

Programme diversification et commercialisation en circuit court en région du ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

**Évaluation des besoins NPK des prairies d'alpiste roseau cultivées en Estrie
pour la production de biomasse à des fins énergétiques**

Rapport final présenté à la
Coopérative Bioénergie Mégantic

Coordination du projet et rédaction du rapport
Simon-P. Guertin, agronome, Ph. D.
Huguette Martel, agronome
Bernard Saucier, agronome

mai 2013

Remerciements

Nous tenons à souligner la précieuse collaboration des producteurs agricoles, membres de la Coopérative Bio - Énergie Mégantic, soit Claude Faucher, Mario Blais, Pierre Béliveau et Steve Charrier.

De plus, nous voulons également remercier l'équipe d'Huguette Martel de la Direction régionale de l'Estrie du MAPAQ, soit François Gouin-Legault, de même que le personnel étudiant dont Caitlin Aubin, Amélie Lacroix-Dehours, Mireille Pruneau-Rodrigue, Alexandra Arès Bruneau. Leur appui et leurs efforts ont contribué au succès de cette étude.

Sommaire

Cette étude a été réalisée sur des prairies d'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea* L.) localisées dans la MRC du Granit, en Estrie. Elle visait à déterminer les besoins nutritionnels en NPK afin d'optimiser la production de biomasse et la qualité commercialisable pour la combustion. Les essais ont été réalisés sur trois à quatre sites annuellement sur différents groupes texturaux, et ce, pendant trois années consécutives. Douze traitements NPK ont été appliqués par bloc suivant un modèle statistique en factoriel qui comportait trois répétitions. Parmi les douze traitements, il y avait un témoin qui ne recevait aucun fertilisant.

Les résultats montrent que l'apport de fertilisants sur les prairies d'alpiste roseau (témoin $N_0P_0K_0$) en améliore leur productivité à la majorité des sites. La fumure azotée est déterminante dans la productivité des prairies. La réponse de l'alpiste à la fumure azotée est cependant influencée notamment par les conditions climatiques (la température et la pluviométrie) et par la nature texturale du sol. En 2010, la réponse est linéaire aux sites de texture loameuse alors qu'elle est quadratique sur loam plutôt argileux à St-Ludger. Les facteurs économiques, la qualité de la biomasse de même que le potentiel de rendement au site vont être déterminants sur la quantité de fumure azotée à épandre sur la culture. En 2011, la saison de végétation fut très pluvieuse et la réponse de l'alpiste à la fumure azotée plafonne rapidement et suit un modèle quadratique sous les apports croissants d'azote. Selon la nature texturale du sol, on voit qu'en sol loameux, la dose optimale moyenne est 75 kg de N/ha et qu'en sol de texture plus lourde, elle se situe à 30 kg de N/ha. En 2012, la saison de végétation a connu une sécheresse prolongée et la réponse de l'alpiste à la fumure azotée est généralement limitée en sol léger (sable et loam sableux) et la dose optimale d'azote est de 30 kg/ha. Par ailleurs, en sol plutôt lourd, l'alpiste répond significativement aux doses d'azote et la dose optimale de N est de 90 kg/ha.

La fertilisation à doses progressives de phosphore et de potassium a généralement eu peu d'effets sur la productivité de l'alpiste en autant que le sol était en niveau de suffisance en P et en K. Les sols se trouvant en des niveaux de suffisance ou plus de phosphore et de potassium disponible ne devraient recevoir que des applications d'entretien en ces deux éléments, par exemple, 25 kg de P_2O_5 et de K_2O /ha. Les résultats montrent qu'une dose supérieure à 50 kg de P_2O_5 et/ou de K_2O /ha peut entraîner un enrichissement dans la biomasse d'alpiste du contenu en cendres et en certains minéraux, comme le potassium, lorsque le sol est déjà à un niveau de suffisance en ceux-ci.

Par ailleurs, les apports de potassium (muriate de potasse) ont un impact sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste qui s'accroît avec les doses de K. Il en est de même pour le contenu en chlorure dans la biomasse qui augmente de façon très importante avec la dose de potassium appliquée. L'application printanière de muriate de potasse semble plutôt mal adaptée pour la production de biomasse aux fins de biocombustible. L'application de fumure azotée a généralement entraîné un fléchissement dans les contenus des minéraux et cendres de l'alpiste à mesure que la dose progresse. Seule la teneur en azote suit une tendance à la hausse avec la progression des doses d'azote, et elle devient élevée lorsque la dose de fumure azotée est supérieure ou égale à 90 kg/ha. Le pouvoir calorifique de la biomasse d'alpiste roseau n'est pas influencé par les applications progressives de NPK.

Table des matières

1. Introduction	9
2. Objectif	9
3. Hypothèses	10
4. Méthodologie expérimentale	10
5. Résultats.....	12
5.1 Rendement en biomasse	12
5.1.1 Rendement en biomasse saison 2010.....	12
5.1.1.1 Azote	12
5.1.1.2 Phosphore	14
5.1.1.3 Potassium	17
5.1.1.4 Résumé du rendement en biomasse en 2010.....	18
5.1.2 Rendement en biomasse saison 2011.....	18
5.1.2.1 Azote	18
5.1.2.2 Phosphore	21
5.1.2.3 Potassium	22
5.1.2.4 Résumé du rendement en biomasse en 2011.....	23
5.1.3 Rendement en biomasse saison 2012.....	23
5.1.3.1 Azote	23
5.1.3.2 Phosphore	25
5.1.3.3 Potassium	25
5.1.3.4 Résumé du rendement en biomasse en 2012.....	26
5.2 Hauteur des plants à la récolte.....	27
5.2.1 Année 2010	27
5.2.2 Année 2011	28
5.2.3 Année 2012	29
5.2.4 Résumé sur la hauteur de la biomasse d'algues roseau.....	30
5.3 Pourcentage d'humidité dans la biomasse récoltée.....	31
5.3.1 Année 2010	31
5.3.2 Année 2011	32
5.3.3 Année 2012	34
5.3.4 Résumé sur la teneur en humidité	35
5.4 Contenu en cendres (sans silice)	36
5.4.1 Année 2010	36
5.4.2 Année 2011	37
5.4.3 Année 2012	38
5.4.4 Résumé sur le contenu en cendres (sans silice)	40
5.5 Contenu en silice	41
5.5.1 Année 2010	41
5.5.2 Année 2011	42
5.5.3 Année 2012	43
5.5.4 Résumé sur le contenu en silice.....	44
5.6 Contenu en potassium.....	45
5.6.1 Année 2010	45
5.6.2 Année 2011	47
5.6.3 Année 2012	48
5.6.4 Résumé sur le contenu en potassium.....	50
5.7 Contenu en chlorure.....	50
5.7.1 Année 2010	50
5.7.2 Année 2011	52
5.7.3 Année 2012	53
5.7.4 Résumé sur le contenu en chlorure.....	54

5.8 Contenu en soufre	54
5.8.1 Année 2011	54
5.8.2 Année 2012	55
5.8.3 Résumé sur le contenu en soufre.....	57
5.9 Contenu en azote total	57
5.9.1 Année 2010	57
5.9.2 Année 2011	58
5.9.3 Année 2012	59
5.9.4 Résumé sur le contenu en azote total	60
6. Pouvoir calorifique de la biomasse.....	60
7. Conclusion	62

Liste des figures

Figure 1.	Effet de doses progressives de fumure azotée sur la production de biomasse d'alpiste roseau aux sites 2 et 4 en 2010.....	12
Figure 2.	Réponse linéaire moyenne à l'azote de l'alpiste roseau aux sites 2 et 4 en 2010.....	13
Figure 3.	Réponse linéaire moyenne pour l'ensemble des sites aux doses croissantes d'azote en 2010	14
Figure 4.	Effet des doses progressives de phosphore sur la production d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010.....	15
Figure 5.	Effet des doses progressives de phosphore sur la production d'alpiste roseau au site 2 au Lac-Drolet en 2010.....	16
Figure 6.	Effet des doses progressives de phosphore sur la production moyenne pour l'alpiste roseau en 2010.....	16
Figure 7.	Effet des doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau au site 4 (Lac-Mégantic) en 2010	17
Figure 8.	Effet des doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau au site 3 à St-Ludger en 2010.....	18
Figure 9.	Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau pour l'ensemble des sites en 2011.....	19
Figure 10.	Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau en sols loameux en 2011.....	20
Figure 11.	Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau en sols lourds en 2011	20
Figure 12.	Réponse moyenne aux doses progressives de phosphore sur la production de l'alpiste roseau à l'ensemble des sites de 2011	22
Figure 13.	Réponse moyenne aux doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau à l'ensemble des sites de 2011	22
Figure 14.	Réponse quadratique de l'alpiste roseau aux doses progressives de fumure azotée aux différents sites étudiés en 2012	24
Figure 15.	Réponse quadratique moyenne, pour l'ensemble des sites, d'alpiste roseau aux doses progressives de fumure azotée en 2012	25
Figure 16.	Influence de doses progressives de fumure phosphatée et potassium sur la hauteur (cm) des plants d'alpiste roseau aux sites 6 et 7	28
Figure 17.	Influence de doses progressives de fumures azotée, phosphatée et potassique sur la hauteur (cm) des plants d'alpiste roseau aux sites 5 et 8	29
Figure 18.	Influence de doses progressives d'azote, de phosphore et de potassium sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux sites 6 et 7 en 2011.....	33
Figure 19.	Influence de doses progressives de fumures azotée, phosphatée et potassique sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux sites 5 et 8 en 2011.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1.	Caractéristiques chimiques et texturales du sol aux différents sites expérimentaux d'alpiste roseau de 2010 à 2012	11
Tableau 2.	Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2010	14
Tableau 3.	Rendement en biomasse de l'alpiste roseau sous les doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2011	19
Tableau 4.	Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2011	21
Tableau 5.	Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2012	23
Tableau 6.	Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium, aux différents sites d'essai en 2012	25
Tableau 7.	Effet des doses croissantes d'azote sur la hauteur (cm) de la biomasse d'alpiste roseau à la récolte 2010.....	27
Tableau 8.	Effet des doses croissantes de phosphore et de potassium sur la hauteur (cm) de la biomasse d'alpiste roseau à la récolte 2010	27
Tableau 9.	Hauteur (cm) de l'alpiste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2012	30
Tableau 10.	Hauteur (cm) de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2012	30
Tableau 11.	Influence de doses progressives de fumure azotée sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux différents sites en 2010	31
Tableau 12.	Influence de doses progressives de phosphore et de potassium sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse d'alpiste roseau, aux sites 2010.....	31
Tableau 13.	Teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2012	35
Tableau 14.	Teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux sites d'essai en 2012	35
Tableau 15.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en cendres (%) (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010.....	36
Tableau 16.	Évolution de teneur en cendres (%) (sans silice) de la biomasse d'alpiste roseau sous les doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2012	37
Tableau 17.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le pourcentage en cendres (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011.....	37
Tableau 18.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011.....	38
Tableau 19.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012.....	39
Tableau 20.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012.....	39
Tableau 21.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux sites d'essai 2010	41
Tableau 22.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux sites d'essai 2010	42
Tableau 23.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai, 2011.....	42
Tableau 24.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux sites d'essai, 2011	43

Tableau 25.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012	44
Tableau 26.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai, en 2012	44
Tableau 27.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010	45
Tableau 28.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010	46
Tableau 29.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011	47
Tableau 30.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011.....	48
Tableau 31.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en potassium (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai, en 2012.....	49
Tableau 32.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai, 2012	49
Tableau 33.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010	51
Tableau 34.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai 2010.....	52
Tableau 35.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011	52
Tableau 36.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011	53
Tableau 37.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012	53
Tableau 38.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012	54
Tableau.39.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011	55
Tableau 40.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011	55
Tableau 41.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012	56
Tableau 42.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012	56
Tableau 43.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en azote total (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010	57
Tableau 44.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010.....	58
Tableau 45.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011.....	58
Tableau 46.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011.....	59
Tableau 47.	Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012.....	59
Tableau 48.	Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012	60
Tableau 49.	Influence des doses croissantes d'azote, de phosphore et de potassium sur le pouvoir calorifique (Gj/t) de la biomasse d'alpiste roseau récolté au site 7 en 2011	61

1. Introduction

L'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea* L.) est une graminée pérenne à rhizomes produisant une biomasse abondante. Elle possède un port dressé pouvant atteindre deux mètres. Cette espèce est bien adaptée à des conditions de sols humides et aux zones de climat frais. Par conséquent, les cultures énergétiques sont cultivées sur des sols marginaux ou sur des sols à faible potentiel agricole puisqu'elles s'adaptent bien à cet environnement. Les caractéristiques physiques, chimiques et énergétiques de cette biomasse, conjuguées à l'assouplissement des règles environnementales concernant l'utilisation de granules de biomasses agricoles comme source thermique, présentent une alternative intéressante. Présentement, la principale source de matière première utilisée pour produire des granules et des bûches énergétiques est les résidus forestiers. La diminution des activités forestières au Québec engendre une rareté des sous-produits du bois largement utilisés dans différentes activités commerciales (panneau de particules, litières, granules, compost, etc.). Conséquemment, cette ressource devient de plus en plus dispendieuse, même dans les régions où la biomasse forestière est importante, comme en Estrie.

Les producteurs de granules et de bûches densifiées, afin de satisfaire la demande sans cesse grandissante pour ces produits, se tournent donc vers des sources alternatives comme les biomasses provenant du milieu agricole. Ils souhaitent connaître la qualité de la biomasse produite par les cultures énergétiques, le potentiel et la régularité d'approvisionnement de celles-ci.

Les grilles de fertilisation pour la production de biomasse à des fins énergétiques sont inexistantes. Les grilles disponibles comblent les besoins en production fourragère sans égard avec les exigences de qualité pour la combustion. De plus, puisque la fertilisation est l'un des principaux postes de dépenses de cette production, il faut s'assurer que les recommandations faites correspondent aux besoins des cultures, aux exigences de qualité et à l'atteinte d'un rendement optimum. Dans le but de vérifier, de valider, de documenter et de pouvoir intervenir avec une fertilisation raisonnée et bien adaptée aux conditions prévalant dans leur zone de production (notamment en Estrie), une étude est conduite, dans cette région, pour déterminer les besoins nutritionnels en NPK des prairies établies d'alpiste roseau en conditions tempérées froides.

2. Objectif

Cette étude vise à déterminer les besoins nutritionnels en NPK des prairies établies d'alpiste roseau en conditions tempérées froides sur différents groupes texturaux de sols afin d'optimiser la production de biomasse et la qualité commercialisable pour la combustion. Elle vise également à établir les fonctions de production de l'alpiste roseau aux doses croissantes de NPK en vue d'identifier celles pour lesquelles l'alpiste donne un rendement optimum en biomasse de qualité commercialisable sur des sols de groupes texturaux différents. Le projet déterminera la réponse de la prairie d'alpiste roseau aux doses progressives de NPK sur des groupes texturaux de sols différents, en régions tempérées froides. Finalement, l'effet de la fertilisation sur la qualité de la biomasse utilisée comme biocombustible solide sera évalué.

3. Hypothèses

- o Les prairies établies d'alpiste roseau nécessitent une fertilisation en NPK afin d'optimiser leur productivité et leur qualité dans les zones climatiques tempérées froides.
- o L'alpiste roseau répond aux doses croissantes de NPK.
- o Les doses NPK nécessaires sur l'espèce étudiée varient selon le groupe textural du sol.
- o L'apport d'une fertilisation NPK influence la qualité commercialisable de la biomasse pour fabriquer des biocombustibles solides.

4. Méthodologie expérimentale

L'étude est menée en Estrie sur des prairies d'alpiste roseau bien établies et en production. La variété d'alpiste roseau *Venture* est utilisée pour établir les prairies aux différents sites d'essai. Les sites retenus sont caractérisés pour leur composition chimique et leur texture.

L'étude comporte 12 traitements composés de différentes doses de NPK. Le dispositif expérimental suit un modèle en bloc aléatoire dans lequel les douze traitements sont distribués aléatoirement à l'intérieur de chaque bloc. Le dispositif comporte trois blocs. Les traitements comportent cinq doses de N, quatre doses de P_2O_5 et quatre doses de K_2O qui sont :

Doses de N (5) : 0, 30, 60, 90, 120 kg/ha;

Doses de P_2O_5 (4) : 0, 25, 50, 75 kg/ha;

Doses de K_2O (4) : 0, 25, 50, 75 kg/ha.

Un témoin (0N, 0 P_2O_5 , 0 K_2O) est présent dans les essais afin de connaître la fourniture du sol en ces éléments. La source d'azote est le 27-0-0, celle de phosphore est le triple-phosphate (0-46-0) et celle de potassium est le muriate de potassium ou chlorure de potassium (0-0-60). Annuellement, quatre sites d'essai sont visés. Cette étude dure trois ans. Les parcelles ont une dimension de 3 m x 6 m. Elles sont établies dans une prairie d'alpiste roseau bien établie et qui, visuellement, semble assez uniforme. Cette procédure est suivie à tous les sites.

Au site de Lac-Mégantic, les parcelles ont une dimension de 3 m x 5 m, et ce, à cause de la configuration de la prairie. De plus, à ce dernier site, les traitements ont été répétés au même endroit au cours des trois années qu'ont duré les essais.

Au printemps, après le montage des parcelles, un échantillon composite de sol est collecté (20 cm) dans chacun des trois blocs pour connaître la composition chimique et texturale du sol au début de l'essai. Les valeurs concernant cette caractérisation du sol sont confinées au Tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques chimiques et texturales du sol aux différents sites expérimentaux d’alpiste roseau de 2010 à 2012

	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
Année	2010	2010	2010	2011	2011	2011	2011	2012	2012	2012	2012	2012
Lieu	Lac-Drolet	St-Ludger	Lac-Mégantic	Lac-Mégantic	Stratford 1	Stratford 2	St-Ludger	Lac-Mégantic	Stratford 1	Stratford 2	St-Ludger	Woburn
Composition chimique												
CEC	20.0	13.4	17.8	17.0	28.3	24.7	16.1	14.7	16.1	20.9	15.6	12.8
pH	6.3	5.9	6.1	5.8	6.4	6.1	5.5	6.1	6.8	6.2	5.6	6.1
M.O. (%)	8.1	4.4	6.5	5.5	12.7	13.0	5.7	4.7	5.6	8.0	5.4	4.2
P m (kg/ha)	35	118	150	186	71	52	111	154	72	77	83	94
K m (kg/ha)	172	131	66	90	209	205	99	67	102	139	147	124
Al (ppm)	887	1034	1390	1395	882	1034	1355	1252	576	1036	1039	1427
P/Al	1.4	5.0	4.8	5.9	3.6	2.2	3.7	5.5	5.6	3.3	3.6	2.9
NO ₃ (ppm)	4.4	2.5	3.5	6.7	36.9	41.1	12.8	2.3	4.5	8.1	3.4	0.9
Texture												
	Loam sableux	Loam argileux	Loam	Loam argileux	Loam	Argile limoneux	Loam	Loam argileux	Loam sableux	Loam	Loam sableux	Sable loameux

Juste après la récolte de l’alpiste roseau, des échantillons de sol sont prélevés dans chacune des parcelles correspondantes à un des différents traitements étudiés à une profondeur de 20 cm. Une caractérisation chimique est réalisée sur ces échantillons de sol.

La hauteur de la biomasse au moment de la récolte, le rendement, le pourcentage d’humidité de la biomasse, la composition chimique de la biomasse récoltée et les caractéristiques chimiques du sol après la récolte sont les variables qui ont été mesurées. Dans la composition chimique de la biomasse, une attention est portée aux composantes qui peuvent influencer la qualité de la biomasse aux fins de biocombustible. Parmi ces variables, il y a le contenu en cendres (sans silice) (%), la silice (%) (extrait à l’acide chlorhydrique), le potassium (%), le chlorure (%), le soufre (%), l’azote total (%). Le pouvoir calorifique (GJ/t) est aussi déterminé afin de vérifier si les différents traitements NPK ont un impact sur celui-ci.

5. Résultats

5.1 Rendement en biomasse

5.1.1 Rendement en biomasse saison 2010

5.1.1.1 Azote

La réponse de l'alpiste roseau à l'accroissement progressif des doses de fumure azotée a été significative à deux des trois sites évalués, soit aux sites 2 (Lac-Drolet) et 4 (Lac-Mégantic). Le rendement en matière sèche de l'alpiste roseau s'élève graduellement du témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) jusqu'à la dose d'azote la plus élevée (120 kg/ha), passant de 3078 à 4856 kg/ha au site 2 et de 4868 à 6389 kg/ha au site 4. L'alpiste roseau, à ces deux derniers sites, répond linéairement à l'accroissement des doses de fumure azotée (Fig. 1). En considérant la réponse linéaire moyenne de l'alpiste à la fumure azotée aux sites 2 et 4, le modèle applicable se décrit par $REND = 3760.9 + 17.828N$ (Fig. 2). Au site 3 (St-Ludger), l'alpiste roseau n'a pas amélioré de façon significative son rendement en biomasse sous les doses croissantes de fumure azotée.

Figure 1. Effet de doses progressives de fumure azotée sur la production de biomasse d'alpiste roseau aux sites 2 et 4 en 2010

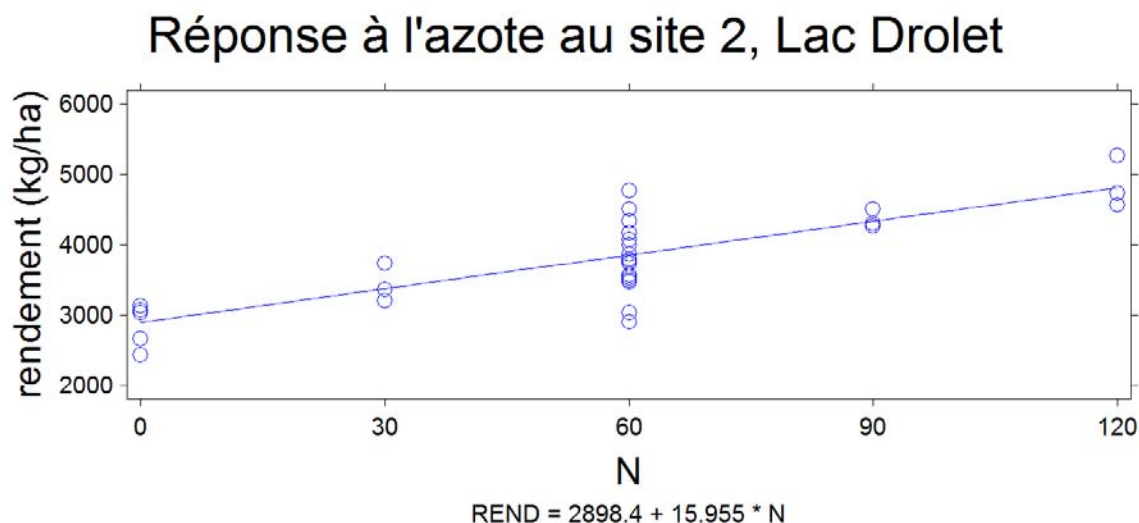
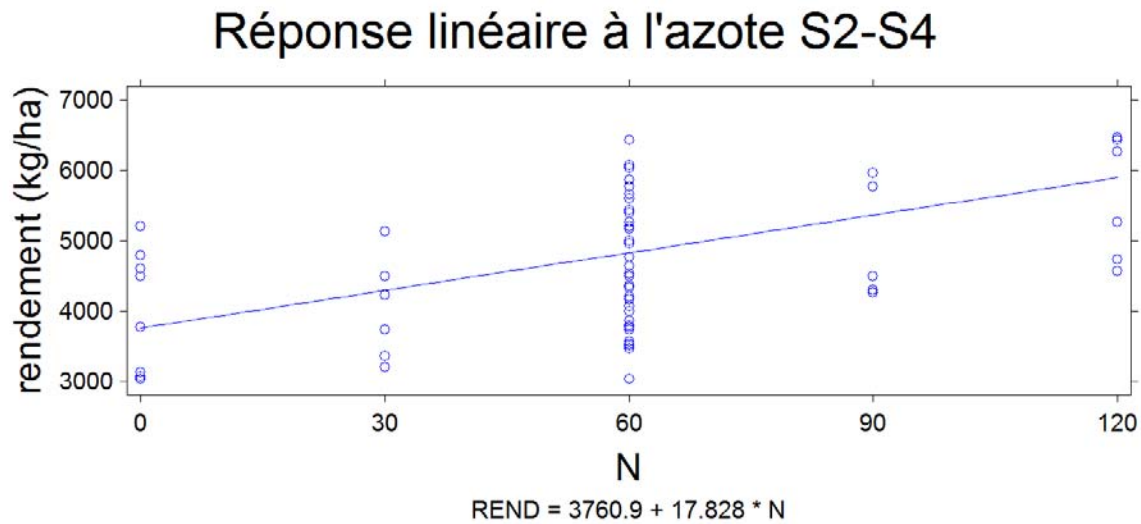
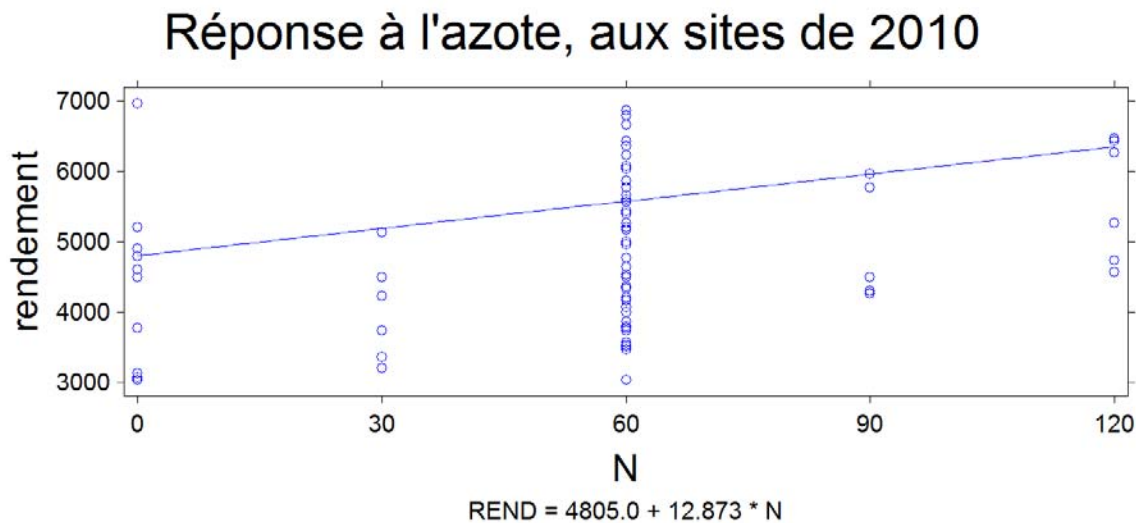


Figure 2. Réponse linéaire moyenne à l'azote de l'alpiste roseau aux sites 2 et 4 en 2010



Pour l'ensemble des sites en 2010, on décrirait la réponse de l'alpiste roseau aux doses progressives d'azote selon le modèle linéaire suivant $\text{REND} = 4805.0 + 12.873N$ (Fig. 3).

Figure 3. Réponse linéaire moyenne pour l'ensemble des sites aux doses croissantes d'azote en 2010



Parmi les facteurs à considérer dans la détermination de la dose de fumure azotée à appliquer est le potentiel de rendement du site et le prix de fumure azotée. L'alpiste roseau est reconnu pour sa forte demande en fumure azotée afin d'assurer le maximum de sa production. Cependant, les limites de production engendrées par un plus faible potentiel agricole des sols de la région doivent être prises en compte dans la détermination de la dose de fumure azotée.

5.1.1.2 Phosphore

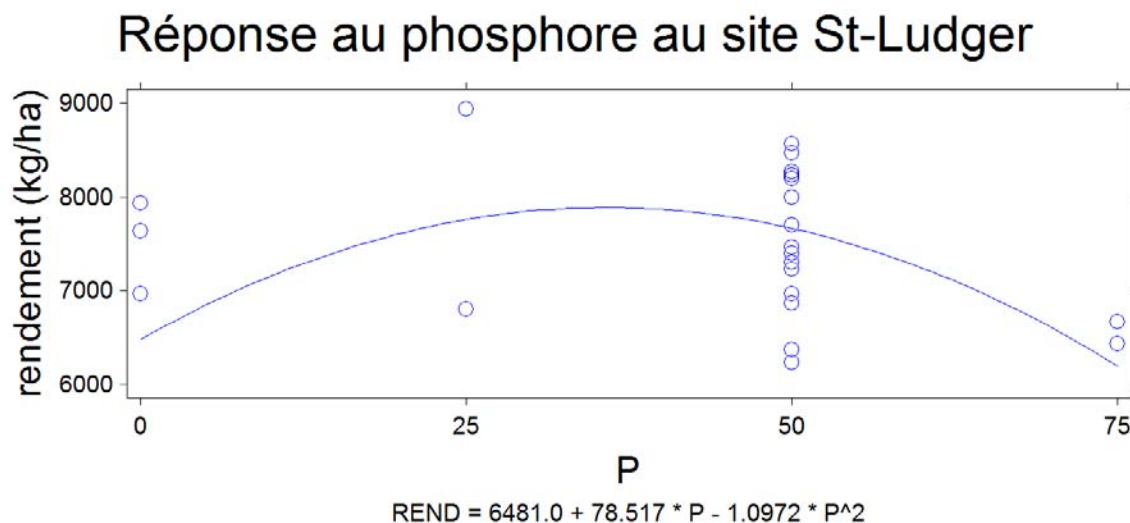
Au cours de la saison de végétation 2010, la réponse de l'alpiste roseau à l'application de doses progressives de fumure phosphatée a été variable d'un site à l'autre. Aux sites 2 (Lac-Drolet) et 4 (Lac-Mégantic), le rendement en biomasse de l'alpiste roseau ne s'est pas amélioré significativement sous les doses croissantes de phosphore (Tableau 2). Au site 2, par exemple, la production de biomasse passe de 3544 à 3856 kg/ha entre le témoin sans fumure phosphatée ($N_{60}P_0K_{50}$) et le traitement recevant la dose de phosphore la plus élevée ($N_{60}P_{75}K_{50}$).

Tableau 2. Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2010

Doses P_2O_5 kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	3544 ab	6396 b	5355 a
25	3922 a	7846 ab	5633 a
50	3800 ab	8545 a	5833 a
75	3856 ab	6222 b	4978 a
Doses K_2O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	3811 ab	6690 b	4767 b
25	3778 ab	6796 b	4944 ab
50	3800 ab	8545 a	5833 a
75	4134 a	8147 ab	5278 ab
Témoin $N_0P_0K_0$	2744 b	6500 b	3700 c

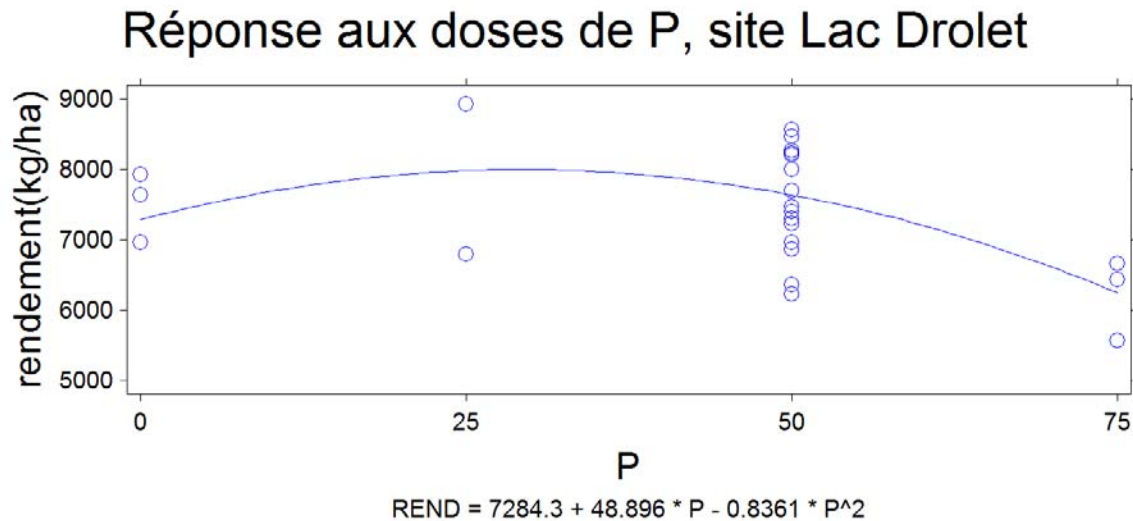
Au site 3 (St-Ludger), la réponse de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore n'est pas significative. Elle suit une progression quadratique aux doses de phosphore (Fig. 4). La dose optimale de phosphore est atteinte à 35 kg de P_2O_5 /ha pour cette culture, à ce site.

Figure 4. Effet des doses progressives de phosphore sur la production d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010



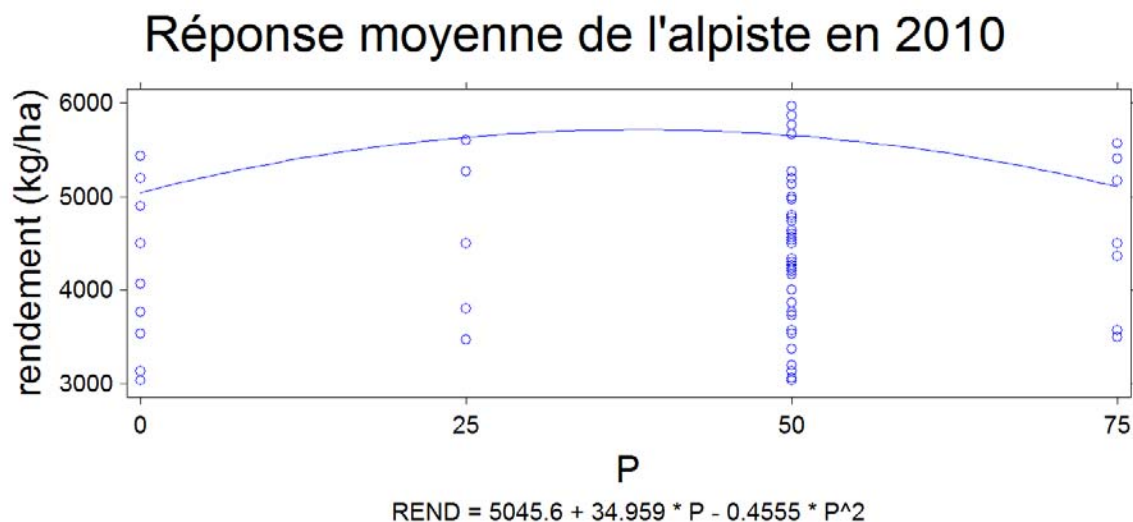
Tout comme au site 3, la réponse de l'alpiste roseau récolté à Lac-Drolet (site 2) suit une progression quadratique aux doses croissantes de phosphore (Fig. 5). À ce dernier site, une dose de 30 kg de P_2O_5 /ha serait optimale pour supporter la productivité de l'alpiste roseau. Par ailleurs, c'est à ce dernier site que cette culture montre la productivité la plus faible avec une production moyenne de 3341 kg de ms/ha alors qu'aux sites 3 et 4, on enregistre un rendement moyen en biomasse de 7127 et de 4789 kg de ms/ha, respectivement.

Figure 5. Effet des doses progressives de phosphore sur la production d'alpiste roseau au site 2 au Lac-Drolet en 2010



En considérant les résultats pour l'ensemble des sites, la réponse quadratique de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore nous montre qu'une application entre 30 et 40 kg de P_2O_5 serait suffisante pour atteindre une productivité optimale de la culture. La dose de phosphore la plus élevée (75 kg de P_2O_5 /ha) n'améliore en rien la production de l'alpiste roseau par rapport à celle aux doses en phosphore plus faibles.

Figure 6. Effet des doses progressives de phosphore sur la production moyenne pour l'alpiste roseau en 2010



5.1.1.3 Potassium

L'apport de fumure potassique sur la prairie d'alpiste hausse sa productivité par rapport à celle produite sans fertilisation ($N_0P_0K_0$). Cette amélioration est, en moyenne, d'environ 20 % entre le témoin $N_0P_0K_0$ et l'alpiste recevant une première dose de 25 kg de K_2O /ha. La même tendance se poursuit après une dose additionnelle de 25 kg de K_2O (50 kg de K_2O /ha). L'accroissement du rendement en biomasse est, cette fois, de 40 %. Le niveau de signification varie toutefois selon les sites.

Au site 2 (Lac-Drolet) et au site 4 (Lac-Mégantic), l'alpiste roseau voit sa productivité rehaussée d'environ 40 % et 60 %, respectivement entre le témoin sans fertilisant ($N_0P_0K_0$) et le traitement recevant 50 kg de K_2O /ha ($N_{60}P_{50}K_{50}$) (Tableau 2). La réponse de l'alpiste aux doses progressives de potassium suit un modèle quadratique au site 3 à St-Ludger (Fig. 8) et au site 4 (Fig. 7). Selon ces courbes de production, une application de 75 et de 50 kg de K_2O /ha serait respectivement optimale pour la productivité de l'alpiste roseau dans ces deux sites en 2010.

Figure 7. Effet des doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau au site 4 (Lac-Mégantic) en 2010

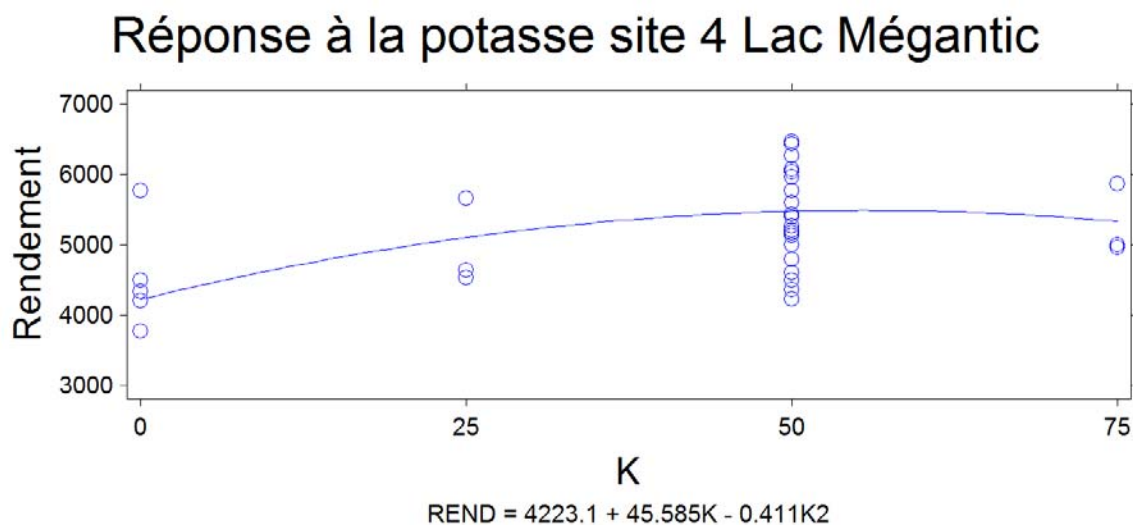
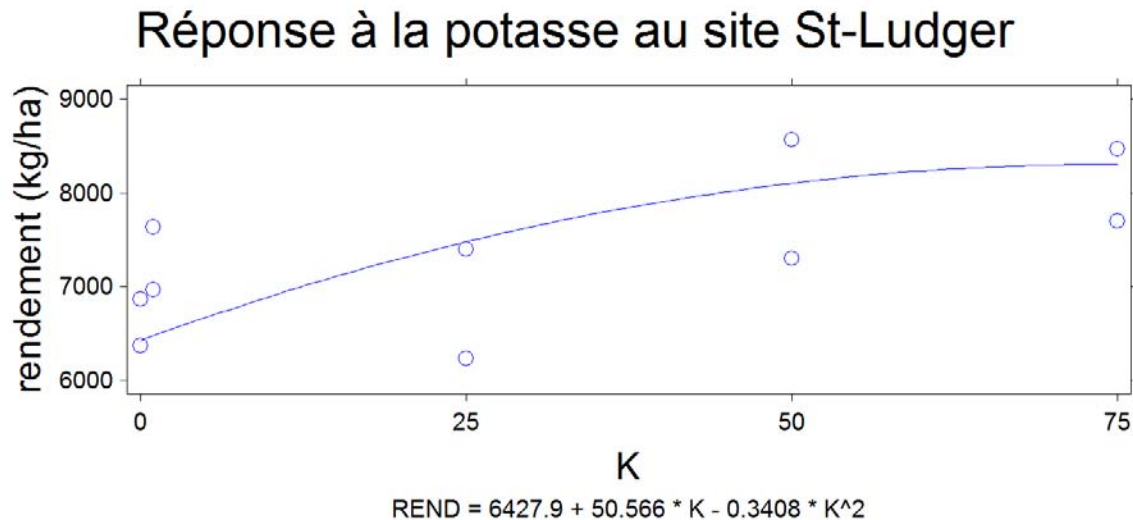


Figure 8. Effet des doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau au site 3 à St-Ludger en 2010



5.1.1.4 Résumé du rendement en biomasse en 2010

Au cours de la saison 2010, la productivité de l'alpiste roseau est rehaussée par l'application de fertilisants. Par ailleurs, la fumure azotée appliquée sur l'alpiste a un effet déterminant sur le rendement en biomasse de cette culture aux différents sites. La réponse moyenne de l'alpiste roseau aux doses progressives d'azote est linéaire comme observée aux sites 2 (Lac-Drolet) et 4 (Lac-Mégantic). Le potentiel de rendement du champ et le prix de fumure azotée sont à considérer pour la détermination de la dose de fumure azotée.

Quant aux apports de phosphore, l'alpiste montre une certaine amélioration dans sa productivité. Mais, c'est surtout entre le rendement du témoin sans fertilisants ($N_0P_0K_0$) et celui aux premiers 25 kg de P_2O_5 /ha que l'écart est le plus marquant. Au-delà de cette dose, l'amélioration de la productivité de l'alpiste n'est pas significative. Il en est de même pour les apports croissants de fumure potassique qui rehaussent le rendement en biomasse à l'ensemble des sites. Une application de 50 de K_2O /ha serait optimale pour améliorer ou assurer la productivité de l'alpiste roseau dans la majorité des sites étudiés en 2010.

5.1.2 Rendement en biomasse saison 2011

5.1.2.1 Azote

La saison de végétation 2011 a été marquée par une pluviométrie importante avoisinant les 1053 mm. Bien adapté à ce type de condition hydrique, l'alpiste roseau répond favorablement à l'apport de fumure azotée dans la majorité des sites (Tableau 3). Les résultats montrent, dans la majorité des sites d'essai, une amélioration moyenne du rendement en biomasse de 15 % et de 12 % à la suite de l'application des premiers 30 kg de N/ha par rapport au témoin sans fertilisants ($N_0P_0K_0$) et au témoin ne recevant pas d'azote ($N_0P_{50}K_{50}$), respectivement. Au-delà de cette dernière dose de fumure azotée (30 kg/ha), la productivité de l'alpiste roseau est peu influencée. Par contre, au site de Lac-Mégantic (Site 5), on observe que le rendement est rehaussé significativement par l'application additionnelle de 60 kg/ha et plus de fumure azotée.

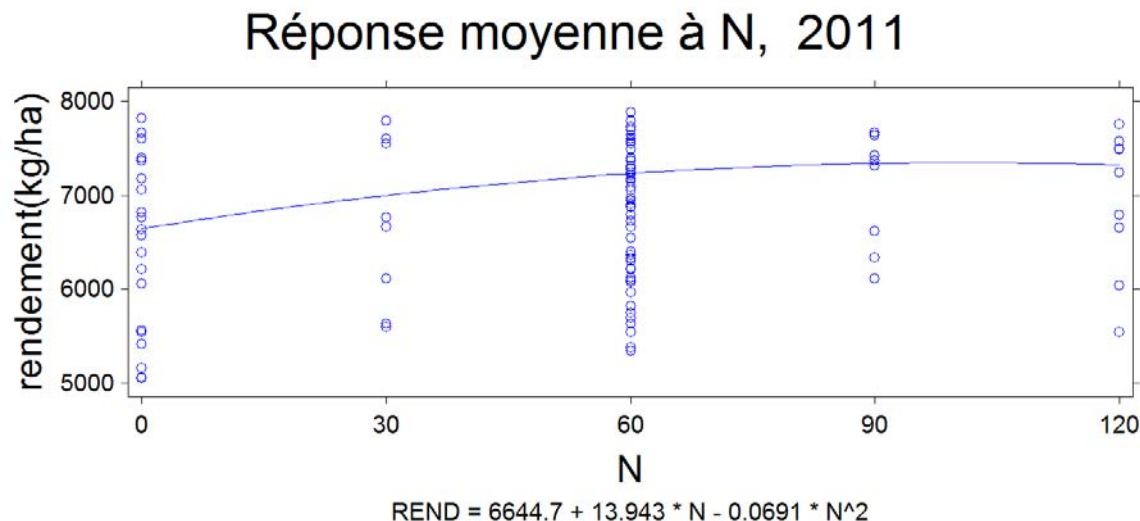
Tableau 3. Rendement en biomasse de l'alpiste roseau sous les doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	5346 cd	7788 a	6778 b	6596 ab
30	5782 bc	8768 a	8010 a	7010 ab
60	6182 ab	8404 a	7606 a	6596 ab
90	6679 a	8071 a	7505 ab	7475 a
120	6727 a	7929 a	7495 ab	7040 ab
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	5006 d	8030 a	6687 b	6010 b

Au site 6, l'application de fumure azotée à doses progressives n'a eu aucun effet significatif sur la productivité de l'alpiste roseau. Cette observation pourrait être en lien avec la capacité du sol à minéraliser la matière organique présente dans le profil de sol. À ce site, la matière organique y est particulièrement élevée (Tableau 1).

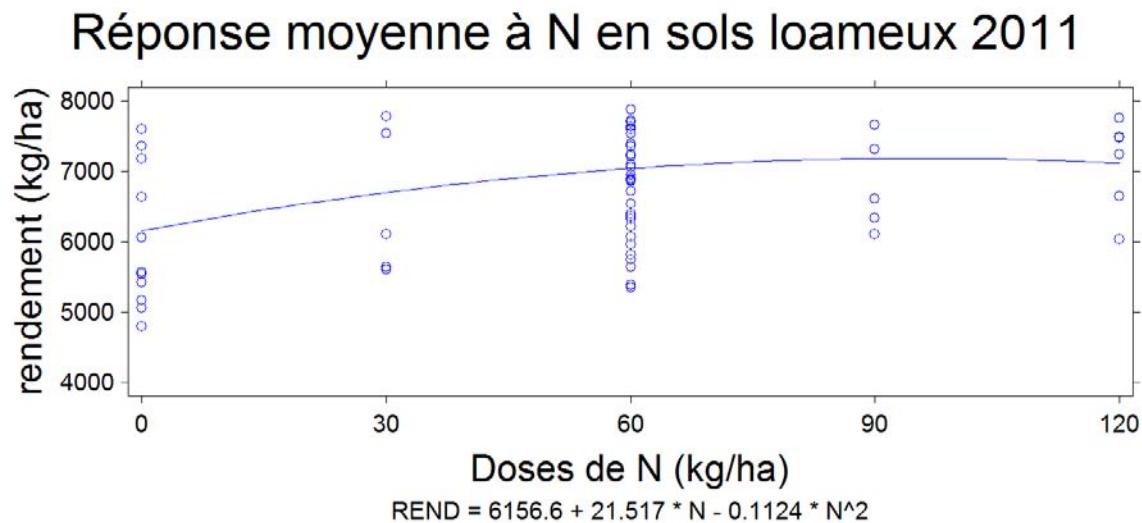
En général, l'alpiste roseau répond quadratiquement à l'apport de doses croissantes de fumure azotée pour la saison 2011. Elle suit un modèle décrit par $REND = 6644.7 + 13.943N - 0.0691N^2$ nous indiquant que la dose optimale serait autour de 90 kg/ha dans la majorité des cas.

Figure 9. Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau pour l'ensemble des sites en 2011



Cette réponse est particulièrement observée dans les sols loameux, soit aux sites S5 (Lac-Mégantic) et S6 (Stratford 1) au cours de cette saison de végétation (Fig. 10).

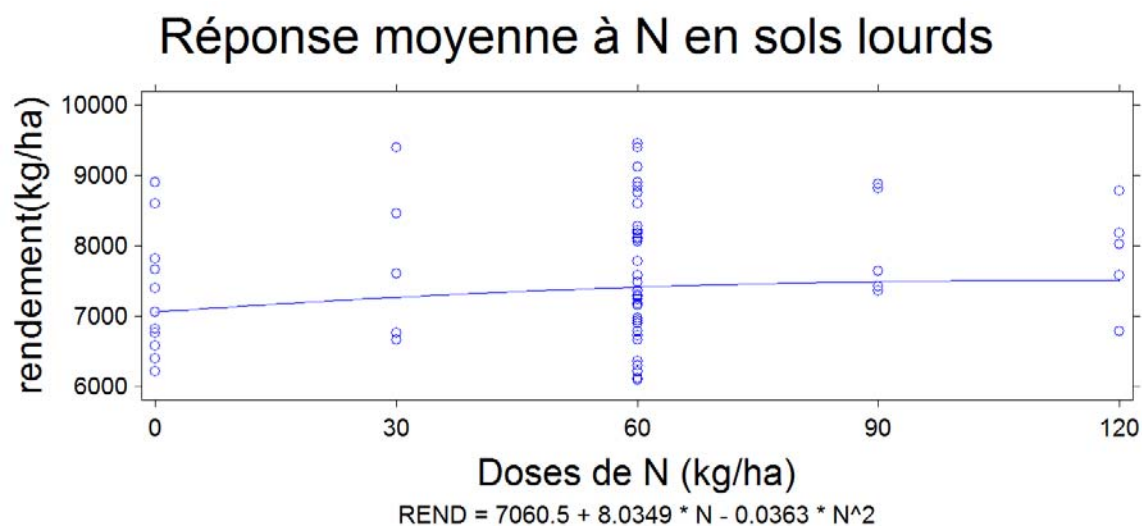
Figure 10. Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau en sols loameux en 2011



Quant aux sites où le sol est plus lourd, l'application progressive de fumure azotée a peu d'effets sur la production de biomasse de l'alpiste (Fig. 11).

La production de biomasse continue de montrer une certaine amélioration, bien que modeste, à l'apport additionnel de fumure azotée entre le rendement en biomasse obtenu au traitement recevant 30 kg de N/ha et celui obtenu sous le traitement recevant 90 kg de N/ha (Fig. 9). La différence dans les rendements n'est cependant pas significative.

Figure 11. Réponse moyenne aux doses progressives de fumure azotée sur la production de l'alpiste roseau en sols lourds en 2011



La réponse quadratique de l'alpiste à l'apport de fumure azotée, en sol loameux, nous montre que la dose optimale moyenne d'azote se trouverait autour de 90 kg de N/ha en 2011. Alors que sur un sol lourd, elle y serait plus modeste comme nous indiquent les résultats au site 7 où on y retrouve un sol argileux. On se trouverait dans ce dernier cas plus autour de 60 kg de N /ha. Ce résultat nous suggérerait que dans les sols plus lourds, dû à leur important pouvoir de rétention en eau, une minéralisation de la matière organique serait plus soutenue de même qu'une disponibilité des éléments nutritifs présents dans la solution du sol pour supporter la productivité de l'alpiste roseau.

5.1.2.2 Phosphore

Au cours de la saison 2011, les apports progressifs de fumure phosphatée sur la prairie d'alpiste roseau n'influencent pas significativement la production en biomasse (Tableau 4). Une hypothèse pour expliquer cette observation est que les conditions hydriques présentes au cours de la saison de végétation 2011 auraient favorisé un bon déploiement du système racinaire de l'alpiste; permettant ainsi à cette culture d'aller puiser dans la rhizosphère les éléments nutritifs nécessaires à son développement, et, à sa croissance, dont le phosphore disponible présent dans la solution du sol. Cette tendance est observable à chacun des sites (Tableau 4) et montre également la répétition de l'observation faite en 2010 aux sites étudiés.

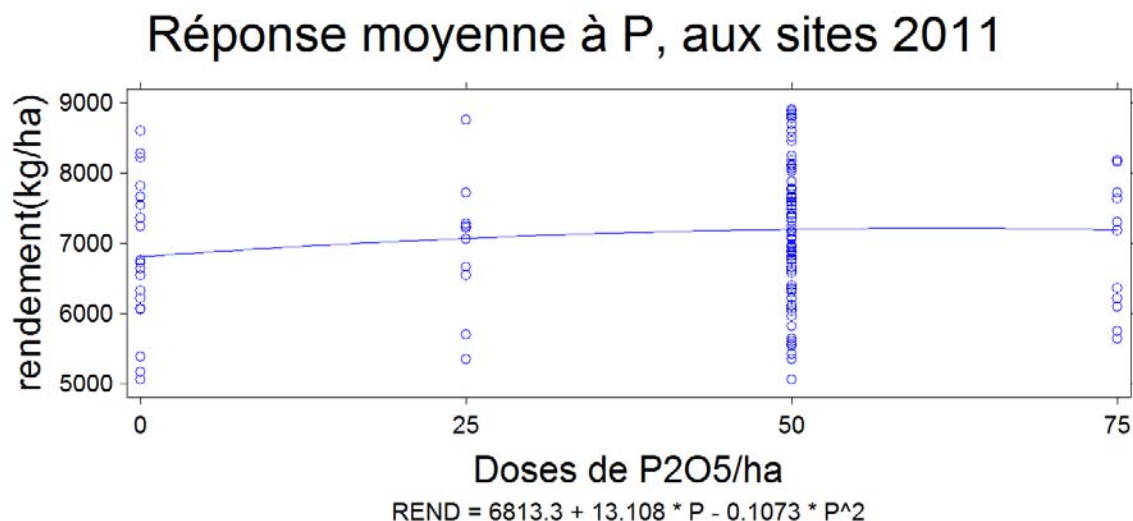
Tableau 4. Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d'essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	5927 a	8646 a	7111 ab	7045 a
25	6315 a	8015 a	7394 ab	6182 a
50	6182 a	8404 a	7606 ab	6596 a
75	5915 a	8293 a	7838 a	6495 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	6049 a	7778 a	7535 ab	6657 a
25	6049 a	7980 a	7566 ab	6707 a
50	6182 a	8404 a	7606 ab	6596 a
75	6739 a	8515 a	8162 a	6636 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	5006 b	8030 a	6687 b	6010 a

Aux sites 5 et 7, on observe que l'application de fertilisants sans phosphore (N₆₀P₀K₅₀) améliore le rendement de l'alpiste roseau par rapport à celui obtenu au témoin ne recevant pas de fumure. La fumure appliquée favorise le déploiement des racines facilitant ainsi l'exploration et l'absorption du phosphore présent dans la rhizosphère de la culture (Tableau 1).

Pour l'ensemble des sites en 2011, les résultats nous suggèrent qu'une dose de 25 kg de P₂O₅/ha serait suffisante dans la majorité des cas. Puisque c'est surtout entre le témoin sans fertilisant et les parcelles d'alpistes fertilisées que la production de biomasse montre une légère amélioration (Fig. 12). La dose optimale de P₂O₅ est atteinte à 50 kg de P₂O₅/ha.

Figure 12. Réponse moyenne aux doses progressives de phosphore sur la production de l'alpiste roseau à l'ensemble des sites de 2011

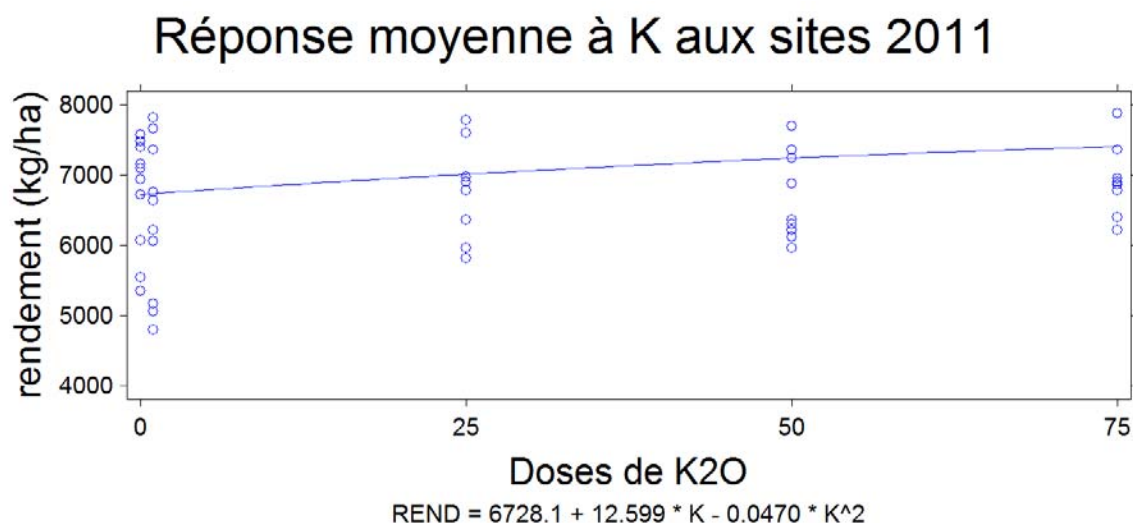


5.1.2.3 Potassium

L'apport croissant de fumure potassique sur les prairies d'alpiste roseau n'améliore généralement pas le rendement en biomasse (Tableau 3). Au site 5 (Lac-Mégantic), on observe certaines hausses de la productivité, passant de 6049 à 6739 kg/ha du témoin sans potassium jusqu'à 75 kg de K_2O /ha sans quelles soient significatives (Tableau 3). Alors qu'au site 8 (St-Ludger), le rendement est relativement stable au-delà de 25 kg de K_2O /ha.

L'analyse des résultats, pour l'ensemble des sites, nous montre que la réponse aux doses progressives de potassium est modeste et conséquemment, l'application de 25 kg de K_2O /ha serait suffisante (Fig. 13).

Figure 13. Réponse moyenne aux doses progressives de potassium sur la production de l'alpiste roseau à l'ensemble des sites de 2011



5.1.2.4 Résumé du rendement en biomasse en 2011

La saison de végétation 2011 fut marquée par une pluviométrie importante avoisinant 1053 mm. Bien adapté à ce type de condition hydrique, l'alpiste roseau répond favorablement à l'apport de fumure azotée. La réponse quadratique de l'alpiste à l'apport de fumure azotée, en sol loameux, nous montre que la dose optimale moyenne d'azote se trouverait autour de 75 kg de N/ha. Alors que sur un sol de texture plus lourde, elle y serait plus modeste, soit de 30 kg de N/ha.

La réponse de l'alpiste aux doses progressives de phosphore et de potassium se fait particulièrement sentir entre le témoin non fertilisé ($N_0P_0K_0$) et les parcelles recevant une application de fertilisant. Pour l'ensemble des sites en 2011, les résultats nous suggèrent qu'une dose de 25 kg de P_2O_5 /ha et de 25 kg de K_2O serait suffisante dans la majorité des cas.

5.1.3 Rendement en biomasse saison 2012

5.1.3.1 Azote

La saison de végétation 2012 a connu une période de sécheresse prolongée. Conséquemment, la réponse de l'alpiste roseau aux apports de fertilisants a été principalement influencée dans les sites où la texture de sol était sableuse à cause de la sensibilité de cette graminée à des périodes prolongées de déficit hydrique tel qu'observé au site 13 (Woburn). Toutefois, aux sites de texture plus loameuse, la réponse de l'alpiste fut significative aux apports progressifs de fertilisants et principalement de fumure azotée. Aux sites 9 (Lac-Mégantic), 11 (Stratford 2) et 12 (St-Ludger), le rendement de l'alpiste est significativement influencé par la fumure azotée appliquée. Par exemple, au site 9, le rendement en biomasse passe de 4989 à 6541 kg/ha du témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) à la dose de 60 kg de N/ha ($N_{60}P_{50}K_{50}$), respectivement (Tableau 5). Au site 11, la production de biomasse s'accroît de 6360 à 7603 kg/ha sous les mêmes applications de fumure azotée (Tableau 5). Par contre au site 13, la texture de sol est un sable et la réponse de l'alpiste roseau aux apports de fumure azotée ne montre qu'une légère amélioration dans le rendement, passant de 6962 à 7839 kg/ha de $N_0P_{50}K_{50}$ à $N_{90}P_{50}K_{50}$, respectivement.

Tableau 5. Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d'essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	4989 b	7184 a	6360 bc	5414 b	6962 a
30	6011 a	7297 a	7215 ab	6209 ab	7390 a
60	6541 a	8058 a	7603 a	6261 a	7767 a
90	6221 a	7693 a	8181 a	7043 a	7839 a
120	6710 a	7441 a	8241 a	6883 a	7709 a
Témoin $N_0P_0K_0$	4465 b	7343 a	5934 c	5617 b	7811 a

Bien que tous les sites en 2012 ne présentent pas la même intensité de réponse aux applications de fumure azotée, l'analyse de celle-ci nous montre qu'elle suit un modèle quadratique aux doses croissantes d'azote (Fig. 14). Ainsi, on observe qu'aux sites où l'alpiste répond significativement aux doses d'azote, la dose optimale de N est autour de 90 kg/ha. Par ailleurs,

lorsqu'elle est non significative à la fumure azotée, la dose optimale d'azote est autour de 60 kg/ha. Dans des conditions climatiques comparables à celle de 2012, une dose moyenne optimale d'azote de 90 kg/ha serait convenable dans la plupart des sites étudiés (Fig. 15). Mais la dose d'azote à appliquer reste conditionnelle au prix de fumure et à la signification de l'effet sur la production de la culture.

Figure 14. Réponse quadratique de l'alpiste roseau aux doses progressives de fumure azotée aux différents sites étudiés en 2012

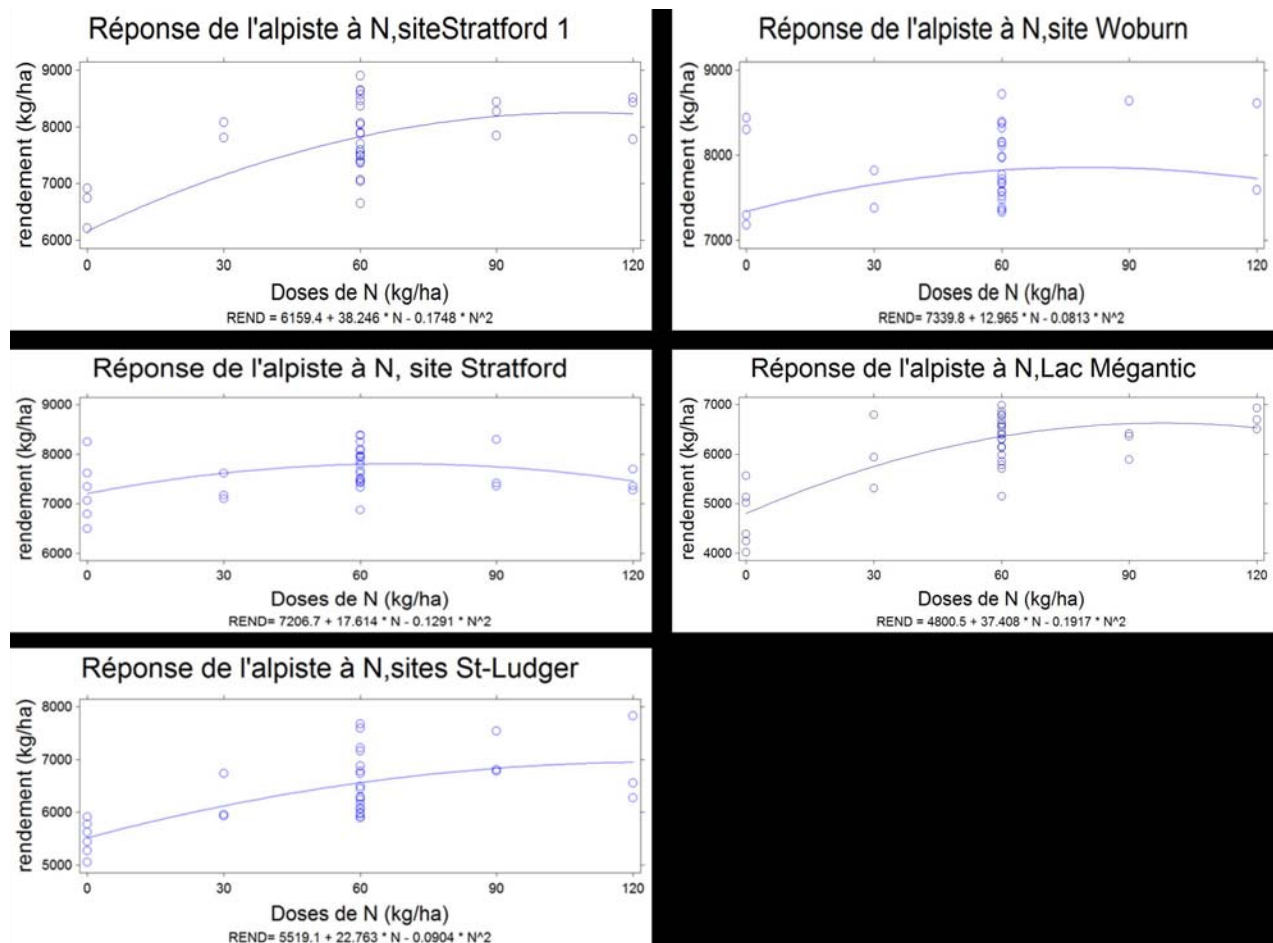
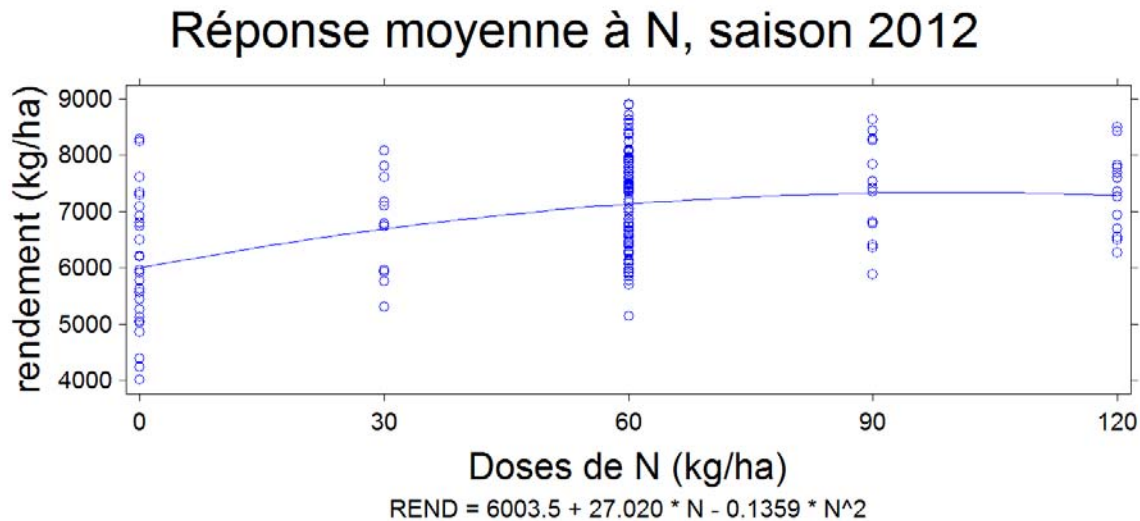


Figure 15. Réponse quadratique moyenne, pour l'ensemble des sites, d'alpiste roseau aux doses progressives de fumure azotée en 2012



5.1.3.2 Phosphore

En 2012, l'apport de fumure phosphatée n'a pas eu d'effets significatifs sur la productivité de l'alpiste roseau. Cette tendance est observée à tous les sites retenus au cours de cette saison de végétation sans regard à la texture de sol (Tableau 6). Le profil de sol renferme suffisamment de phosphore disponible pour soutenir la productivité d'alpiste roseau (Tableau 1).

Tableau 6. Rendement de l'alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium, aux différents sites d'essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	6433 a	7854 a	7758 a	6229 a	7530 a
25	6443 a	7589 a	8281 a	6316 a	8078 a
50	6541 a	8026 a	7603 a	6261 a	7776 a
75	6684 a	7733 a	7662 a	6816 a	7753 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	5594 b	7844 a	7660 a	6645 a	7732 a
25	6261 ab	7886 a	7838 a	6523 a	7762 a
50	6541 a	8026 a	7603 a	6261 a	7767 a
75	6629 a	8017 a	7924 a	6905 a	8357 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	4465 c	7343 a	5934 b	5617 b	7811 a

5.1.3.3 Potassium

Tout comme pour les apports de phosphore, les applications de potassium n'ont pas amélioré la production en biomasse de l'alpiste roseau. Cette tendance est observée dans quatre des cinq sites étudiés (Tableau 6). Toutefois, au site 9 (Lac-Mégantic), l'application de fumure potassique a eu un effet significatif sur la productivité de l'alpiste roseau. Le rendement en biomasse passe de 5594 à 6629 kg/ha lorsque les doses de potassium passent de 0 à 75 kg de K₂O/ha,

respectivement. Ce résultat nous indique que le sol, à ce site, est dans un niveau d'insuffisance¹ en potassium avec 67 kg de potassium assimilable (Tableau 1) et que l'amélioration de la productivité de l'alpiste s'est accrue de 43 % entre le témoin sans fertilisants et la dose de 75 kg de K₂O/ha (Tableau 6).

5.1.3.4 Résumé du rendement en biomasse en 2012

La saison de végétation fut marquée par une sécheresse marquée au cours de la période estivale. De telles conditions climatiques sont propices pour ressortir l'état d'insuffisance en certains éléments nutritifs présents dans le sol, car le système racinaire se déploie de façon plus limitée. La culture d'alpiste croissant sur des sols à textures légères (sable ou loam sableux) n'a généralement pas répondu aux apports croissants de phosphore, de potassium et d'azote à moins que le niveau dans le sol de ces éléments soit insuffisant. On observe qu'aux sites où l'alpiste répond significativement aux doses d'azote; la dose optimale de N est autour de 90 kg/ha. Alors que lorsque la réponse de l'alpiste est non significative aux fumures azotées, la dose optimale d'azote est autour de 60 kg/ha.

¹ Le concept de niveau de suffisance correspond aux quantités d'éléments nutritifs requis pour atteindre le seuil à partir duquel on n'observe plus de réponse de rendement de la culture.

5.2 Hauteur des plants à la récolte

5.2.1 Année 2010

L'analyse de la hauteur des plants d'alpiste roseau à la récolte, montre que celle-ci n'est pas statistiquement influencée par les applications de fumure azotée (Tableau 7), de phosphore et de potassium à deux des trois sites, soit S2 (Lac Drolet) et S3 (St-Ludger)) (Tableau 8). La fumure azotée montre néanmoins une certaine influence sur la croissance et le développement de la plante. La hauteur de l'alpiste est, en moyenne, 20 % plus élevée entre celle enregistrée au témoin (sans azote) et aux traitements riches en azote (traitements 90N, 120N). Au site 4 (Lac-Mégantic), par exemple, la hauteur de l'alpiste roseau passe de 79 à 92 cm du témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) à la dose de 90 kg de N/ha, respectivement (Tableau 8).

Tableau 7. Effet des doses croissantes d'azote sur la hauteur (cm) de la biomasse d'alpiste roseau à la récolte 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	79 a	114 a	79 bc
30	80 a	124 a	75 c
60	88 a	126 a	85 ab
90	90 a	132 a	92 a
120	103 a	134 a	91 ab
Témoin $N_0P_0K_0$	75 a	124 a	72 c

Tableau 8. Effet des doses croissantes de phosphore et de potassium sur la hauteur (cm) de la biomasse d'alpiste roseau à la récolte 2010

Doses P_2O_5 kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	82 a	135 a	84 a
25	88 a	116 a	86 a
50	89 a	127 a	85 a
75	89 a	120 a	84 a
Doses K_2O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	85 a	133 a	81 a
25	85 a	116 a	84 ab
50	88 a	126 a	86 a
75	100 a	135 a	82 ab
Témoin $N_0P_0K_0$	75 a	124 a	72 b

Les apports croissants de fumure phosphorée et potassique ont peu d'effets sur la hauteur des plants. Cependant, lorsque le sol est à un niveau d'insuffisance en un des éléments majeurs et qu'il y a une correction en cet élément par ajout au sol de celui-ci, la hauteur des plantes présente une certaine amélioration comme on peut le constater au site 2 sous les doses croissantes de phosphore. La hauteur de la biomasse d'alpiste roseau passe de 82 à 89 cm du témoin sans phosphore ($N_{60}P_0K_{50}$) à la dose en phosphore la plus élevée ($N_{60}P_{75}K_{50}$), respectivement (Tableau 7).

5.2.2 Année 2011

Tout comme à la saison de végétation 2010, les observations faites sur l'ensemble des sites au cours de la saison 2011 montrent que généralement la hauteur des plants de biomasse d'alpiste roseau n'est pas influencée statistiquement par les divers apports de fumures azotée, phosphorée et potassique. La variation entre les hauteurs aux différents traitements de NPK est moins de 5 % entre le témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$), sans phosphore ($N_{60}P_0K_{50}$) et sans potassium ($N_{60}P_{50}K_0$). Les figures suivantes illustrent les observations réalisées aux différents sites étudiés (Fig.16, 17).

Figure 16. Influence de doses progressives de fumure phosphatée et potassium sur la hauteur (cm) des plants d'alpiste roseau aux sites 6 et 7

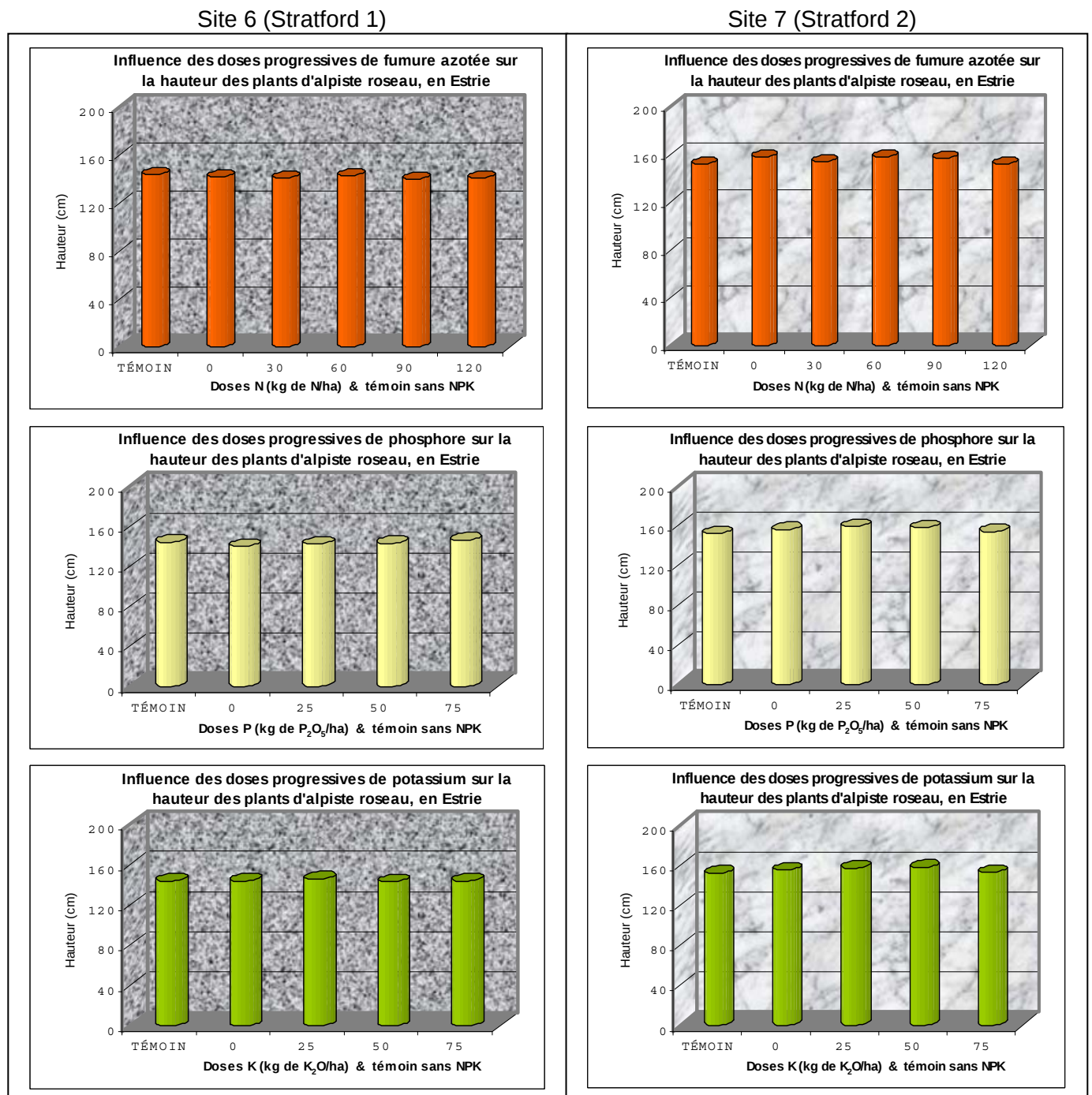
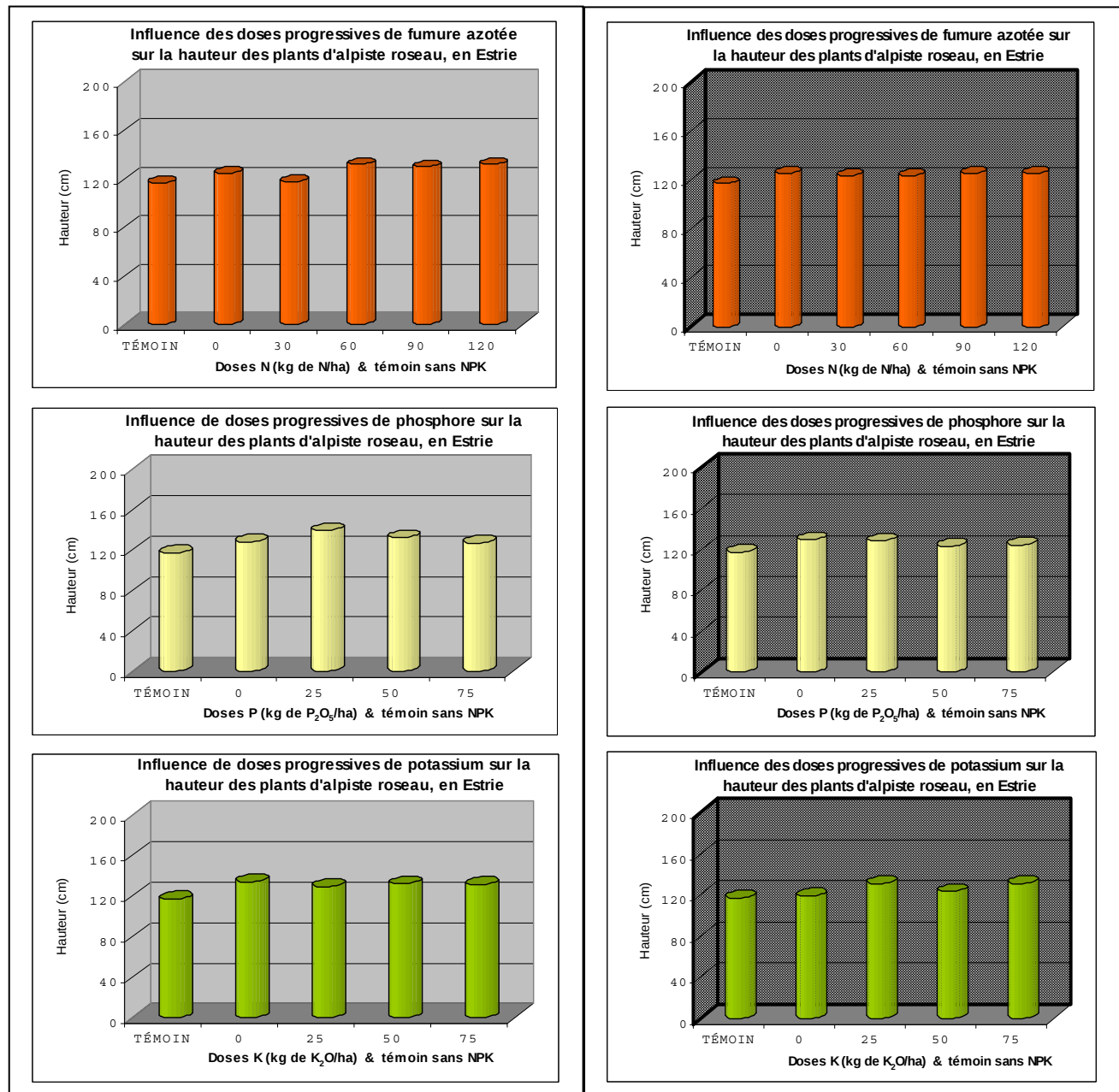


Figure 17. Influence de doses progressives de fumures azotée, phosphatée et potassique sur la hauteur (cm) des plants d'alpiste roseau aux sites 5 et 8

Site 8 (St-Ludger)

Site 5 (Lac-Mégantic)



5.2.3 Année 2012

L'analyse de la hauteur des plants d'alpiste roseau à la récolte montre que celle-ci n'est pas influencée statistiquement par les applications croissantes de phosphore et de potassium à tous les sites étudiés (Tableau 10). Toutefois, il en est autrement pour ce qui est de l'effet des doses croissantes d'azote sur la hauteur de l'alpiste roseau. Cette observation est particulièrement évidente aux sites de texture loameuse –loam argileux, soit aux sites 11 et 9, respectivement (Tableau 9).

En effet, au site 9 (Lac-Mégantic) et 11 (Stratford 2), la hauteur de l’alpeste roseau s’accroît avec l’augmentation des doses d’azote. Elle passe de 115 à 130 cm et de 135 à 151 cm du témoin $N_0P_{50}K_{50}$ à la dose de 90 et de 60 kg de N/ha au site 9 et 11, respectivement (Tableau 9).

Tableau 9. Hauteur (cm) de l’alpeste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d’essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	115 c	133 a	135 c	112 a	139 a
30	119 cb	129 a	144 ab	116 a	142 a
60	128 ab	141 a	151 a	122 a	143 a
90	130 a	136 a	143 ab	123 a	146 a
120	127 ab	139 a	144 ab	115 a	150 a
Témoin $N_0P_0K_0$	111 c	140 a	137 bc	114 a	145 a

Tableau 10. Hauteur (cm) de l’alpeste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d’essai en 2012

Doses P_2O_5 kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	125 a	133 a	145 ab	117 a	145 a
25	124 a	133 a	148 a	121 a	152 a
50	128 a	141 a	151 a	122 a	143 a
75	129 a	137 a	149 a	123 a	150 a
Doses K_2O kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	120 ab	142 a	147 ab	118 a	151 a
25	129 a	138 a	145 ab	120 a	148 a
50	128 a	141 a	151 a	122 a	143 a
75	126 a	138 a	150 a	123 a	146 a
Témoin $N_0P_0K_0$	111 b	140 a	137 b	114 b	145 a

5.2.4 Résumé sur la hauteur de la biomasse d’alpeste roseau

Cette variable est un bon indicateur de l’état de suffisance ou d’insuffisance des éléments nutritifs majeurs disponibles à la culture, mais aussi de l’état de stress que subit la plante au cours de la période de végétation. La texture de sol de même que l’intensité et la durée du déficit hydrique influence la hauteur des plantes, comme ce qui a été observé à la saison 2012 dans les sols à texture légères.

Dans la majorité des sites, la hauteur de la biomasse est généralement plus courte dans les témoins ne recevant pas de fertilisants, et tout particulièrement lorsque les éléments nutritifs majeurs (NPK) sont à un niveau d’insuffisance dans le sol. La fumure azotée influence particulièrement la hauteur des plants d’alpeste roseau, mais de façon variable. Les fumures phosphorée et potassique ont peu d’effets sur la hauteur des plants lorsqu’ils sont à un niveau suffisant dans le sol. La différence la plus marquée dans la hauteur de la culture est observable principalement entre le traitement témoin ne recevant aucune fertilisation ($N_0P_0K_0$) et ceux recevant une fertilisation en NPK.

5.3 Pourcentage d'humidité dans la biomasse récoltée

5.3.1 Année 2010

L'humidité retrouvée dans la biomasse d'alpiste roseau à la récolte est influencée de façon variable par la fertilisation. La population de mauvaises herbes présentes aux différents sites pourrait influencer dans une certaine mesure le contenu en humidité de la biomasse d'alpiste comme le montre la biomasse récoltée, au site 2 (Lac-Drolet) à la parcelle recevant une fertilisation sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) (Tableau 11). En effet, la teneur en humidité de la biomasse est plus élevée au traitement $N_0P_{50}K_{50}$ que sous celles enrichies en azote de 60 à 120 kg de N/ha. La fumure azotée a peu d'effet sur la teneur en humidité de la biomasse récoltée d'alpiste roseau (Tableau 11).

Tableau 11. Influence de doses progressives de fumure azotée sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux différents sites en 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	71.5 a	58.1 a	58.3 a
30	66.6ab	61.3 a	58.0 ab
60	63.2 b	58.6 a	57.2 ab
90	63.9 b	57.6 a	57.1 ab
120	63.3 b	61.6 a	58.0 ab
Témoin $N_0P_0K_0$	65.7 b	60.5 a	56.1 b

Par ailleurs, les doses progressives de P_2O_5 et de K_2O n'ont généralement aucun effet sur le contenu en humidité de la biomasse d'alpiste roseau. Cette observation se présente aux trois sites récoltés (Tableau 12). Toutefois au site 4 (Lac-Mégantic), la teneur en humidité dans la biomasse récoltée est plus faible dans le traitement témoin ne recevant aucun fertilisant, par rapport à celle retrouvée dans la biomasse récoltée aux doses de potassium les plus élevées, soit 50 et 75 de K_2O /ha.

Tableau 12. Influence de doses progressives de phosphore et de potassium sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse d'alpiste roseau, aux sites 2010

Doses P_2O_5 kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	63.4 a	61.3 a	57.8 a
25	61.4 a	58.0 a	58.1 a
50	64.4 a	58.7 a	57.3 a
75	65.0 a	59.2 a	57.3 a
Doses K_2O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	62.9 a	57.8 a	55.2 b
25	61.0 a	58.4 a	56.4 ab
50	64.4 a	59.4 a	57.7 a
75	66.1 a	56.1 a	57.8 a
Témoin $N_0P_0K_0$	65.7 a	60.5 a	56.1 b

5.3.2 Année 2011

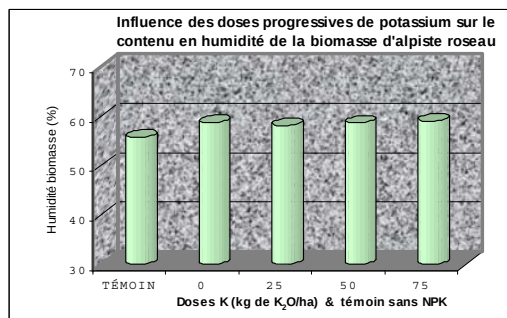
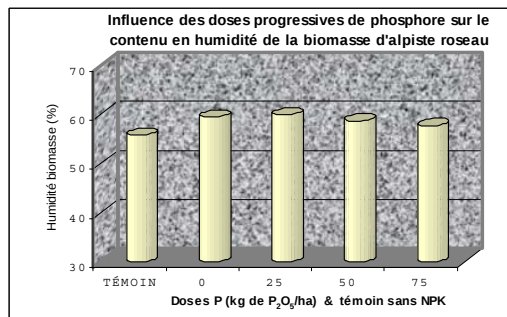
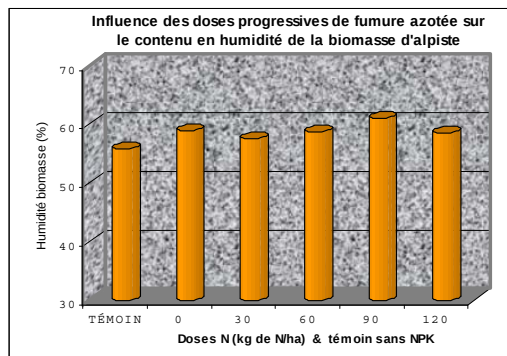
Les observations réalisées aux sites 5, 6, 7, 8 montrent que le contenu moyen en humidité de la biomasse récoltée est influencé à des degrés variables par les doses progressives de fumures NPK. Tout comme en 2010, l'infestation des parcelles par les mauvaises herbes à des degrés variables aux différents sites pourrait être un facteur à considérer dans la variation de la teneur en humidité de la biomasse.

Les apports croissants de fertilisants azotés et phosphorés n'influencent généralement pas le contenu en humidité de la biomasse à la récolte. On remarque, néanmoins, que le pourcentage en humidité dans la biomasse apparaît plus faible dans les témoins ne recevant pas de fertilisants par rapport à celui obtenu dans les traitements recevant une fertilisation complète NPK. Prenons comme exemple le site 5 (Lac-Mégantic). L'alpiste roseau récolté dans les parcelles témoin sans fumure ($N_0P_0K_0$) est à 54.7 % alors qu'il est de 62.7 % au traitement 120 kg de N/ha (Fig. 18).

Cette tendance à la hausse dans le contenu en humidité dans la biomasse récoltée au traitement de 120 kg de N/ha pourrait bien être attribuée à l'augmentation de la portion végétative de la plante avec l'accroissement des doses de fumure azotée. Cette tendance pourrait aussi être due par le maintien de l'alpiste à un stade végétatif pour une plus longue période à mesure que progresse l'importance des doses d'azote. Plusieurs études ont documenté cette observation (Guertin et al 1979). Quant à la fumure potassique, son influence sur la teneur en humidité dans la biomasse se fait ressentir principalement entre la biomasse récoltée au témoin sans apport de potassium ($N_{60}P_{50}K_0$) et celle récoltée à la dose en potassium la plus élevée (75 kg de K_2O /ha) (Fig. 18,19).

Figure 18. Influence de doses progressives d'azote, de phosphore et de potassium sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d'alpiste roseau aux sites 6 et 7 en 2011

Site 6 (Stratford 1)



Site 7 (Stratford 2)

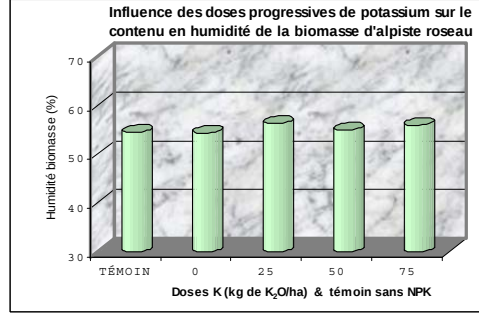
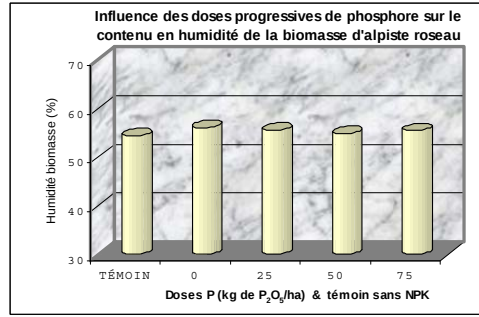
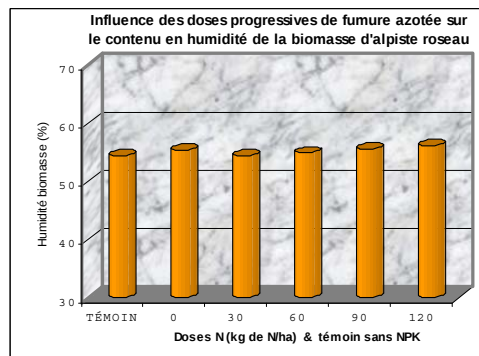
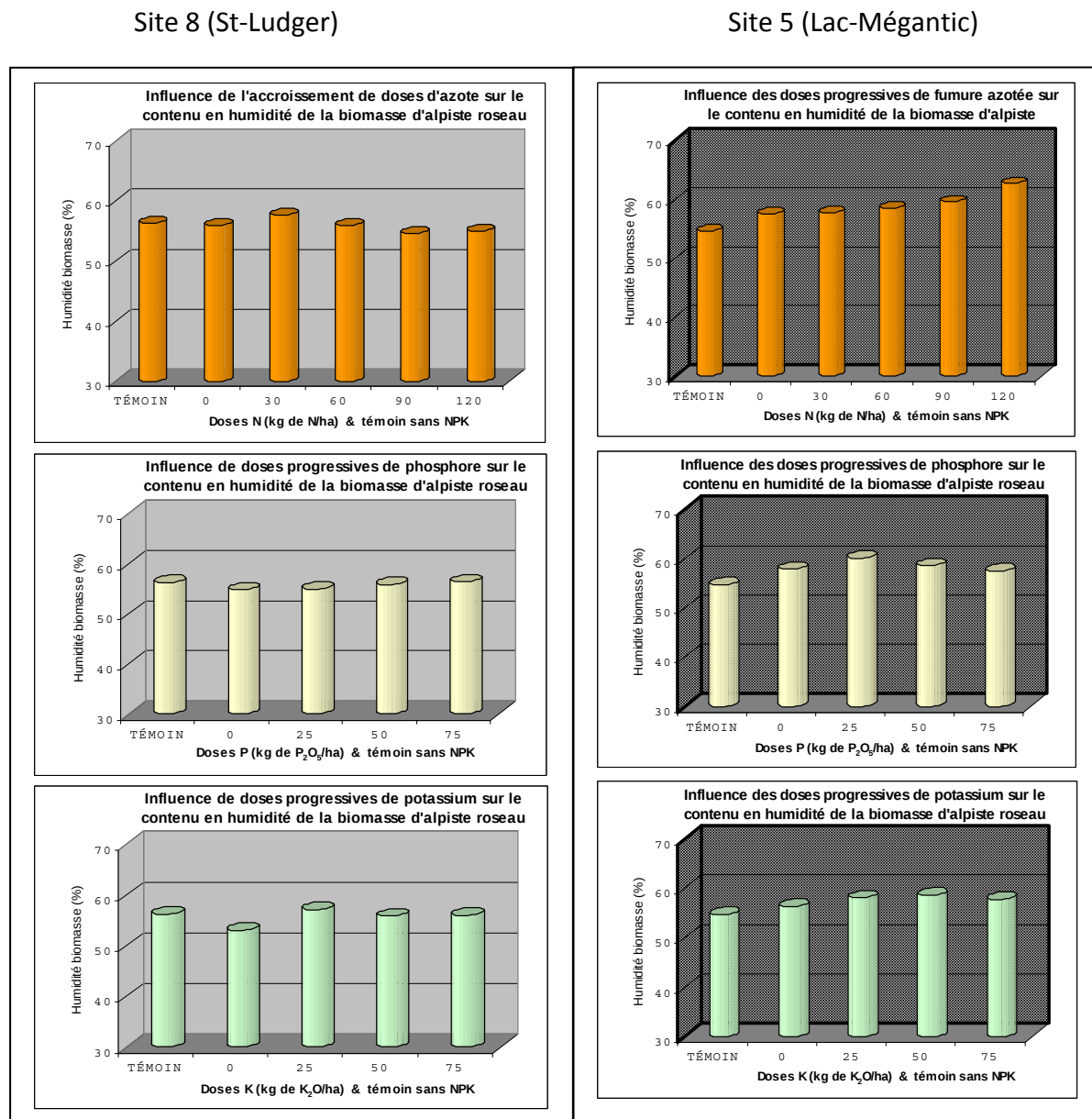


Figure 19. Influence de doses progressives de fumures azotée, phosphatée et potassique sur la teneur en humidité (%) dans la biomasse d’alpiste roseau aux sites 5 et 8 en 2011



5.3.3 Année 2012

L’alpiste roseau, à la saison 2012, voit sa teneur moyenne en humidité, pour l’ensemble des sites, influencée significativement par les apports de fumures azotée et potassique (Tableau 13 et 14). Par exemple, au site 9, le contenu moyen en humidité passe de 58.7 % à 65.7 % du témoin sans fertilisant (N₀P₀K₀) à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 13). Cette tendance est observable aux sites 9 et 12 en ce qui concerne la fumure azotée et aux sites 11 et 12 pour ce qui est des apports de potassium. L’humidité dans la biomasse d’alpiste passe, par exemple au site 11, de 52.7 % à 55.7 % du témoin sans fumure à la dose de 75 kg de K₂O/ha. Les applications de phosphore n’ont pas d’effets sur la teneur en humidité du fourrage (Tableau 14).

Tableau 13. Teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d’alpiste roseau aux doses croissantes de fumure azotée aux différents sites d’essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	61.0 bc	53.7 ab	53.7 ab	54.0 ab	52.0 a
30	62.3 ab	54.7 ab	54.7 a	52.7 b	54.0 a
60	62.7 ab	55.0 ab	54.7 a	53.3 ab	52.3 a
90	65.3 a	55.0 ab	55.0 a	54.3 ab	53.0 a
120	65.7 a	56.7 a	55.7 a	55.3 a	54.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	58.7 c	52.0 b	52.7 b	52.3 b	51.7 a

Par ailleurs, il est bien connu que la fumure azotée exerce une action stimulatrice sur la fabrication de nouveaux tissus. Conséquemment, la fumure azotée pourrait favoriser le maintien du stade végétatif de l’alpiste plus longtemps surtout aux doses élevées ce qui contribuerait au maintien d’une teneur en humidité élevé dans la biomasse.

Tableau 14. Teneur en humidité (%) dans la biomasse récoltée d’alpiste roseau aux doses croissantes de phosphore et de potassium aux sites d’essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	63.3 a	54.7 a	55.3 a	54.0 a	52.3 a
25	63.0 a	54.7 a	54.7 a	55.0 a	55.0 a
50	62.7 a	55.0 a	54.7 a	53.3 a	52.3 a
75	64.0 a	54.3 a	54.7 a	53.3 a	55.3 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	62.7 a	53.7 ab	52.0 b	52.7 b	51.3 a
25	64.3 a	53.0 ab	55.0 a	53.3 ab	52.0 a
50	62.7 a	55.0 a	54.7 a	53.3 ab	52.3 a
75	64.7 a	54.3 a	55.7 a	54.7 a	53.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	58.7 b	52.0 b	52.7 b	52.3 b	51.7 a

5.3.4 Résumé sur la teneur en humidité

Le contenu en humidité dans la biomasse d’alpiste est influencé par différents facteurs dont le niveau d’infestation des mauvaises herbes dans la culture d’alpiste et le développement de la fraction végétative de la plante. Les apports de fumures azotée et potassique peuvent influencer à des degrés divers la teneur en humidité de l’alpiste selon les sites d’essai. Quand il y a un effet significatif de la fertilisation sur le pourcentage en humidité de la culture à la récolte, elle se produit principalement entre le témoin sans NPK et les doses élevées de fumure appliquée à cause de l’accroissement ou du maintien de la fraction végétative de la plante qui renferme plus d’humidité.

5.4 Contenu en cendres (sans silice)

5.4.1 Année 2010

La teneur en cendres de la biomasse d'alpiste est particulièrement influencée par les apports de fumure azotée (Tableau 15). Au site 2 (Lac-Drolet), par exemple, seule la fumure azotée a une incidence sur le contenu en cendres de la plante. L'alpiste voit sa teneur en cendres s'abaisser du traitement témoin ($N_0P_{50}K_{50}$) au traitement recevant la dose de fumure azotée la plus élevée. Le contenu en cendres passe alors de 5.6 % à 3,7 % du témoin sans fertilisation azotée au traitement recevant 120 kg de N/ha, respectivement. Cette dernière tendance est également visible au site 4 (Lac-Mégantic). Cette observation n'est cependant pas constante à tous les sites. Au site 3 (St-Ludger), l'alpiste voit son contenu en cendres inchangé sous les doses progressives de fumure azotée (Tableau 15).

Tableau 15. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en cendres (%) (sans silice) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	5.6 a	3.7 a	4.2 ab
30	4.4 bc	3.6 a	4.0 bc
60	3.9 c	3.6 a	4.1 b
90	3.9 c	3.5 a	3.7 c
120	3.7 c	3.4 a	4.1 bc
Témoin $N_0P_0K_0$	4.5 b	3.7 a	4.5 a

Les apports de phosphore et de potassium n'ont généralement pas eu d'effets significatifs sur les teneurs en cendres de l'alpiste (Tableau 16). Toutefois, au site 3 (St-Ludger), seuls les apports de potassium ont eu un effet marqué sur le contenu en cendres de l'alpiste roseau. En effet, c'est à la dose de 75 kg de K_2O /ha que la biomasse d'alpiste montre la teneur en cendres (sans silice) la plus basse comparativement à celui récolté aux traitements plus faibles en fumure potassique, soit de 25 et de 50 kg de K_2O par hectare. Lorsque le développement et la croissance de la plante sont favorisés, l'importance de la biomasse a un effet de dilution sur le contenu en cendres de celle-ci.

Tableau 16. Évolution de teneur en cendres (%) (sans silice) de la biomasse d’alpiste roseau sous les doses croissantes de phosphore et de potassium aux différents sites d’essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	3.8 a	3.9 a	4.3 a
25	4.3 a	3.7 a	4.1 ab
50	4.1 a	3.6 a	4.0 b
75	4.4 a	3.4 a	4.2 ab
Doses K ₂ O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	3.9 a	3.4 ab	4.2 ab
25	3.7 a	3.6 a	4.1 b
50	4.2 a	3.7 a	4.0 b
75	4.2 a	2.8 b	4.3 ab
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	4.5 a	3.7 a	4.5 a

5.4.2 Année 2011

En 2011, l’analyse du contenu en cendres pour l’ensemble des sites nous montre que la fumure azotée a un effet significatif sur cette teneur en minéraux. Elle favorise l’abaissement de la teneur en cendres de la biomasse. Son influence est cependant variable selon les sites. Au tableau 17, on observe que le contenu en cendres dans la biomasse au site 5 (Lac-Mégantic) passe de 5.0 % au témoin sans azote (N₀P₅₀K₅₀) à 4.4 % dans l’alpiste ayant reçu une application de 90 kg de N/ha. Aux sites 6 (Stratford 1) et 8 (St-Ludger), l’abaissement du contenu en cendres observé dans l’alpiste avec l’accroissement de la dose de fumure azotée, bien que visible, il n’est cependant pas significatif (Tableau 17).

Tableau 17. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le pourcentage en cendres (sans silice) dans la biomasse d’alpiste roseau aux différents sites d’essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	5.0 a	5.1 a	4.3 ab	6.1 a
30	4.6 ab	5.0 a	4.7 a	6.0 a
60	4.5 ab	5.2 a	4.0 b	5.6 a
90	4.4 b	5.1 a	4.4 ab	5.5 a
120	4.7 ab	4.8 a	4.4 ab	5.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	4.7 ab	5.0 a	4.4 ab	5.9 a

À ces derniers sites, le contenu en cendres de la biomasse passe de 5.1 % à 4.8 % et de 6.1 % à 5.0 %, du témoin sans azote (N₀P₅₀K₅₀) à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 17). La fumure azotée appliquée à doses croissantes favorise le développement d’une biomasse importante de l’alpiste contribuant par ce fait à diluer le contenu en minéraux de la biomasse.

Par ailleurs, la nature texturale du sol pourrait influencer l’enrichissement du contenu en cendres (sans silice) de l’alpiste (Tableau 17). En effet, dans les sols plutôt lourds des sites 5 (Lac-Mégantic) et 7 (Stratford 2), nous retrouvons une teneur moyenne en cendres plus faible que dans les sols loameux, soit aux sites 6 (Stratford 1) et 8 (St-Ludger). La teneur moyenne en

cendres au témoin sans fertilisant, à ces derniers sites, est respectivement, soit 4.7 % et 4.4 %, 5.0 % et 5.9 % (Tableau 17).

Les apports à doses progressives de phosphore et de potassium n’influencent pas le contenu en cendres de la biomasse de l’alpeste roseau (Tableau 18). Les variations observées dans le contenu en cendres de la biomasse récolté entre les différents traitements, à chacun des sites, ne sont pas significatives.

Tableau 18. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d’alpeste roseau aux différents sites d’essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	4.3 a	5.0 a	4.1 a	5.4 a
25	4.6 a	5.0 a	4.1 a	5.0 a
50	4.5 a	5.2 a	4.0 a	5.6 a
75	4.4 a	4.9 a	4.3 a	5.6 a
Doses K ₂ O(kg/ha)	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	4.3 a	4.9 a	4.0 a	5.3 a
25	4.4 a	5.0 a	4.4 a	5.6 a
50	4.5 a	5.2 a	4.0 a	5.6 a
75	4.4 a	5.1 a	4.2 a	5.2 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	4.7 a	5.0 a	4.4 a	5.9 a

5.4.3 Année 2012

Tout comme en 2011, les résultats montrent que le contenu moyen en cendres de l’alpeste est influencé par l’apport de fumure azotée. Elle amène un abaissement de la teneur en cendres dans la biomasse à la majorité des sites étudiés par un effet de dilution provenant de l’abondance de biomasse produite avec l’accroissement des doses d’azote. Par exemple, au site 11 (Stratford 2), le contenu en cendres de la biomasse passe de 5.7 % à 5.0 % du témoin sans azote (N₀P₅₀K₅₀) à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 19). On observe cette tendance à d’autres sites d’essai, notamment au site 9 (Lac-Mégantic), mais à des degrés de signification variables.

Tableau 19. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d’alpiste roseau aux différents sites d’essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	4.9 ab	5.9 a	5.7 a	5.7 a	3.9 a
30	4.6 ab	5.9 a	5.3 ab	5.3 a	3.9 a
60	4.3 b	5.8 a	5.2 ab	5.1 a	3.7 a
90	4.4 b	5.7 a	5.2 ab	5.1 a	3.6 a
120	4.7 ab	6.0 a	5.0 b	5.1 a	3.8 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	5.1 a	5.5 a	5.5 b	5.7 a	3.9 a

Au site 13, où le sol est de texture sableuse, le contenu en cendres de l’alpiste est le moins élevé avec une teneur moyenne de 3.8 %. Alors qu’elle est la plus élevée avec 5.9 % dans la biomasse récoltée au site 10 (Stratford 1). Cette prairie avait reçu une application de lisier de porc l’année précédente.

Les applications de phosphore et de potassium n’ont généralement pas influencées statistiquement la teneur en cendres (sans silice) de la biomasse d’alpiste (Tableau 20). Toutefois, il y a une exception à cette observation; elle se produit au site 10 (Stratford 1). À ce site, comme nous l’avons mentionné plus tôt, la prairie avait reçu une application de lisier l’année précédente. Sous l’accroissement progressif des doses de phosphore, le contenu en cendres de la biomasse passe de 5.6 à 6.8 % du témoin sans phosphore (N₆₀P₀K₅₀) à la dose de 75 kg de P₂O₅/ha, respectivement.

Au site 9 (Lac-Mégantic), on remarque également une tendance à la hausse du contenu en cendres dans la biomasse avec la progression des doses de phosphore, mais celle-ci n’est cependant pas significative. Le contenu en cendres passe de 4.3 % à 4.7 %, du témoin sans apport de potassium (N₆₀P₀K₅₀) à 75 kg/ha de P₂O₅, respectivement. Un enrichissement du sol en éléments minéraux disponibles pourrait éventuellement contribuer à une certaine élévation du contenu en cendres dans la biomasse (Tableau 20).

Tableau 20. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le pourcentage de cendres (sans silice) dans la biomasse d’alpiste roseau aux différents sites d’essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	4.3b	5.6b	5.0 a	5.2 a	3.8 a
25	4.5ab	5.6b	5.3 a	5.4 a	3.8 a
50	4.4b	5.8b	5.3 a	5.1 a	3.7 a
75	4.7ab	6.8a	5.2 a	5.2 a	3.7 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	4.3b	5.4b	5.2 a	5.3 a	3.5 a
25	4.4b	6.2a	5.0 a	4.9 a	3.7 a
50	4.4b	5.8ab	5.2 a	5.1 a	3.7 a
75	4.9ab	5.3b	5.4 a	5.5 a	3.7 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	5.1a	5.5b	5.5 a	5.7 a	3.9 a

Par ailleurs, l'application de ces deux types de fumure, bien qu'ils aient des effets favorables à l'amélioration de la productivité de l'alpiste lorsque le sol est en état d'insuffisance en ces deux éléments, ceux-ci pourraient avoir un certain effet sur le rehaussement du contenu en cendres dans la biomasse lorsque leurs applications sont récurrentes et supérieures à 50 kg/ha.

5.4.4 Résumé sur le contenu en cendres (sans silice)

Les apports de fumures phosphorée et potassique, en général, n'influencent pas le contenu en cendres de la biomasse de l'alpiste roseau. Toutefois, l'application de fumure azotée montre une influence significative sur la teneur en cendres dans le foin d'alpiste en l'abaissant avec l'enrichissement en apport de fumure azotée. Par ailleurs, la nature texturale du sol pourrait avoir une certaine influence sur l'enrichissement du contenu en cendres de l'alpiste. En effet, la culture d'alpiste implantée en sol plutôt lourd présente une teneur moyenne en cendres, significativement plus faible que celle qui se retrouve dans les sols loameux. Par ailleurs, les résultats nous montrent également qu'il serait important de ne pas dépasser de façon marquée le seuil de suffisance en éléments majeurs (PK) du sol afin d'éviter des hausses importantes du contenu en cendres. Par ailleurs, les résultats nous montrent également une certaine influence sur le contenu en cendres de la biomasse à la suite de l'application d'effluents d'élevage sur la prairie. Les périodes auxquelles ceux-ci devront être appliqués doivent être identifiées afin d'éviter une élévation dans le contenu en cendres de la biomasse, car les éléments minéraux contenus dans l'effluent d'élevage sont sous une forme hautement disponibles et assimilables par la plante.

5.5 Contenu en silice

5.5.1 Année 2010

Les résultats montrent que la biomasse d’alpeste roseau enregistre généralement une légère baisse dans sa teneur en silice sous les doses croissantes d’azote. Elle passe, par exemple, au site 3 (St-Ludger), de 3.0 % à 2.2 % du traitement sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 21). On observe une tendance similaire aux deux autres sites, soit au site 2 (Lac-Drolet) et au site 4 (Lac-Mégantic), mais à des degrés variables. Généralement, le contenu en silice a tendance à être plus élevé dans les traitements témoins comme ceux ne recevant pas de fertilisants et ne recevant pas de fumure azotée, comparativement aux traitements recevant une dose croissante de fertilisants (Tableau 21).

Au site 3 (St-Ludger), la teneur moyenne en silice dans la biomasse récoltée est plus élevée avec 2.6 % que celle aux deux autres sites où se retrouve respectivement 2.4 % et 1.7 % dans la biomasse récoltée aux sites 2 et 4 (Tableau 21). Cette observation pourrait être en lien avec certaines caractéristiques chimiques du sol. Mais un plus grand nombre de sites nous permettraient de préciser cette hypothèse.

Tableau 21. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d’alpeste roseau aux sites d’essai 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	2.3 ab	3.0 a	1.8 b
30	2.5 ab	2.4 a	1.6 b
60	2.8 a	2.6 a	1.5 b
90	2.1 b	2.6 a	1.5 b
120	2.2 ab	2.2 a	1.5 b
Témoin $N_0P_0K_0$	2.6 ab	2.9 a	2.1 a

Les apports de phosphore et de potassium n’ont pas influencé significativement les teneurs en silice de la biomasse d’alpeste roseau récoltée aux différents traitements à l’essai, et ceci, aux trois sites (Tableau 22). Toutefois, au site 4 (Lac-Mégantic), le contenu en silice de l’alpeste est généralement plus faible lorsque la plante reçoit une fertilisation NPK que lorsqu’elle n’en reçoit pas.

Tableau 22. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d’alpage roseau aux sites d’essai 2010

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	2.4 a	2.4 a	1.5 b
25	3.1 a	2.4 a	1.6 b
50	2.5 a	2.6 a	1.5 b
75	2.8 a	2.5 a	1.6 b
Doses K ₂ O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	2.7 a	2.4 ab	1.6 b
25	2.9 a	2.4 a	1.6 b
50	2.6 a	2.6 a	1.5b
75	2.7 a	2.3 a	1.5b
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	2.6 a	2.9 a	2.1 a

5.5.2 Année 2011

En 2011, les applications des différentes fumures NPK n’ont généralement eu aucun effet sur la teneur en silice retrouvée dans la biomasse d’alpage roseau. Cependant, en analysant plus en détail, on observe que les propriétés édaphiques à chacun des sites apparaît avoir un effet marquant sur le contenu en silice. Aux sites 5 (Lac-Mégantic) et 7 (Stratford 2), on retrouve des sols à texture plutôt lourde, soit un loam argileux au site 5 et un argilo limoneux au site 7 (Tableau 1). L’alpage récolté dans ces sites contient significativement moins de silice, soit 1.5 %, que dans l’alpage cultivé sur des sols à texture loameuse, soit au site 6 (Stratford 1) et au site 8 (St-Ludger) où l’on retrouve, en moyenne, dans la biomasse 2.2 % de silice (Tableau 23).

Tableau 23. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) de la biomasse d’alpage roseau aux différents sites d’essai, 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.5 a	2.1 a	1.7 ab	2.2 a
3	1.4 a	2.3 a	1.4 b	2.4 a
60	1.3 a	2.2 a	2.4 ab	2.4 a
90	1.3 a	2.1 a	2.4 ab	2.3 a
120	1.5 a	2.1 a	2.1 ab	2.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.5 a	2.1 a	1.5 ab	2.3 a

Tableau 24. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) dans la biomasse d’alpeste roseau aux sites d’essai, 2011

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.4 a	2.4 a	1.3 a	2.3 ab
25	1.3 a	2.4 a	1.9 a	1.7 b
50	1.3 a	2.2 a	1.6 a	2.4 a
75	1.3 a	2.3 a	1.2 a	2.3 ab
Doses K ₂ O kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.2 b	2.2 a	1.5 a	2.3 a
25	1.3 ab	2.1 a	1.8 a	2.2 a
50	1.3 ab	2.2 a	1.6 a	2.4 a
75	1.3 ab	2.1 a	1.0 a	2.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.5 a	2.1 a	1.5 a	2.3 a

5.5.3 Année 2012

À la saison de végétation 2012, on observe une tendance à la baisse dans le contenu en silice dans la biomasse d’alpeste lorsque s’accroissent les doses de fumure azotée. Cet effet d’apport de fumure azotée sur le contenu en silice dans la biomasse d’alpeste se trouve être comparable à celui observé les années précédentes. Tout comme dans le cas du contenu en cendres, l’accroissement de la fraction végétative de l’alpeste avec les doses progressives d’azote a pour effet de diluer le contenu en silice par l’importance de la biomasse produite. On observe cette tendance à la majorité des sites étudiés en 2012 (Tableau 25).

Par exemple, au site 9 (Lac-Mégantic), la teneur en silice passe de 1.4 % à 1.0 % entre la biomasse récoltée au témoin sans azote et celle obtenue au traitement recevant 90 kg de N/ha, respectivement. Il en est de même aux sites 10 (Stratford 1), 11 (Stratford 2) et 12 (St-Ludger), mais avec des niveaux de signification variables (Tableau 25).

Tableau 25. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en silice (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.4 ab	3.1 ab	2.4 a	2.3 a	0.8 a
30	1.1 bc	3.7 a	2.3 a	1.8 a	0.9 a
60	0.9 c	2.5 b	2.2 a	1.7 a	0.9 a
90	1.0 c	2.8 b	2.2 a	2.3 a	0.9 a
120	1.1 c	2.6 b	2.1 a	1.7 a	0.8 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.6 a	3.0 ab	2.3 a	2.3 a	1.4 a

Par ailleurs, les applications progressives de phosphore et de potassium n'influencent généralement pas le contenu en silice de la biomasse d'alpiste (Tableau 26). Tout comme dans le cas des cendres, le contenu en silice de la plante semble être influencé par la nature texturale du sol. En effet, on remarque que la biomasse renferme une teneur en silice relativement élevée aux sites 10, 11, 12, qui appartiennent à des textures plutôt légères comme les loams (site 11), loam sableux (sites 10 et 12). On retrouve, en moyenne, dans la biomasse à ces sites, respectivement, 2.2 % (site11), 3.0 % (site 10) et 2.0 % de silice (site12). Au site Lac Mégantic (site 9), dont la texture correspond à un loam argileux, la biomasse récoltée contient une teneur moyenne de 1.2 % de silice. Finalement au site 13, on retrouve un sol dont la texture correspond à un sable loameux. Dans ce dernier site, la biomasse récoltée renferme en moyenne 0.9 % de silice. "

Tableau 26. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en silice (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai, en 2012

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.03 b	2.60 b	2.00 a	1.60 a	0.87 a
25	1.07 b	2.80 b	2.37 a	2.03 a	0.93 a
50	0.93 b	2.53 b	2.20 a	1.67 a	0.87 a
75	1.03 b	3.77 a	2.26 a	2.00 a	0.73 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.20 ab	2.80 b	2.07 a	2.00 a	0.73 a
25	1.13 ab	3.30 ab	1.83 a	1.67 a	0.90 a
50	0.93 b	2.53 b	2.20 a	1.60 a	0.87 a
75	1.30 a	2.90 b	2.27 a	2.03 a	0.82 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.57 a	3.00 b	2.33 a	2.33 a	1.43 a
Moyenne	1.18 %	2.97 %	2.24 %	2.00 %	0.94 %

5.5.4 Résumé sur le contenu en silice

Les apports progressifs des fumures N, P, K n'ont généralement pas eu d'effet significatif sur le contenu en silice dans la biomasse de l'alpiste roseau. Par ailleurs, on observe un fléchissement dans le pourcentage de silice dans la biomasse lorsque la croissance de l'alpiste roseau est

favorisée par l'accroissement des doses d'azote. L'analyse des caractéristiques texturales des sols aux différents sites démontre une influence des textures de sol sur le contenu en silice de la biomasse de l'alpiste. En sols de texture plutôt lourde, l'alpiste récolté renferme significativement moins de silice que celles provenant de prairies cultivées sur des sols loameux, plus léger. La nature minéralogique du sol aurait donc une certaine influence sur la teneur en silice de la plante.

5.6 Contenu en potassium

5.6.1 Année 2010

À la saison 2010, l'application de doses croissantes de fumure azotée tend à amener un fléchissement dans la teneur en potassium dans la biomasse d'alpiste roseau. Ce résultat est observable notamment au site 3 (St-Ludger) et au site 4 (Lac-Mégantic), le contenu en potassium dans la biomasse passe de 1.32 % à 0.98 % du témoin sans azote à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 27). Sous les doses de 30 à 120 kg/h, la teneur en potassium reste sensiblement la même dans la biomasse d'alpiste. Pour la même raison que mentionnée dans les sections précédentes, le fléchissement de la teneur en potassium dans la biomasse est en lien avec l'importance de la biomasse produite sous les doses croissantes d'azote.

Tableau 27 Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	1.32 a	1.10 a	0.82 a
30	1.14 ab	1.03 a	0.81 a
60	0.99 b	1.06 a	0.75 a
90	1.06 ab	1.04 a	0.72 a
120	0.98 b	1.01 a	0.75 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.10 ab	0.95 a	0.69 a

Les applications PK ont, en général, peu d'effets significatifs sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste roseau. Ces résultats sont retrouvés à tous les sites (Tableau 28). Par exemple, au site 4 de Lac Mégantic, la teneur en potassium reste sensiblement la même, passant de 0.80 à 0.70 % et de 0.81 à 0.77 % sous les doses progressives de P et de K.

Tableau 28. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	1.05 a	1.18 a	0.80 a
25	0.93 a	1.03 a	0.70 a
50	0.99 a	1.18 a	0.77 a
75	1.07 a	0.97 a	0.70 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	0.90 a	0.87 a	0.81 a
25	0.86 a	1.01 a	0.69 a
50	0.99 a	1.18 a	0.77 a
75	1.14 a	0.95 a	0.77 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.10 a	0.95 a	0.69 a

5.6.2 Année 2011

Au cours de la saison de végétation 2011, la teneur en potassium retrouvée dans la biomasse de l’alpeste est influencée notamment par les applications de fumure azotée. Les résultats nous montrent, en effet, que sous les apports croissants de fumure azotée, le contenu en potassium dans l’alpeste décroît avec l’importance de la dose d’azote appliquée et ceci à tous les sites étudiés, et, à des degrés divers de signification. Au site 5 (Lac-Mégantic), par exemple, il passe respectivement de 0.93 % à 0.77 % du témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) à la dose de 120 kg/ha ($N_{120}P_{50}K_{50}$) (Tableau 29).

Par ailleurs, bien que l’on observe un fléchissement dans le contenu en potassium entre les doses d’azote 30 à 120 kg/ha, l’écart enregistré n’est généralement pas significatif, sauf au site 8 (St-Ludger) où il est significatif, passant respectivement de 1.07 à 0.86 % (Tableau 29). Au site 6 (Stratford 1), la fumure azotée ne montre pas d’effets significatifs sur le contenu en potassium de l’alpeste alors qu’il tend à baisser. Comme la fumure azotée a un effet stimulant sur la portion végétative de la culture, en accroissant l’importance de sa canopée; elle produit comme un effet de dilution du contenu en potassium de la biomasse.

Tableau 29. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en potassium (%) de la biomasse d’alpeste roseau aux différents sites d’essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.93 a	0.92 a	0.94 a	0.98 ab
30	0.83 b	0.94 a	0.90 ab	1.07 a
60	0.78 b	0.95 a	0.86 b	0.93 ab
90	0.73 c	1.01 a	0.91 ab	0.89 ab
120	0.77 bc	0.83 a	0.86 b	0.86 b
Témoin $N_0P_0K_0$	0.60 d	0.84 a	0.87 a	0.93 ab

La biomasse d’alpeste roseau, sous un régime d’apport progressif de fumure potassique, voit, pour sa part, la teneur en potassium suivre une tendance inverse à celle décrite plus haut. Ainsi, le contenu en potassium dans la biomasse a tendance à être rehaussé à mesure que la dose de potassium s’accroît. Le contenu en potassium de l’alpeste récolté passe, par exemple au site 5 (Lac-Mégantic), de 0.56 % dans le témoin sans potassium à 0.84 % à la dose en potassium la plus élevée (75 kg/ha). On retrouve cette même tendance aux sites 7 (Stratford 2) et 8 (St-Ludger) (Tableau 30).

Les applications répétées de fumures phosphorée et potassique sur l’alpeste, au site 5, ont influencé significativement la teneur en potassium de la biomasse d’alpeste. Cependant, c’est surtout entre le témoin sans P ($N_{60}P_0K_{50}$) et sans K ($N_{60}P_{50}K_0$) et les premières doses de ces fumures que l’effet croissant sur la teneur en potassium est le plus marqué dans l’alpeste (Tableau 30). Pour les applications de potassium K_0 à K_{50} , cet accroissement de la teneur en cet élément dans la biomasse se poursuit, passant respectivement de 0.56 à 0.78 %. Au-delà de cette dernière dose, la teneur en potassium dans l’alpeste change peu (Tableau 30).

Tableau 30. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.79 b	0.92 a	0.88 a	0.88 a
25	0.89 a	0.89 a	0.87 a	0.85 a
50	0.79 b	0.95 a	0.86 a	0.93 a
75	0.78 b	0.92 a	0.89 a	0.95 a
Doses K ₂ O/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.56 c	0.83 a	0.76 b	0.71 b
25	0.70 b	0.89 a	0.91 a	0.94 a
50	0.78 a	0.95 a	0.86 a	0.93 a
75	0.84 a	0.97 a	0.92 a	0.95 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.60 c	0.84 a	0.87 a	0.93 a

5.6.3 Année 2012

À la saison 2012, l'incidence des applications de fumure azotée sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste est variable selon les sites d'essai (Tableau 31). Comme on l'a vu précédemment, l'application de fumure azotée à doses progressives tend à abaisser le contenu en potassium dans la biomasse, car la croissance de la biomasse est favorisée par un apport plus important d'azote au sol. Cette observation n'est toutefois évidente qu'au site 9 (Lac-Mégantic), localisé sur un loam argileux. Le contenu du potassium de l'alpiste passe de 1.08 % à 0.96 % du témoin sans azote à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 31). La texture du sol plus lourde a pu avoir joué un certain rôle au cours de la période estivale très sèche en assurant une plus grande disponibilité en eau à l'alpiste. Aux autres sites, l'effet de la fumure azotée est variable sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste compte tenu de la texture de sol et de leur susceptibilité à un développement végétatif rehaussé par la fumure azotée en situation de déficit hydrique sévère.

La localisation des sites a joué une certaine influence sur la teneur en potassium de l'alpiste. Cependant, il n'y a pas de lien évident relié à la texture de sol pour expliquer la différence dans le contenu en potassium dans l'alpiste récolté aux différents sites. Mais, une analyse des teneurs en potassium disponible dans le sol des témoins sans fertilisant (N₀P₀K₀) en début de saison (Tableau 1) permet de mieux soutenir les observations sur les contenus moyens en potassium obtenu dans le foin récolté aux différents sites (Tableau 31).

Tableau 31. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en potassium (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai, en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.08 a	0.79 a	1.03 ab	1.05 ab	1.05 ab
30	1.02 ab	0.78 a	0.93 bc	1.08 ab	1.10 a
60	1.00 b	0.80 a	0.97 bc	1.03 ab	1.03 ab
90	0.94 b	0.78 a	1.13 a	1.13 a	.99 ab
120	0.96 b	0.83 a	1.13 a	1.16 a	1.02 ab
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.78 b	0.69 b	0.90 c	0.99 b	0.94 b

Quant aux applications croissantes de phosphore, elles ont généralement peu d'influence sur l'évolution de la teneur en potassium dans la biomasse d'alpiste (Tableau 32). Par contre, les applications de potassium à doses croissantes ont eu un effet significatif sur le contenu en potassium de la biomasse. Par exemple au site 10 (Stratford 1), la teneur en potassium de l'alpiste s'accroît respectivement de 0.67 % à 0.86 % du témoin sans apport de potassium à la dose de 75 kg de K₂O/ha (Tableau 32).

La période prolongée de déficit hydrique au cours de la période estivale a eu un effet marquant sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste récoltée sous les traitements recevant des apports rehaussés de fumure potassique. Le contenu moyen en potassium s'accroît dans les biomasses récoltées à partir du témoin sans potassium (N₆₀P₅₀K₀) à la dose de 75 kg de K₂O/ha et ceci à plusieurs sites (Tableau 32). Les apports de phosphore n'ont pas eu un effet marquant sur le contenu en potassium dans la culture récoltée.

Tableau 32. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en potassium (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai, 2012

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.93 c	0.81 a	1.10 a	1.10 a	1.06 a
25	1.03 ab	0.81 a	0.97 a	1.13 a	1.01 a
50	1.00 bc	0.80 a	0.97 a	1.03 a	1.03 a
75	1.09 a	0.80 a	0.97 a	1.10 a	1.07 a
Doses K ₂ O/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.64 d	0.67 b	0.93 bc	1.04 b	0.94 b
25	0.85 c	0.73 ab	1.03 ab	1.16 ab	0.95 ab
50	1.00 b	0.80 a	0.97 ab	1.03 b	1.03 a
75	1.21 a	0.86 a	1.10 a	1.21 a	1.04 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.78 d	0.69 b	0.90 c	0.99 b	0.94 b

Aux sites 10 (Stratford 1), 11 (Stratford 2), 12 (St-Ludger) et 13 (Woburn), les apports de fumure potassique affichent les mêmes tendances que ci-haut observées et décrites, mais à des degrés de signification un peu moins prononcés qu'au site 9 (Tableau 32).

5.6.4 Résumé sur le contenu en potassium

Le pourcentage de potassium dans la biomasse d'alpiste évolue différemment selon que l'on applique des doses croissantes d'azote ou de potassium. En effet, la progression des doses de fumure azotée entraîne un fléchissement dans le contenu de potassium alors que celle en potassium enrichit l'alpiste en potassium. Ces observations ne sont cependant pas présentes à tous les sites étudiés. Une analyse des teneurs en potassium disponible dans le sol, en début de saison, permet de mieux soutenir les observations de la réponse de l'alpiste aux apports de fumure potassique et leur impact dans les contenus en potassium dans la biomasse, aux différents sites. Ajoutons à cela que les conditions climatiques peuvent jouer un rôle dans l'évolution du contenu en potassium dans la culture. Une saison de végétation pluvieuse va favoriser la portion végétative de l'alpiste entraînant de ce fait une baisse dans le contenu de potassium alors que l'effet contraire est observé lors d'une saison de végétation ayant un déficit hydrique prolongé. Par ailleurs, un sol ayant un niveau de richesse suffisant en potassium assimilable favorise l'accumulation de potassium dans la biomasse à dose élevée comme 75 kg de K_2O/ha .

5.7 Contenu en chlorure

5.7.1 Année 2010

Les résultats obtenus au cours de la saison de végétation 2010 montrent que l'application progressive de fumure azotée sur l'alpiste roseau n'influence pas le contenu en chlorure de sa biomasse. Cette observation est reproduite aux trois sites. Bien que l'écart dans les contenus de chlorure soit non significatif, il semble, néanmoins, montrer un léger fléchissement entre celui retrouvé dans la biomasse du témoin et celui obtenu dans les biomasses récoltées aux doses d'azote plus élevées. Par exemple, au site 3 (St-Ludger), le pourcentage de chlorure dans la biomasse passe de 0.41 à 0.33 % du témoin sans azote $N_0P_{50}K_{50}$ à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 33).

Par ailleurs, les données nous montrent que l'apport de fertilisants à la culture enrichit la biomasse en chlorure. En effet, la comparaison des contenus en chlorure des biomasses récoltées aux témoins sans fertilisants ($N_0P_0K_0$) et aux témoins avec fertilisants ($N_0P_{50}K_{50}$) montrent un écart de 4 à 7 fois plus élevé avec ce dernier cas. Au site 2, par exemple, l'alpiste du témoin fertilisé ($N_0P_{50}K_{50}$) contient un pourcentage de chlorure de 0.46 % alors qu'il n'est que de 0.13 % au témoin ne recevant aucune fertilisation ($N_0P_0K_0$) (Tableau 33). Cette observation se reproduit à tous les sites étudiés. Le muriate de potasse utilisé comme source de potassium serait responsable de cette situation.

Tableau 33. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en chlorure (%) dans la biomasse d’alpage roseau aux différents sites d’essai en 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	0.46 a	0.41 a	0.35 a
30	0.47 a	0.38 a	0.37 a
60	0.36 a	0.31 a	0.35 a
90	0.43 a	0.34 a	0.39 a
120	0.40 a	0.33 ab	0.37 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.13 b	0.11 b	0.05 b

Par ailleurs, l’application de doses progressives de phosphore n’a généralement pas d’effets significatifs sur le contenu en chlorure de la biomasse d’alpage roseau aux trois sites (Tableau 34). Toutefois, il arrive que l’on enregistre une légère baisse dans les teneurs en chlorure dans la biomasse lorsque les doses de phosphore s’accroissent passant du témoin sans phosphore (N₆₀P₀K₅₀) à la dose de 75 kg de P₂O₅/ha. Cette dernière tendance est particulièrement évidente au site 3 (St-Ludger). La teneur en chlorure dans la biomasse passe, dans ce dernier cas, de 0.40 à 0.29 % du témoin à la dose de 75 kg de P₂O₅/ha, respectivement (Tableau 34).

Par contre, l’apport à doses progressives de fumure potassique influence le contenu en chlorure des biomasses récoltées aux sites 2 (Lac-Drolet) et 3 (St-Ludger). Au site 2, par exemple, le pourcentage de chlorure dans l’alpage passe de 0.09 à 0.49 % du témoin sans potassium à la dose 75 kg de K₂O/ha (Tableau 34). Au site 3, on observe également une hausse dans le contenu de chlorure dans la biomasse. Dans ce cas, il passe, de 0.09 à 0.37 % lorsque les doses de potassium passent de 0 à 75 kg de K₂O/ha. Le muriate de potasse, comme source de potassium, joue un rôle important dans l’enrichissement de la biomasse en chlorure comme nous le montrent les contenus retrouvés dans les biomasses récoltées au témoin sans fertilisation (N₀P₀K₀) et au témoin avec fertilisation potassique (N₆₀P₀K₅₀ ou N₀P₅₀K₅₀) et sous les doses progressives de muriate de potasse.

Tableau 34. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai 2010

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	0.43 a	0.40 a	0.38 a
25	0.37 a	0.36 a	0.24 a
50	0.37 a	0.35 a	0.40 a
75	0.41 a	0.29 a	0.23 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	0.09 c	0.09 b	0.44 a
25	0.32 b	0.24 ab	0.27 a
50	0.37 ab	0.35 a	0.40 a
75	0.49 a	0.37 a	0.35 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.13 c	0.11 b	0.05 c

5.7.2 Année 2011

L'analyse des résultats, pour l'ensemble des sites étudiés, montre que ce sont les applications de fumures azotée et de potassique qui influencent le plus le contenu en chlorure dans l'alpiste roseau. En effet, la teneur en chlorure tend à diminuer avec l'accroissement des doses d'azote alors qu'avec les doses croissantes de potassium on observe à un enrichissement en chlorure de la biomasse. Par exemple, au site 8 (St-Ludger), les doses croissantes d'azote amènent une baisse du contenu en chlorure dans l'alpiste roseau, passant de 0.29 % à 0.18 % entre le témoin sans azote et la dose de 90 kg de N/ha (Tableau 35). L'effet de la fumure azotée à doses croissantes est également observable aux sites 5 (Lac Mégantic), 6 (Stratford 1) et 7 (Stratford 2).

Tableau 35. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.58 a	0.30 a	0.31 a	0.29 a
30	0.52 ab	0.23 a	0.18 c	0.28 b
60	0.46 b	0.24 a	0.24 b	0.19 b
90	0.45 b	0.29 a	0.27 ab	0.18 b
120	0.46 b	0.22 a	0.18 c	0.22 b
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.18 c	0.18 b	0.10 d	0.14 c

Les doses croissantes de potassium ont une incidence majeure sur le contenu en chlorure dans la biomasse d'alpiste roseau (Tableau 36). En effet, il s'accroît dans la biomasse, car il est très peu utilisé par la plante dans ces fonctions métaboliques et physiologiques. On retrouve, par exemple au site 7 (Stratford 2) près de trois fois plus de chlorure dans la biomasse récoltée à la dose de 75 de K₂O/ha (0.21 %) que dans celui du témoin ne recevant pas de potassium (0.08 %). Cette tendance se reproduit à tous les sites étudiés au cours de la saison de végétation 2011 à des degrés variés (Tableau 36). La fertilisation phosphatée a peu influencé l'évolution du contenu en chlorure dans la biomasse d'alpiste comme on le voit au Tableau 36.

Tableau 36. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.48 a	0.09 a	0.22 ab	0.20 a
25	0.53 a	0.10 a	0.23 ab	0.20 a
50	0.46 a	0.11 a	0.24 a	0.19 a
75	0.44 a	0.09 a	0.19 b	0.22 a
Doses K ₂ O/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.14 c	0.17 c	0.08 c	0.06 d
25	0.35 b	0.17 bc	0.18 b	0.13 c
50	0.46 a	0.24 ab	0.24 a	0.19 b
75	0.46 a	0.27 a	0.21 ab	0.28 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.18 c	0.18 bc	0.10 c	0.14 c

5.7.3 Année 2012

Tout comme l'année précédente, les apports de fumure potassique ont influencé significativement le contenu en chlorure de l'alpiste roseau. La teneur moyenne, pour l'ensemble des sites, s'accroît du témoin sans potassium (N₆₀P₅₀K₀) à la dose de potassium la plus élevée (75 kg K₂O/ha), passant progressivement de 0.15 % à 0.48 %, respectivement. Les fumures azotée (Tableau 37) et phosphorée (Tableau 38) n'ont pas influencé significativement la teneur moyenne de chlorure lorsque l'ensemble des sites est considéré.

Tableau 37. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en chlorure (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.65 a	0.27 a	0.41 a	0.40 a	0.45 a
30	0.63 a	0.31 a	0.35 a	0.41 a	0.43 a
60	0.67 a	0.28 a	0.42 a	0.42 a	0.36 ab
90	0.68 a	0.26 a	0.36 a	0.36 a	0.28 ab
120	0.67 a	0.30 a	0.36 a	0.44 a	0.34 ab
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.21 b	0.16 b	0.16 b	0.20 b	0.18 b

Au cours de la saison 2012, tous les sites ont présenté un effet significatif des doses croissantes de potassium sur la teneur en chlorure dans la biomasse d'alpiste. Le muriate de potasse appliqué sur l'alpiste comme source de potassium à la culture a accru la teneur en chlorure dans l'alpiste de trois à quatre fois celle retrouvée dans la biomasse du témoin sans apport de potassium (Tableau 38). Au site 11 (Stratford 2), par exemple, la teneur en chlorure dans l'alpiste récolté dans la parcelle témoin sans potassium (N₆₀P₅₀K₀) passe de 0.25 % à 0.48 % à la dose de 75 kg de K₂O/ha. Cette amplitude dans l'écart dans les teneurs en chlorure entre le témoin et le traitement à la plus haute dose de potassium varie d'un site à l'autre, mais demeure très importante.

Tableau 38. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en chlorure dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.60 b	0.31 ab	0.46 a	0.46a	0.41a
25	0.67 b	0.31 ab	0.39 a	0.41a	0.33a
50	0.67 b	0.28 ab	0.42 a	0.42a	0.36a
75	0.70 b	0.27 ab	0.36 a	0.36a	0.39a
Doses K ₂ O/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.19 d	0.14 b	0.25 b	0.24bc	0.16c
25	0.48 c	0.21 ab	0.30 ab	0.31ab	0.25bc
50	0.67 ab	0.28 ab	0.42 ab	0.42a	0.36ab
75	0.79 a	0.46 a	0.48 a	0.46a	0.38a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.21 b	0.16 b	0.16 b	0.20b	0.18b

5.7.4 Résumé sur le contenu en chlorure

L'évolution du contenu en chlorure dans la biomasse d'alpiste est principalement due aux apports de fumure potassique. Le muriate de potasse (chlorure de potassium), utilisé comme source de potassium à la culture, a influencé significativement la teneur en chlorure de la biomasse d'alpiste roseau. Les apports progressifs de potassium, appliqué au printemps, jusqu'à la dose de 75 kg/ha enrichissent la biomasse jusqu'à quatre fois le contenu en chlorure retrouvé dans la biomasse du témoin sans apport de potassium (N₆₀P₅₀K₀). Cette observation est reproduite chaque année, et dans la majorité des sites étudiée, avec des amplitudes d'écart variables, mais importantes entre le témoin (N₆₀P₅₀K₀) et la dose de 75 kg de K₂O/ha (N₆₀P₅₀K₇₅). Les apports de fumure azotée affectent peu le contenu en chlorure de l'alpiste, mais tendent néanmoins à l'abaisser lorsque les conditions de croissance de l'alpiste sont favorables à une production optimale de biomasse avec les apports croissants de fumure azotée. Précisons qu'au témoin recevant qu'une dose de P et de K (N₀P₅₀K₅₀), la biomasse récoltée renferme deux à trois fois plus de chlorure (%) que l'alpiste témoin ne recevant aucun fertilisant (N₀P₀K₀). Les apports de phosphore n'influencent pas la teneur en chlorure de l'alpiste aux doses croissantes de P.

5.8 Contenu en soufre

5.8.1 Année 2011

L'analyse des résultats pour l'ensemble des sites étudiés montre que les applications progressives de fumures azotées, phosphorée et de potassique n'ont pas influencé significativement le contenu en soufre de l'alpiste (Tableau 39, 40). Toutefois, lorsque l'on analyse les effets aux différents sites, on observe, au cours de la saison 2011, qu'au site 5 (Lac-Mégantic), il y a une baisse dans la teneur en soufre avec l'accroissement des doses d'azote. Elle passe alors de 0.13 % à 0.08 % du témoin sans azote (N₀P₅₀K₅₀) à la dose de 90 kg de N/ha (Tableau 39). Par ailleurs, c'est également à ce dernier site que l'on observe une baisse dans le contenu en soufre à la suite de l'accroissement des doses de potassium, celui-ci passe de 0.11 % au témoin (N₆₀P₅₀K₀) à 0.08 % à la dose de 75 kg de K₂O/ha (Tableau 40). Les conditions de croissance favorables de l'alpiste, à ce site, a permis une réponse plus soutenue de l'alpiste aux

fertilisants, produisant un volume de biomasse plus important ce qui a un effet diluant sur le contenu en soufre.

Tableau.39. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.13 a	0.11 a	0.10 a	0.18 a
30	0.11 ab	0.10 a	0.10 a	0.19 a
60	0.09 bc	0.11 a	0.11 a	0.16 a
90	0.08 c	0.10 a	0.08 a	0.15 ab
120	0.09 bc	0.08 a	0.10 a	0.12 b
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.15 a	0.10 a	0.10 a	0.19 a

Tableau 40. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.09 a	0.09 a	0.08 a	0.16 a
25	0.10 a	0.10 a	0.08 a	0.13 a
50	0.09 a	0.11 a	0.11 a	0.16 a
75	0.10 a	0.09 a	0.10 a	0.14 a
Doses K ₂ O/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	0.11 a	0.09 a	0.10 a	0.14 a
25	0.11 ab	0.11 a	0.10 a	0.17 a
50	0.09 bc	0.11 a	0.11 a	0.16 a
75	0.08 c	0.11 a	0.10 a	0.14 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	0.15 a	0.10 a	0.10 a	0.19 a

5.8.2 Année 2012

Le contenu en soufre de l'alpiste est particulièrement influencé par les apports de fumures azotée et potassique. Par contre, les applications progressives de fumure de phosphore n'ont généralement pas eu d'effets significatifs sur le contenu en soufre de l'alpiste (Tableau 41 et 42).

Au cours de la saison 2012, trois des cinq sites étudiés voient la biomasse d'alpiste montrer un fléchissement dans leur teneur en soufre lorsque les doses de fumure azotée croissent (Tableau 41). Au site 11, par exemple, l'alpiste récolté au témoin sans azote (N₀P₅₀K₅₀) renferme 0.16 % en soufre puis passe à 0.12 % à la dose de 60 kg de N/ha (Tableau 41). Comme précédemment mentionnée, l'explication vraisemblable à cette observation est que la fumure azotée favorise le développement de la portion végétative de l'alpiste contribuant par le fait même à diluer le contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste.

Sous les apports progressifs de potassium, on observe peu de changement dans le contenu en soufre de l'alpiste. Cependant, c'est généralement dans la biomasse du témoin sans fertilisants et ceux des premières doses de potassium que l'on observe un fléchissement dans le contenu en soufre comme notamment observé au site 11 (Stratford 2). Il passe de 0.18 % dans la biomasse récoltée au traitement témoin sans fertilisants ($N_0P_0K_0$) à 0.12 % sous celle collectée à 50 kg de K_2O/ha (Tableau 42).

Tableau 41. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.15 ab	0.13 a	0.16 ab	0.23 b	0.11 a
30	0.14 b	0.13 a	0.14 bc	0.21 bc	0.12 a
60	0.13 b	0.13 a	0.12 c	0.18 c	0.11 a
90	0.14 b	0.12 a	0.12 c	0.20 bc	0.12 a
120	0.13 b	0.14 a	0.13 c	0.19 c	0.11 a
Témoin $N_0P_0K_0$	0.16 a	0.13 a	0.18 a	0.26 a	0.12 a

Tableau 42. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en soufre (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012

Doses P_2O_5/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.12 b	0.13 a	0.11 b	0.19 b	0.12 a
25	0.12 b	0.12 a	0.13 b	0.20 b	0.12 a
50	0.13 b	0.13 a	0.12 b	0.18 b	0.11 a
75	0.13 b	0.13 a	0.13 b	0.19 b	0.12 a
Doses K_2O/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	0.15 ab	0.13 a	0.14 b	0.19 b	0.12 a
25	0.13 b	0.13 a	0.12 b	0.19 b	0.11 a
50	0.13 b	0.13 a	0.12 b	0.18 b	0.11 a
75	0.12 b	0.13 a	0.13 b	0.18 b	0.12 a
Témoin $N_0P_0K_0$	0.16 a	0.13 a	0.18 a	0.26 a	0.12 a

5.8.3 Résumé sur le contenu en soufre

Le contenu en soufre dans la biomasse d'alpiste roseau est influencé par le contexte de croissance de la culture, en lien, notamment, avec les conditions climatiques qui prévalent au cours de la saison de végétation. Ainsi, lorsque les conditions sont favorables au développement et à la croissance de la culture, on observe un fléchissement dans le contenu en soufre dans la biomasse d'alpiste roseau à mesure que la dose de fertilisant croît. Cette abondance de biomasse résulte notamment de la réponse de l'alpiste aux doses croissantes de N et de K.

La saison 2011 fut marquée par une pluviométrie importante (1053 mm) et le contenu en soufre dans la biomasse n'a pas changé significativement sous les apports croissants des fumures NPK dans la majorité des sites étudiés (site 6, site 7, site 8). Toutefois, au site de Lac-Mégantic (site 5), on observe que la biomasse d'alpiste a un contenu en soufre qui tend à fléchir à mesure que la culture reçoit des apports plus importants en fumure azotée. Le contenu en soufre se retrouve dilué dans un volume de biomasse plus important suite à l'amélioration de la production de l'alpiste sous les doses croissantes d'azote.

En 2012, la saison de végétation fut marquée par une sécheresse prolongée et le contenu en soufre de la biomasse d'alpiste est influencé principalement par les doses croissantes de fumure azotée à trois des cinq sites à l'essai. Sous ce régime de fertilisation, la teneur en soufre diminue dans l'alpiste du témoin sans N et du témoin sans K à des applications plus enrichies en ces deux éléments. Les applications de phosphore et de potassium n'influencent généralement pas le contenu en soufre dans la biomasse d'alpiste.

5.9 Contenu en azote total

5.9.1 Année 2010

Les résultats obtenus pour la saison de végétation 2010 montrent que le contenu en azote total est peu modifié par les apports croissants de fumures azotée, phosphorée et potassique dans deux des trois sites étudiés. Le site 4 (Lac-Mégantic) est celui pour lequel le contenu en azote s'accroît avec la progression de la dose d'azote appliquée. La teneur en azote total dans la biomasse passe de 1.3 % au témoin sans azote ($N_0P_{50}K_{50}$) à 1.6 % au traitement recevant 120 kg de N/ha (Tableau 43).

Tableau 43. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur le contenu en azote total (%) de la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010

Doses N kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	2.0 a	1.1 a	1.3 b
30	1.5 b	1.0 a	1.3 b
60	1.2 c	1.1 a	1.4 ab
90	1.3 bc	1.0 a	1.4 ab
120	1.3 bc	1.1 a	1.6 a
Témoin $N_0P_0K_0$	1.7 a	1.2 a	1.4 ab

Par ailleurs, l'application de la fumure phosphorée et potassique affecte peu le contenu en azote total de l'alpiste dans la majorité des sites étudiés (Tableau 44). Le contenu élevé en azote total dans l'alpiste dans les traitements témoins et ceux à faibles doses de fumure azotée peut être expliqué par la présence de certaines mauvaises herbes comme le trèfle.

Tableau 44. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2010

Doses P ₂ O ₅ kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	1.4 ab	1.2 a	1.5 a
25	1.2 b	1.1 a	1.4 a
50	1.2 b	1.1 a	1.4 a
75	1.4 ab	0.9 a	1.4 a
Doses K ₂ O kg/ha	Site 2	Site 3	Site 4
0	1.3 b	1.0 a	1.3 a
25	1.2 b	1.0 a	1.4 a
50	1.2 b	1.1 a	1.4 a
75	1.3 b	0.9 a	1.5 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.7 a	1.2 a	1.4 a

5.9.2 Année 2011

Les résultats, pour la saison de végétation 2011, indiquent que la fumure azotée appliquée à doses croissantes a un effet significatif sur le contenu en azote total que renferme la biomasse d'alpiste roseau. L'azote total retrouvé dans l'alpiste est rehaussé par l'apport de la fumure azotée dans trois des quatre sites étudiés en 2011 (Tableau 45). Par exemple, au site 6 (Stratford 1), le contenu en azote total passe de 0.8 % à 1.1 % du traitement témoin sans azote à la dose de 90 kg de N/ha, respectivement.

Les applications de phosphore et de potassium n'affectent pas la valeur en azote total de la biomasse d'alpiste. Cette observation est présente dans la majorité des sites étudiés (Tableau 46). Au site 8, par exemple, le contenu en azote total de la biomasse varie de 0.9 à 1.0 % sous les doses 0 à 75 kg de P₂O₅/ha et reste relativement stable à 1.0 % de 25 à 75 kg de K₂O/ha.

Tableau 45. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2011

Doses N kg/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.3 b	0.8 b	0.8 ab	0.8 b
30	1.2 b	0.8 b	0.8 ab	1.3 a
60	1.4 ab	1.0 ab	0.7 b	1.0 ab
90	1.5 ab	1.1 a	0.9 ab	0.9 ab
120	1.6 a	0.9 ab	1.0 a	1.1 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.3 b	0.8 b	0.8 ab	1.0 ab

Tableau 46. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2011

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.2 a	0.9 a	0.8 a	0.9 a
25	1.4 a	1.0 a	0.7 a	0.9 a
50	1.4 a	1.0 a	0.7 a	1.0 a
75	1.3 a	0.9 a	0.8 a	1.0 a
Doses K ₂ O/ha	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8
0	1.4 a	0.9 a	0.8 a	0.9 a
25	1.3 a	0.9 a	0.9 a	1.0 a
50	1.4 a	1.0 a	0.7 a	1.0 a
75	1.2 a	1.0 a	0.8 a	1.0 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.3 a	0.8 a	0.8 a	1.0 a

5.9.3 Année 2012

Les résultats associés à la saison de végétation 2012, qui fut très sèche avec 753 mm de pluie, montrent que la biomasse d'alpiste s'enrichit en azote total à mesure que croît la dose de fumure azotée. Cette observation se reproduit dans la majorité des sites étudiées, mais à différents degrés de signification. Au site 10 (Stratford 1), par exemple, la biomasse d'alpiste voit son contenu en azote total passé de 0.8 à 1.2 % du témoin sans fumure azotée (N₀P₅₀K₅₀) à la dose de 120 kg de N/ha, respectivement (Tableau 47). Le rehaussement dans le contenu en azote total de l'alpiste est particulièrement marquant sous les apports de fumure azotée de 90 kg/ha et plus.

Les applications de la fumure phosphorée et potassique à doses croissantes n'ont eu aucun effet significatif sur le contenu en azote total dans la biomasse d'alpiste roseau. Cette observation est observable à tous les sites étudiés (Tableau 48). Au site 9 (Lac-Mégantic), la biomasse d'alpiste roseau renferme environ 47 % de plus d'azote total que celle récoltée au site 13 (Woburn). Hors, le site de Lac-Mégantic est sur un sol de texture loam argileux alors qu'au site de Woburn, on est sur sol de texture sable loameux (Tableau 1).

Tableau 47. Influence des doses croissantes de fumure azotée sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau récoltée aux différents sites d'essai en 2012

Doses N kg/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.2 b	0.8 b	0.8 a	1.0 b	0.8 b
30	1.2 b	0.9 b	0.9 a	1.1 b	0.9 ab
60	1.4 ab	1.0 ab	0.9 a	1.1 b	1.0 ab
90	1.6 a	1.1 a	1.1 a	1.2 ab	1.1 a
120	1.8 a	1.2 a	1.1 a	1.4 a	1.1 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.3 b	0.8 b	0.9 a	1.0 b	0.8 b

Tableau 48. Influence des doses croissantes de phosphore et de potassium sur l'évolution du contenu en azote total (%) dans la biomasse d'alpiste roseau aux différents sites d'essai en 2012

Doses P ₂ O ₅ /ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.3 a	1.0 a	1.0 a	1.2 a	0.9 a
25	1.3 a	1.0 a	0.9 a	1.2 a	1.0 a
50	1.4 a	1.0 a	0.9 a	1.1 a	1.0 a
75	1.4 a	1.1 a	1.0 a	1.2 a	1.0 a
Doses K ₂ O/ha	Site 9	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13
0	1.5 a	1.0 a	0.9 a	1.1 a	1.0 a
25	1.3 a	1.0 a	1.0 a	1.1 a	0.9 a
50	1.4 a	1.0 a	0.9 a	1.1 a	1.0 a
75	1.4 a	1.0 a	1.0 a	1.1 a	0.9 a
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	1.3 a	0.8 a	0.9 a	1.0 a	0.8 a

5.9.4 Résumé sur le contenu en azote total

Le contenu en azote total dans la biomasse d'alpiste est influencé significativement par l'apport progressif des doses de fumure azotée. On observe que le rehaussement dans la teneur en azote total de l'alpiste est particulièrement marquant sous les apports de fumure azotée de 90 kg/ha et plus. Cependant, les conditions climatiques et certaines conditions édaphiques influencent la croissance de la culture et peuvent également influencer l'importance du rehaussement du contenu en azote total de la biomasse d'alpiste. Les doses progressives de fumure phosphorée et potassique n'ont eu aucune incidence sur la teneur en azote total de l'alpiste roseau.

6. Pouvoir calorifique de la biomasse

Le pouvoir calorifique des biomasses d'alpiste récoltées demeure sensiblement le même, peu importe les différents traitements azoté, phosphoré et potassique. L'écart entre la valeur calorifique la plus haute et la plus basse est à peine de 4 % lorsque les valeurs pour l'ensemble des traitements sont considérées (Tableau 42). L'échantillon de biomasse était composé des échantillons provenant des trois répétitions pour le même traitement, c'est pourquoi il n'y a pas de niveau de signification statistique associé à valeur calorifique obtenu pour un traitement donné.

Tableau 49. Influence des doses croissantes d'azote, de phosphore et de potassium sur le pouvoir calorifique (Gj/t) de la biomasse d'alpiste roseau récolté au site 7 en 2011

Doses N kg/ha	Site 7
0	17.3
30	17.8
60	17.4
90	17.7
120	17.9
Doses P ₂ O ₅ kg/ha	
0	18.0
25	18.0
50	17.4
75	17.7
Doses K ₂ O kg/ha	
0	17.3
25	18.0
50	17.4
75	17.7
Témoin N ₀ P ₀ K ₀	17.6

7. Conclusion

L'apport de fertilisants sur les prairies d'alpiste roseau (témoin $N_0P_0K_0$) améliore la productivité dans la majorité des sites. Les apports de fumures azotée, phosphorée et potassique ont eu des effets variés sur la réponse de l'alpiste et sur les contenus de diverses composantes influençant la qualité biocombustible de la biomasse. Les facteurs édaphiques, chimiques du sol et climatiques influencent dans une certaine mesure la réponse de l'alpiste aux doses croissantes de fumures NPK. Cette influence est variable d'un site à l'autre. Elle influence à diverses intensités et elle peut également influencer la qualité biocombustible de la biomasse. En général, la fumure azotée est déterminante dans la productivité des prairies. La réponse de l'alpiste à la fumure azotée est influencée notamment par les conditions climatiques (la température et la pluviométrie), et, par la nature texturale du sol. En 2010, la réponse de l'alpiste à l'azote est linéaire aux sites de texture loameuse alors qu'elle est quadratique sur loam plutôt argileux à St-Ludger. Les facteurs économiques, la qualité de la biomasse de même que le potentiel de rendement au site vont être déterminants sur les quantités de fumure azotée à épandre sur la culture.

En 2011, la saison de végétation fut très pluvieuse et la réponse de l'alpiste à la fumure azotée plafonne rapidement et suit un modèle quadratique sous les apports croissants d'azote. Les doses optimales sont variables d'un site à l'autre. Néanmoins, en regroupant les sites selon la nature texturale du sol, on voit qu'en sol de texture loameuse, la dose optimale moyenne est 75 kg de N/ha et qu'en sol de texture plus lourde, elle se situe à 30 kg de N/ha.

La saison de végétation 2012 a connu une sécheresse prolongée de la mi-juin à la mi-août. La réponse de l'alpiste à la fumure azotée est généralement limitée en sol de texture légère (sable, loam sableux). Par ailleurs, en sol plutôt lourd, l'alpiste répond significativement aux doses d'azote et la dose optimale de N est de 90 kg/ha. Lorsque la réponse de l'alpiste est non significative à la fumure azotée, la dose optimale d'azote est de 30 kg/ha.

La fertilisation à doses progressives de phosphore et de potassium a généralement eu peu d'effets sur la productivité de l'alpiste lorsque le sol était en état de suffisance en P et en K. Cependant, les apports de potassium (muriate de potasse) ont eu une incidence sur le contenu en potassium dans la biomasse d'alpiste qui s'accroît avec les doses de K. Il en est de même pour le contenu en chlorure dans la biomasse qui augmente de façon très importante avec la dose de potassium appliquée. L'application printanière de muriate de potasse semble plutôt mal adaptée pour la production de biomasse aux fins de biocombustible. Une dose de phosphore (P_2O_5) et de potassium (K_2O) que ne dépassent pas les 50 kg/ha maintiendrait un niveau de suffisance de ces éléments dans la plupart des sols où l'alpiste roseau est cultivé. Les applications automnales de lisier de porc combiné à une application minérale printanière influence négativement la qualité de la biomasse, le contenu en cendres est notamment rehaussé.

En général, les contenus en minéraux comme la silice, le soufre, le potassium, le chlorure, l'azote total et le contenu en cendres dans la biomasse sont influencés par la fertilisation azotée. L'apport d'azote à la culture stimule le développement et la croissance de la plante, et conséquemment la partie végétative devient de plus en plus importante contribuant par ce fait au fléchissement du contenu des minéraux ci-haut mentionnés. Cette observation est particulièrement évidente lorsque les conditions climatiques sont favorables à la croissance de la plante.

Les conditions de croissance de l'alpiste, notamment les conditions climatiques prévalant au cours de la saison de végétation, influencent dans une certaine mesure les contenus en minéraux de la biomasse, et conséquemment la qualité du biocombustible. Par exemple, les conditions de pluviométrie favorisant le développement et la croissance de la plante vont augmenter le rendement en biomasse entraînant un fléchissement (effet de dilution) du contenu pour certains minéraux comme le soufre, le potassium, la silice de même que le pourcentage de cendres dans la biomasse. De plus, les conditions de sécheresse prolongées influencent à la hausse le contenu d'éléments comme le potassium, le chlorure, et, à un degré moindre le contenu en cendres.

Par ailleurs, les sols se trouvant à des niveaux de suffisance ou plus en phosphore et en potassium disponible ne devraient recevoir que des applications d'entretien en ces deux éléments, par exemple, 25 kg de P_2O_5 et de K_2O /ha. Les résultats montrent qu'une dose supérieure à 50 kg de P_2O_5 ou de K_2O /ha peut entraîner un enrichissement dans la biomasse d'alpiste du contenu en cendres et en certains minéraux comme le potassium lorsque le sol est déjà suffisant en ceux-ci. De plus, la fumure azotée a tendance à accroître les teneurs en azote total dans la biomasse de l'alpiste. C'est surtout aux doses de 90 kg de N/ha et plus que l'alpiste s'enrichit en azote total. Les conditions climatiques au cours de la saison de végétation influencent également la teneur en azote total de la culture. Le pouvoir calorifique de la biomasse d'alpiste roseau n'est pas influencé par les applications progressives de NPK.