

# Atelier des graminées pérennes

## Sites d'étude et choix des cultivars

### Panic érigé

Cinq sites expérimentaux représentant différentes zones pédoclimatiques du Québec (Tableau 13) ont été choisis afin d'évaluer les aspects agronomiques de différents cultivars commerciaux (de type *Upland* et *Lowland*) ainsi que des nouvelles sélections du PE (Tableau 14 et 15). Les semences de cultivars commerciaux et les nouvelles lignées du PE ont été fournies par REAP-Canada (Sainte-Anne-de-Bellevue, QC).

Tableau 13. Caractéristique de divers sites d'études de graminées pérennes.

Sites	UTM	Type de sol	Région	Organisme
Normandin (NOR)	1823	Loam-argileux	Saguenay–Lac-Saint-Jean	AAC
La Pocatière (LAP)	2123	Argileux	Bas-Saint-Laurent	CDBQ
Saint-Augustin-de-Desmaures (AUG)	2404	Loam à loam argileux	Capitale-Nationale	Université Laval
Sainte-Anne-de-Bellevue (SAB)	2935	Loam-sableux	Montréal	Université McGill
Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB)	2930	Loam-argileux	Montérégie	CÉROM

Tableau 14. L'origine de cultivars commerciaux de panic érigé ensemencés entre 2011 et 2016.

Cultivar	Écotype	Site d'origine	Année de commercialisation	Latitude (°N)	Référence
Cave-in-Rock (CIR)	Intermédiaire	Southern Illinois, US	1958	37	[13-15]
Carthage	Upland	North Carolina, US	2006	ND	[13, 15]
Dacotah	Upland	Southern North Dakota, US	1989	46	[13-15]
Forestburg	Upland	South Dakota, US	1987	44	[13-15]
Nebraska 28	Upland	Nebraska, US	1935	42	[13-15]
Shelter	Upland	Central West Virginia	1986	ND	[13-15]
Southlow	Upland	Southern Michigan, US	2003	42	[15]
Summer	Upland	Nebraska, US	1953	41	[13, 14]

Suite du tableau 14. L'origine de cultivars commerciaux de panic érigé ensemencés entre 2011 et 2016.

Cultivar	Écotype	Site d'origine	Année de commercialisation	Latitude (°N)	Référence
Sunburst	Upland	South Dakota, US	1998	43	[13, 14]
Shawnee	Upland	Dérivé de CIR, Nebraska, US	1996	40	[13]
Alamo	Lowland	Southern Texas, US	1978	ND	[13, 15]
BoMaster	Lowland	ND	2006	ND	[13]
Kanlow	Lowland	Northern Oklahoma, US	1963	ND	[13, 15]
High Tide	Intermédiaire	Northeastern Maryland, US	2007	ND	[13, 15]

ND – non disponible

Tableau 15. Les cultivars et les nouvelles sélections de panic érigé semés sur les 5 sites expérimentaux.

Implantation 2011	Implantation 2012	Implantation 2015	Implantation 2016
Cave-in-Rock	Cave-in-Rock	Cave-in-Rock	Cave-in-Rock
Blue Jacket	Blue Jacket	Summer	Summer
Forestburg	Forestburg	Sunburst	Sunburst
Shawnee	Shawnee	Blue Jacket	RC Blue Jacket-VI
Southlow	Southlow	RC Blue Jacket-V	RC Tecumseh-VI
Sunburst	Sunburst	RC CIR-V	RC CIR-VI
Tecumseh	Tecumseh	RC CIRE-IV	RC CIRE-IV
Dacotah	Dacotah	RC HT-II x CIR-III	RC HT-II x CIR-III
Nebraska	Summer	RC Tecumseh-V	RC CIR-III x HT-II
Alamo*	Shelter	High Tide – III	RC CIRE-IV x BJ-V
BoMaster*	Carthage		
Kanlow*	CIR-II CIRE-II		

\*cultivars de type *Lowland* ont gelé dès le premier hiver

Les écotypes *Lowland* de PE proviennent de plaines inondables et d'autres zones sujettes à l'inondation, alors que les écotypes *Upland* proviennent des zones plus sèches [13]. Les cultivars de type *Lowland*, développés dans des conditions de plaines inondables, se distinguent des types *Upland* par leur maturité plus tardive. Ils sont généralement plus hauts et plus résistants à la rouille

causée par *Puccinia* spp. [13], étant peu rustiques, ils sont très sensibles aux conditions hivernales du Québec malgré une très grande productivité [16].

Ces cultivars plus tardifs de type *Lowland* (Alamo, Kanlow et BoMaster), mis à l'essai au Québec par le RPBQ en 2011, n'ont pas survécu à l'hiver. Ils ont donc été retirés de la liste de cultivars de PE implantés en 2012. Afin de confirmer les résultats obtenus en 2011, les 8 cultivars de type *Upland*, CIR, trois autres cultivars de type *Upland* soit Summer, Shelter, Carthage (Tableau 15) ainsi que deux nouvelles sélections dérivées de CIR (CIR-II et CIR-Early-II) ont été ensemencés sur les mêmes cinq sites expérimentaux (NOR, LAP, AUG, SMB, SAB) en 2012.

De nouvelles sélections de PE issus d'hybridations (Tableau 16) provenant de REAP-Canada, ont été ensemencées sur un site à SMB en 2015 seulement, de même que sur deux sites soit SMB et à LAP (Tableau 15) en 2016. L'amélioration génétique a été faite en faisant la sélection phénotypique restreinte récurrente chez les plantes individuelles en pépinière de PE [17].

Tableau 16. Nouvelles sélections de PE développés par REAP-Canada.

<b>Dérivés de Cave-in-Rock (CIR)</b>	<b>Dérivé de Cave-in-Rock Early</b>	<b>Dérivés de Sunburst</b>	<b>Dérivés de Summer</b>	<b>Croisements</b>	<b>Dérivé de High Tide</b>
CIR-II	CIRE-II	Blue Jacket	Tecumseh	High Tide-II et CIR-III	High Tide-III
RC CIR-V	RC CIRE-IV	RC Blue Jacket-V	RC Tecumseh-V	CIR-III et High Tide-II	
RC CIR-VI		RC Blue Jacket-VI	RC Tecumseh-VI	Cave-in-Rock Early -IV et Blue Jacket-V	

Les caractères désirés de ces nouvelles sélections sont une germination plus rapide, assurant ainsi une plus grande compétition contre les mauvaises herbes, une plus grande productivité, surtout pour les sols dont l'égouttement est déficient, et une meilleure adaptation aux conditions climatiques estivales humides, prémisses pour une plus grande tolérance aux maladies foliaires fongiques.

Au Québec, le cultivar le plus largement cultivé est le Cave-in-Rock (CIR), il est donc considéré comme cultivar témoin dans les essais 2011-2012 et pour certaines sélections dans les essais 2015-2016.

## Miscanthus géant

Deux hybrides de Miscanthus géant (MG), soit Nagara et Europe, ont été implantés sur les cinq sites expérimentaux (NOR, LAP, AUG, SMB, SAB) en 2011. L'hybride Nagara a été acheté auprès de *New Energy Farm* en Ontario, tandis que l'hybride Europe a été importé des Pays-Bas.

Comparé à l'hybride Nagara, l'hybride Europe a eu beaucoup de difficulté à s'implanter due à un bris de la chaîne de froid. Au site NOR, les deux hybrides de MG n'ont pas résisté aux conditions hivernales. Au site LAP, une fonte prononcée de la neige suivie d'un important gel durant l'hiver 2012-2013 a grandement affecté la survie hivernale du MG, faisant chuter sa population à zéro en 2014 [18]. Les sites NOR et LAP ont donc été exclus de la suite de l'analyse.

Au site SMB, le taux de survie moyen de l'hybride Europe est passé de 30% à 25% entre 2012 et 2013. Les plants ayant survécu ont repris de la vigueur avec les années, mais ont toujours présenté un retard par rapport à l'hybride Nagara [18]. Ainsi, la comparaison du rendement de deux hybrides de MG ne peut être faite.

## Site de Stratford

Plusieurs espèces de graminées pérennes telles que le PE (*Panicum virgatum*), la Spartine pectinée (*Spartina pectinata*), le Barbon de Gérard (*Andropogon gerardii*), l'Alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*) et le Miscanthus géant (*Miscanthus giganteus*) (Tableau 17) ont été implantées sur deux sites (Lac et Hydro) avec trois répétitions dans une ferme commerciale (Ferme Des Appalaches) à Stratford en 2010.

Tableau 17. Cultivars de graminées pérennes semés à Stratford en 2010.

<b>Panic érigé</b>	<b>Miscanthus géant (MG)</b>	<b>Spartine pectinée (SP)</b>	<b>Barbon de Gérard (BG)</b>	<b>Alpiste roseau (AR)</b>
Cave-in-Rock	Europe	Pennsylvania	Southlow	Venture
Blue Jacket		Red River	Niagara	Marathon
Summer				
Sunburst				
Tecumseh				

Puisque le rendement de l'AR a atteint un plateau en 2016 et qu'il a commencé à diminuer, cette culture a été retirée de l'étude en 2017.

## Entretien des parcelles

### Fertilisation

En 2019 et 2020, afin de calculer les besoins en fertilisation des graminées pérennes de l'étude, des échantillons de sol ont été prélevés dans la couche de 0-20 cm de sol et acheminés à un laboratoire accrédité pour une analyse chimique standard, à l'exception du site AUG, dont les analyses seront effectuées au printemps de 2021. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le Tableau 18.

Tableau 18. Analyses de sol plus récentes des graminées pérennes aux cinq sites expérimentaux\*.

Site	Date	Culture	Semis/Site	pH eau	P (kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	Type de sol
SAB	18 avril 2019	PE	2011	5,5	195	324	1111	324	Loam sableux
		PE	2012	6,3	144	279	2442	414	
		MG	2011	5,5	195	324	1111	324	
LAP	1 juin 2020	PE	2011	6,7	104	394	5234	733	Argile
		PE	2012	6,0	110	325	3825	624	
		PE	2016	6,2	124	533	4870	1088	
NOR	20 mai 2019	PE	2011	6,3	136	394	4922	412	Argile limoneuse
		PE	2012	6,7	136	394	4922	412	
SMB	6 mai 2020	PE	2015	7,2	44	858	7693	2229	Argile limoneuse
		PE	2011	7,2	61	1003	10522	1552	
		PE	2016	7,2	45	908	6858	1986	
		PE	2012	7,4	58	902	9402	1678	
		MG	2011	7,5	64	980	7424	1594	
STRA	20 mai 2020	PE	Lac	6,0	67	162	4332	384	Loam argileux
		MG	Lac	6,1	77	182	4361	340	
		BG	Lac	7,2	66	153	4143	338	
		PE	Hydro	6,0	86	165	3633	359	
		MG	Hydro	5,9	92	169	3837	351	
		SP	Hydro	6,3	75	180	5313	306	
		BG	Hydro	6,0	107	194	3700	399	

\*analyse de sol à AUG sera effectuée au printemps 2021

Les recommandations (Tableau 19) en fertilisants ont été basées sur les grilles de référence indiquées dans le Guide de référence en fertilisation pour la culture de prairie [19] et sur le protocole développé par la coordonnatrice du RPBQ en collaboration avec Madame Huguette Martel, agronome, Conseillère en grandes cultures et en agroenvironnement, en plantes fourragères et pérennes à des fins bio-industrielles (MAPAQ, Direction régionale de l'Estrie).

Tableau 19. Recommandations en fertilisants et en pH de sol établies pour les graminées pérennes.

Espèce	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Période d'application
Panic érigé	60 kg/ha	<u>Si l'analyse de sol indique :</u> >250 kg/ha : 0 31-250 kg/ha : 25 kg/ha <10-30 kg/ha : 30 kg/ha	<u>Si analyse de sol indique:</u> >250 kg/ha : 0 200 -250 kg/ha : 30 kg/ha <200 kg/ha : 50 kg/ha	fin mai- début juin,  en début de croissance de la culture
Miscanthus géant	90 kg/ha*			

\*fertilisation du miscanthus a été haussé, car des signes de carence ont été observés durant la saison de croissance 2019

Les applications d'engrais minéral, décrites dans le Tableau 20, ont été réalisées à la volée en même temps pour toutes les espèces vers la fin mai-début juin. L'azote a été fourni sous la forme de nitrate (27-0-0) afin de minimiser la volatilisation.

Tableau 20. Fertilisation réalisée sur les parcelles de graminées pérennes en 2020.

Site	Culture	Semis	Azote, unité ou kg/ha	Phosphore, unité ou kg/ha	Potassium, unité ou kg/ha	Date
SAB	PE	2011 et 2012	60	25	0	20 mai 2020
	MG	2011	70	25	0	20 mai 2020
LAP	PE	2011 et 2012	60	25	0	28 mai 2020
NOR	PE	2011, 2012 et 2016	60	12,5	0	6 juin 2020
AUG	PE	2011	60	20	30	2 juin 2020
	PE	2012	60	0	30	
	MG	2011	90	20	30	
SMB	PE	2011 et 2012	60	25	0	29 mai 2020
	MG	2011	70	25	0	
STRA	PE	2011 et 2012	60	25	60	8 juin 2020
	MG	2011	70	25	60	
	SP	2011	60	25	60	
	BG	2011	60	25	60	

Dans le but de maintenir un pH supérieur à 6,2, une application de chaux a été réalisée au site NOR à l'automne de 2019, de même qu'au site SMB en 2020.

### Contrôle des mauvaises herbes

Un contrôle chimique a été envisagé avant le débouillage et en post-levée des cultures, en vue de supprimer les vivaces, les mauvaises herbes hâtives et plusieurs espèces tardives à feuilles larges.

Tous les sites ont effectué au moins une application d'herbicide, à l'exception de LAP, où l'infestation ne justifiait pas une intervention. La stratégie de désherbage chimique pour chaque site est détaillée dans le Tableau 21.

Tableau 21. Herbicides appliqués en 2020 pour contrôler les mauvaises herbes des graminées pérennes. \*

<b>Herbicide</b>	<b>Site</b>	<b>Date</b>	<b>Matière active</b>	<b>Dose</b>	<b>Mauvaises herbes</b>
Weather Max	SMB	7 mai 2020	Glyphosate	2,5 L/ha	Vivaces et mauvaises herbes hâtives
	AUG	20 mai 2020		3,3 L/ha	
Roundup Transorb	SAB	13 mai 2020	Glyphosate	1,7 L/ha	Vivaces et mauvaises herbes hâtives
Buctril M	SMB	28 mai 2020	Bromoxynil	1 L/ha	Mauvaises herbes à feuilles larges
	STRA	20 mai 2020			
Refine SG	NOR	17 juin 2020	Thifensulfuron-méthyle/tribénuron-méthyle	25 g/ha	Chénopode et d'autres adventices, de feuilles larges

\*aucune application n'a été réalisée à LAP en 2020 à cause d'une très basse infestation des mauvaises herbes

## 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 ainsi que le rendement entre les nouvelles lignées et leurs témoins. Tous ces paramètres agronomiques sont inclus dans le protocole pour la saison 2020-2021.

La biomasse de PE, de BG et de SP a été récoltée en fin octobre – début novembre 2020 dans tous les sites d'étude à l'exception de site AUG. La neige collante glacée (5 cm) est tombée le 26 octobre 2020 à AUG en provoquant la verse de la biomasse de PE avec un taux de verse 9 sur 9 (Figure 14). Cette météo imprévue a rendu la prise de certaines données agronomiques et la récolte de PE impossible.

La récolte de MG a été effectuée à l'automne 2019 et au printemps 2020 afin de mieux documenter les pertes associées à ces deux périodes de récoltes et d'en comparer les rendements. Ce volet de l'étude concerne les sites SMB, SAB et AUG, où le miscanthus a survécu. Par contre, l'hybride Europe du site de SMB a été éliminé de l'étude cette année suite à l'envahissement de la parcelle par l'alpiste roseau (Figure 15). Seule la comparaison du rendement de MG de l'hybride Nagara est possible entre tous les sites.

Une analyse de variance (ANOVA) à l'aide du programme R a été utilisée afin de comparer les valeurs de hauteur et de rendement annuel en biomasse des graminées pérennes en fonction des cultivars, des sites et des années des semis.



Figure 14. La verse des parcelles de panic érigé à AUG (le 26 octobre 2020).



Figure 15. Les parcelles de MG hybride Europe (gauche) et Nagara (droite) à SMB (le 17 juin 2020).

La flèche rouge indique une allée entre deux parcelles

## Résultats de la saison de croissance 2020

### Panic érigé

Le potentiel de rendement du PE en biomasse sèche varie en fonction de l'accumulation d'unités de chaleur, du type de sol (granulométrie) et de l'égouttement. Le plein rendement du PE s'obtient généralement à la troisième année de production. Sur des sols plus marginaux ou dans des régions plus nordiques, le plein potentiel peut être atteint qu'à la quatrième année de production. C'est pourquoi le calcul du rendement moyen exclut les 2 premières années de culture pour toutes les régions.

### Semis 2011

#### Rendement

Le tableau 22 présente les rendements moyens obtenus sur cinq fermes expérimentales du Québec, dans le cadre des essais du RPBQ (2011 à 2020). Les rendements varient de 4 t/ha à 16 t/ha selon le cultivar, le site et les années de récoltes.

En 2020, le rendement de tous les cultivars du PE a baissé significativement par rapport aux années précédentes dans tous les sites d'étude et varié entre 4,4 et 5,6 t/ha.

Les cultivars Cave-in-Rock et Shawnee ont obtenu les rendements moyens les plus élevés, soit 8,4 et 8,2 t/ha, respectivement, durant les années 2013-2020 de récolte, tandis que les rendements de Forestburg et Nebraska ont été les plus bas, soit 6,0 et 6,4 t/ha, respectivement (Tableau 22). Des observations sur le terrain nous ont permis de constater que le cultivar Cave-in-Rock est le mieux adapté aux conditions climatiques de plusieurs régions du Québec.

Les rendements moyens pour la période 2013-2020, de tous les cultivars de PE étaient significativement différents entre les 4 sites, à l'exception des sites d'AUG et de SAB (Tableau 22). Le rendement moyen le plus élevé (10,5 t/ha) a été atteint au site de SMB, tandis que le rendement moyen le plus faible (4,8 t/ha) a été atteint au site de NOR (Tableau 22). Cette différence s'explique par des conditions climatiques défavorables à la croissance du PE sur les sites plus nordiques.

Tableau 22. Rendements moyens (2013-2020) du panic érigé en fonction des cultivars, des sites et des années de récolte (semis 2011) \*.

		Rendement en matière sèche, kg/ha						
Cultivars <i>Moyenne des sites/cultivars</i>	Sommaire (2013-2020)	Sommaire annuel						
		2020	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Blue Jacket	7374 <sup>B</sup>	4889 <sup>A</sup>	7034 <sup>AB</sup>	6994 <sup>AB</sup>	6012 <sup>B</sup>	9706 <sup>AB</sup>	9196 <sup>ABC</sup>	7902 <sup>A</sup>
Cave-in-Rock	8446 <sup>A</sup>	5698 <sup>A</sup>	7789 <sup>A</sup>	7920 <sup>A</sup>	7322 <sup>AB</sup>	10903 <sup>A</sup>	9596 <sup>AB</sup>	8422 <sup>A</sup>
Forestburg	6094 <sup>E</sup>	4423 <sup>A</sup>	5615 <sup>C</sup>	5713 <sup>B</sup>	6308 <sup>B</sup>	6016 <sup>D</sup>	7328 <sup>D</sup>	7018 <sup>AB</sup>
Nebraska	6453 <sup>DE</sup>	4993 <sup>A</sup>	5806 <sup>BC</sup>	6006 <sup>B</sup>	5577 <sup>B</sup>	7446 <sup>CD</sup>	7710 <sup>CD</sup>	7047 <sup>AB</sup>
Shawnee	8241 <sup>A</sup>	5227 <sup>A</sup>	7096 <sup>AB</sup>	7869 <sup>A</sup>	7301 <sup>AB</sup>	10715 <sup>A</sup>	10118 <sup>A</sup>	8232 <sup>A</sup>
Southlow	7349 <sup>B</sup>	5381 <sup>A</sup>	6755 <sup>ABC</sup>	8220 <sup>A</sup>	6936 <sup>AB</sup>	9217 <sup>ABC</sup>	7969 <sup>BCD</sup>	6453 <sup>BC</sup>
Sunburst	6718 <sup>CD</sup>	5007 <sup>A</sup>	6134 <sup>BC</sup>	6878 <sup>AB</sup>	6526 <sup>AB</sup>	8443 <sup>BC</sup>	8146 <sup>BCD</sup>	5580 <sup>C</sup>
Tecumseh	7020 <sup>BC</sup>	5169 <sup>A</sup>	7566 <sup>A</sup>	7487 <sup>A</sup>	7936 <sup>A</sup>	8163 <sup>BC</sup>	7435 <sup>CD</sup>	5363
<b>Sites</b>								
<i>Moyenne des cultivars et années/site</i>								
LAP	8575 <sup>B</sup>	7441 <sup>A</sup>	8441 <sup>A</sup>	7850 <sup>B</sup>	9920 <sup>A</sup>	10037 <sup>B</sup>	9278 <sup>B</sup>	7205 <sup>B</sup>
NOR	4893 <sup>D</sup>	3120 <sup>C</sup>	5685 <sup>C</sup>	5381 <sup>C</sup>	4093 <sup>D</sup>	4182 <sup>E</sup>	4543 <sup>C</sup>	6735 <sup>B</sup>
AUG	5811 <sup>C</sup>	-	6495 <sup>B</sup>	5820 <sup>C</sup>	7623 <sup>B</sup>	5856 <sup>D</sup>	4536 <sup>C</sup>	4693 <sup>C</sup>
SAB	5902 <sup>C</sup>	3452 <sup>C</sup>	4155 <sup>D</sup>	5923 <sup>C</sup>	5972 <sup>C</sup>	8048 <sup>C</sup>	8448 <sup>B</sup>	5256 <sup>C</sup>
SMB	10574 <sup>A</sup>	5706 <sup>B</sup>	8479 <sup>A</sup>	9969 <sup>A</sup>	-	16077 <sup>A</sup>	14420 <sup>A</sup>	10536 <sup>A</sup>

« - » les données de rendement du panic érigé récolté en 2016 à Saint-Mathieu-de-Beloeil n'ont pas été prises en considération lors du calcul du rendement moyen pour une raison technique.

\*Pour limiter les frais, il y a eu un changement au protocole ainsi la biomasse de tous les cultivars de PE semés en 2011 n'a pas été récoltée en 2019 dans tous les sites d'étude et aucune récolte à AUG en 2020 causé par la météo.

Le rendement moyen du PE semé en 2011 a atteint un maximum de 8,7 t/ha en 2015 (Figure 16), pour ensuite se stabiliser à 7 t/ha pendant trois ans. En 2020, le rendement moyen du PE a été significativement plus bas, soit 4,9 t/ha (Figure 16). Cette importante diminution peut probablement s'expliquer par une saison de croissance assez sèche en 2020 par rapport aux autres années.

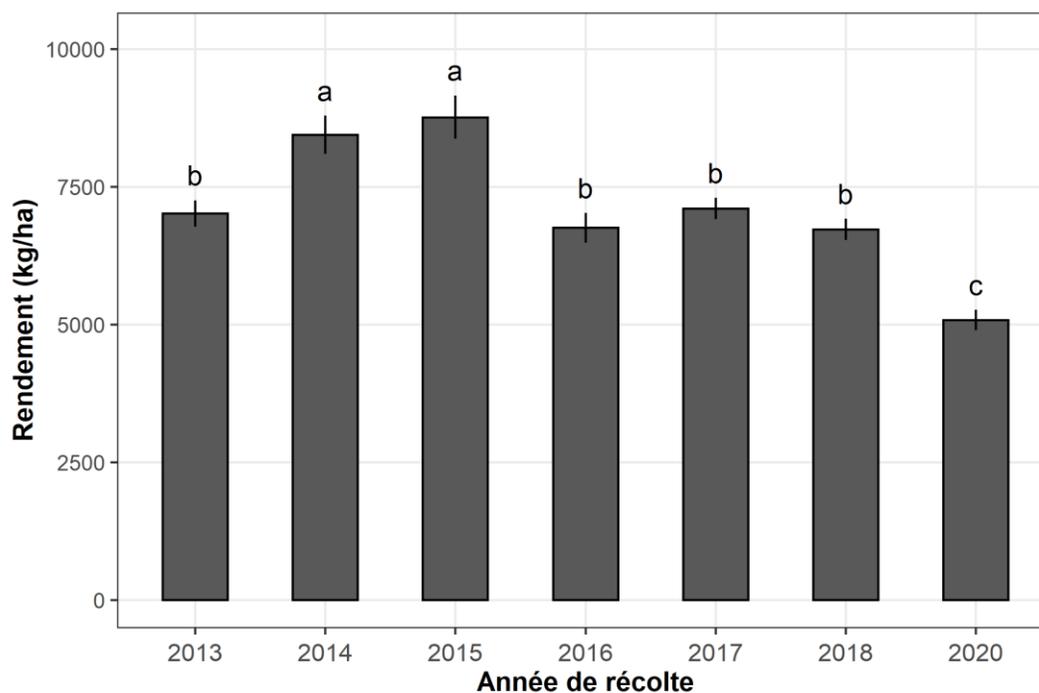


Figure 16. Rendement moyen du panic érigé semé en 2011 en fonction de l'année de récolte.

### Hauteur

La hauteur de PE a varié selon le cultivar, le site et l'année de croissance (Tableau 23). Le sommaire de 6 ans nous a permis de constater que les cultivars Cave-in-Rock, Shawnee et Southlow sont significativement les plus hauts (178-181 cm) par rapport aux autres cultivars (Tableau 23). Les plus courts cultivars sont Forestburg et Nebraska, la hauteur moyenne de ceux-ci atteignant environ 157 cm (Tableau 23).

Le sommaire de la hauteur moyenne de tous les cultivars en fonction des sites a démontré que les tiges de PE sont significativement plus hautes à AUG (197 cm), suivi par les sites à SAB et SMB ayant environ 180 cm chacun. La hauteur des tiges de PE à LAP a été plus basse soit 166 cm. Les tiges les plus courtes ont été observées à NOR, soit 134 cm (Figure 17).

Tableau 23. Hauteur moyenne (2015-2020) du panic érigé en fonction des cultivars et des années de récolte (semis 2011).

Cultivars <i>Moyenne des sites/cultivars</i>	Sommaire de 6 ans	Hauteur, cm					
		2020	2019	2018	2017	2016	2015
Blue Jacket	175 <sup>BC</sup>	174 <sup>AB</sup>	175 <sup>BC</sup>	176 <sup>A</sup>	173 <sup>B</sup>	173 <sup>A</sup>	177 <sup>A</sup>
Cave-in-Rock	181 <sup>A</sup>	177 <sup>AB</sup>	188 <sup>A</sup>	180 <sup>A</sup>	186 <sup>A</sup>	175 <sup>A</sup>	177 <sup>A</sup>
Forestburg	156 <sup>E</sup>	157 <sup>D</sup>	166 <sup>CD</sup>	156 <sup>C</sup>	149 <sup>C</sup>	152 <sup>C</sup>	154 <sup>C</sup>
Nebraska	158 <sup>E</sup>	160 <sup>CD</sup>	164 <sup>CD</sup>	158 <sup>C</sup>	151 <sup>C</sup>	157 <sup>BC</sup>	158 <sup>BC</sup>
Shawnee	178 <sup>AB</sup>	180 <sup>A</sup>	183 <sup>AB</sup>	175 <sup>AB</sup>	179 <sup>AB</sup>	177 <sup>A</sup>	175 <sup>A</sup>
Southlow	179 <sup>AB</sup>	173 <sup>ABC</sup>	192 <sup>A</sup>	174 <sup>AB</sup>	177 <sup>AB</sup>	178 <sup>A</sup>	180 <sup>A</sup>
Sunburst	166 <sup>D</sup>	165 <sup>BCD</sup>	163 <sup>D</sup>	172 <sup>AB</sup>	159 <sup>C</sup>	166 <sup>AB</sup>	169 <sup>AB</sup>
Tecumseh	172 <sup>C</sup>	168 <sup>ABCD</sup>	175 <sup>BC</sup>	163 <sup>BC</sup>	181 <sup>AB</sup>	167 <sup>AB</sup>	175 <sup>A</sup>

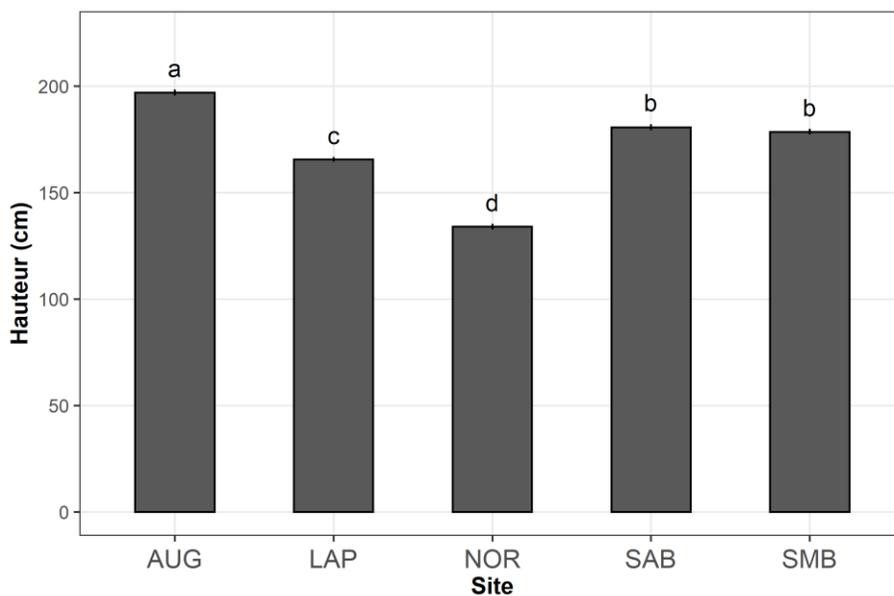


Figure 17. Hauteur moyenne de panic érigé semé en 2011 dans différents sites.

## Semis 2012

### Rendement

Le Tableau 24 présente l'évolution des rendements moyens du PE pour les cinq années de récolte, depuis son implantation en 2012, aux sites d'AUG, de LAP, de NOR, de SAB et de SMB.

En 2020, le rendement de divers cultivars de PE a été plus faible par rapport aux années précédentes, variant entre 4,0 et 5,6 t/ha. Les cultivars Cave-in-Rock, CIRE-II et Shawnee ont obtenu les rendements moyens les plus élevés (environ 8,0 t/ha) durant les sept dernières années (2014-2020) de récolte, alors que le rendement le plus faible (6,2 t/ha) provient des cultivars Forestburg et Tecumseh (Tableau 24).

Le site de SMB a constamment fourni les meilleurs rendements jusqu'à présent (environ 10 t/ha), suivi par LAP (environ 9 t/ha), alors que des rendements plus faibles ont été obtenus aux sites de SAB et d'AUG avec 5,6 et 6,0 t/ha, respectivement. Le site de NOR est toujours le moins favorable à la production du PE avec le rendement moyen le plus faible, soit environ 5,0 t/ha (Tableau 24).

Une différence significative entre le rendement moyen du PE en fonction des années de récolte a été observée (Figure 18).

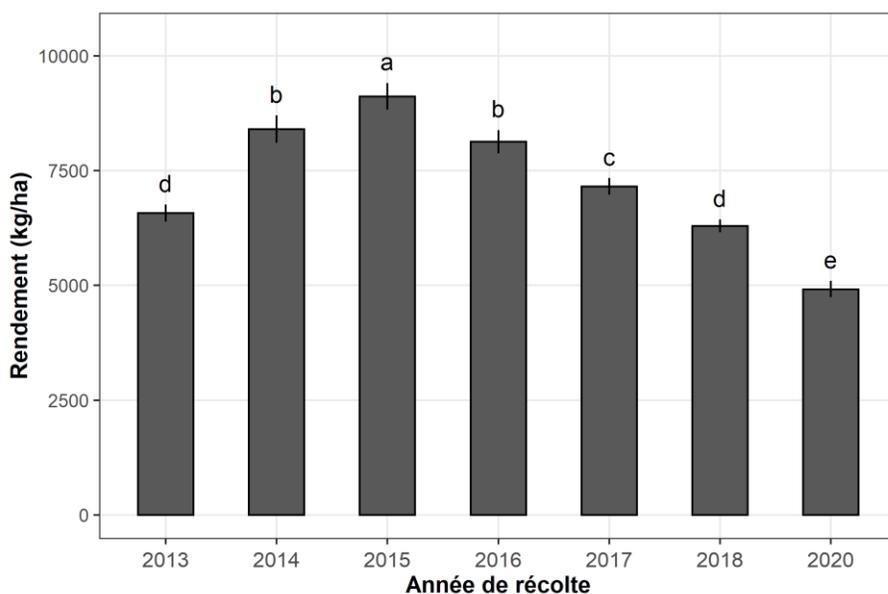


Figure 18. Rendements moyens de tous les cultivars de panic érigé de tous les sites semés en 2012 en fonction de l'année de récolte.

Tableau 24. Rendements moyens (2014-2020) du panic érigé en fonction des cultivars, des sites et de l'année de récolte (semis 2012) \*.

Cultivars <i>Moyenne des sites/cultivars</i>	Sommaire (2014-2020)	Rendement en matière sèche, kg/ha					
		Sommaire annuel					
		2020	2018	2017	2016	2015	2014
Blue Jacket	7449 <sup>BC</sup>	4896 <sup>ABC</sup>	6363 <sup>ABC</sup>	7242 <sup>ABCD</sup>	7983 <sup>ABCD</sup>	9474 <sup>BCD</sup>	8839 <sup>AB</sup>
Cave-in-Rock	8098 <sup>A</sup>	5608 <sup>A</sup>	6986 <sup>A</sup>	7756 <sup>ABC</sup>	9517 <sup>AB</sup>	9823 <sup>BCD</sup>	9341 <sup>A</sup>
CIR-II	7594 <sup>BCD</sup>	4243 <sup>BC</sup>	6203 <sup>ABC</sup>	8330 <sup>AB</sup>	8399 <sup>ABCD</sup>	10187 <sup>BCD</sup>	9024 <sup>AB</sup>
CIRE-II	8200 <sup>A</sup>	4980 <sup>ABC</sup>	7363 <sup>A</sup>	7837 <sup>ABC</sup>	9541 <sup>A</sup>	11125 <sup>AB</sup>	9436 <sup>A</sup>
Carthage	6925 <sup>EF</sup>	4828 <sup>ABC</sup>	6318 <sup>ABC</sup>	6536 <sup>CDE</sup>	7967 <sup>ABCD</sup>	9309 <sup>BCDE</sup>	7910 <sup>BCD</sup>
Forestburg	6249 <sup>F</sup>	4710 <sup>AB</sup>	5357 <sup>BCDE</sup>	6120 <sup>DE</sup>	6689 <sup>CD</sup>	7353 <sup>F</sup>	7219 <sup>CD</sup>
Shawnee	8017 <sup>AB</sup>	5434 <sup>AB</sup>	6784 <sup>A</sup>	8319 <sup>A</sup>	9340 <sup>ABC</sup>	11842 <sup>A</sup>	9258 <sup>AB</sup>
Shelter	7074 <sup>CDE</sup>	4055 <sup>C</sup>	6107 <sup>ABC</sup>	7932 <sup>ABC</sup>	7913 <sup>ABCD</sup>	9051 <sup>CDEF</sup>	7893 <sup>ABCD</sup>
Southlow	6349 <sup>F</sup>	4220 <sup>ABC</sup>	5158 <sup>C</sup>	5641 <sup>E</sup>	7495 <sup>CD</sup>	8319 <sup>CDEF</sup>	7026 <sup>D</sup>
Summer	7243 <sup>CDE</sup>	4966 <sup>ABC</sup>	6525 <sup>AB</sup>	7287 <sup>ABCD</sup>	7653 <sup>CD</sup>	8051 <sup>DEF</sup>	8850 <sup>ABC</sup>
Sunburst	6887 <sup>DE</sup>	5647 <sup>A</sup>	6134 <sup>ABC</sup>	6706 <sup>BCDE</sup>	7302 <sup>D</sup>	7976 <sup>CE</sup>	8270 <sup>ABCD</sup>
Tecumseh	6234 <sup>F</sup>	4467 <sup>ABC</sup>	5769 <sup>ABC</sup>	6305 <sup>CDE</sup>	7603 <sup>BCD</sup>	7516 <sup>F</sup>	7269 <sup>BCD</sup>
<b>Sites</b> <i>Moyenne des cultivars et années/site</i>							
LAP	8769 <sup>B</sup>	8285	8771 <sup>A</sup>	8471 <sup>B</sup>	9477 <sup>B</sup>	10738 <sup>B</sup>	10020 <sup>B</sup>
NOR	4849 <sup>D</sup>	2973	5132 <sup>D</sup>	6090 <sup>C</sup>	5517 <sup>E</sup>	5045 <sup>D</sup>	4634 <sup>E</sup>
AUG	6001 <sup>C</sup>	—	5767 <sup>C</sup>	5101 <sup>D</sup>	7269 <sup>C</sup>	6359 <sup>D</sup>	5298 <sup>D</sup>
SAB	5677 <sup>C</sup>	3430	4547 <sup>D</sup>	6102 <sup>C</sup>	6017 <sup>D</sup>	7643 <sup>C</sup>	7822 <sup>C</sup>
SMB	10343 <sup>A</sup>	6010	7885 <sup>B</sup>	9929 <sup>A</sup>	13617 <sup>A</sup>	14024 <sup>A</sup>	13372 <sup>A</sup>

\*la biomasse de tous les cultivars de PE semés en 2012 n'a pas été récoltée en 2019 dans tous les sites d'étude et à AUG en 2020

Les données collectées depuis 9 ans démontrent une tendance similaire dans la production de divers cultivars du PE implantés en 2011 et en 2012 :

- Le PE a atteint le plus haut rendement à la troisième ou quatrième année de production;
- Le cultivar Cave-in-Rock (CIR) et ses dérivés CIRE-II et Shawnee sont les plus productifs dans la province (rendement moyen entre 8 et 9 t/ha) ;
- SMB est le site le plus favorable pour la production du PE (10-12 t/ha) au Québec ;
- Sur tous les sites, le rendement du PE a atteint un maximum en 2015 (environ 9 t/ha).
- Depuis 2015, le rendement moyen du PE sur tous les sites a graduellement diminué, jusqu'à atteindre 4,9 t/ha en 2020 ;
- Même avec sa limitation d'UTM, le site de LAP demeure un des sites avec le rendement le plus élevé.

Si les conditions de croissance sont plus clémentes dans la saison 2021 et les suivantes, ce sera une occasion d'évaluer la capacité du panic érigé à reprendre de la vigueur et de fournir du rendement suite à une année plus difficile comme 2020.

### Hauteur

La hauteur des nouvelles lignées et cultivars de PE semés en 2012 a varié selon le site d'étude et l'année de production. Le sommaire de 6 ans d'étude démontre que les nouvelles lignées CIR-II et CIRE-II sont significativement plus hautes (191 et 194 cm) que leur témoin CIR (185 cm). De même, Blue Jacket et Tecumseh sont significativement plus hauts (181 et 177 cm) que ses témoins Sunburst et Summer (167 et 170 cm). La hauteur moyenne la plus basse a été observée avec les cultivars Sunburst et Summer soit 167 et 170 cm, respectivement (Tableau 25).

La hauteur la plus élevée (195 cm) du PE est constamment observée sur le site d'AUG. La hauteur de PE cultivé sur les sites de LAP, SAB et SMB est plus basse et varie entre 178 et 185 cm. Dans le site nordique (NOR), la hauteur moyenne de PE a été la plus basse soit 135 cm (Figure 19).

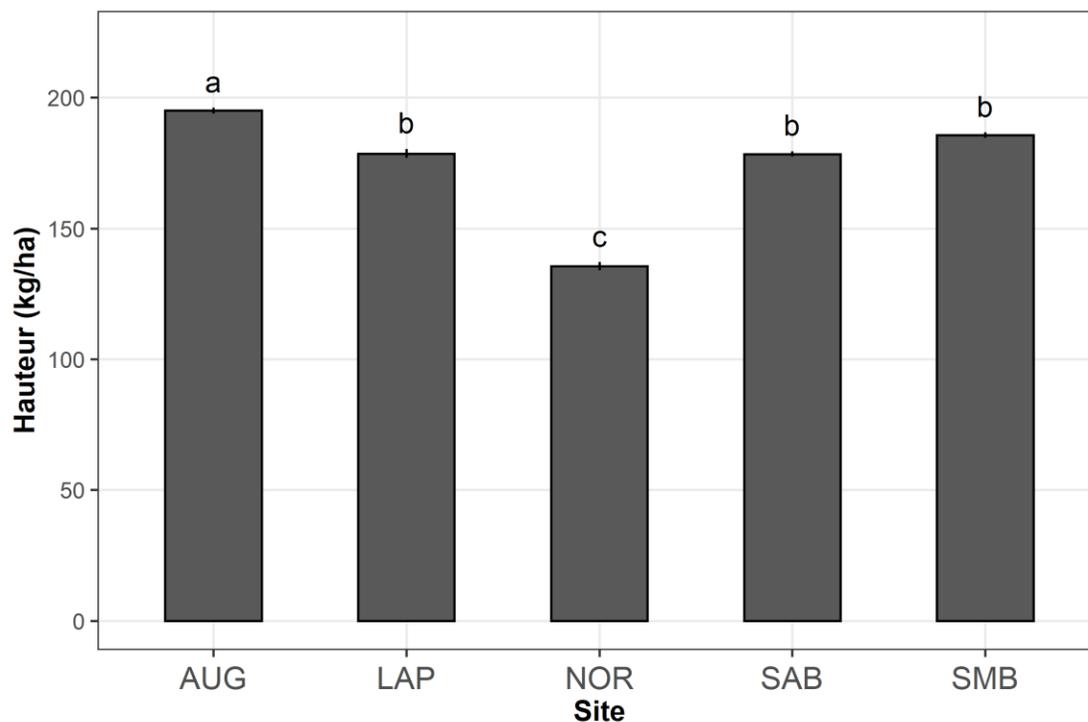


Figure 19. Hauteur moyenne du panic érigé semé en 2012 en fonction du site d'étude.

Tableau 25. Hauteur moyenne (2015-2020) du panic érigé en fonction des cultivars et de l'année de récolte (semis 2012).

Cultivars <i>Moyenne des sites / cultivars</i>	Sommaire de 6 ans	Hauteur, cm					
		Sommaire annuel					
		2020	2019	2018	2017	2016	2015
Blue Jacket	181 <sup>DE</sup>	179 <sup>A</sup>	179 <sup>BC</sup>	187 <sup>AB</sup>	174 <sup>CD</sup>	184 <sup>BCD</sup>	181 <sup>C</sup>
Cave-in-Rock	185 <sup>CD</sup>	175 <sup>AB</sup>	185 <sup>AB</sup>	182 <sup>B</sup>	187 <sup>C</sup>	188 <sup>ABC</sup>	185 <sup>BC</sup>
CIR-II	191 <sup>AB</sup>	172 <sup>ABC</sup>	183 <sup>ABC</sup>	184 <sup>AB</sup>	201 <sup>AB</sup>	200 <sup>A</sup>	205 <sup>A</sup>
CIRE-II	194 <sup>A</sup>	176 <sup>AB</sup>	192 <sup>A</sup>	196 <sup>A</sup>	203 <sup>A</sup>	197 <sup>ABC</sup>	192 <sup>ABC</sup>
Carthage	188 <sup>BC</sup>	176 <sup>AB</sup>	186 <sup>AB</sup>	187 <sup>AB</sup>	186 <sup>BC</sup>	194 <sup>ABC</sup>	196 <sup>AB</sup>
Forestburg	156 <sup>G</sup>	159 <sup>CD</sup>	159 <sup>E</sup>	162 <sup>D</sup>	140 <sup>F</sup>	154 <sup>G</sup>	158 <sup>D</sup>
Shawnee	184 <sup>CD</sup>	167 <sup>ABCD</sup>	179 <sup>BC</sup>	182 <sup>B</sup>	183 <sup>CD</sup>	197 <sup>AB</sup>	191 <sup>BC</sup>
Shelter	181 <sup>DE</sup>	163 <sup>BCD</sup>	175 <sup>BCD</sup>	180 <sup>BC</sup>	184 <sup>CD</sup>	183 <sup>BCDE</sup>	187 <sup>BC</sup>
Southlow	178 <sup>E</sup>	156 <sup>D</sup>	180 <sup>ABC</sup>	175 <sup>BCD</sup>	178 <sup>CD</sup>	181 <sup>CDEF</sup>	188 <sup>BC</sup>
Summer	170 <sup>F</sup>	166 <sup>ABCD</sup>	171 <sup>CD</sup>	175 <sup>BCD</sup>	172 <sup>DE</sup>	167 <sup>FG</sup>	167 <sup>D</sup>
Sunburst	167 <sup>F</sup>	167 <sup>ABCD</sup>	167 <sup>DE</sup>	170 <sup>CD</sup>	160 <sup>E</sup>	171 <sup>EF</sup>	168 <sup>D</sup>
Tecumseh	177 <sup>E</sup>	168 <sup>ABCD</sup>	176 <sup>BCD</sup>	177 <sup>BC</sup>	181 <sup>CD</sup>	172 <sup>DEF</sup>	185 <sup>BC</sup>

## Semis 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 (CIR), Summer et Sunburst. Ces dernières ont été implantées à SMB en 2015 (Tableau 15).

### Rendement et hauteur

Lors de la première année de récolte (2016), le rendement des lignées de PE et de leurs témoins était très faible (2,6 à 4,1 t/ha), alors que lors des trois années suivantes (2017-2019), le rendement fut presque trois fois supérieur (9 à 10 t/ha, Tableau 26). Ceci démontre la capacité du PE à augmenter sa vigueur et son rendement lorsque les conditions de croissance sont améliorées, dans ce cas, en enlevant la compétition créée par les mauvaises herbes.

En 2020, le rendement de toutes les lignées et leurs témoins a été environ 1,5 fois plus faible par rapport aux années précédentes (Tableau 26). La nouvelle lignée RC CIR-V a tout de même démontré un rendement significativement plus élevé (7,5 t/ha) que son témoin CIR (4,8 t/ha). En 2020, la hauteur de toutes les nouvelles lignées n'a pas été significativement différente de leurs témoins (Tableau 26).

Tableau 26. Rendements et hauteurs annuels moyens des nouvelles lignées de panic érigé semées à SMB en 2015.

<b>Rendement en matière sèche, kg/ha</b>						
<b>Cultivars/lignées</b>	<b>Témoin</b>	<b>Sommaire annuel</b>				
		2020	2019	2018	2017	2016
Cave-in-Rock (CIR)	T1	4849 <sup>B</sup>	10054 <sup>A</sup>	8522 <sup>AB</sup>	10126 <sup>AB</sup>	2182 <sup>BC</sup>
Summer	T2	5838 <sup>AB</sup>	8033 <sup>A</sup>	9249 <sup>AB</sup>	8340 <sup>B</sup>	2220 <sup>C</sup>
Sunburst	T3	5504 <sup>AB</sup>	8188 <sup>A</sup>	7723 <sup>B</sup>	8560 <sup>B</sup>	2293 <sup>BC</sup>
Blue Jacket	3	5727 <sup>AB</sup>	9259 <sup>A</sup>	9673 <sup>AB</sup>	11112 <sup>A</sup>	3589 <sup>AB</sup>
RC Blue Jacket-V	3	5320 <sup>B</sup>	8976 <sup>A</sup>	9167 <sup>AB</sup>	9951 <sup>AB</sup>	3218 <sup>ABC</sup>
RC CIR-V	1	7558 <sup>A</sup>	9301 <sup>A</sup>	10061 <sup>AB</sup>	10860 <sup>AB</sup>	2619 <sup>AB</sup>
RC CIRE-IV	1	6626 <sup>AB</sup>	9189 <sup>A</sup>	9597 <sup>AB</sup>	12258 <sup>A</sup>	4183 <sup>A</sup>
RC HT-II x CIR-III	1	6679 <sup>AB</sup>	8851 <sup>A</sup>	10583 <sup>A</sup>	11671 <sup>A</sup>	2731 <sup>AB</sup>
RC Tecumseh-V	2	6237 <sup>AB</sup>	9412 <sup>A</sup>	8570 <sup>AB</sup>	10288 <sup>AB</sup>	3398 <sup>ABC</sup>

<b>Hauteur, cm</b>						
<b>Cultivars/lignées</b>	<b>Témoin</b>	<b>Sommaire annuel</b>				
		2020	2019	2018	2017	2016
Cave-in-Rock (CIR)	T1	179 <sup>AB</sup>	202 <sup>CD</sup>	191 <sup>CD</sup>	186 <sup>CD</sup>	155 <sup>AB</sup>
Summer	T2	166 <sup>BC</sup>	179 <sup>E</sup>	163 <sup>E</sup>	164 <sup>E</sup>	188 <sup>A</sup>
Sunburst	T3	168 <sup>BC</sup>	174 <sup>E</sup>	173 <sup>E</sup>	167 <sup>E</sup>	142 <sup>B</sup>
Blue Jacket	3	181 <sup>AB</sup>	202 <sup>CD</sup>	193 <sup>CD</sup>	185 <sup>CD</sup>	170 <sup>A</sup>
RC Blue Jacket-V	3	181 <sup>AB</sup>	193 <sup>D</sup>	199 <sup>D</sup>	180 <sup>D</sup>	165 <sup>A</sup>
RC CIR-V	1	193 <sup>A</sup>	213 <sup>AB</sup>	209 <sup>AB</sup>	208 <sup>AB</sup>	176 <sup>A</sup>
RC CIRE-IV	1	176 <sup>ABC</sup>	210 <sup>BC</sup>	203 <sup>BC</sup>	193 <sup>BC</sup>	163 <sup>AB</sup>
RC HT-II x CIR-III	1	194 <sup>A</sup>	223 <sup>A</sup>	217 <sup>A</sup>	209 <sup>A</sup>	172 <sup>A</sup>
RC Tecumseh-V	2	183 <sup>AB</sup>	195 <sup>D</sup>	193 <sup>D</sup>	187 <sup>D</sup>	173 <sup>A</sup>

Aucune corrélation entre la hauteur et le rendement de nouvelles lignées et leurs témoins n'a été observée.

La baisse du rendement et de la hauteur du PE semé en 2015 à SMB peut s'expliquer par une sécheresse importante durant la saison de croissance, soit entre le 1<sup>er</sup> mai et le 31 août 2020.

## Largeur des feuilles

Les feuilles des nouvelles lignées de PE semées en 2015 à SMB étaient significativement plus larges en 2019 et 2020 par rapport à l'année 2018 (Tableau 27, Figure 20). Aucune différence significative n'a été démontrée entre la largeur moyenne sur 3 ans du CIR et ses dérivées : RC CIR-V, RC CIRE-IV et le croisement RC HT-II x CIR-III (Tableau 27). Par contre, les feuilles de RC Tecumseh-V (0,96 cm) ont été significativement plus larges que celles de son témoin Summer (0,85 cm), tout comme les feuilles des nouvelles lignées Blue Jacket et RC Blue Jacket-V (environ 1,0 cm) comparées à leur témoin Sunburst (0,86 cm).

Tableau 27. Largeur des feuilles de nouvelles lignées de panic érigé semées à SMB en 2015.

Cultivars/lignées	Témoin	Sommaire de 3 ans	Largeur des feuilles, cm		
			2020	2019	2018
Cave-in-Rock (CIR)	T1	1,05 <sup>AB</sup>	1,06 <sup>ABC</sup>	1,09 <sup>ABC</sup>	0,98 <sup>ABC</sup>
Summer	T2	0,85 <sup>C</sup>	0,90 <sup>CD</sup>	0,84 <sup>E</sup>	0,80 <sup>E</sup>
Sunburst	T3	0,86 <sup>C</sup>	0,80 <sup>D</sup>	0,91 <sup>DE</sup>	0,88 <sup>DE</sup>
Blue Jacket	3	1,04 <sup>AB</sup>	1,05 <sup>ABC</sup>	1,06 <sup>ABC</sup>	1,03 <sup>ABC</sup>
RC Blue Jacket-V	3	0,99 <sup>B</sup>	1,00 <sup>C</sup>	1,04 <sup>BCD</sup>	0,93 <sup>BCD</sup>
RC CIR-V	1	1,12 <sup>A</sup>	1,18 <sup>A</sup>	1,19 <sup>AB</sup>	0,98 <sup>AB</sup>
RC CIRE-IV	1	1,09 <sup>A</sup>	1,06 <sup>ABC</sup>	1,15 <sup>A</sup>	1,06 <sup>A</sup>
RC HT-II x CIR-III	1	1,14 <sup>A</sup>	1,20 <sup>AB</sup>	1,16 <sup>A</sup>	1,07 <sup>A</sup>
RC Tecumseh-V	2	0,96 <sup>B</sup>	1,00 <sup>BC</sup>	0,94 <sup>CDE</sup>	0,93 <sup>CDE</sup>

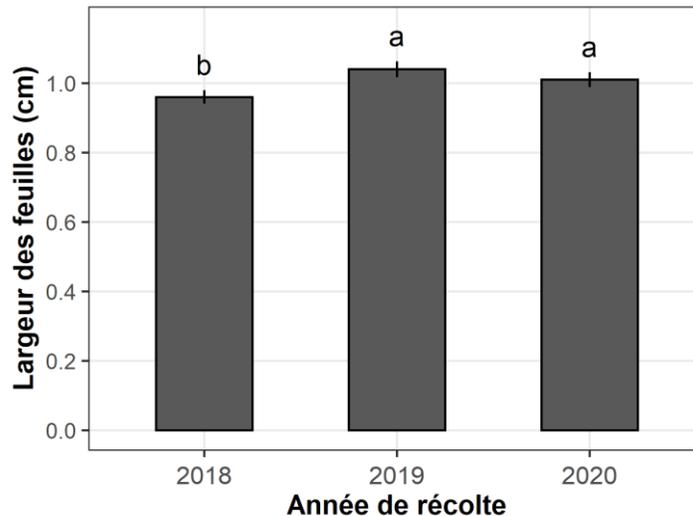


Figure 20. Largeur moyenne des feuilles du panic érigé semé en 2015 à SMB.

## Maturité des grains

La maturité des grains du PE a été évaluée selon l'échelle de dureté des grains (4,0-4,9) et de stade de développement [20]. Ce paramètre est important pour les sélectionneurs de PE qui permettra de développer les variétés plus hâtives pour que les producteurs puissent effectuer la récolte plus tôt.

Pour obtenir les données plus précises, la dureté des grains des nouvelles lignées semées à SMB en 2015 a été évaluée deux fois durant la saison (Tableau 28). Tel que prévu, les grains de toutes les lignées et leurs témoins ont été plus durs en octobre. Aucune différence significative en dureté des grains des nouvelles lignées et leurs témoins n'ont été observées ni en septembre ni en octobre.

Tableau 28. Dureté des grains de nouvelles lignées de panic érigé semées à SMB en 2015.

Cultivars/lignées	Témoin	Dureté des grains, unité					
		2020		2019		2018	
		16 septembre	7 octobre	20 septembre	4 novembre	18 septembre	15 octobre
Cave-in-Rock (CIR)	T1	4,38 <sup>DE</sup>	4,66 <sup>ABC</sup>	4,41 <sup>BC</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,37 <sup>BC</sup>	4,46 <sup>BC</sup>
Summer	T2	4,50 <sup>BC</sup>	4,64 <sup>BC</sup>	4,55 <sup>A</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,51 <sup>A</sup>	4,59 <sup>A</sup>
Sunburst	T3	4,62 <sup>A</sup>	4,74 <sup>A</sup>	4,61 <sup>A</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,57 <sup>A</sup>	4,66 <sup>A</sup>
Blue Jacket	3	4,55 <sup>AB</sup>	4,70 <sup>ABC</sup>	4,57 <sup>A</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,53 <sup>A</sup>	4,62 <sup>A</sup>
RC Blue Jacket-V	3	4,57 <sup>AB</sup>	4,70 <sup>ABC</sup>	4,58 <sup>A</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,48 <sup>A</sup>	4,63 <sup>A</sup>
RC CIR-V	1	4,36 <sup>DE</sup>	4,66 <sup>ABC</sup>	4,43 <sup>BC</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,39 <sup>BC</sup>	4,48 <sup>BC</sup>
RC CIRE-IV	1	4,43 <sup>CD</sup>	4,71 <sup>AB</sup>	4,38 <sup>BC</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,34 <sup>BC</sup>	4,43 <sup>BC</sup>
RC HT-II x CIR-III	1	4,30 <sup>E</sup>	4,61 <sup>C</sup>	4,35 <sup>C</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,31 <sup>C</sup>	4,39 <sup>C</sup>
RC Tecumseh-V	2	4,50 <sup>BC</sup>	4,66 <sup>ABC</sup>	4,45 <sup>B</sup>	4,9 <sup>A</sup>	4,41 <sup>B</sup>	4,49 <sup>B</sup>

## **Semis 2016**

En 2016, de nouvelles lignées dérivées de Cave-in-Rock (CIR), Summer et Sunburst ont été développées par REAP-Canada et semées à SMB et à LAP afin de comparer l'effet des différences climatiques sur le rendement et la résistance aux diverses maladies. Les critères recherchés étaient une meilleure adaptation aux terrains plus humides ainsi qu'une germination plus hâtive au printemps.

## Hauteur

Aucune différence significative de la hauteur des nouvelles lignées de PE cultivées à SMB et à LAP n'a été observée en 2020. Par contre, la hauteur moyenne de PE du site SMB a été 20 cm plus basse en 2020 qu'en 2019, tandis qu'à LAP, la hauteur moyenne des nouvelles lignées du PE et leurs témoins a été légèrement plus élevée (Tableau 29, Figure 21).

Il est important à noter qu'en 2020 toutes les nouvelles lignées de PE étaient significativement plus hautes par rapport à leurs témoins et ce, dans les deux sites de production (Tableau 29).

Tableau 29. Hauteur moyenne des nouvelles lignées de panic érigé semées à La Pocatière (LAP) et à

Cultivars/lignées	Témoin	Hauteur moyenne, cm					
		Saint-Mathieu-de-Beloeil			La Pocatière		
		2020	2019	2018	2020	2019	2018
Cave-in-Rock (CIR)	T1	166 <sup>C</sup>	190 <sup>CD</sup>	146 <sup>CD</sup>	172 <sup>E</sup>	156 <sup>E</sup>	150 <sup>E</sup>
Summer	T2	160 <sup>D</sup>	172 <sup>E</sup>	124 <sup>E</sup>	151 <sup>F</sup>	148 <sup>F</sup>	127 <sup>F</sup>
Sunburst	T3	159 <sup>D</sup>	169 <sup>E</sup>	131 <sup>E</sup>	157 <sup>F</sup>	141 <sup>F</sup>	126 <sup>F</sup>
RC Blue Jacket-VI	3	177 <sup>BC</sup>	197 <sup>BCD</sup>	151 <sup>BCD</sup>	183 <sup>D</sup>	181 <sup>CD</sup>	154 <sup>CD</sup>
RC Tecumseh-VI	2	174 <sup>C</sup>	185 <sup>D</sup>	151 <sup>D</sup>	163 <sup>E</sup>	166 <sup>DE</sup>	147 <sup>DE</sup>
RC CIR-VI	1	195 <sup>A</sup>	208 <sup>A</sup>	175 <sup>A</sup>	193 <sup>A</sup>	203 <sup>A</sup>	182 <sup>A</sup>
RC CIRE-IV	1	179 <sup>AB</sup>	204 <sup>AB</sup>	162 <sup>AB</sup>	190 <sup>BC</sup>	188 <sup>BC</sup>	170 <sup>BC</sup>
RC HT-II x CIR-III (Cycle2)	1	185 <sup>AB</sup>	203 <sup>ABC</sup>	161 <sup>ABC</sup>	194 <sup>AB</sup>	194 <sup>AB</sup>	188 <sup>AB</sup>
RC CIR-III x HT-II (Cycle 2)	1	185 <sup>A</sup>	208 <sup>AB</sup>	162 <sup>AB</sup>	186 <sup>CD</sup>	175 <sup>C</sup>	169 <sup>C</sup>
RC CIRE-IV x BJ-V	1 et 3	180 <sup>AB</sup>	204 <sup>AB</sup>	162 <sup>AB</sup>	187 <sup>CD</sup>	178 <sup>C</sup>	172 <sup>C</sup>

Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB) en 2016.

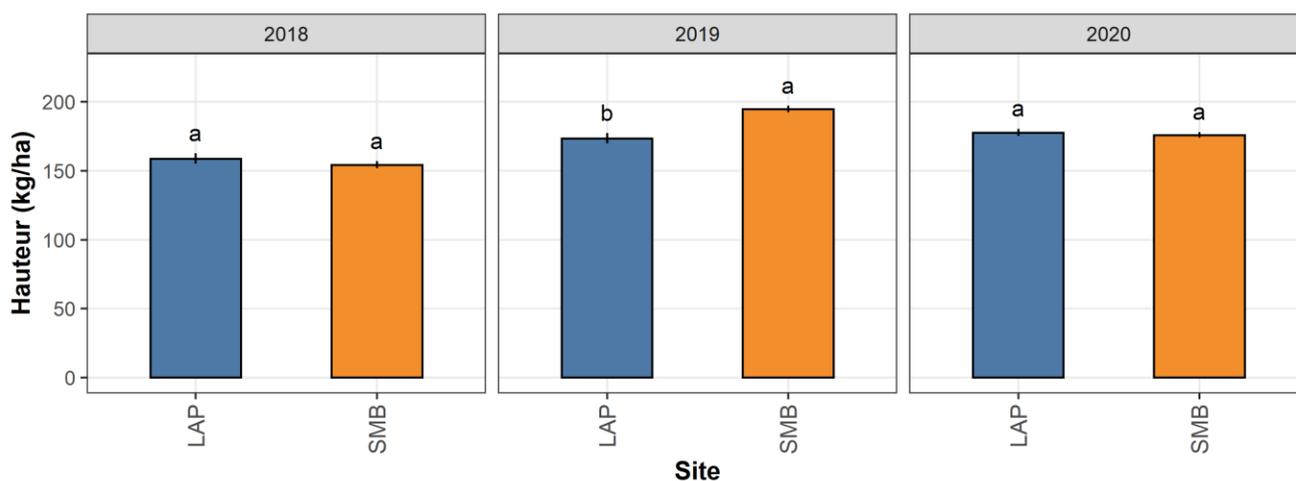


Figure 21. Hauteur moyenne de panic érigé semé en 2016 en fonction du site et de l'année de récolte.

## Rendement

Le rendement de toutes les lignées de PE semées en 2016 et récoltés en 2020 à SMB était environ 1,5 fois plus faible que celui obtenu à LAP (Figure 22, Tableau 30).

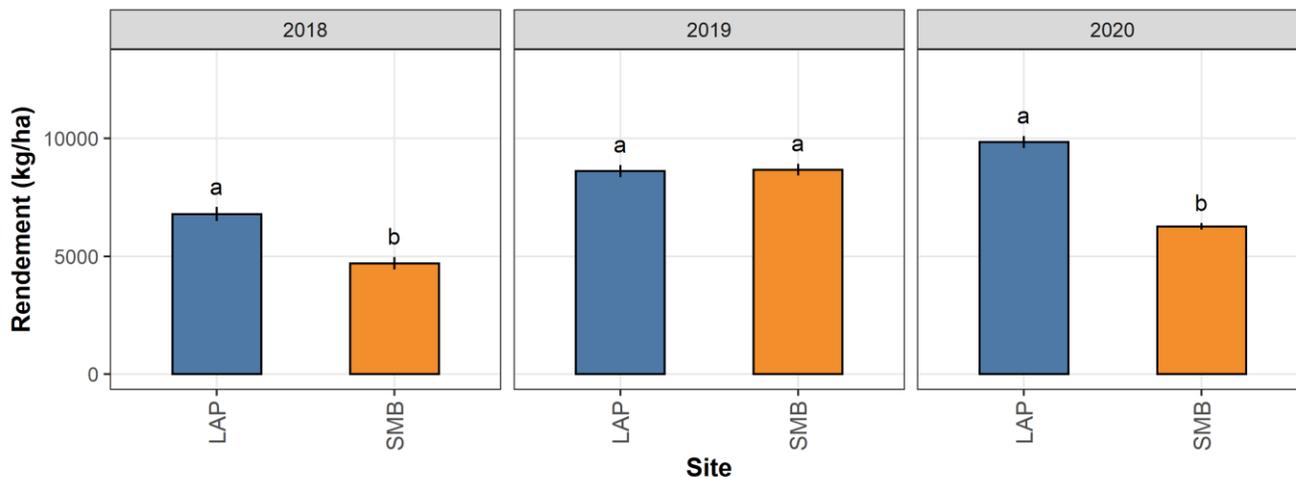


Figure 22. Rendement moyen de panic érigé semé en 2016 en fonction du site et de l'année de récolte.

Tableau 30. Rendements moyens de nouvelles lignées de panic érigé semées à La Pocatière (LAP) à Saint-Mathieu-de-Beloeil (SMB) en 2016.

Cultivars/lignées	Témoïn	Rendement en matière sèche, kg/ha					
		Saint-Mathieu-de-Beloeil			La Pocatière		
		2020	2019	2018	2020	2019	2018
Cave-in-Rock (CIR)	T1	6264 <sup>AB</sup>	9578 <sup>A</sup>	5319 <sup>AB</sup>	11494 <sup>AB</sup>	8475 <sup>ABC</sup>	6491 <sup>AB</sup>
Summer	T2	5658 <sup>ABC</sup>	6229 <sup>BC</sup>	2325 <sup>B</sup>	9229 <sup>ABC</sup>	6966 <sup>BC</sup>	4487 <sup>B</sup>
Sunburst	T3	5187 <sup>C</sup>	6321 <sup>C</sup>	2760 <sup>B</sup>	8036 <sup>C</sup>	6560 <sup>C</sup>	3950 <sup>B</sup>
RC Blue Jacket-VI	3	6177 <sup>ABC</sup>	8889 <sup>AB</sup>	4304 <sup>AB</sup>	10131 <sup>ABC</sup>	9839 <sup>AB</sup>	6257 <sup>AB</sup>
RC Tecumseh-VI	2	6023 <sup>BC</sup>	8455 <sup>ABC</sup>	4799 <sup>AB</sup>	9167 <sup>BC</sup>	7963 <sup>ABC</sup>	6719 <sup>AB</sup>
RC CIR-VI	1	6319 <sup>AB</sup>	10343 <sup>A</sup>	5310 <sup>AB</sup>	11085 <sup>AB</sup>	10071 <sup>A</sup>	8314 <sup>AB</sup>
RC CIRE-IV	1	6608 <sup>AB</sup>	8377 <sup>ABC</sup>	5355 <sup>A</sup>	10704 <sup>AB</sup>	8705 <sup>ABC</sup>	7481 <sup>A</sup>
RC HT-II x CIR-III (Cycle2)	1	7129 <sup>AB</sup>	9365 <sup>A</sup>	5091 <sup>A</sup>	9597 <sup>AB</sup>	8823 <sup>ABC</sup>	7231 <sup>A</sup>
RC CIR-III x HT-II (Cycle 2)	1	7596 <sup>A</sup>	9200 <sup>A</sup>	6264 <sup>A</sup>	11241 <sup>A</sup>	10220 <sup>A</sup>	7977 <sup>A</sup>
RC CIRE-IV x BJ-V	1 et 3	5903 <sup>ABC</sup>	9352 <sup>A</sup>	4879 <sup>A</sup>	10142 <sup>ABC</sup>	8774 <sup>ABC</sup>	8334 <sup>A</sup>

De plus, une baisse de rendement remarquable du PE a été observée à SMB en 2020 (6,3 t/ha) par rapport à la récolte en 2019 (8,7 t/ha). À l’opposé, le rendement moyen au site de LAP en 2020 a été plus élevé (9,8 t/ha) que celui en 2019 (8,6 t/ha). En général, toutes les nouvelles lignées du PE et leurs témoins semés à LAP ont produit 1 t/ha de plus en 2020 versus 2019 (Figure 22, Tableau 30).

La baisse importante de rendement et la diminution de la hauteur de PE cultivé à SMB en 2020 par rapport à l’année 2019 peuvent s’expliquer par la diminution des précipitations pendant la saison de croissance (Figures 23A). Ainsi, à SMB on observe un écart de 60 mm de précipitation entre deux années, tandis qu’à LAP cet écart est plus petit, soit 13 mm (Figure 23B). Par contre, en début (avril - juin) de la saison de croissance de 2020, il y avait plus de précipitation à LAP qu’à SMB (Figure 23B); ainsi le rendement de panic érigé en 2020 à LAP était plus élevé qu’à SMB (Figure 21, Tableau 29). Cependant, dans les deux sites d’étude, la température a augmenté sur 1°C en 2020 par rapport à 2019 (Figure 24).

L’augmentation du rendement de PÉ à LAP en 2020 par rapport à celui en 2019 pourrait être expliqué, du moins en partie, par un faible écart de précipitation, l’augmentation de température sur 1°C, le type de sol et probablement le microclimat de ce site d’étude.

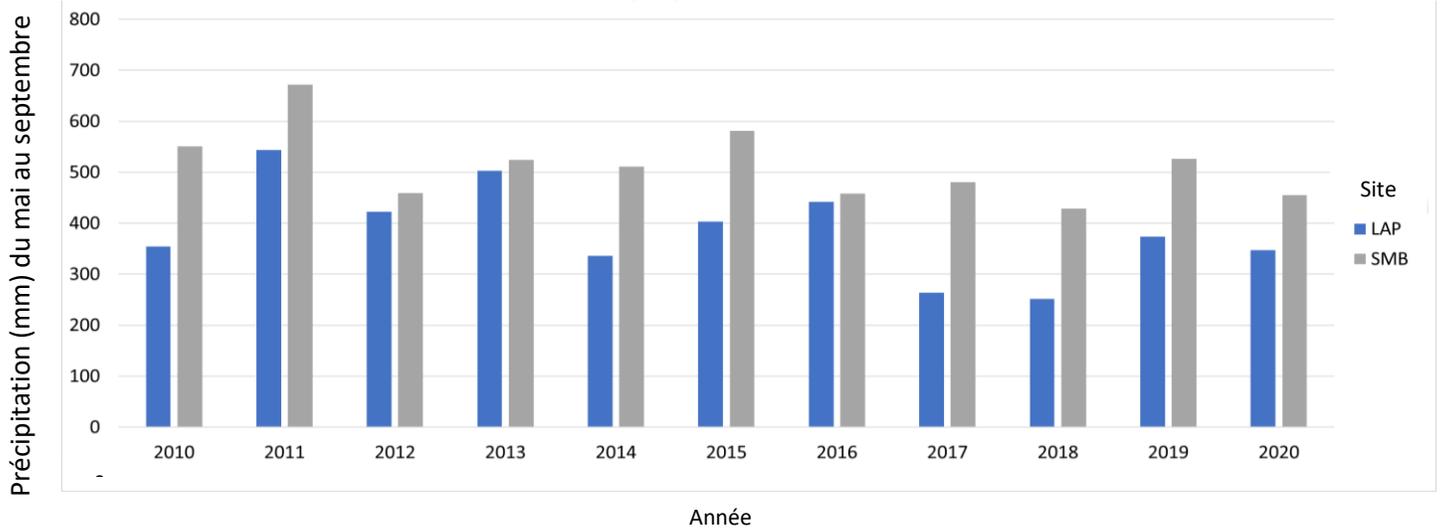


Figure 23A. Précipitation durant la saison de croissance de 2020 en fonction du site et de l'année

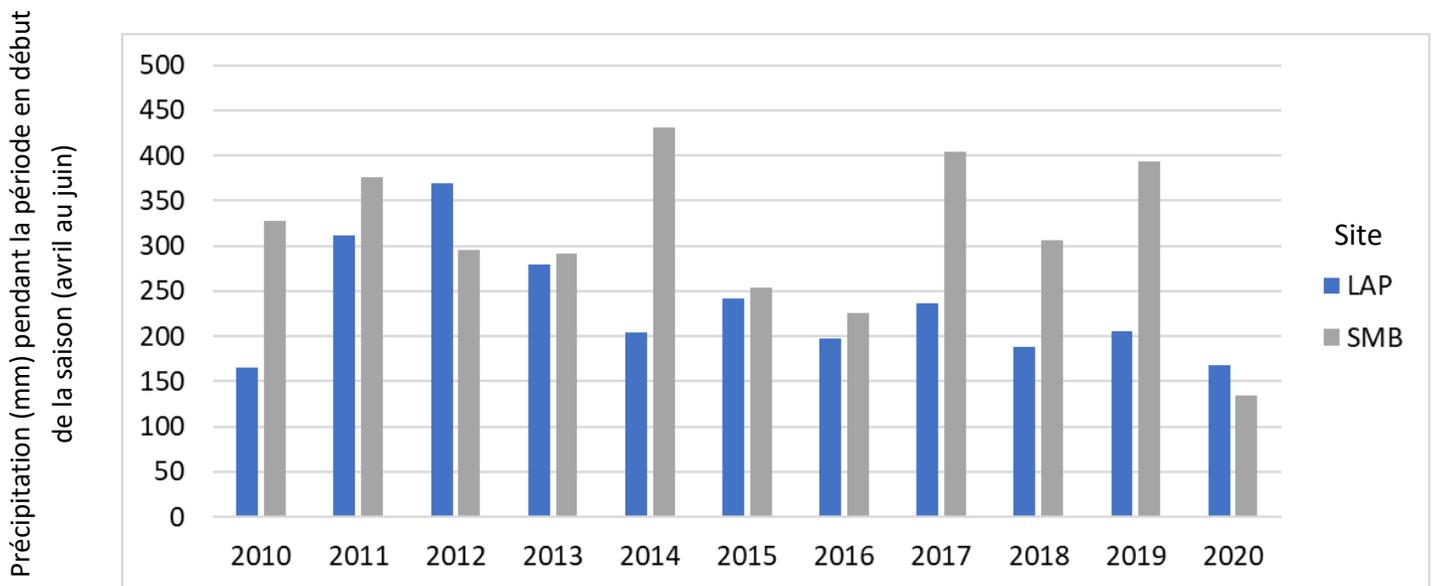


Figure 23B. Précipitation en début (avril-juin) de la saison de croissance de 2020 en fonction du site et de l'année.



Figure 24. Température durant la saison de croissance de 2020 en fonction du site et de l'année d'étude.

## Largeur des feuilles

En 2020, les feuilles les plus larges ont été observées chez toutes les nouvelles lignées dérivées de CIR et ce, sur les deux sites (Tableau 31). Par contre, seulement les feuilles de la lignée RC CIR-VI et le croisement RC CIR-III x HT-II ont été significativement plus larges que leur témoin CIR cultivés à SMB. À LAP, la nouvelle lignée RC HT-II x CIR-III avait les feuilles significativement plus larges que son témoin CIR. De même, les feuilles de la lignée RC Blue Jacket-VI et RC Tecumseh-VI ont été significativement plus larges que leurs témoins Sunburst et Summer, cultivés à LAP (Tableau 31).

Tableau 31. Largeur des feuilles des nouvelles 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		
		2020	2019	2018	2020	2019	2018
Cave-in-Rock (CIR)	T1	1,05 <sup>CD</sup>	1,06 <sup>ABC</sup>	1,01 <sup>AB</sup>	0,93 <sup>BC</sup>	1,15 <sup>AB</sup>	0,93 <sup>A</sup>
Summer	T2	0,97 <sup>F</sup>	0,87 <sup>D</sup>	0,81 <sup>BC</sup>	0,74 <sup>F</sup>	0,74 <sup>E</sup>	0,73 <sup>C</sup>
Sunburst	T3	0,97 <sup>EF</sup>	0,93 <sup>BCD</sup>	0,86 <sup>B</sup>	0,87 <sup>EF</sup>	0,83 <sup>DE</sup>	0,82 <sup>B</sup>
RC Blue Jacket-VI	3	1,02 <sup>DF</sup>	1,04 <sup>ABC</sup>	0,97 <sup>AC</sup>	0,95 <sup>CD</sup>	1,00 <sup>BC</sup>	0,94 <sup>AB</sup>
RC Tecumseh-VI	2	0,96 <sup>EF</sup>	0,89 <sup>CD</sup>	0,87 <sup>B</sup>	0,93 <sup>DE</sup>	0,95 <sup>CD</sup>	0,86 <sup>ABC</sup>
RC CIR-VI	1	1,19 <sup>AB</sup>	1,10 <sup>A</sup>	1,16 <sup>A</sup>	1,07 <sup>AB</sup>	1,23 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>
RC CIRE-IV	1	1,15 <sup>BCD</sup>	1,09 <sup>AB</sup>	1,00 <sup>AB</sup>	1,04 <sup>AB</sup>	1,23 <sup>A</sup>	1,0 <sup>A</sup>
RC HT-II x CIR-III (Cycle2)	1	1,13 <sup>ABC</sup>	1,06 <sup>AB</sup>	1,19 <sup>A</sup>	1,12 <sup>A</sup>	1,24 <sup>A</sup>	0,99 <sup>A</sup>
RC CIR-III x HT-II (Cycle 2)	1	1,24 <sup>A</sup>	1,15 <sup>A</sup>	1,13 <sup>A</sup>	1,09 <sup>AB</sup>	1,17 <sup>A</sup>	0,98 <sup>AB</sup>
RC CIRE-IV x BJ-V	1 et 3	1,09 <sup>BCD</sup>	1,04 <sup>ABC</sup>	1,0 <sup>AB</sup>	1,04 <sup>BC</sup>	1,16 <sup>AB</sup>	0,88 <sup>ABC</sup>

## Maturité des grains

En 2020, la dureté des grains de PE a été évaluée en septembre et en octobre sur deux sites à SMB et à LAP, mais aucune différence significative n'a été remarquée entre les nouvelles lignées et leurs témoins (Tableau 32). Le 16 septembre 2020, les grains de toutes les nouvelles lignées du PE ainsi que de leurs témoins cultivés dans le site nordique à LAP étaient moins durs que ceux de la nouvelle sélection du PE cultivée à SMB (Tableau 32).

Tableau 32. Dureté des grains de nouvelles lignées de panic érigé semées à Saint-Mathieu-de-Beloil et à La Pocatière en 2016.

Cultivars/lignées	Témoin	Dureté des grains, unité			
		Saint-Mathieu-de-Beloil		La Pocatière	
		16 septembre 2020	7 octobre 2020	16 septembre 2020	19 octobre 2020
Cave-in-Rock (CIR)	T1	4,39 <sup>D</sup>	4,68 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
Summer	T2	4,56 <sup>B</sup>	4,66 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,7 <sup>A</sup>
Sunburst	T3	4,68 <sup>A</sup>	4,70 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC Blue Jacket-VI	3	4,57 <sup>B</sup>	4,69 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,7 <sup>A</sup>
RC Tecumseh-VI	2	4,51 <sup>BC</sup>	4,60 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC CIR-VI	1	4,35 <sup>D</sup>	4,64 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC CIRE-IV	1	4,43 <sup>CD</sup>	4,72 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC HT-II × CIR-III (Cycle2)	1	4,41 <sup>D</sup>	4,67 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC CIR-III × HT-II (Cycle 2)	1	4,38 <sup>D</sup>	4,66 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>
RC CIRE-IV × BJ-V	1 et 3	4,55 <sup>B</sup>	4,71 <sup>A</sup>	4,3 <sup>A</sup>	4,5 <sup>B</sup>

La poursuite de la prise des données de maturité des grains sur plusieurs années est nécessaire afin de déterminer la différence de maturité de diverses lignées du PE dans les deux zones pédoclimatiques québécoises.

Des nouvelles lignées Cave-in-Rock-II et Cave-in-Rock Early-IV développées en 2016 par REAP-Canada ont récemment été commercialisées sous le nom RC Big Rock et RC Chippewa, respectivement.

## Dépistage du *Tilletia maclaganii* du panic érigé

Le dépistage du *Tilletia maclaganii* s'est imposé par l'importance des baisses de rendement que cause ce champignon en Ontario et aux États-Unis. Le suivi de cette maladie s'avérait nécessaire pour observer la vitesse de propagation ainsi que les impacts sur les parcelles de ce champignon.

Le dépistage des inflorescences de PE infectées par *Tilletia maclaganii* a été effectué sur tous les sites expérimentaux. Aucun cultivar n'a manifesté de symptômes reliés au charbon de tête à LAP (2123 UTM) et à NOR (1823 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, de SAB et d'AUG).

En 2020, le nombre d'inflorescences du PE infectées par *T. maclaganii* a été plus élevé par rapport au dépistage effectué en 2019 (Figure 25). Dans la plupart des cas, le nombre d'inflorescences infectées d'un même cultivar a été plus élevé comme par exemple de Tecumseh et de Dacotah du semis 2011 à AUG (Tableau 33). Certains cultivars de semis 2011 et 2012 (Tableau 33) ainsi que de semis 2015 et 2016 (Figure 26) ont manifesté des symptômes du charbon de tête pour la première fois en 2020. Mais ce % d'inflorescence affecté est relativement faible car c'est plusieurs milliers de tiges qui composent une parcelle. Jusqu'à présent, les impacts sur le rendement de la présence du champignon n'est pas aussi important que ceux rapportés en Ontario et aux États-Unis.

Il est important de noter que dans le site d'AUG les parcelles de semis 2011 ont démontré beaucoup plus d'inflorescences infectées par rapport aux parcelles de semis 2012 (Tableau 33), alors qu'une tendance inverse a été observée au site de SAB. Cet écart pourrait partiellement être expliqué par l'historique du site, la présence à proximité du site 2011 d'AUG d'anciennes parcelles de panic érigé ou du circuit que fait la machinerie pour la récolte.

Dans certains cas, le nombre d'inflorescences infectées chez un cultivar du même site était plus bas ou absent en 2020 par rapport à 2019 (Tableau 33). Ce fait confirme la nécessité de développer des méthodes de détection de charbon de tête plus précises, en utilisant, par exemple, l'imagerie multispectrale.

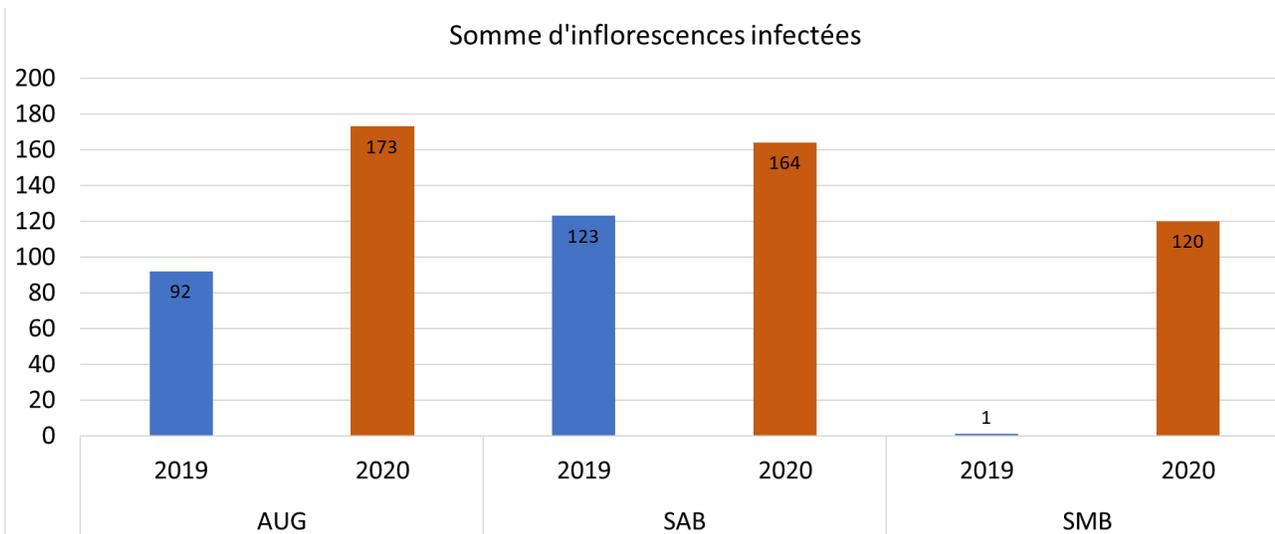


Figure 25. Somme des inflorescences de panic érigé infectées par *Tilletia maclaganii* dans divers sites en fonction de l'année du dépistage (les années de l'implantation confondues).

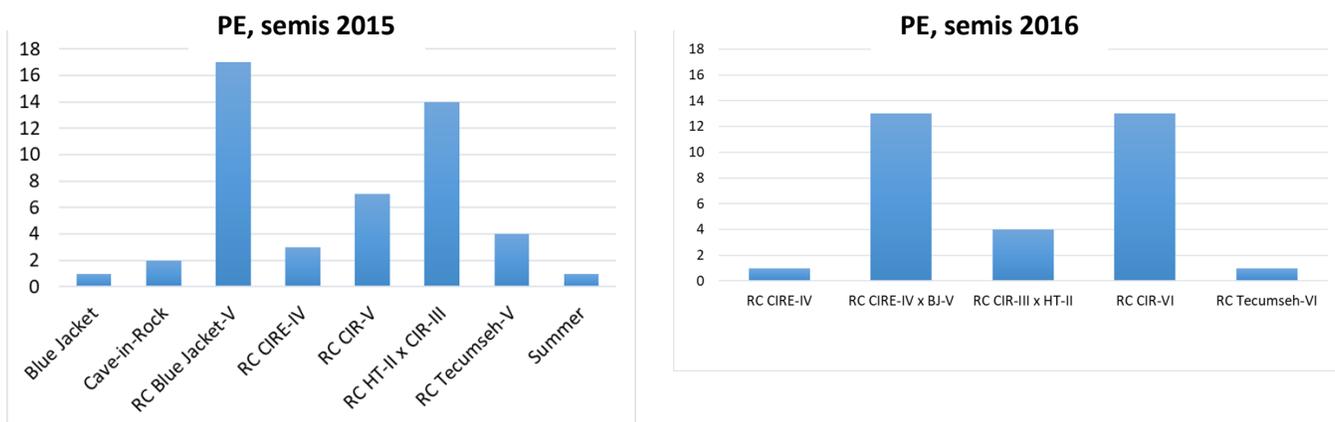


Figure 26. Nombre total d'inflorescences de panic érigé infectées par *Tilletia maclaganii* à SMB en 2020 (semis 2015 et 2016).

Tableau 33. Nombre total d'inflorescences de panic érigé infectées par *Tilletia maclaganii* en fonction de l'année des semis, du site et de l'année du dépistage.

Cultivar Site et année de semis	AUG				SAB				SMB			
	Semis 2011		Semis 2012		Semis 2011		Semis 2012		Semis 2011		Semis 2012	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Cave-in-Rock	0	3	0	0	0	0	1	3	0	2	0	0
Blue Jacket	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forestburg	0	20	1	0	1	0	15	8	0	0	0	0
Nebraska	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
Shawnee	0	5	8	0	0	1	0	2	0	1	0	0
Southlow	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Sunburst	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Tecumseh	37	71 <sup>+</sup>	6	0	0	0	20	42	1	0	0	0
Dacotah	38	70 <sup>+</sup>	0	1	0	0	2	0	0	36 <sup>+</sup>	0	0
CIR-II*	–	–	0	2	–	–	26	21	–	–	0	0
CIRE-II*	–	–	0	0	–	–	12	35	–	–	0	0
Carthage*	–	–	0	0	–	–	0	0	–	–	0	0
Shelter*	–	–	0	0	–	–	36	47	–	–	0	0
Summer*	–	–	0	0	–	–	0	2	–	–	0	0

\*indique le nombre d'inflorescences infectées plus élevé qu'il est difficile à détecter à l'œil nu.

## Dépistage de la Cécidomyies du panic érigé

La cécidomyie du PE (CDPE) se caractérise par son impact négatif sur le rendement de la biomasse et des semences qui a été observé aux États-Unis [21, 22]. Au Québec, la propagation de ce ravageur est tellement minime que cela ne nécessite pas d'actions particulières. Toutefois, le dépistage de la CDPE permettra de mieux étudier l'épidémiologie de ce ravageur au cours des prochaines années.

Le dépistage de la CDPE sur les parcelles du RPBQ des cinq sites expérimentaux a été effectué la première fois en 2020. Le nombre de tiges infectées par la CDPE a varié entre 1 et 8 selon le cultivar, le site et l'année de semis (Figure 27). Aucun symptôme de l'infestation par cet insecte n'a été observé dans les sites de NOR, de LAP et d'AUG.

Les tiges courtes et sèches renfermant des larves de *Chilophaga virgati* ont été observées seulement sur les parcelles de PE à SAB et à SMB, les zones ayant le climat plus chaud. Aucune préférence de l'insecte pour un cultivar en particulier n'a pu être remarquée.

La propagation de la CDPE au Québec, son intensité et son impact sur le rendement ne sont que très peu documentés dans la littérature. Un dépistage de cet insecte au cours des prochaines années dans les différentes zones pédoclimatiques du Québec nous permettra de colliger des données importantes qui nous serviront à mieux prévoir sa propagation.

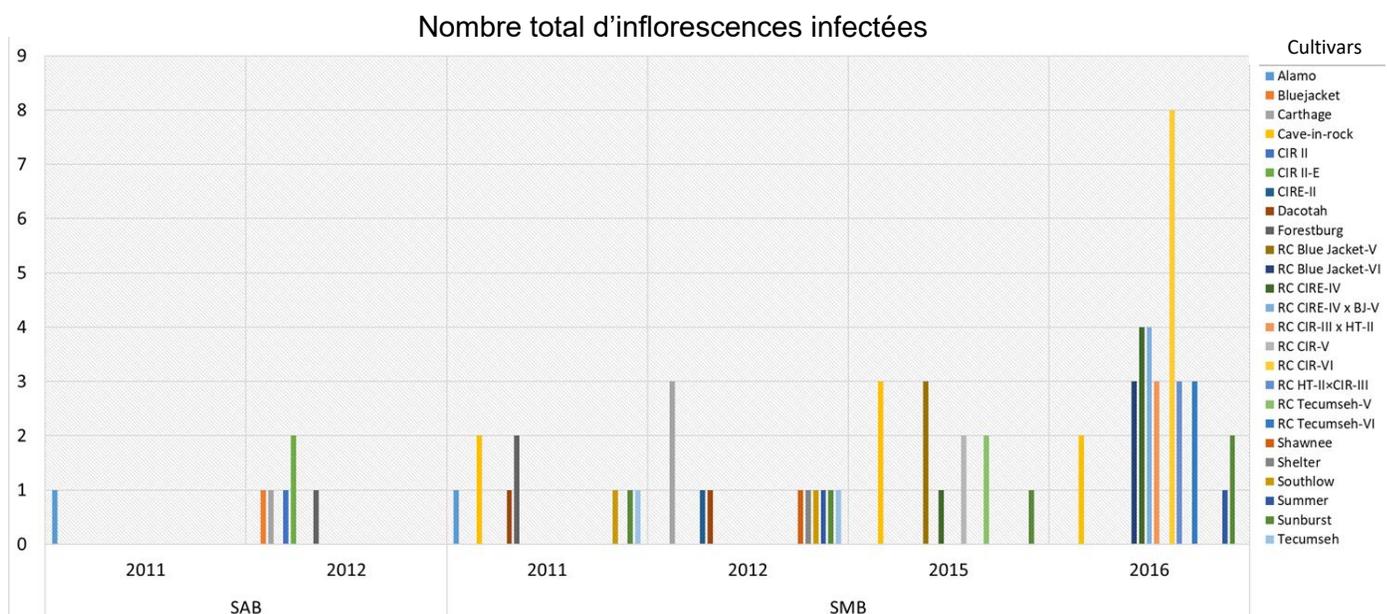


Figure 27. Nombre de tiges infectées par la cécidomyie du panic érigé en 2020 en fonction du cultivar, du site et de l'année de semis.

## Miscanthus géant : comparaison du rendement en fonction de la période de récolte

Dans tous les sites d'étude, le rendement de biomasse du MG récolté au printemps 2020 était de façon très importante, plus faible par rapport au rendement échantillonné à l'automne 2019 (Figure 28). La baisse de rendement occasionnée par la période hivernale variait selon le site d'étude et l'hybride de MG (Tableau 34). Cet écart s'explique principalement par les tiges cassées durant la période hivernale de 2019-2020.

À SMB, SAB et AUG, le rendement de l'hybride Nagara à l'automne 2019 a varié entre 16 et 19 t/ha, alors que l'hybride Europe s'est montré le plus productif à STRA, atteignant 25 t/ha (Figure 28, Tableau 34).

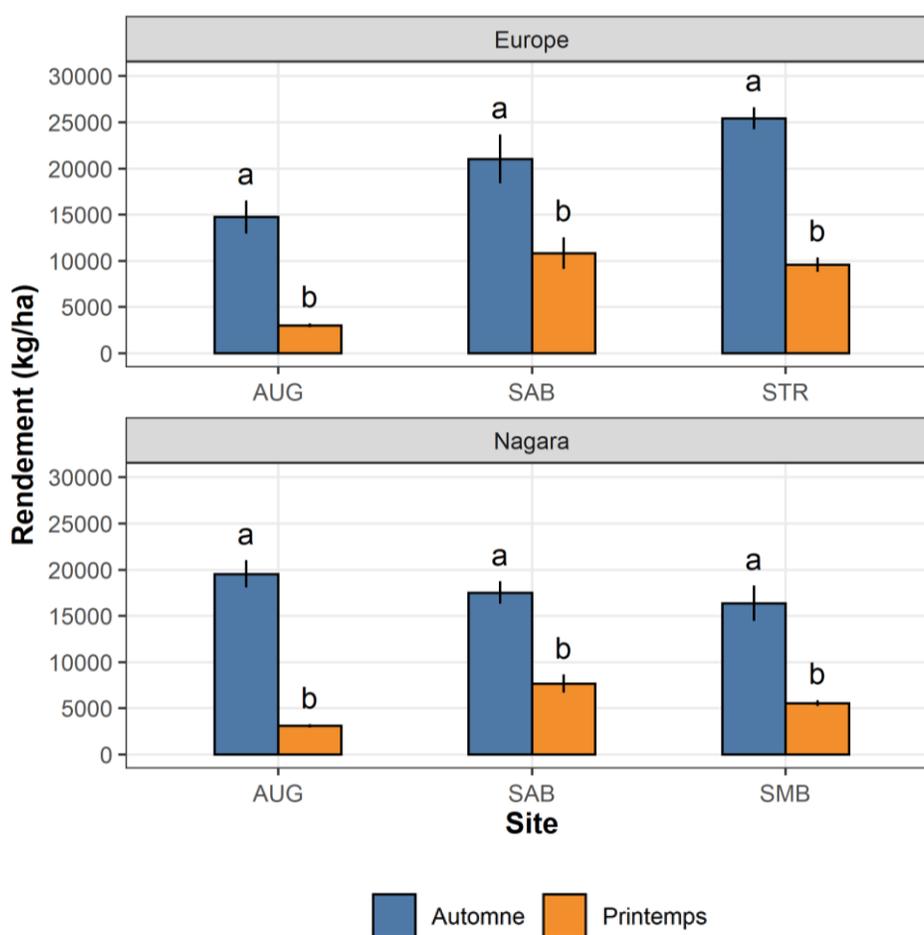


Figure 28. Comparaison du rendement moyen de deux hybrides de Miscanthus géant pendant deux saisons de récoltes en fonction des sites.

Tableau 34. Comparaison du rendement moyen de deux hybrides de Miscanthus géant en fonction du site et la perte associée entre deux périodes de récoltes.

Hybride	Europe			Nagara		
	Récolte à l'automne, kg/ha	Récolte au printemps, kg/ha	Perte, %	Récolte à l'automne, kg/ha	Récolte au printemps, kg/ha	Perte, %
AUG	14 726	3 002	79,6	19 533	3 084	84,2
SAB	21 021	10 818	48,5	17 498	7 651	56,2
SMB	–	–	–	16 355	5 556	66,0
STRA	25 397	9 585	62,0	–	–	–

« – » la récolte du MG n'a pas été effectuée

La verse du MG a été plus importante pour l'hybride Nagara à SAB à l'automne 2019 et au printemps 2020 comparativement à l'hybride Europe.

Tableau 35. Comparaison, entre deux périodes de récolte, de la verse des tiges de miscanthus géant.

Site d'étude	Verse (l'échelle de 0 à 9)			
	Automne 2019		Printemps 2020	
	Europe	Nagara	Europe	Nagara
AUG	0	0	2	1
SMB	0	0	–	4
SAB	0	7	4	7
STRA	0	–	6	–

« – » la prise des données n'a pas été effectuée

Les importants écarts de rendement obtenu confirme qu'une récolte de printemps n'est pas une pratique intéressante dans la culture du miscanthus géant pour maximiser le rendement récolté.

## Stratford

Ces parcelles ont été implantées en 2010.

La pluie et de forts vents entre le 18 et le 21 octobre 2020 a causé une forte verse du BG et du SP (9 degré selon l'échelle du 0 à 9) ce qui a rendu la récolte de ces cultures impossible (Figure 29). Par contre, le PE et le MG ont été plus résistants à la verse grâce à ces tiges plus rigides (Figure 29). Ainsi, la prise des données agronomiques et la récolte de ces deux cultures ont été effectuées le 22 octobre 2020. Ce rapport présente donc les rendements et les hauteurs moyens seulement de divers cultivars du PE en fonction de l'année de récolte (Tableau 36).



Figure 29. Verse des graminées pérennes à Stratford causée par la pluie et le vent en octobre 2020.

Le rendement moyen de Cave-in-Rock au cours des six dernières années était significativement plus élevé (9,4 t/ha) que ceux de Blue Jacket et Sunburst (7,5 et 7,2 t/ha, respectivement). Il n'y avait aucune différence significative entre le rendement de Cave-in-Rock, Summer et Tecumseh (Tableau 36).

D'année en année, Cave-in-Rock a été significativement le plus haut des cultivars de PE, atteignant 190 cm. Parmi les cinq cultivars étudiés, la hauteur de Sunburst était significativement la plus basse, soit 169 cm (Tableau 36).

La verse de tous les cultivars du PE cultivés à Stratford a varié entre 7 et 8 au moment de récolte.

Tableau 36. Rendements et hauteurs moyens (2014-2020) de divers cultivars du panic érigé semé à Stratford en 2010.

<b>Rendement en matière sèche, kg/ha</b>						
<b>Cultivars</b> <i>Moyenne des années /cultivars</i> <b>Panic érigé</b>	<b>Sommaire (2015-2020)</b>	<b>Sommaire annuel</b>				
		<b>2020</b>	<b>2018</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>
Blue Jacket	7529 <sup>BC</sup>	7444 <sup>BC</sup>	8885 <sup>BC</sup>	7563 <sup>BC</sup>	8524 <sup>BC</sup>	5234 <sup>BC</sup>
Cave-in-Rock	9463 <sup>A</sup>	10871 <sup>A</sup>	10042 <sup>A</sup>	11409 <sup>A</sup>	8647 <sup>A</sup>	6346 <sup>A</sup>
Summer	8891 <sup>AB</sup>	10568 <sup>AB</sup>	8921 <sup>AB</sup>	9948 <sup>AB</sup>	8659 <sup>AB</sup>	6357 <sup>AB</sup>
Sunburst	7252 <sup>C</sup>	6261 <sup>C</sup>	8407 <sup>C</sup>	9384 <sup>C</sup>	7211 <sup>C</sup>	4999 <sup>C</sup>
Tecumseh	8257 <sup>ABC</sup>	9223 <sup>ABC</sup>	9073 <sup>ABC</sup>	9568 <sup>ABC</sup>	7726 <sup>ABC</sup>	5695 <sup>ABC</sup>

<b>Hauteur moyenne, cm</b>						
<b>Panic érigé</b>	<b>Sommaire (2015-2020)</b>	<b>2020</b>	<b>2018</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>
Blue Jacket	179 <sup>B</sup>	186 <sup>B</sup>	189 <sup>B</sup>	187 <sup>B</sup>	162 <sup>B</sup>	162 <sup>B</sup>
Cave-in-Rock	190 <sup>A</sup>	187 <sup>A</sup>	205 <sup>A</sup>	197 <sup>A</sup>	173 <sup>A</sup>	173 <sup>A</sup>
Summer	180 <sup>B</sup>	178 <sup>B</sup>	186 <sup>B</sup>	188 <sup>B</sup>	167 <sup>B</sup>	167 <sup>B</sup>
Sunburst	169 <sup>C</sup>	175 <sup>C</sup>	180 <sup>C</sup>	173 <sup>C</sup>	153 <sup>C</sup>	153 <sup>C</sup>
Tecumseh	181 <sup>B</sup>	180 <sup>B</sup>	189 <sup>B</sup>	188 <sup>B</sup>	168 <sup>B</sup>	168 <sup>B</sup>

## Conclusions sur les résultats agronomiques des graminées pérennes

Ainsi, les activités du RPBQ en 2020-2021 ont permis d'évaluer les aspects agronomiques de plusieurs cultures pérennes tels que le PE et le MG dans les cinq sites expérimentaux et une ferme commerciale à Stratford.

Les données collectées depuis 9 ans démontrent une tendance similaire dans la production de divers cultivars du PE implantés en 2011 et en 2012 :

- Le cultivar Cave-in-Rock (CIR) et ses dérivés CIR-II, CIRE-II et Shawnee sont les plus productifs (de 8 à 9 t/ha) dans la province;
- SMB est le site le plus favorable pour la production du PE (10-12 t/ha) au Québec, probablement dû à la différence dans le type de sol et les conditions climatiques;
- Sur tous les sites, le PE a atteint un maximum de rendement d'environ 9 t/ha à la troisième année de production;
- Depuis 2015, le rendement du PE sur tous les sites a graduellement diminué pour atteindre 4,9 t/ha en 2020; sauf le site de Stratford.
- Le nombre d'inflorescences du PE infectées par *T. maclaganii* en 2020 a été plus élevé en 2020 par rapport au dépistage effectué en 2019, suggérant la propagation de cette maladie; mais la présence de ce champignon demeure dans des limites très acceptables pour l'instant et son évolution continuera d'être prise en compte.
- La présence de la CDPE n'est pas problématique pour l'instant. Le nombre d'inflorescences infectées par la CDPE a varié entre 1 et 8 selon le cultivar, le site et l'année de semis.
- Les nouvelles lignées RC CIRE-IV x BJ-V et RC CIR-III x HT-II ayant le rendement d'environ 10 t/ha sont prometteuse pour la production en Bas-Saint-Laurent.

La poursuite de collecte des données agronomiques des nouvelles lignées du PE sélectionnées par REAP-Canada en 2015 et 2016 permettront de mieux définir leur adaptabilité aux différentes zones pédoclimatiques dans les régions comparables à la Montérégie et au Bas-Saint-Laurent.

La récolte du MG au printemps n'est pas recommandée puisque la baisse du rendement occasionnée par la période hivernale peut atteindre 80%. Ainsi, l'automne est la meilleure période de récolte du MG. Toutefois, une récolte d'automne aura un % d'humidité plus élevé ce qui implique une bonne gestion de la biomasse à la récolte, des volumes importants à traiter dans une courte période car l'entreposage ne sera pas possible.

## PUBLICATION ET TRANSFERT DE CONNAISSANCES DU RPBQ

Les rapports finaux des activités 2018-2019 et 2019-2020 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec, déposés sur Agri-Réseau le 23 septembre et le 30 juillet 2020, respectivement (Tableau 37), ont déjà été consultés 166 et 90 fois (selon les données statistiques d'Agri-Réseau du 26 novembre 2020). La consultation du rapport final des activités 2017-2018 du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec en 2020 a presque doublé depuis son dépôt en 2019. La consultation du guide de production du panic érigé et du guide de production de saules en culture intensive sur courtes rotations depuis leur dépôt en 2018 est rendue 852 fois et 498 fois en 2020.

Tableau 37. Les travaux des activités du RPBQ publiés sur Agri-Réseau en 2018-2020.

Rapport ou guide publié	Date de publication	Consultation du document	
		Nov 2019	Nov 2020
Olishevskaja S. <b>2020</b> . Rapport final des activités 2019-2020 du Réseau des Plantes Bioindustrielles du Québec (RPBQ). CÉROM. Saint-Mathieu-de-Beloeil. 73 pages	30 juillet 2020	Non applicable	90 fois
Olishevskaja S. <b>2019</b> . Rapport final des activités 2018-2019 du Réseau des Plantes Bioindustrielles du Québec (RPBQ). CÉROM. Saint-Mathieu-de-Beloeil. 66 pages	23 septembre 2020	Non applicable	166 fois
Olishevskaja S. <b>2018</b> . Rapport final des activités 2017-2018 du Réseau des Plantes Bioindustrielles du Québec (RPBQ). CÉROM. Saint-Mathieu-de-Beloeil. 41 pages	03 mai 2019	255 fois	430 fois
Labrecque M., Lajeunesse S.L. <b>2017</b> . Guide de production de saules en cultures intensive sur courtes rotations. 19 p.	24 janvier 2018	429 fois	498 fois
Martel H., Lalonde O. <b>2018</b> . Panic érigé. Guide de production. 41 p.	11 janvier 2018	779 fois	852 fois

L'information sur les activités du RPBQ a été mise à jour sur le site Internet du CÉROM. Les deux derniers rapports ainsi que tous les guides de production des plantes bio-industrielles ont y été également publiés :

<https://cerom.qc.ca/domaines-de-recherche/plantes-bio-industrielles/publications.html>

<https://cerom.qc.ca/reseau-des-plantes-bio-industrielles-du-quebec/guides-rpbq.html>

En 2020, la coordonnatrice du RPBQ a participé à deux webinaires organisés par l'UPA et le CRIBIQ ayant pour but de promouvoir les plantes bio-industrielles qui pourront être utilisées dans les bandes riveraines et dans la bioraffinerie en assurant une économie circulaire locale (Tableau 38).

Tableau 38. Participation aux webinaires, rencontres et réunions en 2020.

<b>Webinaires et ateliers</b>			
<b>Webinaire/Organisme</b>	<b>Conférencier/Personne contact</b>	<b>Endroit</b>	<b>Date</b>
Bandes riverains, Pourquoi ?	Jérémie Mercier, Agroéconomiste et Conseiller en agroenvironnement	UPA, McMasterville	10 mars 2020
Bioraffinage : Opportunités et Marchés	Simon Barnabé, UQTR	CRIBIQ	24 novembre 2020
<b>Rencontres et réunions</b>			
Ferme Madelon S.E.N.C.	Guy Sabourin, Propriétaire, producteur	Outaouais	11 septembre 2020
Ville de Saint-Bruno-de-Montarville Direction de l'urbanisme, de l'environnement et du développement durable Division de l'environnement	Lynda Charest, Chef de division, Sylviane Jinchereau, Chargée de projet en environnement	Montréal	13 mars 2020 10 août 2020 3 novembre 2020

Un dépliant renfermant un résumé sur les plantes bio-industrielles et leur potentiel agronomique et industrielle a été élaboré par la coordonnatrice du RPBQ, en collaboration avec les responsables des ateliers et distribué parmi les producteurs des grandes cultures lors d'un webinaire sur les bandes riveraines organisées par l'UPA le 10 mars 2020. Il a été également publié sur Agri-Réseau :

<https://www.agrireseau.net/documents/107051/caracteristique-des-plantes-bio-industrielles?a=1>

## **AVANCEMENT DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHAÎNE DE VALEUR POUR LES PLANTES BIO-INDUSTRIELLES**

D'un point de vue économique et environnemental, le SCR et les graminées pérennes, telles que le PE et le MG, présentent des voies de valorisation prometteuses dans la bioraffinerie et dans les biomatériaux. Ce rapport résume donc l'avancement dans l'exploration du marché potentiel et la poursuite de l'analyse des paramètres de qualité de la biomasse issue de culture de PBI en fonction des besoins de l'industrie.

### **Bioproduits issus de la pyrolyse du panic érigé**

Au Québec, l'industrie de la pyrolyse connaît un certain essor depuis une dizaine d'années. Il s'agit d'un procédé de conversion thermochimique ( $> 250\text{ °C}$ ) dans un environnement exempt ou pauvre en oxygène de la biomasse agroforestière qui génère trois coproduits : le biochar (coproduit solide), les huiles pyrolytiques (coproduit liquide) et le syngaz (coproduit gazeux). Les huiles pyrolytiques sont composées de trois phases : l'eau, l'huile dite lourde s'apparentant à du bitume et l'huile dite légère (dite le vinaigre de bois).

Le vinaigre de bois (VB) est un liquide renfermant près de 200 composés chimiques dont l'acide acétique. Cette phase aqueuse acide a fait l'objet de nombreuses recherches, surtout en Asie, pour son intérêt en tant qu'herbicide, insecticide, bactéricide, fongicide ou biostimulant agricole. Au Japon, les agriculteurs appliquent le VB seul ou en combinaison avec du biochar en tant que biostimulant afin d'améliorer la productivité des sols. La composition chimique du VB varie selon le type de biomasse et le procédé de pyrolyse utilisés. Son potentiel pesticide et biostimulant peut aussi varier considérablement en fonction de ses propriétés et des modalités d'application (dose, fréquence et méthode d'application du produit).

La biomasse de PE présente un avantage certain pour la production du VB par pyrolyse par sa longévité de production (plus de 10 ans), son rendement élevé (8-12 tonnes/année), ainsi que son adaptabilité aux différents types de sol et climats québécois qui garantissent un approvisionnement constant. De plus, cette plante lignocellulosique requiert peu d'intrants et d'intervention et peut-être exploitée sur les terres agricoles marginales telles que les bandes riveraines et les terres en friche.

La pyrolyse de biomasse du PE pourrait être utilisée afin de développer un nouveau biopesticide, de valoriser le coproduit solide (le biochar) en tant que biostimulant et ainsi améliorer la performance agricole à court, moyen et long terme.

Le procédé de pyrolyse peut être également appliqué afin de produire du biochar qui concentre les contaminants métalliques absorbés par les plantes lors de la phytoremédiation des sites pollués et accumulés dans la biomasse. Le biochar qui contient les métaux peut être stabilisé par la cimentation et l'enfouissement par la suite dans un lieu sanitaire. En utilisant une nouvelle technologie de gazéification à très haute température, une partie du biochar peut être convertie en gaz de synthèse qui fait fondre son contenu inorganique. Lors du refroidissement, cette matière fondue donne un produit vitrifié qui est stable et non-lixiviable et qui peut être directement disposé. La troisième option correspond à la valorisation de ce biochar qui concentre les métaux contaminants. Dans le domaine de la raffinerie, plusieurs courants gazeux contiennent des contaminants à base de soufre (ex. H<sub>2</sub>S et mercaptans), communément appelé 'sour gaz'. Ces composés soufrés se trouvent aussi dans les biogaz produits lors de la biométhanisation qui doivent être purifiés avant leur utilisation pour la production d'énergie. Quand le contenu en soufre est relativement faible (typiquement inférieure à 5000 ppmv) on utilise des adsorbants à base de métaux supportés sur une matrice [23, 24]. Ainsi, la capacité de ce biochar comme un adsorbant de ce type est envisagée.

## **Étude stratégique et technico-économique sur le potentiel d'utilisation des bio-fibres issues du PE, du MG et du SCR**

Bien que les perspectives liées à l'utilisation des plantes lignocellulosiques dans les biomatériaux soient nombreuses, il existe pour le moment peu d'applications commerciales au Canada.

En collaboration avec le CRIBIQ, une étude stratégique et technico-économique sur le potentiel des fibres issues des plantes bio-industrielles telles que le PE, le MG et le SCR a été débutée en janvier 2021.

L'objectif général de l'étude est de permettre d'acquérir de nouvelles connaissances technico-économiques qui faciliteront le positionnement et la prise de décisions stratégiques des instances industrielles et gouvernementales par rapport au développement de cette nouvelle filière bio-industrielle au Québec.

Cette étude sera complétée par les résultats d'un projet de recherche sur la caractérisation de la qualité des fibres issues de PE, de MG et de SCR qui a débuté en janvier 2021 par les chercheurs d'Innofibre. De plus, des essais de mise en pâte et le thermoformage de barquettes issues de chaque espèce seront réalisés et caractérisés.

Ce projet de recherche permettra de vérifier la conformité des fibres de ces trois plantes lignocellulosiques pour une utilisation dans des produits papetiers, dont les emballages celluloses 3D. Innofibre possède une solide expertise en thermoformage de fibres lignocellulosiques. De plus, ils ont à leur disposition une usine pilote de pâtes et papiers unique au Canada qui comprend une machine de pâte thermoformée permettant de produire des prototypes d'emballage cellulosique 3D.

## Produits chimiques biosourcés à haute valeur ajoutée

Depuis des années, Dr Boumghar, le directeur du Centre d'études des procédés chimiques du Québec (CEPROCQ), dirige une chaire de recherche industrielle axée sur la valorisation et la mise à l'échelle commerciale des extractibles agroforestiers.

Bien qu'il utilise du bois comme matière première dans ces projets de recherche, les plantes lignocellulosiques telles que le PE, le MG et le SCR possèdent aussi du potentiel en différents extractibles grâce à la haute teneur en lignine, cellulose et hémicellulose.

Une étude préliminaire de six mois sur la caractérisation de la biomasse de PE conformément aux protocoles du *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) a été effectuée par l'équipe de Dr Boumghar.

Les composés principaux du PE et les extractibles ont été déjà identifiés (Tableau 39).

Tableau 39. Composition du panic érigé.

% Solides avec extractibles	% Cendres	% Extractibles (base sèche)	% Solides sans extractibles	% Lignine	% Cellobiose	% Glucose	% Xylose-Mannose-Galactose	% Arabinose
91,09	6,20	7,15	86,74	19,17	0,32	33,78	21,94	3,37

La deuxième étape consiste à améliorer le procédé Organosolv qui, grâce à l'utilisation d'un catalyseur, permettra d'améliorer le fractionnement et la digestion des sucres lors de l'hydrolyse enzymatique, en augmentant ainsi la qualité de la lignine et autres composés.

## **Biomasse de PE en tant que bio-absorbant**

Dans le but de trouver les caractéristiques désirées pour la production de la litière à base de PE, les granules de PE ont été testées par l'entreprise Intersand qui se spécialise dans le développement et la production de litières composites naturelles pour chats.

La plupart de leurs produits sont composés d'argile pure de haute qualité qui forme rapidement des agglomérations solides et neutralise la formation d'ammoniac pour un contrôle optimal des odeurs d'urine et de fèces.

Plusieurs analyses ont été effectuées au laboratoire d'Intersand afin de comparer la capacité d'absorption de l'urine avec leurs produits déjà commercialisés. La capacité d'absorption du PE a été plus élevée que celle du mélange de maïs et de blé, mais les granules de PE ne possèdent pas la même capacité de s'agglomérer avec l'urine même en rajoutant d'un produit agglomérant.

Considérant que le produit s'orienterait plutôt vers un produit non agglomérant naturel à condition de l'avoir en granules plus petites, Intersand serait intéressé à utiliser cette matière première comme un possible débouché lorsqu'une demande plus précise apparaîtrait.

## **Enjeux des transformateurs**

Les plantes bio-industrielles (PE, MG, SCR) peuvent servir à des utilisations industrielles. Toutefois, l'approvisionnement et le conditionnement de la biomasse agricole en quantité et en qualité suffisante pour répondre aux besoins des transformateurs est un des enjeux à adresser pour remplir les exigences des débouchés potentiels. En fonction des marchés, certains entrepreneurs recherchent une certaine uniformité dans la qualité de la biomasse, ils ont besoin d'un produit sec (10% d'humidité), broyée (5 mm) et bien compactée dans les gros sacs (35 x 35 x 40 pouces) afin de minimiser l'espace d'entreposage et réduire le coût du transport. Il faut donc bien connaître les exigences des acheteurs/transformateurs afin que les entreprises agricoles spécialisées dans ces cultures puissent évaluer leur capacité à fournir ces biomasses tout en maintenant une rentabilité.

## RÉFÉRENCES

1. Kuzovkina Y.A. et al. 2007. *Salix: Botany and Global Horticulture*, in *Horticultural Reviews*. p. 447-489.
2. Labrecque M., Lajeunesse S.L. 2017 *Guide de production de saules en culture intensive sur courtes rotations*. Publication du Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec. Agri-Réseau, 29 p.
3. Berthod N. et al. 2015. *Five willow varieties cultivated across diverse field environments reveal stem density variation associated with high tension wood abundance*. **6**(948): 1-11.
4. Brereton N.J.B. et al. 2017. *Extractable phenolic yield variation in five cultivars of mature short rotation coppice willow from four plantations in Quebec*. *Industrial Crops and Products*. **97**: p. 525-535.
5. Bullard M.J. et al. 2002. *Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice Salix spp.—1. Yield response in two morphologically diverse varieties*. *Biomass and Bioenergy*. **22**(1): p. 15-25.
6. Harayama H. et al. 2020. *The effects of weather, harvest frequency, and rotation number on yield of short rotation coppice willow over 10 years in northern Japan*. *Biomass and Bioenergy*. **142**: p. 105797.
7. Ressources naturelles Canada. <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/9506>
8. IRIIS Phytoprotection. <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=3160>
9. Agnello A. et al. 2018. *Guide d'identification. Maladies, ravageurs et organismes bénéfiques des arbres fruitiers*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) : 248 p.
10. IRIIS Phytoprotection. <http://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Insecte?imageId=3320>
11. Agriculture et Agroalimenature Canada. <https://www.agr.gc.ca/fra/agriculture-et-environnement/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/chancres-noirs-et-brulure-du-saule/?id=1367429536020>
12. *Brûlure et chancre noir du saule* Maladies des arbres du Québec. Centre collégial de développement de matériel diagnostique, 2009. [https://arbres.ccdmd.qc.ca/maladie\\_fiche\\_frame.php?IDMal=56&tri=1](https://arbres.ccdmd.qc.ca/maladie_fiche_frame.php?IDMal=56&tri=1)
13. Vogel P.K. et al. 2011. *Switchgrass*, in *Energy Crops*, N.G. Halford and A. Karp, Editors. Royal Society of Chemistry, p. 341-380.
14. Jefferson P.G. and McGaughey W.P. 2012. *Switchgrass (Panicum virgatum L.) Cultivar Adaptation, Biomass Production, and Cellulose Concentration as Affected by Latitude of Origin*. International Scholarly Research Network. ISRN Agronomy, 9 p.

15. Casler M.D. 2012. *Switchgrass Breeding, Genetics, and Genomics*, in *Switchgrass, Green Energy and Technology*, A. Monti, Editor, Springer-Verlag: London, UK. p. 29-53.
16. Martel H., Lalonde O. 2018. *Guide de production du panic érigé*. Réseau des Plantes Bio-industrielles du Québec. Agri-Réseau, 41 p.
17. Samson R. et al. 2014. *Enhancing the commercial viability of switchgrass on marginal farmland through plant breeding*, Final report for Canadian Agricultural Adaptation Program, 35 p.
18. Bélanger P. et al. 2016. *Rapport 2010-2015 des activités du Réseau des plantes bio-industrielles du Québec*. Préparé pour le MAPAQ, 83 p.
19. 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.
20. Moore K.J. 1991. *Describing and Quantifying Growth Stages of Perennial Forage Grasses*. Agronomy journal. **83**(6): p. 1073-1077.
21. Boe A. and Gagné R. 2011. *A New Species of Gall Midge (Diptera: Cecidomyiidae) Infesting Switchgrass in the Northern Great Plains*. Bioenergy Research. **4**: p. 77-84.
22. Torrez V.C. et al. 2014. *The Switchgrass Gall Midge (Chilophaga virgati Gagné) in the Northern Great Plains*. BioEnergy Research. **7**(1): p. 417-423.
23. Abatzoglou N. and Boivin S. 2009. *A review of biogas purification processes*. Biofuels, Bioproducts and Biorefining. **3**(1): p. 42-71.
24. Shah M.S. et al. 2017. *Hydrogen Sulfide Capture: From Absorption in Polar Liquids to Oxide, Zeolite, and Metal–Organic Framework Adsorbents and Membranes*. Chemical Reviews. **117**(14): p. 9755-9803.